



Rheinland-Pfalz

MINISTERIUM FÜR
UMWELT, LANDWIRTSCHAFT,
ERNÄHRUNG, WEINBAU
UND FORSTEN

DIE EDELKASTANIE AM OBERRHEIN

ASPEKTE IHRER ÖKOLOGIE, NUTZUNG UND GEFÄHRDUNG

ERGEBNISSE AUS DEM EU INTERREG IV A OBERRHEIN-PROJEKT

Mitteilungen aus der Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft Rheinland-Pfalz Nr. 74/15



AUTORENKOLLEKTIV: DR. ERNST SEGATZ [HRSG.], A. Ehring, A. Eichenlaub, A. Schabacker, B. Haase, B. Metzler, C. Meyer, F. Hapla, F. Hapla, F. Peters, J. Busskamp, J. Dieler, J. Hill, J. Sabrowski, J. Stoffels, K. Husmann, M. Caspard, M. Neussel, P. Lemmen, R. Happe, S. Eichhorn, S. Hein, S. Jotz, S. Mader, S. Rust, T. Sachtleber, U. Kohnle, V. A. Bouffier, W. Konold und W. Wambsganß



Landesforsten
Rheinland-Pfalz

IMPRESSUM

Herausgeber und Copyright:

Zentralstelle der Forstverwaltung
Forschungsanstalt für Waldökologie und
Forstwirtschaft Rheinland-Pfalz (FAWF)

Hauptstr. 16
D-67705 Trippstadt

Telefon +49 6306 911-0
Telefax +49 6306 911-200

zdf.fawf@wald-rlp.de
www.fawf.wald-rlp.de

Verantwortlich:

Der Leiter der Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft Rheinland-Pfalz

Textsatz, Bildbearbeitung und Gestaltung:

Christine Romero, Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft Rheinland-Pfalz

Dokumentation:

Mitteilung FAWF, Trippstadt
Nr. 74/15, 236 Seiten

ISSN 1610-7705 Mitteilungen aus der Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft
Rheinland-Pfalz, Nr. 74/15

nur als Download verfügbar [<http://www.fawf.wald-rlp.de/index.php?id=2601>]

Projektförderung aus dem EU-Interreg IVa-Oberrhein-Programm
Finanzvolumen des Projekts: 1,8 Mio. €, davon 0,9 Mio. € EFRE-Mittel
Laufzeit des Projekts: 01.01.2010 - 31.12.2012

Alle Rechte, insbesondere das Recht der Vervielfältigung und Verbreitung sowie der Übersetzung vorbehalten.

Titelbilder:

links: Edelkastanienblüte mit Krankheitssymptomen einzelner Bäume
rechts oben: Edelkastanienstockausschlag mit Überhältern
links unten: Edelkastanienaltbestand

DIE EDELKASTANIE AM OBERRHEIN -
ASPEKTE IHRER ÖKOLOGIE, NUTZUNG UND GEFÄHRDUNG
ERGEBNISSE DES INTERREG IVA - OBERRHEIN-PROJEKTES

VORWORT

Die Edel- oder Esskastanie (*Castanea sativa* Mill.) ist am Oberrhein regional eine prägende Baumart der Vorbergzone von Pfälzerwald, Schwarzwald und Vogesen. Geeignete klimatische Voraussetzungen in Verbindung mit der traditionellen Verwendung des Edelkastanienholzes als Pfahlholz im Weinbau sowie als Brennholz, vereinzelt auch für Büttten und Fässer, haben zu dieser regionalen Schwerpunktbildung im Privat- und Gemeinwald geführt. Mit dem Rückgang der Nachfrage in den traditionellen Verwendungsbereichen führte die Edelkastanie in den vorgenannten Regionen während der letzten Jahrzehnte nur noch ein Schattendasein. Nur noch Wenige waren sich ihrer Werte und Wertschöpfungsmöglichkeiten bewusst. In gemeinsamen Projekten von Waldbesitzenden, Forst- und Touristikfachleuten wurden seit etwas mehr als 10 Jahren lokal viele Ideen entwickelt und voran gebracht, um die Kastanienwälder dieser Regionen in ihrer Vielfalt in Wert zu setzen. Die Kastanienwälder und ihre Produktvielfalt wurden als Alleinstellungsmerkmal entdeckt und zunehmend beworben. In diese Aufbruchstimmung fiel ein ab Sommer 2004 in der Pfalz schlagartig vermehrtes Auftreten des Edelkastanienrindenkrebses, das seitdem anhält.

Von Landesforsten Rheinland-Pfalz wurde daraufhin ein Projekt initiiert, das unter dem Titel „Die Edelkastanie am Oberrhein – eine Baumart verbindet Menschen, Kulturen und Landschaften“ von der EU im Rahmen des Programmes INTERREG IV Oberrhein (EFRE) zu 50 % kofinanziert wurde. Als Projektträger fungierte Landesforsten Rheinland-Pfalz. Die Projektleitung oblag der Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft (FAWF) in Trippstadt. Insgesamt konnten 13 Partner aus Baden-Württemberg, aus dem Elsass sowie aus Rheinland-Pfalz mit ihrer Expertise in das Projekt eingebunden werden.

In dem nun vorliegenden Berichtsband sind wesentliche Ergebnisse aus dem INTERREG-Projekt, zuzüglich einiger ergänzender Studien dargestellt. Die breite Palette der einzelnen Beiträge zeigt einerseits die Fülle der Ökosystemleistungen, die von den Edelkastanien geprägten Wäldern im Projektgebiet erbracht werden. Sie thematisiert aber auch die Gefährdungen durch veränderte Umweltfaktoren und zeigt Wege auf, diesen zu begegnen.

Mein Dank gilt allen an dem Projekt beteiligten Institutionen mit ihren Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern, die zum erfolgreichen Abschluss des Projekts beigetragen haben. Die Projektleitung lag in den Händen von Dr. Ernst Segatz. Er hat sich mit unermüdlichem Einsatz für den Erfolg des Projektes eingesetzt. Einen besonderen Dank spreche ich der Verwaltung und dem Technischen Sekretariat des Programmes INTERREG IV Oberrhein in Straßburg für die Förderung im Rahmen des Europäischen Fonds für Regionale Entwicklung (EFRE) aus. Ich wünsche den Ergebnissen dieses Projektes eine gute Resonanz bei den Waldbesitzenden sowie eine erfolgreiche Umsetzung in der betrieblichen Praxis. Es bleibt zu hoffen, dass die im Projekt begonnene grenzüberschreitende Zusammenarbeit über das Projektende hinaus fortgeführt wird.

Hans-Peter Ehrhart
Leiter der FAWF

Inhaltsverzeichnis

Strategie zur fernerkundlichen Detektion der Baumart Edelkastanie [T. Sachtleber, M. Neussel, J. Hill, S. Mader, J. Stoffels]	1
Etude des châtaigniers depuis l'espace : un succès du programme Interreg pour leur cartographie [C. Meyer, M. Caspard]	13
Der Esskastanienrindenkrebs im EU Interreg Oberrhein-Gebiet: Ausbreitung, zunehmende Differenzierung und Hypovirulenz [F. Peters, J. Busskamp, B. Metzler]	27
Der Edelkastanien-Herkunftsversuch in Rheinland-Pfalz [B. Haase, P. Lemmen]	57
Zu Wachstum und Wertholzproduktion der Edelkastanie (<i>Castanea sativa</i> MILL.) [S. Hein, A. Ehring, U. Kohnle]	73
Erfassung ertragskundlicher Parameter in dichten Edelkastanienbeständen im Forstamt Haardt - ein Praxisbericht - [W. Wambsganß, A. Eichenlaub, J. Dieler]	89
Ursachenanalyse der Ringschäle bei Edelkastanie (<i>Castanea Sativa</i> [MILL]) in Rheinland-Pfalz [K. Husmann, J. Sabrorowski, F. Hapla]	105
Kann Ringschäle an stehenden Edelkastanien zerstörungsfrei detektiert werden? [R. Happe, S. Rust, F. Hapla]	127
Untersuchung über die kulturelle und wirtschaftliche Bedeutung der Edelkastanien-Nebenerzeugnisse [A. Schabacker, S. Eichhorn, F. Hapla]	145
Beiträge der Edelkastanie zur Biodiversität [E. Segatz]	161
Die Edelkastanie am Oberrhein – Eine Baumart verbindet Menschen, Kulturen und Landschaften [S. Jotz, W. Konold]	173
Die Edel-Kastanie (<i>Castanea sativa</i> MILL.) – Stätten und Facetten einer Kastanienkultur in Deutschland und Europa [V. A. Bouffier]	189
Autorenverzeichnis	221

STRATEGIE ZUR FERNERKUNDLICHEN DETEKTION DER BAUMART EDELKASTANIE

T. SACHTLEBER, M. NEUSSEL, J. HILL, S. MADER, J. STOFFELS

Universität Trier, Umweltfernerkundung und Geoinformatik, Trier

Zusammenfassung

In der vorliegenden Projektstudie wurde für ein Untersuchungsgebiet im Südosten des Pfälzerwaldes an der Universität Trier im Fach Umweltfernerkundung und Geoinformatik eine Strategie zur fernerkundlichen Detektion der Baumart Edelkastanie entwickelt (Abbildung 7).

Aufgrund der äußerst prägnanten Blüten der Edelkastanie entstehen zur Blütezeit gut erfassbare Unterschiede zu anderen Laubbaumarten. Dieses zwar sehr kurze aber äußerst prägnante phänologische Stadium wurde für die Klassifikation der Edelkastanie genutzt. Als Datengrundlage dienten dabei digitale Luftbilddaten des Landesamts für Vermessung und Geobasisinformation Rheinland-Pfalz, die die Edelkastanienblüte im Untersuchungsgebiet abgebildet hatten. Um im Vorfeld irrelevante Bildbereiche von der Klassifikation auszuschließen, wurden zunächst anhand von ATKIS-Strukturdaten und der Berechnung eines Simple Ratio Vegetationsindex eine Waldmaske erzeugt und unbewachsene Oberflächen ausmaskiert. Mittels bildbasierten Trainingspunkten wurde zur Klassifikation der Edelkastanie eine binär logistische Regression berechnet, um so die a-posteriori-Wahrscheinlichkeiten der Klassenzuweisung pro Bildpixel zu bestimmen. Das Ergebnis der Edelkastanienklasse wurde in drei weitere Klassen unterteilt, wobei die Klasse mit den höchsten Wahrscheinlichkeiten (0,84 – 1,00) die eindeutig klassifizierten Edelkastanienblütenflächen darstellt. Alle anderen Klassen wurden verworfen. Nach Validierung des Ergebnisses liegt für das Untersuchungsgebiet eine Zuweisungsgenauigkeit von etwa 96% vor.

Résumé

L'étude réalisée dans le cadre du projet a permis de développer au sein du Département de télémétrie appliquée à l'environnement de l'Université de Trèves une stratégie de détection du châtaignier par télémétrie pour un périmètre situé au sud-est du Pfälzerwald (Fig. 7).

En raison de ses fleurs extrêmement caractéristiques, le châtaignier se distingue nettement des autres essences de feuillus durant sa période de floraison. Ce stade phénologique très bref mais fort caractéristique a été exploité pour la classification du châtaignier. Les données de base utilisées étaient des photographies aériennes numériques de l'Office du cadastre et des géodonnées de Rhénanie-Palatinat prises lors de la floraison du châtaignier dans la zone étudiée. Afin d'exclure dès le départ les parties non pertinentes pour la classification, on a tout d'abord réalisé un masque des zones boisées en utilisant les données de structure du système ATKIS (système d'information topographique et cartographique) et en calculant un indice de végétation à ratio simple, puis masqué les zones non couvertes de végétation. Au moyen de points d'entraînement basés sur des images, on a calculé une régression logistique binaire pour classer le châtaignier, l'objectif étant de déterminer la probabilité a posteriori des déterminations de classe par pixel. Le résultat de la classe « châtaignier » a été subdivisé en trois sous-classes, sachant que la classe contenant les probabilités les plus fortes (de 0,84 à 1,00) correspond aux surfaces classées comme étant indiscutablement couvertes de fleurs de châtaigniers. Toutes les autres classes ont été rejetées. Après validation du résultat, l'exactitude de la détermination pour la zone étudiée était d'environ 96 %.

1. Einleitung

Der Einsatz von Fernerkundungsmethoden hat in der modernen Forstwirtschaft in den vergangenen Jahren stetig an Bedeutung gewonnen. Vor allem im Bereich der Waldinventur unterstützt die Fernerkundung die terrestrischen Erhebungen durch Ableitung von Waldbestandsinformationen aus multispektralen Luft- und Satellitenbilddaten.

Das Fach Umweltfernerkundung und Geoinformatik der Universität Trier hat eine Strategie zur fernerkundlichen Detektion der Baumart Edelkastanie (*Castanea sativa* Mill.) entwickelt und diese im Rahmen des gemeinsamen Projektes auf ein Untersuchungsgebiet im Pfälzerwald erfolgreich angewendet.

Die Edelkastanie (*Castanea sativa* Mill.) wird seit der Römerzeit am Oberrhein kultiviert und prägt das Landschaftsbild der Vorvogesen, der pfälzischen Haardt und der Vorberge des Schwarzwaldes. Mit etwa 2000 Hektar bestockter Waldfläche verfügt das Land Rheinland-Pfalz über den bundesweit höchsten Flächenanteil an Kastanienwäldern. Neben ihrem forstwirtschaftlichen Nutzen als wertvoller und gefragter Holzlieferant besitzt die Edelkastanie vor allem einen kulturhistorischen Wert und eine touristische Anziehungskraft (WALDZUSTANDSBERICHT 2006).

Bisher fehlen genaue Informationen über ihre räumliche Verteilung sowie ihre Bestandsstrukturen im öffentlichen und vor allem im Privatwald. Seit Anfang der 1990er Jahre bedroht zudem der Kastanienrindenkrebs (*Cryphonectria parasitica*) diese Bestände. Auch hier sind detaillierte Informationen über die Befallssituation gefragt. Um entsprechende Gegenmaßnahmen zu entwickeln und koordinieren zu können, ist es unerlässlich, Edelkastanienbestände zu lokalisieren und zu kartographieren.

In der modernen Forstwirtschaft hat in den vergangenen Jahren der Einsatz fernerkundlicher Methoden stetig an Bedeutung gewonnen. Durch Ableitung von Waldbestandsinformationen aus multispektralen Luft- und Satellitendaten unterstützt dabei die Fernerkundung die terrestrischen Erhebungen speziell im Bereich der Waldinventur. So können Vorkommen und Verteilung von Baumarten in ihren verschiedenen Entwicklungsphasen erfasst und kartographisch dargestellt sowie Holzvorratsschätzungen durchgeführt werden.

Das Fach Umweltfernerkundung und Geoinformatik der Universität Trier entwickelte innerhalb des INTERREG IV A Oberrhein-Projektes mit Methoden der Fernerkundung eine innovative und verlässliche Strategie zur flächenscharfen Erfassung der Verbreitung

der Baumart Edelkastanie, um die Datengrundlage zu verbessern und ein effizientes forstliches Monitoring zu ermöglichen. Während der Blütephase der Edelkastanie in den Monaten Juni/ Juli lässt sich diese Baumart anhand ihrer charakteristischen Blütenstände unverkennbar von anderen, nicht in Blüte stehenden Baumarten unterscheiden. Dieses zwar sehr kurze aber äußerst prägnante phänologische Stadium wurde für die Erfassung der Edelkastanie genutzt.

2. Untersuchungsgebiet

Das Land Rheinland-Pfalz verfügt über den bundesweit höchsten Flächenanteil an Kastanienwäldern. Die Kerngebiete der Edelkastanienvorkommen mit großflächigen Reinbeständen befinden sich in den Hanglagen oberhalb der Weinberge der pfälzischen Haardt (WALDZUSTANDSBERICHT 2006).

Der Pfälzerwald ist im Anschluss an die Vogesen das nordwestliche Randgebirge des Oberrheingraben. Beide bilden zusammen das grenzübergreifende Biosphärenreservat Pfälzerwald-Nordvogesen. Im Osten hebt sich der Pfälzerwald schroff aus dem Oberrheinischen Tiefland empor und geht im Westen fließend in das Saarländisch-Pfälzische Muschelkalkgebiet und in die Hügel und Berge der Nordpfalz über. Mit 155.000 Hektar geschlossener Waldfläche ist der Pfälzerwald eines der ausgedehntesten und walddominantesten Gebiete Deutschlands (GAUER *et al.* 2005).

Die Haardt bildet den östlichen Gebirgsrand des Pfälzerwaldes. Mit den ausgeprägten hohen, zum Teil schroffen Hängen und stark bewegtem Relief erhebt sich die Haardt markant über die Rheinebene.

Es herrscht ein schwach subkontinentales Übergangsklima vor. In den Gipfelbereichen noch kühlgemäßigt geht das Klima in den Mittellagen und den Randbereichen zum Weinbaugebiet der Weinstraße in ein warmgemäßigtes Klima über. Auf Grund der Leelage des Mittelgebirgsrandes ist das Gebiet niederschlagsarm.

Geologisch betrachtet bildet die Haardt die am stärksten gehobene Flankenzone zum Rheingraben. Der Mittelgebirgsrand ist zum größten Teil aus Hauptbuntsandstein mit vorherrschenden Trifels- und Rehbergschichten aufgebaut. Die Bergkuppen bestehen aus Karlstalschichten, die Tieflagen aus Unterem Buntsandstein. An der Bruchkante zum Oberrheintalgraben finden sich einzelne Urgesteinsfreilegungen.

Nährstoffarme, meist skelettreiche podsolige Braunerden bis Podsole aus Sanden und seltenen Lehmsanden, vor allem im Bereich des Unteren und Mittleren Buntsandsteins, sind die dominie-

renden Bodentypen der Haardt. Vereinzelt finden sich auch Pelosole aus Tonlehmen mit guter Nährstoffversorgung, die meist von Fließerden überlagert sind. Die Böden der Haardt leiden bis heute noch unter den Folgen jahrhundertelanger Freilage und jahrzehntelanger Streunutzung.

Kieferbestände mit zumeist unterständigen Buchen und Traubeneichen dominieren den heutigen Wald der Haardt. An den Hangfüßen im Übergangsbereich zur Weinbauzone tritt die Edelkastanie auf großer Fläche bestandsbildend auf (GAUER *et al.* 2005). Im Gebiet des Forstamts Haardt stockt die Edelkastanie derzeit auf einer Fläche von 1.200 Hektar. Im Reinbestand, auf etwa 700 Hektar, findet man die Edelkastanie in Höhen von 200 bis 300 m über NN vor allem auf den besseren Substraten des Buntsandsteins. Auf trockeneren und nährstoffärmeren Sanden kommt sie vorwiegend als Mischbaumart zur Kiefer vor (WAMBSGANSS 2006). Für die Detektion der Edelkastanie sind Bilddaten erforderlich, die zum einen die Baumart in ihrer Blütephase abbilden, aber auch eine geeignete geometrische Auflösung besitzen um Einzelbäume und Kronenmerkmale zu unterscheiden. Da die Befliegung der hier verwendeten Luftbilddaten des Landesamts für Vermessung und Geobasisinformation Rheinland-Pfalz (LVermGEO-RLP) nicht den gesamten Pfälzerwald zur Hauptblütezeit der Edelkastanie erfasste, ist das Untersuchungsgebiet auf ein etwa 20.000 Hektar großes Gebiet im südöstlichen Teil des Pfälzerwaldes limitiert. Es erstreckt sich von Süden aus von der französischen Grenze nach Norden über den Haardtrand bis nördlich von Annweiler am Trifels und ist in 12 Luftbildkacheln aufgeteilt (Abbildung 6).

3. Datengrundlage

Die spektralen Eigenschaften der Edelkastanienblüte wurden zur Klassifikation der Baumart durch verschiedene Verarbeitungsschritte und Analysemethoden erfasst. Dafür wurden vier-kanalige Luftbilddaten sowie ATKIS-Strukturdaten des Landesamts für Vermessung und Geobasisinformation Rheinland-Pfalz und das Waldökologische Forstinformationssystem der Landesforsten Rheinland-Pfalz verwendet.

3.1 Luftbilddaten

In der Projektarbeit wurden Luftbilddaten des Landesamts für Vermessung und Geobasisinformation Rheinland-Pfalz (LVermGEO-RLP) zur Detektion der Baumart Edelkastanie verwendet. Dabei handelt es sich um 12 vier-kanalige Orthophotos (DOP20-RGBI) mit einer geometrischen Auflösung

von 20 cm und den Spektralkanälen Blau, Grün, Rot und nahes Infrarot. Die Luftbilder stammen aus der Befliegung 2010 und wurden zur Hauptblütezeit (Abbildung 1), die sich in diesem Jahr auf Grund von klimatischen Bedingungen im südöstlichen Pfälzerwald um mehrere Wochen verzögerte, am 02.07.2010 und am Folgetag aufgenommen.

3.2 ATKIS-Daten

Das Amtliche Topographisch-Kartographische Informationssystem (ATKIS) wurde 1988 von der Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltung der Länder der Bundesrepublik Deutschland (AdV) als deutschlandweiter einheitlicher Standard eingeführt. Es stellt digitale topographische Informationen bereit, die seit der Einführung stetig aktualisiert und erweitert werden. Das ATKIS-Datenmodell strukturiert die Landschaft nach Objekten und Objektteilen und besteht aus dem Digitalen Landschaftsmodell (DLM) und dem Digitalen Kartographischen Modellen (DKM). Die Objektattribute werden in einem Objektartenkatalog verwaltet und die Geometrie der Objekte wird als Punkt, Linie und Fläche dargestellt (Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland, 1988).

Die ATKIS-Daten wurden zur Ausmaskierung von nicht-Waldflächen genutzt und als kartographisches Hilfsmittel bei der Kartendarstellung verwendet.

3.3 WÖFIS-Daten

Das Waldökologische Forst-Informationssystem (WÖFIS) der Landesforsten Rheinland-Pfalz ist ein forstwirtschaftlich genutztes Werkzeug für das Management geographischer und forstlicher Daten sowie für die Kartenproduktion (LANDESFORSTVERWALTUNG RHEINLAND-PFALZ, 1999). Das Informationssystem wurde als Bestandteil der Betriebsdatenbank konzipiert und beinhaltet alle digitalen Forstkarten des Staats- und Gemeindewaldes. Neben den Sachdaten stehen dem Nutzer auch Geometriedaten zur Verfügung (PEERENBOOM *et al.*, 2003).

In der vorliegenden Arbeit wurden die WÖFIS-Daten mit den Ergebnissen der Forsteinrichtung aus dem Jahre 2005 verwendet. Besonders die Informationen zu den einzelnen Waldorten und den dort vorkommenden Baumarten wurden für einen ersten Überblick zur Lokalisierung von großflächigen Edelkastanienbeständen genutzt.

Abbildung 1:

Edelkastanienbestände am Adelberg bei Annweiler am Trifels. Die hellgrünen bis gelblichen Edelkastanien lassen sich sehr deutlich an Hand ihrer charakteristischen Blütenkerzen von anderen Baumarten unterscheiden. Ausschnitt aus dem digitalen Orthophoto vom 02.07.2010 (LvermGEO-RLP).



4. Datenaufbereitung und Vorprozessierung

Da für die Detektion der Edelkastanie lediglich bewaldete Flächen von Interesse sind, wurde zunächst eine Waldmaske für das Untersuchungsgebiet erstellt. Somit konnten im Vorfeld die Bildbereiche, die für die Analyse nicht relevant waren, aus den Luftbilddaten ausmaskiert werden. Die Trennung zwischen Waldflächen und nicht-Waldflächen wurde einleitend anhand von ATKIS-Strukturdaten durchgeführt. Oberflächen wie Siedlungen, Verkehrswege und unbewachsene Flächen wurden ausmaskiert. Um jedoch auch im ATKIS nicht erfassten Waldwege, Waldblößen und Lichtungen o.ä. von vornherein ausschließen zu können, wurde ergänzend dazu der Vegetationsindex Simple Ratio (SR) berechnet.

Dieser Vegetationsindex nutzt die charakteristischen spektralen Eigenschaften von vitaler grüner Vegetation, um Oberflächen mit lebender Vegetation von unbewachsenen zu unterscheiden (HILDEBRANDT, 1996).

Die durch die beiden Maskierungsmethoden (Abbildung 2) abgeleitete Waldmaske wurde auf die einzelnen Luftbildkacheln angewandt. Das Ergebnis war neben einer erheblichen Datenreduktion vor allem die Optimierung der Bilddaten.

Abbildung 2:

Maskierung der nicht-Waldflächen im Luftbild anhand von ATKIS-Daten (dunkelrot) und durch die Berechnung des Vegetationsindex Simple Ratio (hellrot). Unbewachsene Bereiche werden flächenscharf maskiert, die blühenden Edelkastanien (hellgelb) bleiben davon unberührt.



5. Klassifikation

Das äußerst prägnante phänologische Stadium der Edelkastanienblüte lässt eine flächenscharfe Trennung von anderen Baumarten aus hochauflösenden multispektralen Luftbilddaten zu. Für die Klassifikation wurde der Ansatz einer überwachten pixelbasierten Klassifikation gewählt: die binär logistische Regression. Dieser Klassifikator eignet sich besonders gut bei binären Ausprägungen wie in der vorliegenden Untersuchung die Trennung von Bildpixeln in «Edelkastanie» und «nicht-Edelkastanie». Mittels bildbasierter Trainingsdaten wurde zunächst die logistische Regression bestimmt, um anschließend die a-posteriori-Wahrscheinlichkeiten der Klassenzuteilung pro Luftbildpixel zu errechnen (Abbildung 3). Die Grundform des verwendeten logistischen Regressionsmodells lässt sich wie folgt beschreiben:

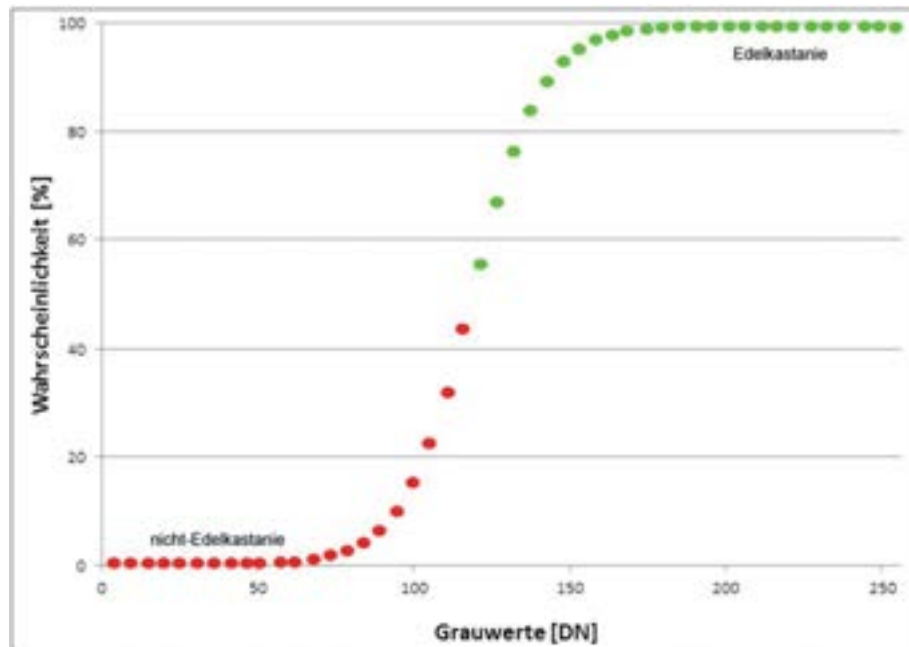
$$P(y = 1 | \vec{x}) = \frac{e^{\beta x}}{1 + e^{\beta x}}$$

$P(y = 1 | \vec{x})$ stellt dabei die a-posteriori Wahrscheinlichkeit für das Auftreten der Merkmalsausprägung «Edelkastanie» dar.

Je Luftbildkachel wurden etwa 200 Trainingspunkte verwendet, die sowohl auf Kastanienflächen als auch auf nicht-Kastanienflächen zufällig angeordnet wurden, um eine räumlich bedingte Autokorrelation zwischen Trainings und Validierungsdaten zu vermeiden. Zu jedem Trainingspunkt wurde der entsprechende Grauwert des zugehörigen Bildpixels erfasst. Für die Klassifikation wurden die Trainingspunkte des gesamten Untersuchungsgebiets zusammengefasst und für jede einzelne Luftbildkachel verwendet. Hierdurch wurden die spektrale Bandbreite bzw. die Merkmale der Edelkastanienblüte im Klassifikator besser abgedeckt.

Abbildung 3:

Logistisches Regressionsmodell mit der Wahrscheinlichkeitsdarstellung der Binärklassifikation. Einteilung der Wahrscheinlichkeiten in «Edelkastanie» und «nicht-Edelkastanie». Mit steigendem Grauwert nimmt die Wahrscheinlichkeit zu, dass es sich bei dem Bildpixel um Edelkastanie handelt.



6. Ergebnisse

Die Klassifikation wurde erfolgreich auf allen 12 Luftbildkacheln durchgeführt. Das Ergebnis ist auf einen Wertebereich von 0 bis 1 skaliert, wobei Werte $<0,5$ als «nicht-Edelkastanie» (Klasse 0) und Werte $>0,5$ als «Edelkastanie» eingestuft wurden. Die Edelkastanienklasse wurde weiterhin in drei separate Klassen eingeteilt. Dabei stellt Klasse 3 (0,84 – 1,00) eindeutig klassifizierte Kastanienblütenflächen dar, Klasse 2 (0,67 – 0,83) und vor allem Klasse 1 (0,5 – 0,66) können als unklar klassifizierte Pixel angesehen werden. Die Klasse «nicht-Edelkastanie» wurde verworfen.

Nach visueller Überprüfung des Klassifikationsergebnisses wurde deutlich, dass Klasse 3 die Baumart Edelkastanie eindeutig anhand ihrer prägnanten Blüte repräsentiert. Klasse 1 und Klasse 2 treten lediglich kleinflächig an Randbereichen der Baumkronen auf und konnten somit verworfen werden (Abbildung 4).

Die Genauigkeit des Klassifikationsergebnisses wurde mithilfe von ca. 200 weiteren Validierungspunkten je Luftbildkachel überprüft. Diese Punkte

wurden, wie bei der oben beschriebenen Erfassung der Trainingspunkte, im Bilddatensatz zufällig auf Edelkastanien und nicht-Edelkastanien verteilt. Mittels der Position der Punkte wurde die Klassenzugehörigkeit im Ergebnisdatensatz abgefragt und mit einer bildbasierten Zuweisung verglichen. Das Ergebnis ist in Tabelle 1 dargestellt.

Insgesamt liegt die Genauigkeit des Klassifikationsergebnisses der 12 Luftbildkacheln bei etwa 96%. Auf Grund der hohen Übereinstimmung der Hersteller- und Nutzergenauigkeit in den jeweiligen Klassen, kann davon ausgegangen werden, dass das Ergebnis nicht durch einen systematischen Fehler bei der Zuweisung der Klassen «Edelkastanie» und «nicht-Edelkastanie» zustande gekommen ist. Die Blütenflächen der Edelkastanie wurden mit der hier vorgestellten Strategie zur fernerkundlichen Detektion für ein ausgewähltes Untersuchungsgebiet im Pfälzerwald äußerst erfolgreich und flächenscharf erfasst.

Abbildung 4:

Ausschnitt des Klassifikationsergebnisses von detektierten Kastanienbeständen am Adelberg. Klasse 1 (blau) und Klasse 2 (rot) treten nur kleinflächig an den Kronenrändern auf. Klasse 3 (gelb) repräsentiert die Edelkastanienblütenflächen flächendeckend für das gesamte Unetrsuchungsgebiet.

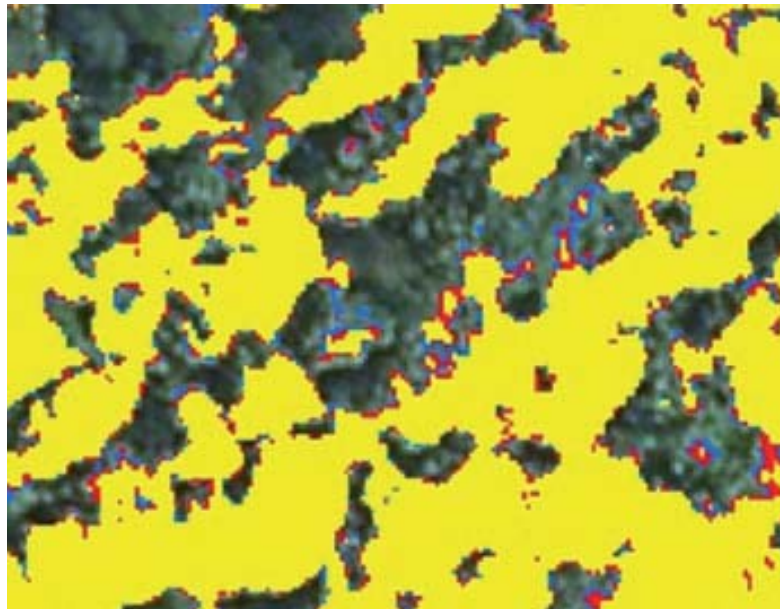


Tabelle 1:

Erreichte Genauigkeit bei der Klasseneinteilung
«Edelkastanie» und «nicht-Edelkastanie»

	EKA-klass	n-EKA-klass	Summe
EKA-Ref	2164	156	2320
n-EKA-Ref	23	2348	2371
Summe	2187	2504	4691

	Summe Referenz	Summe Klassifikation	Anzahl richtig		Hersteller- genauigkeit	Nutzer- genauigkeit
EKA	2320	2187	2164		93,27 %	98,94 %
n-EKA	2371	2504	2348		99,02 %	93,76 %
Summe	4691	4691	4512			

Gesamtgenauigkeit = 96,18 %

Kappa-Koeffizient = 0,92

In Abbildung 5 ist eine Detailansicht mit dem Klassifikationsergebnis am Adelberg bei Annweiler am Trifels dargestellt. Der Ausschnitt zeigt sehr deutlich die einzeln erfassten Edelkastanienbäume sowie die großflächigen Bestände. Das Gesamtergebnis der Klassifikation ist in der nachfolgende Karte (Abbildung 6) abgebildet. Zur Verdeutlichung wurden die detektierten Kastanienbäume ebenso wie in Abbildung 5 gelb markiert.

Eine Validierung der Ergebnisse der Detektion von blühenden Edelkastanien-Bäumen mit Hilfe einer logistischen, binären Regression führten zu Kar-

tierungsgenauigkeiten von über 90%. Auf digitalen Orthophotos mit 20 cm geometrischer Auflösung können mit der von der Universität Trier entwickelten Methode sogar Einzelbäume der Edelkastanie in Mischbeständen erfasst werden. Insgesamt wurden ca. 550 ha Edelkastanien in Blüte im Untersuchungsgebiet ausgewiesen, wobei Einschränkungen bei unter Schirm stehenden Bäumen vorliegen.

Abbildung 5:
Klassifikationsergebnis. Detektierte Edelkastanienflächen am Adelberg, gelb markiert.

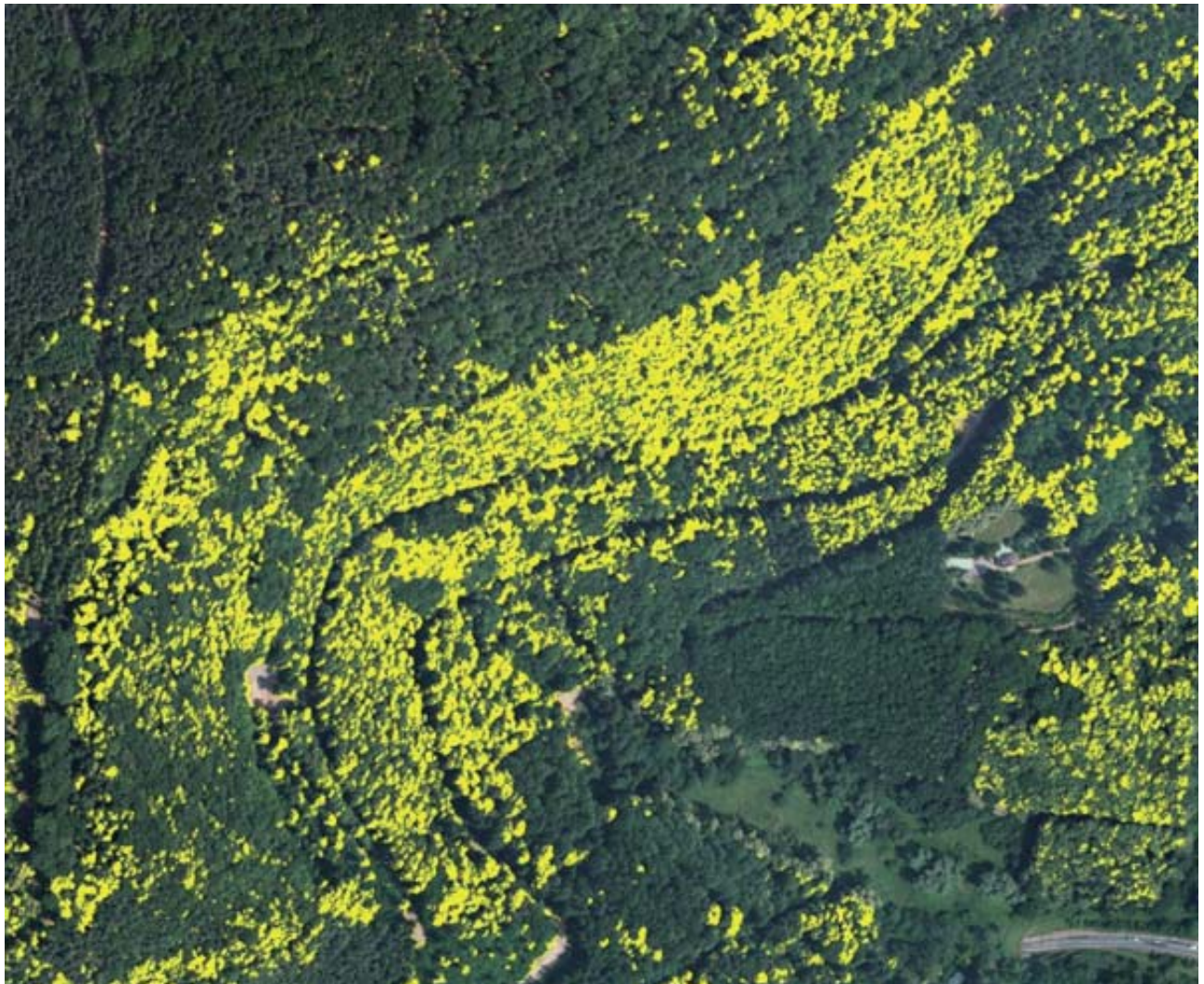
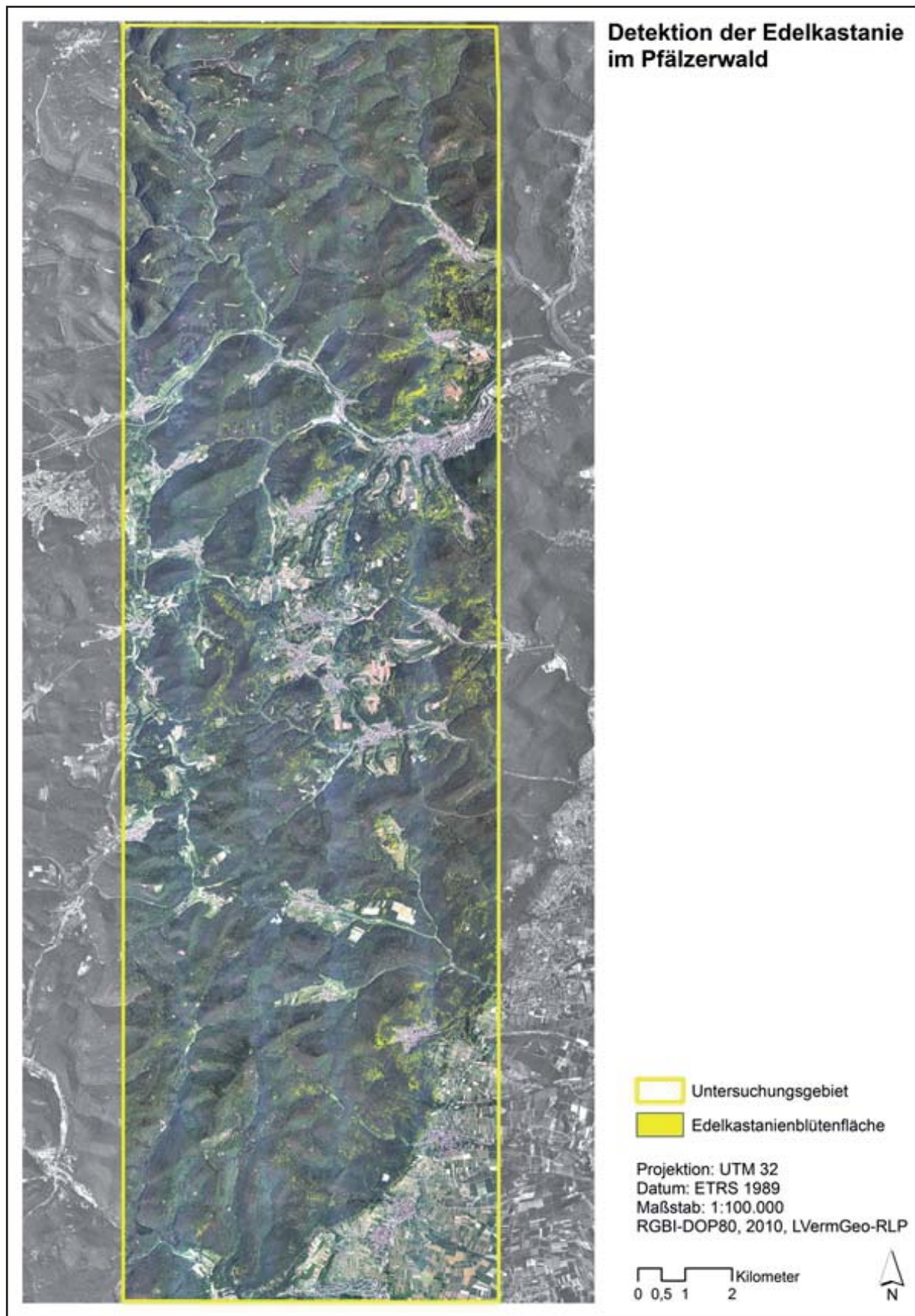


Abbildung 6:
Karte des Klassifikationsergebnisses der detektierten Edelkastanienblüte im gesamten Untersuchungsgebiet.



7. Diskussion

Während der späten Blütephase der Edelkastanie im Juni/Juli entstehen durch die spektral äußerst prägnanten Blütenstände gut erfassbare Unterschiede zu anderen nicht in Blüte stehenden Laubbaumarten. Dieses phänologische Merkmal lässt sich sehr gut für eine flächenscharfe und baumgenaue Detektion der Edelkastanie auf Basis von Bilddaten nutzen. Jedoch wird eine erfolgreiche Klassifikation stark durch den Blütezeitraum und das Blütestadium der Edelkastanie geprägt. Die Erfassung beschränkt sich dabei lediglich auf blühende Edelkastanien; nicht-blühende Jungbäume können nicht abgebildet werden.

Dieses enge Zeitfenster setzt vor allem die Verfügbarkeit eines zeitlich flexiblen Aufnahmesystems mit hoher geometrischer Auflösung voraus, um diese Blütephase abzubilden. Der regional leicht variierende Blütezeitpunkt setzt zudem einer flächenmäßigen Anwendung der Methode aus topographisch und klimatisch bedingten Unterschieden Grenzen. Hier sind Beobachtungen vor Ort unbedingt notwendig.

Da für die Klassifikation die spektralen Merkmale der Blüten der Edelkastanien verwendet wurden, wurde lediglich die Blütenfläche detektiert. Somit kann davon ausgegangen werden, dass die Gesamtfläche eines Baumes bei der angewandten Methode leicht unterschätzt wird. Betrachtet man jedoch die Fülle und Dichte der einzelnen Blüten an einer Edelkastanie, dürfte die Unterschätzung der gesamten Kronenfläche marginal sein.

Für das Untersuchungsgebiet wurde ein sehr gutes Gesamtergebnis mit einer hohen Genauigkeit erreicht. Es sollte weiter untersucht werden, ob eine solche hohe Genauigkeit bei der Klassifikation in anderen und vor allem großflächigeren Gebieten ebenfalls erreicht werden kann, oder ob in dem vorliegenden Fall das Ergebnis durch die großflächigen Reinbestände der Edelkastanie in ungeklärter Weise beeinflusst wurde.

Die als Datengrundlage verwendeten vier-kanaligen Orthophotos sind für die entwickelte Strategie zur Detektion der Edelkastanie ideal. Aufgrund ihrer hohen geometrischen Auflösung konnten sogar Einzelbäume in Mischbeständen identifiziert werden. Jedoch ist die Verfügbarkeit nutzbarer Bilddaten äußerst begrenzt, da das Zeitfenster der Edelkastanienblüte sehr schmal ist.

8. Fazit und Ausblick

Die entwickelte Strategie zur fernerkundlichen Detektion der Baumart Edelkastanie lieferte detaillierte Information über ihre Verbreitung im Untersuchungsgebiet und stellt damit eine enorme Verbesserung der eingangs geschilderten Datengrundlage dar. Eine Untersuchung über das Gesamtvorkommen der Edelkastanie in Rheinland-Pfalz könnte mit dem hier vorgestellten Verfahren durchaus erfolgreich sein. Anhand der so erfassten Kastanienflächen könnten detaillierte Verbreitungskarten erstellt und Flächenanteile pro Waldort errechnet werden. Holzvorratsschätzungen wären unter Berücksichtigung weiterer Verfahren und Daten sogar für die Baumart Edelkastanie denkbar.

Innerhalb der turnusmäßigen Luftbildbefliegung des LVerGeo in Rheinland-Pfalz würde eine Anpassung der Befliegungszeitpunkte an die Blütephase der Edelkastanie eine großflächige und kostengünstige Kartierung der Edelkastanienbestände in deren Verbreitungsgebieten in Rheinland-Pfalz ermöglichen. Auf diese Weise könnte eine vollständige Abdeckung zum Beispiel des Pfälzerwaldes mit Luftbilddaten im Blütezeitraum erreicht werden.

Neben der Verwendung von Orthophotos ist eine Nutzung von Satellitenbilddaten mit ähnlicher geometrischer und spektraler Auflösung genauso denkbar. Für die Untersuchung geeignete Satellitensysteme sind zum Beispiel der Erdbeobachtungssatellit «RapidEye» mit einer geometrischen Auflösung von 5 m, 5 Spektralkanälen im Sichtbaren und Nahen Infrarot und einer Streifenbreite von 77 km (RAPID EYE 2013) oder der als Tandem konzipierte und noch dieses Jahr startende Satellit «Sentinel-2» mit 13 Kanälen im Visuellen bis Nahen Infrarot, einer geometrischen Auflösung von 10-20m und einer Streifenbreite von 290 km (ESA 2013). Der Vorteil liegt dabei vor allem in der Erfassung großer Gebiete mit nur einer Satellitenbilddaufnahme. Jedoch ist bei dieser geometrischen Auflösung eine Einzelbaumerkennung nicht möglich.

Wie in der BSc-Arbeit von HAVEL (2012) gezeigt wurde, lassen sich unter Verwendung von LIDAR-Daten (Light Detecting and Ranging) Bestandsstrukturen erkennen. Eine großflächige Ableitung der Strukturen der einzelnen Edelkastanienbestände wäre für weitere Untersuchungen sinnvoll und hilfreich. Neben Hochwald- und Niederwaldbeständen sollten dabei auch mittelwaldartige Bestände berücksichtigt werden.

Mit der Detektion der Edelkastanien und vor allem durch die Einzelbaumerfassung wurde eine wichtige Grundlage für die Erfassung und Verbreitung des Gesundheitszustandes der Edelkastanie gelegt. Unter Verwendung des beschriebenen Verfahrens könnte ein Monitoring-System eingerichtet werden, um die Ausbreitung des Edelkastanienrindenkrebses oder anderer Krankheitserreger zu beobachten und gegebenenfalls den Einsatz von Gegenmaßnahmen koordinieren zu können.

An dieser Stelle soll nochmals auf die Notwendigkeit entsprechender Bilddaten hingewiesen werden, die nur in einem kurzen Zeitraum erhoben werden können. Eine Befliegung von Edelkastanienbeständen mit dem Hyperspektralsensor des Faches Umweltfernerkundung und Geoinformatik der Universität Trier wäre eine gute Alternative zur Luftbildbefliegung durch das LVermGEO-RLP, da dieser Sensor zeitlich äußerst flexibel eingesetzt werden könnte.

Abbildung 7:
Zusammenfassung der Prozesskette zur Detektion der Baumart Edelkastanie



Literatur

- GAUER, J. (2005): Beschreibung der Waldökologischen Naturräume. In Gauer, J. & Aldinger, E. (Hsg), Waldökologische Naturräume Deutschlands, Forstliche Wuchsgebiete und Wuchsbezirke. Mitteilungen des Vereins für Forstliche Standortskunde und Forstpflanzenzüchtung Nr. 43. S. 278-281.
- ARBEITSGEMEINSCHAFT DER VERMESSUNGSVERWALTUNG DER LÄNDER DER BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND (1988): Das Amtlich Topographisch-Kartographische Informationssystem (ATKIS).
- HAVEL, P. (2012): Einzelbaumidentifikation unter Verwendung hochauflösender Fernerkundungsdaten. Bachelorarbeit, Universität Trier.
- HILDEBRANDT, G. (1996): Fernerkundung und Luftbildmessung für Forstwirtschaft, Vegetationskartierung und Landschaftsökologie.
- LANDESFORSTVERWALTUNG RHEINLAND-PFALZ (1999): Jahresbericht der Landesforstverwaltung 1999.
- PEERENBOOM, H.G., ONTRUP, G. & BÖHMER, O. (2003): Weiterentwicklung der Forsteinrichtung in Rheinland-Pfalz. In: Forst und Holz, v. 58, Nr. 23-24, S. 728-731.
- WALDZUSTANDSBERICHT (2006): Waldzustandsbericht für Rheinland-Pfalz 2006.
- WAMBSGANSS, W. (2012): Die Edelkastanie in den Wäldern des pfälzischen Forstamtes Haardt. In Exkursionsführer Forstamt Haardt 2011.
- RAPIDEYE (10.01.2013): <http://www.rapideye.com/index.html>.
- SENTINEL-2 (10.01.2013): http://www.esa.int/Our_Activities/Observing_the_Earth/GMES/Sentinel-2.

ETUDE DES CHÂTAIGNIERS DEPUIS L'ESPACE : UN SUCCÈS DU PROGRAMME INTERREG POUR LEUR CARTOGRAPHIE

COLETTE MEYER, MATHILDE CASPARD

Université Strasbourg

Zusammenfassung

Ziel der vorliegenden Studie war die Entwicklung einer Methode zur Detektion der Baumart Edelkastanie im Projektgebiet der Vogesen-Vorbergzone auf Basis multispektraler Aufnahmen der Satelliten ALOS AVNIR-2 und Spot 5. Es wurden Aufnahmen für die Phasen Laubaustrieb und Blüte analysiert. Auf der Basis artspezifischer spektraler Signaturen wurden zunächst in vom Regionalzentrum für das Privatwaldeigentum CRPF Lorraine-Alsace ausgewählten Testgebieten die Edelkastanien detektiert. Diese Ergebnisse wurden terrestrisch vom CRPF verifiziert. Mit dem gewählten Verfahren wurde die Präsenz der Edelkastanie in 96 % der kontrollierten Fälle bestätigt. Sodann wurde das Verfahren auf die gesamte Region Elsass übertragen. Im Ergebnis konnten damit rund 2.500 ha Edelkastanien geprägte Wälder detektiert werden mit einem Schwerpunkt im mittleren Elsass.

Résumé

La présente étude avait pour objet le développement d'une méthode de détection du châtaignier dans un périmètre correspondant au piémont vosgien à l'aide de prises de vues multispectrales provenant des satellites ALOS AVNIR-2 et Spot 5. L'analyse a porté sur des images réalisées lors des phases de débourrage et de floraison. Dans un premier temps, des signatures spectrales propres au châtaignier ont été utilisées pour détecter la présence de cette essence dans des zones-test choisies par le CRPF (Centre régional de la propriété forestière). Ces résultats ont été ensuite validés sur le terrain par le CRPF. La présence du châtaignier indiquée par le procédé retenu a été confirmée dans 96 % des cas par le contrôle sur le terrain. On a alors appliqué ce procédé à l'ensemble de la Région Alsace. Ceci a permis de détecter environ 2.500 hectares de forêts à forte présence de châtaignier avec une concentration en Alsace centrale.

Introduction

La télédétection, technique d'observation de la surface terrestre à partir d'images prises par des avions ou des satellites, apporte une vision homogène et détaillée des zones survolées. Bien que technologie récente, les méthodologies de la télédétection constituent déjà un outil fiable, performant, complémentaire des méthodes traditionnellement utilisées pour la gestion et le suivi des forêts. Une approche innovante de la télédétection est utilisée dans le cadre du projet pour la cartographie des châtaigniers, réalisée conjointement par le SERTIT sur l'Alsace et l'université de Trêves dans le Pfälzerwald.

L'étude sur l'Alsace est présentée dans ce rapport. Le SERTIT, Service Régional de Traitement d'Image de Télédétection de l'Université de Strasbourg, a eu recours à des données de la télédétection spatiale pour cartographier précisément les châtaigneraies d'Alsace.

À partir de relevés de terrain géo-localisant des châtaigniers, fournis par la C.R.P.F. (*Centre Régional de la Propriété Forestière de Lorraine-Alsace*), et d'un choix ciblé d'images satellites acquises à différentes saisons, le Sertit a développé une méthode permettant de différencier le châtaignier des autres essences forestières. La démarche s'appuie sur le calendrier végétatif particulier du châtaignier.

La méthodologie a été appliquée sur plusieurs zones test réparties sur l'Alsace. Les premières cartographies sur les zones test ont été validées par des campagnes de terrain effectuées par le C.R.P.F. Les résultats très conformes obtenus sur le terrain ont permis de généraliser la méthodologie et ainsi d'obtenir une cartographie des châtaigneraies sur l'ensemble de la région Alsace.

1. La Méthodologie

Afin de couvrir au mieux le cycle végétatif du châtaignier, des images satellites optiques ont été acquises à différentes saisons sur l'ensemble de l'Alsace. En effet, deux phases de ce cycle sont particulières au châtaignier : le débourrement et la floraison (Figure 1).

Le débourrement a lieu en général fin avril. Le châtaignier a la particularité de débourrer un peu tardivement par rapport aux autres essences de feuillus. Lors de sa floraison, il produit une quantité

importante de fleurs blanches lui permettant également de se distinguer des autres essences forestières dans le paysage. Le choix des images satellites s'est basé sur ces deux phénomènes.

Afin de couvrir l'ensemble de la zone d'étude, des images satellites multispectrales (10m de résolution) issues de deux capteurs différents ont été utilisés, ALOS AVNIR-2 et SPOT 5 (Tableau 1 et Tableau 2).

Figure 1:
Photographies illustrant le débourrement et la floraison des châtaigniers



Tableau 1:

Caractéristiques des images issues du capteur ALOS AVNIR-2

N° de bande	Emplacement spectral	Longueur d'onde (en μm)	Résolution (en m)	Taille de la fauchée (en km)
MS1	Bleu (B)	0.42 - 0.50	10	70 x 70
MS2	Vert (V)	0.52 - 0.60		
MS3	Rouge (R)	0.61 - 0.69		
MS4	Proche Infrarouge (PIR)	0.76 - 0.89		

Tableau 2:

Caractéristiques des images issues du capteur SPOT 5

N° de bande	Emplacement spectral	Longueur d'onde (en μm)	Résolution (en m)	Taille de la fauchée (en km)
	Panchromatique (P)	0.48 - 0.71	5 (2,5 en supermode)	60 x 60
MS1	Vert (V)	0.50 - 0.59	10	
MS2	Rouge (R)	0.61 - 0.68		
MS3	Proche Infrarouge (PIR)	0.78 - 0.89		
MS4	Moyen Infrarouge (MIR)	1.58 - 1.75		

Les images satellites sont reçues dans un format brut. Avant tout traitement, elles nécessitent d'être corrigées géométriquement par le biais d'un processus appelé orthorectification. Ce prétraitement va corriger les images des déformations dues au relief (grâce à l'utilisation d'un modèle numérique

de terrain), à l'angle de prise de vue et à la courbure terrestre. L'élimination de ces distorsions permet de donner un positionnement précis et conforme à un système de projection et ainsi d'obtenir une parfaite superposition entre les images (Figure 2).

Figure 2:
Prétraitements des images satellite

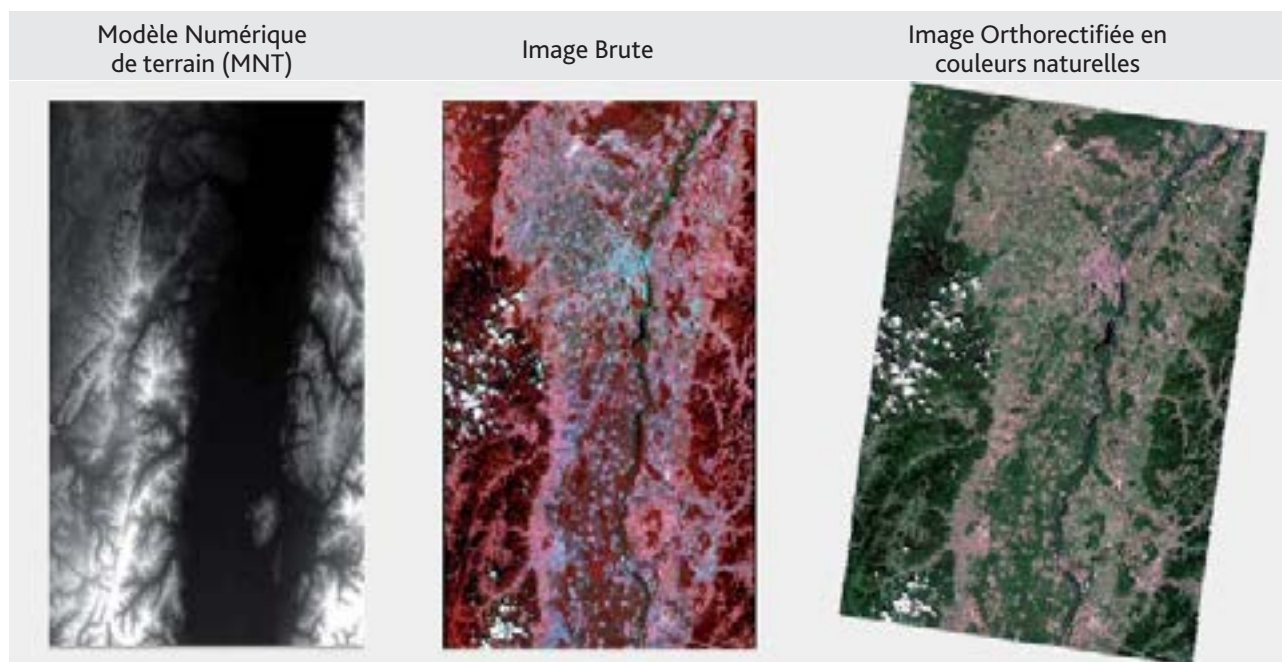
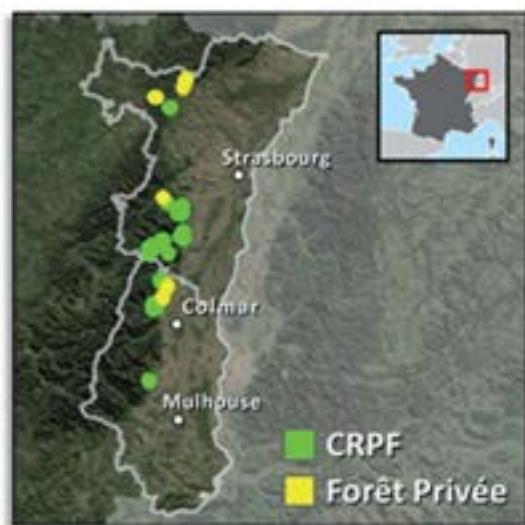


Figure 3:
Données de terrain utilisées pour développer la
méthodologie



Pour localiser les châtaigneraies, des placettes de châtaigniers ont été fournies par le CRPF et des parcelles forestières contenant des informations relatives aux essences en provenance de la forêt privée ont été également utilisées (Figure 3).

Plusieurs traitements des images satellites sont nécessaires avant l'extraction des châtaigniers (Figure 4) :

- l'extraction du masque forestier,
- la différenciation Feuillus/Conifères

Figure 4:
Différenciation Feuillus/Conifères



Une approche basée sur les signatures spectrales a été utilisée pour développer une méthode permettant de différencier les châtaigniers des autres feuillus.

- l'extraction des Châtaigniers dans le masque feuillus.

A partir des données de terrain et des images satellites ont été extraites les signatures spectrales des châtaigniers et des principaux feuillus à différentes saisons et à différents endroits. Les signatures spectrales des châtaigniers sont comparées à celles des chênes et des hêtres afin d'évaluer le pouvoir discriminant de l'image (Figure 5).

C'est l'analyse de ces signatures spectrales qui a permis d'aboutir à la mise au point d'une méthode permettant d'extraire les châtaigniers de manière automatique (Figure 6).

Le masque «châtaigniers» brut ainsi obtenu comporte quelques imperfections, des traitements de nettoyage et de lissage du masque suivis d'une validation par photo-interprétation des résultats obtenus ont permis d'obtenir une couche homogène pour laquelle seules les châtaigneraies de plus de 10 ares ont été retenues.

Figure 5:
Exemples de signatures spectrales d'échantillons de terrain de différents feuillus

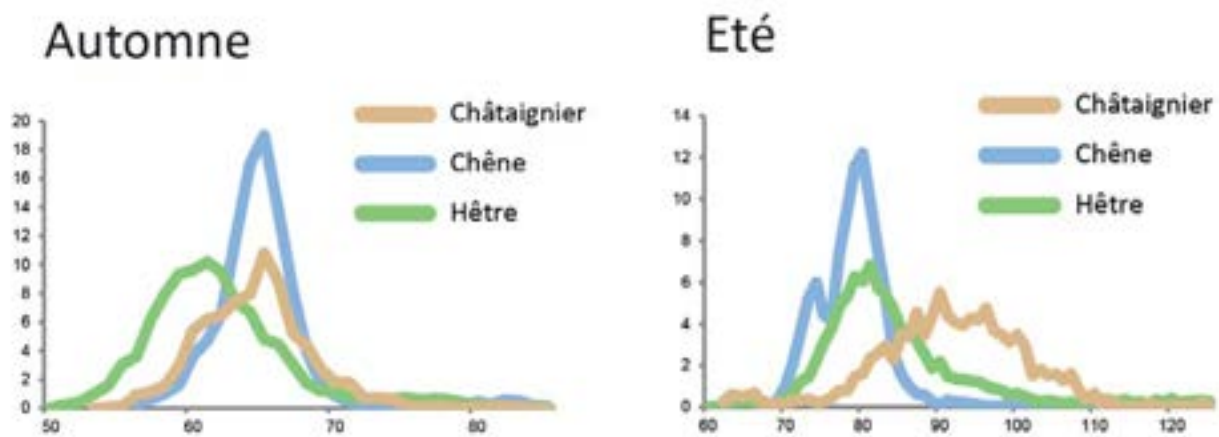


Figure 6:
Extraction des châtaigniers



2. La cartographie des châtaigniers sur des zones test

La méthodologie mise au point décrite dans la partie précédente a été appliquée sur plusieurs zones test réparties sur l'Alsace afin d'obtenir une carte des châtaigneraies. Cinq zones tests d'une surface de quelques dizaines de km², situées dans des secteurs comportant d'importantes châtaigneraies ont ainsi été sélectionnées (Figure 7).

Pour chaque zone test une carte précise des châtaigneraies de plus de 10 ares a donc été produite à partir des images satellite multi dates (Figure 8 et Figure 9).

Figure 7:
Localisation des zones test sur l'Alsace



Figure 8:
Carte des châtaigneraies produite pour la zone test de Villé à partir de la télédétection

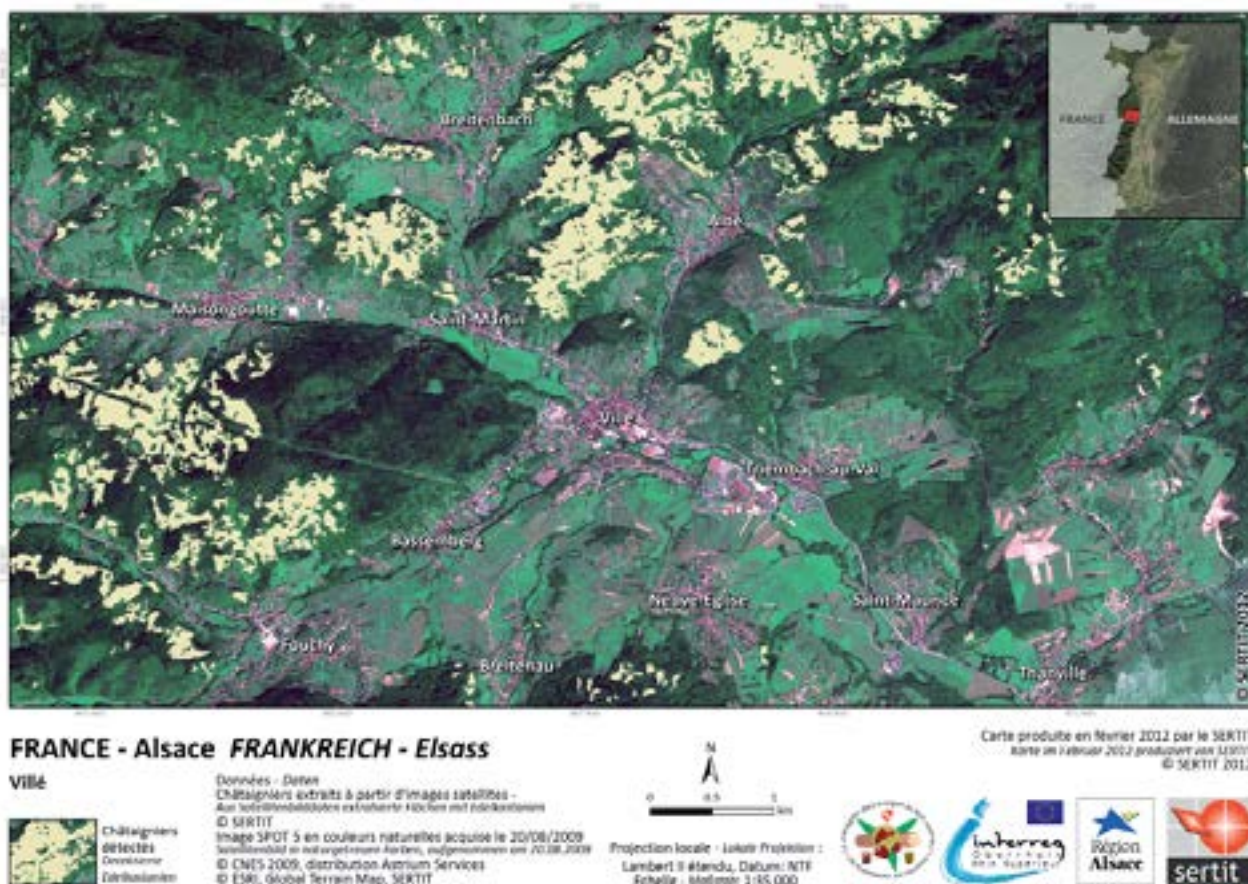
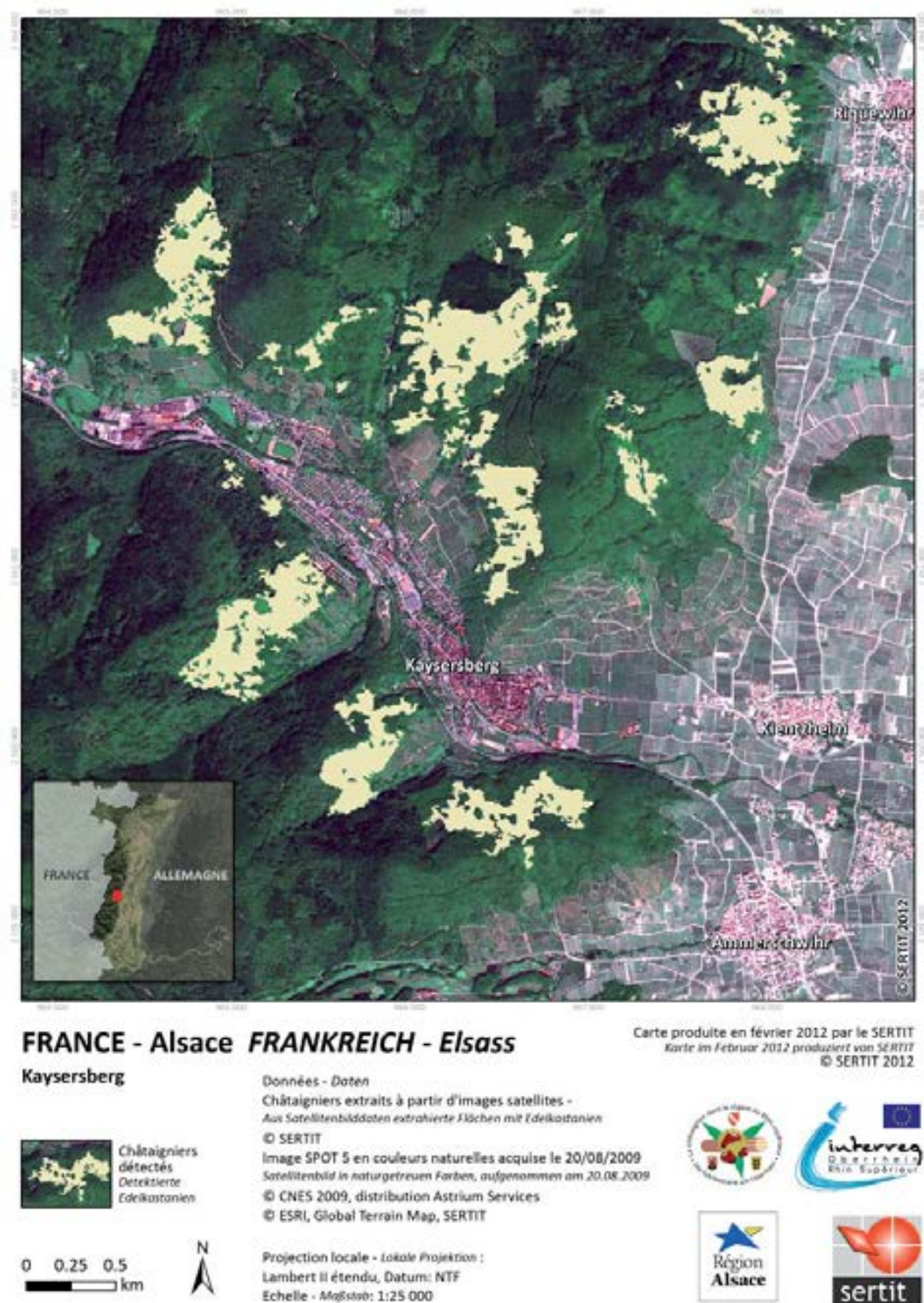


Figure 9:
Carte des châtaigneraies produite pour la zone test de Kayserberg à partir de la télédétection



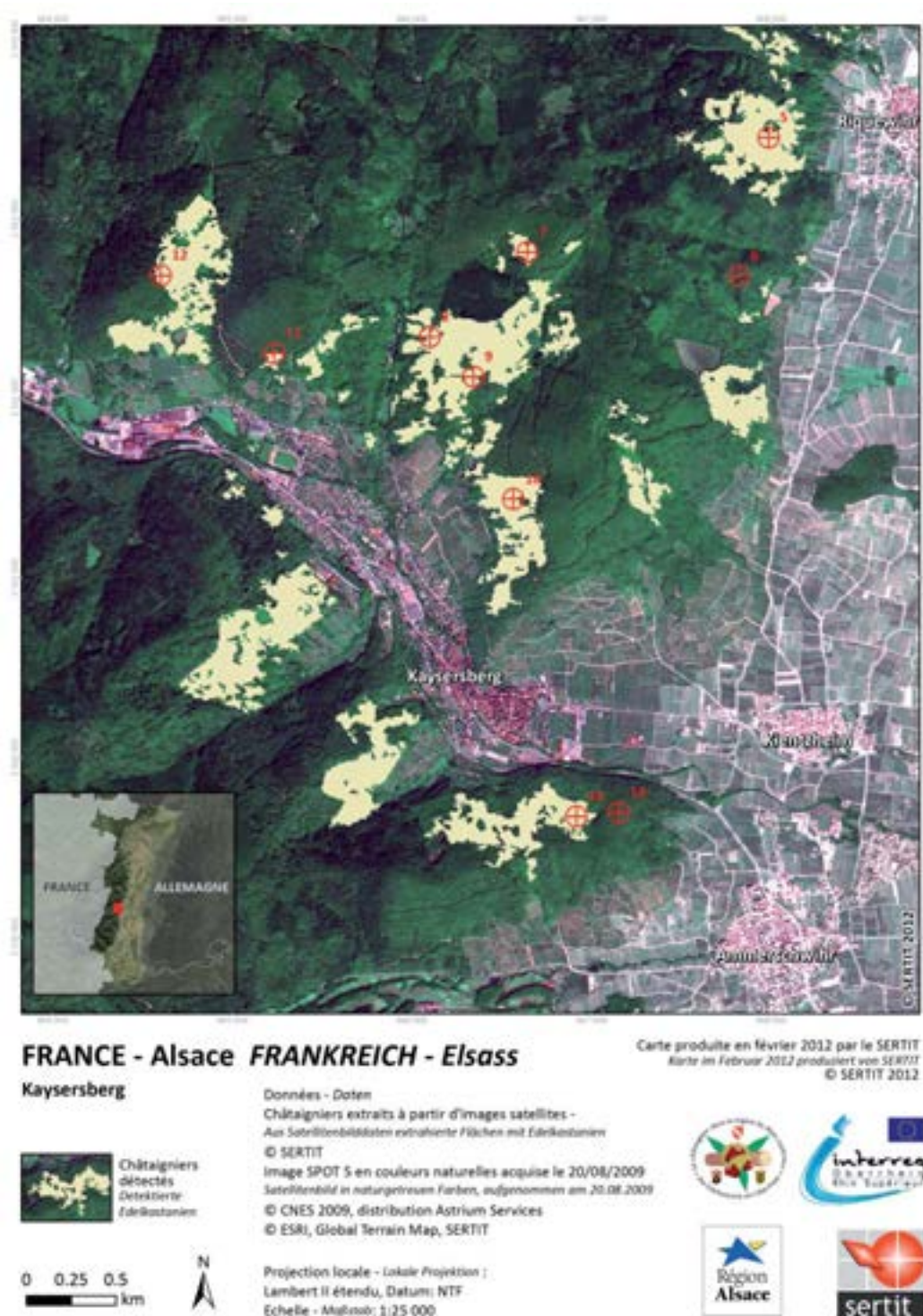
3. Validation terrain effectuée par le C.R.P.F.

Les cartes obtenues ont fait l'objet d'une validation sur le terrain par le contrôle d'une dizaine de points pour chaque zone test lors de plusieurs campagnes de terrain effectuées par des agents du C.R.P.F.

Méthode de validation choisie

Une sélection aléatoire, d'une part de points situés dans les zones de châtaigneraies cartographiées, et d'autre part de points classés non châtaigniers localisés dans des secteurs de feuillus proches des châtaigneraies, a été faite par le SERTIT (Figure 10).

Figure 10:
Sélection de points pour la validation de la zone test de Kayserberg



Lors de campagnes de terrain, les agents du C.R.P.F. ont visité les points sélectionnés en se repérant à l'aide d'un GPS. Ils ont relevé pour chaque point la proportion du couvert en châtaigniers et une description de leur typologie.

Résultats de la validation terrain

Pour l'ensemble des zones test, le C.R.P.F. a contrôlé 52 points sélectionnés dans les zones de châtaigneraies mises en évidence par la télédétection. Ainsi 81 % des points visités correspondaient à des châtaigneraies avec plus de 75% de châtaigniers, il s'agissait de feuillus mixte avec majoritairement des châtaigniers (50 à 75%) pour 9% des points contrôlés, les châtaigniers étaient minoritaires (25 à 50%) pour 6% des points et 4% des points ne comportaient pas de châtaigniers (Figure 11). Les résultats sont très bons du fait de la présence de châtaigniers pour 96 % des points contrôlés.

En ce qui concerne les points sélectionnés dans des secteurs proches des châtaigneraies classés non châtaigniers, l'absence de châtaigniers ou une proportion de moins de 10% de châtaigniers relevée a été confirmée pour la plupart des points. Toutefois la présence de jeunes taillis de châtaigniers a été mise en évidence pour quelques points visités. Comme la méthodologie s'appuie sur la floraison des châtaigniers, elle ne permet pas toujours de détecter

les jeunes châtaigneraies si les arbres ne fleurissent pas.

Les campagnes de terrain ont donc montré une très bonne détection des châtaigniers mûres validant ainsi la méthodologie.

4. La cartographie sur l'ensemble de l'Alsace

Les résultats très conformes obtenus durant les campagnes de terrain ont permis de généraliser la méthodologie élaborée par le SERTIT et ainsi d'obtenir une cartographie précise des châtaigneraies sur l'ensemble de la région Alsace (Figure 12). Les châtaigneraies d'une superficie totale de près de 2 500 ha sont essentiellement localisées le long du vignoble en bordure du massif Vosgien mais aussi dans le Parc Naturel Régional des Vosges du Nord, les plus grandes châtaigneraies sont situées dans le centre-Alsace.

Une analyse de la cartographie à l'échelle du canton a mis en évidence les cantons pour lesquels le plus de châtaigneraies ont été cartographiées, il s'agit des cantons de Villé, de Kaysersberg et de Barr avec respectivement près de 600 ha, 300 ha et 250 ha (Figure 13 : Cartographie des châtaigniers à l'échelle du canton sur l'Alsace).

Figure 11:
Résultats des campagnes de terrain effectuées sur les zones test par le CRPF

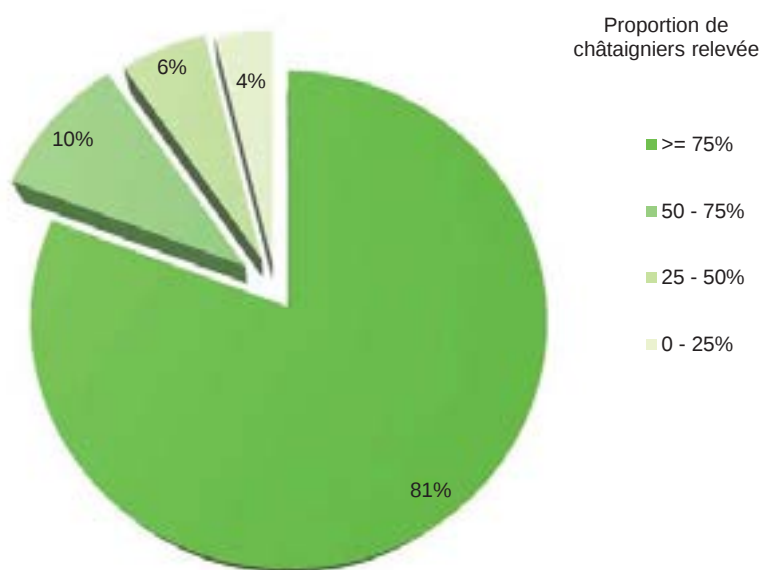


Figure 12:
Cartographie des châtaigniers sur l'ensemble de l'Alsace

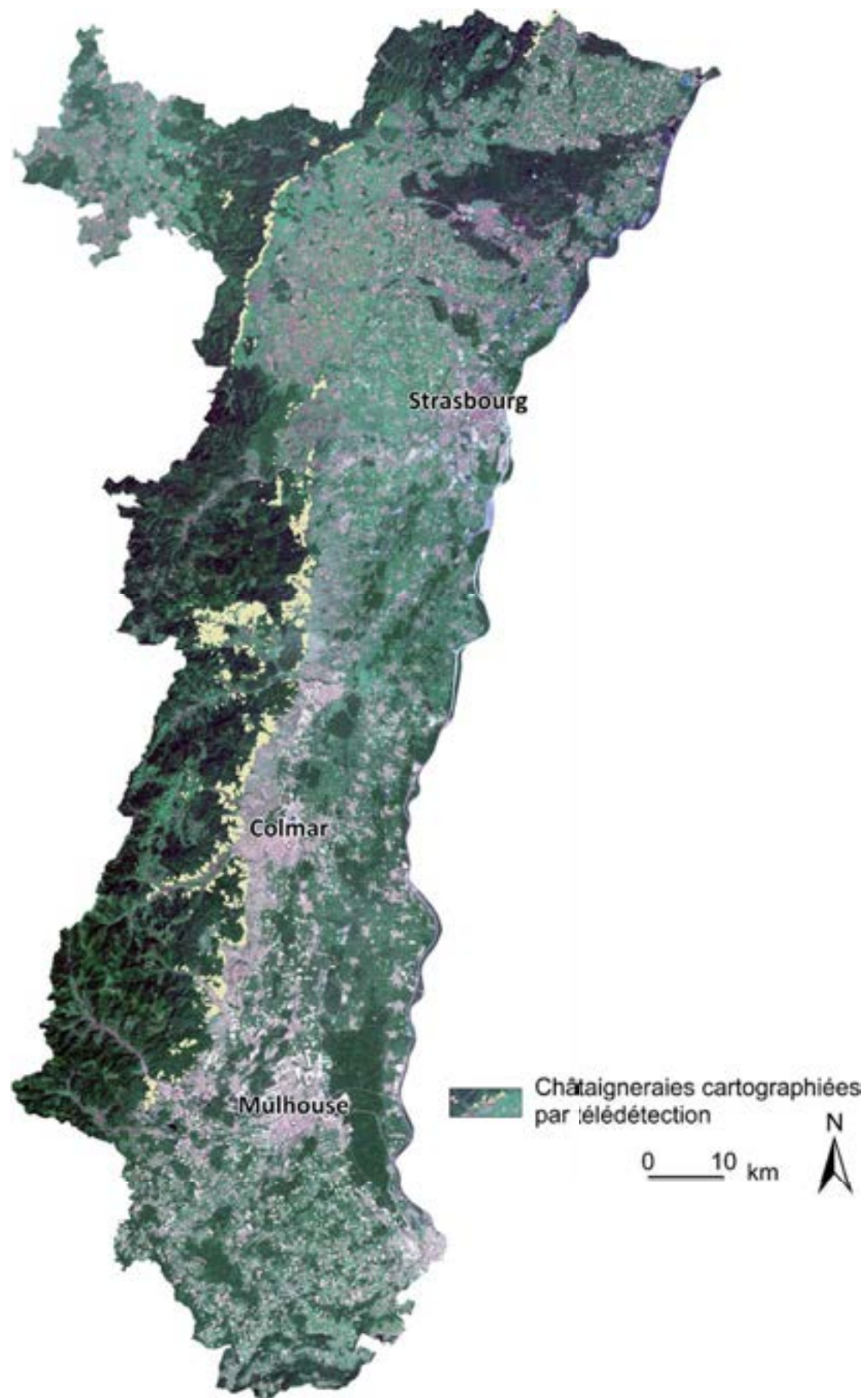


Figure 13:
Cartographie des châtaigniers à l'échelle du canton sur l'Alsace



Conclusion

A partir d'images satellite multi-temporelles, couvrant les différentes phases du cycle végétatif du châtaignier et de données de terrain géo localisant des châtaigneraies, une méthodologie permettant sa différentiation des autres essences forestières et son extraction a ainsi été mise au point en collaboration avec le CRPF.

Les cartographies obtenues ont faits l'objet d'une validation de terrain effectuée par le CRPF. Les résultats sont très bons car pour 96 % des points contrôlés dans les zones de châtaigniers cartographiées par télédétection la présence de châtaigniers a été confirmée.

L'étude a abouti à une carte des châtaigniers sur l'ensemble de la Région Alsace montrant l'extension et la localisation des châtaigneraies de manière très précise. Une superficie d'environ 2 500 ha a été mise en évidence sur la région et les châtaigneraies les plus importantes se situent dans le val de Villé couvrant près de 600 ha.

La plupart des châtaigneraies en Alsace font partie des petites propriétés de la forêt privée, la localisation de ces châtaigneraies n'était pas bien connue et elles ne sont pas toujours exploitées. Connaître exactement leur situation permettra de préserver et de valoriser cette essence structurant le paysage des collines sous- vosgiennes.

L'acquisition d'images satellite futures permettrait un suivi de l'évolution des châtaigneraies et de leur état de santé. La méthodologie très innovante pourrait être appliquée à une autre région afin d'y repérer ses châtaigniers, elle pourrait également être adaptée à la cartographie d'une autre essence forestière particulière.

DER ESSKASTANIENRINDENKREBS IM EU INTERREG OBERRHEIN-GEBIET: AUSBREITUNG, ZUNEHMENDE DIFFERENZIERUNG UND HYPOVIRULENZ

FRANZISKA S. PETERS, JOHANNA BUSSKAMP UND BERTHOLD METZLER

Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden Württemberg

Zusammenfassung

Seit knapp 30 Jahren breitet sich der Esskastanienrindenkrebs in den Esskastaniengebieten Deutschlands aus. Nach der Entdeckung des Erregers *Cryphonectria parasitica* in Deutschland in 1992 wurde er zunächst nur in wenigen Beständen in der Ortenau (Baden-Württemberg) und der Südlichen Weinstraße (Rheinland-Pfalz) nachgewiesen.

Bis 2001 waren vier vc-Gruppen des Pathogens in Deutschland bekannt, in den folgenden Jahren bis 2010 erhöhte sich diese Zahl auf neun. Im Rahmen des Interreg-Projekts konnten wertvolle Erkenntnisse über die weitere Diversifizierung des Schadpilzes gewonnen werden. Durch die Probenahmen im den Jahren 2011 und 2012 konnten insgesamt 12 vc-Gruppen identifiziert werden, insgesamt kommt man damit auf 15 vc-Gruppen in Deutschland. Die bisher gefundene genetische Vielfalt ist aber bis auf wenige Ausnahmen nicht auf Rekombination bei der sexuellen Fortpflanzung zurückzuführen, die Ergebnisse deuten vielmehr auf eine mehrfache unabhängige Einschleppung des Erregers und folgende klonale Vermehrung hin. Untersuchungen des Kreuzungstyps und weiterer genetischer Merkmale zeigen, dass die Diversität von *C. parasitica* in Deutschland größer ist, als die alleinige Betrachtung der vc-Gruppen vermuten lässt. Beide Kreuzungstypen des Pilzes wurden in Deutschland gefunden, allerdings überwiegt in der Regel ein Kreuzungstyp in einem Bestand. Die Möglichkeit der sexuellen Fortpflanzung und die damit einhergehenden potentiellen genetischen Rekombination ist somit aber an einigen Standorten gegeben.

Während bis 2010 Hypovirulenz nur an drei mit *C. parasitica* befallenen Bäumen in der Ortenau nachgewiesen werden konnte, zeigten die Untersuchungen während des Interreg-Projektes, dass sich die Hypovirulenz merklich in Baden-Württemberg ausgebreitet hat. Insgesamt wurden aus 36 Bäumen hypovirulente Isolate gewonnen. Auf einigen Flächen konnte an bis zu 25 % der befallenen Bäume Hypovirulenz nachgewiesen werden. Alle isolierten CHV-1 gehörten dem deutschen Subtyp des Hypovirus an. Da in Rheinland-Pfalz keine natürliche Hypovirulenz gefunden wurde, wurde diese dort probeweise künstlich ausgebracht. Reisolierungen des Hypovirus zeigen, dass sie sich in den behandelten Bäumen etablieren konnte, so dass nun auf eine weitere Verbreitung und Übertragung der Hypovirulenz in dem Bestand zu hoffen ist.

Im Rahmen des Interreg-Projektes konnten umfangreiche wissenschaftliche Erkenntnisse gewonnen und publiziert werden (BUSSKAMP 2011; PETERS et al. 2012; PETERS et al. 2013; PETERS et al. (2014, im Druck); WUNDERLICH 2011), die auf den Interreg-Veranstaltungen, aber auch auf anderen wissenschaftlichen Tagungen präsentiert wurden (PETERS et al. 2012b, PETERS et al. 2012c).

Résumé

Depuis presque 30 ans, le chancre du châtaignier se répand dans les zones de présence de cette essence en Allemagne. Après sa découverte en Allemagne en 1992, la présence du champignon pathogène *Cryphonectria parasitica* n'a été confirmée dans un premier temps que dans quelques peuplements de l'Ortenau (Bade-Wurtemberg) et de la Südliche Weinstrasse (Rhénanie-Palatinat).

Jusqu'en 2001, on connaissait en Allemagne quatre groupes de compatibilité végétative (GCV) du pathogène. En 2010, leur nombre était passé à neuf. Le projet Interreg a permis de faire des constatations très utiles sur la diversification ultérieure de ce champignon pathogène. Les prélèvements opérés en 2011 et 2012 ont permis d'identifier au total 12 GCV, ce qui porte à 15 le nombre de ces derniers en Allemagne. A quelques rares exceptions près, la variété génétique observée jusqu'ici n'est pas due à des recombinaisons opérées lors de la reproduction sexuée. Les résultats indiquent plutôt des introductions involontaires diverses du pathogène et une reproduction clonale ultérieure. L'étude du type de croisement et d'autres caractéristiques génétiques a montré que la diversité de *C. parasitica* en Allemagne était plus importante que ne le laissait supposer le nombre de GCV. Les deux types de croisement du champignon ont été observés en Allemagne. Mais en règle générale, un type de croisement domine dans chaque peuplement. La possibilité de reproduction sexuée et donc de recombinaison génétique existe donc dans certaines stations.

Si la présence d'une hypovirulence n'avait pu être démontrée que sur trois arbres atteints par *C. parasitica* dans l'Ortenau en 2010, les examens menés durant le projet Interreg ont montré que l'hypovirulence s'était significativement répandue dans le Bade-Wurtemberg. Des isolats hypovirulents ont pu être prélevés sur 36 arbres. A certains endroits, l'hypovirulence pouvait concerner jusqu'à 25 % des arbres atteints. Tous les CHV1 isolés appartenaient au sous-type allemand de l'hypovirus. Aucun phénomène d'hypovirulence naturelle n'ayant été constaté en Rhénanie-Palatinat, on y a donc introduit de l'hypovirulence de manière artificielle à titre expérimental. De nouvelles isolations de l'hypovirus ont montré qu'il était parvenu à s'établir sur les arbres où il avait été introduit, ce qui laisse espérer que l'hypovirulence pourra se répandre dans les peuplements concernés.

Le projet Interreg a permis d'obtenir des résultats scientifiques importants et de les publier (Bußkamp 2011; Peters et al. 2012; Peters et al. 2013; Peters et al. (2014, sous presse) ; Wunderlich 2011). Ces résultats ont été présentés dans le cadre des manifestations liées à Interreg ainsi que lors d'autres colloques scientifiques (Peters et al. 2012b, Peters et al. 2012c).

1. Einleitung

1.1. Ausbreitungsgeschichte von *Cryphonectria parasitica*

Der Erreger des Esskastanienrindenkrebses, *Cryphonectria parasitica*, stammt ursprünglich aus Ostasien. Die dort heimischen Kastanienarten, *Castanea mollissima* und *Castanea crenata*, sind dem Erreger gegenüber weitgehend resistent oder tolerant (GÄUMANN 1951). Im Jahr 1904 wurde der Pilz erstmalig im Osten der USA an der amerikanischen Esskastanie *Castanea dentata* entdeckt. Bis 1950 vernichtete der Pilz dort etwa 3.6 Mio. ha Kastanienwald und damit die amerikanische Esskastanie fast vollständig. *C. dentata* war bis dahin in den östlichen USA die häufigste Hartholzart und stellte 25 % des Holzvorrates. Das Absterben von 3.5 Mrd. Bäumen wird als eine Katastrophe ohnegleichen in der Forstgeschichte bezeichnet (GRIFFIN & ELKINS 1986).

In Europa wurde der Esskastanienrindenkrebs 1938 das erste Mal in Italien in der Nähe von Genua nachgewiesen (BIRAGHI 1946; HEINIGER & RIGLING 1994). Neue Studien von DUTECH et al. (2012) erhärten die Vermutungen von DARPOUX (1949), dass die Krankheit mehrfach sowohl aus den USA (evtl. bereits vor 1925, unter Umständen im 1. Weltkrieg) als auch direkt aus Asien nach Italien, aber auch nach Spanien und Südwest-Frankreich eingeschleppt wurde. In Italien hatte sie bis 1950 beinahe alle Provinzen erreicht und etwa 10 % aller Kastanienbestände verseucht (PAVARI 1949).

Nach dem Auftreten der Krankheit im Tessin in 1947 wurde vermutet, dass die Esskastanie hier bis 1970 weitgehend verschwunden sein würde (FISCHER 1952), der Krankheitsverlauf an *Castanea sativa* zeigte sich doch als weniger radikal als an *C. dentata*. Somit steht weniger das Überleben der Baumart als deren forstliche Nutzbarkeit in Frage, da das Stammholz durch teilweises Absterben der Rinde (Abbildung 1, 2) und der Baumkrone (Abbildung 3) oft weitgehend entwertet wird.

In Deutschland wurde *C. parasitica* erstmals 1992 in der Ortenau (Oberkirch) und wenig später in der Südlichen Weinstraße (Frankweiler, Fbz. Landau) nachgewiesen (SEEMANN & ZAJONC 1994). Jahrringanalysen zeigten, dass erste Läsionen bereits 1985 vorhanden waren, so dass der vermutliche Erstbefall bis dahin zurückdatiert werden kann (SEEMANN et al. 2001). Die Verbreitung des Pilzes wird seit dessen ersten Auftreten in Südwestdeutschland, nicht zuletzt auch wegen der Quarantäneregelungen der EU, durch die FVA und das JKI (Julius-Kühn Institut, frü-

Abbildung 1:

Typischer Esskastanienrindenkrebs mit orangeroten Sporenlagern, aufreißender Rinde und Wasserreisern, die wieder Abwelken.



her Biologische Bundesanstalt (BBA), Braunschweig) sorgfältig überwacht (KEHR et al. 2005; SEEMANN & UNGER 1993; SEEMANN et al. 2001).

1.2. Infektionsverlauf und Krankheitssymptome

C. parasitica befällt zahlreiche Arten innerhalb der Gattung *Castanea* (BISSEGER & HEINIGER 1991). Da vermutlich keine Koevolution mit dem Pathogen stattfand, konnten sich bei *C. sativa* keine resistenten Individuen entwickeln (ANAGNOSTAKIS 1987). Selten können auch Arten anderer Gehölzgattungen infiziert werden, an diesen entstehen jedoch keine oder nur leichte Schäden. Da *C. parasitica* an Eichen unter geeigneten Bedingungen Konidien ausbildet (HEINIGER 1999), können Eichen allerdings als Über-

Abbildung 2:
Querschnitt eines mit *C. parasitica* befallenen
Kastanienstammes. Nur noch ein Drittel des
Stammumfanges (oben) ist vital.



Abbildung 3:
Durch den Rindenkrebs absterbende Kronenteile.



träger fungieren und sind daher in die Quarantäneregelungen der EU einbezogen.

C. parasitica infiziert Stämme, Äste und Zweige der Esskastanie über kleine Wunden, die z.B. durch Hagelschlag, Insekten, Verbiss oder anthropogen entstehen. Konidien oder Ascosporen keimen auf der Wunde und die Hyphen wachsen in die Rinde ein, wo sich das Myzel rasch ausbreiten kann. Es verwundet nicht, dass, Berichten zufolge, Fruchtbäume besonders leicht an der Veredelungsstelle infiziert werden. Der Pilz bildet in den verschiedenen Rindenschichten cremefarbene Myzelfächer aus (Abb. 4, 5) die manchmal zunächst bei geringem Wachstum über Jahre latent überleben können und dabei keine auffälligen Symptome verursachen. Erreicht der Pilz das Kambium, stirbt dieses fleckweise ab, und je nach Zuwachs am Wundrand reißt die Rinde auf. Die Überwallung der Befallsstelle gelingt dem Baum in der Regel nicht, sondern die Wundränder werden immer wieder neu infiziert, so dass man von einem Rindenkrebs spricht (Abb. 1). An glattrindigen Partien entstehen eingesunkene oder leicht angeschwollene, oftmals orange-rötlich gefärbte Nekrosen, die oft deutlich abgegrenzt sind (Abb. 6A). An der Borke von älteren Bäumen schreitet die Infektion meist nur langsam voran und durch deren Grobborkigkeit sind die Rindenrisse auch oft schwerer zu erkennen (Abb. 6B). Auf den Rindennekrosen bilden sich bei entsprechendem Befall die typischen orangefarbenen vegetativen Fruchtkörper des Pilzes (Abb. 1). Oftmals treten sekundäre Pathogene wie Käferlarven oder andere Pilze in der geschädigten Rinde auf (Abb. 5). Unterhalb der Befallsstelle treibt der Baum neu aus und bildet die sogenannten Wasserreiser, die bei weiterer Vergrößerung der Läsion wieder abwelken (Abb. 1). Wenn der Pilz das Kambium stammumfassend abgetötet hat, ist die Versorgung der darüber liegenden Teile des Baumes blockiert, so dass höher gelegene Äste und Kronenteile insgesamt absterben (Abb. 3, GÄUMANN 1951; SEEMANN et al. 2001). Es kommt zur Auflösung der Krone und je nach Alter und Dicke des Baumes nach einigen Jahren zum Tod. Stark geschädigte Bestände fallen dadurch schon von weitem durch die abgestorbenen Triebe und Kronenteile auf. Da die Wurzeln nicht absterben, bildet die wüchsige Kastanie normalerweise neue Stockausschläge, die aber in der Regel wenige Jahre später auch erkranken (Abb. 6A).

Physiologisch scheinen neben einer Reihe von anderen Verbindungen insbesondere Oxalsäure und Diaporthin eine Rolle im Infektionsgeschehen zu spielen (ARNONE et al. 2002).

Abbildung 4:

Cremefarbene Myzelfächer von *C. parasitica* in der Rinde.



Abbildung 5:

Die Befallsstellen (Myzelfächer rechts im Bild) werden oft von Käferlarven besiedelt.



Abbildung 6:

Mit *C. parasitica* befallener Stockausschlag, die orange verfärbten Läsionen sind auf der glatten Rinde gut zu erkennen (A). An älteren, grobborkigen Kastanien sind die durch *C. parasitica* hervorgerufenen Läsionen oft schlechter erkennen (B).



1.3. Pilzbiologie

Cryphonectria parasitica gehört zu der Klasse der Ascomyceten (Schlauchpilze) in der Ordnung der *Diaporthales* NANNF. Die Gattung *Cryphonectria* umfasst etwa 20 Arten (<http://www.mycobank.org>), die gleichzeitig eine eigene Familie *Cryphonectriaceae* GRYZENH. & M. J. WINGF. bilden.

Bei der vegetativen Vermehrung bildet sich die Nebenfruchtform (*Endothiella parasitica*). In deren kugelig-pusteligen Fruchtkörpern, den Pyknidien (Abb. 7), entstehen in großen Mengen einzellige, ovale, ca. $3 \times 2 \mu\text{m}$ große Konidien (Abb. 8). Insbesondere bei feuchter Witterung treten sie als schleimige Masse oder als Sporenranken aus den kleinen orangeroten Fruchtkörpern aus (Abb. 9) und werden mit Regenwasser, jedoch auch von Tieren (z.B. Insekten, Milben, Nematoden, Schnecken, Vögel) und durch den Menschen übertragen (ANAGNOSTAKIS 1987; HEINIGER & RIGLING 1994). Auch Kastanienfrüchte können mit Konidien infiziert sein und als Infektionsquelle fungieren (COLLINS 1913; JAYNES & DE PALMA 1984).

Abbildung 7:

Orangerote Pyknidien (*Endothiella*-Nebenfruchtform) von *C. parasitica* auf der Rinde einer befallenen Esskastanie.



Bei der sexuellen Vermehrung wird die Hauptfruchtform ausgebildet. In den ebenfalls orangeroten, kugeligen *Perithezien* mit schlauchförmiger Öffnung (Abb. 10, 11) werden nach der Meiose in den Asci zweizellige Ascosporen (Abb. 12) gebildet, die ausgeschleudert und mit dem Wind weit verbreitet werden können (HEALD et al. 1915). Während der Pilz in

den ersten zwei Jahrzehnten seiner Ausbreitung in Deutschland nur in der Nebenfruchtform gefunden wurde (PETERS et al. 2012), konnte im Rahmen des Interreg-Projektes erstmalig auch die Hauptfruchtform nachgewiesen werden (PETERS et al. 2014).

Wie bei den meisten Ascomyceten ist der Kreuzungstyp für die sexuelle Fortpflanzung von *C. parasitica* wichtig. Dieser wird durch zwei Allele (*MAT1* und *MAT2*) bestimmt (MARRA & MILGROOM 1999). Sexuelle Vermehrung kann nur zwischen Individuen unterschiedlichen Kreuzungstyps stattfinden.

Abbildung 8:

Konidien von *C. parasitica*.



Abbildung 9:

Konidien werden als Sporenranken aus den Pyknidien entlassen.



Abbildung 10:

Perithechien mit schlauchförmigen Öffnungen. Die Hauptfruchtform von *C. parasitica* wurde im Rahmen des Interreg-Projektes erstmalig in Deutschland nachgewiesen.



Abbildung 11:

Freigelegtes kugeliges Perithecium von *C. parasitica*. Die Ascosporen werden durch eine Pore am Ende des Schlauches entlassen.



Abbildung 12:

Ascus mit den zweizelligen Ascosporen von *C. parasitica*.



1.4. Vegetative Kompatibilität

Pilzstämmen von *C. parasitica* können unter anderem durch ihre vegetative Kompatibilität (vc) unterschieden werden (ANAGNOSTAKIS 1977). Pilzstämmen, die der gleichen vegetativen Kompatibilitätsgruppe angehören, verwachsen an ihrer Kontaktzone miteinander, es bilden sich Anastomosen (Myzelverwachsungen). Bei Pilzstämmen unterschiedlicher vc-Gruppe sind die Anastomosen letal, d.h. die Hyphen sterben in der Kontaktzone ab. In Agarkultur ist diese dann als Trennlinie zwischen den Pilzstämmen erkennbar, die ‚Barrage‘ genannt wird (ANAGNOSTAKIS 1988), und es bilden sich Pyknidienreihen entlang der Trennlinie.

Die Zuordnung von *C. parasitica* Stämmen zu der jeweiligen vc-Gruppe erfolgt im Kulturtest anhand der Barrage-Bildung bzw. des Verwachsens mit Referenzstämmen. Für Europa sind 74 offizielle Testerstämmen (EU1 – EU74) erhältlich (CORTESI & MILGROOM 1998; CORTESI et al. 1998; ROBIN et al. 2000). Allerdings wurden beispielsweise in Frankreich und Spanien weitere vc-Gruppen gefunden, die nicht mit den offiziellen Testerstämmen kompatibel waren (ROBIN et al. 2009; ZAMORA et al. 2012).

Genetisch beruht die Zugehörigkeit zu einer vc-Gruppe auf mindestens sechs *vic* (vegetative incompatibility) Loci, mit je zwei Allelen pro Locus. Wenn auf allen *vic* Loci die gleichen Allele vorkommen, ist die gleiche vc-Gruppe vorhanden (CORTESI & MILGROOM 1998). Mit den sechs bekannten *vic* Loci kann man also 64 unterschiedliche vc-Gruppen ($2^6 = 64$) unterscheiden, die, durch Kreuzungsversuche bestimmt, den vc-Testerstämmen von EU1 bis EU64

entsprechen (CORTESI & MILGROOM 1998). Da aber weitere vc-Gruppen vorhanden sind (EU65 – EU74 und nicht mit den offiziellen Testerstämmen kompatible Gruppen, s.o.), muss von mindestens einem zusätzlichen *vic*-Gen oder Allel ausgegangen werden. Da die sexuelle Fortpflanzung auch zwischen Pilzindividuen unterschiedlicher vegetativer Kompatibilität stattfindet, kann es dabei zur Rekombination der Allele der *vic* Loci kommen, so dass für die jeweilige Population neue vc-Gruppen entstehen können.

1.5. Hypovirulenz

In den ersten Jahrzehnten der Ausbreitung von *C. parasitica* in Italien wurde entdeckt, dass manche Rindeninfektionen deutlich milder verlaufen und sogar verheilen können (DAY et al. 1977; GRENTE 1965). Zuerst wurde dies auf eine Abwehrreaktion des Baumes zurückgeführt (HEINIGER & RIGLING 1994). Bei molekulargenetischen Untersuchungen fand man jedoch im Pilz einen sogenannten Hypovirulenzfaktor, der als virusähnliche doppelsträngige (ds) RNA identifiziert wurde (CHOI & NUSS 1992; DAY et al. 1977). In Europa ist der wichtigste Hypovirulenzfaktor das kapsellose Cryphonectria Hypovirus 1 (CHV-1), welches der Familie der *Hypoviridae* angehört und im Zytoplasma des Pilzes vorliegt (HILLMAN & SUZUKI 2004; NUSS 2005). CHV-1 kommt sowohl in Europa, als auch in Japan und China vor, und wurde wahrscheinlich mehrere Male von Asien nach Europa eingeschleppt (GOBBIN et al. 2003). Drei weitere Arten aus der Familie der *Hypoviridae* sind bekannt

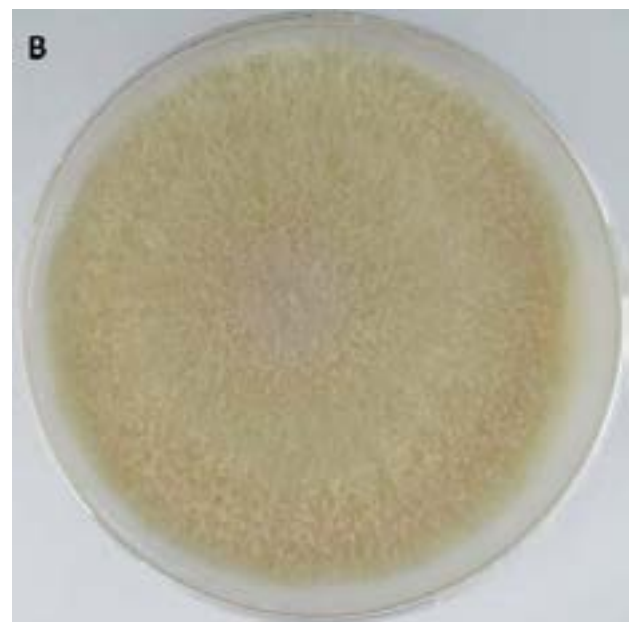
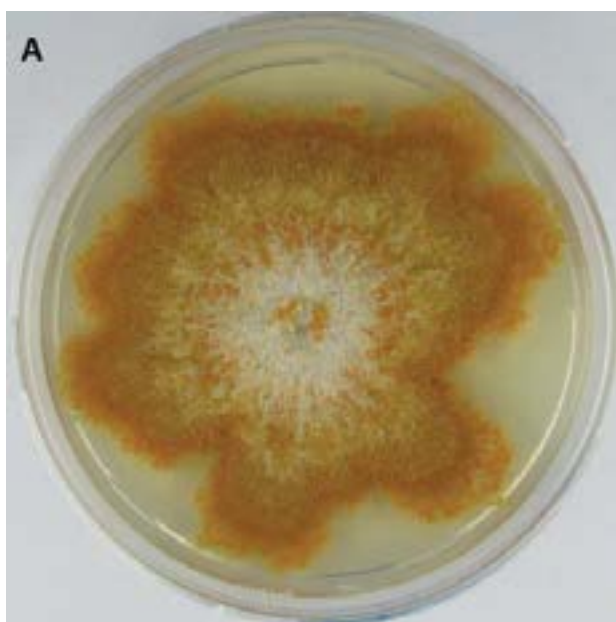
(NUSS et al. 2005). CHV-2 wurde in Nordamerika und China gefunden, CHV-3 und CHV-4 nur in Nordamerika (MILGROOM & CORTESI 2004).

Mit dem Vorhandensein von CHV-1 ist eine Veränderung der Physiologie des Pilzes festzustellen, die eine verminderte Pathogenität und reduzierte Reproduktion bewirkt (HEINIGER & RIGLING 1994). Während virulente *C. parasitica* Stämme in Kultur stark gelb bis orange pigmentiert sind (Abb. 13A) ist das Myzel von hypovirulenten Stämmen wenig bis gar nicht pigmentiert (Abb. 13B, BISSEGGER et al. 1997; VAN ALFEN et al. 1975). Die asexuelle Sporulation von hypovirulenten im Vergleich zu virulenten Stämmen ist geringer (ELLISTON 1985; PEEVER et al. 2000), und die sexuelle Fortpflanzung wird fast gänzlich unterdrückt, während das Pilzwachstum in Kultur wenig beeinflusst wird (ZHANG et al. 1998). Allerdings tritt CHV-1 in Europa in vier genetisch eindeutig verschiedenen Subtypen (CHV-1/I, F1, F2, D; ALLEMANN et al. 1999; GOBBIN et al. 2003) auf, die unterschiedliche starke Auswirkungen auf die Virulenz und Sporulation ihres Wirtspilzes und damit auf ihre eigene ökologische Fitness haben (BRYNER & RIGLING 2011; ROBIN et al. 2010).

Die Übertragung des Hypovirus erfolgt nur von Pilz zu Pilz über Anastomosen (Myzelverwachsungen, vergl. 1.4), die einen Transfer der dsRNA mit dem Zytoplasma gewährleisten (ANAGNOSTAKIS & DAY 1979). Sie erfolgt vorzugsweise innerhalb der gleichen vc-Gruppe (Abb. 14), es kann aber auch zwischen Pil-

Abbildung 13:

Virulenter, orange pigmentierter (A) und hypovirulenter, unpigmentierter (B) *C. parasitica* Stamm auf Agarplatte.



zen unterschiedlicher vc-Gruppe zum Austausch kommen, jedoch langsamer und in geringeren Raten (HEINIGER & RIGLING 1994). Je verschiedener die vc-Gruppen sind, je unterschiedlicher also die Allelzusammensetzung der sechs *vic* Loci, umso schneller sterben die Hyphen an den Anastomosen ab und umso geringer ist die Wahrscheinlichkeit einer Hypovirusübertragung (Cortesi et al. 2001). Dabei sind die einzelnen *vic* Loci für die Übertragung von unterschiedlicher Wichtigkeit, so spielt es z.B. keine Rolle, ob die Allele an *vic4* übereinstimmen oder nicht, und bei einigen *vic* Loci ist die Verteilung der Allele bei Spender und Empfänger entscheidend (CORTESI et al. 2001).

In den asexuell gebildeten Konidien eines hypovirulenten Stammes lässt sich dsRNA nachweisen (PEEVER et al. 2000). Die vegetative Vermehrung ist also für die Ausbreitung des Hypovirus von Bedeutung, da es nach Verbreitung der Konidien in virulente Stämme übertragen werden kann und die hypovirulente Form auch mit der virulenten in Konkurrenz treten kann. Die ökologische Fitness des Hypovirus profitiert also davon, dass die Sporulation des Pilzes durch dieses nicht gänzlich unterdrückt wird (ROBIN et al. 2010). In Ascosporen konnte hingegen bisher keine

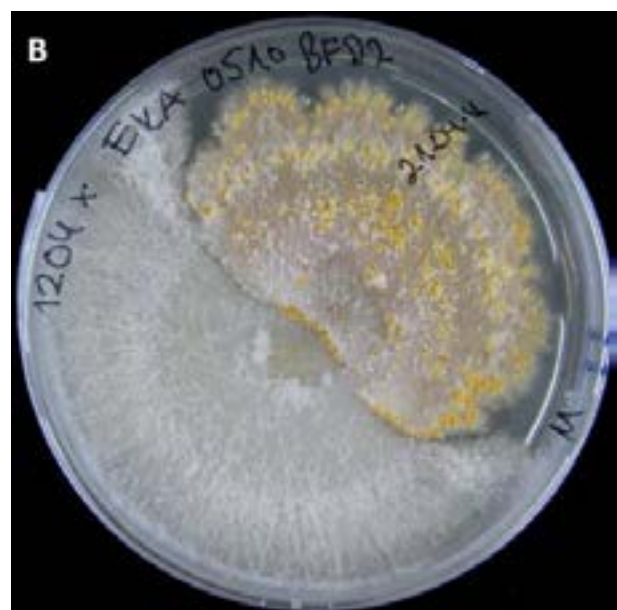
dsRNA nachgewiesen werden (ANAGNOSTAKIS 1988; CARBONE et al. 2004), die sexuelle Fortpflanzung scheint somit bei der Übertragung der Hypovirulenz keine Rolle zu spielen (HEINIGER & RIGLING 1994).

Hypovirulente Pilzstämmen verursachen einen harmloseren Krankheitsverlauf an *C. sativa*, da das Kamium nicht abgetötet wird. Es kommt nur zu einer leichten Proliferation des Rindengewebes und zu Verborkung (Abb. 15, MACDONALD & FULBRIGHT 1991; TURCHETTI 1982). Es wird davon ausgegangen, dass Stämme mit dsRNA ein Kontinuum von avirulenter bis normal virulenter Ausprägung aufweisen (HEINIGER & RIGLING 1994). Entstehende Wasserreiser sterben allenfalls aus Lichtmangel, nicht jedoch durch die Krankheit ab.

Trotz des natürlichen Vorkommens der Hypovirulenz ist die virulente Form des Pilzes nicht verschwunden, doch hat die Hypovirulenz die Intensität des Kastanienrindenkrebses in Europa deutlich gemindert (HEINIGER & RIGLING 1994). Hypovirulente Stämme werden in der biologischen Bekämpfung der Krankheit eingesetzt, indem man Läsionen mit hypovirulentem Myzel von *C. parasitica* beimpft. In Frankreich wurde in Kastanienselven großflächig Hypovirulenz ausgebracht, und auch in den Niederwäldern

Abbildung 14:

Übertragung des Hypovirus: bei gleicher vc-Gruppe wird das Hypovirus und damit der weiße Phänotyp übertragen (A), bei unterschiedlicher vc-Gruppe bildet sich eine Barrage zwischen den beiden Stämmen und es findet keine Hypovirusübertragung statt (B).



der Südschweiz und in Italien wurde das Hypovirus künstlich verbreitet (MILGROOM & CORTESI 2004). Allerdings werden Kosten und Nutzen dieser biologischen Kontrolle auch kritisch diskutiert (MILGROOM & CORTESI 2004; TURINA & ROSTAGNO 2007).

Abbildung 15:

Hypovirulente *C. parasitica* Läsion an einer Kastanie in der Ortenau.



1.6. Entwicklung der Krankheit im Interreg-Gebiet bis 2010

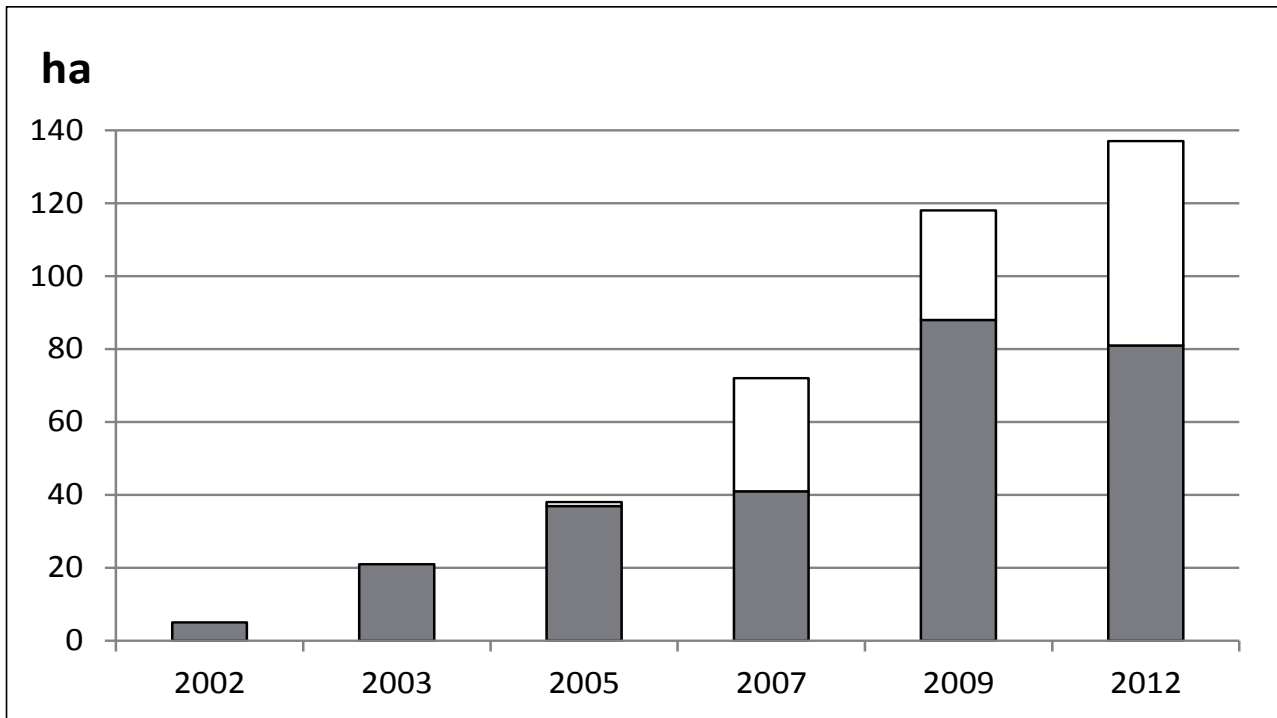
In Waldbeständen der Ortenau wurden in den Jahren nach der Erstentdeckung 1992 zunächst nur die vc-Gruppe EU2, in Rheinland Pfalz nur EU65 nachgewiesen (SEEMANN et al. 2001). Ein hypovirulenter *C. parasitica* Stamm wurde bereits 1992 in der Ortenau, südlich von Oberkirch bei Bottenau, isoliert. Dieses blieb allerdings unter zahlreichen Isolaten aus über 280 Bäumen bis 2007 das Einzige. In den Jahren 2007 und 2009 wurden dann insgesamt noch drei weitere hypovirulente Stämme von zwei Bäumen in der Nähe des Kutzensteins (Renchen, Ortenau) isoliert. Alle vier hypovirulenten *C. parasitica* Stämme gehörten der vc-Gruppe EU2 an (PETERS et al. 2012).

Die durch Esskastanienrindenkrebs hervorgerufene Schadfläche in Deutschland war die ersten Jahre relativ klein, ist aber von 2002 bis 2012 von 5 auf 137 ha angewachsen (Abb. 16). Im Trockenstress des Jahres 2003, unter der auch die Esskastanie zu leiden hatte (BARTHOLD et al. 2004), kam es offensichtlich zu einer stärkeren Ausbreitung der Krankheit und bereits latent vorhandene Infektionen traten deutlicher zutage. Insgesamt wurden bis 2010 aus Waldflächen in Rheinland-Pfalz und Baden-Württemberg (auch der Landkreise Rastatt und Heidelberg) 5 verschiedene vc-Gruppen (EU2, EU5, EU14, EU28, EU65) isoliert, vier weitere vc-Gruppen (EU1, EU12, EU33, EUX) aus Einzelvorkommen in Grünanlagen. In der Nähe von Edenkoben wurde eine Mischpopulation von EU2 und EU5 aufgenommen, ansonsten wurde nur jeweils eine vc-Gruppe pro Bestand gefunden. Dies bedeutet, dass das Pathogen mit hoher Wahrscheinlichkeit mindestens neunmal nach Deutschland eingeschleppt worden sein muss (PETERS et al. 2012). Der überwiegende Teil der damaligen Pilzpopulation gehörte der vc-Gruppe EU2 an und es gab keinen Hinweis für sexuelle Vermehrung von *C. parasitica*.

Im Elsass erfolgten die ersten Nachweise von *C. parasitica* 2002. Dort wurden die vc-Gruppen EU5 bei Wangen und EU65 in der Nähe von Kaysersberg gefunden (DSF 2005).

Abbildung 16:

Anstieg der Schadfläche durch Esskastanienrindenkrebs in Baden-Württemberg (grau) und Rheinland-Pfalz (weiß), entnommen aus den Forstschädlingsmeldungen der Forstbehörden an die FVA Abt. Waldschutz. Nur Flächen mit wirtschaftlich fühlbarem oder bestandesbedrohendem Schaden sind berücksichtigt.



2. Untersuchungen im Interreg-Projekt ab 2010

2.1. Untersuchte Bestände und Probenahme

Während der Projektlaufzeit wurden verschiedene Kastanienbestände im Interreg-Gebiet beprobt, die mit Esskastanienrindenkrebs befallen waren. Die Beprobungsflächen umfassten eine Fläche von jeweils ca. 0,5 bis 3 ha. Es wurden Kastanienreinbestände und Kastanienmischwälder unterschiedlicher Zusammensetzung und Altersklassen hauptsächlich im Sommer 2011 untersucht. In Baden-Württemberg zog sich das Beprobungsgebiet vom Stollenwald südlich von Oberkirch entlang der Vorbergzone des Schwarzwaldes bis in den Landkreis Rastatt. Das Beprobungsgebiet in Rheinland-Pfalz beinhaltete die südliche Hälfte der Haardt und zog sich am Rande des Pfälzerwaldes nach Süden bis zur Burg Landeck. Im Elsass wurden zwei Bestände bei Neuwiller-lès-Saverne und Wangen in Kooperation mit elsässischen Institutionen (ONF, CRPF, DSF) kursorisch beprobt.

Je nach Krankheitsintensität wurden alle oder repräsentative, über die Fläche verteilte Bäume für die Probenahme ausgewählt. Die geographische Lage der beprobten Bäume wurde anhand von GPS-Daten aufgenommen, sowie weitere Daten zu Baum (BHD) und Krankheit (Größe/Alter/Lage der Läsion, Wasserreiser, abgestorbene Kronenteile, Sporulation). Bis zu einer Läsionshöhe von ca. 2 m wurden 3 – 5 Rindenproben aseptisch mit einem 5 mm-Korkbohrer pro Läsion entnommen. Für weitere Untersuchungen wurde ein Isolat pro Läsion verwendet.

Drei Bestände mit hoher Befallshäufigkeit und nachgewiesener Hypovirulenz, in denen die Krankheitsintensität sehr hoch war und Hypovirulenz gefunden wurde (Kutzenstein, Eckenberg, Bottenau), wurden im Sommer 2012 auf die Häufigkeit der Hypovirulenz untersucht. Dafür wurden von 27 bis 32 Bäumen pro Bestand je drei Proben pro Läsion entnommen.

2.2. Isolierung und Kultivierung von *C. parasitica*

C. parasitica wurde aus den Rindenstücken isoliert, indem diese abgeflammt auf MTA-Platten (Malz-Tannin-Agar) ausgelegt und die aus diesen nach ca. 5 Tagen Inkubation bei 25 °C im Dunkeln herausgewachsenen Pilze auf PDA (Kartoffel-Dextrose-Agar, Difco) überimpft wurden (HOEGGER et al. 2000). Pilzisolat auf PDA wurden ca. 7 Tage bei 25 °C im Dunkeln inkubiert und dann bei Tageslicht und Raumtemperatur gelagert (Abb. 17).

Der Phänotyp von möglichen hypovirulenten Isolat (weißes Myzel nach einiger Zeit bei Tageslicht) wurde zusätzlich auf PDA nach 7 Tagen Inkubation bei 25 °C im Dunkeln und weiteren 21 Tagen Inkubation unter kontrollierten Lichtbedingungen (16 Stunden Licht mit 1500 Lux) und 22 °C untersucht (vergl. Abb. 13, BISSEGER et al. 1997).

Pro Läsion wurden ein virulenter und alle hypovirulente Pilzstämme in die Stammsammlung der FVA aufgenommen. Die Stämme der Stammsammlung werden in der Regel auf Malzagar gehalten und alle zwei Jahre subkultiviert.

Abbildung 17:

Auf MTA ausgelegte Rindenstücke, aus denen *C. parasitica* herausgewachsen ist.



2.3. Nukleinsäureextraktion

Pilzstämme wurden auf Cellophanfolie auf PDA angezogen und das Myzel nach 5-tägiger Inkubation bei 25°C im Dunkeln geerntet, über Nacht gefriergetrocknet, und mit einer Schwingmühle (Retsch) pulverisiert (PETERS et al. 2012).

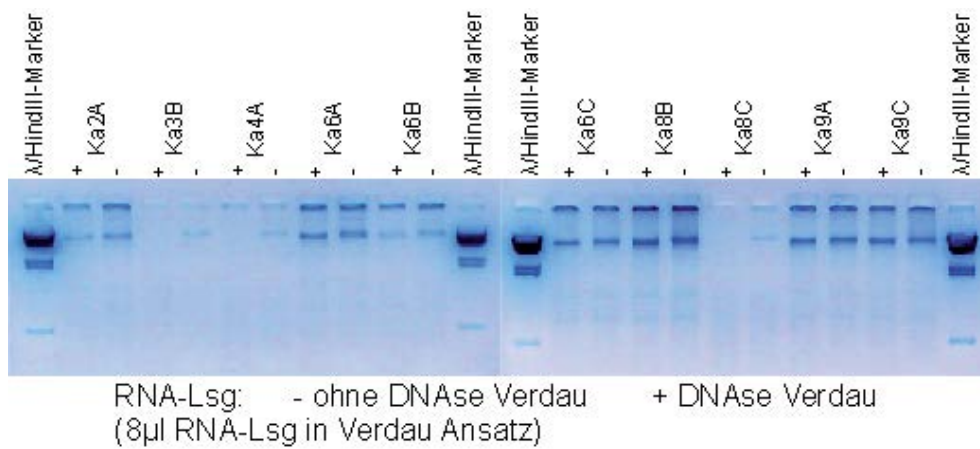
Für die Extraktion von dsRNA anhand von CF-11 Cellulose-Chromatographie wurde das Protokoll von ALLEMAN et al. (1999) modifiziert. Dabei wurden verschiedene Verdünnungen eines 10fach STE-Puffers (100 mM Tris-HCl pH 8, 1 M NaCl, 10 mM EDTA) verwendet. Etwa 40 g pulverisiertes Myzel wurde in 1 ml 0,9 % SDS enthaltenen 2x STE Puffer suspendiert. Die Nukleinsäuren wurden mit Phenol/Chloroform/Isoamylalkohol (25/24/1) gereinigt. Der Überstand wurde in ein Phase Lock Gel Light 2 ml Gefäß (5Prime) überführt und die Nukleinsäuren nochmals mit Chloroform/Isoamylalkohol (24/1) nach Herstellerprotokoll gereinigt. Der wässrige Überstand wurde auf 15 % Ethanol eingestellt und in ein 500 µl CF-11 Cellulose (zuvor mit 1x STE/15 % EtOH äquilibriert) enthaltendes 2 ml Gefäß überführt und 30 min auf Eis inkubiert. Die Cellulose wurde dann pelletiert und der Überstand zur Präzipitation der DNA abgenommen. Das Cellulose Pellet wurde in 1 ml 1x STE/15 % EtOH resuspendiert und auf ein Micro Bio-Spin Chromatographie Säulchen (BioRad) im Auffanggefäß überführt. Das Säulchen wurde mit insgesamt 4 ml 1x STE/15 % EtOH gewaschen, indem der Puffer durch die Cellulose durchtropfen konnte und das Auffanggefäß bei Bedarf geleert wurde. Restmengen des Ethanol enthaltenden Puffers wurden durch Zentrifugieren (2000 rpm, 30 s) entfernt, und die dsRNA mit 800 µl 1x STE eluiert.

Die Fällung von Nukleinsäuren erfolgte durch Zugabe eines gleichen Volumens an Isopropanol, mindestens 30 Minuten Inkubation bei -20 °C und Zentrifugation. Die Nukleinsäurepellets wurden dann mit 70 % Ethanol gewaschen, getrocknet und in DEPC-behandeltem Wasser (dsRNA in 40 µl, DNA in 300 – 500 µl) gelöst. DsRNA wurde nach DNase Behandlung (Fermentas) laut Herstellerprotokoll in einem 0,8 %igem Agarosegel sichtbar gemacht (Abb. 18).

Genomische DNA wurde aus 10 – 20 mg pulverisiertem Myzel mit dem NucleoSpin® Plant Kit (Macherey-Nagel) und Lysepuffer PL1 nach Anleitung des Herstellers extrahiert, wenn sie nicht parallel zur dsRNA-Extraktion gewonnen werden konnte.

Abbildung 18:

Agarosegel der dsRNA. Die dsRNA ist auch nach DNase Verdau als Bande bei ca. 12 kb sichtbar, verunreinigende DNA (z.B. bei Ka3B) dagegen nicht mehr.



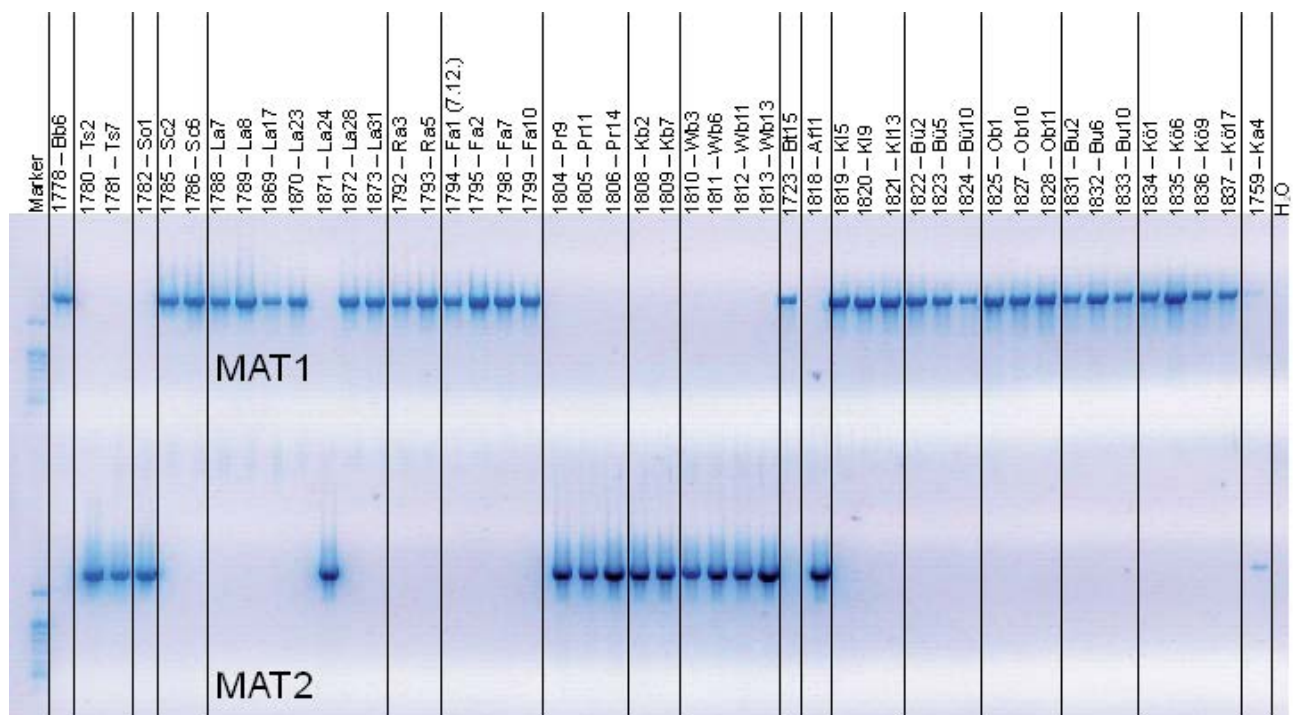
2.4. Bestimmung des Kreuzungstyps

Um den Kreuzungstyp zu bestimmen, wurden die beiden Idiomorphe (METZENBERG & GLASS 1990) des *MAT* Locus mit den Primerpaaren M1-GS1/M1-GS2 (*MAT1*) und M2-GS2/InvA5n (*MAT2*) in einem 20µl PCR-Ansatz (200 nM dNTPs, 200 nM Primer, Taq-Polymerase und Puffer S von Genaxxon) amplifiziert

(MARRA & MILGROOM 1999). Die Zyklusparameter waren: 2 min bei 95 °C; 30 Zyklen mit 30 s bei 95 °C, 45 s bei 66 °C und 2 min bei 72 °C, gefolgt von einer Endelongation von 10 min bei 72 °C. Die An- oder Abwesenheit der Fragmente jedes Idiomorphs wurde auf einem 1 %igen Agarosegel überprüft (Abb. 19).

Abbildung 19:

Bestimmung des Kreuzungstyps. Der Pilzstamm besitzt in der Regel nur ein Idiomorph des *MAT* Locus, das sich mit den entsprechenden Primern amplifizieren lässt, man sieht also normalerweise nur eine Bande entweder bei *MAT1* oder bei *MAT2*. In sehr wenigen Fällen sind beide Idiomorphe im Myzel vorhanden.



2.5. Ermittlung der Kompatibilitätsgruppen

Um die vc-Gruppe der einzelnen Isolate zu ermitteln, wurden vc-Tests wie von PETERS et al. (2012) beschrieben angesetzt. Dafür wurden sechs Paarungen von *C. parasitica* Stämmen auf mit Bromkresolgrün versetztem PDA (POWELL 1995) angeimpft und nach ca. 2 Wochen auf kompatible oder inkompatible Reaktionen zwischen den beiden Stämmen einer Paarung untersucht (Abb. 20). Zuerst wurden die Isolate eines Baumes und eines Bestandes auf vc-Konformität überprüft. Repräsentative Isolate wurden dann gegen die vc-Referenzstämme von EU1 bis EU74 (s. 1.4, CORTESI & MILGROOM 1998; CORTESI et al. 1998; ROBIN et al. 2000) getestet.

Abbildung 20:

vc-Test: Bei Paarung zwei sieht man deutlich die Abgrenzungslinie zwischen den beiden Stämmen (inkompatible Reaktion, durch > gekennzeichnet), während alle anderen Paarungen kompatibel sind. Außerdem sind die Paarungen 3 bis 5 auch insgesamt kompatibel, während sich Paarung 6 von den beiden umliegenden abgrenzt.



Schwer einzuordnende und repräsentative Stämme jeder vc-Gruppe wurden außerdem anhand von PCR auf die Allelzusammensetzung von *vic2*, *vic4*, *vic6* und *vic7* untersucht (CHOI et al. 2012). Mit dieser

Methode lässt sich die vc-Gruppe zwar nicht eindeutig bestimmen, da nicht von allen *vic* Loci die genetischen Informationen vorhanden sind, aber es lassen sich viele vc-Gruppen ausschließen. Vor allem können vc-Gruppen, die nur an *vic4* ein unterschiedliches Allel besitzen und sich im Kulturtest oftmals nicht gut voneinander abtrennen lassen, unterschieden werden. PCR-Reaktionen wurden mit der entsprechenden DNA des jeweiligen Pilzstammes und verschiedenen Primerpaaren wie bei PETERS et al. (2014) beschrieben angesetzt und in einem 1,2 %igen Agarosegel auf Anwesenheit und Größe von PCR-Fragmenten überprüft.

2.6. Künstliche Ausbringung von Hypovirulenz

Vorbereitend für die künstliche Ausbringung von Hypovirulenz mussten lokale *C. parasitica* Stämme der zu behandelnden Flächen mit Hypovirus infiziert werden. Dafür wurden der lokale Stamm und der CHV-1 übertragende Stamm nebeneinander auf PDA Platten inokuliert und unter Lichtbedingungen (s. 2.2) inkubiert. Bei laut Phänotyp erfolgreicher Übertragung des Hypovirus (Abb. 14A) wurde der nun konvertierte lokale Stamm überimpft und genetisch auf das Vorhandensein von dsRNA untersucht (s. 2.3). Bei der Übertragung des Hypovirus auf sehr unähnliche vc-Gruppen wurde ggf. eine ähnlichere vc-Gruppe zwischengeschaltet, d.h. CHV-1 wurde erst in einen Stamm einer anderen vc-Gruppe übertragen, und von diesem dann in den Zielstamm.

Zur Herstellung der hypovirulenten Pilzpaste wurde der entsprechende *C. parasitica* Stamm in Flüssigkultur gezogen. Dafür wurden 800 ml KYG-Medium (20 g/l D-Glucose, 5 g/l Hefeextrakt, 0,8 g/l $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \times 4 \text{H}_2\text{O}$, 0,2 g/l KNO_3 , 0,2 g/l $\text{MgSO}_4 \times 7 \text{H}_2\text{O}$, 0,2 g/l KH_2PO_4 , 8 Tropfen/l 1 %ige FeCl_3 -Lsg) mit einer fünf Tage alten PDA-Kultur inokuliert. Diese wurde dafür mit 100 ml Wasser in einem autoklavierbaren Mixer homogenisiert. Nach fünf Tagen Wachstum auf einem Schüttler wurde die Flüssigkeit von dem Pilzmyzel über einen Filter abgenutscht. Die so gewonnene, einige Tage bei 4°C haltbare Pilzpaste, wurde am nächsten Tag verwendet.

Für die Beimpfung der ausgewählten Bäume wurden mit einem größeren Korkbohrer (ca. 1 cm) um die Läsion mehrere Löcher gebohrt. Diese wurden dann mit der Pilzpaste befüllt und mit Kreppband provisorisch verschlossen, um ein schnelles Austrocknen zu verhindern.

3. Ergebnisse aus dem Interreg-Projekt und Diskussion

3.1. Probenahme und Isolierungen

Insgesamt wurden über 40 Kastanienbestände in Baden-Württemberg, Rheinland-Pfalz und dem Elsass auf Esskastanienrindenkrebs untersucht und beprobt (Tabelle 1). Das Alter und der Infektionsgrad der einzelnen Bestände sind sehr unterschiedlich. Manche Bestände sind stark geschädigt, andere nur leicht, und es treten unterschiedlich starke Befallsraten sehr dicht beieinander auf. Befallen sind Bäume jeden Alters, Rein- und Mischbestände, Stockausschläge, Kernwüchse, vorwüchsige und unterdrückte Kasta-

nien (Tabelle 1). Außerdem wurden einige von Forstämtern eingeschickte Rindenproben untersucht. Von insgesamt 303 beprobten Bäumen wurde aus 291 *C. parasitica* isoliert (Tabelle 2). Von diesen Isolaten stammen 222 aus der Ortenau, 12 aus dem Landkreis Rastatt, 51 aus Rheinland-Pfalz und sechs aus dem Elsass.

Tabelle 1:

Beprobte Bestände

Bestand	Gemarkung	Besitzform	Verwaltung ^a	Kastanien-vorkommen	Altersstufe	Infektions-grad ^b
Ortenau						
Stollenwald	Durbach Bottenau	Privat	Ok, 22 Ok, 46	Einzelbäume	Jungbestand	hoch
Schlattenberg	Bottenau	Privat	Ok, 46	Reinbestand	Baumholz	mittel
Bottenau	Bottenau	Privat	Ok, 46	Mischwald	Jungbestand	hoch
Korberg	Bottenau	Privat	Ok, 46	Mischwald	Baumholz	niedrig
Laibach	Ödsbach	Privat	Ok, 46	Reinbestand	Jungbestand, Baumholz	mittel
Rappenluch	Nesselried	Gemeinde	Ok, 46, 27, 1, 1	Reinbestand	Jungbestand	mittel
Köbelisberg	Butschbach	Privat	Ok, 46	Reinbestand	Jungbestand	hoch
Eckenberg	Butschbach	Privat	Ok, 46	Reinbestand	Jungbestand	hoch
Butschbach	Butschbach	Privat Stadt	Ok, 46 Ok, 45, 20, 11	Mischwald	Baumholz	mittel
Ringelbach	Ringelbach	Privat	Ok, 45	Mischwald	Baumholz	niedrig
Renchen	Stadelhofen	Stadt	Ok, 45, 20, 5, 1	Mischwald	Baumholz	niedrig
Haslach	Haslach	Gemeinde	Ok, 45, 20, 5, 3	Mischwald	Jungbestand	niedrig
Sommerbuckel	Haslach	Privat	Ok, 45	Mischwald	Jungbestand	niedrig
Moosbuckel	Ulm	Gemeinde	Ok, 49, 23, 3, 3	Reinbestand	Jungbestand	niedrig
Gaishalde	Ulm	Privat	Ok, 49	Mischwald	Baumholz	mittel
Kutzenstein	Ulm Renchen	Gemeinde	Ok, 49, 23, 2, 3	Reinbestand, Mischwald	Jungbestand, Baumholz	hoch
Kaier	Renchen	Gemeinde	Ok, 49, 23, 2, 5	Mischwald	Jungbestand	hoch
Tankstelle	Kappelrodeck	Privat		Einzelbäume	Baumholz	hoch

Bestand	Gemarkung	Besitzform	Verwaltung ^a	Kastanien- vorkommen	Altersstufe	Infektions- grad ^b
Bienenbuckel	Kappelrodeck	Gemeinde	Ok, 44, 38, 1, 0	Mischwald	Jungbestand	mittel
Sandweg	Sasbachwalden	Privat	Ok, 52	Mischwald	Baumholz	niedrig
Steilishang	Sasbachwalden	Privat	Ok, 52	Mischwald	Baumholz	hoch
Vogelsberg	Obersasbach	Privat	Ok, 51	Einzelbäume	Jungbestand	niedrig
Winterbach	Obersasbach	Privat	Ok, 51	Reinbestand	Baumholz	mittel
Kammersbrunn	Obersasbach	Privat	Ok, 51	Einzelbäume	Jungbestand	hoch
Fatimagrotte	Lauf	Privat	Ok, 48	Mischwald	Baumholz	hoch
Presteneck	Lauf	Privat	Ok, 48	Reinbestand	Baumholz	mittel
Hornenberg	Lauf	Privat	Ok, 48	Mischwald	Baumholz	mittel
Rastatt						
Klotzberg	Bühl	Stadt	Ra, 1, 11, 5, 2	Mischwald	Baumholz	hoch
Bühlertal	Bühlertal	Gemeinde Privat	Ra, 4, 20, 80 Ra, 4	Mischwald	Baumholz	hoch
Affental	Eisental	Stadt	Ra, 3, 11, 15, 1	Reinbestand	Baumholz	hoch
Oberweier	Oberweier	Stadt	Ra, 16, 12, 14, 1	Reinbestand	Jungbestand, Baumholz	hoch
Südliche Weinstraße						
Landeck		Privat	An, 5	Mischwald	Baumholz	mittel
Trifels		Staatswald	An, 31, 3a	Reinbestand	Baumholz	niedrig
Cullmannshang		Gemeinde	Ha, 1, 1,a/b	Reinbestand	Baumholz	mittel
Frankweiler		Gemeinde	Ha, 3, 3a	Mischwald	Jungbestand	niedrig
Buschmühle		Gemeinde	Ha, 1, 3a	Reinbestand	Baumholz	niedrig
Rhodt		Stadt	Ha, 1, 3a	Reinbestand	Baumholz	niedrig
Rosentälchen		Gemeinde	Ha, 1, 1b/c	Reinbestand	Jungbestand, Baumholz	mittel
Friedensdenkmal		Stadt	Ha, 1, 3a	Reinbestand	Baumholz	hoch

^a die Verwaltungseinheit setzt sich in Baden-Württemberg aus UFB, Revier- und Distriktnummer und Abteilung zusammen, in Rheinland-Pfalz aus UFB, Distriktnummer, Abteilung und Unterabteilung
An = Annweiler, Ha = Haardt, Ok = Oberkirch, Ra = Rastatt

^b Der Infektionsgrad wurde bei der Beprobung abgeschätzt. niedrig: nur Einzelbäume sind erkrankt; mittel: mehr als 30 %; hoch: mehr als 50 % der Bäume sind befallen.

Tabelle 2:

Übersicht der gewonnenen *C. parasitica* Isolate^a

Bestand	Abk.	Bäume ^b	vc-Gruppe	Isolate ^b	Hypovirulent ^b	MAT1 : MAT2
Ortenau						
Stollenwald	So	3	EU2	3		0 : 3
Herbstkopf°	Hk	2	EU2	2		0 : 2
Schlattenberg	Sc	2	EU2	2		2 : 0
Bottenau	Bt	6 (27)	EU2	6 (27)	(6)	5 : 1
Korberg	Ko	3	EU2	3		3 : 0
Laibach	La	7	EU2	2		2 : 0
			EU65	1		1 : 0
			EU74	4		0 : 4
Rappenluch	Ra	2	EU2	2		2 : 0
Köbelisberg	Kö	5	EU2	4		4 : 0
Eckenberg	Ek	6 (32)	EU2	6 (32)	1 (8)	6 : 0
Butschbach	Bu	3	EU2	3		3 : 0
Tiergarten°	Tg	2	EU2	2	1	2 : 0
Ringelbach	Rb	4	EU2	1		1 : 0
			EU14	1		0 : 1
Renchen	Rh	5	EU1	4		4 : 0
Haslach	Ha	3	EU2	3		2 : 1
Sommerbuckel	Sb	3	EU2	2		1 : 1
Moosbuckel	Mo	2	EU2	2		1 : 1
Gaishalde	Gh	4	EU2	4		1 : 3
Kutzenstein	Ku	15 (32)	EU2	15 (32)	4 (8)	1 : 14
Kaier	Ka	10 (9)	EU2	2		1 : 1
			EU13	8 (9)	(4)	1 : 8
Kolbenhalde°	Kh	3	EU13	3		1 : 2
Tankstelle	Ts	2	EU2	2		0 : 2
Bienenbuckel	Bb	4	EU2	3		1 : 2
Sandweg	Sw	6	EU2*	5		0 : 5
Steilishang	Sh	10	EU2*	5		0 : 5
			EU5	5	2	5 : 0
Vogelsberg	Vo	1	EU2	1		0 : 1
Winterbach	Wb	4	EU2	4		0 : 4
Kammersbrunn	Kb	2	EU2	2		0 : 2
Fatimagrotte	Fa	3	EU2	3	2	3 : 0
Presteneck	Pr	5	EU2	4		0 : 4
			EU33	1		0 : 1
Hornenberg	Hb	3	EU2	2		2 : 0

Bestand	Abk.	Bäume ^b	vc-Gruppe	Isolate ^b	Hypovirulent ^b	MAT1 : MAT2
Rastatt						
Klotzberg	Kl	4	EU2	3		3 : 0
Bühlertal	Bü	3	EU2	3		3 : 0
Affental	Af	3	EU14	2		0 : 2
Oberweier	Ob	4	EU5	4	1	4 : 0
Südliche Weinstraße						
Landeck	Ld	2	EUY (EU-Dc)	2		2 : 0
Trifels	Tri	4	EU1	4		4 : 0
AmKopf°	K	1	EU22	1		1 : 0
Cullmannshang	Ch	5	EU2	5		5 : 0
Frankweiler	Fw	3	EU65	3		3 : 0
Buschmühle	Bm	4	EU1	3		3 : 0
Rhodt	Ro	4	EU2	1		0 : 1
			EU25	1		1 : 0
			EU33	1		1 : 0
Rosentälchen	Rt	7	EU2	1		1 : 0
			EU22	6		6 : 0
Friedensdenkmal	Fd	22	EU1	1		1 : 0
			EU2	7		7 : 0
			EU5	12		0 : 12
			EU6	2		2 : 0
Donnersberg°	Do	1	EU1	1		0 : 1
Elsass						
Neuwiller-lès-Saverne	N	3	EU2	3		3 : 0
Wangen	W	3	EU5	3		3 : 0
Gesamt		203 (100)		191 (100)	10 (26)	108 : 84

^a Bestand = Name des beprobten Bestandes, eingeschickte Proben oder Nachbeprobungsorte sind mit ° gekennzeichnet; Abk. = interne Abkürzung; Bäume = Anzahl der beprobten Bäume; vc-Gruppe = gefundene vc-Gruppen im Bestand; Isolate = Anzahl der Isolate pro vc-Gruppe im Bestand (ein Isolat pro Läsion wurde berücksichtigt); Hypovirulent = Anzahl der Bäume, aus denen hypovirulente Isolate gewonnen wurden; MAT1:MAT2 = Verhältnis der beiden Kreuzungstypen

^b Die Anzahl der Bäume und (hypovirulenten) *C. parasitica* Isolate, die während der Probenahmen zur Feststellung des Maß an Hypovirulenz (Kutzenstein, Eckenberg, Bottenau), bzw Nachbeprobungen (Kaier) untersucht wurden, deren Kreuzungstyp aber nicht untersucht wurde, sind in Klammern dargestellt.

3.2. Kompatibilitätsgruppen

Während der Probennahmen im Interreg-Gebiet wurden 12 verschiedene vc-Gruppen (EU1, EU2, EU5, EU6, EU13, EU14, EU22, EU25, EU33, EU65, EU74 und EU-Y (EU-Dc in BUSSEKAMP 2011), Tabelle 2) identifiziert. Wenn man die weiteren vc-Gruppen, die bei früheren Probenahmen identifiziert wurden (EU12 in Schorndorf, EU28 in Oberweiler, EU-X in Freiburg, (PETERS et al. 2012; SEEMANN et al. 2001) mit einbezieht, kommt man auf 15 vc-Gruppen, die bisher in Deutschland gefunden wurden. Allerdings sollten zumindest zwei vc-Gruppen, die nur an Einzelbäumen gefunden wurden, wieder ausgerottet worden sein (PETERS et al. 2012; SEEMANN et al. 2001). EU-X und EU-Y lassen sich nicht mit den 74 vc-Referenzstämmen klassifizieren, auch in Deutschland gibt es also weitere vc-Gruppen, die bisher keine EU-Nummer haben. Insgesamt ist die Zahl der vc-Gruppen im Vergleich zu anderen europäischen Ländern nach wie vor gering.

In Deutschland überwiegt die vc-Gruppe EU2 mit 55 %. In Baden-Württemberg ist der Anteil mit 68 % noch höher. Die zweithäufigste vc-Gruppe ist hier EU13 mit 8 %. Die Vorherrschaft von EU2 auf den beprobten Flächen in Baden-Württemberg ist auch deutlich in Abbildung 21 dargestellt. Flächen, auf denen EU2 gefunden wurde, sind mit blauen Punkten gekennzeichnet. In drei Beständen wurde jeweils nur eine vc-Gruppe gefunden, die aber nicht EU2 war. In Renchen wurde *C. parasitica* der vc-Gruppe EU1 isoliert, in Affental EU14 und in Oberweiler EU5. In Oberweiler war in einer früheren Probenahme EU28 gefunden worden (PETERS et al. 2012), diese vc-Gruppe wurde allerdings bei den aktuellen Probenahmen nicht wiedergefunden.

Auf den Flächen Presteneck und Ringelbach wurde neben EU2 an jeweils einem einzelnen Baum eine weitere vc-Gruppe gefunden. In Laibach wurden drei vc-Gruppen identifiziert, allerdings eher voneinander abgegrenzt. EU65 wurde nur aus einem einzigen Baum eines recht jungen Bestandes isoliert, EU74 trat an älteren Bäumen und EU2 an anderer Stelle auf. Auch insgesamt liegt dieser Befallsort etwas isoliert im Südosten des Befallsgebietes (Abb. 21).

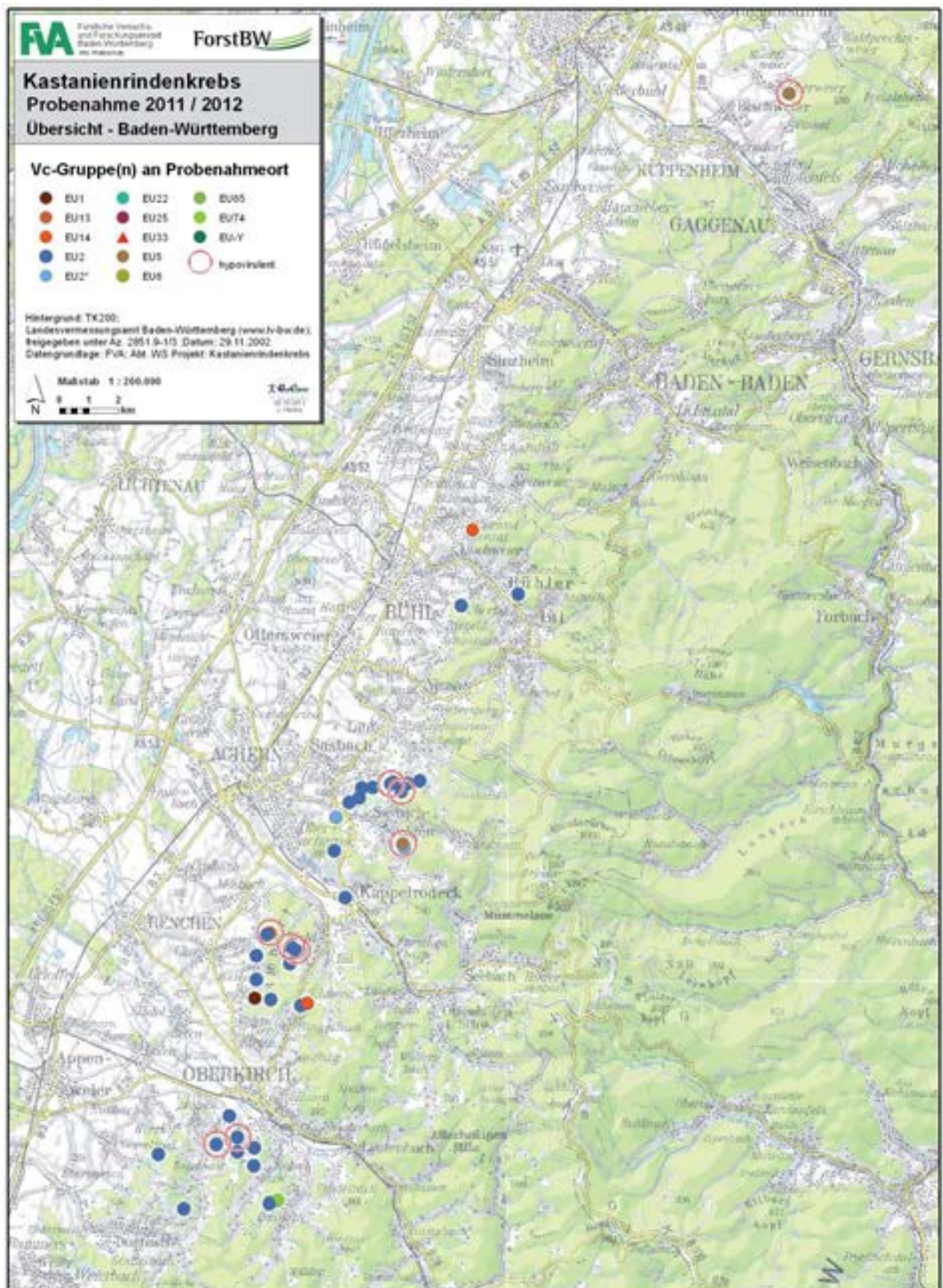
In Steilshang kommen zwei vc-Gruppen vor. Hier wurde auch Hypovirulenz an Isolat der vc-Gruppe EU5 gefunden. Als zweite vc-Gruppe wurde hier EU2* beobachtet. Diese vc-Gruppe wurde auch am Sandweg isoliert. Sie wurde bisher als EU2 eingeordnet, und auch die PCR Untersuchungen der *vic* Loci deuten auf EU2 hin, allerdings waren die Isolate der beiden Flächen im vc-Test nicht so eindeutig mit den EU2 Testerstämmen kompatibel, wie dieses norma-

lerweise beobachtet wurde, so dass wir sie als EU2* von EU2 abgegrenzt haben.

Auf der Fläche Kaier befindet sich ein Herd, in dem sich *C. parasitica* der vc-Gruppe EU13 ausgebreitet hat. An den Rändern der Fläche findet man einzelne Bäume mit der vc-Gruppe EU2. Da beide Kreuzungstypen vorhanden sind (wenn auch *MAT2* überwiegt), ist die Möglichkeit der sexuellen Fortpflanzung gegeben. Es bleibt zu hoffen, dass dieses vorerst nicht geschieht, denn die beiden vc-Gruppen unterscheiden sich an fünf der sechs *vic* Loci, so dass sich dort durch sexuelle Rekombination theoretisch mindestens 32 neue vc-Gruppen bilden könnten. Der Krankheitsverlauf wurde in diesem Bestand die letzten Jahre als sehr heftig beobachtet, so dass vorgesehen war, hypovirulentes Pilzmyzel der vc-Gruppe EU13 (ein lokaler Stamm, in den im Labor über eine weitere vc-Gruppe das Hypovirus übertragen wurde) dort auszubringen. Bei den für die Virusausbildung vorbereitenden Probenahmen wurden dann aber überraschenderweise hypovirulente Stämme der vc-Gruppe EU13 isoliert. Genetisch ähnelten diese CHV-1-Isolate denen, die am nahegelegenen Kutzenstein gefunden wurden (PETERS et al. 2014), so dass man davon ausgehen kann, dass das Hypovirus von den dortigen EU2 Stämmen übertragen wurde, obwohl diese beiden vc-Gruppen sehr unterschiedlich sind. Möglicherweise sind die Transmissionsraten von CHV-1 zwischen unterschiedlichen vc-Gruppen durch *in vitro* Versuche bisher unterschätzt wurden (BRUSINI & ROBIN 2013). Die Präsenz von Hypovirulenz lässt auch in Bezug auf die vc-Gruppen Diversität hoffen, da die sexuelle Vermehrung bei hypovirulenten Stämmen unterdrückt wird (Nuss 2005).

Abbildung 21:

Beprobte Kastanienflächen in Baden-Württemberg. Die unterschiedlichen vc-Gruppen, die auf den jeweiligen Flächen gefunden wurden, sind durch die unterschiedliche Farbe der Punkte dargestellt. Flächen, auf denen hypovirulente Isolate gewonnen wurden, sind mit einem roten Kreis markiert.



In Rheinland-Pfalz ist die Diversität an vc-Gruppen wesentlich größer (Tabelle 2, Abb. 22). Mit 27 bzw. 24 % der dort gewonnenen Proben sind EU2 und EU5 die hier vorherrschenden vc-Gruppen, gefolgt von EU1 und EU22 mit 18 und 14 % (Tabelle 2). Die meisten Bestände in Rheinland Pfalz sind jeweils mit ihrer eigenen vc-Gruppe befallen. In Rhodt allerdings wurden drei verschiedene vc-Gruppen aus drei Bäumen isoliert. Der Befall auf der Fläche war allerdings sehr gering, bei den Probenahmen wurden nur diese drei befallenen Bäume gefunden. In Rosentälchen überwog EU22, von einem Baum wurde ein *C. parasitica* Stamm der vc-Gruppe EU2 isoliert. Diese kam allerdings am nahegelegenen Friedensdenkmal häufig vor. Die Mischpopulation aus EU2 und EU5 am Friedensdenkmal bei Edenkoben ist schon länger bekannt (PETERS et al. 2012). Dass neben EU2 und EU5 bei den aktuellen Beprobungen auch die vc-Gruppen EU1 und EU6 gefunden wurden, deutet auf genetische Rekombination bei der sexuellen Vermehrung hin. Diese Vermutung wird durch weitere genetische Untersuchungen der einzelnen *C. parasitica* Stämme gestützt (PETERS et al. 2014). Dazu passend wurde auf dieser Fläche die Hauptfruchtform von *C. parasitica* beobachtet.

Im Elsass wurden zwei Flächen kursorisch beprobt. Bei Neuwiller-lès-Saverne wurde *C. parasitica* der vc-Gruppe EU2, bei Wangen der vc-Gruppe EU5 aus jeweils drei Bäumen isoliert. Obwohl dort einige Jahre zuvor Hypovirulenz als biologische Maßnahme gegen den Esskastanienrindenkrebs ausgebracht worden war (Baumeister, persönliche Mitteilung), wurden keine hypovirulenten Isolate erfasst.

3.3. Kreuzungstyp

Die sexuelle Fortpflanzung von *C. parasitica* wird durch den Kreuzungstyp gesteuert. Nur Individuen unterschiedlichen Kreuzungstyps können sich sexuell fortpflanzen. Die PCR Analysen zeigen, dass beide Kreuzungstypen, also sowohl *MAT1* als auch *MAT2*, im Interreg-Gebiet vorkommen. Allerdings wurde auf den meisten Flächen jeweils nur ein Kreuzungstyp gefunden (Tabelle 2). In wenigen Fällen herrscht ein Kreuzungstyp vor und der andere wurde bei einzelnen Individuen beobachtet (z.B. Bottenau). Wenn sich das Verhältnis von *MAT1* : *MAT2* auf einer Fläche an 1 annäherte, war in der Regel mehr als eine vc-Gruppe auf einer Fläche vorhanden, und die unterschiedlichen vc-Gruppen korrelierten mit den unterschiedlichen Kreuzungstypen (z.B. Steilshang, s. Tabelle 2). Dies alles deutet darauf hin, dass sich *C. parasitica* in Deutschland bisher weitgehend klonal, also über die vegetative Sporulation ausgebrei-

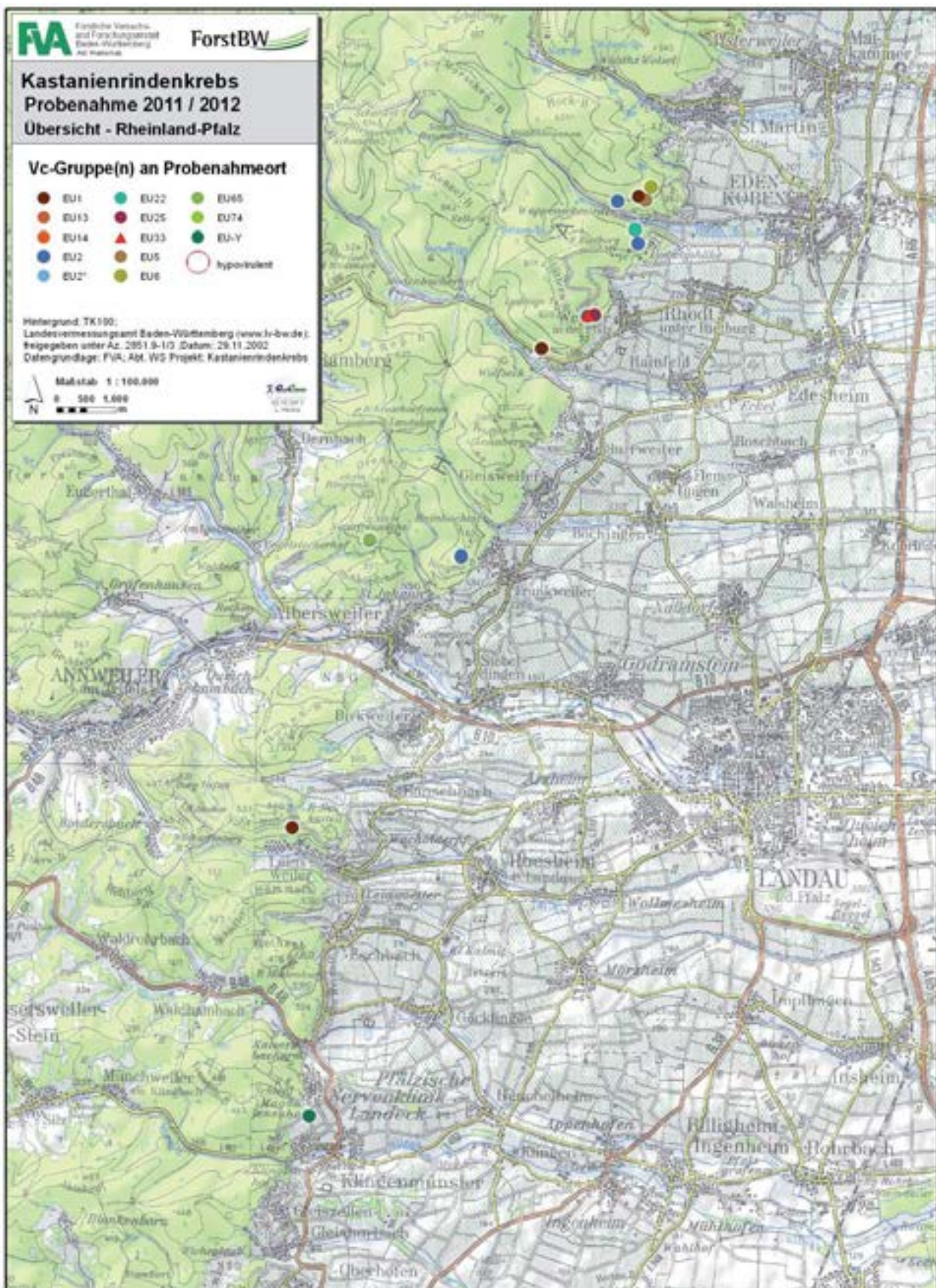
tet hat. Durch die Präsenz beider Kreuzungstypen ist allerdings das Potential für die sexuelle Fortpflanzung von *C. parasitica* gegeben. Am Standort Friedensdenkmal hat sie offensichtlich auch schon stattgefunden, wie durch das Auffinden der Hauptfruchtform (Abb. 10, 11) belegt wurde. Durch genetische Rekombination fand dabei außerdem eine Diversifizierung der vc-Gruppen statt (s. 3.2, PETERS et al. 2014). Genetische Untersuchungen an älteren *C. parasitica* Stämmen zeigen auch, dass sich diese Diversifizierung schon wesentlich früher ereignete, als bisher angenommen (PETERS et al. 2014). Die Analyse des Kreuzungstyps und weiterer genetischer Merkmale (PETERS et al. 2014) zeigt, dass die genetische Diversität von *C. parasitica* größer ist, als die alleinige Betrachtung der vc-Gruppen vermuten lassen.

3.4. Hypovirulenz

Bis zum Jahr 2010 waren in Deutschland aus über 360 beprobten Bäumen nur vier hypovirulente *C. parasitica* Isolate identifiziert worden. Im Zuge des Interreg-Projekts wurden in der Ortenau vermehrt heilende Rindenläsionen (Abb. 15) beobachtet. Außerdem wurden aus 36 Bäumen (inklusive 2 Totholzbäumen) in der Ortenau und im Landkreis Rastatt hypovirulente *C. parasitica* Stämme isoliert (Tabelle 2). Diese zeigen nicht nur den typisch weißen Phänotyp auf PDA, sie enthalten auch alle nachweislich dsRNA. Obwohl die CHV-1 tragenden *C. parasitica* Stämme von unterschiedlichen Flächen stammen und auch verschiedenen vc-Gruppen (EU2, EU5, EU13) angehören, zeigen Sequenzvergleiche der verschiedenen Hypoviren, dass diese alle einheitlich dem deutschen Subtyp (CHV-1/D) des Hypovirus angehören (PETERS et al. 2014).

Abbildung 22:

Beprobte Kastanienflächen in Rheinland-Pfalz. Die unterschiedlichen vc-Gruppen, die auf den jeweiligen Flächen gefunden wurden, sind durch die unterschiedliche Farbe der Punkte dargestellt.



Auf drei speziell untersuchten Flächen (Kutzenstein, Eckenberg, Bottenau) wurde aus 22 bis 25 % der infizierten Bäume CHV-1 tragende *C. parasitica* Stämme isoliert. Aus diesen Bäumen wurde neben hypovirulenten Isolat auch immer mindestens ein virulentes Isolat gewonnen. Der Hypovirus scheint also ungleichmäßig in der Läsion verteilt zu sein. Dieses Phänomen wurde auch schon von anderen Autoren beschrieben (GRIFFIN 1999; RIGLING & HEINIGER 2004; TURCHETTI et al. 2008).

In den Kastanienbeständen in Baden-Württemberg scheint sich die Hypovirulenz also auf natürliche Weise zu übertragen und auszubreiten. Über die Jahre gesehen ist hier also ein harmloserer Verlauf der Krankheit zu erwarten. Um diesen Vorgang auf Flächen anzustoßen, auf denen keine natürliche Hypovirulenz vorhanden ist, kann man diese künstlich ausbringen. Da aber dabei immer auch das Pathogen selber ausgebracht werden muss, sollten ausführliche Untersuchungen der eigentlichen Ausbringung vorrausgehen, und diese kritisch betrachtet werden.

Da in Rheinland-Pfalz bisher keine natürliche Hypovirulenz nachgewiesen werden konnte, wurde dort die probeweise künstliche Ausbringung von Hypovirulenz angestrebt. Hierfür wurden im September 2011 auf Flächen in der Nähe des Friedensdenkmals bei Edenkoben 13 Bäume ausgewählt, beprobt und erhaltene Isolate auf vc-Gruppe, Kreuzungstyp und Haplotyp (PETERS et al. 2014) untersucht (Tabelle 3). Im Labor wurden Hypoviren zweier Stämme aus der Ortenau der vc-Gruppen EU2 und EU5 auf zwei *C. parasitica* Stämme vom Friedensdenkmal dieser beiden vc-Gruppen übertragen. Im April 2012 wurden 11 der beprobten Bäume mit der Paste der nun CHV-1 tragenden lokalen Stämme der entsprechenden vc-Gruppe beimpft (Abb. 23, Tabelle 3). Ein knappes Jahr später im März 2013 wurden neun der beimpften Bäume (zwei konnten nicht wiedergefunden werden, da sie wahrscheinlich den Sanierungsmaßnahmen zum Opfer gefallen waren) wiederum beprobt, um zu untersuchen, ob die hypovirulenten Stämme angewachsen waren und sich ausbreiten konnten. Die Rindenproben wurden einige cm von den Animpfstellen entfernt entnommen. Aus

Abbildung 23:

Beimpfung einer *C. parasitica* Läsion mit hypovirulenter Pilzpaste.



acht von neun Bäumen konnte das Hypovirus reisoliert werden (Abb. 24, Tabelle 3), die Beimpfungsaktion kann also als erfolgreich betrachtet werden. Nun ist zu hoffen, dass sich die Hypovirulenz weiter im Bestand ausbreitet und sich auf die dort vorhandene, virulente Form von *C. parasitica* überträgt, bzw. mit ihr in Konkurrenz tritt. Dieses, und die damit einhergehende gesündere Entwicklung des Bestandes kann sich erst in den nächsten Jahren zeigen.

Tabelle 3:

Mit Hypovirulenz beimpfte Bäume am Standort
Friedensdenkmal bei Edenkoben, Rheinland-Pfalz.

Baum-Nr.	Koordinaten	vc-Gruppe	Haplotyp	beimpft	Reisolierung von CHV-1
P34	49.2870082 8.0869492	2	Cp15-2	✓	✓
P35	49.2874062 8.0880011	5	Cp33-5	✓	✓
P36	49.2876891 8.0883481	2	Cp15-2	✓	✓
P37	49.2876811 8.0886221	5	Cp33-5	✓	— ^c
P38	49.2880001 8.0892661	5	Cp33-5	✓	— ^c
P39	49.2881921 8.0895171	6	Cp31-6	— ^a	—
P40	49.2885531 8.0895841	5	Cp33-5	✓	✓
P41	49.2883812 8.0900202	5	Cp33-5	— ^b	—
P42	49.2847652 8.0866711	5	Cp33-5	✓	✓
P43	49.2848861 8.0858711	2	Cp15-2	✓	✓
P44	49.2849741 8.0868711	5	Cp33-5	✓	✓
P45	49.2852570 8.0884311	5	Cp33-5	✓	—
P46	49.2864842 8.0902600	5	Cp33-5	✓	✓

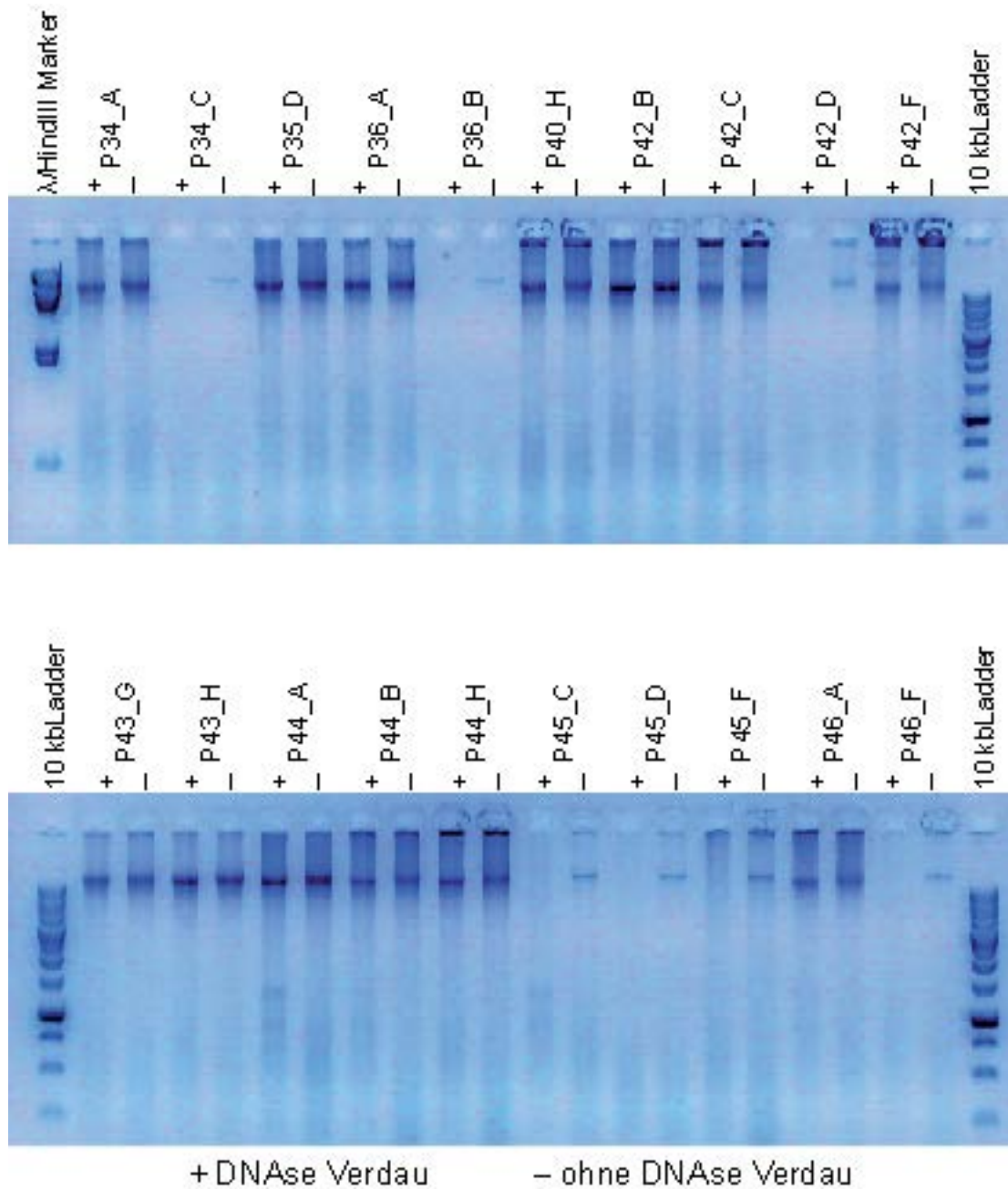
^a nicht beimpft da falsche vc-Gruppe

^b nicht beimpft da sehr geringer BHD

^c bei Probenahme für Reisolierung nicht wiedergefunden

Abbildung 24:

Agarose Gel der aus am Friedensdenkmal beimpften Bäume reisolierten dsRNA, erkennbar an der auch nach DNase Verdau sichtbaren Bande. Nur aus dem Baum P45 konnten keine hypovirulenten *C. parasitica* Stämme reisoliert werden.



4. Maßnahmen und Handlungsempfehlungen bei *C. parasitica* Befall

Bis 2004 durfte gehandeltes Esskastanienholz nach Richtlinie 2000/29/EG nur aus befallsfreien Gebieten stammen (Pflanzenpasspflicht) oder musste entrinnet sein (SEEMANN et al. 2001). Mit der Richtlinie 2004/102/EG gilt diese Regelung nur noch für ausgewiesene Schutzgebiete und es besteht keine Bekämpfungspflicht der Krankheit mehr (KEHR et al. 2005). Pflanz- und Saatgut von Esskastanien und Eichen allerdings darf weiterhin nur mit einem Pflanzenpass, der bestätigt, dass es aus befallsfreiem Gebiet kommt, transportiert werden.

Nach der Entdeckung der Krankheit in Deutschland wurde zunächst versucht, den Pilz auszurotten, indem erkrankte Bäume gefällt und verbrannt wurden. Dies minderte den Infektionsdruck und verzögerte vorerst die Ausbreitung (SEEMANN et al. 2001). Der am Standort Frankweiler unternommene Versuch, den Austrieb der Stöcke von erkrankten, gefällten Esskastanien durch ein Herbizid zu verhindern, hatte nur beschränkten Erfolg. Außerdem gilt diese Verwendung von Herbiziden als nicht praktikabel und problematisch für Nachbarbäume (KEHR 1997; SEEMANN et al. 2001).

Bei Erstbefall von Einzelbäumen wird das Entfernen und unschädliche Vernichten des infizierten Materials empfohlen. Sobald jedoch mehrere Bäume in einem Bestand infiziert sind, sind mechanische oder chemische Sanierungsmaßnahmen aussichtslos (METZLER 2004). Bei wertvollen Einzelbäumen ist die baumchirurgische Entfernung mit anschließender Verbrennung der befallenen Rinde, sowie eine Fungizidbehandlung der Wunde zu erwägen (KEHR et al. 2005). In jedem Fall müssen Schnittwerkzeuge nach der Arbeit an befallenen Esskastanien mit 70 %igem Spiritus oder Alkohol desinfiziert werden. Vorbeugend sind außerdem Wunden an Esskastanien zu vermeiden, um dem Pilz keine zusätzlichen Eintrittspforten in die Rinde zu gewähren.

Die Züchtung resistenter Esskastanien mittels Einkreuzung von asiatischen *Castanea*-Arten scheint für die amerikanische *C. dentata* erfolgreich zu sein (JACOBS 2007). Für die europäische Esskastanie *C. sativa* wurde diese langwierige und teure Maßnahme bisher nicht unternommen. Selektionsversuche aus verschiedenen europäischen Herkunftsorten zeigten wenig Erfolg (BAZZIGHER & MILLER 1991).

Eine Möglichkeit der biologischen Gegenmaßnahme, wenn auch nicht mittels direkter Bekämpfung des Esskastanienrindenkrebses, bietet die Ausbrin-

gung von Hypovirulenz. Dafür werden kranke Bäume entlang der Läsion mit hypovirulentem Pilzmateri- al beimpft. Alternativ wird die Möglichkeit diskutiert, Totholz auszubringen, das mit hypovirulenter *C. parasitica* befallen ist (PROSPERO et al. 2006), da hypovirulente Stämme an Totholz leichter sporulieren und somit die weitere Ausbreitung gefördert würde. In jedem Fall muss aber genau bekannt sein, welche vc-Gruppe in den jeweiligen Beständen anzufinden ist, um eine Diversifizierung der vc-Gruppen durch Ausbringung einer ‚falschen‘ vc-Gruppe zu vermeiden. Im Idealfall wird das Hypovirus auf lokale Stämme übertragen, um auch die genetische Diversifizierung zu vermeiden. Diese Maßnahme erfordert eine vorherige sorgfältige Beprobung und Untersuchung der Bestände. Während einzelne Bäume, z.B. wertvolle Fruchtbäume, durch die Beimpfung mit Hypovirulenz vor dem Absterben gerettet werden können, muss man im Wald nach der künstlichen Beimpfung einzelner Esskastanien auf die weitere natürliche Ausbreitung und Übertragung hoffen.

5. Weitere Krankheiten und Probleme der Esskastanie

5.1. Tintenkrankheit

Auf einigen Standorten wurde ein plötzliches Absterben von Esskastanien beobachtet. Untersuchungen von WUNDERLICH 2011 ergaben unter anderem den Nachweis von *Phytophthora* sp.. Aus mehreren Bodenproben aus der Ortenau wurden Isolate dieser Gattung gewonnen. Die Gattung *Phytophthora* auf der Gruppe der ‚pilzähnlichen Organismen‘ oder ‚Algenpilzen‘ enthält zahlreiche Arten, die im Kambialbereich von Gehölzen tödliche Infektionen verursachen können. Die Besonderheit dieser Organismengruppe sind ihre Zoosporen, die im Wasser verbreitet werden können. Entsprechend sind als disponierende Faktoren für den *Phytophthora*-Befall frische oder staunasse Böden sowie Abflussbereiche von Waldstraßen bedeutsam.

Auf Kastanienflächen der Gemeinde Edenkoben konnte keine *Phytophthora* sp. nachgewiesen werden. An absterbenden und schon abgestorbenen Esskastanien wurden hier mehrfach Infektionen durch *C. parasitica* oder Hallimasch an der Stammbasis festgestellt. Es wird angenommen, dass diese Infektionen, eventuell verbunden mit temporär starker Trockenheit, das Absterben der Esskastanien verursachten.

5.2. Japanische Esskastanien-Gallwespe

Die Japanische Esskastanien-Gallwespe (*Dryocosmus kuriphilus*) legt ihre Eier in den Knospen von Esskastanien ab. Im Zuge der Larvalentwicklung entstehen Gallen, die die Ausbildung der Blätter und den Fruchtausatz schädigen. Ferner wird berichtet, dass die Infektion von Zweigen mit Esskastanienrindenkrebs durch die Parasitierung der Gallwespe erleichtert wird.

Seit das Schadinsekt 2002 erstmals in Europa nachgewiesen wurde, wird *D. kuriphilus* von der EU als Quarantäneorganismus gelistet. *D. kuriphilus* breitet sich inzwischen rasant in gesamten Europäischen Esskastaniengebiet aus. In Deutschland wurde das Insekt erstmalig im Sommer 2013 zunächst im Raum Mannheim nachgewiesen (SCHUMACHER 2013). Die jetzt vom Pflanzenschutzdienst der Regierungspräsidien in Kraft gesetzten EU-Quarantänebestimmungen (2006/464/EG) untersagen den Handel mit Esskastanienpflanzen in zahlreichen Gemeinden auch im Umkreis von weiteren Befallsgebieten. Mit einer baldigen weiteren Ausbreitung ist dennoch zu rechnen.

Danksagung

Ohne die sorgfältigen Beobachtungen an den Standorten von und dem ständigen Informationsaustausch mit FDir Bernhard Mettendorf (Forstbezirk Oberkirch) wäre die Bearbeitung des Projektes in dieser Form nicht möglich gewesen. Dank gebührt aber auch allen anderen Forstbediensteten in den beteiligten Forstbezirken für vielerlei Hilfestellung insbesondere beim Auffinden von neuen Befallsherden; stellvertretend für das Forstamt Haardt: Wolfgang Wambsganß, Jochen Edinger, Konrad Gollong, Thomas Kaber; für das Amt für Forstwirtschaft Ortenaukreis: LFDiir Ewald Elsässer, Christian Huber, Michael Sauter, Hubert Huber, Clemens Rottler (Stadt Renchen); und Maren Baumeister vom CRPF. Für die Unterstützung im Labor danken wir Gudrun Seiffert und Gabi Zipfel. Sehr wertvoll war die wissenschaftliche Unterstützung von Daniel Rigling und Simone Prospero und die technische Unterstützung von Esther Jung von der WSL Birmensdorf. Dank auch allen, die am Zustandekommen und an der Durchführung des Interreg-Projekts administrativ beteiligt waren, namentlich Gudrun Suominen (FVA) und Claus-Dieter Fath und Dr. Segatz (FAWF) für die Gesamtkoordination. Besonderer Dank geht an die EU und an alle Institutionen, die dieses Interreg-Projekt C17 bewilligt und unterstützt haben.

Literaturverzeichnis

- ALLEMANN, C., HOEGGER, P., HEINIGER, U. & RIGLING, D. (1999): Genetic variation of *Cryphonectria hypoviruses* (CHV1) in Europe, assessed using restriction fragment length polymorphism (RFLP) markers. *Mol Ecol* 8: 843-854.
- ANAGNOSTAKIS, S.L. (1977): Vegetative incompatibility in *Endothia parasitica*. *Exp Mycol* 1: 306-316.
- ANAGNOSTAKIS, S.L. (1987): Chestnut blight: the classical problem of an introduced pathogen. *Mycologia* 79: 23-37.
- ANAGNOSTAKIS, S.L. (1988): *Cryphonectria parasitica*, cause of chestnut blight. *Adv Plant Pathol* 6: 123-136.
- ANAGNOSTAKIS, S.L. & DAY, P.R. (1979): Hypovirulence conversion in *Endothia parasitica*. *Phytopathology* 69: 1226-1229.
- ARNONE, A., ASSANTE, G., NASINI, G., STRADA, S. & VERCESI, A. (2002): Cryphonectric acid and other minor metabolites from a hypovirulent strain of *Cryphonectria parasitica*. *J Nat Prod* 65: 48-50.
- BARTHOLD, F., CONEDERA, M., TORRIANI, D. & SPINEDI, F. (2004): Welkesymptome an Edelkastanien im Sommer 2003 auf der Alpensüdseite der Schweiz. *Schweiz Z Forstwes* 155: 392-399.
- BAZZIGHER, G. & MILLER, G. (1991): Blight-resistant chestnut selections of Switzerland: a valuable germ plasm resource. *Plant Dis* 75: 1-9.
- BIRAGHI, A. (1946): Il cancro del castagno causato da *Endothia parasitica*. *Agricoltura Italiana* 7: 1-9.
- BISSEGER, M. & HEINIGER, U. (1991): Chestnut blight (*Cryphonectria parasitica*) north of the Swiss Alps. *Eur J For Pathol* 21(4): 250-252.
- BISSEGER, M., RIGLING, D. & HEINIGER, U. (1997): Population structure and disease development of *Cryphonectria parasitica* in European chestnut forests in the presence of natural hypovirulence. *Phytopathology* 87: 50-59.
- BRUSINI, J. & ROBIN, C. (2013): Mycovirus transmission revisited by in situ pairings of vegetatively incompatible isolates of *Cryphonectria parasitica*. *J Virol Methods* 187: 435-442.
- BRYNER, S.F. & RIGLING, D. (2011): Temperature-dependent genotype-by-genotype interaction between a pathogenic fungus and its hyperparasitic virus. *Am Nat* 177: 65-74.
- BUSSEKAMP, J. (2011): Untersuchungen zu *Cryphonectria parasitica* in Südwest-Deutschland. Bachelor-Arbeit. Fakultät für Forst- und Umweltwissenschaften, Universität Freiburg. 68 S.
- CARBONE, I., LIU, Y.-C., HILLMAN, B.I. & MILGROOM, M.G. (2004): Recombination and migration of *Cryphonectria hypovirus* 1 as inferred from gene genealogies and the coalescent. *Genetics* 166: 1611-1629.
- CHOI, G.H., DAWE, A.L., CHURBANOV, A., SMITH, M.L., MILGROOM, M.G. & NUSS, D.L. (2012): Molecular characterization of vegetative incompatibility genes that restrict hypovirus transmission in the chestnut blight fungus *Cryphonectria parasitica*. *Genetics* 190(1): 113-127.
- CHOI, G.H. & NUSS, D.L. (1992): Hypovirulence of chestnut blight fungus conferred by an infectious viral cDNA. *Science* 257: 800-803.

- COLLINS, J.F. (1913): The chestnut bark disease on chestnut fruits. *Science* 38: 857-858.
- CORTESI, P., MCCULLOCH, C.E., SONG, H., LIN, H. & MILGROOM, M.G. (2001): Genetic control of horizontal virus transmission in the chestnut blight fungus, *Cryphonectria parasitica*. *Genetics* 159: 107-118.
- CORTESI, P. & MILGROOM, M.G. (1998): Genetics of vegetative incompatibility in *Cryphonectria parasitica*. *Appl and Environ Microbiol* 64(8): 2988-2994.
- CORTESI, P., RIGLING, D. & HEINIGER, U. (1998): Comparison of vegetative compatibility types in Italian and Swiss subpopulations of *Cryphonectria parasitica*. *Eur J For Pathol* 28(3): 167-176.
- DARPOUX, H. (1949): Le chancre de Chatâignier causé par l'*Endothia parasitica*, Document phytosanitaire. série pathol, Impr. nationale: 24 S.
- DAY, P.R., DODDS, J.A., ELLISTON, J.E., JAYNES, R.A. & ANAGNOSTAKIS, S.L. (1977): Double stranded RNA in *Endothia parasitica*. *Phytopathology* 67: 1393-1396.
- DSF (2005), BILAN (2004): La Santé des Forêts dans le Nord-Est. Inf. Techn. N. 42. Inf. Techn., 42, Minist. Agric. et de la Pêche. 83 S.
- DUTECH, C., BARRÈS, B., BRIDIER, J., ROBIN, C., MILGROOM, M.G. & RAVIGNÉ, V. (2012): The chestnut blight fungus world tour: successive introduction events from diverse origins in an invasive plant fungal pathogen. *Mol Ecol* 21(16): 3931-3946.
- ELLISTON, J.E. (1985): Characteristics of dsRNA-free and dsRNA containing strains of *Endothia parasitica* in relation to hypovirulence. *Phytopathology* 75: 151-158.
- FISCHER, F. (1952): Maßnahmen gegen das Kastaniensterben im Tessin. *Schweiz Z Forstwes* 103: 103-106.
- GÄUMANN, E.A. (1951). Über das Kastaniensterben im Tessin. *Schweiz Z Forstwes* 102(1): 1-20.
- GOBBIN, D., HOEGGER, P.J., HEINIGER, U. & RIGLING, D. (2003): Sequence variation and evolution of *Cryphonectria hypovirus 1* (CHV-1) in Europe. *Virus Res* 97: 39-46.
- GRENTÉ, M.J. (1965): Les formes hypovirulentes d'*Endothia parasitica* et les espoirs de lutte contre le chancre du Chatâignier. *CR Acad Agr France* 51: 1033-1037.
- GRIFFIN, G.J. (1999): Frequencies and spatial patterns of white hypovirulent and pigmented strains of *Cryphonectria parasitica* within blight-controlled cankers on grafted American chestnut trees 15-16 years after inoculation. *Eur J For Pathol* 29: 377-390.
- GRIFFIN, G.J. & ELKINS, J.R. (1986): Chestnut Blight. in Chestnut blight, other *Endothia* diseases, and the genus *Endothia*, APS Press, St. Paul.
- HEALD, F.D., GARDNER, M.W. & STUDHALTER, R.A. (1915): Air and wind dissemination of ascospores of the chestnut blight fungus. *J Agric Res* 3: 493-526.
- HEINIGER, U. (1999): Der Kastanienrindenkrebs (*Cryphonectria parasitica*). *Schadsymptome und Biologie*. 2. Aufl. 8 S.
- HEINIGER, U. & RIGLING, D. (1994): Biological control of chestnut blight in Europe. *Annu Rev Phytopathol* 32: 581-599.
- HILLMAN, B.I. & SUZUKI, N. (2004): Viruses of the Chestnut Blight Fungus, *Cryphonectria parasitica*. in *Advances in Virus Research*, Academic Press. 423-472.
- HOEGGER, P.J., RIGLING, D., HOLDENRIEDER, O. & HEINIGER, U. (2000): Genetic structure of newly established populations of *Cryphonectria parasitica*. *Mycol Res* 104: 1108-1116.
- JACOBS, D.F. (2007): Toward development of silvical strategies for forest restoration of American chestnut (*Castanea dentata*) using blight-resistant hybrids. *Biol Conserv* 137: 497-506.
- JAYNES, R.A. & D.E., PALMA, N.K. (1984): Natural infection of nuts of *Castanea dentata* by *Endothia parasitica*. *Phytopathology* 74: 296-299.
- KEHR, R., (1997): Der Kastanienrindenkrebs - Vorkommen und Bedeutung. in D. Dujesiefken, P. Kockerbeck (eds.), *Jahrbuch der Baumpflege* 1997, Thalacker Medien.
- KEHR, R., METZLER, B., SCHRÖDER, T. & WULF, A. (2005): Rindenkrebs der Esskastanie auf dem Vormarsch - Hinweise zur Erkennung und Handlungsoptionen. in D. Dujesiefken, P. Kockerbeck (eds.), *Jahrbuch der Baumpflege* 2005, Thalacker Medien. 192-198.
- MACDONALD, W.L. & FULBRIGHT, D.W. (1991): Biological control of chestnut blight: use and limitations of transmissible hypovirulence. *Plant Dis* 75: 656-661.
- MARRA, R.E. & MILGROOM, M.G. (1999): PCR amplification of the mating-type idiomorphs in *Cryphonectria parasitica*. *Mol Ecol* 8(11): 1947-50.
- METZENBERG, R.L. & GLASS, N.L. (1990): Mating and mating strategies in *Neurospora*. *BioEssays* 12: 53-59.
- METZLER, B. (2004): Der Esskastanien-Rindenkrebs. *Waldschutz-INFO* 5/2004, FVA Baden-Württemberg. 4 S.
- MILGROOM, M.G. & CORTESI, P. (2004): Biological control of chestnut blight with hypovirulence: A Critical Analysis. *Annu Rev Phytopathol* 42: 311-338.
- NUSS, D.L. (2005): Hypovirulence: Mycoviruses at the fungal-plant interface. *Nature Rev Microbiol* 3: 632-642.
- NUSS, D.L., HILLMAN, B.I., RIGLING, D. & SUZUKI, N. (2005): Family *Hypoviridae*. in C.M. Fauquet, M.A. Mayo, J. Maniloff, U. Desselberger, L.A. Ball (eds.), *Virus Taxonomy: Eighth Report of the International Committee for the Taxonomy of Viruses*, Elsevier / Academic Press, London. 596-601.
- PAVARI, A. (1949): Chestnut blight in Europe. *Unasylva* 3: 8-13.
- PEEVER, T.L., LIU, Y.-C., CORTESI, P. & MILGROOM, M.G. (2000): Variation in tolerance and virulence in the chestnut blight fungus-hypovirus interaction. *Appl Environ Microbiol* 66:4863-4869.
- PETERS, F.S., HOLWEG, C.L., RIGLING, D. & METZLER, B. (2012): Chestnut blight in south-western Germany: multiple introductions of *Cryphonectria parasitica* and slow hypovirus spread. *For Pathol* 42: 397-404.
- PETERS, F., BUSSKAMP, J. & METZLER, B. (2012b): Esskastanienrindenkrebs: Zunehmende genetische Diversität und Hypovirulenz bei *Cryphonectria parasitica* in Südwestdeutschland, 58. Deutsche Pflanzenschutztagung Braunschweig, Julius-Kühn-Archiv 438: 96-97.
- PETERS, F.S., BUSSKAMP, J. & METZLER, B. (2012c): Increasing diversity of *Cryphonectria parasitica* in south-western Germany. *J Plant Dis Protect* 120: 45.
- PETERS, F.S., BUSSKAMP, J. & METZLER, B. (2013): Esskastanienrindenkrebs: Genetische Diversität und Hypovirulenz. *AFZ/Der Wald* 68: 12-14.

- PETERS, F.S., BUSSKAMP, J., PROSPERO, S., RIGLING, D. & METZLER, B. (2014): Genetic diversification of the chestnut blight fungus *Cryphonectria parasitica* and its associated hypovirus in Germany. Fungal Biology.
- POWELL, W.A. (1995): Vegetative incompatibility and mycelial death of *Cryphonectria parasitica* detected with a pH indicator. Mycologia 87: 738-741.
- PROSPERO, S., CONEDERA, M., HEINIGER, U. & RIGLING, D. (2006): Saprophytic activity and sporulation of *Cryphonectria parasitica* on dead chestnut wood in forests with naturally established hypovirulence. Phytopathology 96: 1337-1344.
- RIGLING, D. & HEINIGER, U. (2004): Healed cankers on European chestnut without hypovirulence? Abstr. 33, Chaves.
- ROBIN, C., ANZIANI, C. & CORTESI, P. (2000): Relationship between biological control, incidence of hypovirulence, and diversity of vegetative compatibility types of *Cryphonectria parasitica* in France. Phytopathology 90(7): 730-737.
- ROBIN, C., CAPDEVIELLE, X., MARTIN, M., TRAVER, C. & COLINAS, C. (2009): *Cryphonectria parasitica* vegetative compatibility type analysis of populations in south-western France and northern Spain. Plant Pathol 58: 527-535.
- ROBIN, C., LANZ, S., SOUTRENON, A. & RIGLING, D. (2010): Dominance of natural over released biological control agents of the chestnut blight fungus *Cryphonectria parasitica* in south-eastern France is associated with fitness-related traits. Biol Control 53: 55-61.
- SCHUMACHER, J. (2013): Japanische Esskastaniengallwespe (*Dryocosmus kuriphilus*). Waldschutz-INFO 1/2013, FVA Baden-Württemberg. 4 S.
- SEEMANN, D., BOUFFIER, V., KEHR, R., WULF, A., SCHRÖDER, T. & UNGER, J. (2001): Die Esskastanie in Deutschland und ihre Gefährdung durch den Kastanienrindenkrebs *Cryphonectria parasitica*. Nachrichtenbl Deut Pflanzenschutz 53: 49-60.
- SEEMANN, D. & UNGER, J.-G. (1993): Rindenkrebs der Esskastanie in der Bundesrepublik Deutschland. Nachrichtenbl Deut Pflanzenschutz 45: 120-122.
- SEEMANN, D. & ZAJONC, J. (1994): Rindenkrebs der Esskastanie (*Cryphonectria parasitica*) in Südwestdeutschland. Eur J For Pathol 24: 241-244.
- TURCHETTI, T. (1982): Hypovirulence in chestnut blight (*Endothia parasitica*) and some practical aspects in Italy. Eur J For Pathol 12: 414-417.
- TURCHETTI, T., FERRETTI, F. & MARESI, G. (2008): Natural spread of *Cryphonectria parasitica* and persistence of hypovirulence in three Italian coppiced chestnut stands. For Pathol 38(4): 227-243.
- TURINA, M. & ROSTAGNO, L. (2007): Virus-induced hypovirulence in *Cryphonectria parasitica*: still an unresolved conundrum. J Plant Pathol 89: 165-178.
- VAN ALFEN, N.K., JAYNES, R.A., ANAGNOSTAKIS, S.L. & DAY, P.R. (1975): Chestnut blight: biological control by transmissible hypovirulence in *Endothia parasitica*. Science 189: 890-891.
- WUNDERLICH, L. (2011): Untersuchungen zur Tintenkrankheit (verursacht durch *Phytophthora cambivora* und *Phytophthora cinnamomi*) an der Esskastanie (*Castanea sativa*). Bachelor-Arbeit. Fakultät für Forst- und Umweltwissenschaften, Universität Freiburg. 69 S.
- ZAMORA, P., MARTÍN, A.B., RIGLING, D. & DIEZ, J.J. (2012): Diversity of *Cryphonectria parasitica* in western Spain and identification of hypovirus-infected isolates. For Pathol 42: 412-419.
- ZHANG, L., BAASIRI, R.A. & VAN ALFEN, N.K. (1998): Viral repression of fungal pheromone precursor gene expression. Mol Cell Biol 18: 953-959.

DER EDELKASTANIEN-HERKUNFTSVERSUCH IN RHEINLAND-PFALZ

BOLKO HAASE, PATRICK LEMMEN

Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft, Trippstadt

Zusammenfassung

In Rheinland-Pfalz wurde für die Edelkastanie eine Herkunftsversuchsserie durch die vormalige Forstliche Versuchsanstalt (FVA), heute Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft (FAWF), angelegt, um Unterschiede hinsichtlich Wüchsigkeit, Vitalität und Erscheinungsform innerhalb ihres Verbreitungsgebiets herauszufinden. Insgesamt wurden 16 Herkünfte in den Versuch einbezogen. Es wurden je eine Versuchsfläche am Haardtrand, im südlichen Pfälzerwald sowie im Westricher Berg- und Hügelland angelegt.

Erhoben wurden Höhe, Durchmesser des höchsten Triebes, Anzahl der Triebe, Stammform, Astigkeit sowie vorhandener Rindenkrebsbefall. Nach der Forstvermehrungsgut-Zulassungsverordnung (FoVZV) konnte lediglich für die Herkünfte Landau Birkweiler und Oberkirch die Zulassung als Ausgangsbestand für „geprüftes Vermehrungsgut“ bei dem Gutachterausschuss für Geprüftes Vermehrungsgut beantragt werden.

Résumé

En Rhénanie-Palatinat, une série d'essais de provenance pour le châtaignier a été lancée à l'époque par la FVA (Centre d'essais forestiers), devenue depuis la FAWF (Centre de recherche en écologie forestière et en sylviculture). L'objectif était de définir les différences en matière de rythme de croissance, de vitalité et de forme du châtaignier à l'intérieur de son aire de répartition. Les essais ont porté sur 16 provenances différentes. Des parcelles d'essais ont été mises en place, l'une dans le Haardtrand, la seconde dans le sud du Pfälzerwald et la troisième dans la région collinaire et montagneuse du Westrich.

Les paramètres étudiés étaient la hauteur, le diamètre de la pousse la plus haute, le nombre de pousses, la forme de la tige, la présence de nœuds et l'atteinte par le chancre du châtaignier. En vertu du décret allemand sur l'homologation du matériel reproducteur forestier (FoVZV), seules les provenances Landau Birkweiler et Oberkirch ont pu faire l'objet d'une demande d'homologation en tant que peuplements producteurs de « semences contrôlées » auprès de la commission d'experts chargés de l'homologation des semences forestières.

Einleitung

Insgesamt spielt die Edelkastanie (*Castanea sativa*, Mill.) in den Wäldern von Rheinland-Pfalz nur eine untergeordnete Rolle (< 1% der Waldfläche), erlangt aber regional in den Weinbaugebieten der Mosel und der Pfalz wegen ihrer früheren Verwendung als Rebpfähle größere Bedeutung.

Trotz der nur regionalen Bedeutung besteht aber durchaus ein Interesse an Hinweisen, ob bzw. inwieweit bei der Edelkastanie Unterschiede hinsichtlich ihrer Wüchsigkeit, Vitalität und äußeren Erscheinungsform innerhalb ihres Vorkommensgebietes zu finden sind.

Um diese Unterschiede herauszufinden, ist in Rheinland-Pfalz eine Herkunftsversuchsserie durch die damalige Forstliche Versuchsanstalt (heute Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft (FAWF)) angelegt worden.

Dazu wurden im Herbst 1988 in 13 Beständen im Vorkommensgebiet von Rheinland-Pfalz unter mindestens 20 Bäumen durch die damalige staatliche Samenklänge Elmstein Kastanien gesammelt. Das Saatgut aus den beiden Beständen im Vorkommensgebiet von Baden- Württemberg, sowie das der Samenplantage in Niedersachsen wurde dem Versuchsansteller zugeschickt (TABEL, 2003).

Versuchsanlage

Im Frühjahr 1989 erfolgte die Aussaat der Sorten unter gleichen Bedingungen im Pflanzgarten des damaligen Forstamtes Elmstein-Süd.

Zwei Jahre darauf wurden in den damaligen Forstämtern Bad Dürkheim und Bad Bergzabern (heute Forstamt Annweiler) mit zweijährigen Sämlingen und im Forstamt Kusel im Herbst 1991 mit dreijährigen Sämlingen insgesamt drei Versuchsflächen angelegt. Der Pflanzverband betrug 2,0 m zwischen den Reihen und 0,7 m innerhalb der Reihen. Insgesamt kamen 5 x 14 = 70 Pflanzen je Parzelle auf die Flächen. Bei 4 Wiederholungen auf den Flächen Bad Dürkheim und Annweiler wurden 280 Pflanzen je Sorte gepflanzt; bei 3 Wiederholungen auf der Fläche Kusel waren es entsprechend 210 Pflanzen je Sorte.

Tabelle 1:

Liste der Herkünfte

Sorten-Nr.	Bezeichnung
1	Neustadt, Erlenberg
2	Neustadt, Ludwigsbrunnen
3	Neustadt, Klausenthal
4	Neustadt, Diedesfeld Winterseite
5	Bad Dürkheim, Bobenheim
6	Landau, Birkweiler
7	Bernkastel, Wintrich
8	Grohnde, Samenplantage (Nieders.)
9	Oberkirch (B-W)
10	Bad Dürkheim, Freinsheim
11	Annweiler Mischung (Sorte 15+16)
12	Hardenburg, Geiersbrunn
13	Gengenbach (B-W)
14	Hardenburg, Hinteres Giessthal
15	Annweiler, Waldbühl
16	Annweiler , Förlenberg

Die Fläche Bad Dürkheim beinhaltet 15 Prüfglieder, auf der Fläche Annweiler sind insgesamt 11 und auf der Fläche Kusel neun Prüfglieder vertreten. Die Sorten 1- 4 und 6, 7 9, 10 sind auf allen drei Versuchsflächen vorhanden und ermöglichen daher besonders gute Aussagen. Zwei Sorten (Nr., 11, 12) befinden sich auf jeweils 2 Flächen, während 6 Sorten (Nr. 5, 8, 23, 14, 15, 16) nur auf der Fläche Bad Dürkheim ausgepflanzt worden sind

Standorte der Versuchsflächen

Die Fläche im Forstamt Dürkheim, Revier Hardenburg befindet sich im gegenwärtigen Hauptverbreitungsgebiet der Edelkastanie am Haardtrand (Wuchsbezirk Haardt). Die Fläche im Forstamt Annweiler, Revier St.Germanshof liegt etwas westlich des Haardtrandes im Wuchsbezirk Südlicher Pfälzerwald (Wasgau) und die Fläche im Forstamt Kusel, Revier Altenglan im Wuchsbezirk Westricher Berg- und Hügelland (Abbildung 1). Die Standortsscharakterisierung ist der Abbildung 2 zu entnehmen.

Abbildung 1:
Lage der Herkunftsversuchsflächen in Rheinland-Pfalz



Tabelle 2:
Standörtliche Kurzübersicht

Forstamt	Höhe ü.NN	Mittlere Jahrestemp. (°C)	Jahresnieder- schlag (mm)	Geologie
Annweiler	390	8,0	850	Mittl. Buntsandstein, Karlstalschichten
Bad Dürkheim	300	8,5	600	Mittl. Buntsandstein, Rehbergschichten
Kusel	280	8,5	750	Unterrotliegendes, obere Kuseler Gruppe, Sand-Silt-Tonsteine

Aufnahmen

Die Aufnahmen erfolgten nach der ersten, dritten und fünften Vegetationsperiode nach der Anlage auf den Flächen Bad Dürkheim und Annweiler.

Auf der Fläche Kusel gab es in den ersten Jahren erhebliche Anwuchsprobleme (Eintritt von Weidevieh, dadurch Verbiss), was den Aufnahmerhythmus beeinträchtigte. Die Aufnahmen erfolgten dort nach der ersten, vierten und sechsten Vegetationsperiode.

Im Herbst 2001 wurde auf allen drei Flächen eine Vollaufnahme durchgeführt. Es wurden unter anderem die Mittelhöhen auf allen Flächen ermittelt (TABEL, 2003).

Eine letzte Aufnahme erfolgte Im Frühjahr 2009 auf allen drei Flächen als Stichprobenaufnahmen (jeweils Reihe 3 und 4 je Parzelle = 2 x 14 Pflanzen=28 Pflanzen von 70 Gesamtpflanzen; d.h. 40 % der Versuchspflanzen).

Es wurden erhoben:

- Höhe (bei mehrtriebigen Pflanzen der höchste Trieb)
- Durchmesser (des höchsten Triebes)
- Anzahl der Triebe (1= eintriebig/ 2= zweitriebig/ 3= dreitriebig/ 4 = mehr als 3 Triebe)
- Stammform (des höchsten Triebes) (1= zweischnürig/ 2 =einschnürig mit geringen Bögen/ 3 =unschnürig mit Bögen/ 4= knickrig und krumm)
- Ästigkeit (des höchsten Triebes) (1=feinästig/ 2=normal/ 3=grobästig)
- Rindenkrebs: Der Rindenkrebs wurde erstmals 2008 auf der Fläche in Annweiler bei der Randbepflanzung festgestellt. Bei den Herkunftten auf allen drei Versuchsflächen waren keine gesicherten Erkrankungen festzustellen.

Ergebnisse

Die 2001 erhobenen Daten wurden an der FAWF statistisch mittels des Statistikprogramms SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) ausgewertet und hinsichtlich Signifikanzen überprüft. Die 2009 ermittelten Daten wurden zusätzlich nochmals mit dem Programmpaket SAS (Statistical Analysis Systems) an der Nordwestdeutschen Forstlichen Versuchsanstalt (NW-FVA) -Abteilung Waldgenressourcen- verrechnet.

In Ermangelung eines ausgewiesenen Standards wurde gegen das jeweilige Flächenmittel als Vergleichsgröße geprüft.

Die Absicherung signifikanter Unterschiede erfolgte auf dem üblichen 5%-Niveau.

Die nachfolgenden Grafiken zeigen eine Gegenüberstellung der Mittelwerte der Einzelsorten auf den drei Flächen jeweils mit Angabe des Flächenmittelwertes sowie farblicher Markierung der statistischen Unter- und Überlegenheit nach t-Test (gelb= überlegen, rot= unterlegen). Die Balkendiagramme sind Wertemäßig aufsteigend sortiert. D.h. für die metrischen Maße BHD und Höhe eine aufsteigende Erhöhung der Werte, für die Boniturwerte (Stammform, Triebe, Ästigkeit) eine aufsteigende Verschlechterung der Qualität.

Mittelhöhe 2001

Vergleicht man die Mittelhöhen der drei Versuchsflächen miteinander, so liegt die Versuchsfläche in Annweiler, Revier St. Germanshof mit 605 cm an erste Stelle gefolgt von Bad Dürkheim 427cm. Abgeschlagen mit 224 cm liegt Kusel an dritter Stelle. Der Grund für die geringe Höhe in Kusel liegt an dem schon genannten Vieheintrieb und Verbiss. Der Unterschied zwischen den Flächen Annweiler und Bad Dürkheim ist dem schlechteren Standort in Bad Dürkheim geschuldet.

Betrachtet man die Ergebnisse der einzelnen Sorten in den drei Versuchsflächen, so ergibt sich eine signifikante Überlegenheit bei den Sorten 9 (Oberkirch) und 6 (Landau Birkweiler) auf allen drei Flächen (Abbildung 2-4). Von den anderen Sorten, die ebenfalls in jeder Versuchsfläche vertreten sind, kann nur doch die Sorte 7 (Bernkastel Wintrich) auf der Fläche in Kusel im Höhenwachstum statistisch abgesichert überzeugen (Abbildung 4).

Auf zwei der drei Flächen, auf denen die Sorte 3 (Neustadt Klausenthal) vertreten ist, zeigt sie signifikante Unterlegenheit beim Höhenwachstum (Abbildung 3 und 4). Statistische Unterlegenheit zeigt die Sorte 1 (Neustadt Erlenberg) auf einer der drei Flächen. Die Sorte 15 (Annweiler Waldbühl), die nur in der Versuchsserie in Bad Dürkheim vertreten ist, gehört dort zu den schwachwüchsigen (Abbildung 3).

Abbildung 2:
Mittelhöhen 2001 Annweiler

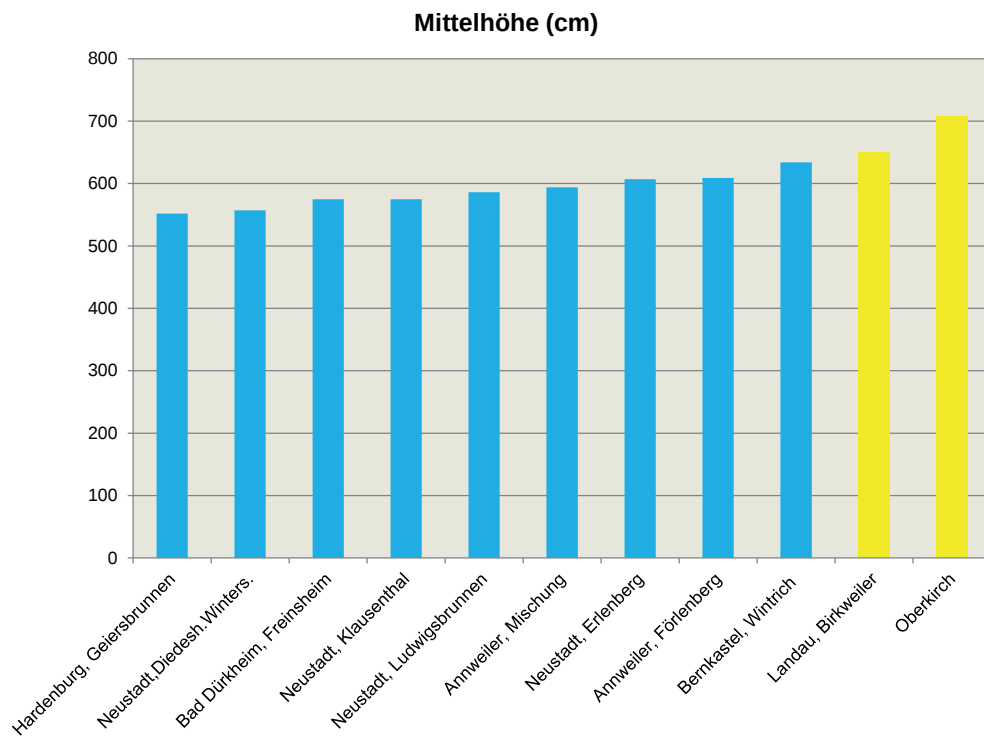


Abbildung 3:
Mittelhöhen 2001 Bad Dürkheim

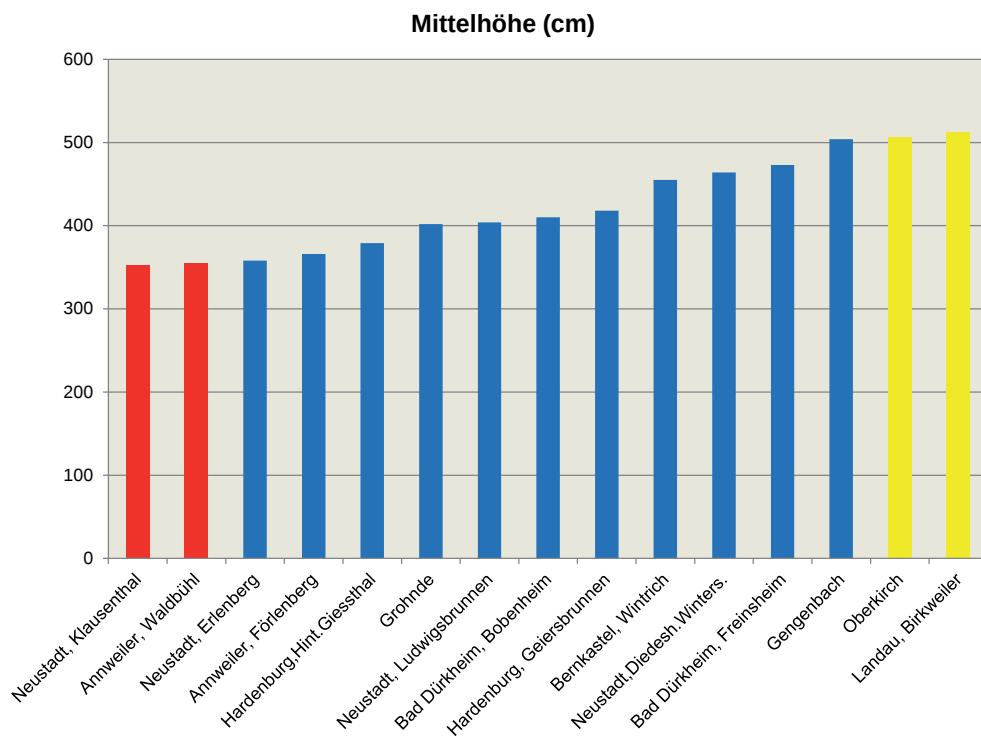
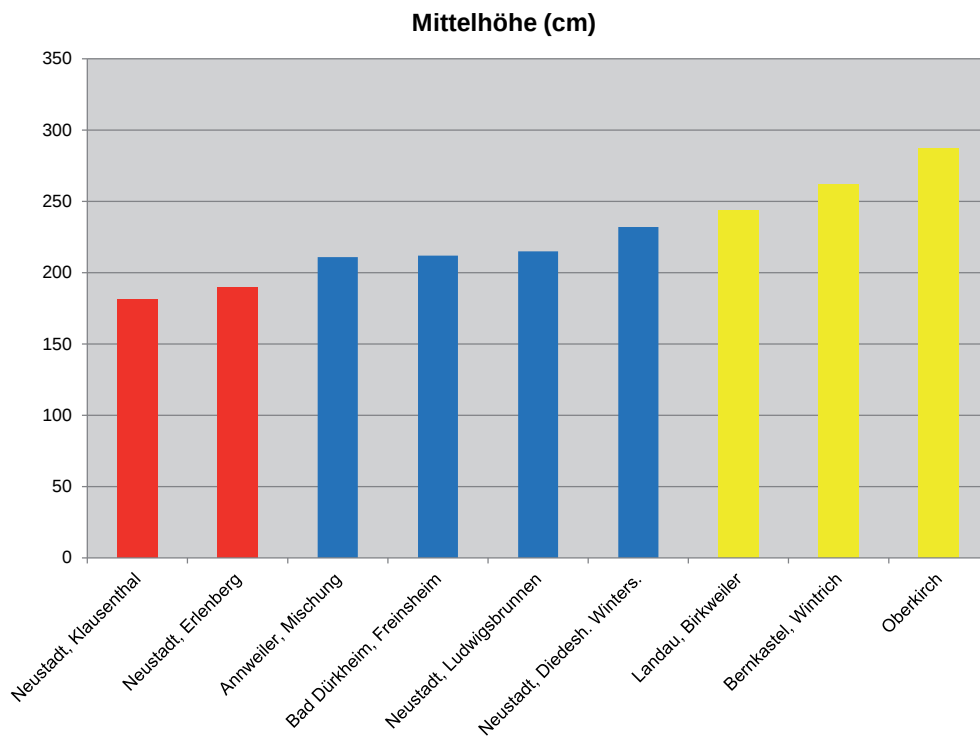


Abbildung 4:
Mittelhöhen 2001 Kusel



Mittelhöhe 2009

Bei dem Mittelhöhenvergleich der einzelnen Versuchsflächen zeigt sich, dass die Größenunterschiede nicht mehr so auffällig sind wie 2001. So liegen die Mittelwerte der Flächen in Annweiler (8,18m) und Bad Dürkheim (7,82m) dicht beieinander und auch die Fläche in Kusel konnte den Abstand von ehemals 381 cm auf die Fläche Annweiler auf 172 cm verkürzen.

Vergleicht man die einzelnen Sorten in den Flächen, so zeigen wiederum der beiden Sorten Landau Birkweiler und Oberkirch auf zwei der Versuchsflächen ihre statistische Überlegenheit und die Sorte Bernkastel Wintrich auf einer Fläche (Bad Dürkheim).

Auf der Bad Dürkheimer Fläche konnten die nur dort vertretenen Sorte 13 im Höhenwachstum mit den Sorten 6, 7 und 9 mithalten.

Unterlegen im Höhenwachstum auf allen drei Versuchsflächen ist die Sorte 1 und auf einer der Versuchsflächen die Sorten 3 und 10. (Abbildung 7)

Abbildung 5:
Mittelhöhen 2009 Standort Annweiler

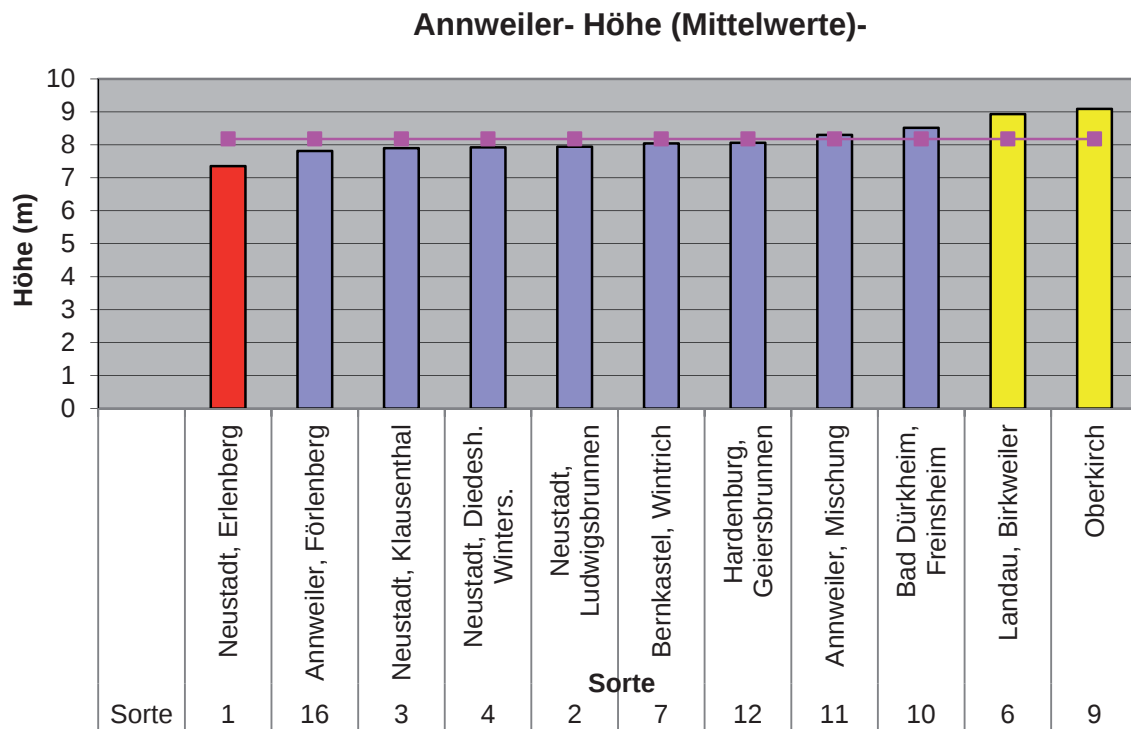


Abbildung 6:
Mittelhöhen 2009 Standort Bad Dürkheim

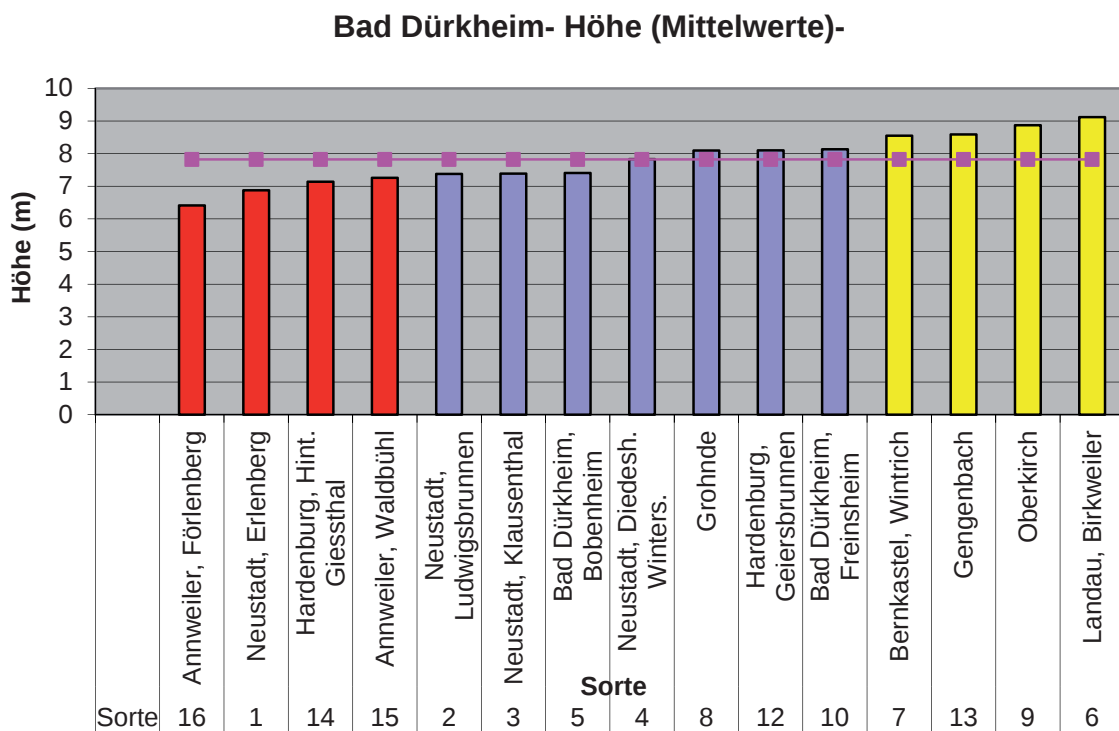
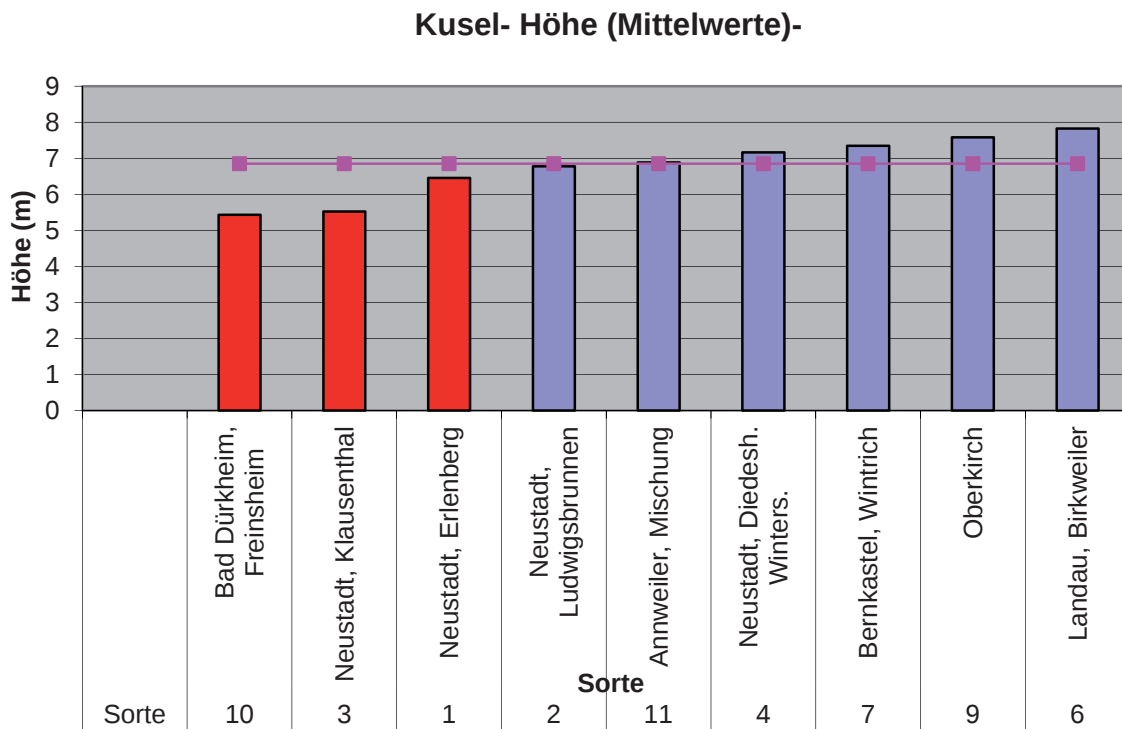


Abbildung 7:
Mittelhöhen 2009 Kusel



Die Auswertungen der Höhen aus den Jahren 2001 und 2009 zeigen die Stabilität der Sorten Oberkirch (9) und Landau Birkweiler (6) für diesen Parameter. Sie waren 2001 dreimal signifikant überlegen und 2009 zweimal. Auf der Fläche in Kusel gehören sie zu den beiden besten Sorten. Ein ähnliches Bild ergibt sich bei den unterlegenen Sorten. Die Sorten 1 und 3, die bereits in 2001 unterlegen sind, zeigen dies auch in 2009.

Brusthöhendurchmesser (BHD) 2009

Bei den Aufnahmen in 2001 wurde noch auf die Erhebung des BHD verzichtet.

Die Aufnahmen aus 2009 zeigen, dass anders als bei dem Höhenwachstum die Durchschnittswerte auf den drei Versuchsflächen dichter beieinanderliegen. Im Ranking liegt Bad Dürkheim (7,8cm) vor Annweiler (7,6 cm) und Kusel (7,4cm).

Die im Höhenwachstum auf zwei der Flächen überlegenen Sorten 6 (Landau Birkweiler) und 9 (Oberkirch) konnten diese Überlegenheit im Brusthöhendurchmesser nur jeweils auf einer Fläche nachweisen. Die Sorte 7 (Bernkastel Wintrich) ist ebenfalls nur auf einer Fläche signifikant überlegen (Abb. 9 und 10).

Von den anderen Sorten, die ebenfalls auf allen Versuchsflächen vertreten sind,

fallen die Sorten 1 (Neustadt-Erlenberg) auf zwei Flächen und die Sorten 10 (Bad Dürkheim Freinsheim) auf einer Fläche durch signifikante Unterlegenheit auf (Abb. 8 - 10).

Abbildung 8:
BHD-Mittelwert 2009

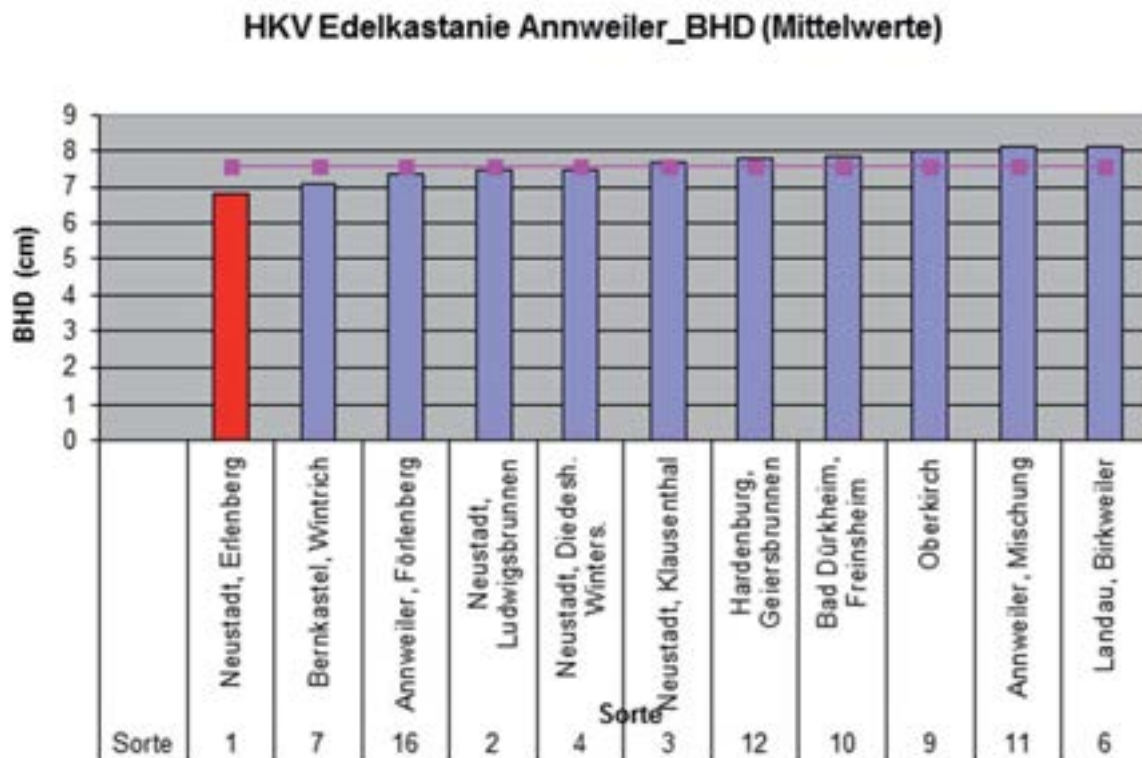


Abbildung 9:
BHD-Mittelwert 2009

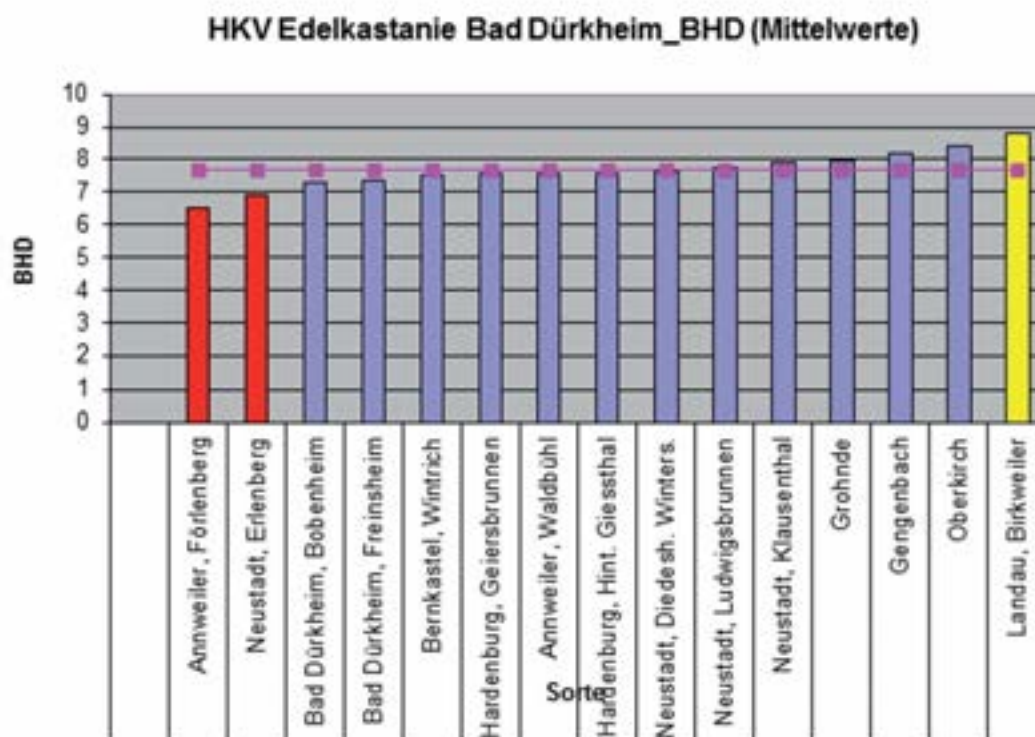
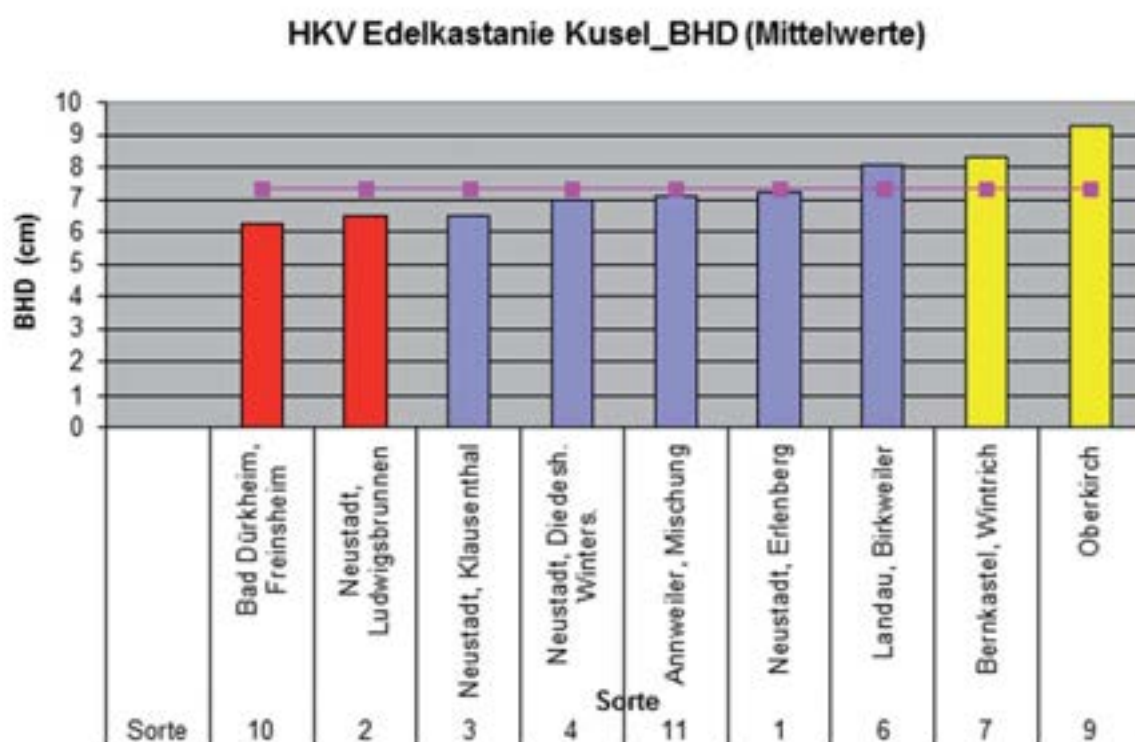


Abbildung 10:
BHD-Mittelwert 2009



Anzahl der Triebe 2009

Es ist ein vielfach beobachtetes Phänomen, dass Edelkastanien häufig mehrtriebiger heranwachsen. Diese Mehrtriebigerkeit kommt zum einen durch Zurücktrocknen nach der Pflanzung und anschließendem Wiederaustrieb oder durch Frostereignisse zustande. Ein Teil der Früchte kann auch zwei Embryonen beinhalten, wie ein Keimversuch der FAWF unter Gewächshausbedingungen gezeigt hatte. Rund 10% der im Gewächshaus in ein Torf-Sand-Gemisch ausgesäten Früchte brachten zweitriebige Pflanzen hervor. Die Mehrtriebigerkeit geht mit zunehmendem Alter und Bestandesschluss zurück (Tabel, 2003). Anders als bei den Parametern Höhe und BHD, ist die Fläche in Kusel bei dem Parameter Anzahl der

Triebe/Pflanze an erster Stelle. Mit durchschnittlich 1,27 Trieben /Pflanze hat sie deutlich weniger Triebe/Pflanze als die Flächen in Bad Dürkheim (1,68 Triebe/Pflanze) und Annweiler (1,83 Triebe/Pflanze)

Von den Sorten, die auf allen Flächen vertreten sind neigen die Sorten 9 (Oberkirch) auf zwei Flächen und die Sorten 6 (Landau Birkweiler) und 7 (Bernkastel Winterich) auf einer Fläche zu signifikant weniger Trieben (Abbildung 11 - 13).

Abbildung 11:
Bonitur der Anzahl der Triebe pro Pflanze auf der Versuchsfläche Annweiler

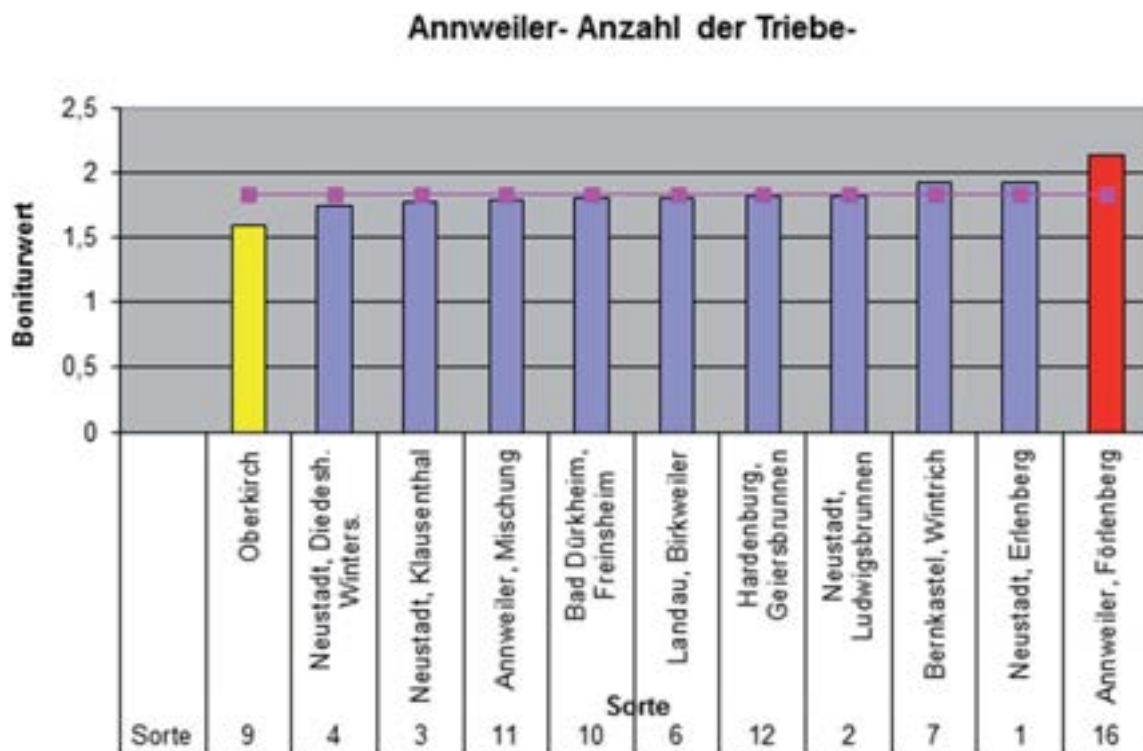


Abbildung 12:
Bonitur der Anzahl der Triebe pro Pflanze auf der Versuchsfläche Bad Dürkheim

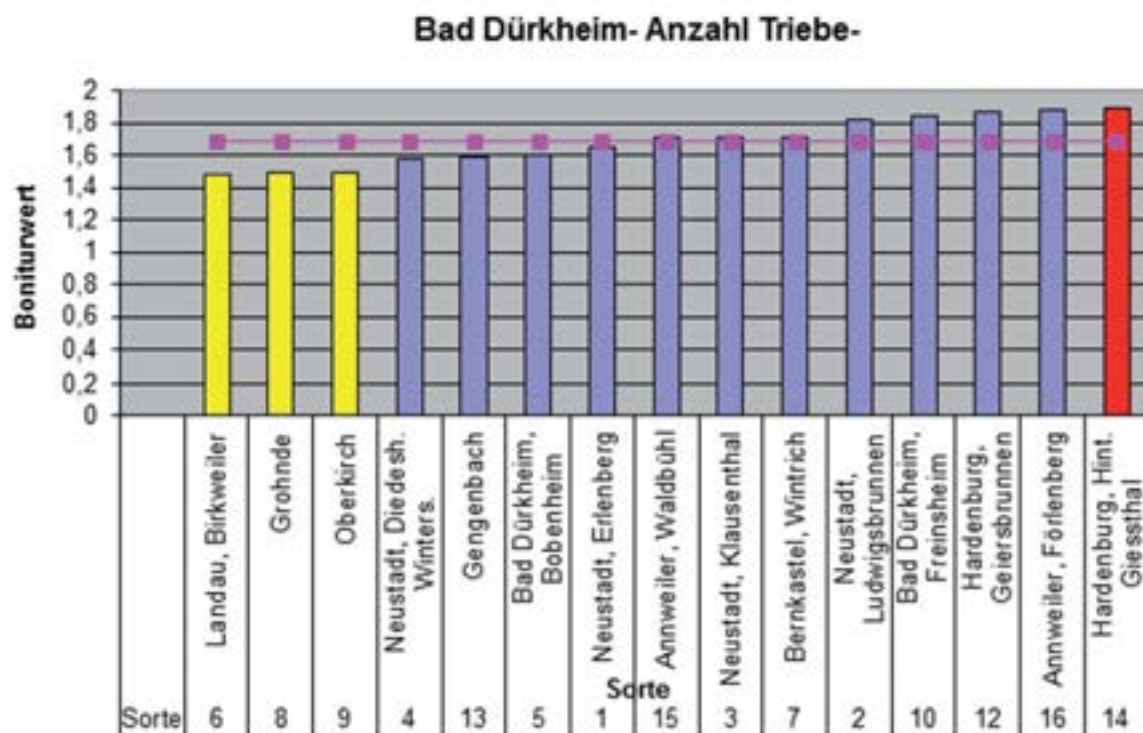
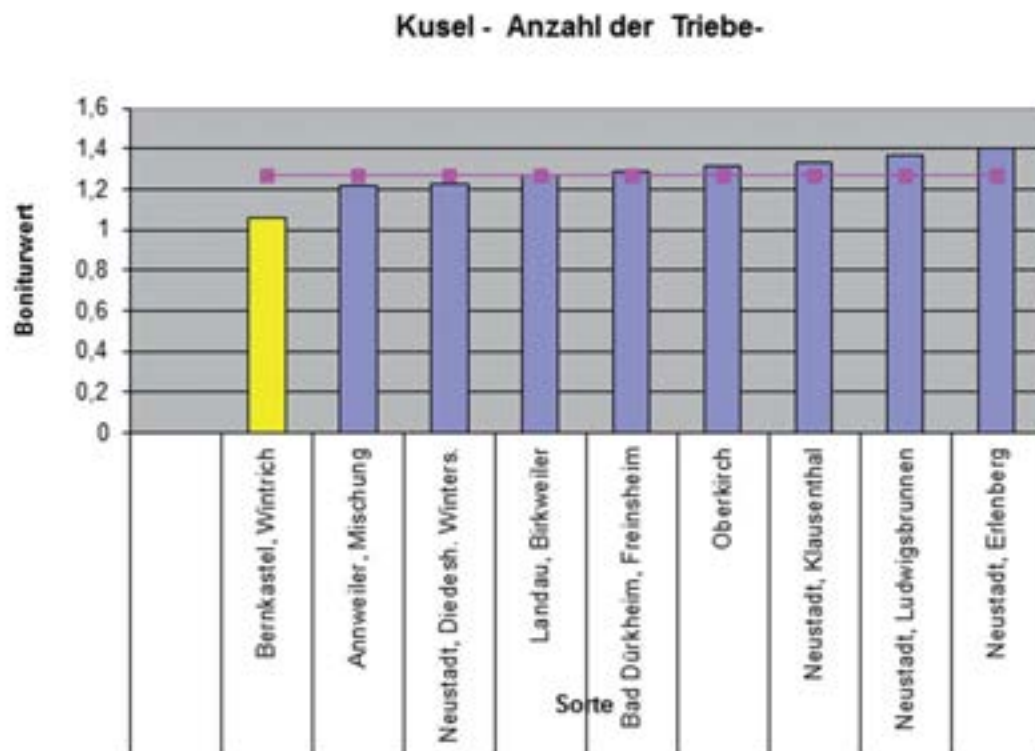


Abbildung 13:
Bonitur der Anzahl der Triebe pro Pflanze auf der Versuchsfläche Kusel



Stammform 2009

Für die Qualität und damit auch für den auf dem Markt zu erzielenden Preis ist die Stammform entscheidend.

Auf allen drei Flächen sind keine Sorten mit signifikant besseren Stammformen zu erkennen. Auch die Sorten Oberkirch und Landau Birkweiler, die bei Höhe und Durchmesser überzeugen können, sind nur Mittelmaß und in einem Fall ist die Sorte Oberkirch sogar am unteren Ende (Abb.14-16).

Die Sorten 13 (Gengenbach) und 14 (Hardenburg Hinteres Giessthal) haben auf der Fläche Bad Dürkheim signifikant schlechtere Stammformen.

Abbildung 14:
Bonitur der Stammform auf der Versuchsfläche Annweiler

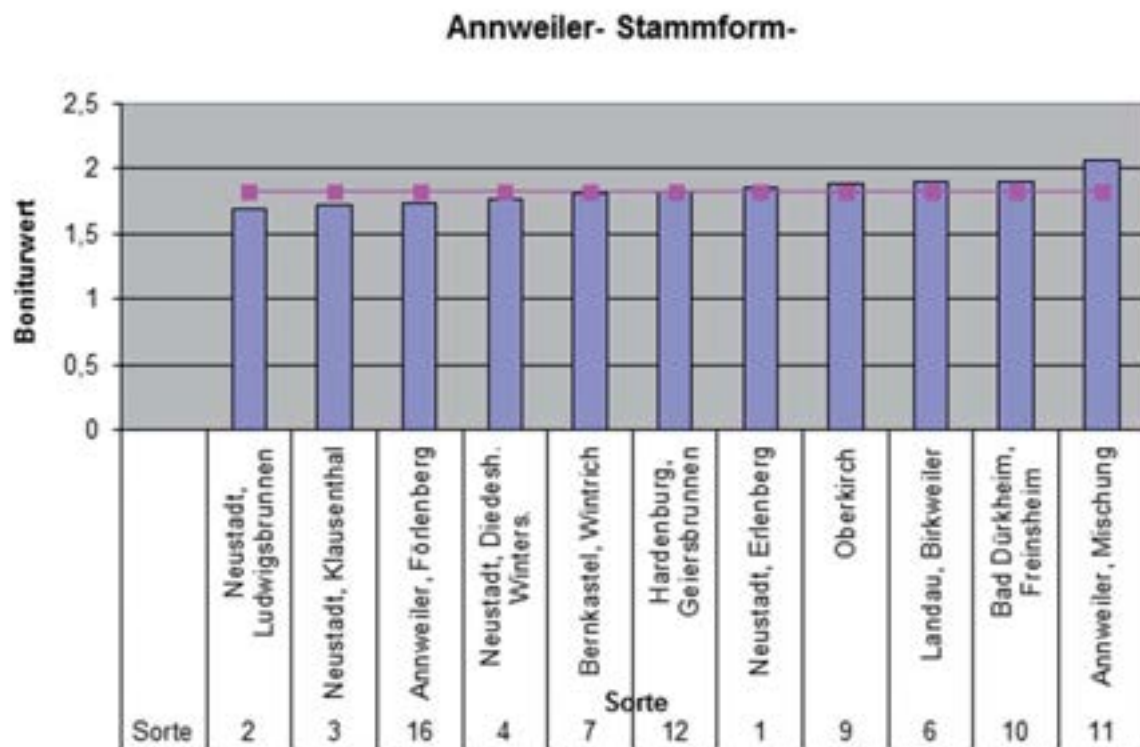


Abbildung 15:
Bonitur der Stammform auf der Versuchsfläche Bad Dürkheim

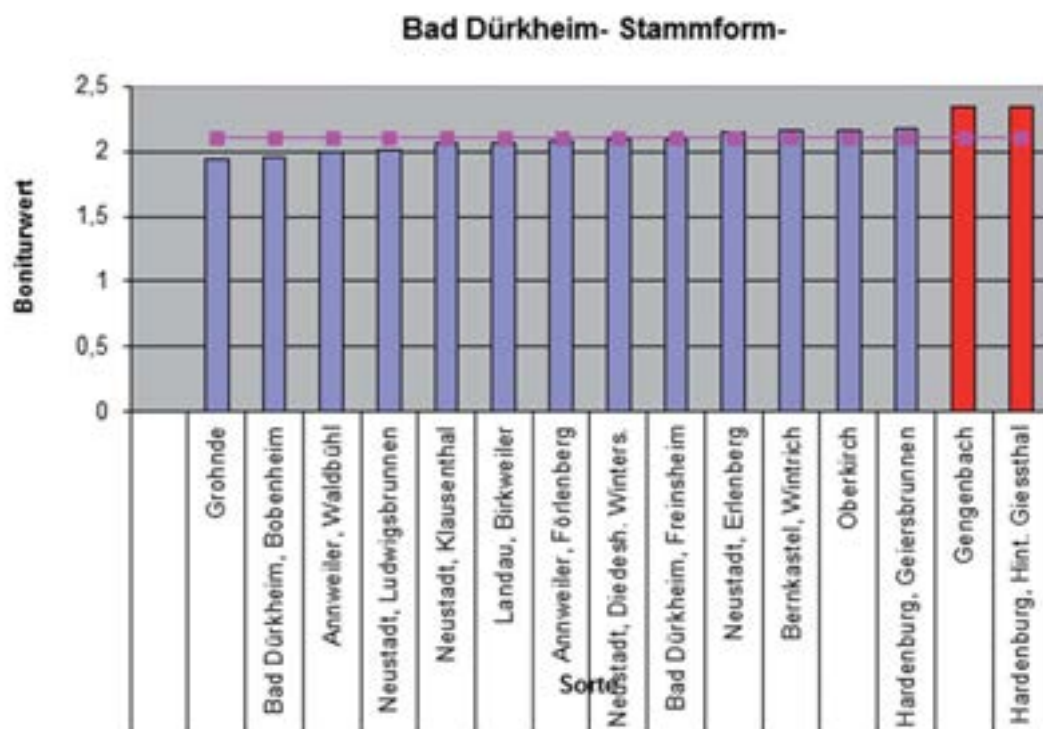
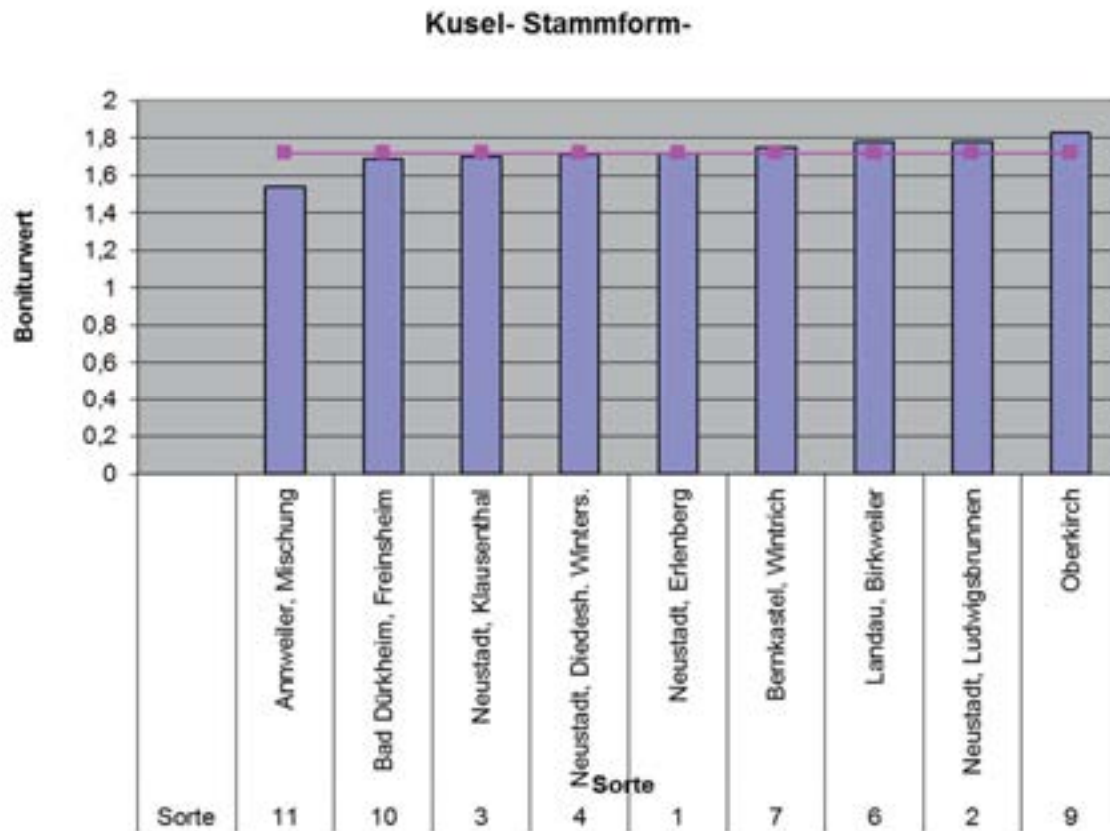


Abbildung 16:
Bonitur der Stammform auf der Versuchsfläche Kusel



Resümee

Von den Sorten, die auf allen drei Versuchsflächen vertreten sind, können 2009 die Sorten 6 (Landau Birkweiler) und 9 (Oberkirch) bei den Werten Höhe auf zwei der drei Versuchsflächen und beim BHD und Anzahl der Triebe auf einer der Flächen durch signifikante Überlegenheit überzeugen. Von den anderen Sorten ist es nur die Sorte 7 (Bernkastel Wintrich), die auf einer der drei Flächen bei Höhe, BHD und Anzahl der Triebe signifikant überlegen ist.

Signifikant unterlegen im Höhenwachstum auf allen Flächen und beim BHD auf einer Fläche ist die Sorte 1 (Neustadt Erlenberg).

Jeweils einmal signifikant bei Höhe und BHD ist die Sorte 10 (Bad Dürkheim Freinsheim).

Alle anderen Sorten sind unauffällig.

Abgesehen von den Ergebnissen der Sorten in den einzelnen Versuchsflächen ist ein Vergleich über die gesamte Serie von Interesse.

Diese Auswertung erfolgte mit dem SIDAK-Test und zeigte für die Sorten Landau Birkweiler und Ober-

kirch nur noch für die Höhe eine signifikante Überlegenheit.

Laut Forstvermehrungsgut– Zulassungsverordnung (FoVZV) muss das Prüfglied mindestens in einem wichtigen Merkmal signifikant überlegen und darf in keinem wichtigen Merkmal signifikant unterlegen sein.

Da diese Anforderungen für die Sorten Landau Birkweiler und Oberkirch zutreffen, konnte die Zulassung als Ausgangsbestand für „geprüftes Vermehrungsgut“ bei dem Gutachterausschuss für Geprüftes Vermehrungsgut beantragt werden. Zwischenzeitlich ist die Herkunft Landau Birkweiler als Ausgangsbestand für geprüftes Vermehrungsgut zugelassen worden. Die Herkunft Oberkirch konnte noch nicht zugelassen werden, da der Ausgangsbestand, aus dem das Material für den Herkunftsversuch stammt, nicht eindeutig zuzuordnen ist.

In Europa ist bis heute kein weiterer Bestand bekannt, der als Ausgangsmaterial für „geprüftes Vermehrungsgut“ zugelassen ist (BLE, 2014).

Weiteres Vorgehen

Wenige Jahre nach Anlage des europaweit ersten Edelkastanien-Herkunftsversuchs wurde die Edelkastanie in das neue Forstliche Vermehrungsgutgesetz (FoVG) von 2002 aufgenommen. Seitdem darf Saatgut der Edelkastanie nur noch in für die Beerntung zugelassenen Beständen geerntet werden. In der Forstvermehrungsgut-Herkunftsgebietsverordnung (FoVHgV) von 2003 sind 2 Herkunftsgebiete in Deutschland für die Edelkastanie ausgewiesen. Im Norden das kleinere Herkunftsgebiet 808 01 (norddeutsches Tiefland) und das größere Herkunftsgebiet 848 02 (übriges Bundesgebiet).

Insgesamt sind in Deutschland 49 Bestände mit einer Gesamtfläche von 98 ha zur Beerntung zugelassen. Das Gros der Bestände (17) mit einer Fläche von rund 61 ha befindet sich in Rheinland-Pfalz (Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung, BLE, Stand: 1.7.2013).

Seit Einführung des FoVG müssen auch für die Edelkastanie die Erntemengen in Deutschland erfasst werden.

Wie sehr das Interesse an der Edelkastanie stetig steigt, ist an dem Saatgutaufkommen dieser Baumart abzulesen (Abbildung 17).

Die Ernteergebnisse spiegeln aber nicht die tatsächlichen Erntemöglichkeiten wieder, da sehr große Mengen an Edelkastanien, auch in den zugelassenen

Beständen, von der Bevölkerung und Touristen für den Eigenbedarf gesammelt werden.

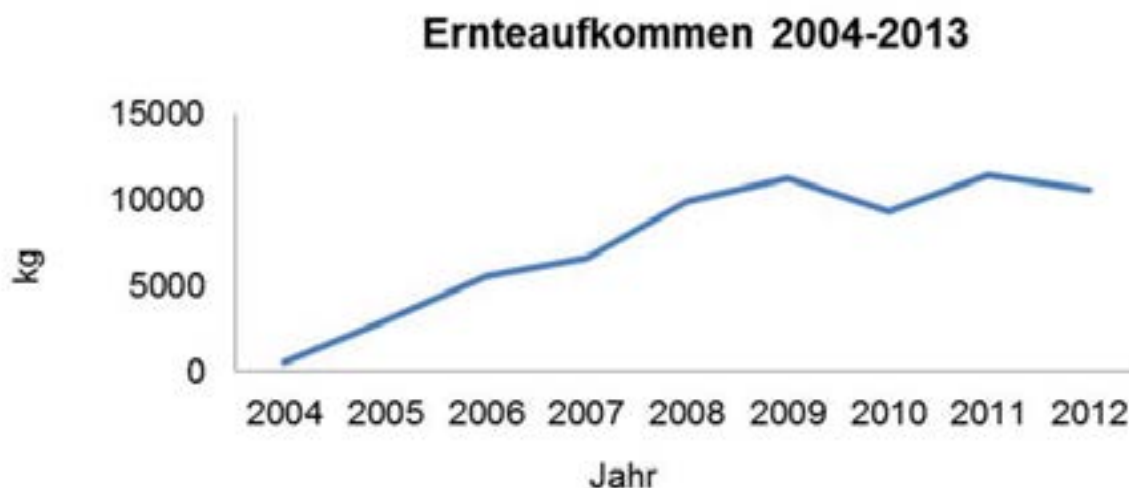
Gerade vor dem Hintergrund des Klimawandels wird die Edelkastanie als eine Baumart für trocken-warme Standorte zukünftig eine noch größere Bedeutung erlangen als bisher. Vorausgesetzt die biotischen Gefährdungen, wie Tintenkrankheit und Rindenkrebs nehmen nicht überhand.

Um den Bedarf an Edelkastanien-Saatgut künftig decken zu können, müssen in den Vorkommensgebieten in Rheinland-Pfalz und Baden-Württemberg weitere geeignete Edelkastanien-Bestände zur Beerntung zugelassen werden.

Mit der Herkunftsversuchsserie in Rheinland-Pfalz hat man drei geeignete Flächen, die langfristig zu Sämlings-Samenplantagen entwickelt werden können, indem nur die besten Individuen einer Herkunft auf der Fläche verbleiben.

Um noch höherwertiges Saatgut zu erzeugen hat die FAWF begonnen, von den besten Individuen in den Herkunftsversuchen Pfropfreiser zu werben, um damit Hochleistungs-Samenplantagen anzulegen.

Abbildung 17:
Ernteaufkommen Edelkastanie 2003 - 2013 (Quelle: BLE, 2014)



Literatur:

- ANONYMUS** (2002): Forstliches Vermehrungsgutgesetz (FoVG)
- ANONYMUS** (2002): Forstvermehrungsgutzulassungsverordnung (FoVZV)
- ANONYMUS** (2003): Forstvermehrungsgut-Herkunftsgebietsverordnung (FoVHgV)
- BUNDESANSTALT FÜR ERNÄHRUNG UND LANDWIRTSCHAFT (BLE)**: „Zusammenstellung über zugelassenes Ausgangsmaterial für forstliches Vermehrungsgut in der Bundesrepublik Deutschland (Stand: 01.07.2013)
- TABEL, U.**: „Edelkastanien-Herkunftsversuch (Serie 072, 073, 084)- Aufnahme nach 10 bzw. 11 Vegetationsperioden und Auswertung, 2003 (unveröffentlicht) -

ZU WACHSTUM UND WERTHOLZPRODUKTION DER EDELKASTANIE (*CASTANEA SATIVA* MILL.)

SEBASTIAN HEIN¹, ANDREAS EHRLING², ULRICH KOHNLE²

¹Hochschule für Forstwirtschaft Rottenburg, Rottenburg a. N.

²Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg, Freiburg

Zusammenfassung

Die vorliegende Arbeit untersucht die Möglichkeiten zur Wertholzproduktion mit der Edelkastanie [*Castanea sativa* Mill.] ausgehend von Messungen auf 42 temporären Edelkastanien-Versuchsflächen in Südwestdeutschland (Rheinland-Pfalz, Baden-Württemberg) und Frankreich (Elsass) sowie weiteren 6 permanenten Versuchsflächen der Forstlichen Versuchs- und Forstungsanstalt Baden-Württemberg (N = 409 Bäume). Eine Wertholzproduktion muss besonders den spezifischen Wachstumsgang der Edelkastanie berücksichtigen: Höhenwachstum und damit die Kronenreaktion lassen ab einem Alter von ca. 25 Jahren stark nach. Die Edelkastanie zeigt besonders in der Jugend (< 25 Jahre) eine sehr schnelle natürliche Astreinigung. Zur Wertholzproduktion ist deshalb in Reinbeständen im Regelfall keine Ästung notwendig, in Mischbeständen wird eine kombinierte Trocken- und Grünästung zum Zeitpunkt der Z-Baumauswahl empfohlen. Zieldurchmesser von 60 cm (Wertholz) oder bis 40 cm (schwächeres Stammholz, Palisadenholz) sind in relativ kurzen Produktionszeiten möglich, bedürfen jedoch früher und starker Durchforstungen: Das Durchmesserwachstum sinkt mit zunehmendem Baumalter rasch und kann selbst mit starken Freistellungen kaum gesteigert werden. Starke Durchforstungen sind auch zur Reduktion von Entwertungsrisiken durch den Kastanienrindenkrebs (*Cryphonectria parasitica*) und der Ringschäle notwendig. Ein dem Wachstumsgang der Edelkastanie angemessenes Waldbaukonzept zur Wertholzproduktion (Zieldurchmesser 60 cm) erfordert eine frühe Freistellung (Oberhöhe ca. 12 m) der Krone, um das standörtlich maximale Dickenwachstum zu erzielen. Mit 60–80 Z-Bäumen/ha lässt sich astfreies Wertholz in Produktionszeiten von ca. 60 Jahren erzielen.

Résumé

La présente étude porte sur les possibilités de production de bois de châtaignier de qualité (*Castanea sativa* Mill.), à partir de relevés pratiqués sur 42 placettes temporaires situées dans le sud-ouest de l'Allemagne (Rhénanie-Palatinat, Bade-Wurtemberg) et en France ainsi que sur 6 placettes permanentes du Centre de recherche forestière de Bade-Wurtemberg (N = 409 arbres). La production de bois de qualité doit tenir compte de la courbe de croissance spécifique du châtaignier : la croissance en hauteur et donc la réaction des houppiers diminuent en effet fortement à partir d'un âge de 25 ans environ. Dans sa jeunesse notamment (< 25 ans), le châtaignier présente un élagage naturel très rapide. Par conséquent, si l'on veut produire du bois de qualité, il n'est généralement pas nécessaire de procéder à un élagage dans les peuplements purs. Dans les peuplements mixtes, il est par contre recommandé de pratiquer une combinaison d'élagage de branches mortes et de branches vivantes au moment de la sélection des tiges d'avenir. Des diamètres d'exploitabilité de 60 cm (bois de qualité) ou inférieurs ou égaux à 40 cm (bois de tige de faible diamètre, bois à palissades) peuvent être atteints sur des cycles de production relativement courts, mais réclament des éclaircies précoces et importantes : L'accroissement du diamètre ralentit rapidement au fur et à mesure que l'arbre prend de l'âge et même un détourage important n'y changera pas grand-chose. Des éclaircies importantes sont également requises pour réduire les risques de perte de valeur liés au chancre du châtaignier (*Cryphonectria parasitica*) et à la roulure. Un schéma de conduite sylvicole adapté à la courbe de croissance du châtaignier en vue de produire du bois de qualité (diamètre d'exploitabilité de 60 cm) exige un détourage précoce des houppiers (à une hauteur dominante d'environ 12 m), afin d'obtenir la croissance en diamètre maximale pour la station concernée. Avec 60 à 80 arbres d'avenir

Einführung

Die Edelkastanie [*Castanea sativa* Mill.] ist eine der Baumarten mit mediterranem bis submediterranean temperiertem Verbreitungsgebiet auf dem westeuropäischen Kontinent, deren Verbreitung auch im standörtlichen Bereich der Alpennordseite erfolgreich gefördert wurde (ELLENBERG 1996). In mediterranen Ländern stellt sie eine Laubbaumart mit großer Bedeutung für die Forstwirtschaft und die historische Agroforstwirtschaft dar (CONEDERA *et al.* 2004): zur Gewinnung von Brennholz, Stangen (SEVRIN u. LEMAIRE 2004), zur Holzversorgung (79 % der Anbaufläche in Europa, CONEDERA *et al.* 2004), sowie zur lokalen Ernährung der Bevölkerung (19,2 % der europäischen Anbaufläche, CONEDERA *et al.* 2004). In Deutschland ist die Edelkastanie eine Mischbaumart mit enger räumlicher Verbreitung und zeigt nennenswerte Baumartenanteile nur in den Bundesländern Rheinland-Pfalz und Baden-Württemberg.

Gerade im Stockausschlag zeigt die Edelkastanie eindrucksvoll ihr enormes Wuchspotenzial (z.B. MANETTI u. AMORINI 2012) und ihr außerordentlich rasches Jugendwachstum (z.B. ROLLINSON u. EVANS 1987). Die Edelkastanie ist zusätzlich charakterisiert durch eine beachtliche flächenbezogene Volumen- bzw. Biomasseleistung gerade auf nährstoffärmeren Standorten (z.B. MENÉNDEZ-MIGUÉLEZ 2013, BÉDÉNEAU 1994). Allerdings ist die Baumart auch nennenswerten Produktionsrisiken ausgesetzt, von denen die beiden bedeutsamsten die Ringschäle (FONTI *et al.* 2002) und der Kastanienrindenkrebs (*Cryphonectria parasitica*) (PETERS *et al.* 2012) sind. Deren Einbindung in Pflegekonzepte der Wertholzproduktion stellt die waldbauliche Abwägung vor große Herausforderungen.

Zum Wachstum der Edelkastanie stehen vor allem Erfahrungen aus Frankreich zur Verfügung (z.B. SEVRIN u. LEMAIRE 2004). Für den deutschsprachigen Raum wurden bislang keine Ertragstabellen oder Wachstumsmodelle erarbeitet. Damit sind bislang keine wissenschaftlich fundierten und zugleich praxisnahen Handlungsalternativen zur einzelbaumweisen waldbaulichen Behandlung verfügbar.

Während es an allgemeinen qualitativen Richtlinien zur Wachstumssteuerung von Einzelbäumen nicht mangelt (z.B. WILHELM u. RIEGER 2013, LFV-BW 1999), stehen speziell für den Waldbau mit der Edelkastanie, insb. für die Pflege von Z-Bäumen kaum quantitative Entscheidungshilfen zur Verfügung. Lediglich SEVRIN u. LEMAIRE (2004) stellen wachstumskundliche Grundlagen, Produktionsziele sowie Steuerungskonzepte für die Wachstumsbedingungen des Naturraums Frankreich vor. In Arbeiten zu dieser Baumart aus Südeuropa stehen jedoch zumeist sehr

kurze Umtriebszeiten (20-25 Jahre) mit dem Ziel der Biomasseproduktion für die thermische Verwertung im Vordergrund (z.B. MENÉNDEZ-MIGUÉLEZ *et al.* 2013, CUTINI 2001, LEONARDI *et al.* 1996). Quantifizierte Grundlagen sollten zumindest Aussagen über mögliche Produktionszeiten, erreichbare Zieldurchmesser, Anzahl von Z-Bäumen sowie die erreichbaren Qualitäten wie beispielsweise über die Astreinigung erlauben.

Um für die Edelkastanie solche Grundlagen zur Verfügung zu stellen, wurde zwischen 2010 und 2012 an der Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft (FAWF) Rheinland-Pfalz ein INTERREG-Projekt zur Edelkastanie bearbeitet, bei dem die waldwachstumskundlichen Grundlagen zur Wertholzproduktion von der Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg (FVA) in Zusammenarbeit mit der Hochschule für Forstwirtschaft Rottenburg (HFR) übernommen wurden. Die Untersuchungen erfolgten in enger Zusammenarbeit mit den Projektpartnern der Landesforsten Rheinland-Pfalz, der Stadt Edenkoben, dem Amt für Waldwirtschaft des Ortenaukreises, der Stadt Renchen, der Stadt Oberkirch, dem Centre Regional de la Propriété Forestière de Lorraine Alsace (C.R.P.F.) und dem Office National des Forêts (ONF). Mit diesem Projekt sollten die Zusammenhänge zwischen Baumdimension, Produktionszeit und Qualitätszielen quantifiziert werden, um daraus Entscheidungshilfen für die Wachstumssteuerung der Edelkastanie abzuleiten.

Material und Methoden

Entsprechend dem Wuchsreihenprinzip wurden in Baden-Württemberg, Rheinland-Pfalz und im Elsass/Frankreich in Beständen unterschiedlichen Entwicklungsstadiums auf temporären Untersuchungsfeldern Einzelbäume und Gruppen mit bis zu 10 Edelkastanien ($\bar{x}=9,7$) der Kraft'schen Klassen 1 bis 3 einschließlich ihrer Nachbarschaftsverhältnisse erfasst.

Das gesamte Datenmaterial entstammte zwei Quellen: Der Großteil der Untersuchungsfelder (insg. 42 Felder) wurde in Vorbereitung der Messkampagne auf der Basis einer Umfrage der Projektbeteiligten in Rheinland-Pfalz (20 Felder), im Elsass (11 Felder) und Baden-Württemberg (11 Felder), ausgewählt (Datenquelle A). Die standörtlichen Informationen zu den ausgewählten Flächen wurden, soweit vorhanden, den lokalen Standortskarten entnommen. Die temporären Messfelder verteilen sich unregelmäßig in den drei Regionen, sie befinden

sich meist auf dem Bodentyp Braunerde und decken bezüglich der Höhenlage einen Rahmen von 180–520 m ü.NN ab (Tabelle 1). Die für die jeweiligen Wuchsbezirke regionaltypischen Jahresdurchschnittstemperaturen weisen eine Spanne von 8,4–10,2°C auf (Vegetationszeit: 15,0–17,1°C), die jährlichen Niederschlagssummen (nach HIJMANs *et al.* 2005) reichen von 702–916 mm (Vegetationszeit 341–435 mm). Aus dieser Messkampagne (Datenquelle A) liegen Messungen zu 409 Bäumen vor (Tabelle 2). Die überwiegende Mehrheit entfällt davon auf deutsche Felder (300 Bäume, 31 Felder); von den 11 französischen Feldern liegen für 100 Edelkastanien Messungen vor.

Darüber hinaus lagen aus Versuchsflächenaufzeichnungen der FVA-BW auch Messdaten acht alter sowie zwei neuer Edelkastanienversuchsfelder (entspricht vier alter und zwei neuer Versuchsflächen) der FVA vor, die für die hier dargestellten Auswertungen mit herangezogen werden konnten. Es handelte sich dabei um Messungen der Jahre 1935–1948 sowie 2009–2012, aus denen insg. 14 Wertepaare zur Höhe der 100 dicksten Bäume des verbleibenden Bestandes (Oberhöhe) und Bestandesalter zur Berechnung des Höhenbonitätsfächers zur Verfügung gestellt wurden (Datenquelle B). Auch die Kennwerte dieser aus dem Versuchsflächenfundus der FVA-BW

entnommenen Flächen fügen sich gut in die zuvor genannten standörtlichen Rahmenwerte (Tabelle 1). Zudem ist festzuhalten, dass die Messungen ausschließlich aus im Waldverband wachsenden Edelkastanien stammten. Edelkastanien aus der Feldflur, solitär oder solitärartig erwachsene Bäume sind im Datenmaterial nicht vertreten. Der überwiegende Teil der Bäume (87,8 %) aus Datenquelle A stammt aus Stockausschlägen, es ist nicht bekannt aus welchem Ursprung die Bäume aus Datenquelle B stammen.

Tabelle 1:

Standörtliche Charakterisierung der Untersuchungsfläche, abgeleitet aus der WorldClim-Datenbank (HIJMANS et al. 2005)

Nr.	Waldbesitzer (Kreis)	Höhe (ü.NN)	Temperatur (°C)		Niederschlag (mm))		Bodentyp
			Jahr	Veg.zeit (V-IX.)	Jahr	Veg.zeit (V-IX.)	
Untersuchungsgebiet Pfälzer Wald (Rheinland-Pfalz)							
101	Stadt Edenkoben (südliche Weinstraße)	280 m	9,1	15,7	723	344	Braunerde
102	Stadt Edenkoben (südliche Weinstraße)	280 m	9,1	15,7	723	344	Braunerde
103	Stadt Edenkoben (südliche Weinstraße)	310 m	9,1	15,7	723	344	Braunerde
104	Stadt Edenkoben (südliche Weinstraße)	330 m	9,1	15,7	723	344	Braunerde
105	Stadt Edenkoben (südliche Weinstraße)	300 m	8,4	15,0	789	368	Braunerde
106	Stadt Edenkoben (südliche Weinstraße)	320 m	8,7	15,4	752	354	Braunerde
107	Stadt Edenkoben (südliche Weinstraße)	320 m	8,7	15,4	752	354	Braunerde
108	Stadt Edenkoben (südliche Weinstraße)	340 m	8,7	15,4	752	354	Braunerde
109	Stadt Edenkoben (südliche Weinstraße)	340 m	9,0	15,6	731	347	Braunerde
110	Stadt Edenkoben (südliche Weinstraße)	340 m	9,0	15,6	731	347	Braunerde
111	Stadt Edenkoben (südliche Weinstraße)	340 m	9,0	15,6	731	347	Braunerde
112	Stadt Edenkoben (südliche Weinstraße)	340 m	9,0	15,6	731	347	Braunerde
113	Stadt Edenkoben (südliche Weinstraße)	340 m	9,0	15,6	731	347	Braunerde
114	Stadt Edenkoben (südliche Weinstraße)	340 m	9,0	15,6	731	347	Braunerde
115	Stadt Edenkoben (südliche Weinstraße)	380 m	8,6	15,2	773	362	Braunerde
116	Stadt Edenkoben (südliche Weinstraße)	320 m	9,1	15,7	723	344	Braunerde
117	Gde. Edesheim (südliche Weinstraße)	270 m	9,3	15,9	712	341	Braunerde
118	Gde. Edesheim (südliche Weinstraße)	290 m	8,5	15,1	787	368	Braunerde
119	Gde. Edesheim (südliche Weinstraße)	300 m	8,5	15,1	787	368	Braunerde
120	Gde. Edesheim (südliche Weinstraße)	300 m	9,0	15,6	733	348	Braunerde
Untersuchungsgebiet Elsaß (Frankreich)							
201	Gde. Rodern (Haut-Rhin)	300 m	9,3	16,0	702	365	nicht verfügbar
202	Gde. Rodern (Haut-Rhin)	370 m	9,2	15,8	728	374	nicht verfügbar
203	Gde. Rodern (Haut-Rhin)	420 m	8,9	15,5	767	385	nicht verfügbar
204	Gde. Rodern (Haut-Rhin)	430 m	8,9	15,5	767	385	nicht verfügbar
205	Gde. Rodern (Haut-Rhin)	430 m	8,9	15,5	767	385	nicht verfügbar
206	Gde. Rodern (Haut-Rhin)	460 m	8,9	15,5	767	385	nicht verfügbar
207	Gde. Rodern (Haut-Rhin)	470 m	8,9	15,5	764	385	nicht verfügbar
208	Gde. St. Hippolyte (Haut-Rhin)	410 m	9,2	15,8	723	372	nicht verfügbar
209	Privat bei Riquewihr (Haut-Rhin)	390 m	9,1	15,6	744	378	nicht verfügbar
210	Privat bei Jungholtz (Haut-Rhin)	410 m	9,6	16,2	727	368	nicht verfügbar
211	Privat bei Jungholtz (Haut-Rhin)	400 m	9,6	16,2	727	368	nicht verfügbar
Untersuchungsgebiet Ortenau (Baden-Württemberg)							
301	Stadt Oberkirch (Ortenaukreis)	240 m	10,0	16,8	752	381	Braunerde
302	Stadt Oberkirch (Ortenaukreis)	200 m	10,1	16,9	746	380	Braunerde
303	Stadt Oberkirch (Ortenaukreis)	180 m	10,2	17,1	728	373	Braunerde
304	Stadt Renchen (Ortenaukreis)	260 m	9,6	16,4	794	395	Braunerde
305	Gde. Sasbachwalden (Ortenaukreis)	300 m	9,7	16,5	776	387	Braunerde, z.T. podsolig
306	Gde. Sasbachwalden (Ortenaukreis)	300 m	9,7	16,5	776	387	Braunerde, z.T. podsolig
307	Gde. Lauf (Ortenaukreis)	520 m	9,2	15,9	836	408	podsolige Braunerde
308	Stadt Achern(Ortenaukreis)	190 m	9,8	16,6	763	382	Braunerde
309	Stadt Achern(Ortenaukreis)	200 m	9,8	16,6	763	382	Parabraunerde
310	Gde. Kappelrodeck (Ortenaukreis)	290 m	9,7	16,5	776	387	podsolige Braunerde
311	Gde. Lauf (Ortenaukreis)	500 m	8,4	15,1	916	435	Braunerde

Edelkastanie-Versuchsflächen (Baden-Württemberg)							
EKa 1	Stadt Renchen (Ortenaukreis)	240 m	9,7	16,5	777	390	Braunerde
EKa 2	Stadt Oberkirch (Ortenaukreis)	250 m	10,0	16,8	752	381	Braunerde
EKa 3	Stadt Achern (Ortenaukreis)	300 m	9,7	16,5	776	387	Braunerde, z.T. podsolig
EKa 4	Stadt Renchen (Ortenaukreis)	280 m	9,8	16,6	763	382	Braunerde
EKa 13	Stadt Heidelberg (Heidelberg)	420 m	8,7	15,5	802	384	Braunerde
EKa 14	Stadt Heidelberg (Heidelberg)	420 m	8,7	15,5	802	384	Braunerde

Bei allen Bäumen der Datenquelle A wurden der Durchmesser in Brusthöhe (1,30 m; *BHD*) und die Baumhöhe gemessen sowie das Alter bestimmt. Für die Altersbestimmung wurde bei den gefälltten Probestäumen pro temporärem Untersuchungsfeld das Alter durch Auszählung der Jahrringe am Stock ermittelt. Insgesamt zeigte sich, dass die gemessenen Edelkastanien eine weite Spanne an Baumdimensionen und Wachstumsgeschwindigkeiten abdeckten (Datenquelle A, Tabelle 2).

An den in der Datenquelle A enthaltenen Edelkastanien erfolgten zusätzlich Kronenablotungen an 8 Kronenrandpunkten, aus denen sich Kronenschirmfläche und Kronenbreite ableiten ließen (RÖHLE u. HUBER 1985). Aus dieser Datenquelle standen noch weitere quantifizierte Baumeigenschaften zur Verfügung: Kronenansatz (definiert als Ansatzhöhe des untersten grünen Primärastes) und unterster Totast (Ansatzhöhe des untersten toten, vom Boden aus sichtbaren Primärastes). Aus der Höhe des untersten

Totastes wurde die astfreie Schaftlänge abgeleitet; war kein Totast unterhalb des Kronenansatzes sichtbar, wurde für die Berechnung der astfreien Schaftlänge die Kronenansatzhöhe verwendet.

Für die temporäre Untersuchungsfelder ließ sich bei Edelkastanien aus der Datenquelle (A) sowie für die Oberhöhen der Versuchsfeldbestände (Datenquelle B) auf der Basis von Stammanalysen die Höhenentwicklung der Bäume rekonstruieren: auf temporären Untersuchungsflächen waren bis zu 2 ($\bar{x} = 1,95$) der stärksten Edelkastanien zur Feststellung des Baumalters und zur Erfassung der jährlichen Radialzuwächse gefällt worden (insgesamt 82 Edelkastanien). Zur exakten Altersbestimmung wurden die Jahrringe in 0,30 cm Höhe am Schaft ausgezählt. Aus der Stammanalyse lagen damit je Baum bis zu 10 ($\bar{x} = 6,9$) Wertepaare zu Alter und Baumhöhe vor. Zusätzlich wurden bei den gefälltten Probestäumen die jährlichen Radialzuwächse auf Stammscheiben aus Brusthöhe vermessen (Digitalpositiometer nach JOHANN).

Tabelle 2:

Erläuterung der verwendeten Abkürzungen und waldwachstumskundliche Kennwerte des neu erhobenen Datenmaterials (Baum, Datenquelle A, N=409)

Kenngröße	Mittelwert ()	Min.	Max
<i>ALT</i> , Baumalter [J]	38,3	5	131
<i>BHD</i> , Brusthöhendurchmesser [cm]	22,8	3,2	85,5
<i>HOE</i> , Baumhöhe [m]	19,6	5,4	32,0
<i>HD</i> , <i>HD</i> -Wert [-]	93,9	37,4	131,0
<i>IR</i> , Radialzuwachs aus Stammscheibenvermessung [mm/J]	3,5	0,1	1,1
<i>KRA</i> , Kronenansatzhöhe [m], vom Boden ausgehend	11,0	0,8	21,2
<i>KRB</i> , Kronenbreite [m]	4,1	0,9	11,0
<i>RELKRL</i> , relative Kronenlänge, $(HOE-KRA)/HOE * 100$ [%]	44,9	12,0	89,0
<i>TOTZ</i> , Totastzone, $(KRA-TOT)/KRA * 100$ [%], wobei: <i>TOT</i> = Höhe des ersten Totastes [m], vom Boden ausgehend.	52,2	0,0	98,8

Datenauswertung

Beim Aufbau des statistischen Modells zur metrisch skalierten abhängigen Variablen (Baumhöhe, Höhe des Kronenansatzes, Kronenbreite) wurde die geklumpnte Datenstruktur berücksichtigt (abhängige Beobachtungen: Bäume geschachtelt in Untersuchungsfeldern, sog. gemischte Modelle mit fixen und zufälligen Effekten). Die gemischten Modelle enthielten als zufälligen Effekt das Untersuchungsfeld (Index_p), die unterste Ebene stellt dabei die Beobachtung am Einzelbaum (Index_{pt}) dar. Im Folgenden werden nur die Schätzer der gemischten Effekte dargestellt.

Die Modelle sollten in der Lage sein, die Auswirkungen unterschiedlicher Wachstumssteuerungen abzubilden. Aus der Kombination der unabhängigen Baumeigenschaften *BHD* und Baumalter ließ sich der durchschnittliche Radialzuwachs berechnen. Er stellt ein einfaches Maß zur Charakterisierung der durchschnittlichen Konkurrenzverhältnisse dar, denen ein Einzelbaum im Lauf seiner Entwicklung ausgesetzt war. Beispielsweise weist ein Baum mit einem *BHD* von 40 cm und einem Alter von 38 Jahren einen durchschnittlichen Radialzuwachs von 5,3 mm/Jahr auf.

Den Anteil der durch das jeweilige Modell erklärten Varianz ($\text{pseudo-}r^2$) wurde berechnet als quadrierte Korrelation zwischen den beobachteten und den durch das Modell vorhergesagten Werten ohne Berücksichtigung zufälliger Effekte (ZHENG u. AGRESTI 2000):

$$r^2 = (\text{cor}(Y, \hat{Y}))^2$$

wobei Y den beobachteten Wert und $\hat{Y}$ den vorhergesagten Wert darstellt. Es wurden nur Modelle ausgewählt, deren Effekte eine Mindestsignifikanz von $\alpha < 0,05$ aufwiesen. Alle statistischen Arbeiten wurden mit SAS 9.2 durchgeführt.

Ergebnisse

Höhenwachstum

Das Höhenwachstum (*HOE*) wurde mit der GOMPERTZ-Funktion modelliert (Tabelle 3):

$$HOE_{pt} = \frac{(a_0 + k)}{e^{a_1 * e^{a_2 * 60} - e^{a_2 * ALT}}}$$

Es gilt: $k = 7,75 - \Delta * \text{relBon}$ sowie Δ = frei wählbarer Bonitätsunterschied in Meter zwischen zwei absoluten Bonitäten (hier: $\Delta = 3$ m). Bei einer relativen Bonität von 0 ergibt sich somit im Alter (*ALT*) von 60 Jahren eine Oberhöhe von 33 m ($\text{relBon} = 1$ ergibt eine Oberhöhe von 30 m im Alter von 60 Jahren, etc.). Der aus dem Datenmaterial ableitbare Bonitätsfächer deckte einen Oberhöhenrahmen von 15 bis 33 m im Alter von 60 Jahren ab (Abbildung 1). Die Jugendphase mit raschem Höhenwachstum endete dabei relativ früh: der Höhenzuwachs kulminierte im Alter von 9 Jahren mit 51 cm/Jahr bei der schlechtesten Bonität und 1,11 m/Jahr bei der besten. Je nach Bonität wurden bereits ab einem Alter von 20 bis 30 Jahren keine jährlichen Höhenzuwächse von > 35 cm auf der schlechtesten und > 80 cm auf der besten Bonität mehr erreicht. Ab einem Alter von 49 bis 56 Jahren lag der jährliche Höhenzuwachs je nach Bonität unter 5 cm/Jahr. Damit zeigte das Höhenwachstum bereits frühzeitig einen sehr flachen Verlauf.

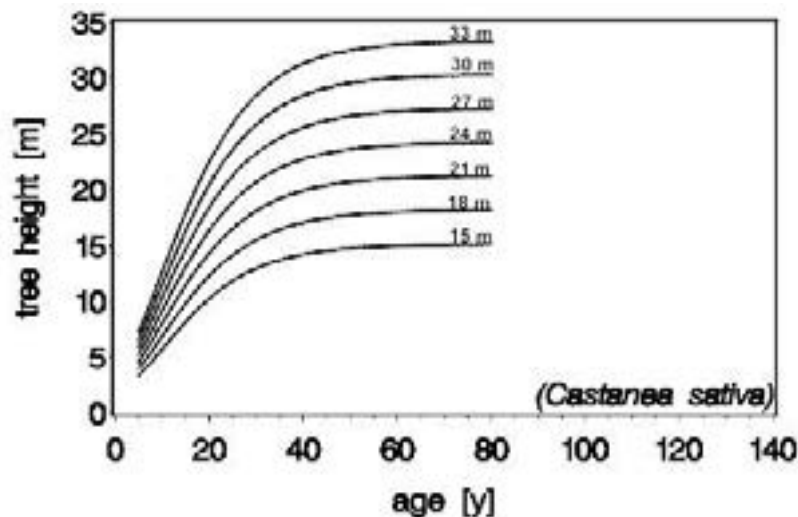
Tabelle 3:

Parameterschätzer des Höhenwachstumsmodells (Baum, $N_{\text{gefällt}} = 82$; $N_{\text{stehend}} = 327$; Versuchsfelder $\text{FVA-BW} = 6$), $\text{pseudo-}r^2 = 94,3\%$, hier ohne Darstellung der zufälligen Effekte.

Parameter	Schätzer	S_x	t-Wert	p > t
a0	25,2509	0,4558	55,40	<,0001
a1	-2,4063	0,0965	-24,94	<,0001
a2	-0,0908	0,0035	-25,67	<,0001

Abbildung 1:

Bonitätsfächer der Edelkastanie für die Höhenbonitäten 33 m, 30 m, 27 m... 15 m (jeweils im Alter 60 J).



Natürliche Astreinigung

Die Höhe des Kronenansatzes (*KRA*) wurde dargestellt als Funktion der Kombination aus Baumhöhe, *BHD* und Baumalter (Tabelle 4):

$$KRA_{pt} = \exp(b_0 + b_1 HOE_{pt} + b_2 BHD_{pt} + ALT_{pt})$$

Mit zunehmender Baumhöhe steigt die Kronenansatzhöhe, sie sinkt mit steigendem *BHD*. Ältere Edelkastanien zeigen bei gleicher Baumhöhe und *BHD* eine etwas höhere Kronenansatzhöhe als jüngere Bäume (Abbildung 2). Beispielsweise beträgt bei einer Bonität von 27 m in 60 Jahren und einem durchschnittlichen Radialzuwachs von 2 mm/Jahr die prognostizierte Höhe des Kronenansatzes im Alter von 20 Jahren 9,9 m und 9,2 m bei einem durchschnittlichen Radialzuwachs von 4 mm/Jahr. Unter

sonst gleichen Bedingungen beträgt im Alter von 40 Jahren die Kronenansatzhöhe bereits 13,7 bzw. 11,9 m. Bei einem durchschnittlichen Radialzuwachs von 2 mm/Jahr beträgt zu diesem Zeitpunkt die relative Kronenlänge 47 % und bei 4 mm/Jahr 54 %. Nur 9,8 % der Edelkastanien wiesen unterhalb des untersten grünen Primärastes keine Totastzone auf. Im Durchschnitt lag eine Totastzone von 52 % der Ansatzhöhe des ersten grünen Primärastes vor. Diese Bäume mit aber auch ohne Totastzone waren annähernd gleichmäßig über das Höhen- und Durchmesserpektrum verteilt. Die Totastzone erstreckte sich somit durchschnittlich auf etwa die Hälfte des Schaftes unterhalb des Kronenansatzes.

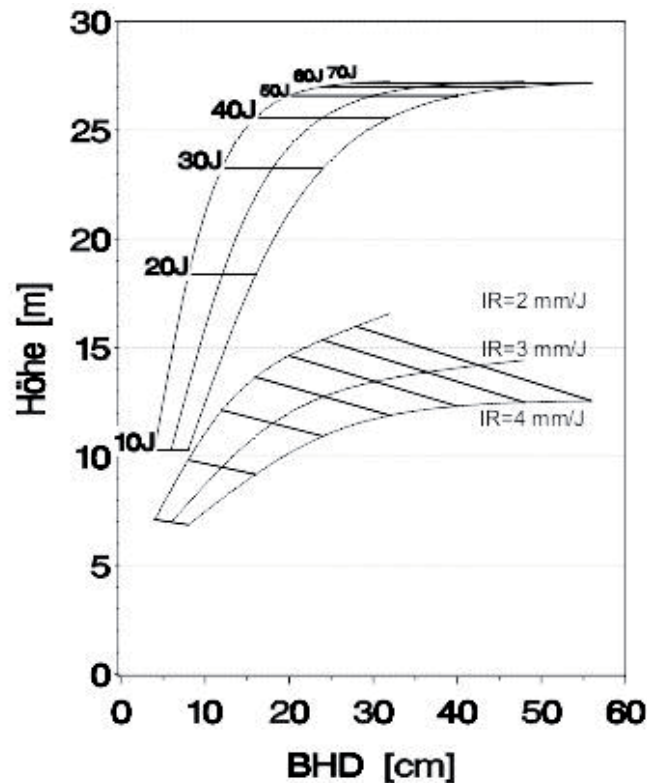
Tabelle 4:

Parameterschätzer des Kronenansatzmodells (Baum, N=409), pseudo- r^2 = 56,7 %, hier ohne Darstellung der zufälligen Effekte.

Parameter	Schätzer	S_x	t-Wert	p > t
b_0	1,5541	0,0952	16,33	<,0001
b_1	0,0362	0,0046	7,86	<,0001
b_2	-0,0086	0,0200	-4,29	<,0001
b_3	0,0068	0,0018	3,81	0,0002

Abbildung 2:

Modellierte Kronenansatzhöhe dargestellt über dem Brusthöhendurchmesser (*BHD*) für drei Varianten eines durchschnittlichen Radialzuwachses (*IR*=2, 3 und 4 mm/Jahr). Es wurde beispielhaft eine Höhenbonität von 27 m im Alter von 60 Jahren zugrundegelegt.



Entwicklung der Kronenbreite und Ableitung möglicher Z-Baum-Zahlen

Die Kronenbreite (*KRB*) wurde als Funktion des *BHD* modelliert:

$$KRB_{pt} = +c_1 BHD_{pt}$$

Mit zunehmendem *BHD* steigt die Kronenbreite (Tabelle 5). Aus den Erfahrungen von anderen vergleichbaren Modellen und aus der Praxis der Wachstumssteuerung wurde jedoch erwartet, dass bei gleichem *BHD* Bäume höheren Alters eine etwas kleinere Krone aufweisen haben, bzw. um einen bestimmten *BHD* zu erzielen, würden jüngere Bäume einen etwas größeren Kronendurchmesser haben. Ein Alterseinfluss konnte jedoch mit dem vorliegenden Datenumfang nicht nachgewiesen werden. Für einen *BHD* von 45 cm bedarf es damit nach diesem Modell bei einem mittleren Radialzuwachs von 2 oder auch

5 mm/Jahr und damit unterschiedlichen Wachstumsgeschwindigkeiten einer Kronenbreite von 7,8 m, die lediglich in unterschiedlichen Altern (113 oder 45 Jahren) erreicht werden kann.

Tabelle 5:

Parameterschätzer des Kronenbreitenmodells (Baum, N=409), pseudo- $r^2=81,3\%$, hier ohne Darstellung der zufälligen Effekte.

Parameter	Schätzer	S_x	t-Wert	p > t
c1	0,1722	0,0059	29,04	<,0001

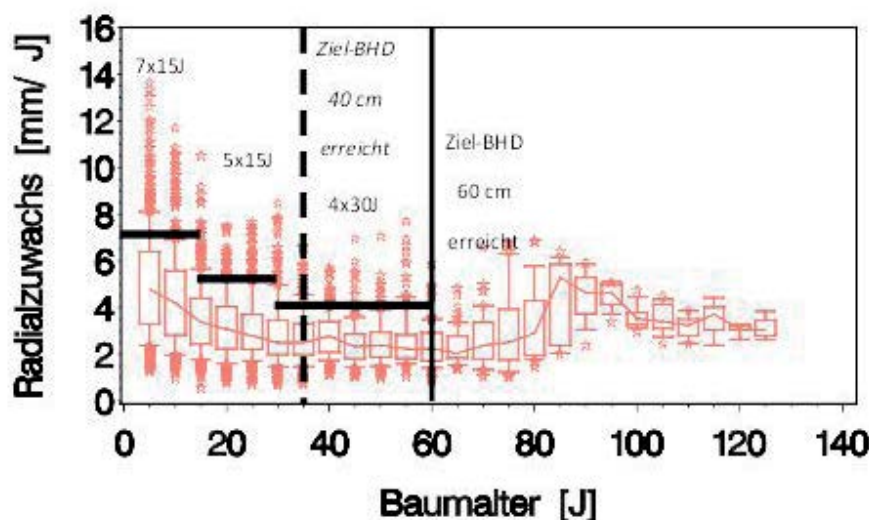
Radialzuwachs

Die Mittelwerte der an den 82 Edelkastanien gemessenen jährlichen Radialzuwächse wiesen einen Verlauf auf, wie er für herrschende bis vorherrschende Edelkastanien ohne zielgerichtete Wachstumssteuerung erwartet werden kann (Abbildung 3). Es zeigt sich bereits ab einem Baumalter von 5 Jahren ein starker Abfall der zunächst sehr hohen Zuwachs-

werte. Ab einem Alter von 30 Jahren bewegen sich die Mittelwerte auf einem Niveau von lediglich ca. 2,5 mm/Jahr. Ab einem Alter von 60 Jahren sind die Beobachtungen nur noch durch Messungen an wenigen (18) Bäumen gesichert und zeigen starke Streuungen.

Abbildung 3:

Verlauf des jährlichen Radialzuwachses über dem Baumalter für Edelkastanie ohne zielgerichtete Wachstumssteuerung (Baum, N=82). Boxenrand=25 bzw. 75 %-Perzentil, die Boxenflügel verbinden die 10- und 90 %-Perzentile, Stern-Signatur: Extremwerte außerhalb der gewählten Bandbreiten. Die Linie verbindet die Mediane der Altersstufen. Die horizontalen Linien zeigen eine gutachtliche Abschätzung des bei starker Z-Baum Freistellung erreichbaren Niveaus jährlicher Radialzuwächse an.



Diskussion

Im Vergleich zu anderen Wirtschaftsbaumarten mit sehr früher Zuwachskulmination zeigt die Edelkastanie eine sehr gute Flächenproduktivität von Biomasse- oder Volumenleistung. Flächenbezogene Zuwachswerte als Grundlage zur Wertholzproduktion sind selten und beziehen sich zumeist auf kürzere Produktionszeiträume: Zum Beispiel sind nach BÉDÉNEAU (1994) auf den besten Standorten in Frankreich über die Dauer von 9 oder 12 Jahren Biomasseleistungen von 12 oder 8 t/J/ha möglich. Ähnlich hohe Zuwachswerte berichtet RANGER *et al.* (1990), ebenfalls in Frankreich, mit laufenden Biomassezuwächsen von 10 t/J/ha zwischen 5 und 15 Jahren (laufender Gesamtzuwachs an Volumen von 19 m³/J/ha) und einem durchschnittlichen Biomasse-

sezuwachs von 6–7 t/J/ha zwischen 5 und 19 Jahren, mit einem nachfolgend steilen Einbruch von diesem hohen Niveau auf 8,8 m³/J/ha. Beispielsweise beträgt die Gesamtwuchsleistung an Derbholz auf den von Ranger *et al.* (1990) untersuchten Standorten bis zum Alter von 19 Jahren nur knapp 250 m³/ha; SEVRIN u. LEMAIRE (2004) (Frankreich) berichten von 250–350 m³/ha auf überdurchschnittlichen Standorten für 25 bis 30 jährige Bestände aus Stockausschlag. Nach SEVRIN u. LEMAIRE (2004) (Frankreich) können auf den besten Bonitäten im Alter von 20 Jahren laufende Volumenzuwächse 10 bis 13 m³/J/ha beobachtet werden (Derbholzgrenze: 4 cm) (jedoch keine Quantifizierung der Eingriffsstärke). In ähnlicher Größenordnung bewegen sich auch die durchschnittlichen Gesamtwuchsleistungen von EVERARD u. CHRISTIE (1995) oder ROLLINSON u. EVANS (1987)

aus Stockausschlagswäldern Englands: 10–12 m³/J/ha für Produktionszeiten von 20 Jahren. Lediglich von CUTINI (2001) (Italien) sind durchschnittliche Gesamtvolumenzuwächse (dGz) für kurze und längere Produktionszeiten bekannt: bis zum Bestandesalter von 17 Jahren der Stockausschlagswälder betrugen sie 17,6 m³/J/ha, bis zum Alter von 35 Jahren immerhin noch 12,8 m³/J/ha.

Höhenwachstum

Der Verlauf des Höhenwachstums der Edelkastanie ist typisch für eine Pionierbaumart, zusätzlich reflektiert diese Dynamik auch den überwiegenden Ursprung der beprobten Bäume wieder. Der hier neu vorgelegte Höhenbonitätsfächer quantifiziert daher die Dynamik des Höhenwachstums mitherrschender bis vorherrschender Edelkastanien überwiegend aus Stockausschlag und geprägt durch die Wachstumsbedingungen der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts. Der Höhenzuwachs kulminiert sehr früh (< 15 Jahre) und mit sehr hohen durchschnittlichen Werten (z.B. 0,91 m bei 9 Jahren und Bonität 27 m in 60 Jahren, bzw. 1,11 m bei Bonität 33 m), die in einzelnen Jahren auch etwas über 2 m liegen können. Jedoch können schon ab einem jungen Alter (20–30 Jahre) keine sehr großen Höhenzuwächse mehr erreicht werden (Abbildung 1). Im Alter 20 Jahren werden je nach Bonität dabei jedoch schon zwischen 10,3 m (schlechtest) und 22,5 m (best) erreicht. Auch nach dem Höhenwachstumsfächer von DUPLAT (1990) unter den Wuchsbedingungen Frankreichs werden diese frühen und hohen Wachstumsraten bereits in ähnlich frühem Alter erreicht: 8 m (schlechtest) und 20 m (best) bei 20 Jahren.

Dieser Verlauf des Höhenwachstums gibt wichtige Hinweise auf die Wachstumssteuerung in Mischbeständen. Bei kleinflächigen Mischungsformen werden sich für die Edelkastanie zunächst nur in jungem Alter (< 20 Jahre) gute Möglichkeiten zum Kronenausbau finden. Wird diese Jugendphase nicht konsequent für den Kronenausbau genutzt, bestehen in höherem Alter (> 30 Jahre) bei verspäteten Durchforstungen aufgrund des rasch nachlassenden Höhenwachstums keine bzw. nur noch begrenzte Möglichkeiten zur Förderung des Kronenausbaus.

Astreinigung und Ästung

Äste zählen zu den wichtigsten sortierungsrelevanten Kriterien des Laubholzes. Als Lichtbaumart sterben die Äste auch bei der Edelkastanie erwartungsgemäß schnell ab. Das Hochrücken des Kronenansatzes verläuft gerade in der Jugend (d.h. < 20 J) aufgrund des extremen Höhenwachs-

tums und der damit verbundenen intensiven Ausscheidungsprozesse rasch (vgl. Simulationen aus Abbildung 2): Bei einer Bonität von 27 m und einem Zieldurchmesser von 60 cm, erreicht in 60 Jahren, wird die Zielvorstellung von 25–33 % der erwarteten Endhöhe, d.h. ca. 7 m sollen grünastfrei sein, im Mittel bereits im Alter von ca. 10–15 (20) Jahren (Oberhöhe ca. 12 m) und damit sehr schnell erreicht ($i_r = 4 \text{ mm/J}$).

Die Totastzone unterhalb des untersten grünen Primärastes (Durchschnitt: 52 %) zeigte kaum eine Veränderung mit zunehmender Baumhöhe, oder steigendem Brusthöhendurchmesser. Somit weisen alle Entwicklungsstadien eine Totastzone auf. Über das gesamte Spektrum der gemessenen Werte halten sich offensichtlich einerseits das Absterben, Verrotten, Abfallen und die Überwallung von Ästen die Waage mit der Neuausbildung von stärkeren Primärästen. Dies kann als Hinweis auf die fehlende gezielte Steuerung der Astreinigung an den vorliegenden Messbäumen gewertet werden. Aus den hiesigen Ergebnissen lässt sich zudem nicht ableiten, dass Edelkastanie eine totasterhaltende Baumart ist. Zum Zeitpunkt der Z-Baumauswahl (10–15 Jahre, Oberhöhe ca. 12 m) kann eine kombinierte Trocken- und Grünästung verbliebener lebender Primär- oder Totäste durchgeführt werden, da insbesondere die vitalen Edelkastanien stärkere Trocken- und auch noch Grünäste im unteren Erdstammbereich (5–7 m) aufweisen können. Dies wird besonders in Mischbeständen notwendig sein, da die Edelkastanie bis zum Zeitpunkt der Z-Baumauswahl vorwüchsig ist.

Produktionsziele und Radialzuwachs

Der Zusammenhang zwischen Kronenbreite und *BHD* (Tabelle 5) erlaubt es, Z-Baum-Zahlen für gewünschte Zieldurchmesser unabhängig von Geschwindigkeiten des Radialzuwachses abzuleiten (vgl. HEIN u. SPIECKER 2009, HEIN *et al.* 2009). Unterstellt man bei Vollbestockung vereinfachend eine Kronenüberschirmung von 50 % (entsprechend Kirsche bzw. Birke bei HEIN u. SPIECKER 2009, bzw. HEIN *et al.* 2009) und einen Zieldurchmesser von 50–60 cm, so können rechnerisch 78 Edelkastanien als Z-Bäume auf einem Hektar platziert werden.

Erste Messungen zum Überschirmungsgrad in der temporären Untersuchungsflächen der Datenquelle A (WIELAND 2012) zeigte eine durchschnittliche Überschirmung von 71 %. Die Festlegung auf 50 % erscheint für die weiteren Berechnungen der Z-Baum Zahlen gerade in der Durchforstungsphase sinnvoll, damit die angestrebte Steigerung der Radialzuwächse erreicht wird. Eine möglichst frühe, ausgespro-

che starke Freistellung ermöglicht bei einen geringen Überschirmungsgrad einen durchschnittlichen Radialzuwachs von 4–5 mm/Jahr. Damit lässt sich mit ca. 60–80 Z-Bäumen/ha bei einem Zieldurchmesser von 50–60 cm Wertholz in Produktionszeiten mit 55–75 Jahren erreichen. Auch METTENDORF (2007) empfiehlt die Förderung von 60–80 erkennbarer Zukunftsstämme für angestrebte Stammholzklassen von L4–L6. Bei entsprechend geringeren Zieldurchmessern (z.B. 40 cm zur Palisadenproduktion) sind mit 120 Z-Bäumen/ha und den in Abbildung 3 dargestellten Radialzuwächsen auch Produktionszeiten von ca. 35 Jahren möglich.

Wirtschaftlich sinnvolle Wertholzproduktionsziele unterscheiden sich daher hinsichtlich Anzahl der Z-Bäume, Produktionszeit und Zieldurchmesser deutlich von anderen Laubbaumarten (vgl. HEIN 2009). Die wichtigsten Einflussgrößen sind der Zieldurchmesser sowie der Überschirmungsgrad. Ein aus wissenschaftlicher Sicht wesentlicher, aber aus forstpraktischer Perspektive nachrangiger Punkt ist dabei die baumarttypische Kronengröße der Edelkastanie. Ein gültiger Vergleich der Kronengrößen mit Buche (*Fagus sylvatica* L.), Eichen (*Quercus petraea/robur*), Esche, Bergahorn (*Acer pseudoplatanus* L.) und Kirsche (*Prunus avium* L.) und auch Birke (*Betula pendula* R.) muss dabei auf der Grundlage identischer BHD und durchschnittlicher Radialzuwächse erfolgen. Für einen solchen Vergleich kann auf die Arbeiten von HAHN (1995) zur Buche, NUTTO u. SPIECKER (2000) zu den Eichen, HEIN (2004) zu Esche und Bergahorn, HEIN u. SPIECKER (2009) zur Kirsche sowie HEIN *et al.* (2009) zur Birke zurückgegriffen werden:

Bei einem einheitlichen BHD von 40 cm und durchschnittlichen Radialzuwächsen von 4 mm/Jahr bildet die Buche mit 8,1 m die breiteste Krone aus, gefolgt von Esche und Kirsche (jeweils 7,7 m), Eichen (7,5 m) und Bergahorn (7,3 m). Die Birke zeigt bei diesem Vergleich die mit Abstand geringste Kronenbreite mit nur 6,2 m. Die Edelkastanie liegt dabei mit 6,9 m im unteren Bereich der Spanne Buche vs. Birke, wobei berücksichtigt werden muss, dass das obig vorgestellte Modell zur Edelkastanie unabhängig von der Geschwindigkeit des Radialzuwachses ist. An frühzeitig und lang anhaltend freigestellten Einzelbäumen sind in Abweichung vom Modell durchaus größere Kronenbreiten zu erwarten.

Bei der Interpretation der Befunde dieser Arbeit ist zu berücksichtigen, dass die in der Messkampagne erfassten Edelkastanien nicht aus waldwachstums-kundlichen Versuchsflächen mit klar formuliertem und dokumentiertem waldbaulichem Behandlungsgang stammen. Die ermittelten jährlichen Radialzuwächse (vgl. Abbildung 3) bilden vielmehr Zuwächse

von Edelkastanien ab, die sich unter sehr unterschiedlichen waldbaulichen Konstellationen entwickelt haben. Die gemessenen Wachstumsgänge sind daher nicht als Ergebnis einer konsequent auf das Ziel stärkerer Stammdurchmesser hin orientierten waldbaulichen Behandlung zu verstehen. Von einer ähnlichen Untersuchung wird in SEVRIN u. LEMAIRE (2004) aus der Dordogne/Frankreich vorgelegt: Dort erreichten Edelkastanien aus unbehandelten Stockausschlagbeständen die höchsten Radialzuwächse (5–6 mm/Jahr) bereits in einem Alter unter 5 Jahren. Auch hier waren ab einem Alter von 15 Jahren nur noch Radialzuwächse von 2–4,5 mm/Jahr zu beobachten.

Unter der Annahme, dass je Alterstufe durch gezielte waldbauliche Freistellung ein Niveau an der Grenze unterhalb der 90–95 % höchsten gemessenen Radialzuwachswerte erreichbar ist, kann jedoch anhand der eigenen Datenbasis eine gutachtliche Schätzung eines potenziell erreichbaren mittleren Radialwachses erfolgen (vgl. Abbildung 3 –horizontale Linien): ein Radialzuwachspotenzial von 7 mm/Jahr erscheint in den ersten 15 Jahren möglich, das in den folgenden 15 Jahren zunächst auf 5 mm/Jahr, und in den letzten 30 Jahren auf 4 mm/Jahr absinken dürfte. Unter diesen Voraussetzungen ist bis zu einem Alter von 60 Jahren ein BHD o. R. von 60 cm erreichbar, bzw. in 35 Jahren ein BHD o. R. von 40 cm (vgl. Abbildung 3).

Integration von Produktionsrisiken in die Wachstumssteuerung

Ringschäle ist bei der Edelkastanie eine häufige Ursache für die Entwertung von Rundholz. Sie tritt auf nach engen Jahrringen gefolgt von breiten Jahrringen, d.h. bei episodisch sehr unregelmäßigem Jahrringaufbau (MACCHIONI u. PIVIDORI 1996). Da Individuen, ausgeschlagen aus einem gemeinsamen Stock, häufig gemeinsam das Auftreten von Ringschäle zeigen, erscheinen auch genetische Zusammenhänge begründet (FONTI *et al.* 2002, MACCHIONI u. PIVIDORI 1996). Obwohl die Edelkastanie grundsätzlich Kalkböden meidet, tritt Ringschäle mit zunehmendem Ca-Gehalt des Bodens seltener auf (FONTI *et al.* 2002). Die statistischen Zusammenhänge weisen allerdings nach der zusammenfassenden Auswertung zahlreicher Studien durch die oben genannten Autoren große Streuungen auf. Holzanatomisch lässt sich diese Entwertung zunächst durch die Ringporigkeit des Holzes begründen, die zu einer mechanisch schwächeren Verbindung von Früh- und Spätholz führt. Zusätzlich hat das Holz der Edelkastanie als Holz mit nur einreihigen radialen Markstrahlen eine

anfällige Verstärkung gegenüber tangentialen Spannungen und ist somit anfälliger gegenüber Rissbildungen. Probleme der Ca-Aufnahme zusammen mit genetischen Einflüssen und Zuwachsschwankungen können bei dieser grundsätzlichen Schwäche zur entwertenden Ringschale führen (FONTI *et al.* 2002). Daher empfehlen FONTI *et al.* (2002) den Anbau auf eher nährstoffreichen und nicht zu trockenen Standorten (METTENDORF 2007), eine den vorliegenden Holzeigenschaften angepasste Verwendung und letztlich SEVRIN u. LEMAIRE (2004) starke und besonders regelmäßige Durchforstungen, um unregelmäßigen Jahrringaufbau als zusätzlichen Risikofaktor zu vermeiden. Aufgrund der großen Streuung in den Zusammenhängen muss jedoch dieses Phänomen als eine mögliche bleibende Restriktion für die Wertholzproduktion angesehen werden.

Ein neueres Produktionsrisiko besonders für die Erzeugung von wertvollem Rundholz ist der Kastanienrindenkrebs. Das seit 1992 in der Rheinebene Südwestdeutschlands (Baden-Württemberg) beobachtete Auftreten konnte bislang durch phytosanitäre Maßnahmen nicht reduziert werden (vgl. PETERS *et al.* 2012). Der trocken-heiße Sommer des Jahres 2003 brachte zudem ein vermehrtes Auftreten dieser Krankheit (KEHR *et al.* 2005). Die neuerdings empfohlene Impfung zur Hypovirulenz (PETERS *et al.* 2012) ist jedoch noch nicht praxisreif einsatzfähig. Entsprechend sollten Produktionszeiten bei vorgegebenen Zieldurchmessern nicht zu hoch gewählt werden, um eine langjährige Exposition gegenüber diesem Risiko aber auch gegenüber der Ringschale zu vermeiden.

Eckpunkte für ein Pflegekonzept zur Wertholzproduktion mit der Edelkastanie

Pflegekonzepte für Edelkastanie können grundsätzlich nach starkem Wertholz (50–60 cm Zieldurchmesser), nach schwächerem Stammholz (z.B. 40 cm Zieldurchmesser), Palisadenholz oder zur Energieholzproduktion gegliedert werden (vgl. ebenso METTENDORF 2007, SEVRIN u. LEMAIRE 2004). Beispielfürhaft dafür werden im Folgenden Grundzüge für ein Pflegekonzept zur Wertholzproduktion oder schwächeres Stammholz abgeleitet: Zieldurchmesser (BHD) von über 50–60 cm (Produktionsziel starkes Wertholz) können aus mehreren Gründen wohl nur bei sehr gut bis gut wasserversorgten Standorten empfohlen werden: Das Höhenwachstum und damit das Kronenausdehnungsvermögen lassen ab einem Baumalter von ca. 25 Jahren stark nach. Auch

das Durchmesserwachstum kann nach diesem Entwicklungsstadium selbst mit starken Freistellungen wahrscheinlich nur noch marginal gesteigert werden. Zudem steigt die Wahrscheinlichkeit des Auftretens einer entwertungsrelevanten Ringschale bei unregelmäßigen oder geringen Jahrringbreiten an. Zudem fördern verspätete, starke Freistellungen die Bildung von Wasserreisern.

Bei einem Zieldurchmesser von 50–60 cm sind unabhängig vom Radialzuwachs und bei einer Übersicherung von 50 % rechnerisch 55–78 möglichen Z-Bäumen pro Hektar platzierbar. Der Zieldurchmesser scheint – konsequente und frühe Freistellung vorausgesetzt – in ca. 50–60 Jahren erreichbar. Die zu erwartende, gute Astreinigung wird höchstwahrscheinlich nur in Mischbeständen oder baumzahlarm begründeten Beständen eine Ästung erforderlich machen.

Die sehr frühe Kulmination der Zuwächse bei der Edelkastanie und die schnelle Astreinigung fordern für die zur Zeit bei Laubbäumen üblichen zweiphasigen waldbaulichen Erziehungskonzepte eine frühe Auswahl der Z-Bäume: Bei einer Bonität von 27m wird eine erwartete astfreie Schaftlänge von 7m im Mittel bereits im Alter von ca. 10–15 (20) Jahren erreicht (auf besseren Bonitäten früher), auch bei einem durchschnittlichen Radialzuwachs von 4mm/J. Nach dieser ersten Phase des Dichtstandes zur Förderung der natürlichen Astreinigung („Qualifizierung“), kann die zweite Phase durch gezielte Begünstigung der ausgewählten Z-Bäume eine konsequente Förderung des Dickenwachstums anschließen („Dimensionierung“). Die für die Edelkastanie typische Wachstumsdynamik erfordert zugleich das im Wesentlichen nur in der Jugendphase gut nutzbare Zuwachspotenzial konsequent für den Kronenausbau zu nutzen.

Pflegekonzepte mit Auswahl von Z-Bäumen liegen bislang von SEVRIN u. LEMAIRE (2004) vor: Diese Autoren empfehlen für das Produktionsziel schwaches Wertholz/Palisadenholz die Auswahl von 120–200 Z-Bäumen bei einer Baumhöhe von 10–13 m. Dabei können Zieldurchmesser von ca. 40 cm in einer Produktionszeit von 40–50 Jahren auf guten Standorten erzeugt werden. Nach dem Kronenbreitenmodell (Tabelle 5) sind mit 120 Z-Bäumen/ha und den in Abbildung 3 dargestellten Radialzuwachsen auch Produktionszeiten von ca. 35 Jahren mit dem Ziel der Palisadenproduktion möglich.

Im Zusammenhang mit der Wachstumssteuerung in Mischbeständen ist grundsätzlich zu berücksichtigen, dass die zur Wertholzproduktion erforderliche sehr

trune und konsequente Freinaltung der Edelkastanienkrone sowie die aus Risikogründen und Gründen der baumarttypischen Wachstumsdynamik niedrig zu haltenden Produktionszeiten deutlich von den Wertholz-Produktionskonzepten der meisten Wirtschaftsbaumarten abweichen. Eine Integration dieser Baumart zur Wertholzproduktion erfordert daher in Mischbeständen eine besondere (frühzeitige) Aufmerksamkeit. Stockausschlagwälder aus Edelkastanien entwickeln sich dagegen aufgrund der enormen Höhenwuchsleistung in sehr früher Jugend fast stets zu Reinbeständen (vgl. METTENDORF 2007). Hier besteht die Hauptaufgabe zunächst in der Vereinzelung einzelner qualitativ guter Ausschläge und nachfolgenden Förderungen (Oberhöhe ca. 12 m) und starken Freistellungen von Auslesebäumen.

Danksagung

Besonderer Dank gilt den Projektpartnern der Landesforsten Rheinland-Pfalz, der Stadt Edenkoben, dem Amt für Waldwirtschaft des Ortenaukreises, der Stadt Renchen, der Stadt Oberkirch, dem Centre Régional de la Propriété Forestière de Lorraine Alsace (C.R.P.F.) und Herrn Remy Leonhard vom ONF für die enge und sehr kooperative Zusammenarbeit. Die Co-Finanzierung erfolgte über das Eu-Projekt INTERREG IVa Oberrhein Nr. C17 „Kastanienprojekt“.

Literatur

- BÉDÉNEAU, M. (1994): Croissance des taillis de châtaignier en France: utilisation des données de l'inventaire forestier national. *Annales des Sciences Forestières*, 51, 183-194.
- CONEDERA, M., MANETTI, M.C., GIUDICI, F., AMORINI, E. (2004): Distribution and economic potential of Sweet chestnut (*Castanea sativa* Mill.) in Europe. *Ecologia mediterranea*, 30, 179-193.
- CUTINI, A. (2001): New management options in chestnut coppices: an evaluation on ecological bases. *Forest Ecology and Management*, 165, 165-174.
- DUPLAT, P. (1990): in: Sevrin, E., Lemaire, J. (2004): Le châtaignier: un arbre, un bois. Institut pour le Développement Forestier (IDF), Serie: Les guides du sylviculteur. 2e édition revue par Catherine Bourgeois. Paris, 347 p. (ausschließliche Veröffentlichung von Duplat, P. in diesem Werk).
- ELLENBERG, H. (1996): Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen in ökologischer, dynamischer und historischer Sicht. 5. stark veränd. u. verb. Aufl., Stuttgart: Ulmer, 1095 S.
- EVERARD, J., CHRISTIE, J.M. (1995): Sweet chestnut: silviculture, timber quality and yield in the Forest of Dean. *Forestry*, 68, 133-144.
- FONTI, P., MACCHIONI, N., THIBAUT, B. (2002): Ring shake in chestnut (*Castanea sativa* Mill.): State of the art. *Annales of Forest Science*, 59, 129-140.
- HAHN, D. (1995): Entscheidungshilfe für die Steuerung des Dickenwachstums von Buche (*Fagus sylvatica* L.). Entwicklung und Aufbau auf der Grundlage eines distanzabhängigen Einzelbaum-Konkurrenzmodells. Dissertation, Universität Freiburg i. Br., 225 S.
- HEIN, S. (2004): Zur Steuerung von Astreinigung und Dickenwachstums bei Esche (*Fraxinus excelsior* L.) und Bergahorn (*Acer pseudoplatanus* L.). Freiburger Forstliche Forschung-Schriftenreihe, Freiburg, Band 25, 263 S.
- HEIN, S. (2009): Wertholzproduktion mit Buche, Eiche, Esche und Ahorn. *Allgemeine Forstzeitschrift/Der Wald*, 5/2009, 240-242.
- HEIN, S., SPIECKER, H. (2009): Controlling diameter growth in stands with valuable broadleaved trees, Chapter 4.3 in: Spiecker, H., Hein, S., Thies, M., Makkonen-Spiecker, M. (2009): (Hrsg.) Valuable broadleaved forests in Europe, European Forest Research Institute—Research Report, Brill Academic Publishers: 143-167.
- HEIN, S., WINTERHALTER, D., WILHELM, G. J., KOHNLE, U. (2009): Wertholzproduktion mit der Sandbirke (*Betula pendula* Roth): waldbauliche Möglichkeiten und Grenzen. *Allgemeine Forst- und Jagdzeitung*, 180, 206-219.
- HIJMANS, R., CAMERON, S.E., PARRA, J.L., JONES, P.G., JARVIS, A. (2005): Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology*, 25, 1965-1978.
- KEHR, R., METZLER, B., SCHRÖDER, T., WULF, A. (2005): Spread of chestnut bark canker (*Castanea sativa*) in Germany—diagnosis and recommended measures. In: Jahrbuch der Baumpflege 2005. Hrsg. by Dujesiefken, D., Kockerbeck, P. Thalacker Medien, Braunschweig, 192-198.
- LEONARDI, S., SANTA REGINA, I., RAPP, M., GALLEGU, H.A., RICO, M. (1996): Biomass, litterfall and nutrient contents in *Castanea sativa* coppice stands of southern Europe. *Annales des Sciences Forestières*, 53, 1071-1081.
- LFV-BW (1999): Richtlinie landesweiter Waldentwicklungstypen., Ministerium für Ländlichen Raum, Ernährung und Forsten Baden-Württemberg, Landesforstverwaltung Baden-Württemberg (eds.), Stuttgart, 54 S.
- MACCHIONI, N., PIVIDORI, M. (1996): Ring shake and structural characteristics of a chestnut (*Castanea sativa* Mill.) coppice stand in northern Piedmont (Northwest Italy), *Annales des Sciences Forestières* 53, 31-50.
- MANETTI, M.C., AMORINI, E. (2012): La matricinatura nei cedui di Castagno: retaggio culturale o esigenza culturale? *Forest@* (Italian Society of Silviculture and Forest Ecology), 9: 281-292.
- MENÉNDEZ-MIGUÉLEZ, M., CANGA, E., BARRIO-ANTA, M., MAJADA, J., ÁLVAREZ-ÁLVAREZ, P. (2013): A three level system for estimating the biomass of *Castanea sativa* Mill. coppice stands in north-west Spain. *Forest Ecology and Management*, 291, 417-426.

- METTENDORF, B. (2007): Edelkastanien-Wertholz aus Baden. Allgemeine Forstzeitschrift/Der Wald, 17, 920-922.
- NUTTO, L., SPIECKER, H. (2000): Production of Valuable Wood: A Software Aided Decision Tool for Managing Oak Stands (*Quercus petrea* Liebl. and *Q. robur* L.) in Europe. Glas. Sum. Pokuse, 37, 37-49.
- PETERS, F.S., HOLWEG, C.L., RIGLING, D., METZLER, B. (2012): Chestnut blight in south-western Germany: multiple introductions of *Cryphonectria parasitica* and slow hypovirus spread. Forest Pathology, 42, 397-404.
- RANGER, J., FÉLIX, C., BOUCHON, J., NYS, C., RAVART, M. (1990): Dynamique d'incorporation du carbone et des elements nutritifs dans un taillis simple de châtaignier (*Castanea sativa* Mill.). Annales des Sciences Forestières, 47, 413-433.
- RÖHLE, H., HUBER, W. (1985): Untersuchungen zur Methode der Ablotung von Kronenradien und Berechnung von Kronengrundflächen. Forstarchiv 56, 238-243.
- ROLLINSON, T.-J.-D., EVANS, J. (1987): The yield of sweet chestnut coppice. Forestry Commission, London, Bulletin, 64, 20 pp.
- SEVRIN, E., LEMAIRE, J. (2004): Le châtaignier: un arbre, un bois. Institut pour le Développement Forestier (IDF), Serie: Les guides du sylviculteur. 2e edition revue par Catherine Bourgeois, Paris, 347 pp.
- WIELAND, A. (2012): Zum Dickenwachstum der Esskastanie (*Castanea sativa* Mill.). Bachelorarbeit an der Hochschule für Forstwirtschaft Rottenburg, 72 S.
- WILHELM, G. J., RIEGER, H. (2013): Naturnaher Waldbau mit dem QD-Konzept. Ulmer Verlag, Stuttgart, 207 S.
- ZHENG, B., AGRESTI, A. (2000): Summarizing the predictive power of a generalized linear model. Statistics in Medicine, 19, 1771-1781.

ERFASSUNG ERTRAGSKUNDLICHER PARAMETER IN DICHTEN EDELKASTANIENBESTÄNDEN IM FORSTAMT HAARDT - EIN PRAXISBERICHT -

WOLFGANG WAMBSGANSS¹, ANDREAS EICHENLAUB², JOCHEN DIELER³

¹ Forstamt Haardt, Landau;

² Forstbüro & Waldpflege, Erfweiler,

³ Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft Rheinland-Pfalz, Trippstadt

Zusammenfassung

Bisherige Forsteinrichtungsinventuren und Hiebssatzplanungen für die Edelkastanienbestände im Forstamt Haardt bedienten sich mangels Alternativen der Ertragstafel Buche nach Schober. Durch eine Stichprobeninventur in dichten Edelkastanienbeständen konnte belegt werden, dass Vorräte und Zuwächse aufgrund des rasanten Jugendwachstums der Stockausschläge mehr als doppelt so hoch sind, wie bisher unterstellt. Die Hiebssatzplanung der künftigen Forsteinrichtung ist an dieses Niveau anzupassen.

Résumé

Jusqu'à présent, les inventaires de l'aménagement forestier et la planification des taux de coupe pour les peuplements de châtaigniers dans le Forstamt Haardt étaient basés, faute de mieux, sur les tables de rendement du hêtre de Schober. Un inventaire réalisé par échantillonnage dans des peuplements denses de châtaigniers a prouvé que les réserves et les accroissements sont deux fois plus élevés que ce que l'on pensait, du fait de la croissance galopante de la cépée au stade de la jeunesse. La planification des taux de coupe pour l'aménagement forestier à venir devra donc être adaptée à ce niveau.

1. Ausgangslage und Zielsetzung

Das Forstamt Haardt liegt am Ostabfall des Pfälzerwaldes zur Oberrheinebene, wo entlang der Deutschen Weinstraße ein warmtrockenes Klima mit Jahresdurchschnittstemperaturen zwischen +10 °C und +12 °C herrscht. Die Edelkastanienbestände bilden den landschaftlich reizvollen Übergang der Weinlandschaft zu den warm-trockenen Kiefernwäldern der Haardt, wie der Ostrand des Pfälzerwaldes genannt wird. Ihr Verbreitungsschwerpunkt liegt in Höhen zwischen 200 m und 400 m über NN. Die Standortsamplitude reicht von mittel nährstoffversorgten Böden aus Zechstein und Oberrotliegend (tiefere Lagen) bis zu nährstoffarmen Böden aus Buntsandstein (höhere Lagen). Mit zunehmender Höhenlage wächst die Edelkastanie in Mischung mit Kiefer, in den höheren, ehemals streugennutzten, trockenen Standorten ist sie als Krüppelwuchs vorzufinden. Fast alle heutigen Edelkastanienbestände sind aus Stockausschlag entstanden. Die Stockhiebe wurden insbesondere in den Notzeiten nach den beiden Weltkriegen, d.h. vor 90 bzw. 60 Jahren geführt. Lediglich circa 150 ha an Edelkastanienbeständen sind unter 60 Jahre alt, d.h. sie wurden im Rahmen einer

planmäßigen Forstwirtschaft auf den Stock gesetzt, um Kastanienholz zu erzeugen.

Das Forstamt Haardt hat eine Edelkastanienfläche von ca. 1.000 ha. Davon liegen 620 ha¹ im Kommunalwald und sind durch die Forsteinrichtung erfasst. Da für die Edelkastanie keine eigenen Ertragstafeln vorliegen, leitet die Forsteinrichtung die Vorräte und Zuwächse anhand der Ertragstafel Buche (SCHÖBER 1975)² her. In Tabelle 1 sind die Werte pro Altersklasse für die öffentlichen Wälder des Forstamtes Haardt dargestellt.

Aus den Nachweisen des Forstamtes lässt sich allerdings ableiten, dass die Hiebsergebnisse der Stockausschlagbestände in den jüngeren Altersklassen deutlich höher sind als die vorstehend dargestellten Hiebssätze.

Da es bislang aber keine repräsentativen Messwerte für die Edelkastanie im Oberrheingebiet gab, sollte im Zuge des Interregprojektes „Die Edelkastanie am Oberrhein – eine Baumart verbindet Menschen, Kulturen und Landschaften“ die potenzielle Wachstumsleistung der Edelkastanie im Forstamt Haardt untersucht werden.

Tabelle 1:

Auswertung Edelkastanie der Excel-Übergabe der Forsteinrichtungsdaten von 2012³

Altersbereich	Altersklasse	Summen				je Hektar		
		Fläche Hektar	Vorrat Efm o.R.	Zuwachs Efm o.R.	Hiebssatz Efm o.R.	Vorrat Efm o.R.	Zuwachs Efm o.R.	Hiebssatz Efm o.R.
bis 60	1	26,1	190	25	10	7	1,0	0,4
	2	53,3	2.803	345	260	53	6,5	4,9
	3	136,6	10.854	638	651	79	4,7	4,8
60 - 120	4	158,4	25.486	1.147	913	161	7,2	5,8
	5	124,4	26.629	795	591	214	6,4	4,8
	6	75,8	19.140	433	427	253	5,7	5,6
120 - 180	7	28,3	8.288	146	145	293	5,2	5,1
	8	14,1	3.663	61	43	260	4,3	3,0
	9	3,2	1.173	18	16	367	5,6	5,0
> 180 J.	10	0,2	50	1	0	250	4,5	0,0
Summe		620,4	98.276	3.608	3.057	158	5,8	4,9

¹ Excelübergabe der Forsteinrichtungsdaten, 2014

² SCHÖBER, R (1975): Ertragstafeln wichtiger Baumarten. J.D. Sauerländer's Verlag S. 30 - 45

³ Zentralstelle der Forstverwaltung Rheinland-Pfalz - Forsteinrichtung

2. Aufnahmeverfahren

Das Ziel war, durch Stichprobenaufnahmen in ausgewählten Beständen Hinweise für die waldbaulichen Potentiale der Edelkastanie zu erhalten. Dazu wurden in möglichst dichten, d.h. nicht oder wenig behandelten Beständen, wesentliche waldwachstums-kundliche Daten wie Brusthöhendurchmesser und Baumhöhe erhoben und daraus Grundflächen- und Volumenwerte berechnet.

Als Vorlage diente das Stichprobendesign, mit welchem im Rahmen des Projektes im Elsass die Edelkastanienbestände erfasst worden waren. Allerdings gab es hier ebenso wie bei den später durchgeführten Erhebungen in der Ortenau ein anderes Inventurziel: In den beiden südlichen Regionen kommt die Edelkastanie überwiegend im Privatwald vor. Da dieser nicht durch eine Forsteinrichtung inventarisiert ist, liegen keinerlei Daten für Flächen und Vorräte der Edelkastanie vor. Daher wurde hier mit der Stichpro-

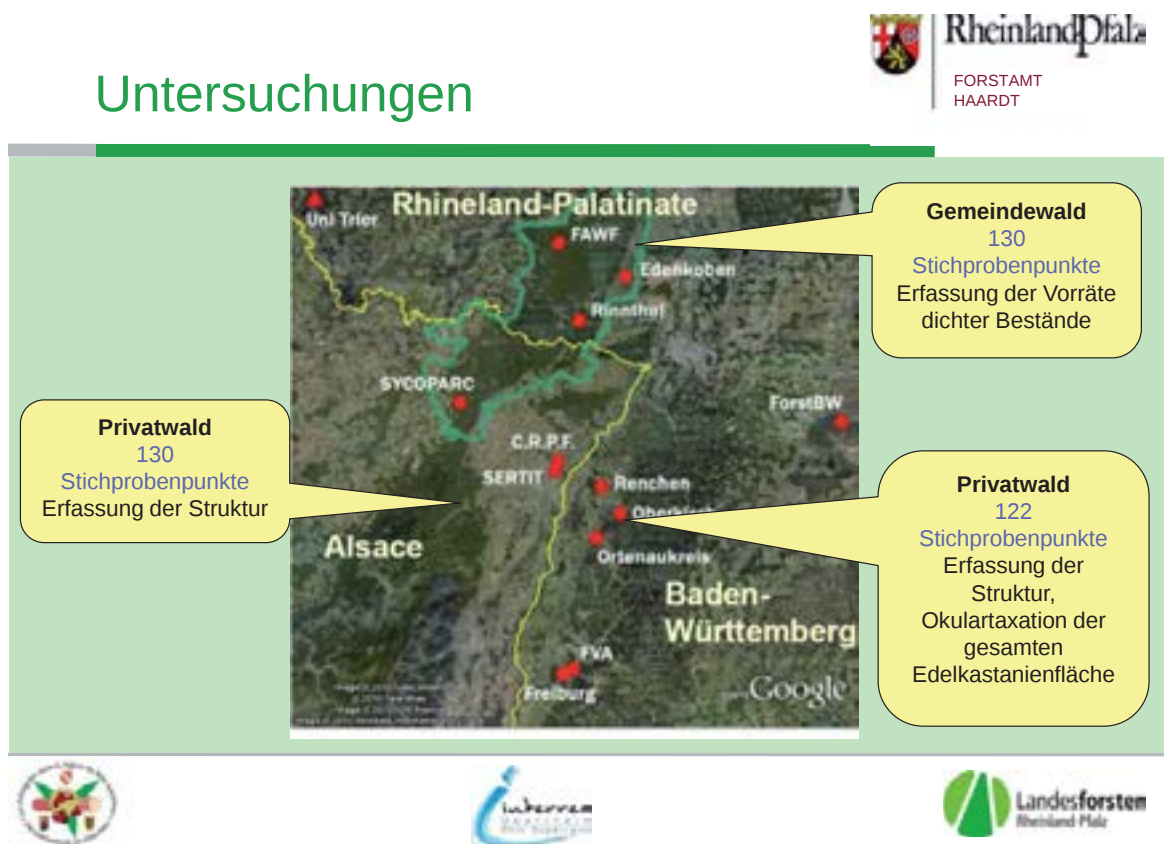
benerhebung eine Ersterhebung der vorkommenden Edelkastanienbestände durchgeführt.

Für die praktische Arbeit sollten für folgende waldbauliche Behandlungsphasen Kennwerte erhoben werden:

- Jungbestände, die sich qualifizieren,
- Dimensionierungsbestände, in denen die Zukunftsbäume ausgewählt und begünstigt werden;
- Reifebestände, in die nur noch mäßig eingegriffen wird
- sowie Bestände im Generationswechsel (Tabelle 2).

In diese vier Straten wurden jeweils mindestens 30 Aufnahmepunkte gelegt.

Abbildung 1:
Gesamtübersicht der Stichprobenerhebungen im Zuge des Interregprojektes⁴



⁴ Wolfgang Wambsganß: Vortrag auf Abschlussveranstaltung des Interregprojektes am 31.10.2012

Tabelle 2:

Bestandestypen für die Stichprobenaufnahme

Phase	Geschätzt ha dichte Bestände	Punkte je ha	Abstand
Qualifizierung: 6-15 Jahre	10	3	50
Dimensionierung: 16-30	10	3	50
Reife: 31-60	Über 50	2	80
Generationswechsel: > 60 Jahre	Über 50	2	80

Die Auswahl der zu erfassenden Bestände erfolgte auf Grundlage von sogenannten „Bestandesverschiedenheiten“. Dies sind mehr oder weniger homogene Bestandstypen, die anhand der führenden Baumart und dem Alter abgegrenzt wurden. Mit der Betriebskarte Produktion von 1989 – 1990 steht eine entsprechende Kartierung zur Verfügung, die für diesen Zweck hervorragend geeignet war. Da die Straten unterschiedliche Flächenausstattung haben, musste die Dichte der Stichprobenpunkte in den Beständen variiert werden.

Auf Vorschlag der örtlichen Revierleiter wurden für die über das Alter definierten waldbaulichen Phasen solche Bestandesverschiedenheiten ausgewählt, die nach deren Kenntnis nicht oder seit über 20 Jahren nicht mehr durchforstet worden waren. Bestände in der Qualifizierungsphase, die noch nicht in der Karte erfasst waren, konnten aufgrund der Revieraufzeichnungen zugeordnet werden. Die Einlage der Punkte wurde vor Ort festgelegt.

Abbildung 2:

Auszug aus der Betriebskarte Produktion des Forstamtes Edenkoben Blatt 1, Stichtag 1989: Stadtwald Edenkoben Abt. Barn. In brauner Farbe sind die Edelkastanienbestände dargestellt, weiterhin ist das Durchschnittsalter der Bestandesverschiedenheiten in der Karte vermerkt.



3. Durchführung der Stichprobenaufnahmen

Die Anlage sowie die Aufnahme der Stichproben erfolgte im Winterhalbjahr 2011 / 2012. Dabei wurden die Stichprobenpunkte mit einem Stahlpflock dauerhaft markiert und die Gauss-Krüger-Koordinaten eingemessen. Die Lage wurde zusätzlich in einer Karte dokumentiert. An den Stichprobenpunkten wurden die Standorts- und Bestandesdaten anhand der in Tabelle 3 dargestellten Parameter erfasst.

Für die Aufnahme der Edelkastanienbestände im Bereich des Forstamtes Haardt wurde ein eigenes

Formblatt für die Bestandestypisierung entwickelt, welches auch in digitaler Form einer Access-Datenbank durch die FAWF bereitgestellt wurde. Mit Hilfe von Feldrechtern erleichterte dies die Aufnahmearbeiten erheblich, da die differenzierten und zahlreichen Auswahl- sowie Beschreibungsmöglichkeiten in der Hauptsache standardisiert waren. Die erfassten Daten sind in Access-Datenbanken gesichert. Für die Auswertungen wurden die jeweils relevanten Werte nach Excel übertragen.

Tabelle 3:

Erfasste Parameter an den Stichprobenpunkten

Standortsdaten:	
	• Höhenlage, Exposition, Neigung, topographische Lage
	• Entnahme des Standortstyps aus der Standortstypenkarte
	• Humusform, mit einem Bohrstock Bodenart, Podsoligkeit, effektive Durchwurzelungstiefe, Skelettanteil, Bodenfarbe
	• Entnahme einer Bodenprobe aus dem B-Horizont für die spätere pH-Wertermittlung
	• Grob-Einschätzung der Nährstoff- sowie Wasserversorgung
Bestandesbeschreibung	
	• Geschätzter prozentualer Anteil der Edelkastanie, welche durch Stockausschlag bzw. Naturverjüngung entstanden ist
	• Anteile der Moos-, Kraut- sowie Strauchschicht in Bezug zur Gesamtfläche
	• Pflegezustand (ohne Eingriff in den vergangenen 10 Jahren, Eingriff ohne Z-Baumauswahl, Eingriff mit Z-Baum-Auswahl, nicht gepflegt aber pflegewürdig)
	• Beschreibung der Schichtung sowie eines evtl. vorkommenden Überhalts
	• Ökologische Kriterien (Grobansprache des liegenden Totholzes, Einschätzung der Sensibilität für das Landschaftsbild)
	• Esskastanienrindenkrebs (Einschätzung von Befallsstufen, Beschreibung der Symptome)
Stichprobenaufnahme	
	• Festlegen des Aufnahmeradius (Ziel: mind. 25 lebende Bäume)
	• Ermittlung der Distanz der Bäume zum Aufnahme-Mittelpunkt
	• Bestimmung der Dichte der Esskastanienstöcke nach einer Distanztabelle
	• Messung aller Durchmesser $\geq 7\text{cm m.R.}$ der im Aufnahmeradius vorkommenden Baumarten differenziert nach Stöcken. In Jungbeständen Messung aller Bäume
	• Ansprache der Merkmale: Entstehung, Qualität, Krankheit (mit Differenzierungsmöglichkeit bzgl. Totholz).
	• Messung von sechs repräsentativen Oberhöhen
	• Einschätzung der durchschnittlichen Höhe des stehenden Totholzes
	• Einschätzung der Verjüngungsanteile
	• Hypovirulenzverdacht
Fotos	
	• Anfertigen eines Panoramafotos sowie eines Fotos des ausgezogenen Bohrstocks
Verbale Beschreibung sonstiger auffälliger Merkmale	

Abbildung 3:

Panoramaaufnahmen der Alterstufen

Beispielhaft dargestellt sind (von oben nach unten):

- o Altersstufe 6-15, Gemeinde Vennigen I 1c Rosentälchen (AP 79);
- o Altersstufe 16-30, Gemeinde Rhodt I 3a Breitel (AP 41);
- o Altersstufe 31-60, Stadt Edenkoben I 3a Gehschleif (AP 62);
- o Altersstufe >60, Gemeinde Rhodt I 1a Rietburg (AP 33).



4. Ergebnisse

Örtliche Verteilung des Rindenkrebses innerhalb des Stichprobennetzes

In Abbildung 4 ist die Lage aller aufgenommenen Stichprobenpunkte in einer Übersichtskarte dargestellt, Abbildung 5 zeigt diese beispielhaft im Detail in der Abt. Barn des Stadtwaldes Edenkoben. Je nachdem, ob in der Stichprobe Bäume mit Rindenkrebs erfasst wurden oder nicht, sind die Punkte in rot = mit Befall oder grün = ohne Befall dargestellt.

Aus der Karte wird deutlich, dass zum Zeitpunkt der Aufnahme der Rindenkrebs sich insbesondere in den nördlich gelegenen Beständen um das Friedensdenkmal konzentriert. Südlich des Edenkobener Tals sind nur 3 Punkte mit befallenen Bäumen aufgetreten. Dies belegt, dass sich der Pilz von einem Infektionsherd ausbreitet. In den Beständen der Abt. Barn wurden vom damaligen Revierleiter Erich Grünenwald erstmalig 2004 infizierte Bäume entdeckt. Der Befall ist in diesem Bereich am stärksten, in den südlichen Bereichen wurden signifikant weniger Bäume mit Rindenkrebsymptomen aufgenommen.

Abbildung 4:
Übersichtskarte der Stichprobenpunkte

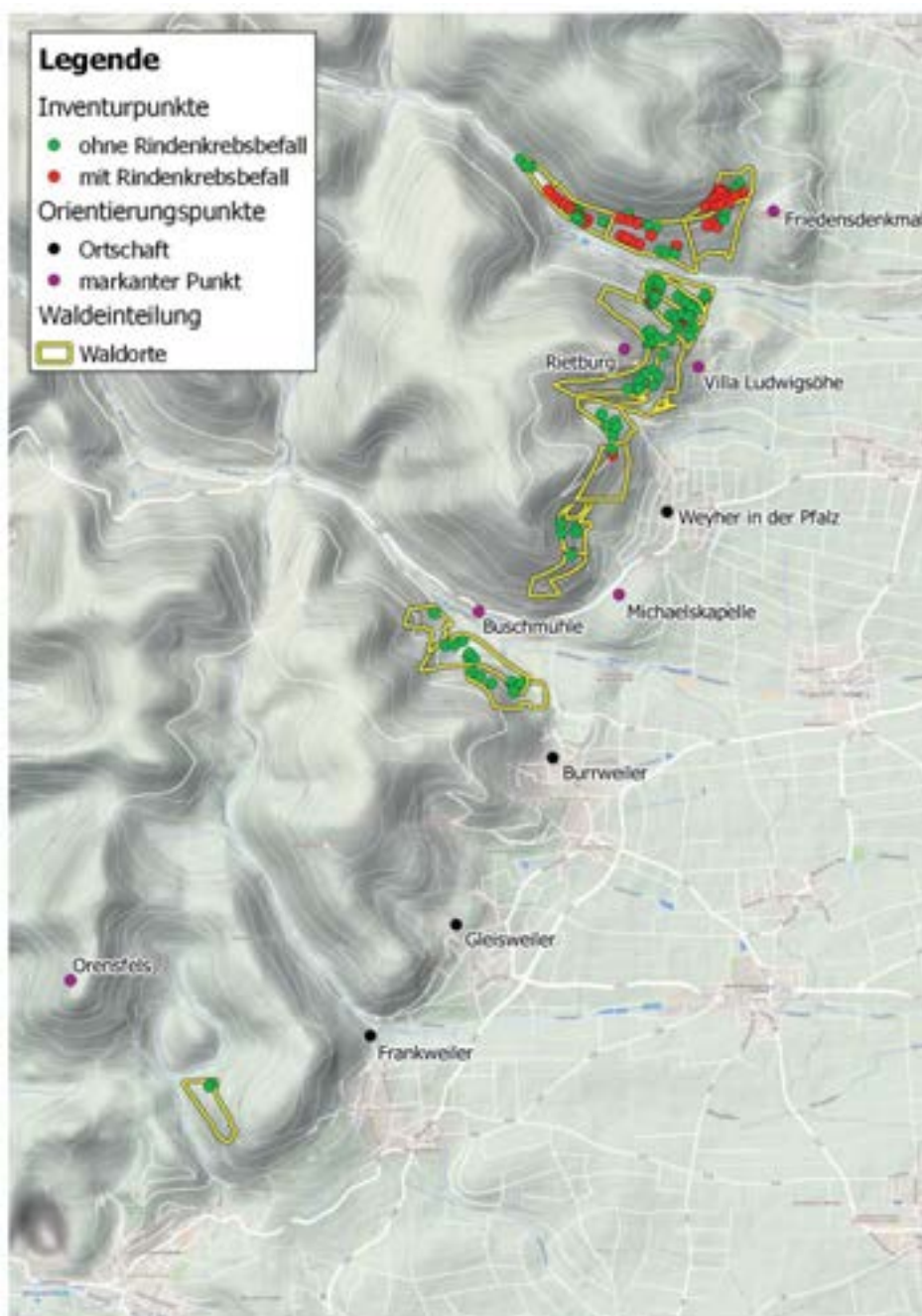


Abbildung 5:
Lage der Stichprobenpunkte, Detailkarte: Stadtwald Edenkoben, Abt. Barn

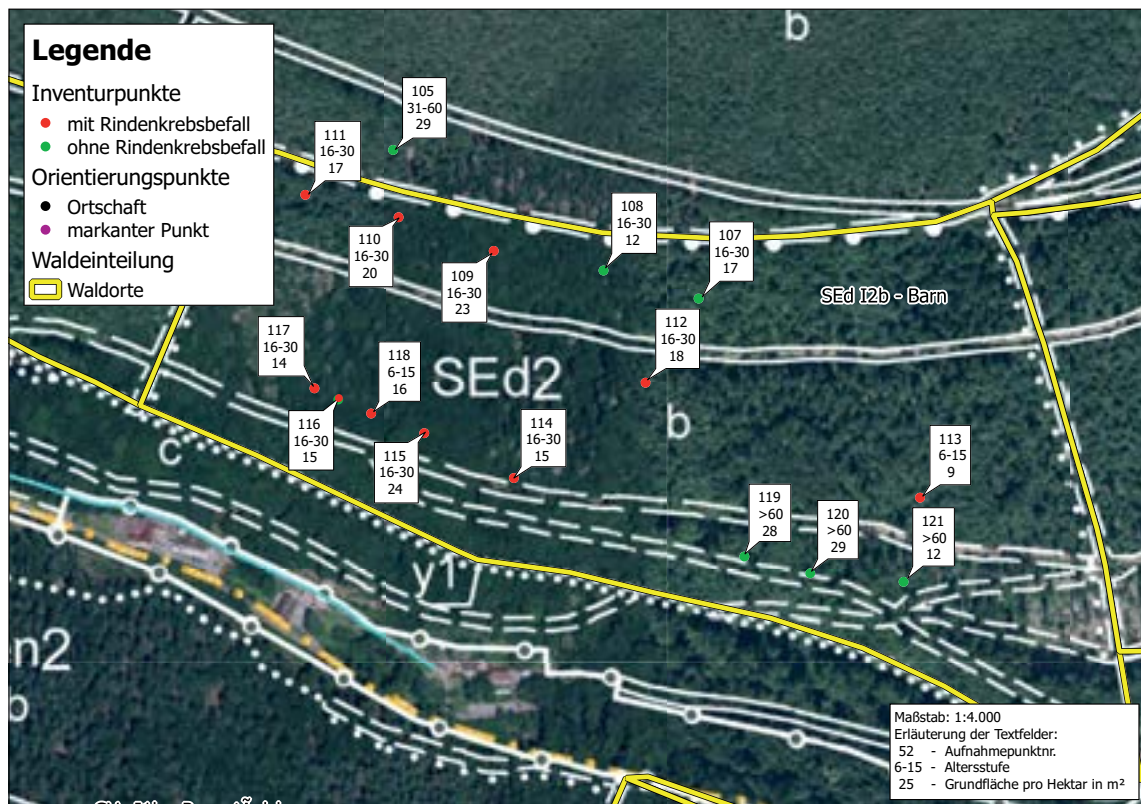
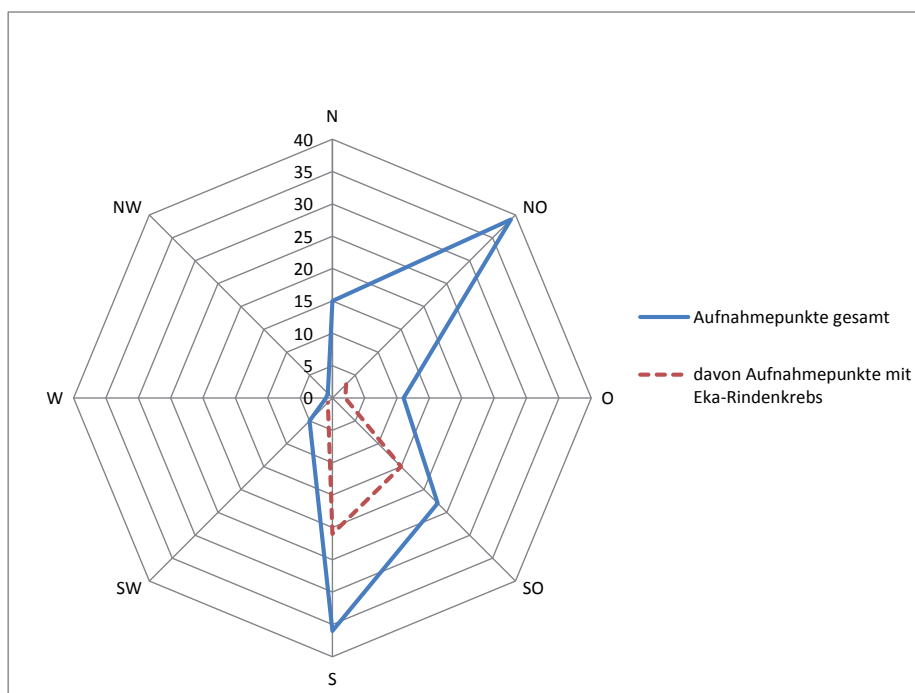


Abbildung 6 stellt die Exposition der Aufnahmepunkte (blaue Linie, N=131) dar. Demnach sind die Stichprobenpunkte hinsichtlich der Hangexposition zwischen Norden, Osten und Süden verteilt. Entsprechend der geographischen Ausrichtung des Haardtrandes sind keine Westexpositionen vorhanden. Die Aufnahmepunkte, bei denen Krebsbefall festgestellt wurde, sind mit der roten Linie visualisiert. Hier zeigt sich eine Häufung des Befalls bei den Expositionen Süd/Südost. Da jedoch die Abteilung Barn, die den Schwerpunkt der Infektion darstellt, nach Südosten

exponiert ist, lässt sich daraus nicht per se ableiten, dass die Infektion durch die Himmelsrichtung beeinflusst wird. Vielmehr ist – entsprechend Abbildung 5 – davon auszugehen, dass die Nähe eines befallenen Baumes entscheidend für die Wahrscheinlichkeit einer Neuinfektion ist.

Abbildung 6:
Exposition der Aufnahmepunkte mit und ohne Krebsbefall



Mittelwerte pro Altersstufe

Die wichtigsten Daten pro Altersstufe finden sich in Tabelle 3 zusammengefasst. Dargestellt sind jeweils die hektarbezogene Stammzahl, der Brusthöhen-durchmesser, die Oberhöhe sowie Bestandesgrund-fläche und -volumen. Die erste Spalte der jeweiligen Parameter stellt den arithmetischen Mittelwert aller Bestandsverschiedenheiten in der jeweiligen Alters-stufe dar. In der zweiten Spalte sind bei der Stamm-zahl die Maximalwerte aufgeführt. Bei Oberhöhe und BHD wurden die 10 höchsten Einzelwerte gemittelt,

während bei Grundflächen und Volumina jeweils die Mittelwerte der Bestandsverschiedenheiten berech-net worden, die größer/gleich dem 90 %-Quantil sind.

Die Übersicht zeigt anschaulich die Variationsbreite der Edelkastanienbestände in den ertragskundlichen Kennwerten. Nachfolgende Abschnitte gehen noch-mals detailliert auf die einzelnen Bestandeswerte ein.

Tabelle 4:

Waldwachstumsdaten pro Altersstufe

Alter mittel	Anzahl [N/ha]		BHD [cm]		Oberhöhe [m]		Grundfläche [m2/ha]		Volumen [Vfm/ha]	
	Mittel	Max	Mittel	Max10	Mittel	Max10	Mittel	Max10%	Mittel	Max10%
6-15	8.949	12.797	5,1	24,2	11,8	21,3	21,3	29,2	87	137
16-30	2.787	8.445	14,2	38,4	18,8	25,6	25,9	53,0	179	411
31-60	741	1.464	22,0	44,7	23,1	32,6	31,7	47,2	284	446
>60	736	1.241	26,9	52,1	25,8	31,6	42,7	60,3	414	631

Stammzahl

Die Zahl der Stockausschläge schwankt zwischen über 12.000 N/ha in den Qualifizierungsbeständen (6-15jährig) und ca. 700 N/ha in den über 60jährigen Beständen. Des Weiteren erbringt der Vergleich

der mittleren und maximalen Werte der Stammzahl, dass die Stammzahlverteilung über alle Stichprobepunkte mit zunehmender Altersstufe immer gleichförmiger wird.

Abbildung 7:
Darstellung der mittleren und maximalen Stammzahl in Abhängigkeit der Altersstufen

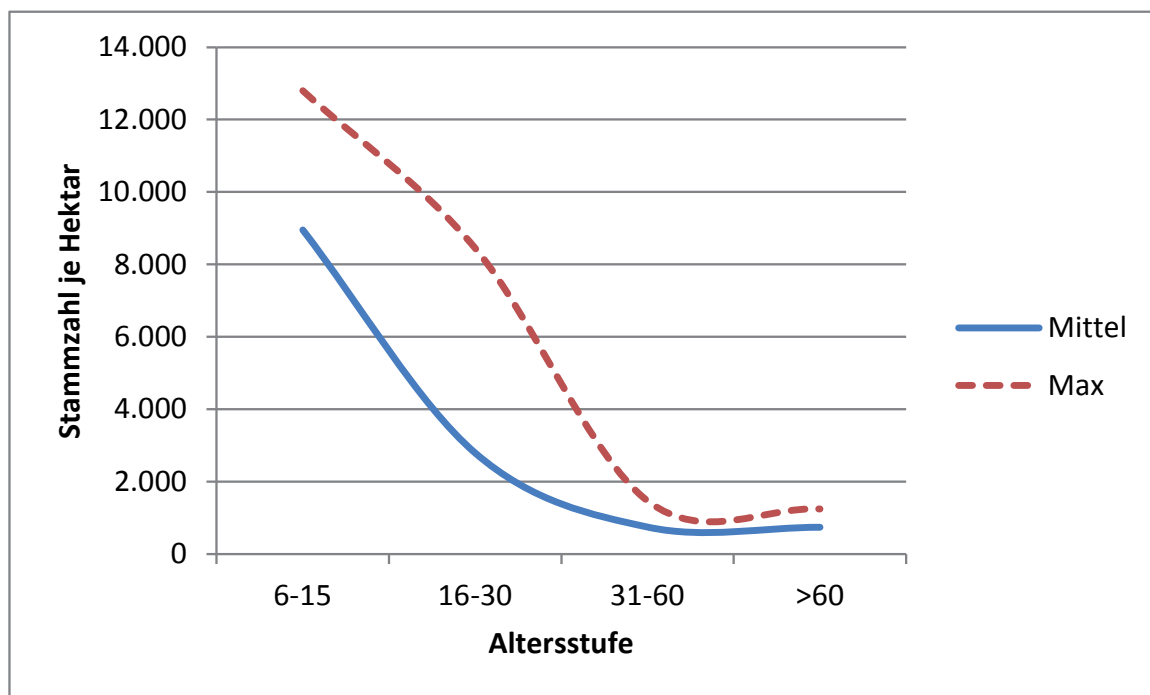


Tabelle 5:

Lebende und tote Stämme pro Altersstufe

Altersstufe	Stämme lebend	Stämme tot
6-15	98,4%	1,6%
16-30	97,3%	2,7%
31-60	95,8%	4,2%
>60	92,1%	7,9%

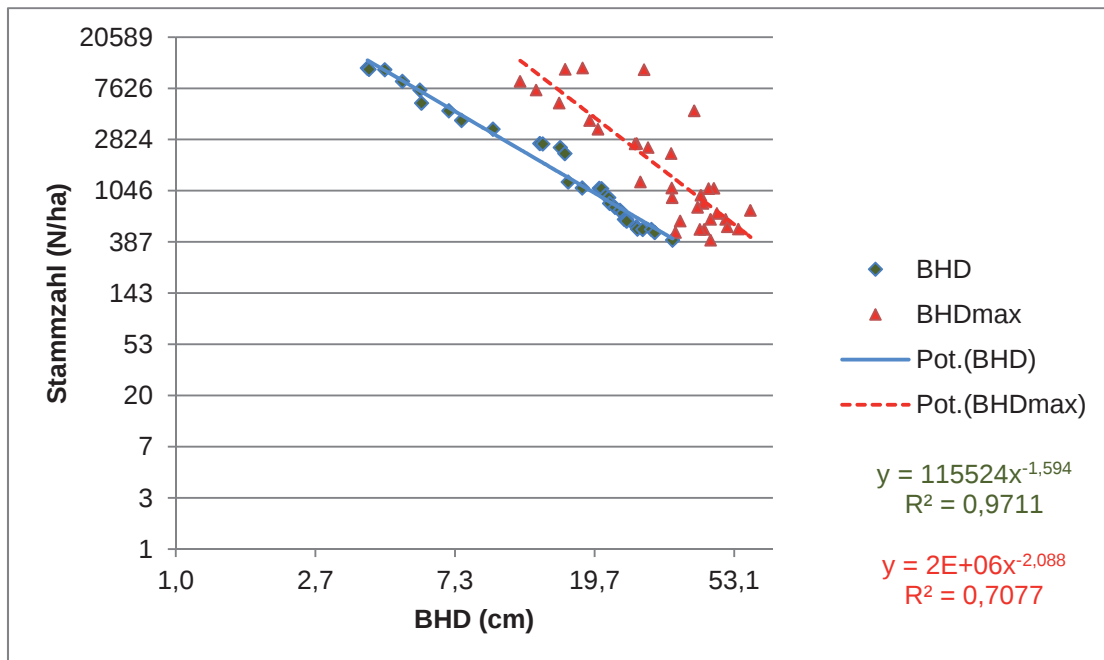
Die Untersuchungsergebnisse lassen auch eine Aussage zur Verteilung lebender und toter Stämme innerhalb der Bestandesverschiedenheiten zu. Dabei steigt der Anteil von stehendem Totholz an der Stammzahl von 1,6% in der jüngsten Altersstufe auf im Schnitt 7,9 % in der Altersstufe größer 60 Jahre (Tabelle 5).

Durchmesserentwicklung und Baumzahl

In Abbildung 8 ist der Zusammenhang zwischen dem mittleren Brusthöhendurchmesser und der Baumzahl je Hektar dargestellt. In der logarithmischen Ausgleichskurve erreichen die maximalen Brusthöhendurchmesser 40 cm bei ca. 1.000 Stockausschlägen pro Hektar.

Abbildung 8:

Zusammenhang zwischen Stammzahl und Mitteldurchmesser (blau) bzw. maximalem Durchmesser (rot). Die Achsen sind in logarithmischer Skalierung (Basis e) dargestellt.

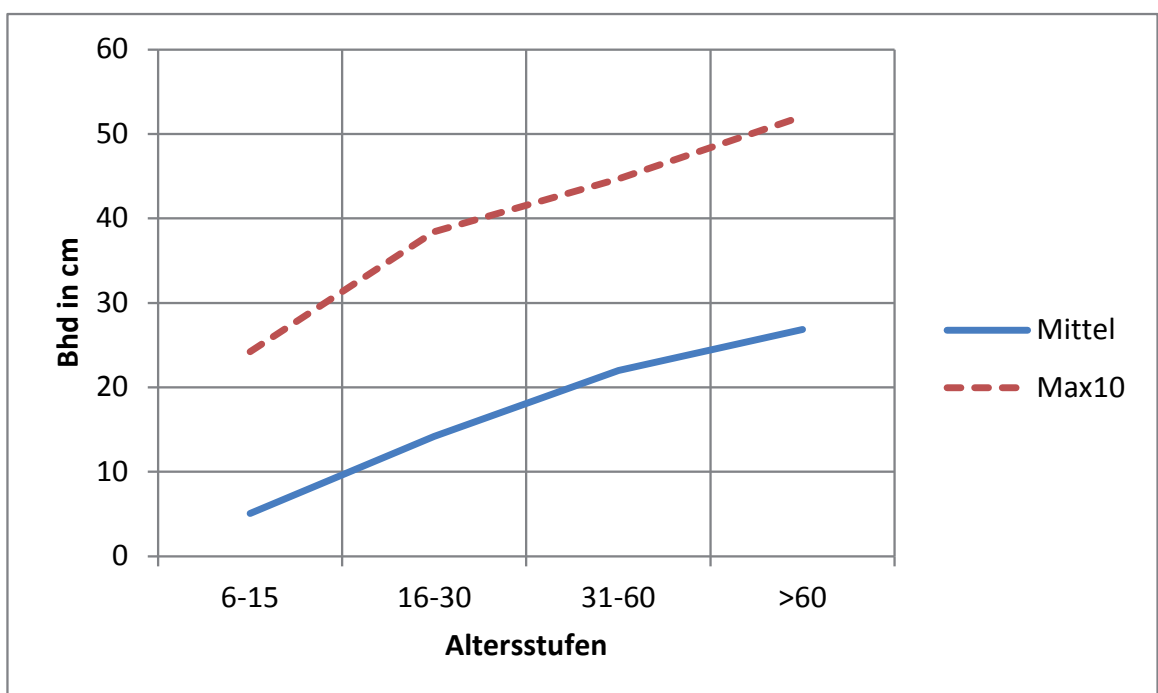


Brusthöhendurchmesser

Die maximalen Durchmesser im Alter 60 erreichen gut 50 cm. Somit ist dieser Zieldurchmesser für Z-Bäume realistisch. Gleichzeitig zeigt sich, dass die

Brusthöhendurchmesser der 10 stärksten Bäume in allen Altersstufen etwa doppelt so groß wie die mittleren BHDs sind.

Abbildung 9:
Brusthöhendurchmesser und Altersstufe

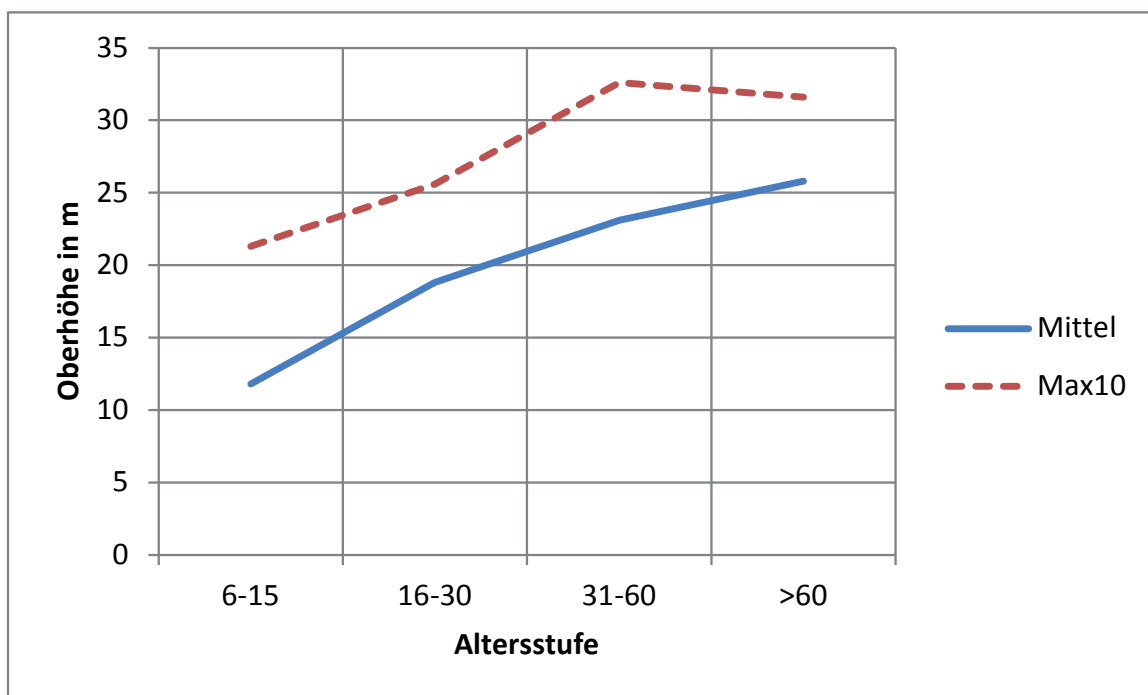


Höhenwachstum

Das Höhenwachstum der Edelkastanie ist von einem rasanten Jugendwachstum geprägt. Der Mittelwert der Oberhöhe unserer Bestände in der Altersstufe „6-15“ mit 11,8 m belegt, dass die Edelkastanie aus Stockausschlag in den ersten 15 Jahren 70 bis 100 cm Höhenzuwachs pro Jahr leistet. In den folgenden Jahren flacht der Höhenzuwachs ab und sie erreicht im Alter „über 60“ ca. 26 m.

Die Kurve „Max10“ stellt den Durchschnittswert der 10 höchsten Bäume dar. Diese erreichen in der Altersstufe „31-60 Jahre“ über 30 m und sind ca. 5 Meter höher als die durchschnittlichen Oberhöhen. Eine Differenzierung des Höhenzuwachses nach Standorten zeigt keine Unterschiede.

Abbildung 10:
Oberhöhen pro Altersstufe



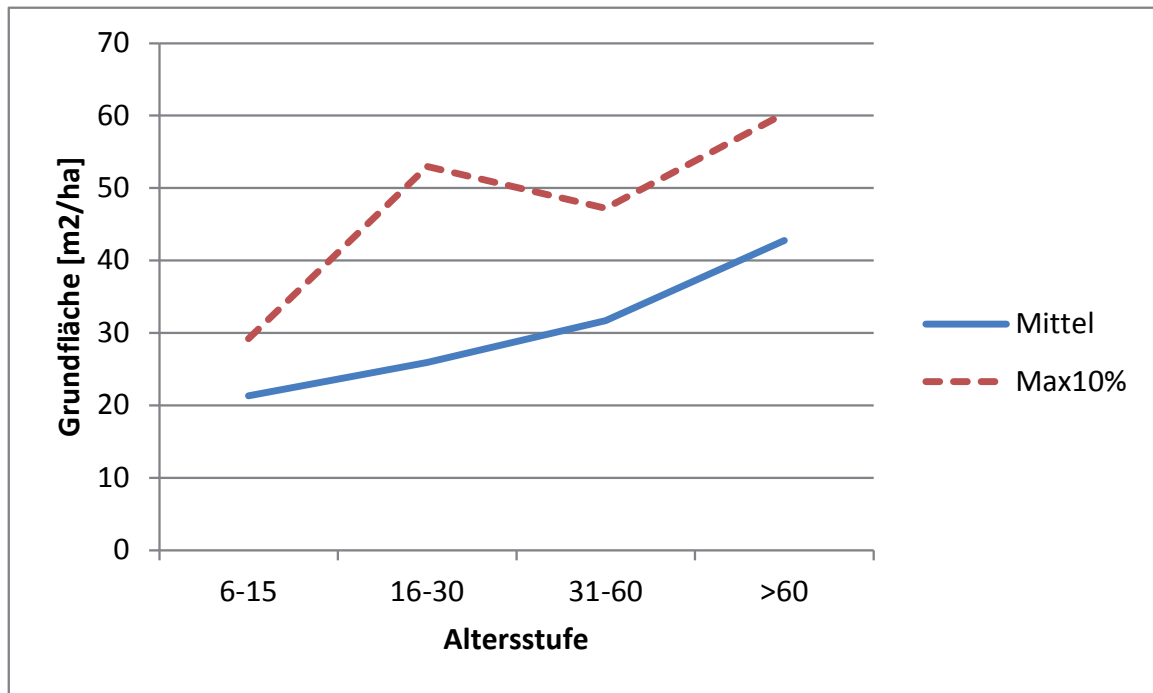
Grundflächen

Die Grundfläche erreicht bei den Beständen der Altersstufe „6-15“ im Mittel 20 m² / ha. Der Mittelwert der 10 % dichtesten Bestände liegt hier bei 29 m² / ha.

Ab Alter 30 können 50 und mehr m² pro Hektar erreicht werden, wobei die Behandlungsgeschichte einen wesentlichen Einfluss haben dürfte. D.h. in vielen der aufgenommenen Bestände dürften - entgegen der ursprünglichen Einschätzung durch die örtlich zu-

ständigen Revierleiter - die Grundflächen durch Eingriffe abgesenkt worden sein. Somit entsprechen die gemessenen Mittelwerte nicht dem Maximum, wie es in der ursprünglichen Zielsetzung für die Aufnahme formuliert war.

Abbildung 11:
Grundflächen und Altersstufen

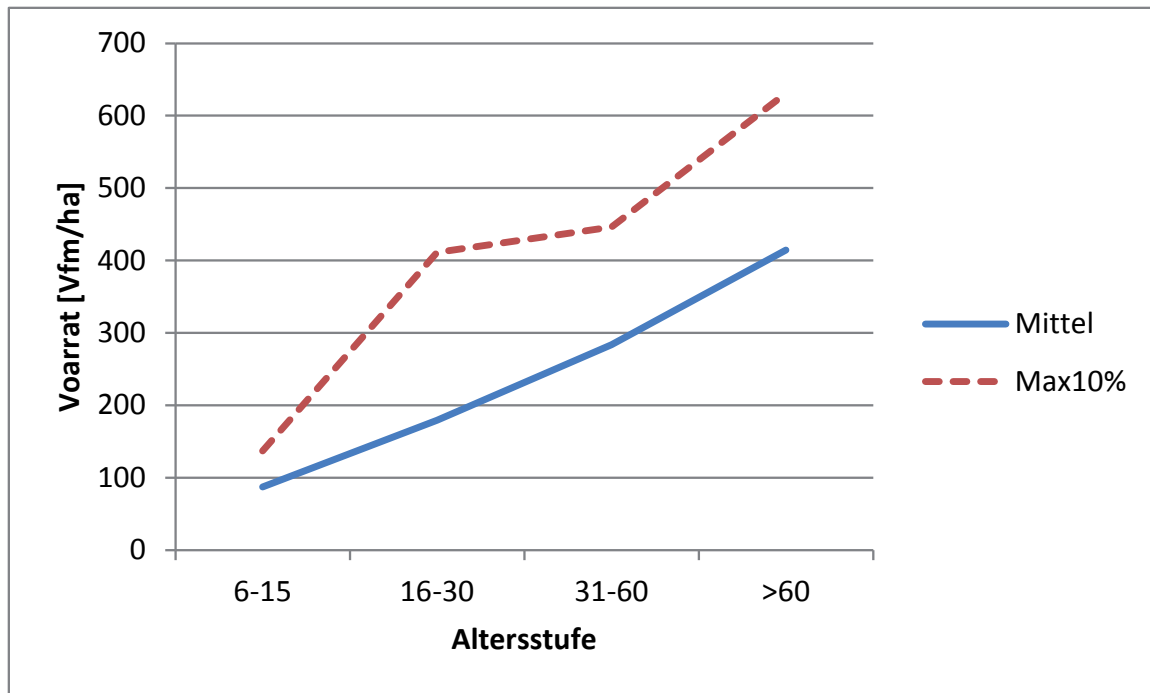


Vorrat

Da es keine Formzahl für die Edelkastanienstockausschläge gibt, wurden die Volumina der Einzelbäume über das Produkt aus Grundfläche, Bestandesmittelhöhe (hergeleitet aus dem arithmetischen Mittelwert von 6 gemessenen Oberhöhen, der mit dem Faktor 0,9 reduziert wurde) und 0,42 (vereinfach-

ter Formzahlfaktor) hergeleitet. Die Vorratsentwicklung der gemessenen Edelkastanienbestände verläuft analog zur Grundfläche. Bereits mit 15 Jahren stocken in den Stockausschlagbeständen 120 fm / ha. Der Mittelwert der über 60jährigen Bestände erreicht 400 fm / ha. Die Maximalwerte betragen über 600 fm / ha.

Abbildung 12:
Vorrat und Altersstufen



5. Diskussion

Aussagekraft der Stichproben

Insgesamt ist festzustellen, dass die Altersstraten für exakte ertragskundliche Auswertungen ein zu breites Spektrum abdecken. Insbesondere in den beiden ersten Altersstufen „6-15 Jahre“ sowie „16 bis 30 Jahre“ ist die Dynamik der Edelkastanie enorm. Somit ist die Mittelwertbildung problematisch, da ein 6jähriger und ein 15jähriger Stockausschlag sehr unterschiedliche Werte aufweisen.

Hinzu kommt, dass die Altersangaben aus der Betriebskarte Produktion der Jahre 1989/91 hergeleitet wurden, die von den vorherigen Inventuren fortgeschrieben wurde. Hier sind Unschärfen immanent. Bei den unter 25jährigen Stockausschlägen, bei denen die Aufzeichnungen der Revierleiter verwendet wurden, ist von einer besseren Datenqualität auszugehen.

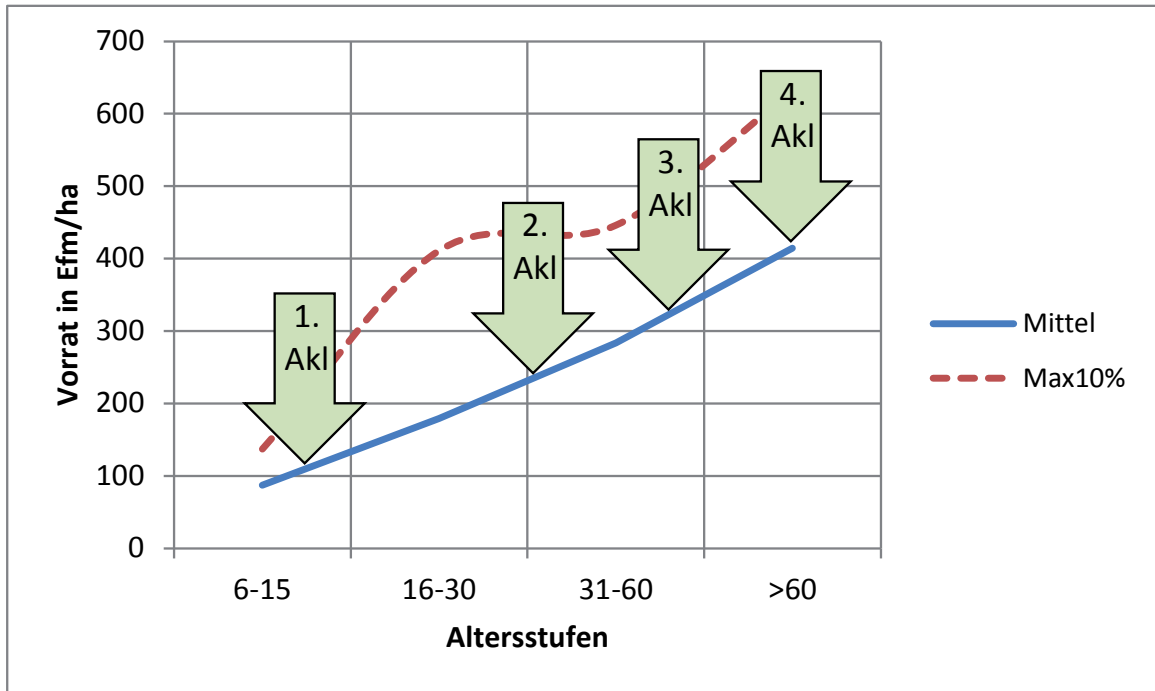
Obwohl die quantitative wie qualitative Ansprache der Bodeneigenschaften sehr differenziert durchgeführt wurde, konnten über die gesamte Datenmenge gesehen keine eindeutig statistisch belegbaren

Abhängigkeiten zwischen Standort und Wuchsleistung der Edelkastanie nachgewiesen werden. Dies dürfte nach Einschätzung der Autoren in erster Linie an der Verwendung der groben Alterseinschätzung liegen, aber auch an der Tatsache, dass einige der aufgenommenen Edelkastanienbestände in der Vergangenheit doch einer Bewirtschaftung unterlegen haben. Dies würde die deutlich geringere Grundfläche in der Altersstufe 31-60 Jahre gegenüber der Altersstufe 16-30 Jahre erklären. Viele der über 60-jährigen Edelkastanienbestände, die tatsächlich weitestgehend unbehandelt erscheinen, stocken auf nur mäßigen Standorten, weisen dennoch teilweise sehr hohe Grundflächen pro Hektar auf.

Folgerungen für die Praxis

Um die Ergebnisse der Stichprobeninventur mit der Forsteinrichtung vergleichen zu können, wurden näherungsweise anhand der Kurve „mittlere Vorräte je Altersstufe“ grafisch Werte für die Altersklassen hergeleitet. In Abbildung 13 sind diese Werte miteinander verglichen:

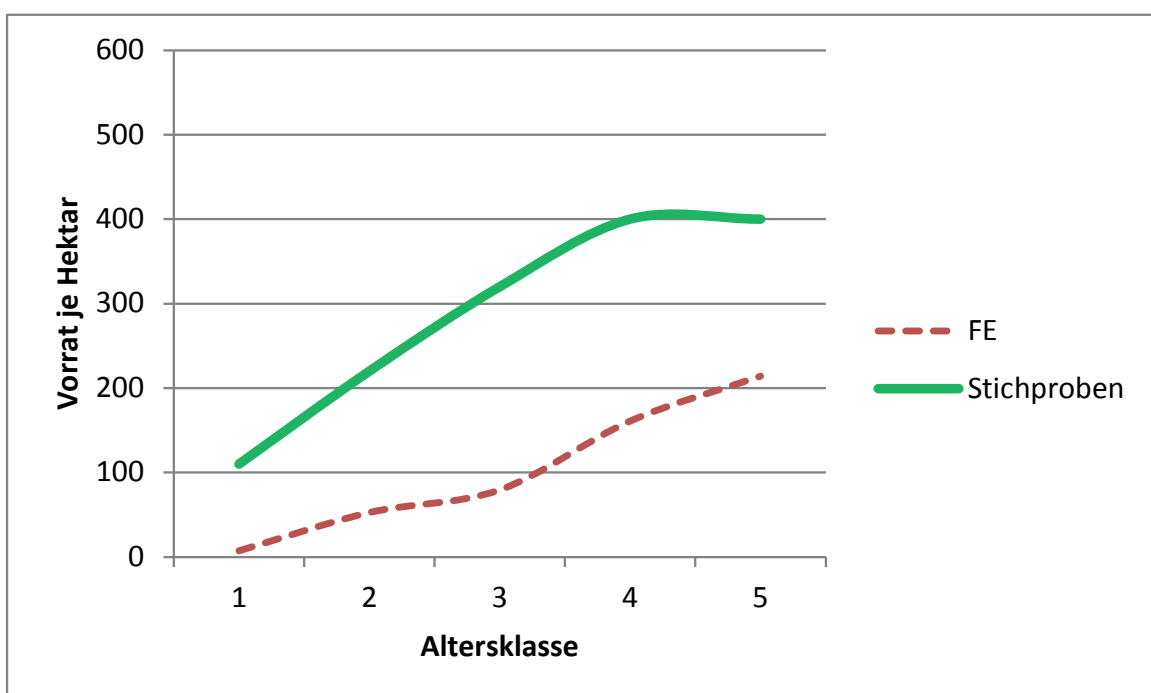
Abbildung 13:
Vorräte der Altersbereiche, Übertragung auf die Altersklassen



Danach zeigen die Ergebnisse der Stichprobenerhebung für die Edelkastanien-Stockausschlagbestände deutlich höhere Holzvorräte im Vergleich zu den Schätzungen der Forsteinrichtung. Es ist daher davon

auszugehen, dass die Vorräte der Kastanienbestände in den ersten 3 Altersklassen mindestens doppelt so hoch sind, wie in den bisherigen Forsteinrichtungswerken veranschlagt.

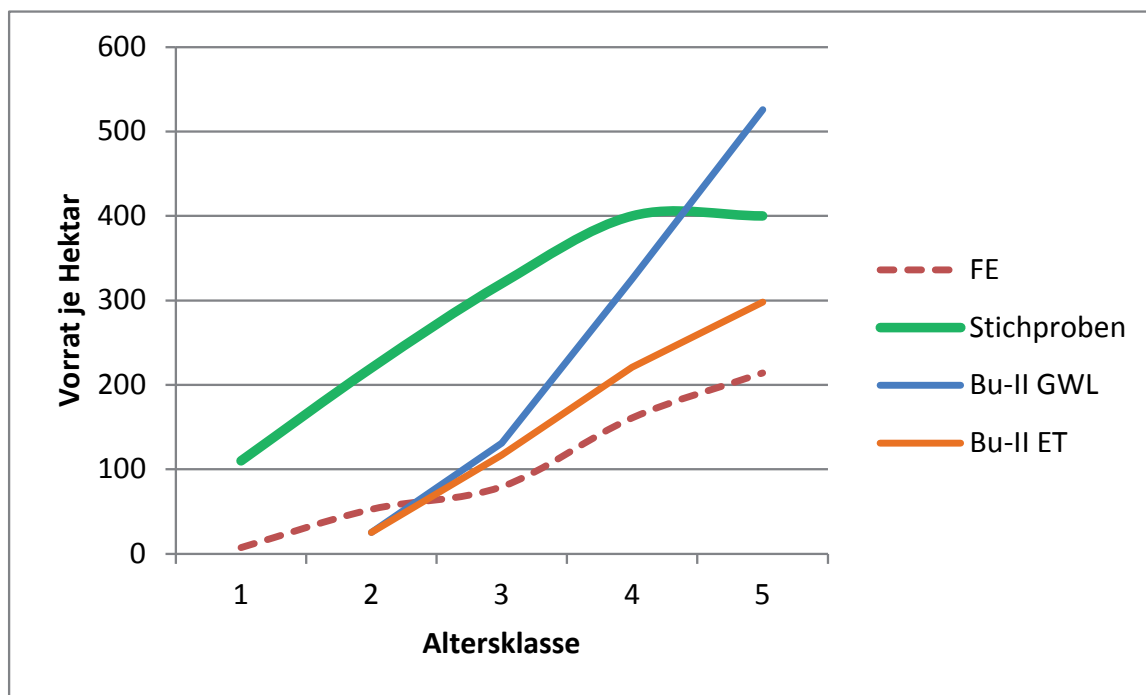
Abbildung 14:
Vorräte je Hektar, Vergleich Stichprobeninventur und Forsteinrichtung



Werden die gemessenen Bestandeswerte (Abbildung 14) zusätzlich mit den Ertragstafelwerten für Buche II. Ertragsklasse verglichen, auf Basis derer zugleich die Forsteinrichtungsdaten durch Erhebung von Bestandesalter, Bonität und Bestockungsgrad

abgeleitet wurden, so übersteigen die realen Bestandesvorräte bis zur 4. Altersklasse sogar die Gesamtwuchsleistung (GWL) pro Hektar nach der o.g. Ertragstafel (vgl. Abbildung 15).

Abbildung 15:
Vorräte je Hektar; Vergleich mit Ertragstafel



Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass die Nutzungsmöglichkeiten daher deutlich höher sind als bisher von der Forsteinrichtung veranschlagt. Die Ergebnisse unterstützen demnach die Erfordernis der Anpassung des nachhaltigen Hiebssatzes der Kastanienbestände an die naturräumlichen Gegebenheiten.

Aus betrieblicher Sicht ist das jährliche Einschlagsprogramm des Forstamtes Haardt damit an die hohe Wuchsleistung insbesondere der jungen Kastanienbestände anzugleichen. Maßgebliche Gründe hierfür sind nicht rein auf eine Ausschöpfung des Rohstoffpotentials bezogen, sondern müssen auch im waldbaulichen Kontext, insbesondere der Erziehung von Wertholz diskutiert werden. Unbehandelte oder nur schwach durchforstete Stockausschlagbestände füh-

ren zu hohen Anteilen an schwachem Totholz. Da das Durchmesserwachstum der Ausschläge nach dem Kronenschluss stark absinkt, steigt andererseits der Anteil von Ringschäle in den dichten Beständen. Dem kann nur durch eine frühzeitige und stetige Begünstigung von Zukunftsbäumen begegnet werden. Falls die Massenleistung als Wirtschaftsziel in den Vordergrund gestellt wird, erscheint die Nutzung als Niederwald mit Nutzungsansätzen von 200 bis 300 fm im 30jährigen Umtrieb zielführend.

URSACHENANALYSE DER RINGSCHÄLE BEI EDELKASTANIE (*CASTANEA SATIVA* [MILL.]) IN RHEINLAND-PFALZ

KAI HUSMANN¹, JOACHIM SABOROWSKI^{2,3} UND FRANTIŠEK HAPLA⁴

¹Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt, Abteilung Waldwachstum, Göttingen

²Georg-August-Universität-Göttingen, Abteilung Ökoinformatik, Biometrie und Waldwachstum, Göttingen

³Georg-August-Universität-Göttingen, Abteilung für Ökosystemmodellierung, Göttingen

⁴Georg-August-Universität-Göttingen, Abteilung Holzbiologie und Holzprodukte, Göttingen

Zusammenfassung

Um hochwertiges Edelkastanien-Stammholz zu produzieren, muss die häufig auftretende Ringschäle minimiert werden. Derzeit ist etwa jeder dritte Baum über 45 cm Brusthöhendurchmesser von diesen Ringrissen betroffen, die zu einer enormen Wertminderung des Holzes führen können. Ringschäle ist das Resultat aus inhomogener Spannung im Stamm und unterschiedlich spannungsresistenter Stammbereiche. Ringrisse entstehen, wenn die Holzspannungen sich entlang der Frühholzgefäße eines Jahresringes entladen. Ziel dieser Arbeit ist es, die Ursachen der Ringschäle über eine statistische Datenanalyse zu bestimmen.

Für die Analyse liegen Klimadaten und Stammproben aus 6 Edelkastanien Reinbeständen unterschiedlicher Behandlungsintensität vor. Insgesamt wurden 55 Bäume aus dem Wuchsbezirk „*Pfälzerwald*“ (Forstamt Haardt) beprobt.

Aus den Jahresringreihen geht hervor, dass Edelkastanien typischerweise in den ersten 25 bis 30 Jahren extreme Wachstumsschwankungen zeigen. Es zeigt sich, dass Zuwachspotenzial und die Neigung zu Wachstumssprüngen nach 40 Jahren gering sind. Neben der artspezifischen Wuchscharakteristik der Edelkastanien fördert abschnittsweise ungünstige und schwankende Witterung Wachstumsschwankungen. Auch die Behandlungsintensität ist ein Einflussfaktor für Wachstumsschwankungen. Je stärker die Behandlungsintensität, desto höher sind Baumwachstum und Wachstumsschwankungen. Es zeigt sich, dass ein statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen Wachstumsschwankungen und Ringschälewahrscheinlichkeit besteht.

Deshalb sollte eine wertholzproduzierende Edelkastanienbewirtschaftung in den ersten 25 Jahren des Bestandes nicht nur auf starken Holzvolumenzuwachs setzen, sondern Konkurrenz zulassen, um Wachstum und Wachstumsschwankungen zu mindern.

Das nachfolgende Kapitel ist 2013 als Originalbeitrag im *Forstarchiv* (84, S. 107-118) erschienen.

Résumé

Afin de produire des grumes de châtaignier de qualité, il convient de réduire le plus possible le phénomène de la roulure qui se produit fréquemment sur cette essence. Actuellement, parmi les châtaigniers d'un diamètre à hauteur d'homme supérieur à 45 cm, un tiers sont concernés par ces décollements de cernes qui peuvent entraîner une dépréciation massive du bois. La roulure résulte de tensions inhomogènes dans les troncs, dont les parties présentent des degrés de résistance différents. La fissuration se produit quand les tensions se déchargent le long des vaisseaux du bois de printemps. L'objectif de ce travail est de déterminer les causes de la roulure au moyen d'une analyse statistique.

Les données climatiques et des prélèvements de troncs provenant de 6 peuplements purs de châtaigniers présentant diverses intensités de traitement sylvicole ont été traités pour cette analyse. Un total de 55 arbres provenant de la zone naturelle du Pfälzerwald (Forstamt Haardt) ont fait l'objet de prélèvements.

Il ressort de l'étude des cernes que les châtaigniers présentent des variations de croissance extrêmes au cours des 25 à 30 premières années. On a également constaté que le potentiel d'accroissement et la tendance à présenter des poussées de croissance deviennent faibles à partir de 40 ans. En plus de cette prédisposition spécifique à l'essence en question, les conditions météorologiques défavorables et changeantes favorisent étatement les fluctuations de croissance chez le châtaignier. L'intensité du traitement sylvicole joue également un rôle. Plus elle est forte, plus la croissance et les fluctuations de croissance sont importantes. On constate une corrélation statistique significative entre les fluctuations de croissance et la probabilité de la présence de roulure.

Par conséquent, au cours des 25 premières années d'un peuplement destiné à la production de bois de qualité, la gestion sylvicole ne devrait pas avoir pour seul objectif un fort accroissement du volume sur pied mais aussi de permettre une certaine concurrence afin de limiter la croissance et ses fluctuations.

Einleitung

Die Edelkastanie (*Castanea sativa* [Mill.]) ist eine frühkulminierende, stockausschlagfähige Laubholzbaumart mediterraner Herkunft. Obwohl der Edelkastanienbaum selbst winterhart ist, sind Frucht und Verjüngung sehr frostsensitiv. Daher ist die Verbreitung der Edelkastanie weitestgehend auf wintermilde Regionen beschränkt. Des Weiteren sind saure, frische (aber nicht staunasse), nährstoffreiche aber kalziumarme und tiefgründige Böden ideale Edelkastanienstandorte (ECKER ECKHOFEN et al. 2006). In der Fachliteratur wird angegeben, dass Edelkastanienbestände eine mittlere Jahrestemperatur von 9 bis 12 °C und einen jährlichen Niederschlag von mindestens 700 mm Wassersäule benötigen. Auf Böden mit guter Wasserversorgung ist ein Mindestniederschlag von 600 mm nötig (LEMAIRE 2008a). Laut ECKER ECKHOFEN et al. (2006) erträgt die Edelkastanie auch minimale Jahrestemperaturen von 8 °C. Die Vegetationszeit muss mindestens 100 Tage betragen. Dementsprechend sind deutsche Edelkastanienbestände vor allem in rheinland-pfälzischen Weinbaugebieten und dem Schwarzwald zu finden (ECKER ECKHOFEN et al. 2006, HAHN 2004). Das Holz der Edelkastanie ist ringporig und das Kernholz ist von besonders hoher Dauerhaftigkeit (PFABIGAN 2006). Die Frühholzporen sind im Vergleich zu Eichenarten sehr groß und die Radialstrahlen sind vergleichsweise sehr schmal (FERRAND 1980).

Motivation

In der Vergangenheit wurden Edelkastanienbestände im Kurzumtrieb behandelt. Demnach wurden vor allem gering dimensionierte Holzsortimente vermarktet. Aktuell sind hochwertige Stammholzsortimente jedoch stark nachgefragt, da Holzprodukte wie Parkett, Vollholzmöbel oder Furnier aus Edelkastanienholz europaweit sehr populär sind (FONTI 2002). Um dieses Marktpotential nutzen zu können, müssen Waldbesitzer die Niederwälder, aus denen zur Zeit eher zufällig und unregelmäßig Stammholzsortimente anfallen, in wertholzproduzierende Hochwälder umwandeln (METTENDORF 2007).

Dieser Umbau ist mit besonderen Herausforderungen an die waldbauliche Behandlung verbunden, weil sich die Gefahr der Ringschälebildung mit steigender Baumdimension erhöht. In Beständen mit mittlerem Brusthöhendurchmesser über 45 cm ist etwa jeder dritte Baum von Ringschäle betroffen. Eine Minimierung des Risikos ist daher für eine ökonomisch rationale Wertholzproduktion unabdingbar (HAHN 2004, STRALLHOFFER 2006).

Ringschäle

Die Ringschäle ist ein Riss im Holzkörper, der sich in tangentialer Richtung entlang eines Jahresringes zieht. Sie ist bei der Holzverarbeitung ein großes Problem, da die Schnittholzausbeute reduziert wird. Der Wertholzanteil des Stammes sinkt folglich enorm (FONTI 2002). „*Gesunde Ringschäle*“ nach FONTI et al. (2002) und CHANSON et al. (1989) sind Ringrisse, die nicht durch unmittelbare Schadereignisse begründet sind. Risse in Folge von Kambiumschädigung, beispielsweise durch Feuer, Frost, Insekten, Pilze oder Beschädigungen bei der Holzernte, werden als „*traumatische Risse*“ bezeichnet (Abb. 1).

Bei gesunder Ringschäle wird wiederum zwischen zwei Typen unterschieden. Die „*Ablösung*“ ist ein Riss, der sich meistens entlang einer Jahresringgrenze zieht. Es ist der typische Riss, der beim Trocknen von Holz entsteht. Die Edelkastanie ist gegenüber Ablösungsrisen nicht anfälliger als andere Baumarten. Der „*Bruch*“ ist ein Riss, der sich reißverschlussartig durch die großlumigen Frühholzporen zieht und die Holzzellen zerstört (Abb. 2). Edelkastanie ist extrem anfällig gegenüber Bruchrisen. Bei anderen ringporigen Laubhölzern tritt diese Form von Rissen seltener auf (FONTI 2002).

Die Ursachen der Ringschäle (Bruch) sind vielfältig und nicht vollständig aufgeklärt. Grundsätzlich wird Ringschäle in der Fachliteratur übereinstimmend als das Ergebnis von axialen Spannungsentladungen entlang weniger spannungsresistenter Holzstrukturen beschrieben (ECKER ECKHOFEN et al. 2006, FONTI et al. 2002, LANG 2007, METTENDORF 2007, ZINGG u. GIUDICI, 2005). Beim Baumwachstum entstehen unweigerlich Bereiche mit unterschiedlichen Spannungsverhältnissen. Bei dieser Eigenspannung („*support stresses*“) FONTI 2002) nimmt die Spannung vom Kambium bis zum Mark stetig ab. Die entwickelten Kräfte reichen nicht aus, um die großlumigen Frühholzgefäße reißen zu lassen. Edelkastanien neigen bei Wachstumsstress dazu, bei den Frühholzzellen kleinere Gefäße und mehr Holzstrahlen auszubilden. Später weisen diese Frühholzschichten eine erhöhte Spannungstoleranz auf (FERRAND 1980). FONTI u. SELL (2003) konnten zeigen, dass die Breite des Jahresringes und Risstoleranz positiv korreliert sind. Durch unterschiedliche Jahresringbreiten im Stamm können die Spannungen verschoben und überlagert werden und es kann zu einer inhomogenen Kräfteverteilung („*maturation stresses*“) (FONTI 2002) im Stamm kommen. Diese inhomogene Spannungsverteilung im Stamm konnte von FONTI et al. (2002) gemessen und nachgewiesen werden.

Abbildung 1:

Traumatische Ringschäle an einer Stammscheibe aus Parzelle F. Verfärbtes Rissereignis in Folge von starkem Frost aus dem Jahr 1956.



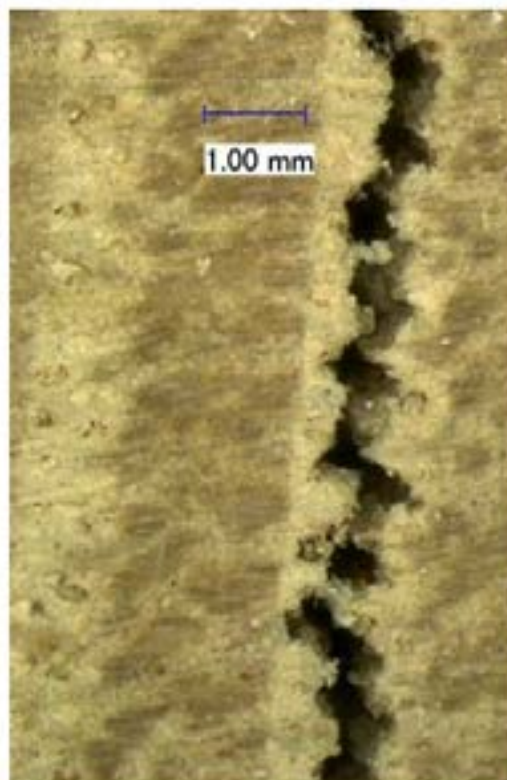
Abbildung 2:

Die beiden Typen der gesunden Ringschäle. Links: Ablösung. Rechts: Bruch.

Ablösung



Bruch



Zielsetzung

In dieser Arbeit wird der Einfluss von waldbaulicher Behandlung und klimatischen Bedingungen auf die Ringschälwahrscheinlichkeit unter Berücksichtigung des spezifischen Wuchsverhaltens der Edelkastanie anhand von Holzproben aus dem Forstamt Haardt in Rheinland-Pfalz geprüft.

Material und Methoden

Alle Datenanalysen und Grafiken werden mit dem Statistikpaket R erstellt (R DEVELOPMENT CORE TEAM 2011).

Standörtliche Parameter

Die standörtlichen Bedingungen der 6 Versuchsbestände sind vergleichbar. Es sind für das Wuchsgebiet „Pfälzerwald“ typische frische Braunerden auf Buntsandstein (VON LÜPKE 2008). Die Beschreibungen des

Bestandes (Tabelle 1) und der Bestockung (Tabelle 2) sind Primärinformationen aus dem Forstamt Haardt (WAMBSGANSS 2011).

Die waldbaulichen Strategien unterscheiden sich zwischen den Stichprobenorten. Die Parzellen sind entweder unbehandelt (Naturwald), im extensiven Niederwaldbetrieb behandelt oder einzelbaumweise intensiv freigestellt (Z-Baum) worden. Die Bewirtschaftungskonzepte unterscheiden sich also grundlegend in der Intensivität ihrer Durchforstung. Leider liegen keine quantitativen Informationen zum ausscheidenden Durchforstungsvolumen vor. Abb. 3 zeigt einen in Hochwald überführten Edelkastanenbestand in hohem Alter. Je Behandlungsart gibt es eine junge und eine ältere Parzelle. In jeder Parzelle außer E werden 10 Probestämme ausgewählt. Aus Parzelle E werden 5 Bäume für die Stichprobe gewählt.

Tabelle 1:

Zusammenfassung der Standortsinformationen.
U.Bst. = Unterer Buntsandstein, Zst. = Zechstein.

	Parzelle A	Parzelle B	Parzelle C	Parzelle D	Parzelle E	Parzelle F
Grundgestein	U. Bst./ Zst.	U. Bst.	U. Bst.	U. Bst./ Zst.	U. Bst./ Zst.	U. Bst./ Zst.
Bodenart	Lehmsand	Sand	Sand	Lehmsand	Lehmsand	Lehmsand
Bodentyp	Braunerde	Braunerde	Braunerde	Braunerde	Braunerde	Braunerde

Tabelle 2:

Zusammenfassung der Bestockungsinformationen.

	Parzelle A	Parzelle B	Parzelle C	Parzelle D	Parzelle E	Parzelle F
Bestandesalter	63 Jahre	27 Jahre	39 Jahre	64 Jahre	24 Jahre	ca. 100 Jahre
Behandlung	Naturparzelle	Niederwald	Naturparzelle	Niederwald	Z-Baum	Z-Baum
Mittlerer BHD	38,35cm	26,88cm	26,93cm	34,73cm	26,00cm	45,5cm

Abbildung 3:
Parzelle F.



Klimadaten

Die Daten stammen aus der Datenbank des Landesamtes für Umwelt, Wasserwirtschaft und Gewerbeaufsicht Rheinland Pfalz (LUWG). Für alle Bestände liegen interpolierte Daten der Durchschnittstemperatur [°C] und des summierten Niederschlages [mm Wassersäule] für den Zeitraum von 1961 bis ein-

schließlich 2008 auf Tagesbasis vor. Für Parzelle F liegen zusätzlich Monatswerte dieser Parameter von 1901 bis 1960 vor. Die Jahresdurchschnittstemperatur der Fläche F unterscheidet sich im gesamten Zeitraum von der Jahresdurchschnittstemperatur der anderen Flächen (Tabelle 3).

Tabelle 3:

Beschreibende Statistik der klimatischen Bedingungen

	Parzellen A bis E		Parzelle F	
	Jahresmitteltemperatur [°C]	Mittlerer Jahresniederschlag [mm]	Jahresmitteltemperatur [°C]	Mittlerer Jahresniederschlag [mm]
Mittelwert	9,47	762,70	8,42	764,00
Minimum	8,12	491,80	7,02	491,00
Maximum	10,84	1055,20	10,18	1065,00

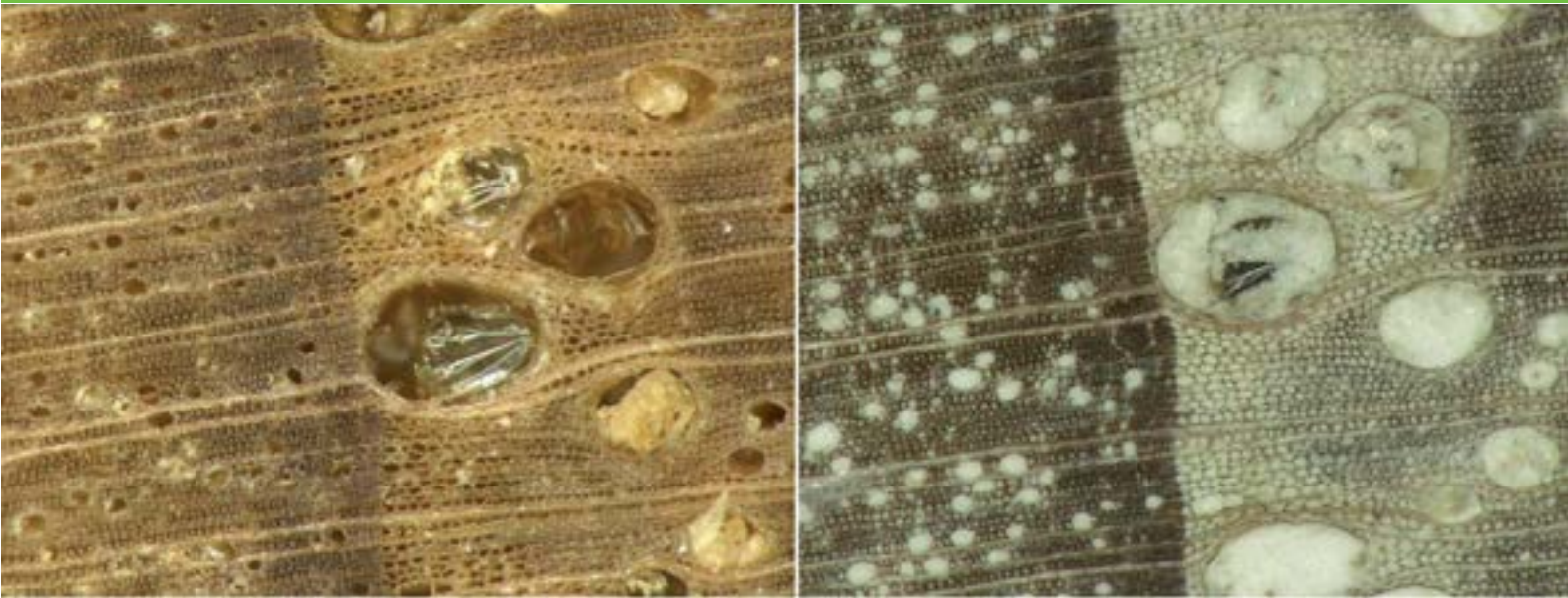
Holzproben

Aus jedem Baum wird eine Stammscheibe in 1,3 m Höhe entnommen. Aus jeder Scheibe wird ein Riegel geschnitten, um Jahresringmessungen vorzunehmen. Pro Riegel werden 2 Jahresringmessreihen erstellt, je vom Mark zum Kambium (HINRICHS 2012).

Die Jahresringbreite kann wegen der hohen Auflösung der Messanlage auf 1/100 mm genau ermittelt werden (Abb. 4). Rissereignisse werden inkl. Rissart nach FONTI (2002) an den entsprechenden Jahresringen dokumentiert. Für die Analyse werden nur echte Bruchrisse berücksichtigt.

Abbildung 4:

Intaktes Xylem mit Jahresringgrenze und Frühholzgefäßen. Links: Ohne Kontrastmittel. Rechts: Mit Kontrastmittel.



Statistische Methoden

Zweistichproben-Vergleiche werden je nach Beschaffenheit der Daten mit dem t-Test mit Welch-Modifikation (RIEMER 1994) oder dem Wilcoxon-Rangsummentest durchgeführt (HOLLANDER u. WOLFE 1999).

Für den Vergleich von Stichproben aus 3 oder mehr Grundgesamtheiten wird auf die parametrische Varianzanalyse (ANOVA) und den multiplen Mittelwertvergleich (Tukey-Test) zurückgegriffen (MILLER 1981). Im Falle unterschiedlicher Stichprobengrößen werden bei der zweifaktoriellen ANOVA Quadratsummen vom Typ-III gewählt.

Die Sensitivität ist ein Maß der Änderung von aufeinanderfolgenden Werten einer Datenreihe. Der Sensitivitätsindex S_i zweier Datenpunkte ist der relative Unterschied dieser Werte. Die mittlere Sensitivität $\bar{S}$ ist der arithmetische Mittelwert aller einzelnen Sensitivitätsindizes und somit ein Index der relativen Schwankungsstärke einer gesamten Datenreihe (Formel 1) (SCHWEINGRUBER 1983, RIEMER 1994).

Formel 1:

$$|S_{i+1}| = \frac{(x_{i+1} - x_i) * 2}{(x_{i+1} + x_i)}; \quad \bar{S} = \frac{\sum_{i=2}^n S_i}{n - 1}$$

Gleichläufigkeit ist ein Index, der den Verlauf zweier Datenreihen vergleicht. Jedem Datenpunkt einer Datenreihe wird per Definition ein Δ_i zugeordnet. Δ_i wird 0,5, wenn der Wert des Datenpunktes i größer ist als der Wert des vorigen Datenpunktes $i-1$, die Datenreihe an diesem Punkt also ansteigt. Falls sie fällt, wird Δ_i -0,5, bei Stagnation 0. Die Gleichläufigkeit an einem Datenpunkt zwischen den beiden Datenreihen ist der Betrag der Summe der beiden Δ_i an dieser Stelle. Damit ergeben sich ebenso viele Gleichläufigkeitseinzelskizzen, wie es zu vergleichende Datenpunkte zwischen den zwei Reihen gibt. Der letztendliche Gleichläufigkeitsindex ist der arithmetische Mittelwert der einzelnen Gleichläufigkeiten (SCHWEINGRUBER 1983, RIEMER 1994).

Der Intervalltrend ähnelt einer Gleichläufigkeitsuntersuchung m für Datenreihen. Er sagt aus, welcher Teil der Kurven zu einem Zeitpunkt steigt. Er errechnet sich ebenfalls aus der Änderung $\Delta_i = x_i - x_{i-1}$ des Wertes x_i einer Reihe im Vergleich zum davorliegenden Wert. Der Intervalltrend wird dann

Formel 2:

$$\bar{t}_i = \frac{\sum_{j=1}^m t_{ij}}{m}; i = 1, \dots, n$$

bezeichnet, wobei

$$t_{ij} = \begin{cases} 1 & : \Delta_i > 0 \\ 1/2 & : \Delta_i = 0 \\ 0 & : \Delta_i < 0 \end{cases}$$

n ist die Anzahl der Intervalle (Jahre) (SCHWEINGRUBER 1983, RIEMER 1994, geändert). Zu jeden Zeitpunkt sind Werte zwischen 0 und 1 möglich. Wenn $\Delta_i = 0$ nie auftritt, ist der Intervallwert $\bar{t}_i$ der Anteil steigender

Kurven zu diesem Zeitpunkt. Bei hinreichend großer Messgenauigkeit kann hiervon ausgegangen werden.

Ergebnisse

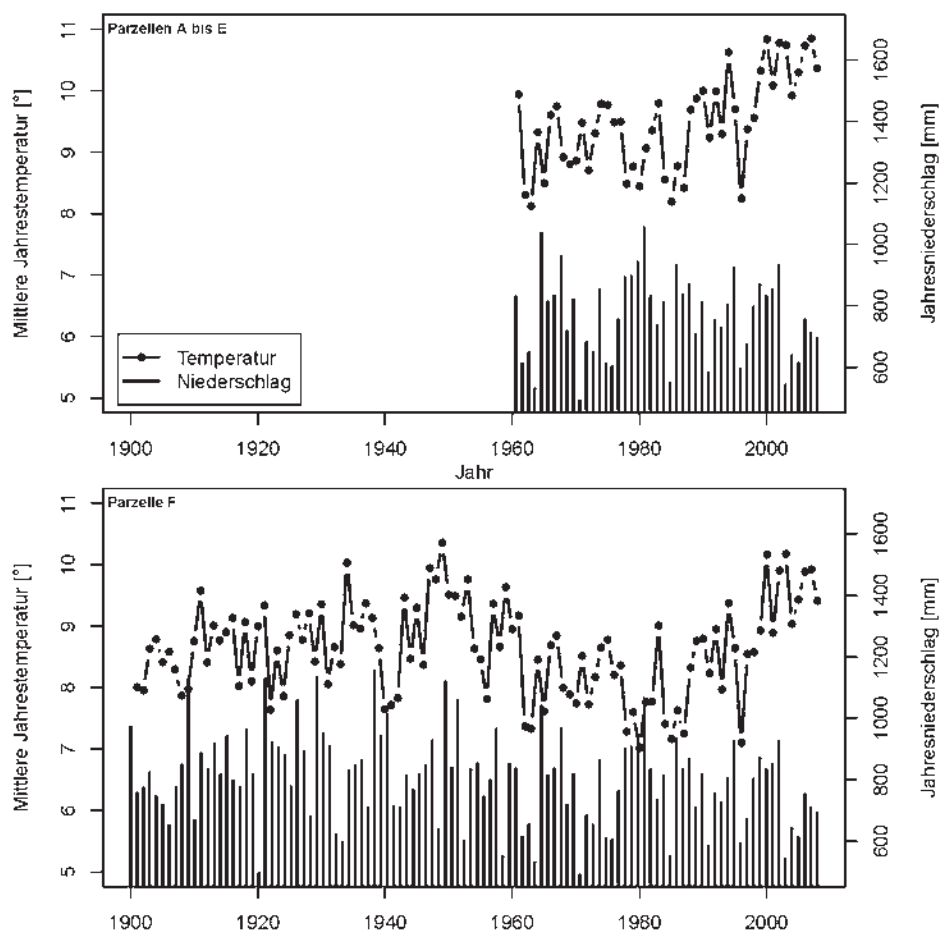
Vor der eigentlichen Analyse der beeinflussenden Parameter für Ringschäle werden die klimatischen Parameter und die Wachstumscharakteristik der Edelkastanie einzeln beleuchtet.

Klimadaten

Wie aus Abb. 5 hervorgeht, wird der in der Literatur angegebene Schwellenwert von 8 °C Jahresdurchschnittstemperatur in Parzelle F mehrfach unterschritten. Ebenso verhält es sich mit dem Jahresniederschlag, der neunmal unter die 600 mm Grenze fällt. Diese Werte werden in den anderen Parzellen ebenfalls unterschritten. Des Weiteren ist zu sehen, dass die Temperatur- und Niederschlagschwankung zwischen 2 Jahren teils sehr hoch ist.

Abbildung 5:

Verlauf der mittleren Jahrestemperatur und des Jahresniederschlages der Flächen A bis E und F.



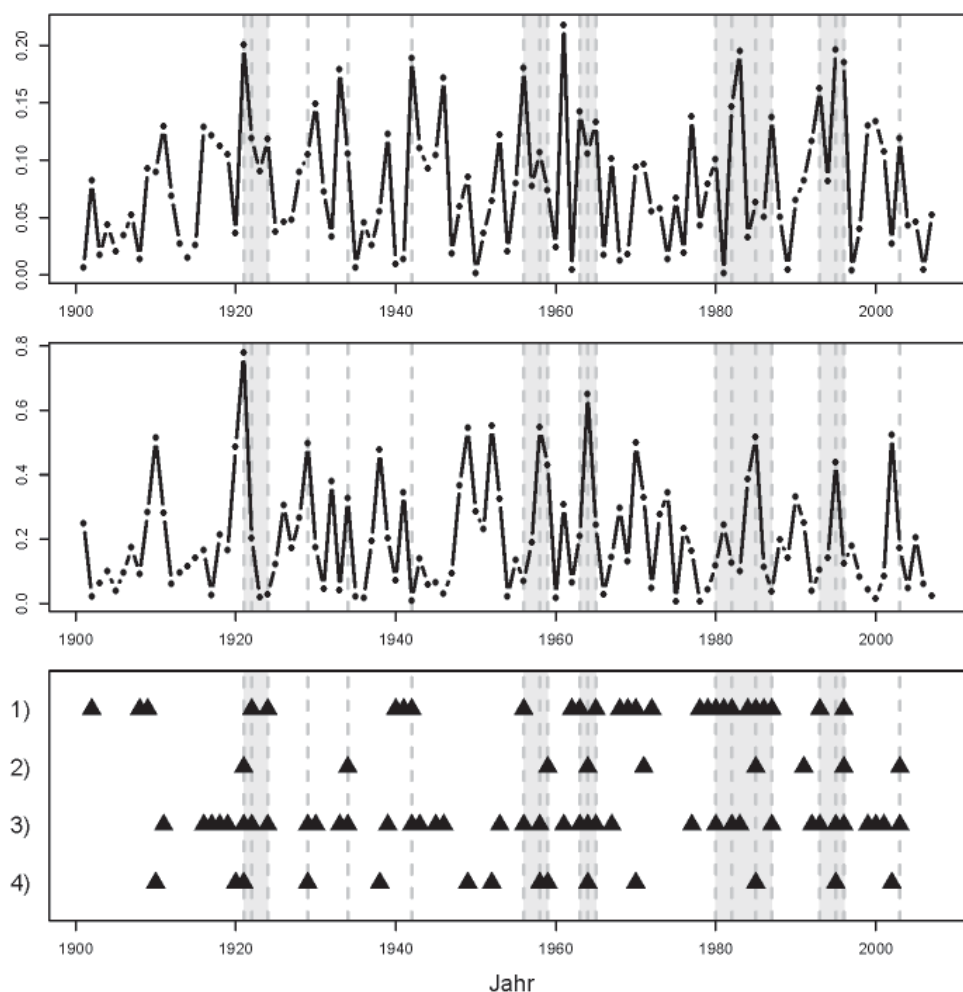
Durch den Ansatz des Sensitivitätsindex nach SCHWEINGRUBER (Formel 1) lässt sich die relative Witterungsschwankung quantifizieren. Mit dieser Kenntnis lassen sich anhand der Verlaufsreihen der Jahresmitteltemperatur und des Jahresniederschlags Jahre und Perioden mit besonders schlechten Bedingungen für das Wachstum der Edelkastanien identifizieren. Jahre, in denen die Temperatur- (1) bzw. Niederschlagsschwelle (2) unterschritten wird oder Jahre, in denen die Temperaturschwankung größer als 10 % (3) oder die Niederschlagsschwankung größer als 40 % (4) sind, werden markiert. Perioden, in denen mehrfach hintereinander 2 bis 3 dieser 4 Parameter auffällig sind, werden als Perioden ungünstiger Witterung identifiziert. Abb. 6 zeigt die

Temperatur- und Niederschlagsschwankungen von Fläche F und die markierten Einzeljahre sowie Perioden.

Somit gibt es 5 Zeitabschnitte (grau hinterlegt) seit 1900, die als ungünstige Wuchsperioden für die Edelkastanie gelten. Hier ist insbesondere der Bereich um 1964 zu benennen, in dem die Niederschlagsschwankung sehr hoch und der Niederschlag mengenmäßig zu gering war. Hinzu kommt, dass in den beiden Jahren davor und im Jahr danach die durchschnittliche Jahrestemperatur unter 8 °C lag und der Zeitraum zuvor auch bereits auffällig war. Vor 1955 herrschten 32 Jahre vergleichsweise günstige Bedingungen. Die Perioden der ungünstigen Wuchsbedingungen sind in den Flächen A bis E nach 1960 analog.

Abbildung 6:

Extreme Witterungsereignisse der Fläche F. Oben: Sensitivität der Temperatur. Mitte: Sensitivität des Niederschlags. Unten: (1) Auffällige Jahre mit Temperatur unter 8 °C, (2) Niederschlag unter 600 mm und hoher Sensitivität bei (3) Temperatur und (4) Niederschlag.



Jahresringverlauf

Da für jeden Baum 2 Jahresringbreitenreihen vorliegen, lässt sich der Verlauf des Wachstums jedes Baumes differenziert nachverfolgen. Daraus lässt sich ableiten, dass es Bäume gibt, die im Laufe ihres Lebens annähernd homogene Zuwächse aber auch Bäume, die sprunghafte Wachstumsunterschiede in aufeinanderfolgenden Jahren zeigen. So ist es möglich, jeden Baum in eine Gruppe homogenen oder inhomogenen Wachstumsverlaufs einzuordnen. Jede Probe, die im Verlauf mindestens 2 sprunghafte Jahresringbreitenänderungen (über 1,5 mm Unterschied zum Vorjahr) aufweist, wird in die inhomogene Gruppe einsortiert. Etwa 80 % aller Proben zeigen einen inhomogenen Jahresringbreitenverlauf (Abb. 7). An der Grafik wird klar, dass vor allem Bäume der Fläche A, E und F einen sprunghaften Kurvenverlauf zeigen. Nur eine Probe der Fläche A und 2 der Fläche F können als vergleichsweise homogen eingeordnet werden. Von Fläche E ist keine Probe als homogen zu bezeichnen. Der Großteil der homogenen Proben ist aus Parzelle B und C.

Um einen bestandestypischen Verlauf der Jahresringbreite über die Zeit zu erhalten, wird für jede Parzelle jedes Jahr der arithmetische Mittelwert aus den Jahrringbreiten aller Probebäume erstellt. Der Verlauf dieser Mittelwerte wird als der durchschnittliche Baum der Fläche unter den gegebenen waldbaulichen und standörtlichen Bedingungen („*Master Chronologie*“ (SCHWEINGRUBER 1983)) angesehen. Dies ist nur möglich, weil die Bäume nahezu gleichen Alters sind. Andernfalls könnten altersabhängige Faktoren (wie Kulmination) die standortsabhängigen Einflüsse überdecken. Daher müssen die Bäume der Fläche F in eine ältere ($n=2$) und eine jüngere Stichprobe ($n=8$) eingeteilt werden. Bevor der mittlere Baum des Bestandes (Master Chronologie) gebildet wird, werden zunächst die beiden Jahresringbreitenmessungen jedes Baumes zu einer mittleren Wachstumskurve des Baumes aggregiert. Zu beachten ist, dass es sich bei dem betrachteten Alter nicht um das tatsächliche Baumalter, sondern um das Alter des Baumes in 1,3 m Höhe handelt.

Abbildung 7:

Histogramm der visuell eingeteilten Jahresringverlaufsgruppen getrennt nach Fläche.

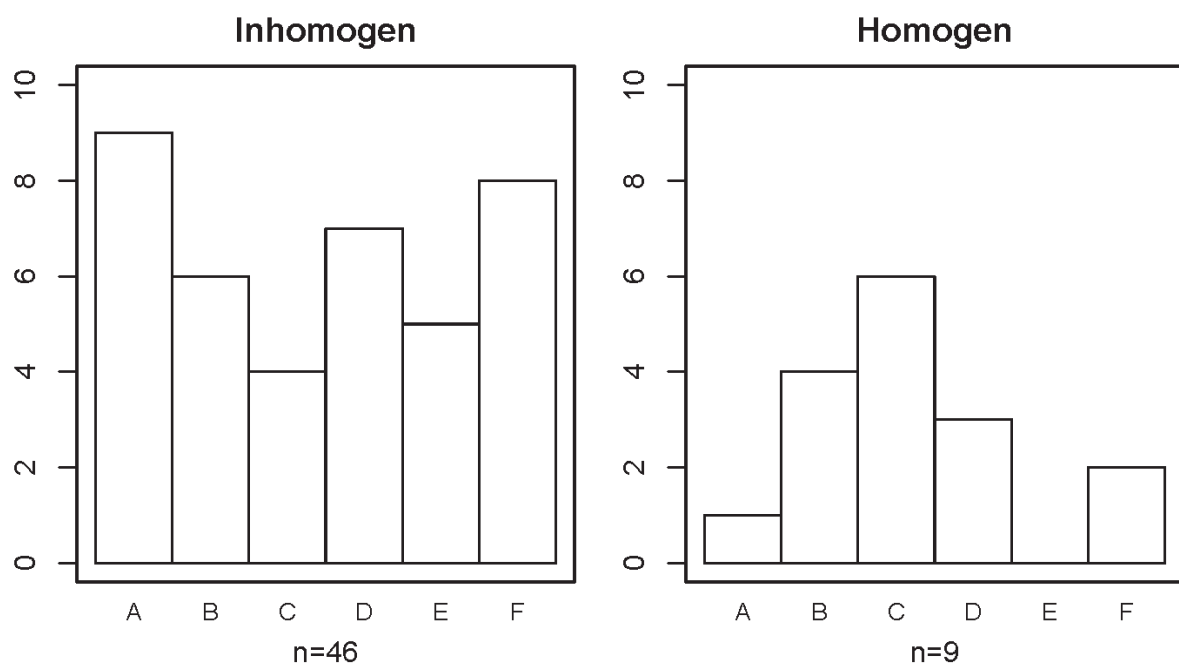
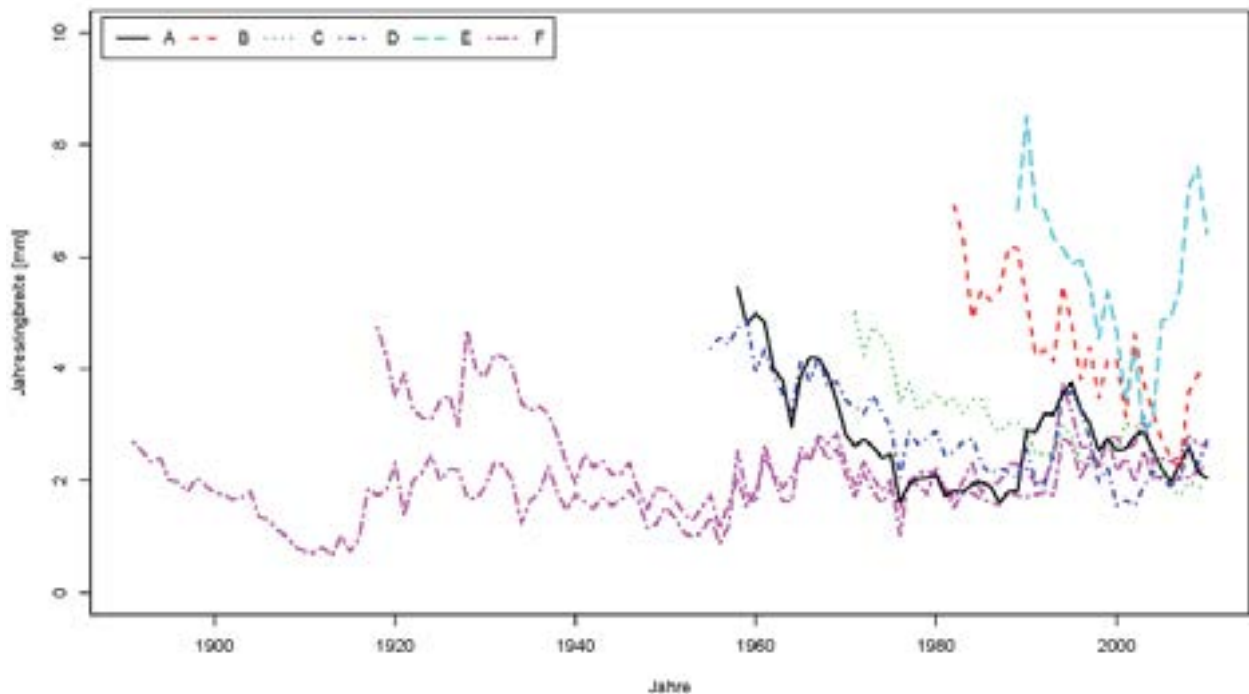


Abbildung 8:

Verlauf der Master Chronologien für jede Fläche. Parzelle F ist in 2 Stichproben getrennt.



Der Vergleich der Master Chronologien (Abb. 8) macht die unterschiedlichen Verläufe deutlich. Bemerkenswert ist, dass die Master Chronologien aller Flächen außer C inhomogen verlaufen. In der ersten Lebensphase, welche etwa die ersten 20 Jahre andauert, sind Wachstumsniveau und Wachstumschwankung am höchsten. In dieser Phase sind auch die größten Unterschiede der Jahresringbreite zwischen den durchschnittlichen Bäumen der Parzellen sichtbar. Die darauf folgende Wachstumsphase ist durch geringere Zuwächse charakterisiert. Sie dauert bei den Flächen, die bereits ein entsprechendes Alter erreicht haben (A, D und F) ca. 20 Jahre an. Nach dieser Phase wird der Zuwachs wieder etwas höher und stagniert auf diesem Niveau. Es ist auch ersichtlich, dass alle Parzellen, außer B und E, die zu jung sind, unbeeinflusst von ihrem Wuchsverhalten der ersten Lebensphasen, nach etwa 40 Jahren auf einem sehr ähnlichen Niveau (ca. 2,5 mm Jahresringbreite) stagnieren. Die großen Unterschiede in der Jahresringbreite, die bis zu 5 mm pro Jahr ausmachen können,

sind nur im Baumalter bis 20 Jahre zu beobachten. Die differenzierte Betrachtung der Master Chronologien von Parzelle A zeigt, dass es in den Beständen keinen Baum gibt, der deutlich von dem Verlauf der Master Chronologie abweicht (Abb. 9). Konträr zu Parzelle A ist die Parzelle C, in der alle Bäume annähernd homogene Zuwächse zeigen. Die Master Chronologie aus Parzelle C nimmt eine Sonderstellung ein. Sie ist als einzige Master Chronologie der homogenen Gruppe zuzuordnen.

Die Betrachtung der Verteilung der Jahresringe der Master Chronologien zeigt nochmals deutlich und vergleichbar an, wie sich die Dimensionen der Jahresringe zwischen den Parzellen unterscheiden (Abb. 10). Die beiden jüngeren Parzellen (B und E) weichen deutlich von allen anderen Parzellen ab. Parzelle E (Hochwald) zeigt mit einigem Abstand die größten mittleren Zuwächse. Die anderen Parzellen bewegen sich etwa auf gleichem Niveau.

Abbildung 9:
Verlauf der Master Chronologie der Parzellen A (links) und C (rechts) inkl. Rohdatenpunkten
und Standardabweichung.

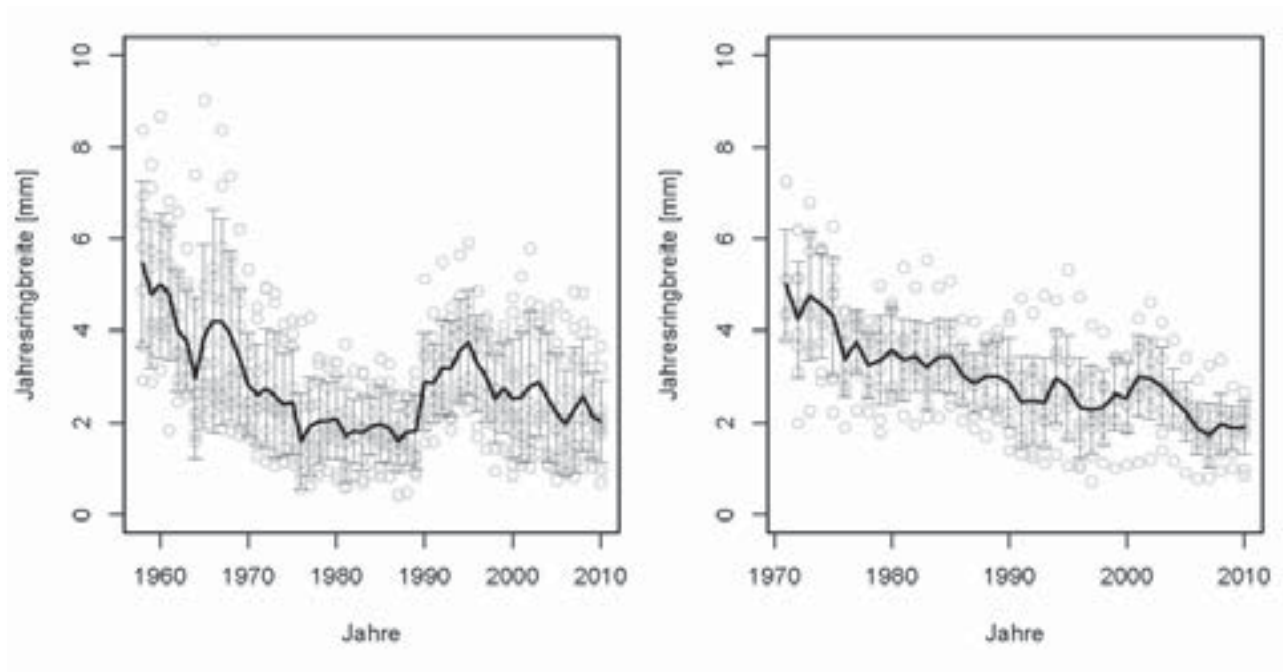
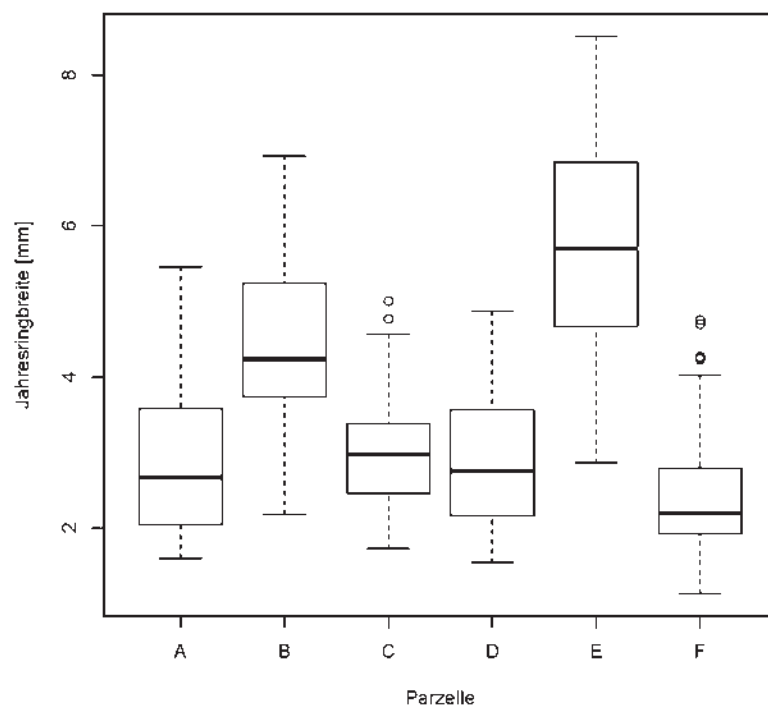


Abbildung 10:
Boxplots der Jahresringbreiten der Master Chronologien.



Um Einflüsse der Behandlungsart statistisch fassen zu können, müssen alle weiteren Einflussfaktoren der Jahresringbreite entweder unveränderlich sein oder als Parameter mit in das Varianzanalysemodell eingehen. Diese Bedingungen werden geschaffen, indem alle Datenreihen im Alter von 22 Jahren beschnitten werden und somit nur gleichaltrige Bäume verglichen werden. Wenn die standörtlichen Verhältnisse als homogen angenommen werden, sind nun nur noch die beiden Faktoren Begründungszeitpunkt (früh oder spät) und Behandlungsart (Natur-, Nieder-, Hochwald) relevant. Die Parzellen A, D und F sind früh, B, C und E respektive spät etabliert. Die unabhängige Variable ist der mittlere Zuwachs des Baumes in den ersten 22 Jahren. Demnach werden 55 Einzelbaumvariablen analysiert, die sich in zwei Faktoren unterscheiden. Die Residuen des Modells können als normalverteilt und varianzhomogen angesehen werden. Alle Voraussetzungen für eine parametrische ANOVA sind folglich erfüllt.

Aus dem Modell (Tab. 4) geht hervor, dass beide Faktoren signifikanten Einfluss auf die Jahresringbreite haben und dass es signifikante Wechselwirkungen zwischen den Faktoren gibt. Damit ist statistisch gezeigt, dass die später etablierten (Parzellen B, C und E) Bestände die höheren Jahresringzuwächse aufweisen und dass der Zuwachs mit der Behandlungsintensität ansteigt. Im Falle des Begründungszeitpunktes lässt sich klar aussagen, dass die späteren Bäume immer größere Zuwächse aufweisen. Bei der Behandlungsintensität sind die Ergebnisse wegen der Wechselwirkungen indifferent. Die ältere Hochwaldparzelle (Z-Baum) zeigt die geringsten Zuwächse, die jüngere Hochwaldparzelle weist jedoch die höchsten Zuwächse auf. In den beiden anderen Fällen steigt der Zuwachs mit der Behandlungsintensität an.

Tabelle 4:

Zusammenfassung des Varianzanalysemodells der Jahresringbreite der Master Chronologien. DF = Freiheitsgrade. Sum Sq. = Quadratsummen.

	DF	Sum Sq.	F-Wert	p-Wert
Interzept	1	157,98	259,18	2,2*10 ⁻¹⁶
Behandlung	2	17,12	14,04	1,5*10 ⁻⁵
Bestandesbegründung	1	24,00	39,38	8,7*10 ⁻⁸
Wechselwirkungen	2	14,41	11,82	6,4*10 ⁻⁵
Residuen	49	29,86		

Ursachenanalyse der Ringschäle

Abb. 11 zeigt die Häufigkeitsverteilung der Rissereignisse (nur Bruchrisse) für Parzellen, in denen Ringschäle anhand der Holzriegel detektierbar ist. In Parzelle A und D sind alle Rissereignisse in unmittelbarer Nähe zu den markierten Bereichen (Abb. 6) lokalisiert. In Parzelle F zeigen 11 von 14 Rissen eben-

dieses Verhalten. Die 3 Risse, welche nicht in die Nähe dieser Bereiche fallen, stammen alle aus einer Probe. Dieser Baum der Parzelle F ist der einzige Baum der gesamten Stichprobe (n = 55), bei dem reaktives Wachstum festzustellen ist (Abb. 12).

Abbildung 11:
Häufigkeitsverteilungen der Ringschäle und farbliche Markierung der extremen Witterung.

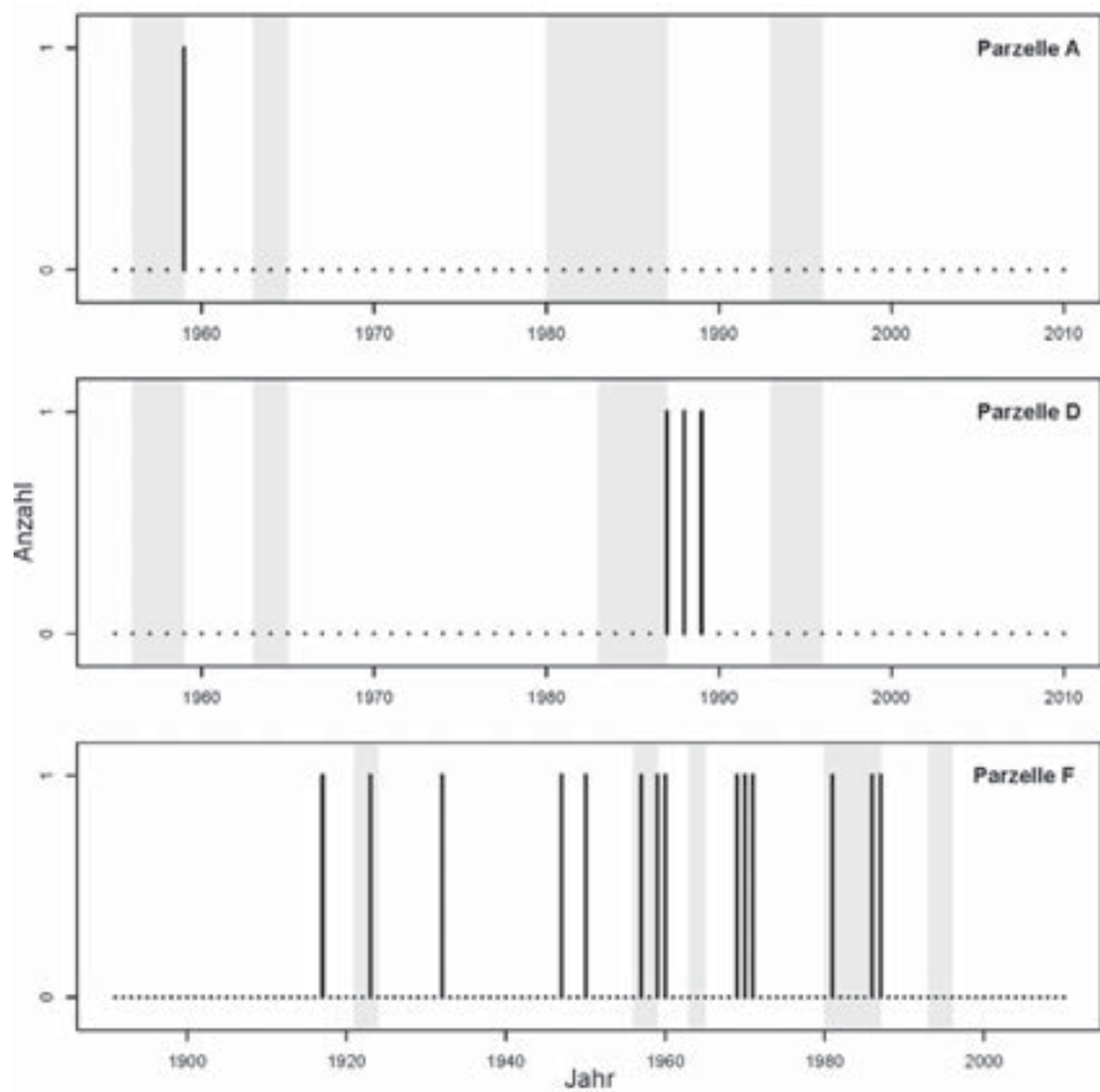
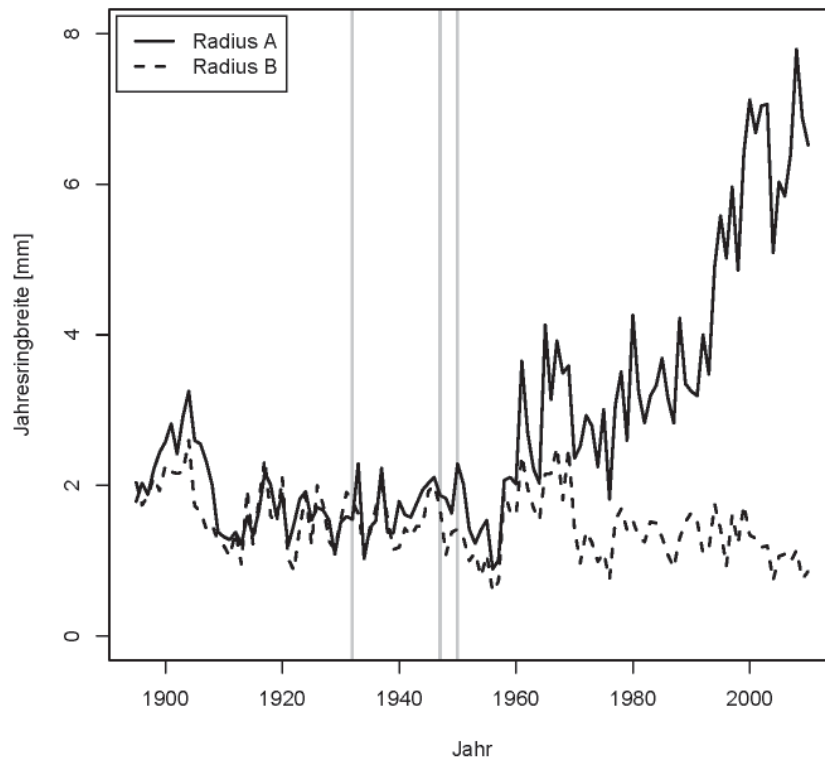


Abbildung 12:
Reaktives Wachstum. Vertikale Linien markieren Ringschäle.

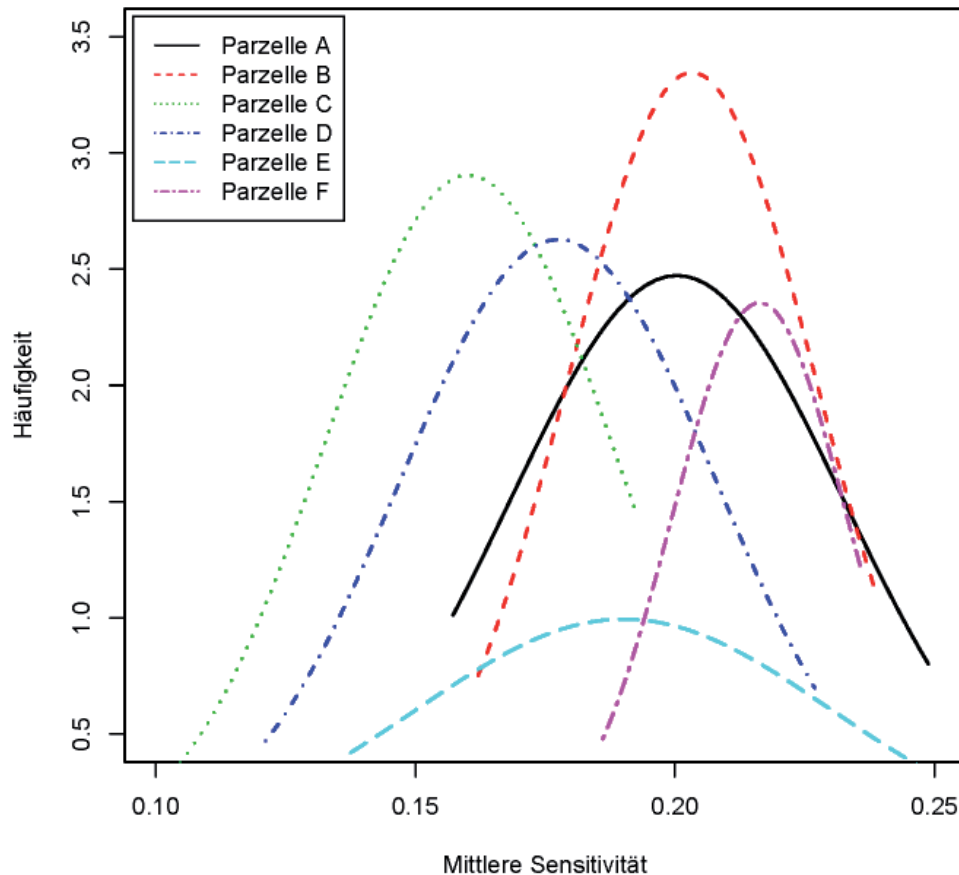


Um tiefer in die Ursachenanalyse einzusteigen, wird die Stärke der Jahresringschwankung eines jeden Baumes in Form seiner Sensitivität quantifiziert (Formel 1). Die mittlere Sensitivität eines Baumes ist ein Einzelbaumattribut, welches die Schwankung des Baumwachstums in einer Ziffer ausdrückt und diese mit anderen Bäumen vergleichbar macht. Das Auftragen der Häufigkeitsverteilung der Sensitivitäten der einzelnen Bäume in einer Parzelle offenbart die Unterschiede in der Stärke der Wachstumsschwankung zwischen den Parzellen. Um die Übersichtlichkeit zu erhöhen, werden die Häufigkeitsverteilungen der Sensitivitätswerte nicht als Histogramm sondern als Glockenkurven dargestellt. Die Normalver-

teilungshypothese wird für keine der Stichproben verworfen. Die Breite der Kurve entspricht der tatsächlichen Spannweite der Daten. Der Hochpunkt der Kurve kann als Schwerpunkt der Häufigkeitsverteilung für diese Parzelle verstanden werden. Dieser Punkt ist damit die mittlere Sensitivität eines Bestandes unter Berücksichtigung der Sensitivität jedes Baumes. An den Lageunterschieden dieser Punkte wird nun deutlich, dass Parzelle C (jüngerer Naturwald) und Parzelle D (älterer Niederwald) geringere Sensitivitätswerte aufweisen und demnach weniger Wachstumsschwankungen unterliegen als die anderen Parzellen (Abb. 13).

Abbildung 13:

An die Häufigkeitsverteilung der mittleren Sensitivitäten der Bäume angepasste normalverteilte Kurven. Getrennt nach Parzellen.

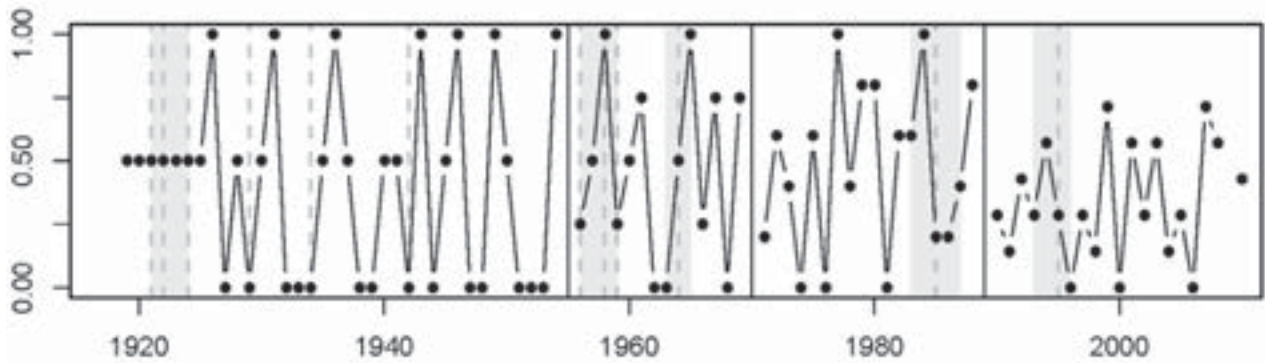


Um die Wachstumsschwankungen als statistisch signifikanten Faktor für Ringschäle zu identifizieren, werden alle Proben mit aufgetretener Ringschäle in die geschädigte Gruppe eingeteilt. Es wird ein Test auf unterschiedliche Mittelwerte in der betroffenen und nicht betroffenen Gruppe durchgeführt. Um die Stichproben vergleichen zu können, werden die Daten für den Test wieder bei 22 Jahren beschnitten. Der Wilcoxon-Rangsummentest für gleiche Mittelwerte ergibt bei einem Signifikanzniveau von 5 %, dass die Sensitivitäten sich zwischen den Gruppen signifikant unterscheiden. Demnach sind die Wachstumsschwankungen in den ersten 22 Lebensjahren bei betroffenen Bäumen signifikant höher als bei nicht betroffenen Bäumen. Um dieses Ergebnis auf das gesamte Baumalter zu übertragen, ist wieder nur eine visuelle Analyse möglich.

Bei der Betrachtung der Lage von ringschäligen und nicht ringschäligen Bäumen über der gesamten beobachteten Spannweite der mittleren Sensitivität (0,11 bis 0,25) wird deutlich, dass betroffene Bäume mehrheitlich in der oberen Hälfte des Wertebereiches liegen. Des Weiteren ist in der Stichprobe bei keinem Baum, dessen Sensitivität geringer als 0,16 ist, Ringschäle aufgetreten. Nur 2 Proben im Bereich unter 0,18 zeigen Ringschäle.

Um Witterungs-Wachstumstrends zu isolieren, wird eine Intervallanalyse durchgeführt. Diese erlaubt eine zeitlich aufgelöste Betrachtung und ermöglicht es somit, einzelne Zeitabschnitte mit Wachstum-Witterung Synchronität zu bestimmen (Schweingruber 1983). Sie wird auf alle Master Chronologien angewendet (Abb. 14).

Abbildung 14:
Intervalltrend der Master Chronologien.



Ein Index von 0 bedeutet, dass alle Kurven am betrachteten Zeitpunkt sinken und ein Index von 1 zeigt an, dass alle Kurven steigen. Bei 0,5 verlaufen die Kurven indifferent (Formel 2). Da die Stichproben unterschiedlich alt sind, verändert sich die Anzahl der betrachteten Zeitreihen über die Zeit. Die Schnittstellen, an denen neue Reihen hinzukommen, sind durch vertikale durchgezogene Linien gekennzeichnet. Im Hintergrund der Intervalltrendkurve sind die Witterungsextremwerte durch gestrichelte Linien (Extremjahre) und Flächen (extreme Perioden) dargestellt. Aus dem Diagramm geht hervor, dass es durchaus zeitliche Synchronität gibt. Erkennbar ist dies an den zahlreichen Intervallen, in denen alle Kurven steigen (Intervalltrend = 1) oder fallen (Intervalltrend = 0). Im Zeitfenster 1925 bis 1954 sind in jedem Jahr mit vermeintlich ungünstiger Witterung fallende Jahresringbreitentendenzen zu sehen. Auch danach liegen in Extremjahren bis auf eine Ausnahme Intervallwerte von 0,5 vor. In den meisten Fällen erhöht sich der Intervalltrend nach einer ungünstigen Periode wieder. Deutlich auffallend ist, dass es Intervalle gibt, in denen alle Kurven fallen und kurz danach wieder ansteigen. Dies ist im Zeitraum 1963 bis '65, '76 bis '77 und '81 bis '84 der Fall. Zwei dieser Zeiträume decken sich mit ausgewiesenen Extremperioden. Demnach bestehen Zusammenhänge zwischen ausgewiesenen Extremjahren und dem Jahresringwachstum aller Parzellen. Auszumachen ist dies daran, dass in dieser Zeit häufig Intervallwerte von 0,5 oder niedriger zu finden sind. Dies zeigt, dass

der Großteil der Master Chronologie Jahresringbreite enger ist als im Vorjahr.

Der Klimadatensatz ab 1961 ermöglicht, in jedem Jahr Tage mit bestimmten Eigenschaften zu ermitteln und somit eine Jahreskennzahl zu schaffen, um eine Korrelationsanalyse durchzuführen. Die Analyse wird mit den Parametern Jahresminimal-, Jahresmaximal- und Jahresmitteltemperatur [$^{\circ}\text{C}$], Anzahl der Tage mit einer Lufttemperatur über 7°C , Anzahl der Tage mit einer Lufttemperatur unter 0°C und Jahresniederschlagssumme [mm] durchgeführt. Alle Ergebnisse außer der Anzahl der Tage unter 0°C sind indifferent. Die Frosttageanzahl eines Jahres korreliert immer negativ mit der absoluten Änderung der Breitenwerte im Vergleich zum Vorjahr. Die Korrelation ist dabei mit -0,45 bis -0,07 nicht sehr stark aber für alle Flächen konstant negativ (Tab. 5). Besonders interessant ist, dass nicht nur die Jahresring- und Spätholzbreiten, sondern auch die Frühholzbreiten stets korrelieren. Für die Korrelationsanalyse werden alle Bäume berücksichtigt.

Tabelle 5:

Korrelationskoeffizienten des Jahresringbreiten-wachstums mit der Anzahl der Tage unter 0 °C der Parzellen. Parzelle F ist in die jüngere und die ältere Stichprobe eingeteilt.

	Parzelle						
	A	B	C	D	E	F, jung	F, alt
Jahresring	-0,32	-0,32	-0,19	-0,24	-0,15	-0,26	-0,33
Frühholz	-0,32	-0,32	-0,07	-0,23	-0,14	-0,24	-0,24
Spätholz	-0,45	-0,36	-0,21	-0,22	-0,19	-0,24	-0,24

Diskussion

Um die Zusammenhänge, die zur Erhöhung der Ringschälwahrscheinlichkeit führen, zu verstehen, ist die Kenntnis des spezifischen Baumwachstums unabdingbar. Daher werden zunächst Wuchscharakteristika und deren Einflussfaktoren diskutiert.

Klimadaten

Aus der Einzelbetrachtung der aufbereiteten Daten geht hervor, dass die Bedingungen abschnittsweise ungeeignet für ungestörtes Wachstum der Edelkastanie sind. Dies zeigt sich an den temporär unterschrittenen Schwellenwerten (Abb. 6). Da die Witterungsdaten deutlich unter dem Optimum für die Edelkastanie liegen, kann jede Schwankung auch Wachstumsunterschiede induzieren. Da unterschiedlich breite Jahresringe unterschiedlich spannungsresistent sind (Fonti 2002), sind diese Schwankungen ebenfalls ein wichtiger Parameter für die Analyse der Ringschale. Die im Zuge der Literaturrecherche angesprochenen Ansprüche der Bäume an den Boden sind erfüllt. Daher sind die Standorte zunächst als geeignet aber zeitweise problematisch einzuordnen, da die Witterung abschnittsweise als limitierender Faktor das Wachstum beschränkt. Bei diesen ungünstigen Zeitpunkten handelt es sich nicht nur um einzelne Jahre, sondern um bis zu siebenjährige Perioden (Abb. 6). Die Schlussfolgerung daraus ist, dass die Witterungsverhältnisse der Parzellen Wachstumssprünge bei Edelkastanien potentiell begünstigen können.

Wachstumscharakteristik der Edelkastanie

Die Sichtung der Jahresringentwicklungen ergibt, dass nur bei einer Probe der Radius A deutlich vom Radius B abweicht. Diese extreme Scherung deutet reaktives Wachstum an. Daher kann reaktives Wachstum auf Grundlage der Stichprobe dieser Arbeit nicht als edelkastanienpezifisch bezeichnet werden.

Sprunghafte Wachstumsgeschwindigkeitsänderungen, wie sie beim Großteil aller Bäume zu beobachten sind (Abb. 7), sind nach Datenlage und Ergebnissen der Fachliteratur edelkastanientypisch. Eine Edelkastanien-Ertragstafel (2. Ertragsklasse), die mit Bäumen aus Frankreich parametrisiert wurde, zeigt, dass der Kulminationszeitpunkt des Breitenzuwachses etwa nach 15 Jahren zu erwarten ist. Danach ist das Wachstum rückläufig. Nach dem Tiefpunkt des Zuwachses, der etwa nach 25 Jahren erreicht ist, steigt der jährliche Zuwachs wieder an. Nach 30 Jahren ist ein weiterer Hochpunkt des Zuwachses ersichtlich. Danach nimmt der jährliche Zuwachs monoton ab und es sind keine sprunghafte Änderungen des Zuwachses zu erwarten. Die durchschnittliche jährliche Jahresringbreite bewegt sich im Bereich von etwa 3 mm ab 40 Jahren bis zu 8,1 mm bei 15 Jahren (LEMAIRE 2008b). Diese Eigenschaften unterscheiden die Edelkastanien von anderen Baumarten, wie der ebenfalls schnellwüchsigen Robinie (*Robinia pseudoacacia* [L.] (GÖHRE u. ERTELD 1952)) und der in den Holzeigenschaften vergleichbaren Eiche (*Quercus petraea* [Liebl.] und *Quercus robur* [L.]

(JÜTTNER 1955)). Beide Arten zeigen einen Jahresringbreitenzuwachs, der durch einen Kulminationszeitpunkt charakterisiert ist. Dieser charakteristische Verlauf des Wachstums der Edelkastanie ist bei den meisten Probestämmen dieser Arbeit zu beobachten. Daraus lässt sich der Schluss ziehen, dass Edelkastanien artspezifisch in den ersten 30 Lebensjahren zu starken Wachstumsschwankungen neigen aber Ausnahmen möglich sind. Wie die Häufigkeitsverteilung (Abb. 7) zeigt, sind diese Ausnahmen vor allem in Naturwaldparzellen und in dieser Stichprobe nie in den Hochwaldparzellen zu finden. Nach den 30 Jahren ist das Wachstum bei allen Bäumen unabhängig ihrer Behandlungsintensität homogen. Dies ist auch an der Verteilung der mittleren Sensitivitäten der Bäume ersichtlich, die nur in einer Niederwald- und Naturwaldparzelle auffällig gering sind (Abb. 13).

Der wachstumsbegünstigende Einfluss der waldbaulichen Behandlungsintensität, welcher zumindest für die jüngeren Bestände gezeigt werden kann, ist schlicht über die wachstumsbegünstigende Wirkung der Freistellung zu erklären. Diese wird im Falle der älteren Proben jedoch vom Einfluss des Bestandesbegründungszeitpunktes überdeckt, wodurch bei der Varianzanalyse Wechselwirkungen zwischen den Faktoren signifikant werden. Dies ist ein Phänomen, das in der Forstwirtschaft häufiger auftritt. Es ist bekannt, dass sich die Luftstickstoffverhältnisse für das Baumwachstum erheblich verbessert haben. Die Bodenverhältnisse werden nach einer Erstbestockung meist ebenfalls immer günstiger für das Baumwachstum (RÖHRIG et al. 2006). Dazu ist noch anzumerken, dass die Zeitpunkte der Bestandesbegründung in den beiden Gruppen teils sehr unterschiedlich sind. Die Fläche F ist viel älter als die beiden anderen Flächen der älteren Gruppe (Fläche A und D) und auch Parzelle C ist älter als die beiden anderen Stichproben der jüngeren Gruppe (B und E). Festzuhalten ist, dass die Behandlungsintensität zu höheren Zuwächsen führt und dass später begründete Bestände ein stärkeres Wachstum zeigen.

Ursachenanalyse der Ringschäle

Da Jahresringe mit unterschiedlichen Breiten unterschiedlich spannungs- und risstolerant sind (FERRAND 1980, FONTI u. SELL 2003), ist zu erwarten, dass Ringschäle vor allem in Bereichen auftritt, wo hohe Unterschiede in der Breite benachbarter Jahresringe auftreten. In diesen Bereichen ist durch Jahresringstrukturen unterschiedlicher Spannungstoleranz eine Spannungsüberlagerung und daher höhere Spannung zu erwarten. Daraus resultiert eine erhöhte Riss-

wahrscheinlichkeit der schwächeren Holzstrukturen. Die radial wirkenden Kräfte entladen sich axial und führen zum Bruch der Frühholzgefäße der weniger resistenten Jahresringstrukturen (FONTI et al. 2002). Die Ringschälwahrscheinlichkeit ist demnach vor allem unmittelbar neben Jahresringen aus extremen Witterungsperioden (mit erwartungsgemäß vergleichsweise niedrigem Zuwachs) sowie in Bereichen zwischen solchen 2 extremen Witterungsperioden besonders hoch. Die Häufigkeitsverteilung (Abb. 11) weist dieses erwartete Muster mit hoher Genauigkeit auf. Die 3 Rissereignisse, die nicht nach diesem Muster verteilt sind, sind alle in einem Baum lokalisiert. Dieser Baum zeigt als einziger eine reaktive Wachstumsform (Abb. 12). Dass die Positionen der Risse dieses Baumes sich offensichtlich von den anderen Bäumen unterscheiden, ist ein Hinweis darauf, dass das exzentrische Wachstum die Ringschälwahrscheinlichkeit erhöhen kann. Dies ist wegen fehlender weiterer Stichproben nicht belegbar, deckt sich jedoch mit Aussagen einer anderen Studie, nach denen reaktives Wachstum zu sehr inhomogenen Spannungsverhältnissen führt (CLAIR et al. 2003).

In diese Überlegungen fügen sich die Ergebnisse über die Sensitivität der Proben ein. Es gibt vielfach Hinweise, dass die Wahrscheinlichkeit der Ausprägung von Ringschäle eines Baumes mit hohen Wachstumsschwankungen größer ist. Dies ist durch den Wilcoxon-Rangsummentest für den bei 22 Jahren beschnittenen Datensatz belegt worden. Die Datenglage deutet zusätzlich an, dass diese Aussagen auf das gesamte Baumalter zu projizieren sind, da die von Ringschäle betroffenen Bäume tendenziell höhere Sensitivitätsindizes zeigen. Diese Schwankung kann wiederum durch die Behandlungsintensität beeinflusst werden. Wie sich visuell andeutet, zeigen extensiver behandelte Bäume weniger Wachstumsschwankungen (Abb. 13).

Direkte Korrelation zwischen Zuwachs und Witterung konnten nur für die Anzahl der Frosttage eines Jahres gezeigt werden. Aus den Ergebnissen der Intervallanalyse (Abb. 14) lässt sich jedoch ein längerfristiger Zusammenhang zwischen Witterungsperioden und Wachstum herstellen. Dies lässt sich an der Tatsache ausmachen, dass stets ein Großteil der Zuwächse der Master Chronologien in einem Extremjahr im Vergleich zum davorliegenden Jahr rückläufig ist. Häufig ist das Wachstum im Folgejahr wieder höher. Es deutet sich also an, dass in diesen Fällen die Witterung der wachstumsbeschränkende Faktor ist. Solche Verlaufsmuster sind jedoch auch in den Zwischenintervallen zu finden. Daher kann nur gefolgert werden, dass die teilweise ungünstige Witterung das Wachstum beeinflusst, es

aber weitere relevante Faktoren gibt (Abb. 14). Dies ist mit den Kenntnissen der Dendroökologie vereinbar, da sich lang- und kurzfristige Witterungsbedingungen unterschiedlich auf den Zuwachs auswirken und das Wachstum zusätzlich durch andere temporär auftretenden Faktoren (wie Spätfrost oder Dürreperioden), die anhand der Rohdaten nicht erfassbar sind, beeinflusst ist (SCHWEINGRUBER 1993). Ebenso verändern baumindividuelle Einflüsse wie Konkurrenzsituation oder Rendlage das Wachstum (SCHWEINGRUBER 1983). Grundsätzlich bestehen demnach langfristige Witterungs-Wachstums-Wechselwirkungen. Die kurzfristigen Wechselwirkungen werden jedoch durch andere Faktoren überdeckt.

Deutung der Ergebnisse in Bezug auf den Waldbau

Zusammengefasst ergeben die Analysen dieser Arbeit, dass Wachstumsschwankungen die Ringschälwahrscheinlichkeit erhöhen und diese Schwankungen unter anderem witterungsbedingt sind. Die Wachstumsschwankungen werden zudem durch das edelkastanienspezifische Wachstumsmuster verstärkt. Die Analysen ergeben auch, dass die Durchforstungsstärke einen signifikanten positiven Einfluss auf den Zuwachs und die Wachstumsschwankungen hat. Dies bedeutet, dass die unausweichlichen, durch die Witterung bedingten Wachstumsschwankungen durch eine geringere Durchforstungsintensität, also einer weniger starken Freistellung der Z-Bäume, abgepuffert werden können. Daher ist zu empfehlen, junge Edelkastanienbestände, die auf Standorten mit abschnittsweise ungünstigen Witterungsverhältnissen stehen, in den ersten 20 bis 25 Jahren nicht stark freizustellen. Nach dieser Phase kann wegen des rückläufigen Zuwachstrends eine stärkere Behandlung den Holzvolumenzuwachs forciert werden, ohne die Ringschälwahrscheinlichkeit stark zu erhöhen. Nach 40 Jahren ist die Reaktionsfähigkeit der Bäume so gering, dass Freistellung keine Wachstumsschübe mehr induzieren sollte. Letztlich müssen also geringere Zuwächse zugunsten einer guten Stammholzqualität in Kauf genommen werden.

Danksagung

Für die freundliche Unterstützung sowie die finanzielle Förderung des Projektes durch die Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft des Landes Rheinland-Pfalz (FAWF-RP) bedanken sich die Autoren ausdrücklich.

Ein Teil der holzanatomischen Untersuchungen erfolgte dank der kollegialen Unterstützung von Dr.

Hubert Leuschner an der Abteilung Palynologie und Klimadynamik der Universität Göttingen.

Dr. Peter Rademacher fertigte dankenswerterweise die Aufnahmen der Risse im Xylem der Holzproben an.

Literaturverzeichnis

- CHANSON B., LEBAN J.M., THIBAUT B. [1989]: La Roulure du châtaignier. Forêt méditerranéenne 11(1), 15–32
- CLAIR B., RUELLE J., THIBAUT B. [2003]: Relationship Between Growth Stress, Mechanical-Physical Properties and Proportion of Fibre with Gelatinous Layer in Chestnut (*Castanea Sativa* Mill.). Holzforschung 57, 189–195
- ECKER ECKHOFEN P., GERHOLD U., KLEMENT J., KLUG M., RÜHMER T., SCHANTL J., STRALLHOFFER P. (Hrsg.). [2006]: Edelkastanie- Waldbaum und Obstgehölz. Ehrenhausen
- FERRAND J.C., MICHEL P. [1980]: La Roulure du châtaignier (*Castanea sativa* Mill.). Paris
- FONTI P. [2002]: Investigations into ring shake of chestnut. Swiss Federal Institute of Technology. Dissertation. ETH Zürich
- FONTI P., MACCHIONI N., THIBAUT B. [2002]: Ring shake in chestnut (*Castanea sativa* Mill.): State of the art. Annals of Forest Science, 59 (2), 129– 140
- FONTI P., SELL, J. [2003]: Radial split resistance of chestnut earlywood and its relation to the ring width. Wood and fiber science: journal of the Society of Wood Science and Technology 35 (2), 201–208
- GÖHRE K., ERTELD, W. [1952]: Die Robinie (falsche Akazie) und ihr Holz. Berlin.
- HAHN S.T. [2004]: Die Esskastanien. Norderstedt
- HINRICHS K. [2012]: Untersuchungen der Jahrringstruktur und der Darrdichte an Edelkastanien (*Castanea sativa* Mill.). Abteilung für Holzbiologie und Holzprodukte. Bachelorarbeit. Universität Göttingen
- HOLLANDER M., WOLFE D.A. [1999]: Nonparametric Statistical Methods, 2nd edition. New York
- HUSMANN, K., SABOROWSKI, J., HAPLA, F. [2013]: Ursachenanalyse der Ringschäle bei Edelkastanie (*Castanea sativa* Mill.) in Rheinland-Pfalz. **Forstarchiv** 84: (4), S. 107–118
- JÜTTNER O. [1955]: Ertragstafeln für Eichen. Ertragstafeln wichtiger Baumarten, Neubearbeitet von Schober R. 1987. Frankfurt am Main
- LANG W. [2007]: Die Edelkastanie - wiederentdeckt im Zeitalter des Klimawandels. AFZ-Der Wald 17 (2007), 923–925
- LEMAIRE J. [2008a]: Autécologie du châtaignier: Ce fougoux qui craint la sécheresse. Forêt-entreprise 179, 18–24
- LEMAIRE J. [2008b]: Estimer la potentialité de son taillis de châtaignier et y adapter les éclaircies. Forêt-entreprise. 179, 14–17
- VON LÜPKE B. [2008]: Einfluss unterschiedlicher Hiebsformen auf die Naturverjüngung eines Traubeneichen-Buchen-Mischbestandes. Forstarchiv 79, 4–15
- METTENDORF B. [2007]: Neue Perspektiven bei Produkten

und Vermarktung: Edelkastanien-Wertholz aus Baden.
AFZ-Der Wald. 17, 920–922

MILLER R.G.J. [1981]: Simultaneous Statistical Inference,
2nd edition. New York

PFABIGAN N. [2006]: Es kommt darauf an – Zur Dauerhaf-
tigkeit unbehandelter Hölzer in der Außenanwendung.
Zuschnitt. 23, 20–21

R DEVELOPMENT CORE TEAM [2011] R: A Language and
Environment for Statistical Computing. Vienna, Aust-
ria. <http://www.R-project.org/>

RIEMER T. [1994]: Über die Varianz von Jahrringbreiten.
Inst. f. forstl. Biometrie und Informatik. Dissertation.
Universität Göttingen

RÖHRIG E., BARTSCH N., VON LÜPKE B. [2006]: Waldbau
auf ökologischer Grundlage, 7. Auflage. Stuttgart

SCHWEINGRUBER F.H. [1983]: Der Jahrring. Bern u. Stutt-
gart

SCHWEINGRUBER F. H. [1993]: Jahrringe und Umwelt-
Dendroökologie. Birmersdorf

WAMBSGANSS W. [2011]: Primärinformationen über die
Geologie der Versuchsflächen aus den Unterlagen des
Forstamtes Haardt

ZINGG A., GIUDICI F. [2005]: Wertholzproduktion mit
Kastanien-Niederwald- Versuchsanlage und ers-
te Ergebnisse. In: Nagel J. (Hrsg.) Deutscher Verband
Forstlicher Versuchsanstalten- Sektion Ertragskunde-
Jahrestagung 9.-11. Mai 2005. Freising, 168-179

KANN RINGSCHÄLE AN STEHENDEN EDELKASTANIEN ZERSTÖRUNGSFREI DETEKTIERT WERDEN?

R. HAPPE¹, S. RUST² UND F. HAPLA¹

¹Georg-August-Universität Göttingen

² HAWK Hochschule Hildesheim/Holzminde, Abteilung Holzbiologie und Holzprodukte/Göttingen

Zusammenfassung

Die Ringschäle ist ein bedeutender wertmindernder Faktor bei der Vermarktung des Edelkastanien-Stammholzes. Ziel dieses Projektes war es, zu überprüfen, ob eine Detektion der Ringschäle an stehenden Edelkastanien mit Hilfe der Schalltomographie und/oder der elektrischen Widerstandstomographie möglich ist und damit die Entscheidung über die Nutzung äußerlich wertvoll erscheinender Einzelbäume abzusichern.

Im Forstamt Haardt wurden in 6 Beständen auf vergleichbarem Standort an 55 Bäumen unterschiedlichen Alters Untersuchungen zur Detektion von Ringschäle am stehenden Baum durchgeführt. Zur Validierung wurden die Stichprobenbäume anschließend gefällt und in definierte Segmente geschnitten.

Die Ringschäle ist weder allein mit der Schalltomographie noch mit der elektrischen Widerstandstomographie mit ausreichender Sicherheit detektierbar. Eine kombinierte Anwendung der beiden Tomographie-Messmethoden erhöht die Sicherheit der Erkennung einer Ringschäle. Das Ringschälevorkommen wird durch das Alter und durch die waldbauliche Behandlung der Bestände beeinflusst. Die Feuchtigkeitsverteilung über den Stammquerschnitt korreliert nicht mit dem Ringschälevorkommen.

Résumé

La roulure réduit fortement la valeur commerciale des grumes de châtaigniers. Le projet avait pour objet de vérifier s'il est possible de détecter la roulure sur les châtaigniers sur pied à l'aide de la tomographie ultrasonore ou électrique afin de prendre des décisions mieux fondées concernant l'exploitation d'arbres dont l'aspect extérieur donne à penser qu'ils ont une valeur importante.

Dans 6 peuplements de la division forestière « Forstamt Haardt » situés dans des stations comparables, 55 arbres d'âges différents ont fait l'objet d'examens tomographiques en vue de détecter la présence de roulure. Pour valider les examens, on a ensuite abattu les arbres concernés et on les a tronçonnés en rondelles.

Il est impossible de détecter la roulure de manière suffisamment fiable en utilisant uniquement la tomographie ultrasonore ou la tomographie électrique. La combinaison des deux procédés augmente la fiabilité de la détection. La présence de roulure est conditionnée par l'âge et par le traitement sylvicole des peuplements. La distribution de l'humidité sur la section de la tige et la présence de roulure ne sont pas corrélées.

1. Ziel des Projektes

Ein Ziel dieses Projektes war es, zu überprüfen, ob eine Detektion der Ringschäle an stehenden Edelkastanien mit Hilfe der Schalltomographie und/ oder der elektrischen Widerstandstomographie möglich ist. Das Ringschälenvorkommen an den Probebäumen wurde dokumentiert und untersucht, ob es einen Zusammenhang zum Alter bzw. zum Durchmesser der Probebäume gibt. Desweiteren wurde untersucht, ob ein Zusammenhang zwischen dem Ringschälenvorkommen und der waldbaulichen Behandlung der Probeflächen existiert. Zusätzlich wurden an den frisch gefällten Probebäumen Feuchtemessungen durchgeführt, sodass eine mögliche Beziehung zwischen dem Auftreten der Ringschäle und veränderten Feuchtwerten bestätigt oder widerlegt werden kann. Zusammenfassend trägt dieses Projekt zur Ursachenforschung der Ringschäle bei.

2. Versuchsplanung

2.1 Kriterien der Versuchsplanung

Bei der Versuchsplanung für dieses Projekt waren einige Gesichtspunkte zu beachten. Darunter die Einheitlichkeit der ausgewählten Parzellen. Innerhalb einer Parzelle sollten die Bäume möglichst gleichaltrig sein und eine möglichst gleiche waldbauliche Behandlung erfahren haben um sie als Stichprobeneinheit auffassen zu können. Zudem sollten die ausgewählten Bäume für die Parzelle repräsentativ sein, also weder ausschließlich besonders schlecht gewachsen noch nur besonders vital sein. Um den Einfluss des Bodens und des Standorttyps „auszuschalten“, sollten Bestände ausgewählt werden, die alle das gleiche Ausgangssubstrat und einen möglichst identischen Standortstyp haben. In Kooperation mit dem Forstamt Haardt erfolgte eine gezielte Auswahl der Versuchsflächen, sodass eine Altersspanne erfasst wurde, die bereits verkaufsfähige Stammholzsortimente darstellte. Daraus folgte, dass auch unterschiedliche Dimensionen der Stämme zur Verfügung standen. Um eindeutige, besonders aussagekräftige Ergebnisse zu erhalten war es wichtig, dass sich die Parzellen untereinander, möglichst deutlich voneinander unterscheiden. Dies galt sowohl für die Altersklassen, als auch für das waldbauliche Konzept, mit dem die Parzelle behandelt wurde. Desweiteren musste ein Kompromiss bezüglich eines möglichst großen Stichprobenumfangs für dieses Projekt und dem Maximum an wirtschaftlicher

Vertretbarkeit für das Forstamt Haardt gefunden werden. Somit war der Stichprobenumfang von 55 Probebäumen (maximal 10 Bäume pro Versuchsfläche) ein Kompromiss zwischen wirtschaftlichen und wissenschaftlichen Interessen.

Ein weiterer wichtiger und unbedingt zu berücksichtigender Aspekt war ein Mindest- BHD der Probebäume. Bei der Verwendung der PICUS® Messgeräte sollte der BHD nicht unter 25 cm liegen, um eine ausreichend hohe Auflösung der Tomogramme zu erhalten. Außerdem sollten die Messungen vor Beginn des wiedereintretenden Saftflusses stattfinden, da die Messverfahren empfindlich auf Feuchte reagieren und die Ergebnisse nicht mehr aussagekräftig sind. Ähnliches gilt für das vorherrschende Wetter bei den Messungen, denn es sollte nach Möglichkeit nicht stark Regnen, da dies zu Fehlmessungen beim elektrischen Widerstand führen kann, weil die nasse Rinde ebenfalls leitend wird. Außerdem sollten die Temperaturen möglichst konstant über die Tage der Messungen sein, um große Schwankungen der Ergebnisse zu vermeiden.

Desweiteren sollten die Fällungsarbeiten noch vor Beginn des Laubausbruchs der Bäume stattfinden um korrespondierende Feuchtigkeitswerte zu erhalten.

2.2. Hypothesenstruktur

Die in Kapitel 1 beschriebene Problemstellung erfordert die Aufstellung von zwei übergeordneten Arbeitshypothesen mit je drei untergeordneten Arbeitshypothesen und entsprechenden Nullhypothesen. Im Zuge dieses Projektes werden diese Hypothesen überprüft und durch eine repräsentative Stichprobennahme und geeignete statistische Methoden bestätigt bzw. widerlegt.

2.2.1 Erste übergeordnete Arbeitshypothese

„Ein Ringschäle- Vorkommen kann mit Hilfe des PICUS® Gerätes am stehenden Baum detektiert werden“

Diese übergeordnete Arbeitshypothese lässt sich in drei einzelne Arbeitshypothesen untergliedern.

- H_{A1} : Die Ringschäle lässt sich mit Hilfe der Schalltomographie am stehenden Baum detektieren.
- H_{A2} : Die Ringschäle lässt sich mit Hilfe der elektrischen Widerstandstomographie am stehenden Baum detektieren.
- H_{A3} : Die Ringschäle lässt sich durch eine kombinierte Anwendung der Schalltomographie und der elektrischen Widerstandstomographie am stehenden Baum detektieren.

Diesen drei Arbeitshypothesen stehen jeweils Nullhypothesen (H_{01} , H_{02} , H_{03}) gegenüber. Sie schließen aus, dass eine Detektion der Ringschäle mit Schalltomographie, elektrischer Widerstandstomographie oder einer kombinierten Anwendung möglich ist.

2.2.2 Zweite übergeordnete Arbeitshypothese

„Das Ringschäle- Vorkommen und dessen Ausmaße hängen mit der Feuchtigkeitsverteilung im Stammquerschnitt, BHD und Baumalter sowie waldbaulichen Behandlung zusammen.“

Auch diese übergeordnete Arbeitshypothese lässt sich wieder in drei einzelne Arbeitshypothesen unterteilen.

- H_{A4} : Die Feuchtigkeitsverteilung über den Stammquerschnitt steht in einem Zusammenhang mit dem Ringschäle- Vorkommen.
- H_{A5} : Das Ausmaß und die Häufigkeit des Ringschäle- Vorkommens im Stamm hängen vom BHD und Baumalter ab.
- H_{A6} : Die waldbauliche Behandlung beeinflusst die Häufigkeit des Ringschäle- Vorkommens im Stamm.

Diesen drei Arbeitshypothesen stehen wieder drei Nullhypothesen gegenüber (H_{04} , H_{05} , H_{06}), die jeglichen Zusammenhang zwischen dem Ringschäle-Vorkommen und den Faktoren Feuchtigkeitsverteilung, BHD und Baumalter und waldbauliche Behandlung ausschließen.

3. Untersuchungsmaterial

3.1 Standortbeschreibung der Versuchsbestände

Die Versuchsflächen unterscheiden sich wie in der Tabelle 1 ersichtlich kaum in ihren Standortbedingungen. Es handelt sich um Böden aus Buntsandsteinverwitterung mit teilweiser Vermengung mit Verwitterungsprodukten des Zechstein. Da es sich bei den Versuchsflächen um Mittelhanglagen bzw. eine Muldenlage handelt, finden sich hier überwiegend frische, teilweise auch mäßig frische bis mäßig trockene Standorte.

3.2 Charakterisierung der Stichprobenkollektive

Insgesamt wurden sechs Versuchsflächen ausgewählt. Auf fünf Flächen wurden jeweils zehn Probestämme ausgewählt, auf Parzelle E fünf. Die Flächen wurden mit den Buchstaben A bis F gekennzeichnet und die Probestämme erhielten fortlaufende Nummern, beginnend mit 1 (Tabelle 1). Es wurden drei verschiedene Waldbaukonzepte ausgewählt:

- Naturparzelle, in der nur geringe Eingriffe stattfinden
- Niederdurchforstung, Niederwald mit Stockausschlag
- Z- Baum orientierte Auslese mit Kronenfreistellung

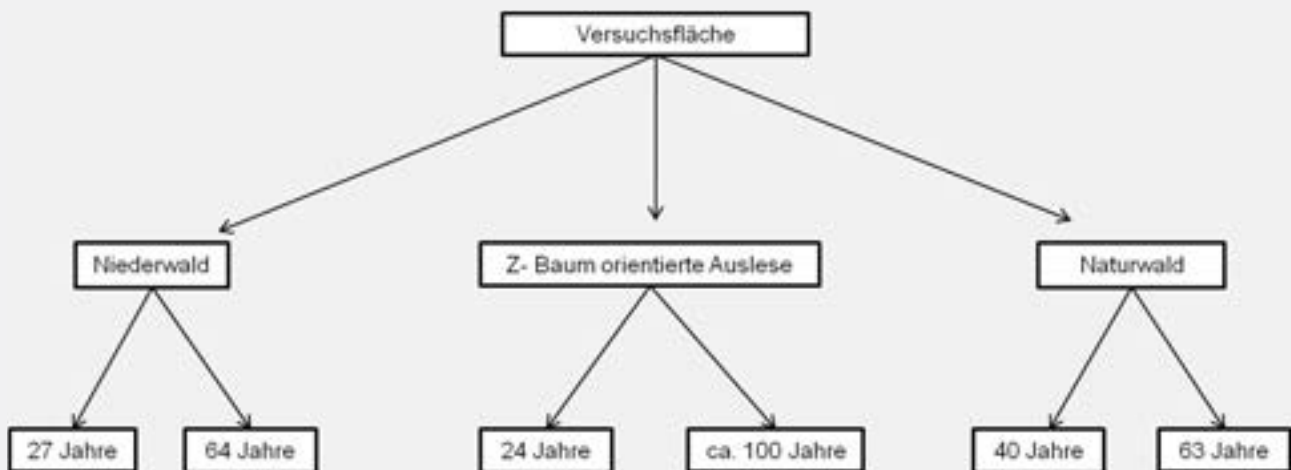
Pro waldbaulichem Konzept wurden je zwei verschiedene Altersklassen ausgewählt, die grob als „jung“ und „alt“ bezeichnet werden können. Das nachfolgende Schema veranschaulicht das Auswahlkonzept (Abbildung 1). An jedem zufällig ausgewählten Probestamm wurde in 1,3 m Höhe jeweils eine Messung mit dem PICUS® Schalltomographen und eine mit dem elektrischen Widerstandstomographen PICUS Treetric®. Anschließend wurden die Probestämme gefällt und am Stammfuß die Feuchte mittels eines Feuchtemessgerätes gemessen. Daraufhin wurden die gefällten Stämme auf der markierten Messhöhe eingeschnitten und das Ringschäle- Ausmaß auf Messhöhe dokumentiert.

Tabelle 1:

Standortbeschreibung der Versuchsflächen (schriftliche Mitteilung des Forstamts Haardt, 2011)

Kennung	Baum-nummern	Alter	waldbauliche Behandlung	Revier	Bodentyp	Standortstyp
Parzelle A	01- 10	63 Jahre	Naturparzelle	Edenkoben	Braunerde	frischer Lehmsand
Parzelle B	11- 20	27 Jahre	Niederdurchforstung	Edenkoben	Braunerde	mäßig frischer bis mäßig trockener Sand
Parzelle C	21- 30	40 Jahre	Naturparzelle	Edenkoben	Braunerde	mäßig frischer Sand
Parzelle D	31- 40	64 Jahre	Niederdurchforstung	Wolfseck	Braunerde	frischer Lehmsand
Parzelle E	41- 45	24 Jahre	Z-Baum orientierte Auslese	Wolfseck	Braunerde	frischer Lehmsand
Parzelle F	51- 60	ca. 100 Jahre	Z-Baum orientierte Auslese	Wolfseck	Braunerde	frischer Lehmsand

Abbildung 1:
Schema der Auswahl der Stichprobenkollektive



4. Untersuchungsvariablen und Methoden

Die verwendeten Geräte zur Vermessung stehender Bäume gehören zur PICUS® Familie und werden von der argus electronic GmbH vertrieben. Sie wurden uns freundlicherweise von der HAWK Göttingen für diese Arbeit zur Verfügung gestellt.

An jedem Probestaum wurde zunächst die Baumgeometrie mit Hilfe des PICUS® Calliper sehr exakt erfasst, wodurch das Tomogramm sehr genau wird (Rust, 2008). Danach wurde der Baum mit dem Schalltomographen vermessen und im Anschluss daran mit dem Treetric® dem elektrischen Widerstandstomographen. Das zugehörige PC Programm verarbeitet die Daten automatisch und erstellt die Tomogramme. Nach dem Fällen wurde zusätzlich am Stammfuß die Feuchtigkeit gemessen.

4.1 Erfassen der Baumgeometrie mit PICUS® Calliper

4.1.1 Allgemeines

Der PICUS® Calliper ist ganz allgemein ein Messinstrument zum Messen von Strecken. Er dient dazu die Form des Baumes in der Messebene genau und schnell zu erfassen. Seine maximale Spannweite, also die längste messbare Strecke beträgt 149 cm bei einer Genauigkeit von ± 8 mm (Handbuch PICUS Calliper, 2008). Der Calliper ist dem Prinzip des Zirkels nachempfunden und „durch die im Winkel angebrachten Spitzen der Calliper Arme, kann die Entfernung beliebiger Punkte auf der Oberfläche ermittelt werden“ (<http://www.argus-electronic.de/index.php/de/picus-calliper>, 2011). Dies wird in Abbildung 2 veranschaulicht:

Abbildung 2:

PICUS® Calliper bei der Messung (<http://www.argus-electronic.de/index.php/de/picus-calliper>, 2011)



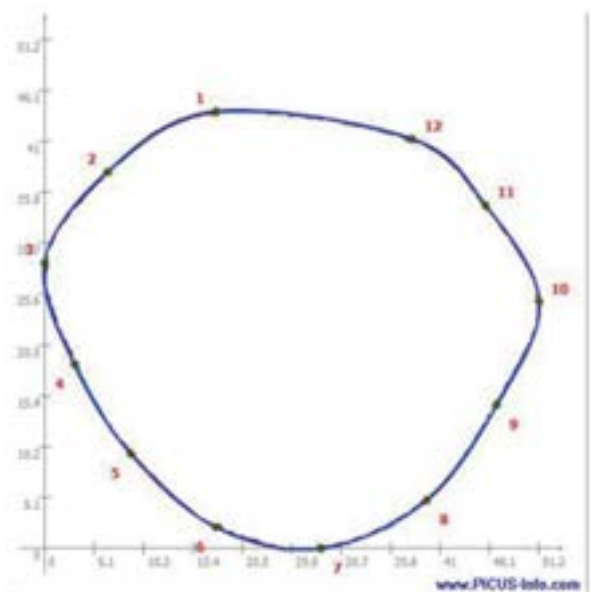
4.1.2 Arbeitsprinzip

Mit dem Calliper werden die Strecken zwischen Messpunkten gemessen. Dabei wird das „geometrische Gesetz genutzt, dass ein Dreieck genau berechnet werden kann, wenn die Längen aller drei Seiten bekannt sind“ (Handbuch PICUS® Calliper, 2008). In Abhängigkeit der Anzahl an Messpunkten werden zwei oder drei Basispunkte festgelegt, von denen aus die Strecken zu allen anderen Messpunkten gemessen werden. Die Längen werden dann entweder manuell eingegeben oder via Bluetooth an das PC Programm gesendet. Das Programm erstellt aus diesen Daten zusammen mit Informationen über den Umfang des Baumes, sowie der Anzahl der Messpunkte ein genaues Bild von der Form des Baumquerschnitts, das beispielsweise wie Abbildung 3 aussehen kann. Die ermittelte Baumgeometrie kann später für die Schalltomographie und die elektrische Widerstandstomographie verwendet werden. Weitere Vorteile aus Sicht des Herstellers ARGUS ELECTRONIC GMBH sind (<http://www.argus-electronic.de/index.php/de/picus-calliper>, 2011):

- Einfache und schnelle Handhabung
- Edelstahl Konstruktion
- Geringe Größe beim Transport
- Größerer Messbereich als die meisten Messkluppen

Abbildung 3:

Beispiel für eine Baumgeometrie, die mit dem Calliper bestimmt wurde



- Ausgereifte Software für die Geometriebestimmung
- Bluetoothschnittstelle zum PC oder zum Pocket PC

4.2. PICUS® Schalltomograph

4.2.1. Aufbau des Gerätes und Durchführung der Messung

Materialien, die zu einer Messung benötigt werden (Handbuch PICUS® Schalltomograph, 2008):

- Maßband
- Befestigungsriemen mit Schnalle
- PICUS® elektronischer Hammer zur Schallerzeugung
- Hammer zum Einschlagen der Nägel
- Zange
- Nägel (Dachpappennägel aus Aluminium)
- PICUS® Stromversorgung mit einem Batteriepack
- PICUS® Messmodule
- USB Kabel für Verbindung zwischen PICUS® und PC
- PICUS® Datenkabel, Verbindung von PICUS® Modulkette mit PICUS® Stromversorgung
- PICUS® Software

Bei der Schallmessung mit dem PICUS® Schalltomographen gibt es im Allgemeinen fünf Schritte (Handbuch PICUS® Schalltomograph, 2008).

Schritt 1: Festlegung der Anzahl und Position der Sensoren

Die Messebene wurde auf BHD- Höhe festgelegt, da hier ein einfaches Arbeiten möglich ist. Um nach der Fällung der Probestämme eine Orientierung behalten zu können, wurde bei jedem Probestamm mit Hilfe eines Kompasses der Nagel mit der Messpunkt-Nummer 1 in Richtung Norden platziert und diese Himmelsrichtung auf dem Stamm mit Kreide markiert.

Bei der Positionierung der Messpunkte müssen folgende Punkte berücksichtigt werden (Handbuch PICUS® Schalltomograph, 2008):

- Minimaler Abstand zwischen zwei Messpunkten: 10 cm
- Maximaler Abstand zwischen zwei Messpunkten: ca. 50 cm
- Die Messpunkte sollten nicht in defektes oder beschädigtes Holz platziert werden, sondern daneben

- Die Nägel müssen durch die Borke auf den ersten Jahrring lokalisiert werden, da die Borke schalltot ist
- Die Nägel sollten senkrecht zur Markröhre eingeschlagen werden und auf einer horizontalen Ebene liegen
- Bei Aushöhlungen des Stammes sollten die Messpunkte daneben positioniert werden
- Je mehr Messpunkte eingerichtet werden, „desto detaillierter stellen sich die Tomogramme dar“ (DUHME, 2007)

Die Aluminiumnägel werden durch die Borke auf das Holz mit einem gewöhnlichen Hammer geschlagen. Erst danach wird die Messtechnik am Baum angebracht.

Schritt 2: Anbringen der Messtechnik am Baum

Zunächst wird der Befestigungsriemen ca. zehn Zentimeter unterhalb der Messebene angebracht. Er sollte nicht zu fest gezurrt werden, da im Anschluss die Messmodule auf den Gurt gehakt werden. Am besten wird jedes Messmodul unter seinem zugehörigen Nagel, gegen den Uhrzeigersinn beginnend bei der genordneten Nummer 1, positioniert. Die Messmodule werden miteinander verbunden, indem jedes Modul mit seinem rechten Nachbarn mit den, an den Modulen befestigten, Kabeln verbunden wird, wobei das Kabel des letzten Moduls mit der Stromversorgung verbunden wird. Anschließend werden die magnetischen Sensoren mit äußerster Vorsicht auf die Nägel angebracht. Pro Messmodul gibt es einen an das Modul angeschlossenen Sensor, der auf den entsprechend nummerierten Nagel gesetzt wird. Dabei ist besonders darauf zu achten, dass die Sensoren glatt auf den Nägeln sitzen und nicht verschmutzt sind (Handbuch PICUS® Schalltomograph, 2008; DUHME 2007).

Schritt 3: Geometrie des Baumes erfassen

Dies kann zum einen mit dem PICUS® Calliper durchgeführt werden, wie in Kapitel 4.1. beschrieben. Bei nahezu elliptischen Bäumen kann auch eine „Standardgeometrie“ von „elliptischen Baumquerschnitten“ (Handbuch PICUS® Schalltomograph, 2008) im PC Programm PICUS® gewählt werden. Mit der Option „Freie Form“ kann die Geometrie des Baumes durch die Eingabe der einzelnen Streckenlängen, die beispielsweise mit einer Kluppe gemessen werden können, ermittelt werden (Handbuch PICUS® Schalltomograph, 2008).

Schritt 4: Durchführen der Schallmessung

Zunächst wird ein PC an die Stromversorgung des PICUS® via USB Kabel angeschlossen. Mit einem Bluetooth fähigem PC ist auch eine kabellose Verbindung möglich. Das USB Kabel verbindet dann die ausgeschaltete Stromversorgung und den angeschalteten PC. Nun schaltet man die Stromversorgung ein und richtet das PC Programm ein, sodass die Messung bei Messpunkt 1 gestartet werden kann. Zur Messung wird der PICUS® eigene „Electronic Kabel Hammer (PEH)“ (Handbuch PICUS® Schalltomograph, 2008) an das letzte Messmodul angeschlossen. Man entfernt nun den Sensor vom Nagel des ersten Messpunktes und setzt an seiner Statt der Klopfstift des Hammers auf dem Nagel. Nun drückt man einmal kurz auf den gelben Knopf des Hammers (LED blinkt schnell für wenige Sekunden, um ein unbeabsichtigtes Klopfen zu verhindern), um den Messpunkt zu aktivieren, welches das PC Programm auch akustisch durch eine Sprachausgabe bestätigt und klopft mit dem Hammer auf den Nagel, wobei die Stärke des Schlages theoretisch irrelevant ist, da die Schalllaufzeiten relativ zueinander gemessen werden und nicht absolut (DUHME, 2007), sollte aber sehr leicht sein, um den Nagel nicht zu tief ins Holz zu treiben und dadurch eine Beeinflussung der Messwerte auszuschließen. Pro Messpunkt werden mindestens drei Messungen vorgenommen, um „extreme Schwankungen der Messwerte“ (DUHME, 2007) auszuschließen. Weitere erforderliche Messungen werden vom PC Programm selbstständig angefordert und durch die Sprachausgabe angekündigt. Sind alle Messungen an Messpunkt 1 abgeschlossen, kündigt die Sprachausgabe des Programms den Wechsel zu Messpunkt 2 an. Nun wird der Sensor von Messpunkt 1 wieder vorsichtig auf den Nagel gesetzt und der von Messpunkt 2 heruntergenommen, um dort wieder den Schallimpuls zu erzeugen und so weiter.

Schritt 5: Berechnen des Tomogramms

Wurden bei allen Messpunkten alle erforderlichen Schallimpulse ausgelöst, errechnet das PC Programm aus den angefallenen Daten ein Tomogramm, das zum Beispiel wie Abbildung 5 aussehen kann. Dabei gilt: „Je mehr Sensoren angebracht werden, desto detaillierter stellen sich die Tomogramme dar“ (DUHME, 2007).

4.2.2. Arbeitsprinzip des Schalltomographen

„Das Messprinzip des PICUS® Schalltomographen beruht auf den unterschiedlichen Schalleiteigenschaften von gesundem und krankem Holz“ (Handbuch PICUS® Schalltomograph, 2008). Es werden also Laufzeiten des Schalls durch das Holz gemessen. „Da der tatsächliche Weg des Schalls (...) durch

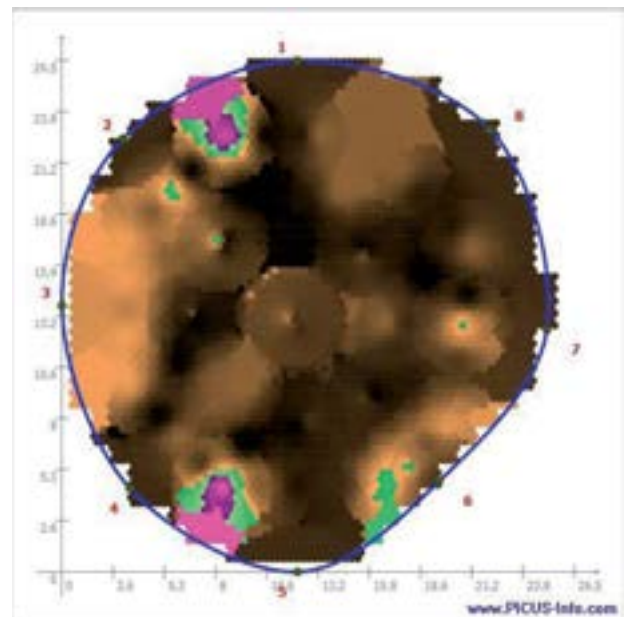
Abbildung 4:

Einsatz des PICUS® an einem Probebaum
(Handbuch PICUS® Calliper, 2008)



Abbildung 5:

Beispiel für ein Schalltomogramm (Handbuch PICUS® Schalltomograph, 2008)



den Baum unbekannt ist, wird aus der Laufzeit und der direkten Distanz zwischen Quelle und Sensor eine fiktive Geschwindigkeit berechnet“ (RUST, 2008). Dies funktioniert folgendermaßen: An einem Messpunkt wird manuell ein Schallimpuls erzeugt (durch das Klopfen mit dem elektronischen Hammer), alle übrigen Sensoren zeichnen die Laufzeit des Schalls auf, sodass „ein dichtes Netz von Schallgeschwin-

digkeitsdaten" (Rust, 2008) entsteht. Die genaue Berechnung der Laufzeit wird ermöglicht durch das Einbeziehen der exakten Geometrie des Baumes. „Die einzelnen Schalllaufzeiten einer Messung werden relativ zur Schnellsten bewertet, damit die Messungen unabhängig von genetischen oder standortbedingten Eigenschaften verwendet werden können" (DUHME, 2007, Rust, 2008). Das Gerät kalibriert sich bei jedem neuen zu vermessenden Querschnitt neu, indem es die schnellste Geschwindigkeit gleich 100% setzt und „alle anderen dazu ins Verhältnis" (Duhme, 2007, Rust, 2008). Unterschiede der relativen Schallgeschwindigkeiten ergeben sich aus abweichenden Eigenschaften des Holzes. „Die meisten Schäden (...) vermindern Dichte und/oder E-Modul des Holzes" (Rust, 2008, DUHME, 2007). Da die Schallgeschwindigkeit hauptsächlich von diesen Faktoren abhängt, „weist eine Verringerung der Geschwindigkeit auf das Vorhandensein eines Defektes hin" (Rust, 2008, DUHME, 2007). Es ist außerdem möglich, dass der Schall nicht durch einen Defekt hindurch geht, sondern ihn umgeht („indirekter Schallweg"), wobei auch dies wiederum bedeutet, dass die Laufzeit länger ist als in gesundem Holz (HAABEN, 2005). Im speziellen Fall der Ringschäle heißt das: Die Ringschäle ist ein Lufteinschluss und in Luft beträgt die Schallgeschwindigkeit 343 m/s (WIKIPEDIA, 2011). Wie in Tabelle 2 ersichtlich liegt die Schallgeschwindigkeit in Luft deutlich unter der im Holz, sodass die Schallgeschwindigkeit durch die Ringschäle deutlich vermindert sein sollte und somit theoretisch auf dem Tomogramm sichtbar sein sollte.

Tabelle 2:

Schallgeschwindigkeiten in Holz (Zusammenstellung nach HAABEN, 2005)

Holzart	Schallgeschwindigkeiten in m/s		
	longitudinal	radial	tangential
Eiche	2466	1445	1289
Esche	3365	1372	1238
Ahorn	2835	1486	1293
Buche	3301	1279	1133

4.2.3. Interpretation der Ergebnisse

„Die Schalllaufzeiten jedes Sensors werden zu einem Netz übereinander gelegt" (DUHME, 2007). Das PC Programm errechnet aus den relativen Schallgeschwindigkeiten ein Tomogramm. Verschiedene Holzqualitäten werden im Tomogramm mit „willkürlich" (Handbuch PICUS® Schalltomograph, 2008) gewählten Farben dargestellt. Grundlegend gilt dabei:

„Dunkle Farben (schwarz bis hellbraun) beschreiben Bereiche im Stamm, in denen sich der Schall schnell ausbreiten kann. Violett und blau kennzeichnen dagegen Bereiche, in denen sich der Schall weniger gut ausbreiten kann. Diese Bereiche enthalten also Holz mit scheinbar geringerer Dichte. Grüne Flächen kennzeichnen Bereiche zwischen Schnellen und Langsamen." (Handbuch PICUS® Schalltomograph, 2008). Dadurch können Defekte erkannt und veranschaulicht werden (Abbildung 5). Allerdings muss dabei berücksichtigt werden, dass eine genaue Bestimmung der Art des Defektes schwierig oder „gar unmöglich" ist (Rust, 2008, Handbuch PICUS® Schalltomograph, 2008, DUHME, 2007). Allerdings wird der Defekt durch die Berücksichtigung der Geometrie des Baumes in seiner Position im Stammquerschnitt sehr exakt dargestellt (Rust, 2008).

4.3. PICUS® Treetronic

4.3.1. Aufbau des Gerätes und Durchführung der Messung

Der Geräteaufbau des Schalltomographen bleibt für die Messung mit dem PICUS® Treetronic am Baum. Zusätzlich werden weitere Materialien für eine Messung mit dem PICUS® Treetronic benötigt (Handbuch PICUS® Treetronic, 2008):

- Treetronic Instrument
- Messkabel 4x6 schwarz und rot mit Elektroden
- Datenkabel

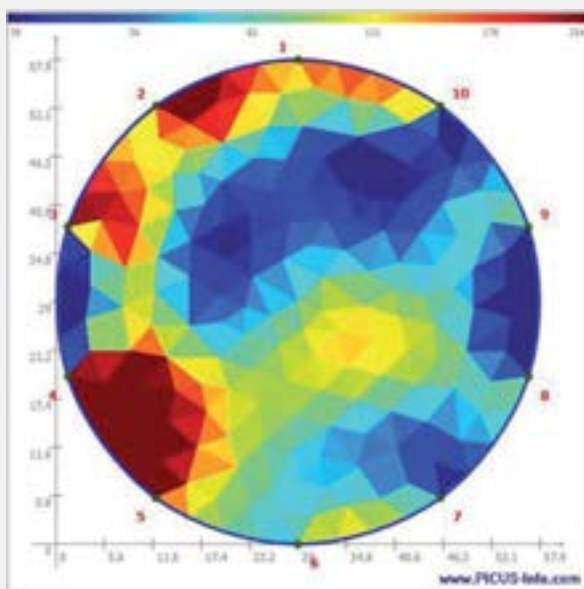
Die Messmodule verbleiben am Probestaum und sind weiterhin mit der Stromversorgung verbunden. Auch der PC bleibt mit der Stromversorgung via USB verbunden. Der elektronische Hammer wird abgesteckt und die Sensoren der Schallmessung von den Nägeln abgenommen. Nun werden die Elektroden (Krokodilklemmen) an die Nägel geklemmt. Dabei werden die „Elektroden gleichmäßig um den Holzkörper angebracht. Die Reihenfolge der Elektroden ist bei jeder Messung gleich, weshalb diese durchnummeriert sind" (DUHME, 2007). Die Nummer der Elektrode muss mit der Nummer des Messpunktes übereinstimmen (Handbuch PICUS® Treetronic, 2008). Wenn nicht alle Elektroden benötigt werden, können

die übrigen Elektroden einfach lose hängen gelassen werden. Abschließend wird das Treetronic Instrument mit der Stromversorgung mit dem mitgelieferten Datenkabel verbunden und die Messkabel in die passenden Steckplätze des Treetronic Instruments platziert (Handbuch PICUS® Treetronic, 2008).

Die Messung läuft automatisch über die PC Software. Auch die Kalkulation des Tomogramms (Abbildung 6) übernimmt das PC Programm selbstständig.

Abbildung 6:

Beispiel für ein elektrisches Widerstands- Tomogramm (Handbuch PICUS® Treetronic, 2008)



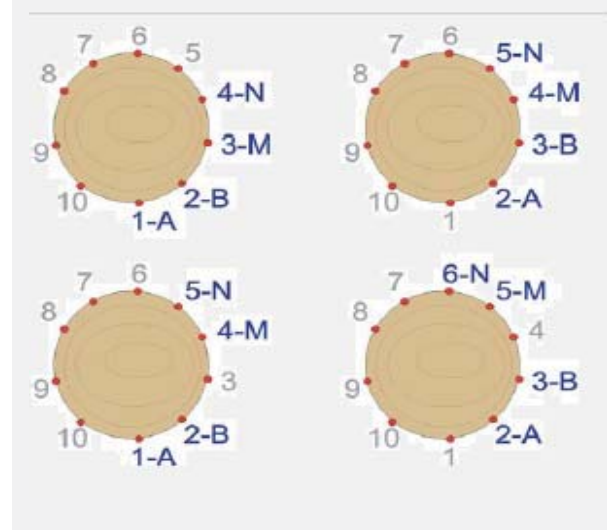
Bei der Messung mit elektrischem Widerstand sind einige Konditionen während der Messung zu berücksichtigen: Aufgrund des variablen Wassergehaltes im Holz während der Jahreszeiten, sollten Messungen im Frühling, Sommer und Herbst durchgeführt werden. Außerdem sollte die Umgebungstemperatur bei einer Messung über 0° Celsius liegen, da sonst das Tomogramm undeutlich wird. Die Nägel sollten nicht aus Kupfer sein, um Reaktionen zwischen dem Nagel und dem Holz zu vermeiden, die das Tomogramm stören könnten (Handbuch PICUS® Treetronic, 2008).

4.3.2. Arbeitsprinzip des Treetronic

„Für die elektrische Widerstandstomographie an stehenden Bäumen kann die Gleichstromtechnik oder die Anwendung von niederfrequentem Wechselstrom von 8,3 Hz verwendet werden“ (DUHME, 2007). Der PICUS® Treetronic „arbeitet mit Vier-Punkt- Anordnungen, bei denen ein niederfrequenter Wechselstrom an zwei Punkten eingespeist und an zwei anderen abgegriffen wird“ (Rust, 2008). „Diese Art der Messung nennt sich Dipol- Dipol Messung. Das „stromspeisende“ Elektrodenpaar treibt das „spannungsabgreifende“ Elektrodenpaar vor sich her und wandert so um den Stamm“ (DUHME, 2007). In Abbildung 7 wird das Prinzip veranschaulicht. An die Elektroden A und B wird eine Spannung angelegt. Diese Spannung verursacht eine elektrische Strömung zwischen A und B, die dann gemessen wird. Zur gleichen Zeit wird die Spannung zwischen zwei anderen Elektroden, M und N, gemessen. Die Punkte an denen der Strom eingespeist wird (A und B) und der Punkt an dem die Spannung gemessen wird (M und N) verändern sich ständig (Handbuch PICUS® Treetronic, 2008). „Sind die Paare einmal herum, vergrößert sich der Abstand der Paare um eine Elektrode“ (DUHME, 2007) (siehe Abbildung 7, untere Reihe). „Nun laufen beide Elektrodenpaare wieder um den Baum. Dieser Vorgang wiederholt sich solange, bis sie genau gegenüber liegen“ (DUHME, 2007). „Durch die schrittweise Vergrößerung des Abstandes zwischen den messenden Elektrodenpaaren, kann radial immer tiefer in den Stammzylinder gemessen werden“ (DUHME, 2007).

Abbildung 7:

Darstellung des Weges des Stroms bei einer elektrischen Widerstandstomographie (Handbuch PICUS® Treetronic, 2008)



Es werden „scheinbare elektrische Widerstände erfasst“ (RUST, 2008), „da das Messmedium nicht homogen ist“ (DUHME, 2007), „und in eine tomographische Darstellung der Verteilung der scheinbaren spezifischen elektrischen Widerstände umgerechnet werden“ (RUST, 2008).

„Niederfrequente Wechselströme werden im Stamm überwiegend durch den Appoplasten weitergeleitet. Bei Fäulen oder anderen Verletzungen erhöhen sich die Ionenkonzentrationen oder der Wassergehalt im Appoplasten, wodurch eine verbesserte elektrische Leitfähigkeit hervorgerufen wird“ (DUHME, 2007), was einen geringeren elektrischen Widerstand bedeutet.

4.4.3. Interpretation der Ergebnisse

„Die Interpretation der Tomogramme bedarf umfangreicher Kenntnisse über die Widerstandsverteilung bei den verschiedenen Baumarten. Diese variieren nicht nur von Baumart zu Baumart, sondern auch innerhalb eines Jahres oder gar Tages“ (RUST, 2008). „Jedes Tomogramm unterscheidet sich, sowohl durch die errechneten Widerstände, die den einzelnen Farben zugeordnet sind, als auch durch die Verteilung der Farben in der Fläche. Anhand dieser Zuordnung und Verteilungen ist die elektrische Leitfähigkeit eines Stammquerschnitts abzulesen. Der Farbverlauf reicht von dunkelblau über türkis, grün, gelb und orange zu dunkelrot. Bei dunkelblau beginnend werden die aufsteigenden elektrischen Widerstände den Farben zugeordnet. (...) Anhand der Farben ist abzulesen, wie gut oder schlecht Bereiche des Stammquerschnitts den elektrischen Strom leiten. Gut leitende werden dabei durch blaue Farben gekennzeichnet. Die Leitfähigkeit wird, dem Farbverlauf folgend, immer schlechter bis hin zum ro-

ten Farbbereich, indem der elektrische Strom sehr schlecht geleitet wird“ (DUHME, 2007).

5. Ergebnisse

5.1 Ringschälenvorkommen

Insgesamt wurde nach dem Fällen an 16 von 55 Bäumen Ringschäle festgestellt, was einem Anteil von 29,09 % entspricht. Die Ringschäle wurde mit Hilfe eines Zollstocks vermessen und ihre Länge in mm dokumentiert. Die Position der Ringschäle wurde wie am Zifferblatt einer Uhr angegeben, wobei der Nord- Messpunkt 12 Uhr repräsentiert. Wenn 12 Sensoren am Baum angebracht wurden, entspricht die Nummer des Sensors der Uhrzeit. Unter den Bemerkungen in Tabelle 3 wird aufgeführt, auf welcher Höhe im Stamm die Ringschäle aufgetreten ist, wenn dies nicht nur auf der Messhöhe von 1,3 m war. Trat die Ringschäle auf Messhöhe auf, wurden nach oben hin im Abstand von 50 cm weitere Stammabschnitte auf Ringschäle überprüft und dokumentiert, wie weit sich die Ringschäle im Stamm fortsetzt. Teilweise trat Ringschäle auch nur zwischen dem Stammfuß und der Messhöhe auf.

Tabelle 3 zeigt das Ringschälenvorkommen in Parzelle F detailliert. Das der anderen Parzellen lässt sich wie folgt zusammenfassen:

- Parzelle A 1 Baum mit Ringschäle
- Parzelle B 1 Baum mit Ringschäle
- Parzelle C 2 Bäume mit Ringschäle
- Parzelle D 3 Bäume mit Ringschäle
- Parzelle E keine Ringschäle

Tabelle 3:

Ringschälenvorkommen in Parzelle F

Baum	Ringschäle	Position	Länge (mm)	Bemerkung
F51	Ja	3- 6	239	
F52	Ja	3-7	160	Ringschäle bis 2,8 m
F53	Ja	3- 7	270	Ringschäle bis 3,3 m
F54	Ja	3- 9	190	Ringschäle bis 2,8 m
F55	Ja	7- 11	75	Ringschäle bis 2,3 m
F56	Ja	3- 6	100	
F57	Ja	1- 4 ; 7-9	120 ; 150	von 0,35 m bis 1,3 m Ringschäle
F58	Ja	1- 4	70	von 0,5 m bis 1 m Ringschäle
F59	Ja	-	-	von 0,35 m bis 1 m Ringschäle
F60	Nein			

5.2 Tomogramme

Es wurden 92 Tomogramme von der Gesamtstichprobe der Bäume angefertigt. Die Abbildung 8.2 zeigt das Schalltomogramm und das elektrische Widerstandstomogramm eines Baumes mit Ringschäle.

Auf den Tomogrammen wurde mittels einer schwarzen Linie die Ringschäle verdeutlicht. Dies geschah anhand der Fotos der Stammscheibe, die auf Messhöhe entnommen wurde. Ein Beispiel für das Vorgehen zeigt Abbildung 8.1. Die Tomogramme mussten zur korrekten Darstellung gespiegelt werden.

Abbildung 8.1:
Beispiel für die Markierung der Stammscheiben (Baum D 35)

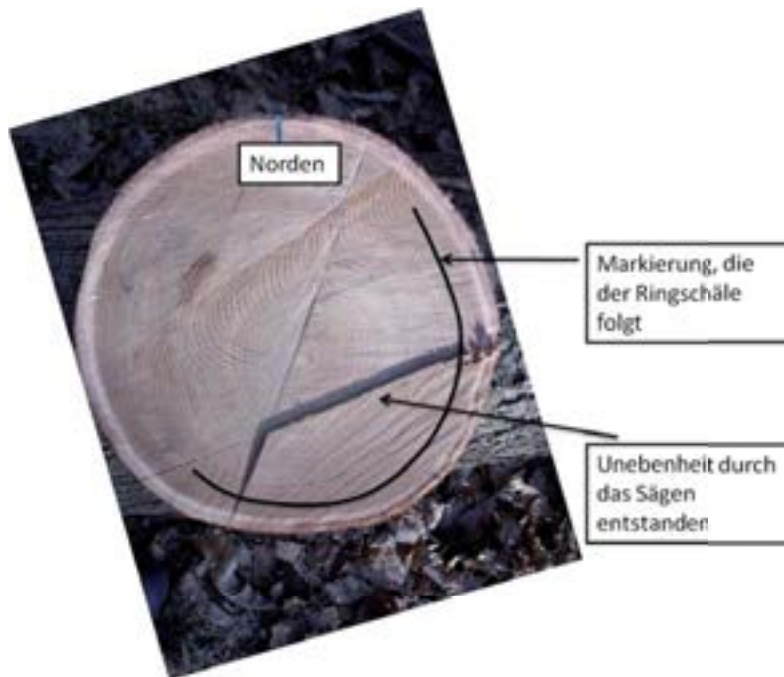
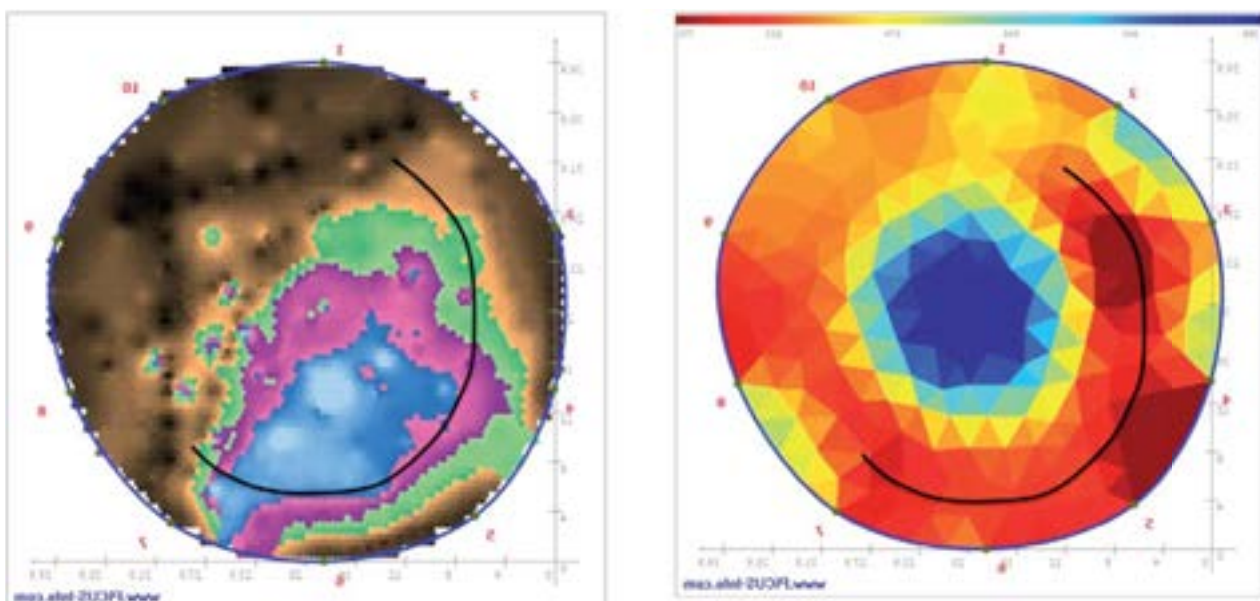


Abbildung 8.2:
Schalltomogramm (links) und elektrisches Widerstandstomogramm (rechts) des Baumes D 35 mit Markierung der Ringschäle

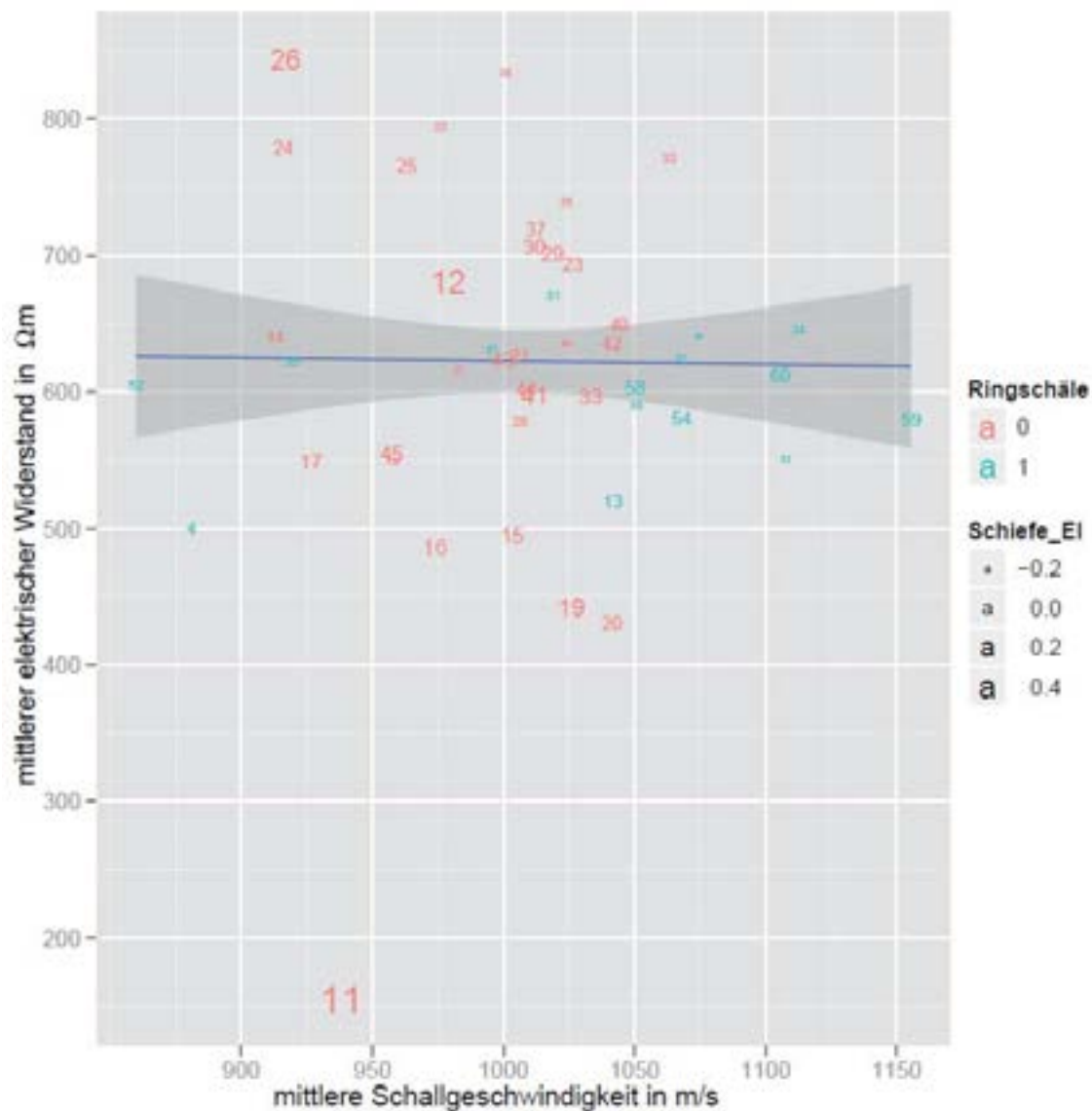


Das Schalltomogramm zeigt im Bereich um die Ringschale deutlich verlangsamte Schallgeschwindigkeiten. Dies zeigt an, dass es dort einen Defekt geben muss, der eine Leitung des Schalls verhindert. Die Farbveränderungen verlaufen exakt entlang der Ringschale-Markierung. Auffällig sind besonders die hellbraunen Veränderungen zwischen Sensor zwei und vier. Dass es sich bei dem Defekt nicht um eine Fäule handelt, bestätigt das elektrische Widerstandstomogramm, welches bei einer Feuchteansammlung wie bei einer Fäule in diesem Bereich deutlich verringerte

elektrische Widerstände aufweisen würde. Es zeigt an der Ringschale-Markierung allerdings eher einen trockeneren Bereich, der durch einen relativ hohen elektrischen Widerstand gekennzeichnet ist. Dieser liegt an diesen Stellen nach der Legende um $650\ \Omega$.

Mit Hilfe des Programms „R“ wurden verschiedene Streudiagramme angefertigt, um eventuelle Muster von Schallgeschwindigkeiten und/ oder elektrischen Widerständen aus den Daten der Tomogramme herauszufiltern (Abbildung 9).

Abbildung 9:
Streudiagramm der mittleren Schallgeschwindigkeit und des mittleren elektrischen Widerstands.
a=0=keine Ringschale, a=1=Ringschale vorhanden



Auf der Abszissenachse ist die mittlere Schallgeschwindigkeit in m/s aufgetragen. Auf der Ordinatenchse steht der mittlere elektrische Widerstand in Ω . Ringschälige Bäume sind mit ihren hellblauen Baumnummern gekennzeichnet. Nicht ringschälige Bäume sind orangene Baumnummern. Die Schriftgröße zeigt die Schiefe des elektrischen Widerstands. Auffällig ist, dass die Bäume mit Ringschale häufiger hohe Schallgeschwindigkeiten über 1050 m/s aufweisen. Die Schallgeschwindigkeiten konzentrieren sich zwischen 975 m/s und 1075 m/s. Der elektrische Widerstand liegt im Mittel bei 650 Ω . Insgesamt weisen die Bäume mit Ringschale eine geringere Streubreite des elektrischen Widerstands auf, als die Bäume ohne Ringschale, was der dunkelgraue Streuungsbereich verdeutlicht. Außerdem zeigen die Bäume mit Ringschale durch die Schriftgröße eine linksschiefe Verteilung der elektrischen Widerstände. Die Werte liegen alle bei oder unterhalb von 0,0.

5.3 Feuchtwerte

Nach dem Fällen wurden zehn Feuchtwerte pro Baum am Stammquerschnitt gemessen, je fünf in Nordrichtung und fünf in Südrichtung vom Mark ausgehend zum Splint und ihre Mittelwerte pro Messpunkt berechnet. Daraus wurde ein Liniendiagramm angefertigt, welches den Verlauf der Feuchtigkeit über den Stammquerschnitt deutlich macht (Abbildung 10).

Auf der Abszissenachse sind die Feuchte- Messpunkte I bis V aufgelistet, wobei ein Gradient von links nach rechts vom Mark zum Splint entsteht. Auf der Ordinatenchse ist die gemessene Feuchte in Prozent aufgetragen. Zu jedem Messpunkt sind die Messwerte nach Parzellen sortiert aufgetragen und farblich differenziert. Die Messwerte wurden dann automatisch verbunden, sodass eine Linie entsteht, die den Verlauf der Feuchtigkeit über den Stammquerschnitt verdeutlicht.

Zu erkennen ist, dass bei allen Parzellen die Feuchtigkeit vom letzten Kern- Messpunkt (IV) zum Splint- Messpunkt (V) deutlich ansteigt. Somit ist der Splint der Edelkastanien deutlich feuchter als ihr Kern.

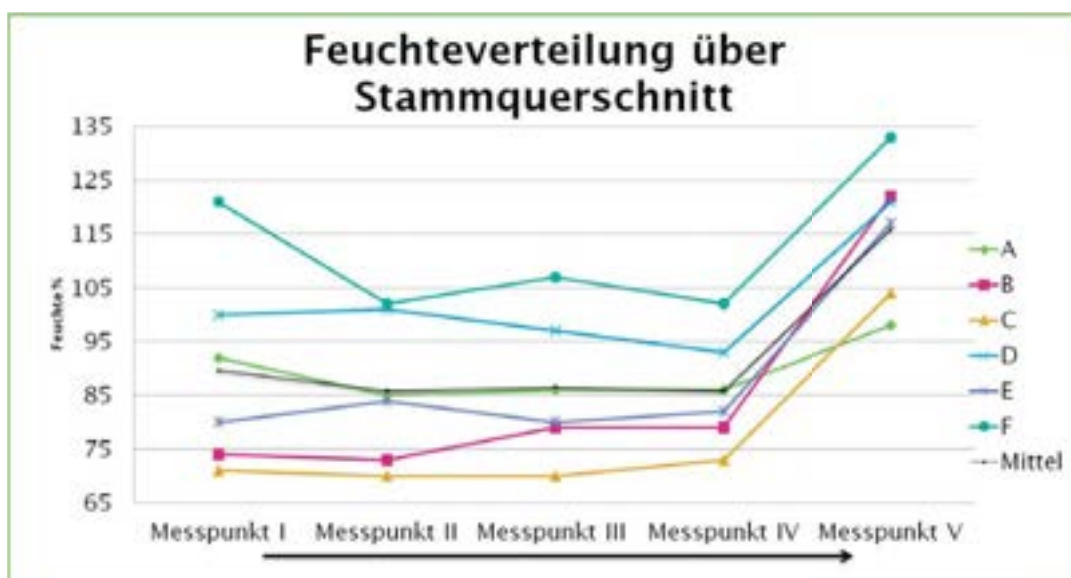
Betrachtet man das Mittel der Feuchtwerte, sieht man, dass die Feuchtigkeit im Mark selbst leicht höher ist, als an den anderen Messpunkten im Kern. Die Feuchtigkeiten im übrigen Kern vom Messpunkt II bis Messpunkt IV sind nahezu vergleichbar.

Interessant ist, dass die Feuchtigkeit mit höherem Baumalter ansteigt.

6. Überprüfung der Arbeitshypothesen

Diese Diskussion ergründet die in Kapitel 2.2 aufgestellten Arbeitshypothesen. Es wird überprüft, ob die Hypothesen oder die dazugehörigen Nullhypothesen bestätigt werden können.

Abbildung 10:
Grafische Darstellung der Feuchteverteilung über den Stammquerschnitt aller Probestämme



6.1. Erste übergeordnete Arbeitshypothese:
„Ein Ringschäle- Vorkommen kann mit
Hilfe der PICUS® Geräte am stehenden
Baum detektiert werden“

6.1.1. Hypothese H_{A1} :
Die Ringschäle lässt sich mit Hilfe der Schall-
tomographie am stehenden Baum detektie-
ren.

Die Schalltomogramme der ringschäligen Bäume zeigen sehr sporadisch Hinweise auf das Vorhandensein einer Ringschäle. Teilweise finden sich auch Tomogramme ohne Auffälligkeiten, trotz Ringschäle, wie beispielsweise Baum- Nummer F 55. Andererseits zeigen Bäume ohne Ringschäle ähnliche Auffälligkeiten, wie bei den Tomogrammen der ringschäligen Bäume, wie zum Beispiel Baum- Nummer E 41.

Problematisch ist zudem die geringe Auflösung der Schalltomogramme, die durch die geringe Anzahl an Sensoren zustande kommt, aufgrund des schwachen Durchmessers der Bäume. Diese geringe Auflösung kann dazu führen, dass sich kleine Ringschälen in den Lücken der Schallwege „verstecken“ können (siehe Abbildung 11). Auch das Gegenteil kann wie bei Baum- Nummer F 58 der Fall sein: Hier ist der angezeigte Defekt viel zu groß, um ausschließlich durch die Ringschäle verursacht zu werden. Dies bedeutet, dass die Schalltomographie nicht spezifisch genug ist, um die Ringschäle auf sich gestellt zu detektieren. Auch die erstellten Streudiagramme zeigen bei ringschäligen Bäumen in Bezug auf die Schallgeschwindigkeiten keine Besonderheiten. Allerdings ist festzuhalten, dass bei Bäumen mit Ringschäle höhere Schallgeschwindigkeiten möglich sind. Dies deutet jedoch an, dass die Ringschäle kein markantes Hindernis für den Schall darstellt.

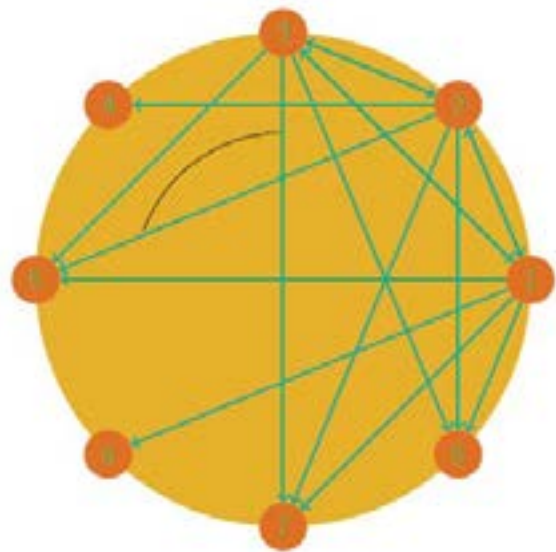
Nach dem Fällen kann der Defekt zwar genau bestimmt werden, aber im stehenden Zustand könnte auch eine gänzlich andere Ursache, die die Schallgeschwindigkeit verringert, so wie eine Ringschäle dargestellt werden. So zeigt Baum- Nummer F 56 beispielsweise Defekte im äußeren Splint an der Nordseite. Diese Defekte sind zu stark verteilt um durch die Ringschäle ausgelöst zu werden. Dieses Defektmuster könnte auch durch einen Schrägstand des Baumes ausgelöst werden, sodass sich Zugholz ausgebildet haben könnte.

Die Schalltomogramme bieten sehr viel Spielraum für Spekulationen, was eine genaue Identifizierung des Defektes ohne die Fällung des Baumes beinahe unmöglich macht.

Diese Argumente führen dazu, dass die Hypothese H_{A1} nicht bestätigt werden kann, sondern die Nullhypothese H_{01} angenommen werden muss: Die Ringschäle ist allein mit der Schalltomographie nicht mit ausreichender Sicherheit detektierbar.

Abbildung 11:

Eine kleinere Ringschäle kann sich bei geringer Auflösung der Tomogramme verstecken



6.1.2. Hypothese H_{A2} :
Die Ringschäle lässt sich mit Hilfe der elekt-
rischen Widerstandstomographie am stehen-
den Baum detektieren.

Die elektrischen Widerstandstomogramme zeigen keine übereinstimmenden Merkmale, die auf eine vorhandene Ringschäle hinweisen. Dies ist dadurch bedingt, dass die Farbskala bei jedem Tomogramm neu skaliert wird. Dadurch erscheint keine einheitliche Farbe auf Höhe der Ringschäle. Um diese Schwierigkeit zu eliminieren, können die Tomogramme gleichskaliert werden, sodass gleiche elektrische Widerstände mit gleichen Farben dargestellt werden. Allerdings sind auch bei diesen Tomogrammen keine besonderen Farbmuster bei ringschäligen Bäumen ersichtlich.

Hier helfen allerdings die Streudiagramme. Sie zeigen, dass der mittlere elektrische Widerstand ringschäliger Bäume bei durchschnittlich 650 Ω liegt und kaum davon abweichen. Dies bedeutet, dass man im Vergleich mit mehreren Bäumen ein Muster erkennen kann. Desweiteren ist die Schiefe der

Verteilung des elektrischen Widerstandes markant, da sie bei ringschäligen Bäumen ausschließlich unterhalb des Wertes 0,0 liegt. Auch hier muss aber darauf geachtet werden, dass auch nicht ringschälige Bäume größtenteils unter dem Wert von 0,0 liegen. Dies bedeutet wiederum, dass eine Detektion der Ringschäle mit Hilfe der Streudiagramme im Vergleich mit mehreren gemessenen Bäumen möglich ist.

Damit kann H_{A2} nur für den Fall akzeptiert werden, wenn größere Stichprobenumfänge verfügbar sind. Nur im Vergleich zwischen Bäumen mit und ohne Ringschäle können die ringschäligen Bäume aussortiert werden.

6.1.3. Hypothese H_{A3} : Die Ringschäle lässt sich durch eine kombinierte Anwendung der Schalltomographie und der elektrischen Widerstandstomographie am stehenden Baum detektieren.

Wie der vorangegangenen Argumentation zu entnehmen ist, kann die elektrische Widerstandstomographie Aufschluss über eine vorhandene Ringschäle im stehenden Baum geben. Allerdings ist dies nur im Vergleich innerhalb einer größeren Stichprobe möglich. Wurden in diesem Vergleich Bäume ausgewählt, bei denen Verdacht auf Ringschäle besteht, könnten diese ausgewählten Bäume zusätzlich mit der Schalltomographie überprüft werden. Durch das Tomogramm und die Schallgeschwindigkeit kann es gelingen, mit größerer Sicherheit eine Ringschäle zu erkennen.

Desweiteren könnte, durch eine nachträgliche Schalltomographie zuvor durch elektrische Widerstandstomographie ausgewählte Bäume, eine Zeitersparnis bei der Messung erwirken.

Demnach kann die Hypothese H_{A3} angenommen werden, da der Einsatz beider zerstörungsfreier Methoden (Schalltomographie und elektrische Widerstandstomographie) synergetisch wirkt und die Sicherheit der Erkennung deutlich erhöht.

6.2. Zweite übergeordnete Arbeitshypothese: „Das Ringschäle-Vorkommen hängt mit der Feuchtigkeitsverteilung im Stammquerschnitt, BHD und Baumalter sowie waldbaulichen Behandlung zusammen.“

6.2.1. Hypothese H_{A4} : Die Feuchtigkeitsverteilung über den Stammquerschnitt steht in einem Zusammenhang mit dem Ringschäle-Vorkommen.

Wie in der Grafik (Abbildung 10) deutlich wird, lässt sich nicht von der Feuchtigkeitsverteilung über den Stammquerschnitt auf die Ringschälehäufigkeit schließen. Bäume mit hohem Ringschälévorkommen, wie in Parzelle F und C, haben durchaus sehr unterschiedliche Feuchtwerte und Feuchteverteilungen. So weist Parzelle F eine sehr hohe durchschnittliche Feuchte mit großen Schwankungen zwischen den einzelnen Messpunkten auf. Parzelle C hingegen ist verhältnismäßig trocken und zeigt einen gleichmäßigen Feuchteverlauf über den Stammquerschnitt.

Desweiteren ergab die statistische Datenanalyse keine Korrelation zwischen den Feuchtwerten und dem Auftreten der Ringschäle.

In diesem Fall kann die Hypothese H_{A4} nicht bestätigt werden, sondern die Nullhypothese H_{04} muss angenommen werden.

6.2.2. Hypothese H_{A5} : Das Ausmaß und die Häufigkeit des Ringschäle-Vorkommens im Stamm hängen vom BHD und Baumalter ab.

Die Parzellen E, B und C weisen alle einen mittleren BHD von 26 cm auf. Allerdings sind die Bäume in den Parzellen unterschiedlich alt. Die jüngsten Bäume (Alter 24 Jahre) stehen in Parzelle E, in der keine Ringschäle auftritt. In Parzelle B stehen Bäume mit einem Alter von 27 Jahren. Dort gibt es ein Ringschälévorkommen von 10 %. Die in diesem Vergleich ältesten Bäume (Alter 39 Jahre) stehen in Parzelle C. Hier tritt zu 20 % Ringschäle auf. Somit zeigen Bäume mit gleichem BHD mit zunehmendem Alter ein steigendes Ringschälévorkommen. Das Alter scheint somit einen stärkeren Einfluss auf das Ringschälévorkommen zu haben als der BHD der Bäume.

Auffallend ist, dass das Ausmaß der Ringschäle in Parzelle F, deren Bäume ca. 100 Jahre alt sind und somit die ältesten in der gesamten Stichprobe, deutlich stärker ist als in den jüngeren Parzellen. In den Parzellen A bis D breitete sich die Ringschäle in der Stammhöhe bis maximal 1,3 m aus. Bei Parzelle F hingegen steigerte sich die Höhe, bis zu der Ringschäle gefunden wurde, bei 50 % der ringschäligen

Bäume auf maximal 3,3 m. Dies lässt vermuten, dass sich die Ringschäle mit zunehmendem Alter eher vertikal ausbreitet als horizontal, da keine eindeutig größeren Längen der Ringschäle an älteren Bäumen festzustellen sind (Tabelle 4).

Tabelle 4:

Durchschnittliche Längen der Ringschäle pro Parzelle

Parzelle	Alter (Jahre)	Mittelwert Länge Ringschäle (mm)
A	63	165
B	27	190
C	39	105
D	64	333
E	24	0
F	97	153
Mittel		158

Zusammenfassend lässt sich an diesem Vergleich erkennen, dass die Ringschäle bei gleichem BHD der Bäume mit zunehmendem Alter vermehrt auftritt, sodass die Hypothese H_{A5} angenommen werden kann.

6.2.3. Hypothese H_{A6} : Die waldbauliche Behandlung beeinflusst die Häufigkeit des Ringschäle-Vorkommens im Stamm.

Die Parzellen E (Alter 24 Jahre) und B (Alter 27 Jahre) sind in etwa gleich alt. Allerdings findet sich in Parzelle B zu 10 % Ringschäle und in Parzelle E gar keine Ringschäle. Die Parzellen haben außerdem beide einen durchschnittlichen BHD von 26 cm. Somit sind die Einflussfaktoren Alter und BHD identisch und können damit nicht der Grund für das unterschiedliche Ringschälevorkommen sein.

Die beiden Parzellen unterscheiden sich aber hinsichtlich ihrer waldbaulichen Behandlung: Parzelle B, in der Ringschäle zu 10 % auftritt, wurde nach dem Niederwald- Prinzip behandelt. In Parzelle E hingegen, in der keine Ringschäle auftritt, wurden die Kronen des verbleibenden Bestandes freigestellt und nur ein Stock des gesamten Stockausschlags als Z- Baum erhalten.

Ein ähnliches Szenario bietet der Vergleich der Parzellen A (Alter 63 Jahre) und D (Alter 64 Jahre). Auch

hier sind die Bäume in den Parzellen etwa gleich alt und haben ebenfalls einen ähnlichen BHD (Parzelle A= 38 cm; Parzelle D= 34 cm). Allerdings unterscheidet sich auch hier die waldbauliche Behandlung: Bei Parzelle A handelt es sich um eine Naturwaldparzelle, bei Parzelle D handelt es sich, wie bei Parzelle B, um eine Niederdurchforstung. Auffällig ist, dass in Parzelle A 10 % der Bäume Ringschäle aufweisen, in Parzelle D aber 30 % der Bäume ringschällig sind.

Anhand der verfügbaren Stichprobenkollektive je Parzelle kann zusammenfassend festgestellt werden, dass sich die Waldbauform auf das Ringschälevorkommen auswirkt. Dabei schneidet die Z- Baum- Auswahl am besten ab, da hier am seltensten Ringschäle auftritt. Die Niederdurchforstung hingegen zeigt die schlechtesten Ergebnisse, da hier im Vergleich am häufigsten Ringschäle vorkommt.

Die Hypothese H_{A6} kann bestätigt werden.

Zu beachten ist dabei allerdings, dass die Auswirkung des Alters auf die Ringschäle weiterhin beachtet werden muss, sodass es sich möglicherweise um eine Kombination der Einflussfaktoren Alter und Waldbau handelt.

7. Diskussion

7.1. Anwendung PICUS®

In diesem Kapitel sollen einige Probleme diskutiert werden, die in Zusammenhang mit der Anwendung der PICUS® Geräte und der Software während der Stichprobenaufnahmen für diese Arbeit auftraten.

Spiegeln der Tomogramme

Die Handbücher des PICUS® Schalltomographen und des PICUS® Treetriconic schreiben vor, dass die Sensoren entgegen des Uhrzeigersinns am Baum angebracht werden müssen. Dies bedeutet, dass die neuen Sensoren immer rechts neben den vorherigen Sensor platziert werden müssen. Diese Anweisung wurde allerdings übersehen, sodass die Sensoren mit dem Uhrzeigersinn angebracht wurden. Dies bewirkte, dass die Tomogramme spiegelverkehrt erstellt wurden. Dieses Problem ließ sich jedoch recht einfach beheben, indem die erstellten Tomogramme mit einem Bildbearbeitungsprogramm über die y-Achse um 180° gespiegelt wurden.

Auflösung der Tomogramme

Die Auflösung der meisten Tomogramme ist eher als mangelhaft zu beurteilen. Besonders deutlich wird dies an den Schalltomogrammen der Bäume B 13, C 23 und C 27. Auch die elektrischen Widerstandstomogramme dieser Bäume weisen eine geringere Auflösung auf, die allerdings nicht so auffällig ist, weil

hier die einzelnen Dreiecke im Tomogramm vergrößert werden. Somit sind die Abgrenzungen sehr ungenau.

Die geringe Auflösung der Tomogramme gründet auf der geringen Sensoranzahl bei diesen Bäumen. Diese konnte aber aufgrund des gegebenen Durchmessers der Bäume und dem Mindestabstand zwischen den Sensoren von 10 cm nicht anders arrangiert werden.

Die geringe Auflösung führt dazu, dass die möglicherweise im Stamm vorhandene Ringschale dem Schall ausweichen kann und deshalb nicht auf den Tomogrammen sichtbar sind (Abbildung 11). Sie wird also nicht als Defekt angezeigt, sodass die Anwendung der Schalltomographie zur Detektion der Ringschale nicht sinnvoll ist bei Stammumfängen unterhalb von 100 cm, sodass mindestens 10 Sensoren (unter Berücksichtigung des Mindestabstandes von 10 cm) angebracht werden können. Generell gilt aber: Je mehr Sensoren angebracht werden können, umso besser die Auflösung und umso höher die Wahrscheinlichkeit eine vorhandene Ringschale zu detektieren.

Software

Für die Dauer der Stichprobenaufnahme wurde eine zeitlich begrenzte Lizenz für die PICUS® Software zur Verfügung gestellt. Am Anfang bestand allerdings das Problem, dass die Software Version nicht aktuell war und somit nicht unter der neuesten Microsoft Betriebssystem Windows 7 lief. Es war nicht möglich eine Verbindung mit den PICUS® Geräten herzustellen.

Nach einer Software Aktualisierung während der ersten Außenaufnahmen im Forstamt Haardt funktionierte das Programm jedoch fehlerfrei. Die Bedienung des Programms ist sehr anwenderfreundlich und auch die optionale Sprachausgabe ist sehr hilfreich, wenn die Messungen von einer Einzelperson durchgeführt werden.

Aufbau der Geräte

Generell ist der Aufbau der PICUS® Apparate nicht sehr kompliziert. Es bedarf einiger Übung die Nägel auf die richtige Tiefe in das Holz zu treiben.

Auch wenn der Aufbau der Geräte nicht sonderlich schwierig ist, beansprucht der Akt einer vollständigen Messung mit beiden Methoden inklusive des Auf- und Abbaus selbst bei geübter Handhabung gut 60 Minuten pro Baum. Zusätzlich muss bei der geplanten Vermessung mehrerer Bäume das Gerät vollständig ab- und am neuen Baum aufgebaut werden. Diese Schritte müssen in die zeitliche Kalkulation eines solch großen Stichprobenumfangs einbezogen werden.

7.2. Versuchsplanung

In diesem Kapitel werden einige Aspekte, die sich auf die Planung der Stichprobenaufnahmen beziehen, diskutiert.

Auswahl der Probebäume

Die Auswahl der Probebäume im Forstamt Haardt erfolgte durch Professor FRANTIŠEK HAPLA (Universität) Göttingen und Doktor PETER RADEMACHER (HNE Eberswalde) in Kooperation mit Forstdirektor Wolfgang Wambsgang und dem Revierleiter Jochen Edinger.

Die Parzellen selbst wurden nach den Kriterien „Alter“ und „Waldbauform“ sorgfältig im Voraus ausgewählt.

Aus Parzelle E wurden nur fünf Bäume ausgewählt, da diese Parzelle ein großer Hoffnungsträger für die Edelkastanienwertholzproduktion des Forstamtes darstellt. Ansonsten wurden pro Parzelle 10 Probebäume ausgewählt.

Für zukünftige Messungen sollte berücksichtigt werden, dass gerade die jüngeren Probebäume zu geringe Durchmesser aufweisen, um die Schalltomographie und die elektrische Widerstandstomographie mit hinreichender Ergebniserwartung durchführen zu können. Bei Stammumfängen unterhalb von 100 cm reichen die Auflösungen der Tomogramme kaum aus um ausreichend gute Ergebnisse zu erzielen.

Feuchtemessung

Das Feuchtemessgerät weist aller Wahrscheinlichkeit nach einen systematischen Fehler auf. Dies unterstützt eine Untersuchung von Rademacher et al., 2011, in der die Feuchtigkeit von Fichten (*Picea abies*) mit einem Holzfeuchtemessgerät des selben Herstellers gemessen wurde, wie bei den Feuchtemessungen für diese Arbeit. Das Messgerät wurde ebenfalls für Nadelholz entwickelt und basiert auf der Widerstandsmethode.

In den Versuchen von RADEMACHER et al., 2011 wurde die Feuchtigkeit zunächst mit der GANN Hydromette Uni 1 gemessen und anschließend mit der Darrbezugsfeuchtemessung gemäß DIN 52182 kontrolliert. Die Proben wurden zunächst „feucht gewogen und nach Trocknung bei 103 °C bis zur Gewichtskonstanz im darrtrockenen Zustand erneut gewogen. (...) Aus der Differenz von Feuchtmasse zu Trockenmasse wurde die Darrbezugs-Holzfeuchtigkeit ermittelt und diese im vorliegenden Fall mit den Werten der Widerstands- Messfeuchte verglichen“ (RADEMACHER et al., 2011).

Das Ergebnis dieses Vergleichs ist, dass die elektrische Widerstandsmessung im Mittel „um rund 13 % niedrigere Werte lieferte“ (RADEMACHER et al., 2011). Dieser Wert ist nicht auf die Feuchtemessungen für diese Arbeit zu übertragen, da es sich bei dem Feuchtemessgerät von RADEMACHER et al., 2011 nicht um das gleiche handelt wie bei dieser Arbeit.

Dennoch kann man davon ausgehen, dass auch das Feuchtemessgerät, das für diese Arbeit verwendet wurde, einen systematischen Fehler ausweist, wie bei den Untersuchungen von RADEMACHER et al., 2011. Der Wert selbst kann jedoch nicht festgestellt werden, da keine Darrbezugsfeuchtemessung der Edelkastanien erfolgte.

8. Fazit

1. Die Ringschäle ist mit einer kombinierten Anwendung der Schalltomographie und der elektrischen Widerstandstomographie am stehenden Baum detektierbar.
2. Die PICUS® Geräte sind technisch hoch entwickelt und sehr anwenderfreundlich.
3. Das Ringschälenvorkommen wird durch das Alter und durch die waldbauliche Behandlung beeinflusst.
4. Die Feuchtigkeitsverteilung über den Stammquerschnitt korreliert nicht mit dem Ringschälenvorkommen.
5. Die Tomogramme haben häufig eine geringe Auflösung und müssen deshalb umso mehr durch Fachleute mit ausreichender Erfahrung interpretiert werden, da sonst Fehlinterpretationen überhand nehmen.
6. Für die Edelkastanie existieren bislang keine Tomogrammreihen, die als Vergleichsreferenz mit ringschäligen Bäumen herangezogen werden können. Diese sollten zu weiteren Untersuchungen erstellt werden.
7. Es sollten fortführende Untersuchungen über weitere mögliche Einflussfaktoren auf das Ringschälenvorkommen durchgeführt werden.
8. Es könnten weitere zerstörungsfreie Verfahren zur Detektion von Ringschäle an Edelkastanien getestet werden, um möglicherweise zuverlässigere Ergebnisse zu erhalten.

Literatur

- ARGUS ELECTRONIC GMBH (2008): Handbuch „PICUS® Calliper“
- ARGUS ELECTRONIC GMBH (2008): Handbuch „PICUS® Schalltomograph“
- ARGUS ELECTRONIC GMBH (2008): Handbuch „PICUS® Treetronic“
- DUHME, M. (2007): „Kombinierte Anwendung von elektrischer Widerstandstomographie und Schalltomographie an Rosskastanie (*Aesculus hippocastanum* L.) und Traubeneiche (*Quercus petraea*)“ Bachelorarbeit an der HAWK Göttingen
- HAABEN, C. (2005): „Untersuchung der Stammqualität verschiedener Laubholzarten mittels Schalltomographie unter besonderer Berücksichtigung der Wechselbeziehungen relevanter physikalischer Parameter“ Masterarbeit an der Georg-August-Universität Göttingen
- HAPPE, R., RUST, S., HAPLA, F. (2012): Eignung von Schall- und elektrischer Widerstandstomografie zur Detektion von Ringschäle an stehenden Edelkastanien (*Castanea sativa* Mill.). Teil 1: Anwendung und Interpretation der Tomographiesysteme. Holztechnologie 53: (6), S. 39-43
Teil 2: Kritische Analyse der Untersuchungsergebnisse. Holztechnologie 54: (1), S. 34-39
- Webseite Argus electronic (2011)
<http://www.argus-electronic.de/index.php/de/picus-calliper>, 2011
- NIEMZ, P. (1993): „Physik des Holzes und der Holzwerkstoffe“ DRW-Verlag Weinbrenner GmbH & Co., Leinfelden-Echterdingen
- RADEMACHER, P., HAPLA, F. und LEDER, B. (2011): Untersuchungen zur Holzkonservierung durch Lagerung von Fichtenstämmen unter Folie im Lehr- und Versuchsforstamt Arnsberger Wald. Teil 1: Zeitreihenmessungen von Klima- und Umweltparametern des gelagerten Holzes. Forstarchiv 82: 1, S. 3-9
- RUST, S. (2008): „Geräte und Verfahren zur eingehenden Baumuntersuchung“. In Roloff, A (2008): „Baumpflege“, Ulmer Verlag, Stuttgart. Leicht überarbeitete Fassung

UNTERSUCHUNG ÜBER DIE KULTURELLE UND WIRTSCHAFTLICHE BEDEUTUNG DER EDELKASTANIEN-NEBENERZEUGNISSE

ANTONIO SCHABACKER¹, SIMON EICHHORN² UND FRANTIŠEK HAPLA³

¹⁻³Georg-August-Universität Göttingen, Abteilung Holzbiologie und Holzprodukte, Göttingen

Zusammenfassung

Die kulturelle und wirtschaftliche Bedeutung der Nebenerzeugnisse des Ökosystems Wald wurde in den letzten Dezennien infolge mangelnder Wertschätzung kaum wahrgenommen. Während bei jeder Forst-Holz-Clusteranalyse das Haupterzeugnis, nämlich der Rohstoff Holz, im Vordergrund steht, werden die Nebenerzeugnisse in Deutschland im Unterschied zu verschiedenen Ländern der Europäischen Union vernachlässigt. Am Beispiel der Edelkastanie wurde analysiert, welchen Stellenwert die Nebenerzeugnisse dieser Wirtschaftsbaumart in der Region Haardt für die Bevölkerung haben. Es wurden die Nebenerzeugnisse Edelkastanienhonig und Marone charakterisiert, quantifiziert und in wirtschaftlicher Hinsicht bewertet. Dabei wurden die Forstwirtschaft, die Gastronomie, die Bäckereien und die Imkereien sowie der Tourismus als die Nebenerzeugnisse bereitstellenden, verwertenden und nachfragenden Faktoren in die Untersuchung einbezogen. Die Ökosystem-Dienstleistungen der Edelkastanienwälder sollten im Rahmen dieser Untersuchung hervorgehoben und dargestellt werden. Die Untersuchungsergebnisse ergaben, dass die erntekostenfreien Erlöse aus der Vermarktung der Nebenerzeugnisse die erntekostenfreien Holzerlöse um ein Vielfaches übersteigen können. Der Stellenwert der Edelkastanie wird wegen der von der Bevölkerung begehrten Nebenerzeugnisse, der besonderen Holzeigenschaften aber auch vor dem Hintergrund des Klimawandels zukünftig an Bedeutung gewinnen (SCHABACKER et al. 2015).

Résumé

Au cours des décennies écoulées, l'importance des produits dérivés de l'écosystème forestier sur le plan économique et culturel a été grandement sous-estimée, voire ignorée. Dans toutes les analyses de la filière bois, on se concentre en Allemagne comme ailleurs sur le produit principal, c'est-à-dire le bois, mais on y néglige les coproduits, contrairement à ce qui se fait dans d'autres pays de l'Union européenne. Nous avons étudié l'importance des produits dérivés du châtaignier en tant qu'arbre de rapport pour la population de la région de la Haardt. Pour cela, nous avons caractérisé, quantifié et évalué sous l'angle économique les produits dérivés que sont les châtaignes et le miel de châtaignier, en tenant compte de la filière forestière, de la restauration, des boulangeries et des apiculteurs ainsi que du tourisme en tant que producteurs, transformateurs et consommateurs de ces produits. L'étude devait également définir et mettre en valeur les services écosystémiques rendus par les châtaigneraies. Il en a résulté que les recettes induites par la vente des produits dérivés après déduction des coûts de récolte pouvaient représenter un multiple des recettes de la vente du bois après déduction des frais de récolte. Le châtaignier prendra encore davantage d'importance à l'avenir, du fait des produits dérivés qu'apprécie la population, des qualités spécifiques de son bois, mais également en raison du changement climatique (SCHABACKER ET AL. 2015).

1. Einleitung und Problemstellung

Die *Castanea sativa* ist ursprünglich in Kleinasien, in der heutigen Türkei beheimatet. Das Verbreitungsgebiet der Edelkastanie in Europa ist in Abbildung 1 dargestellt. In Deutschland findet man sowohl in Rheinland-Pfalz als auch in anderen Bundesländern, vor allem in Baden-Württemberg am Westrand des Schwarzwaldes (Ortenau), in Hessen an der Bergstraße und in Nordrhein-Westfalen in der Niederrheinebene bedeutende Edelkastanienvorkommen (Abbildung 2, Tabelle 1). In anderen Regionen ist die Edelkastanie meist als Allee-Baum (u.a. Mecklenburg-Vorpommern), sowie in Gärten und Parkanlagen vertreten. Insgesamt gibt es in Deutschland eine Edelkastanienfläche von 7.533 Hektar (BOUFFIER und MAURER 2009).

Die Haardt befindet sich zwischen Bad Dürkheim im Norden und Weißenburg an der deutsch-französischen Grenze im Süden. Die Region erstreckt sich am Ostrand des Pfälzer Waldes auf einer Nord-Südausdehnung von ca. 80 Kilometern und einer durchschnittlichen Breite von ca. 8 Kilometern in Ost-West-Richtung (WAMBSGANß 2013).

Der Wein wie auch die Edelkastanie haben ähnliche klimatische Ansprüche und sind deshalb eng miteinander verbunden (STRALLHOFER et al. 2006). Aufgrund der Stockausschlagfähigkeit der Edelkastanie wur-

Abbildung 1:
Das Verbreitungsgebiet der Edelkastanie in Europa. Quelle: Euforgen (2009)

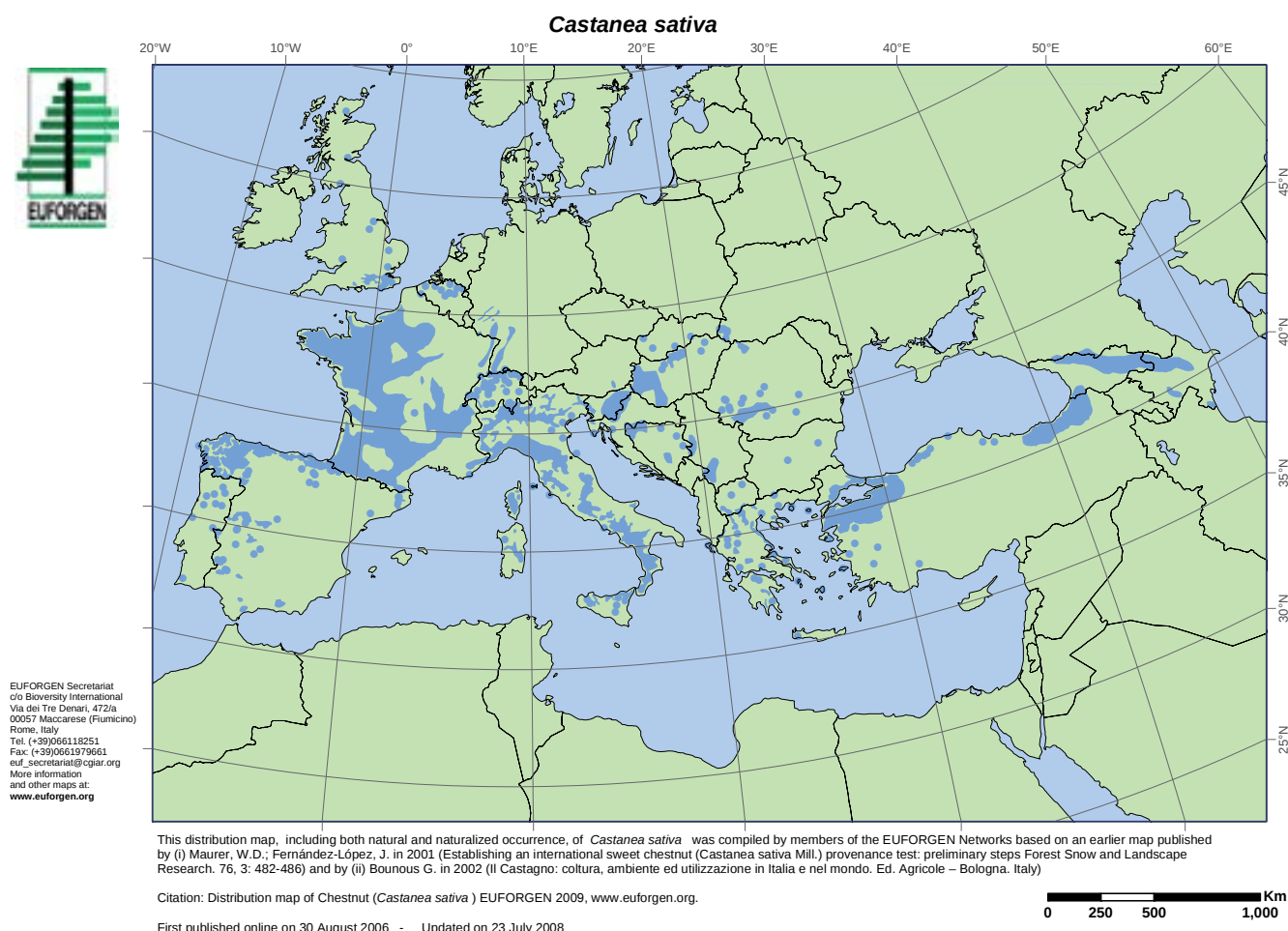


Tabelle 1:

Flächenverteilung der *Castanea sativa* in Deutschland.
Quelle: Bouffier und Maurer (2009)

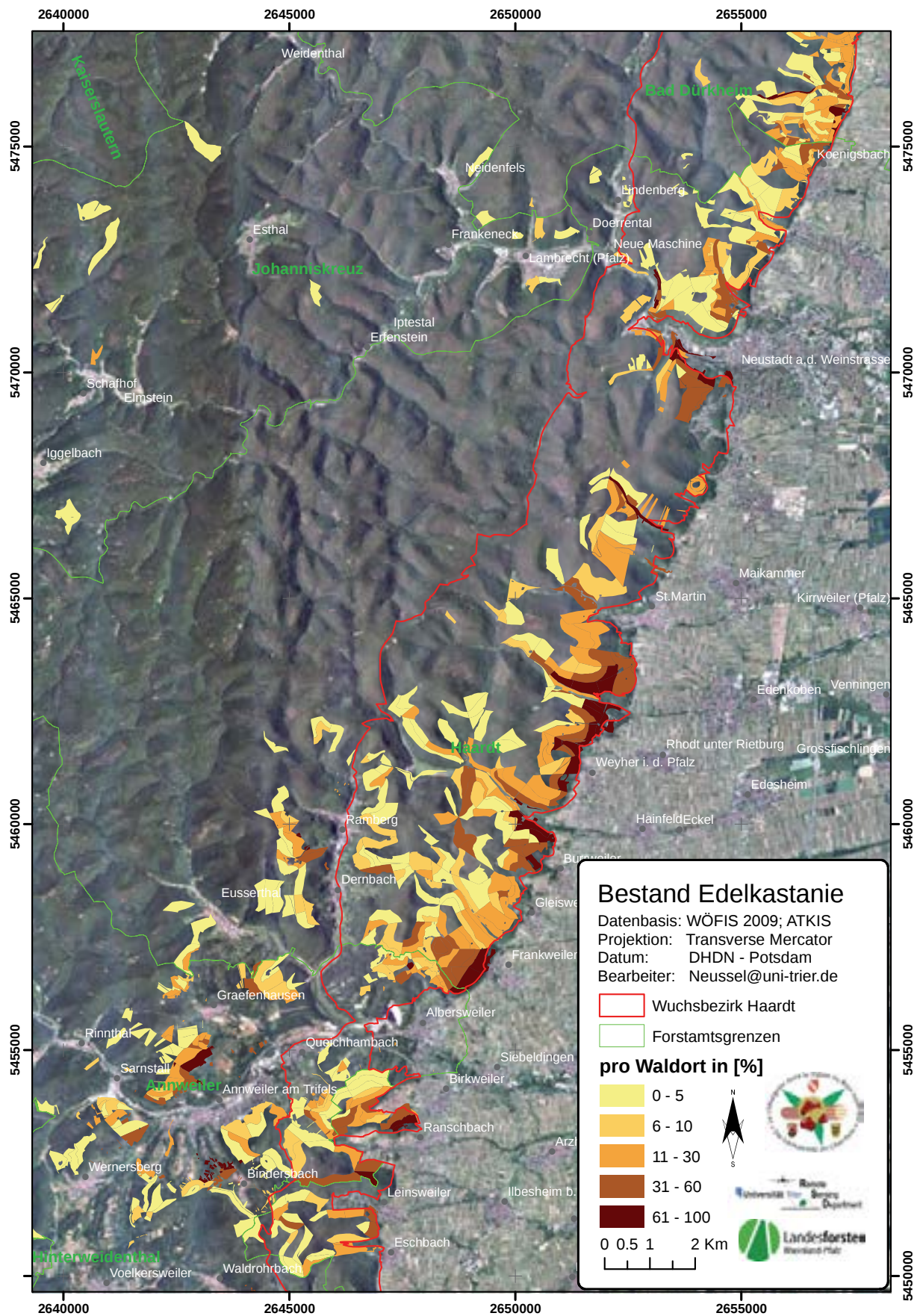
Bundesland	Region	Typologie (W)ald, (A)llee, (S)olitär	Fläche [ha]	Zeit der Einführung
Baden-Württemberg	Westrand des Schwarzwaldes, Odenwald inkl. Bergstraße Bodensee	W/A/S	3.285	Römerzeit; 19. Jh.
Bayern	Spessart, Bodensee	S	20	
Berlin		W/A/S		
Brandenburg	Lübben, Sauen, Grubenmühle	W/A/S	15	18. Jh.
Hessen	Odenwald inkl. Bergstraße	W/A/S	274	"1389"
Mecklenburg- Vorpommern	Schildfeld, Gädebehn, Mecklenburger Seenplatte	W/A/S	45	17. Jh.
Niedersachsen, Hamburg und Bremen	Hameln, Emmerthal, Schlosspark Schwöbber, Weserbergland, Streuobstwiesen in Grohnde	W/A/S	161	1850 16. bis 17. Jh.
Nordrhein-Westfalen	Niederrheinebene, Münsterland, Hohe Mark (Haltern)	W/A/S	488	18. Jh.
Rheinland-Pfalz	Haardtrand inkl. Pfälzerwald, Mosel, Mittelrhein, Donnersberg-Massiv	W/A/S	3.169	Römerzeit; 19. Jh.
Saarland	Schloss Karlsberg Homberg	(W)/A/S	39	17. Jh.
Sachsen	Elbtal und Weißeritz	W/A/S	30	16. Jh.
Sachsen-Anhalt	Werningerode, Blankenburg Wendgräben	(W)/A/S	25	"1730"
Schleswig-Holstein	Lübeck, Eutin	A/S	1	1850
Thüringen	Ebeleben, Altenburg, Hümpfershausen, Beichlingen	A/S	1	1800
Gesamt			7.553	

den früher durch Niederwaldwirtschaft vorzugsweise Rebpfähle erzeugt (HAHN 2004). Heute dient das Edelkastanienholz aus der Hochwaldwirtschaft (Abbildung 3) insbesondere zur Lawinenschutzverbauung in den Alpen (WAMBSGANß 2013). In Plantagen wird die Edelkastanie in Italien, der Türkei, Portugal oder Spanien zur Fruchtproduktion angebaut. Insge-

samt sind weltweit 13 verschiedene Edelkastanienarten zu finden (STRALLHOFFER et al. 2006).

Abbildung 2:

Die Verbreitung der Edelkastanie in der Region Haardt. Quelle: Neussel (2009)





Ziel der Untersuchung

In der Clusterstudie Forst-, Holz und Papierwirtschaft werden im Sektor Forstwirtschaft hauptsächlich die Erlöse aus der Produktion und dem Verkauf von Holz für die stoffliche und energetische Nutzung betrachtet (SEEGMÜLLER 2005). Nebennutzungen wie Edelkastanienhonig und Maronen sowie Einnahmen aus der Tourismus-Branche werden hingegen derzeit weder erfasst noch monetär bewertet.

Die Erzeugung und der Verkauf von Holz durch die Forstverwaltungen liefern relativ hohe Erlöse. Entlang der Wertschöpfungskette werden allerdings in der Weiterverarbeitung und im Holzhandel größere Erträge meist außerhalb der Region erwirtschaftet. Die Erträge der Nebenprodukte verbleiben hingegen größtenteils in der Region. Arbeitsplätze werden dabei vor Ort geschaffen und erhalten, wodurch eine höhere Kaufkraft entsteht.

Das Ziel dieser Untersuchung besteht darin, die wirtschaftliche Bedeutung der forstlichen Nebennutzungen der Edelkastanie in der Region Haardt darzustellen. Die Edelkastanien-Nebenprodukte Honig und Marone werden dabei charakterisiert und deren mögliche Produktionsmengen kalkuliert. Weiterhin wird der monetäre Wert der Nebennutzungen

der Edelkastanie mit dem Erlös aus dem Holzverkauf verglichen. Dabei werden die erntekostenfreien Erlöse in EUR pro Hektar sowohl für das Hauptprodukt „Holz“ als auch für die Nebenprodukte „Honig“ und „Marone“ ermittelt. Dafür wurden unterschiedliche Kalkulationsmodelle erstellt, die hier nicht alle präsentiert werden können.

2. Material und Methoden

2.1 Der Edelkastanienhonig

Die Datenerhebung erfolgte mittels schriftlicher Umfragen als standardisiertes Interview (Imkereien, Tourismusbranche u.a.m.) sowie in Form von Experteninterviews vor Ort. Eine ausführliche Literaturrecherche ergänzte die verfügbaren Informationen aus den Umfragen.

Die Edelkastanie blüht normalerweise in der Zeitspanne Ende Mai bis Anfang Juli. Die Blüte dauert 3 bis 4 Wochen (ANONYMUS 2002, HAHN 2004). In der Region Haardt blüht die Edelkastanie meist ab dem Alter von 10 bis 12 Jahren, selten ab 15 Jahren (EDINGER 2013, Abbildung 4). Warme Temperaturen und Trockenheit fördern die Bestäubung durch Insekten

(HAHN 2004, Abbildung 5). Aufgrund des anziehend wirkenden, stechend schweren Geruchs und des reichlichen Pollenangebotes der Edelkastanienblüten sind diese für die Honigbienen besonders attraktiv. Sammelflüge der Honigbiene finden in einem Radius von 2.000 Metern statt. Bei ungünstigem Nektar- und Pollenangebot kann sich der Flugradius deutlich erhöhen. Die täglich produzierte Nektarmenge pro Blüte liegt im Bereich zwischen 12 und 30 mg (HORN 2009). Der Honig- bzw. Trachtwert der Edelkastanie ist stark abhängig von äußeren Einflüssen und kann sehr stark schwanken. So kann er bei der Edelkastanie zwischen 30 bis 500 Kilogramm pro Saison und Hektar betragen (BOGDANOV und BIERI 2008). Die Einflussfaktoren sind unter anderem das Bestandesalter, die Bestandesstruktur, die Standortverhältnisse, das Klima und die Witterung. Auch die Intensität

der Ernte, die Verfassung des jeweiligen Bienenvolkes und das fachliche Können des Imkers können die Honigmenge je Saison beeinflussen.

Ein Imker kann zwischen 5 bis 15 Kilogramm, unter sehr guten Bedingungen bis zu 20 Kilogramm Edelkastanienhonig pro Bienenvolk und Saison produzieren (WEISS 2013). Laut des ortsansässigen Revierleiters und Vorsitzenden des Imkervereins befinden sich zur Blütezeit der Edelkastanie schätzungsweise ca. 10.000 Honigbienenvölker in der Region Haardt, wobei deren Besitzer schätzungsweise bis zu ca. 80 Prozent Wanderimker aus ganz Deutschland sind (HOFFMANN 2013, Abbildung 6).

Abbildung 4:

Blütenstand einer Edelkastanie in Oberbronn, Elsass. Foto: Eichhorn (2013)



Abbildung 5:

Eine Honigbiene bei der Bestäubung einer Edelkastanienblüte. Foto: Eichhorn (2013)



Abbildung 6:

Bienenkästen am Rand eines blühenden Edelkastanienbestandes bei Edenkoben. Foto: Eichhorn (2013)



Edelkastanienhonig bleibt aufgrund des hohen Verhältnisses von Fructose (42 bis 63 Prozent) zu Glucose (26 bis 41 Prozent) lange flüssig. Die Saccharose-Anteile liegen zwischen 8 und 18 Prozent (Tabelle 2). Diese Honigsorte besitzt ebenfalls einen hohen Maltose-Gehalt. Auch sind Turanose, Trehalose, Isomaltose, Erlöse, Maltotriose und Melezitose enthalten. Der Melezitose-Anteil weist den Honigtaugehalt nach, dessen Tracht meist zeitgleich zur Nektartracht stattfindet (HORN 2009). Ein fast sortenreiner Edelkastanienhonig ist braun bis rotbraun, bei gleichzeitiger Honigtautracht dunkelbraun gefärbt (DUSTMANN 2011). Typischerweise hat der Honig einen aromatisch-herben, fast bitteren und kräftigen Geschmack (HORN 2009). Er ist sehr wirksam gegen Reizhusten und Bronchitis und hat eine schleimverdünnende Wirkung. Er kann antiinfektiös, wundheilend und entzündungshemmend wirken sowie die natürlichen Abwehrkräfte stärken (FELDMAYER 2004). Der hohe Enzymgehalt (Invertase, Diastase) im Honig ist ebenfalls gesundheitsfördernd. Seine antiseptische und antibakterielle Wirkung soll dem des australischen Manuka-Honigs ähneln (LAUER 2013). Die hohe elektrische Leitfähigkeit ist typisch für den Edelkastanienhonig und wird neben Geschmack und Pollengehalt zur Bestimmung des Reinheitsgehaltes genutzt. Der Honig ist aufgrund seiner Seltenheit und seines besonderen Aromas beliebt und wird häufig nachgefragt.

Üblicherweise wird in Deutschland der Edelkastanienhonig in das Imker-Honigglas („Einheitsglas“) des Deutschen Imkerbundes e.V. abgefüllt und zum Verkauf bereitgestellt. Das „Einheitsglas“ hat ein Fassungsvermögen für 500 Gramm Honig. Die Befragung der Berufsimker aus der Region Haardt ergab, dass sich bei einer Entfernung von ca. 50 Kilometern zum Edelkastanienbestand derzeit insgesamt Kosten von etwa 2,50 EUR (500 Gramm Honig) ergeben. Für Edelkastanienhonig werden zurzeit regionale Preise von 4 bis 7 EUR (500 Gramm Honig) erzielt. Raps-, Blüten- oder Akazienhonig sind im Preis meist etwas günstiger. Die höheren Preise des Edelkastanienhonigs entstehen aufgrund der Knappheit, der Nachfrage und den entstandenen Produktionskosten. Die Wanderimkerei in weit entfernte Trachtgebiete in Kombination mit geringen Produktionsmengen erhöht den Preis entsprechend. Der Edelkastanienhonig wird meist im Direktverkauf vermarktet. Insbesondere Freizeitimker verfügen über einen festen regionalen Kundenstamm. Teilweise erwerben Touristen Edelkastanienhonig beim Erzeuger direkt vor Ort. Größere Imkereien liefern auch an Bio-Läden, Fein-/ Rohkostläden, Reformhäuser, Lebensmittelgeschäfte, Fleischereien, Bäckereien, Weingeschäfte, Restaurants und Gärtnereien (CURIC 2013).

Tabelle 2:

Chemisch-physikalische Werte des Edelkastanienhonigs.
Quelle: Horn (2009)

Substrate	Wert
Zucker	68 bis 79 %
Fructose	42 bis 63 %
Glucose	26 bis 41 %
Saccharose	8 bis 18 %
F-/G-Verhältnis	1,3 bis 1,9
Maltose	Enthalten
Turanose	Enthalten
Trehalose	Enthalten
Isomaltose	Enthalten
Erlose	Enthalten
Maltotriose	Enthalten
Melezitose	Enthalten
Freie Säuren	7,0 bis 22,5 meq/kg
Ameisensäure	1.000 ppm
Enzyme	
Invertaseaktivität	100 bis 200 Units/kg
Diastaseaktivität	12 bis 30 DZ
Aminosäuren	600 bis 800 ppm
Prolin	500 bis 650 ppm
Wassergehalt	15 bis 19 %
Elektrische Leitfähigkeit	0,6 bis 1,7 mS/cm
pH-Wert	4,0 bis 5,3

DZ: Diastasezahl (Kennzahl der Diastaseaktivität)
meq: Äquivalent. Einheit der Stoffmenge, $n_{val} = n_{mol} \cdot z$
mS/cm: Millisiemens / Zentimeter (Elektrische Leitfähigkeit)
Units/kg: Maß für die katalytische Aktivität

2.2 Die Marone

Die Edelkastanie trägt als Früchte meist drei Nüsse, die bis zur Reife von einem großen, stacheligen, braungelben Fruchtkörper umgeben sind (Abbildung 7). Den Inhalt der Frucht bildet der Embryo mit den beiden gefalteten Keimblättern. Diese sind umgeben von einer dünnen Innenhaut, der sogenannten Samenschale (STRALLHOFFER et al. 2006). Diese ist besonders bei der *Castanea sativa* tief in die Keimblätter mit eingewachsen und ungenießbar und sollte vor dem Verzehr entfernt werden (EDINGER 2013).

Abbildung 7:

Reife Edelkastanienfrucht im Klausental bei Maikammer. Foto: Eichhorn (Oktober 2013)



Edelkastanienfrüchte werden als Maronen bezeichnet, wenn sie weniger als 90 Früchte pro Kilogramm ergeben. Neben einer Mindestgröße haben sie zudem einen süßen, aromatischen und guten Geschmack. Die größten Früchte weisen die Kultursorten der *Castanea crenata* und *Castanea sativa* auf, bei der *Castanea mollissima* und *Castanea dentata* soll hingegen die Maronen-Qualität besser sein. In dieser Untersuchung wird die Frucht der Edelkastanie (*Castanea sativa*) systematisch als „Marone“ bezeichnet.

Nördlich der Alpen reifen die Maronen nur unter besonders günstigen Klima- und Witterungsbedingungen. Entlang der Weinanbaugebiete sind oftmals ideale Voraussetzungen vorhanden (ANONYMUS 2002). Der erste Fruchtansatz erfolgt nach ca. 10 bis 15 Jahren, dann aber trägt die Edelkastanie regelmäßig jedes Jahr (BOSCH 2013). Zwischen der Bestäubung und der Fruchtreife vergehen meist ca. 75 bis 120 Tage. Die Fruchtreife erfolgt somit im September bis Oktober (HAHN 2004).

Es sind Edelkastanien-Maronenerträge von 30 bis 60 Kilogramm je Baum und Jahr möglich. Bei sehr gut tragenden, freistehenden Bäumen kann der Ertrag auch bis zu 100 Kilogramm je Baum und Jahr betragen (STRALLHOFFER et al. 2006). In der Region Haardt sind Maronenerträge von 600 bis 1.800 Kilogramm pro Hektar und Jahr im geschlossenen Bestand möglich (EDINGER 2013). Die Ernte kann händisch, händisch mit Netzen und maschinell erfolgen. In der Region Haardt findet bislang ausschließlich eine händische Ernte statt. Erntehelfer schaffen je nach

Standort, Geländeneigung und Fruchtgröße eine Ernteleistung von ca. 40 bis 70 Kilogramm pro Tag und Person (BOSCH 2013).

Die Maronen bestehen erntereif zu ca. 50 Prozent aus Wasser und sind im Vergleich zu anderen Nüssen kalorienärmer. Der Vitamin-C-Gehalt ist ähnlich wie bei der Kartoffel relativ hoch (BIESALSKI 2013, Tabelle 3). Die Marone kann man zu vielfältigen Produkten weiterverarbeiten. Sie kann sowohl als ganze Frucht, wie auch in Form von Mehl verwendet werden.

Gewerblich in großen Mengen kann man die Maronen bisher nur über Händler erhalten, die sie meist in geschälter Form oder aber als Maronenmehl aus dem Ausland beziehen (BECKER 2013). Bäckereien in der Region Haardt bieten mittlerweile ganzjährig Produkte aus Edelkastanienmehl wie Edelkastanienbrot, -nudeln, -flocken, -kuchen, -gebäck oder -torten an. Im Jahre 2013 kostete ein Bauernbrot (500 Gramm) 2,10 EUR. Wurde es mit Maronen gebacken, erhöhte sich der Preis auf 3,30 EUR (BECKER 2013). Auch Fleischereien vertreiben Edelkastanienwurst, besonders den regionalen Edelkastanien-Saumagen. Auf dem Landauer Wochenmarkt 2013 wurde Edelkastanien-Saumagen für einen Mehrpreis von 1 EUR je Kilogramm (entspricht ca. 8 Prozent des Gesamtpreises) angeboten. Nachfrage besteht aber nur während der Edelkastanienreife im Spätherbst (APPEL 2013). Angebotener französischer Ziegenkäse mit Maronen kostete auf dem Landauer Wochenmarkt mehr als das Doppelte im Vergleich zu dem selben Erzeugnis ohne Maronen (WISSMANN 2013). Auch Getränke wie Edelkastanienlikör, -geist, oder -bier werden in der Region Haardt angeboten. Blüten für Edelkastanienblütenlikör werden meist vom Erzeuger selbst gesammelt. Dabei sind Preise von 5,20 EUR pro Flasche (200 Milliliter) möglich (SCHÄFER 2013). In der Region angebotene Süßwaren wie Maronenschokolade, -pralinen, -marmelade, -creme oder glacierte Maronen sind meistens im Ausland produziert und importiert worden.

Walderzeugnisse wie Maronen dürfen gesetzlich nur in geringen Mengen für den persönlichen Bedarf entnommen werden. Gewerbliches Sammeln ist ausschließlich mit vorheriger besonderer Erlaubnis der Waldbesitzer gestattet (LWALDG 2000). Zurzeit sammeln nur Kinder in ihrer Freizeit Kleinstmengen. Es ist eine lange Tradition und wird von der ansässigen Bevölkerung sowie den Waldbesitzern akzeptiert. Auf Märkten oder am Straßenrand verkaufen die Kinder ihre Maronen und erzielten im Jahre 2013 meist Preise von 3 EUR/kg. Auch Einheimische und Touristen sammeln Maronen für den Eigenbedarf (EDINGER 2013). Noch 2011 bewegte sich der erntekostenfreie Erlös je Kilogramm Maronen zwischen 1,44 und 2,11

EUR/kg. Das Sammeln der Maronen für den Waldbesitzer ist aber zurzeit eher unattraktiv.

Das Forstamt Haardt erntete im Jahre 2012 insgesamt 2.100 Kilogramm Maronen-Saatgut. Das Saatgut wurde an Baumschulen geliefert sowie direkt durch die Landesforsten in Rheinland-Pfalz verwendet (WAMBSGANß 2013). Teile der produzierten Maronen werden vom Wild, vor allem Schwarzwild, verzehrt. Es ist eine beliebte nährstoffreiche Nahrungsquelle im Spätherbst und den Wintermonaten. Ein Vermarktungsansatz wäre besonders im gastronomischen Bereich das Angebot vom Wildbret der „Kastaniensau“.

Tabelle 3:

Inhaltsstoffe (pro 100 g) der Edelkastanie im Vergleich zu anderen Grundnahrungsmitteln. Quelle: Biesalski (2013)

	Ein- heit	Kartoffeln (gegart)	Getrei- de	Reis (gegart)	Teigwaren (allgemein)	Kastanien (frisch gegart)	Kastanien (geröstet)	Nüsse (frisch)
Energie	[kcal]	70,3	313,4	93,1	352,6	173,2	241,9	562,2
Wasser	[g]	79,6	13,0	76,7	10,7	50,1	44,5	5,2
Eiweiß	[g]	2,0	11,7	2,0	12,3	2,5	2,3	25,3
Fett	[g]	0,1	2,0	0,2	2,8	1,9	10,9	48,1
Kohlenhydrate	[g]	14,6	61,0	20,5	68,3	36,0	33,4	8,3
unges. Fetts.	[g]	0,1	0,9	0,1	1,3	0,7	3,6	13,7
Cholesterin	[mg]	0,0	0,0	0,0	94,0	0,0	0,0	0,0
Alkohol	[g]	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Harnsäure	[mg]	16,0	90,0	29,0	60,0	0,0	0,0	70,0
tier. Eiweiße	[g]	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Balaststoffe	[g]	2,3	10,3	0,4	5,0	8,6	7,8	10,9
Natrium	[mg]	2,0	8,0	2,0	17,0	2,0	4,0	11,0
Kalium	[mg]	341,0	381,0	19,0	164,0	300,0	557,0	660,0
Magnesium	[mg]	19,0	128,0	21,0	67,0	27,0	37,0	160,0
Calcium	[mg]	6,0	38,0	2,0	27,0	37,0	33,0	40,0
Phosphor	[mg]	47,0	341,0	38,0	191,0	80,0	74,0	340,0
Eisen	[mg]	0,4	3,3	0,2	1,6	0,9	0,9	1,8
Zink	[mg]	0,3	2,7	0,2	1,6	0,4	0,5	2,8
Vitamin A	[µg]	1,0	3,0	0,0	63,0	4,0	44,0	0,0
Carotin	[mg]	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0
Vitamin E	[mg]	0,1	1,4	0,1	0,2	1,3	2,9	11,0
Folsäure	[µg]	3,0	30,0	2,0	5,0	16,0	13,0	56,0
Vitamin B1	[mg]	0,1	0,5	0,0	0,2	0,1	0,1	0,9
Vitamin B2	[mg]	0,0	0,1	0,0	0,1	0,2	0,1	0,2
Vitamin B6	[mg]	0,2	0,4	0,0	0,1	0,3	0,2	0,4
Vitamin C	[mg]	12,3	0,0	0,0	0,0	15,0	12,5	0,0

2.3 Tourismus in der Region Haardt

Die Region Haardt ist durch ihr besonderes Klima und ihre landschaftlich reizvolle Lage im Übergang zwischen Deutscher Weinstraße im Osten und Pfälzer Wald im Westen besonders für Weinliebhaber sehr attraktiv. Die Edelkastanienbestände in der Region Haardt am Ostrand des angrenzenden Pfälzer Waldes laden zum Wandern ein. Das Sammeln von Edelkastanienfrüchten während der Reifezeit im Herbst ist eine beliebte touristische Attraktion, da

dies meist anderorts in Deutschland nicht möglich ist. Einnahmen durch den Tourismus, wie durch Restaurantbesuche, Übernachtungen, Besuch von Märkten und Geschäften spielt in der Region Haardt in Verbindung mit dem Weinanbau und der Weinvermarktung, den Wandermöglichkeiten und der Landschaft eine übergeordnete Rolle, die eindeutig für die ansässige Bevölkerung Priorität hat. Der Tourismus nimmt aufgrund seiner vielfältigen Möglichkeiten eine bedeutende Stellung für die ortsansässige Bevölkerung ein. Für viele Bewohner der Region ist der

Tourismus Arbeitgeber beziehungsweise Haupterwerbs- und Haupteinnahmequelle (EDINGER 2013). Am Beispiel von Edenkoben kann die Bedeutung der Tourismus-Branche aufgezeigt werden. Die Nettowertschöpfung allein der Verbandsgemeinde Edenkoben betrug im Jahre 2011 9,4 Mio. EUR (KIEFER 2013). In den Verbandsgemeinden Annweiler am Trifels und Hauenstein herrschen ähnliche touristische Voraussetzungen. Diese Gemeinden begehen zur Maronenreife im Oktober und November gemeinsame Kastanientage (1. Oktober bis 15. November). Rund um Annweiler am Trifels werden in dieser Zeit in zahlreichen Gasthäusern und Restaurants Maronengerichte angeboten. Zur Edelkastanienblüte im Juni finden kostenlos geführte Edelkastanien-Tageswanderungen statt (ANONYMUS 2012). Die Edelkastanie gehört zur Pfälzer Kultur und Lebensart (BRENDEL 2013). Im Volksmund wird sie pfälzisch „Keschde“ genannt. Auch wird jährlich im Oktober die „Keschdeprinzessin“ aus dem Trifelsland gekürt (ANONYMUS 2012).

2.4 Annahmen für die Kalkulation der Erlöse

1. Zunächst wurde davon ausgegangen, dass während der gesamten betrachteten Produktionszeitspanne von 30 Jahren laufend Erträge in den blüh- und fruchtbaren Altersklassen anfallen. Dies betraf alle Edelkastanienflächen ab dem Alter von 15 Jahren (94 Prozent aller Edelkastanienbestände). Durch die Berücksichtigung der anteiligen Edelkastanienbestockungsgrade wurde der Mischungsanteil mit in die Berechnung aufgenommen, um eine Überschätzung der Erntemengen und der daraus resultierenden Erlöse zu vermeiden.
2. Es wurde mit einem theoretisch möglichen Honigertrag und Maronenertrag (gemäß Umfrageergebnisse und Literatur) für einen voll bestockten Edelkastanienbestand kalkuliert. Weiterhin wurde jeweils ein aktueller Mindestpreis für den Edelkastanienhonig und die Maronen angenommen. Weiterhin wurde angenommen, dass das Bienensterben zukünftig nicht dramatisch zunimmt.
3. Bezogen auf eine Produktionszeitspanne von 30 Jahren werden zukünftig Preisanstiege sowohl für das Hauptprodukt Edelkastanienholz als auch für die forstlichen Nebenprodukte Edelkastanienhonig sowie Maronen erwartet. Für die Edelkastanien-Holzsortimente lag die Preisentwicklung für die Zeitspanne 2004 bis 2011 vor (WAMBSGANß et al. 2013). Ab 2012 wurde für die Sortimente Brennholz und Rundholzverbauung ein 2-prozentiger und für das Sägeholz ein 5-prozentiger Preisanstieg angenommen. Aufgrund der Preisentwicklung für das Energieholz wurde für das Sortiment des Waldindustrieholzes (Spanplatte) von einer stagnierenden Preisentwicklung ausgegangen. Für die forstlichen Nebenprodukte lagen die Preisentwicklungen für die Zeitspanne 2001 bis 2013 (Honig) und für die Zeitspanne 1998 bis 2013 (Marone) vor. Für die Nebenprodukte Honig und Marone wurde zukünftig eine 10-prozentige Preissteigerung angenommen.
4. Weiterhin wurde unterstellt, dass eventuelle zukünftige Witterungsextreme und Forstkalamitäten (z.B. Stürme, Dürreperioden, Waldbrand) durch das mittlere Kalkulationsmodell berücksichtigt werden. Eine weitere Voraussetzung für die Akzeptanz der vergleichenden Berechnungen war die Annahme, dass die Edelkastanien-Pilzkrankheiten (z.B. *Endothia parasitica*, *Phytophthora cambivora*) sowie der Insektenbefall auch zukünftig „beherrschbar“ sind und die Bewirtschaftung der Edelkastanienbestände nicht gefährden werden.

3. Ergebnisse

Alle Edelkastanienwälder in der Region Haardt stammen aus Stockausschlägen. Sie sind aus Stockhieben zu Notzeiten nach den beiden Weltkriegen entstanden. Nur ca. 150 Hektar sind weniger als 60 Jahre alt. Seit dem Beginn der 1990er Jahre wurden die Flächen der Landesforsten Rheinland-Pfalz im naturnahen Waldbau bewirtschaftet. Eine Niederwaldwirtschaft mit Kahlhieben wurde nicht mehr durchgeführt. Dafür erfolgte eine Überführung der Edelkastanien-Niederwälder in Hochwaldbestände (Abbildung 8). Lediglich aus Waldschutzgründen wurden aufgrund des Kastanienrindenkrebses vereinzelte kleinere Freiflächen geschaffen. Mit einem Vorkommen von insgesamt 2.153 Hektar Edelkastanienbeständen gehört die Haardt zu den edelkastanienreichen Regionen Deutschlands (WAMBSGANß et al. 2013).

Abbildung 8:

Über 100-jähriger Edelkastanienbestand in der Region Haardt. Foto: Happe (2012)



3.1 Holzerlöse

Zwischen 2004 und 2011 wurden auf der Fläche des Forstamtes Haardt insgesamt ca. 15.000 Festmeter Edelkastanienholz nachhaltig geerntet (Tabelle 4). Jährlich wurden in diesem Zeitraum durchschnittlich ca. 1.875 Festmeter Edelkastanienholz eingeschlagen. Dabei wurden 41 Prozent des insgesamt erzeugten Holzes für die Rundholzverbauung genutzt. Größtenteils wurde das Holz in der Lawinverbauung zur Schutzwaldsanierung im Hochgebirge verwendet. Alternativ wurde es auch u.a. für Spielgeräte auf Spielplätzen oder Palisaden genutzt. Für diese noch geringen Rohholzdimensionen wurde in den Jahren von 2004 bis 2011 durchschnittlich ein erntekostenfreier Holzerlös von 31 EUR/Fm erzielt (Tabelle 5). Aufgrund der steigenden Nachfrage nach dem dauerhaften Holz stieg der Preis je Festmeter im Jahr 2011 auf 42 EUR erntekostenfreien Holzerlös an. Das Brennholzsortiment fiel mit einem Anteil von 27 Prozent am zweithäufigsten an und erbrachte im Jahr 2011 einen erntekostenfreien Holzerlös von 21 EUR/Fm. Aufgrund der hohen Nachfrage nach Holz für die energetische Nutzung waren die Preise für Brennholz geringfügig höher als die erntekostenfreien Holzerlö-

se für Holz für Holzwerkstoffe wie u.a. Spanplatten. Das Sortiment Spanplatte ergab im Jahre 2011 einen erntekostenfreien Holzerlös von 16 EUR/Fm und hatte einen mengenmäßigen Gesamtanteil von 19 Prozent. Während die Preise für Brennholz in den letzten Jahren anstiegen, nahmen die Preise für das Sortiment Spanplatte vergleichsweise ab. Den geringsten Anteil aller Rohholzsortimente hatte das Sägeholz (13 Prozent). Ein durchschnittlicher erntekostenfreier Holzerlös von 77 EUR/Fm (2011) hatte etwa dreimal höhere Erlöse zur Folge als andere Rohholzsortimente der Edelkastanie. Trotz eines Massenanteils von nur 13 Prozent erbrachte das Sägeholz einen 24-prozentigen Anteil am Gesamterlös (WAMBSGANß et al. 2013).

Wie in Abbildung 9 dargestellt erzielte das Sortiment Sägeholz die höchsten erntekostenfreien Holzerlöse im Jahr 2011 gefolgt von der Rundholzverbauung, dem Brennholz und der Spanplatte. Der durchschnittliche erntekostenfreie Holzerlös über alle Sortimente hinweg lag im Mittel bei 37 EUR/Fm (2004 bis 2011), im Jahr 2011 betrug dieser sogar 39 EUR/Fm.

Tabelle 4:

Edelkastanien-Verkaufsmengen [Fm bzw. % der Holzsortimente] der Jahre 2004 bis 2011 im Forstamt Haardt (WAMBSGAN_ß et al. 2013).

Sortimente - Edelkastanie	Brennholz	Spanplatte	Rundholzverbauung	Sägeholz	Gesamt
Anteil [%]	27	19	41	13	100
Menge 2004 bis 2011 [Fm]	4.015	2.809	6.168	2.008	15.000
Menge 2011 [Fm]	795	194	652	493	2.134

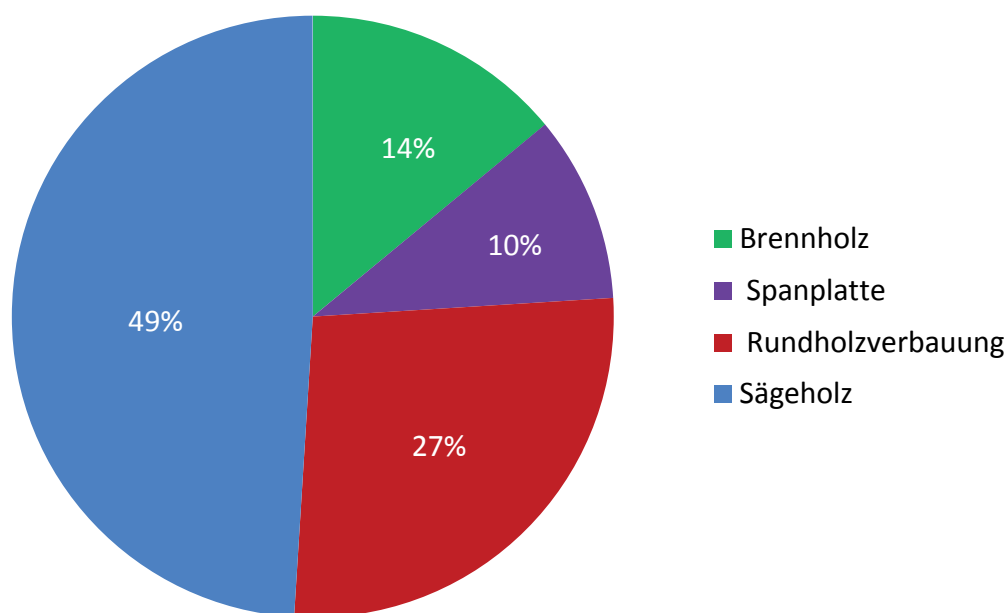
Tabelle 5:

Edelkastanien-Durchschnittserlöse [EUR/Fm] und Holzsortimente der Jahre 2004 bis 2011 im Forstamt Haardt (Ergänzt nach WAMBSGAN_ß et al. 2013).

Sortimente - Edelkastanie	Brennholz	Spanplatte	Rundholzverbauung	Sägeholz
Erlös 2004 bis 2011 [EUR/Fm]	38	43	59	99
Erlös 2011 [EUR/Fm]	42	37	70	98
Kosten 2004 bis 2011 [EUR/Fm]	21	21	28	21
Kosten 2011 [EUR/Fm]	21	21	28	21
Erkf. Erlös 2004 bis 2011 [EUR/Fm]	17	22	31	78
Erkf. Erlös 2011 [EUR/Fm]	21	16	42	77

Abbildung 9:

Durchschnittliche erkf. Erlösverteilung des Edelkastanienholzes nach Sortimenten in der Region Haardt 2011 [in %]



3.2 Erlöse aus der Nutzung des Edelkastanienhonigs

An der Umfrage zur Edelkastanien-Imkerei nahmen zehn Imker aktiv teil (Tabelle 6). Unter Bezugnahme auf die Umfrageergebnisse suchte im Durchschnitt jeder von ihnen mit 10 Honigbienenvölkern die Edelkastanienbestände auf und konnte dabei zwischen 10 und 14,75 Kilogramm Honig je Bienenvolk und Saison ernten. Bei der Honigvermarktung wurden Preise von durchschnittlich 5,50 EUR je Glas verlangt. Für die Herstellung von einem Kilogramm Honig, verkauft in zwei 500-Gramm-Gläsern, wurden Kosten von 5 EUR/kg angegeben.

Obwohl höhere Honigerträge möglich sind (zwischen 5 und 15 Kilogramm je Bienenvolk und Saison), wurden für die Kalkulationen gezielt die geringsten Honigerträge von 5 Kilogramm pro Bienenvolk und Saison angenommen. Zurzeit werden bei 10.000 Bienenvölkern vor Ort, bei einem minimalen Honigertrag von nur 5 Kilogramm je Bienenvolk und einem Verkaufspreis von 10 EUR pro Kilogramm Honig tatsächlich folgende Umsätze bei der Edelkastanien-Honigproduktion in der Region Haardt erzielt: $10.000 \text{ Bienenvölker} \times 5 \text{ kg pro Bienenvolk und Saison} \times 10 \text{ EUR/kg} = 500.000 \text{ EUR/Saison}$. Bei durchaus möglichen Honigerträgen von 10 oder 15 Kilogramm je Bienenvolk und Saison kön-

nen sich die Einnahmen auf 1 Mio. EUR pro Saison verdoppeln bzw. auf 1.5 Mio. EUR pro Saison verdreifachen. Dabei werden zwischen 50 und 150 Tonnen Edelkastanienhonig pro Saison produziert. Die Mengen verteilen sich auf viele, meist nicht erfasste Imker aus ganz Deutschland.

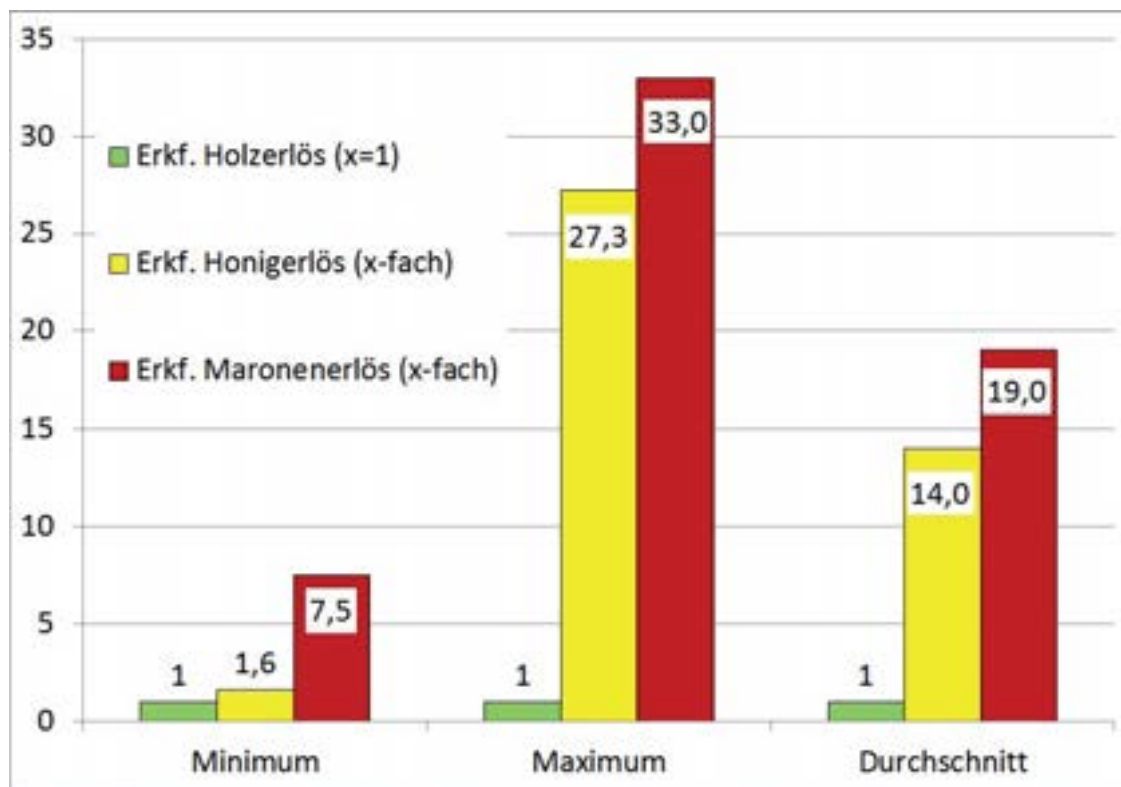
In der Region Haardt können in blühfähigen Edelkastanienbeständen insgesamt Honigerlöse von minimal dem 1,6-fachen und maximal dem 27,3-fachen des Holzerlöses in einer Produktions-Zeitspanne von 30 Jahren erzielt werden. Durchschnittlich können aus der Honigproduktion erntekostenfreie Erlöse des 14-fachen des erntekostenfreien Holzerlöses erzielt werden (Abbildung 10).

3.3 Erlöse aus der Nutzung der Marone

In den fruktifizierenden Edelkastanienbeständen der Region Haardt könnten neben den Honigerlösen auch Maronenerlöse von minimal dem 7,5-fachen und maximal dem 33-fachen des Holzerlöses in einer Produktions-Zeitspanne von 30 Jahren erzielt werden. Durchschnittlich könnte somit aus dem Maronenverkauf theoretisch erntekostenfreie Erlöse des 19-fachen des erntekostenfreien Holzerlöses erzielt werden (Abbildung 10). Allerdings gibt es für die Marone in der Region Haardt im Unterschied zu Honig keinen geregelten Markt.

Abbildung 10:

Vielfacher erntekostenfreier Honig- und Maronenerlös im Vergleich zum erntekostenfreien Holzerlös in der Region Haardt (Faktor 1 = 100 Prozent)



4. Diskussion

Die kalkulierten Honig- und Maronenerlöse erfolgten abzüglich der Vorleistungen. Dabei war es schwierig, die anfallenden Kosten auf eine Honigsorte umzulegen. Vor allem die variablen Kosten können von Imker zu Imker stark schwanken. Der Anfahrtsweg zu den Edelkastanienbeständen kann hier als entscheidender Kostenfaktor angesehen werden. Ein Teil der Honigerlöse verlässt die Region Haardt mit den Wanderimkern. Dennoch verbleibt schätzungsweise ein großer Teil der Erlöse in der Region. Insofern leisten die Erlöse des Nebenproduktes „Honig“ im Vergleich zu „Holz“ und „Marone“ den höchsten tatsächlichen Beitrag zu der regionalen Wertschöpfung.

Die in den Kalkulationsmodellen hohen erntekostenfreien Erlöse aus der Nutzung der Nebenprodukte der Edelkastanie müssen allerdings kritisch betrachtet werden. Im Gegensatz zu den Kalkulationen der Holzerlöse basieren die Berechnungen des Honig- und Maronenumsatzes auf sehr variablen Daten, die großen Schwankungen unterliegen und stark witterungsabhängig sind. Die kalkulierten Maronemengen sind zwar theoretisch möglich, die erntekostenfreien Erlöse jedoch nur fiktiv, weil es derzeit

keinen Markt für die einheimischen Maronen gibt. Die kalkulierten Honigmengen dagegen sind realistisch, zumal der Honig als Nebenprodukt einen eigenen Markt hat.

Der Motor für die regionale Wertschöpfung ist der Tourismus. In der Südpfalz treffen viele günstige Faktoren zusammen (Klima, Landschaft, Weinanbau, Gastronomie, gut entwickelte Infrastruktur für Übernachtungen, die Nähe zu deutschen Großstädten und westeuropäischen Nachbarn), die sich positiv auf die Entwicklung der Wertschöpfung auswirken. Alle diese Faktoren wirken synergistisch wie ein Magnet für die Tourismusbranche. Hier spielt die Edelkastanie mit ihren Nebenprodukten Edelkastanienhonig und Marone eine bedeutende Rolle, die bislang nicht als Leistung des Waldes wahrgenommen wurde. Die Edelkastanie wird in der Region mehr als Kulturbaum wahrgenommen und nicht als eine Wirtschaftsbaumart. Intakte Edelkastanienbestände in ausreichender Qualität und Quantität bilden die Grundlage zur Honig- und Maronennutzung. Wenn möglichst viele Schritte der Produktions- und Handelskette in der Region erhalten bleiben, kann davon auch die regionale Wirtschaft profitieren.

Die Ergebnisse dieser Untersuchung sollen vor allem verdeutlichen, welche Bedeutung den forstlichen Nebenbenutzungen nicht nur kulturell sondern auch wirtschaftlich zukommt. Dieser Aspekt sollte auch bei zukünftigen regionalen „Forst und Holz-Cluster-Studien“ Berücksichtigung finden, zumal es sich um eine Stärkung der regionalen Wertschöpfung handelt.

5. Danksagung

Die Autoren bedanken sich für die freundliche Unterstützung sowie die finanzielle Förderung des Projektes durch die Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft des Landes Rheinland-Pfalz (FA-WF-RP).

6. Literaturverzeichnis

6.1 Schriftliche Informationen

- ANONYMUS** (2002): Mitteleuropäische Waldbaumarten - Artbeschreibung und Ökologie unter besonderer Berücksichtigung der Schweiz. Professur für Waldbau und Professur für Forstschutz und Dendrologie. Eidgenössische Technische Hochschule Zürich, Schweiz.
- ANONYMUS** (2012): Kastanientage in der Südpfalz in den Urlaubsregionen Edenkoben, Hauenstein, Trifelsland. 01.10. bis 15.11.2012. Informationsbroschüre. Südliche Weinstrasse e.V. Landau/Pfalz.
- BIESALSKI H. K.** (2013): Inhaltsstoffe für Getreideerzeugnisse, Hülsenfrüchte, Kartoffel und Teigwaren. Institut für Biologische Chemie und Ernährungswissenschaft. Universität Hohenheim.
- BOGDANOV S., BIERI K.** (2008): Schweizer Sortenhonige. Forschungsanstalt Agroscope Liebefeld-Posieux ALP-Haras. Zentrum für Bienenforschung, Institut für Pollenanalyse. Bern, Schweiz.
- BOUFFIER V. A., MAURER W. D.** (2009): Following Chestnut Footprints (*Castanea* spp.). International Society for Horticultural Science. Leuven, Belgien.
- DUSTMANN J. H.** (2011): Zur botanischen Sortenbezeichnung des deutschen Honigs im Imker-Honigglas des Deutschen Imkerbundes e.V. Deutscher Imkerbund e.V. Wachtberg.
- EUFORGEN** (2009): Distribution map of Chestnut (*Castanea sativa*). Rom, Italien.
- FELDMEIER H.** (2004): Kastanienhonig als Medizin. Naturwissenschaftliche Rundschau. Stuttgart.
- HAHN S.** (2004): Die Esskastanien - Nahrungsquelle und bedrohte Naturressource. Books on Demand GmbH, Norderstedt.
- HORN H.** (2009): Die wichtigsten Trachtpflanzen und ihre Sortenhonige, Teil 6: Edelkastanie (*Castanea sativa*). ADIZ, Die Biene, Imkerfreund. Deutscher Landwirtschaftsverlag, München.
- NEUSSEL M.** (2009): Bestand Edelkastanie pro Waldort [in %]. Karten- und GIS- Material. Abteilung Fernerkundung. Universität Trier.
- SCHABACKER, A., EICHHORN, S., HAPLA, F.** (2015): Untersuchung über die wirtschaftliche Bedeutung von Nebenbenutzungen der Edelkastanie (*Castanea sativa* Mill.). Forstarchiv 86 (1): 13-21
- SEEGMÜLLER S.** (2005): Die Forst-, Holz- und Papierwirtschaft in Rheinland-Pfalz. Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft Rheinland-Pfalz. Trippstadt.
- STRALLHOFFER P.** (Hrsg.), Klement J., Rühmer T., Ecker H., Klug M., Schantl J. (2006): Edelkastanie - Waldbaum und Obstgehölz. Sorten, Anbau, Pflege, Pflanzenschutz, Verarbeitung. Zoppelberg Buchverlag, Ehrenhausen, Österreich.
- WAMBSGANß W., EICHHORN S., HAPLA F.** (2013): Vermarktung der Edelkastanie in der Region Haardt. AFZ-Der Wald 16, S.15-17.

6.2 Mündliche Informationen

- APPEL R.** (2013): Metzgerei. Fußgönheim.
- BECKER S.** (2013): De' Bäcker Becker. Bäckerei. Edesheim.
- BOSCH K.** (2013): Revierleiter Forstrevier Wellbachtal. Rinnthaler Wald GmbH. Rinnthal.
- BRENDEL C.** (2013): Zentrale für Tourismus. Südliche Weinstrasse e.V. Landau/Pfalz.
- CURIC I.** (2013): Berufsimker. Kleinalmerode.
- EDINGER J.** (2013): Revierförsterei Edenkoben. Forstamt Haardt. Landesforsten Rheinland-Pfalz. Burrweiler.
- HOFFMANN H.** (2013): Revierförsterei Klingenmünster. Forstamt Annweiler. Landesforsten Rheinland-Pfalz. Vorsitzender Imkerverein 1858 Bad Bergzabern e.V. Klingenmünster.
- KIEFER A.** (2013): Tourismusbüro. Südliche Weinstrasse Edenkoben e.V. Edenkoben.
- LAUER E.** (2013): Freizeitimker. Reutlingen.
- SCHÄFER H.** (2013): Weingut. Leinsweiler.
- WAMBSGANß W.** (2013): Forstamtsleiter Forstamt Haardt. Landesforsten Rheinland-Pfalz. Landau.
- WEISS J.** (2013): Freizeitimker. Landau-Nussdorf.
- WISSMANN G.** (2013): Milch, Käse und Käseerzeugnisse Gerolsheim.

6.3 Gesetzliche Grundlagen

- LWALDG** - Landeswaldgesetz Rheinland-Pfalz: Teil 6: Rechte und Pflichten der Waldbenutzenden. Fassung vom 30. November 2000. Mainz.

BEITRÄGE DER EDELKASTANIE ZUR BIODIVERSITÄT

ERNST SEGATZ

Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft Rheinland-Pfalz, Trippstadt

Zusammenfassung

Im Projekt wurden einzelne Edelkastanien und Edelkastanienstände hinsichtlich ihres Beitrags zur Biodiversität untersucht. Diese Baumart zeigt besondere, ökologisch relevante Eigenschaften auf und bildet eine Vielzahl ökologisch wertvoller Biotopholzstrukturen aus.

Auf Edelkastanien höheren Alters wurde eine Vielfalt an Moosen festgestellt, die mit derjenigen ähnlich strukturierter weiterer Laubbaumarten, insbesondere der Eiche, vergleichbar ist. Dies gilt auch für den Flechtenaufwuchs.

Bei den Pilzen ähnelt die Besiedlung der Edelkastanie ebenfalls derjenigen der Eiche, wobei einige Pilzarten sogar eine höhere Affinität zur Edelkastanie aufweisen.

Im Bereich der Fauna wurden an Edelkastanien vorkommende Käferarten untersucht, dabei wurden neben den eigentlichen Totholzkäferarten auch die weiteren, in unterschiedlicher Art an dieser Baumart lebenden Spezies erfasst.

Ältere Edelkastanienbestände erweisen sich dabei als ähnlich artenreich wie international bedeutsame Naturwaldreservate in Rheinland-Pfalz. Obwohl kaum allein von der Edelkastanie abhängigen Organismen gefunden werden, sind die Altkastanien Refugien für seltene Arten insbesondere der Wärme liebenden Eichenwälder und können bei entsprechender Förderung von Alt- und Totholzstrukturen viel zur Biodiversität beitragen.

Résumé

Au cours du projet, des recherches ont porté sur la contribution du châtaignier à la biodiversité, par l'étude d'arbres individuels et de peuplements. Le châtaignier présente des caractéristiques particulières qui sont importantes du point de vue écologique, et offre un grand nombre de biotopes intéressants à ce titre.

Sur les châtaigniers âgés, on a constaté la présence d'une grande diversité de mousses, comparable à celle que l'on trouve sur les autres essences de feuillus d'une structure similaire, notamment le chêne. Ceci vaut également pour la présence de lichens.

En ce qui concerne les champignons, leur présence sur le châtaignier est également comparable à celle que l'on voit sur le chêne, sachant que certaines espèces de champignons présentent même une affinité supérieure avec le châtaignier.

Pour ce qui est de la faune, on a étudié les espèces de coléoptères présentes sur les châtaigniers. Outre les coléoptères saproxyliques, on a recensé toutes les autres espèces de coléoptères vivant sur les châtaigniers.

On a constaté que les châtaigneraies âgées présentaient un nombre d'espèces aussi élevé que certaines réserves forestières intégrales d'importance internationale situées en Rhénanie-Palatinat. Même si l'on n'a pratiquement trouvé aucun organisme entièrement inféodé au châtaignier, on notera que les châtaigniers âgés servent de refuges pour certaines espèces rares, notamment pour des espèces caractéristiques des hêtraies thermophiles. Si l'on encourage la formation de structures de vieux bois et de bois mort, le châtaignier peut contribuer grandement à la biodiversité.

Die Edelkastanie als Biotop

Manche Vertreter des Naturschutzes sehen den Archäophyt Edelkastanie (*Castanea sativa* Mill.) kritisch und vergleichen sie mit Baumarten, die erst im Laufe der letzten Jahrhunderte infolge der Erforschung fremder Kontinente nach Europa eingeführt wurden.

Dabei weist diese Baumart besondere, ökologisch relevante Eigenschaften auf. Die Rinde der Edelkastanie wandelt sich von einer glatten Spiegelrinde in der Jugend mit zunehmendem Alter zu einer ausgeprägt grobborkigen Rinde, die hervorragende Kleinstrukturen für die Besiedlung durch Algen, Moosen, Flechten sowie eine Vielzahl von Insektenarten bildet (Abb. 1 und 2).

Bereits in einem geringen Durchmesserbereich von ca. 20 cm können Edelkastanien im Bereich von Astnarben Höhlen des Buntspechts (*Dendrocopos major*) aufweisen (Abb. 3, 4). Dies ist vor allem bei ursprünglich an Waldrändern und Säumen stehenden Bäumen nach der Astreinigung zu beobachten.

Mit zunehmendem Alter wird eine Vielzahl weiterer ökologisch wertvoller Biotopholzstrukturen ausgebildet. Fast alle Edelkastanien-Veteranen haben einen mehr oder weniger hohlen Stamm, primär bedingt durch Pilze, die über Rinden- und Wurzelverletzungen in den Baum eindringen und das Kernholz abbauen (Abb. 5). Offene Großhöhlen an der Stammbasis finden sich bei sehr vielen alten Edelkastanien als Spätfolge ihrer Entstehung aus Stockausschlag, da durch den Stockhieb Eintrittspforten für Pilze und Insekten geschaffen werden. Derartige Großhöhlen sind in den Wirtschaftswäldern sehr selten und können auch größeren Säugetieren Unterschlupf bieten. Für die in den Edelkastaniengebieten vorkommende Wildkatze stellen Baumhöhlen bevorzugte Wurfplätze dar.

Abbildung 1 und 2:
Junge Edelkastanienrinde mit beginnender Rissbildung (links) und Altkastanie mit rauer Borke und Efeubewuchs (Fotos: Segatz)



Abbildung 3:
Buntspechthöhle (Foto: Segatz)



Abbildung 4:
Etagenhöhlen des Buntspechts (Foto: Segatz)



Durch den Kontakt abgestorbener Stammbereiche mit dem feuchten Boden bildet sich eine Vielfalt unterschiedlicher Kleinlebensräume, insbesondere für Totholzkäfer. Die reiche Blüte der Edelkastanien bietet im späten Frühjahr einer Vielzahl von Insekten (Bienen, Schwebfliegen, Käfern etc.) eine reiche Nahrungsquelle (Abb. 6, 7).

Um die Diskussion zu versachlichen und belastbare Daten zu liefern, wurden im Rahmen des Edelkastanienprojekts in beschränktem Umfang Untersuchungen von Artengruppen durchgeführt, die eine besondere Aussagekraft hinsichtlich der Einbindung der Edelkastanie in die ursprünglichen Ökosysteme besitzen. Neben Moosen, Flechten und Pilzen auf Edelkastanien wurden auch an Edelkastanien lebende Totholzkäfer erfasst.

Im Rahmen einer Vorstudie [13] wurden in jeweils einem 5-, 27- und ca. 70jährigen Edelkastanienbestand aus Stockausschlag auf Transekten die vorkommenden Moose und Flechten an den stehenden Edelkastanien bis in die Höhe von ca. 2 m sowie auf liegendem Totholz und Stöcken aufgenommen. Die meisten Arten fanden sich aufgrund der zunehmend gröber werdenden Rindenstrukturen an den Bäumen höheren Alters.

Daher wurden 15 Bäume der ältesten Edelkastanienbestände der Vorderpfalz für die qualitative Erfassung des Moos- und Flechtenarteninventars herangezogen (Abb. 8, Abb. 9). Im Bereich des Forstamts Haardt wurden jeweils 5 Edelkastanien dreier verschiedener Standorte am Haardtrand, dem Ostabfall des Pfälzerwald-Gebirges zur Rheinebene, gefällt und von RÖLLER [12] hinsichtlich des Moosarteninventars (Qualität) sowie von EICHLER u. CEZANNE [4] hinsichtlich des Flechteninventars untersucht. Das Alter der Bäume lag bei 92, 97 und über 150 Jahren, separat erfasst wurde der untere Stammbereich, der folgende Stammbereich bis zum Kronenbeginn sowie der Kronenraum.

Abbildung 5:
Großhöhle (Foto: Segatz)



Abbildung 6:
Edelkastanienblüte (Foto: Segatz)



Abbildung 7:
Schwärmende Bienen in Edelkastanien (Foto: Metzler)



Abbildung 8:
Untersuchungsbestand bei Villa Ludwigshöhe
(Foto: Segatz)



Abbildung 9:
Probebaumauswahl für Moos- und
Flechtenuntersuchungen (Foto: Röllner)



Moose

Es wurden insgesamt **30 verschiedene Moose** durch O. RÖLLER [12] bestimmt (26 Laubmoose, 4 Lebermoose). Im Durchschnitt wurden 10,5 Arten pro Baum nachgewiesen, bei einem Maximum von 17 Arten auf einem Einzelbaum.

Darunter sind – bezogen auf Rheinland-Pfalz – **2 Arten der Gefährdungskategorie „vom Aussterben bedroht“**, **6 Arten „gefährdet“**, **3 Arten der Vorwarnliste („zurückgehend“)** sowie mit *Orthotrichum rogeri* (Rogers Goldhaarmoos) eine **neue Art (Anhang II der FFH-Richtlinie)** (Abbildung 10).

Die ergänzende Suche an stehenden Edelkastanien feuchterer Standorte tiefer im Randgebirge ergab weitere 11 Arten.

Die Diversität der Moose an Edelkastanie ist damit mit derjenigen von ähnlich strukturierten Laubbäumen (insbesondere Eichen) vergleichbar [12] (Abbildung 11).

Abbildung 10:
Orthotrichum rogeri (Rogers Goldhaarmoos)
(Foto: Röller)



Abbildung 11:
Vielfalt an Moosarten und -formen (Fotos: Röller)



Flechten

Es wurden durch EICHLER und CEZANNE [4] insgesamt **99 verschiedene Flechtenarten** (lichenisierte Pilze einschließlich eines traditionell von den Flechtenkundlern miterfassten Pilzes) und **9 Flechten bewohnende (lichenicole) Pilze** bestimmt.

Im Durchschnitt wurden 40,3 Flechtenarten pro Baum (ohne flechtenbewohnende Pilze) nachgewiesen, bei einem Maximum von 55 Flechtenarten auf einem Einzelbaum.

Hinsichtlich ihrer Wuchsform werden die Flechten in die Gruppen

- Blattflechten
- Strauchflechten
- Krustenflechten

eingeteilt, wobei die Krustenflechten insgesamt die größte Gruppe darstellen.

An den 15 Edelkastanien fanden sich zu 60 % Krustenflechten, zu 33 % Blattflechten und zu 7 % Strauchflechten (Abbildung 12).

Der Kronenraum der 15 Edelkastanien stellt sich insgesamt ähnlich artenreich dar wie die betreffenden Stammbereiche (Abbildung 13). Die Artenzusammensetzung unterscheidet sich jedoch innerhalb der Kronenbereiche von jener der Stammabschnitte.

Zur Beurteilung der flechtenkundlichen Erhebungen in Edelkastanien-Beständen des Haardtrandes wurde auf die Roten Listen für Deutschland [17] und Rheinland-Pfalz [6] zurückgegriffen.

12 Arten (12 %) werden in der **Roten Liste von Deutschland** und **27 Arten (27 %)** in der **Roten Liste von Rheinland-Pfalz** als mehr oder minder **stark gefährdet** geführt.

In letzterer sind **2 Rote Liste -Arten der Gefährdungskategorie „ausgestorben oder verschollen“**, **5 Arten** waren in Rheinland-Pfalz bisher **unbekannt**. Die **Eichen-Schüsselflechte (*Parmelia quercina*)** stellt einen echten **Wiederfund** dar.

Zum Flechtenbewuchs auf Edelkastanien gibt es nur relativ wenige Untersuchungen, in Deutschland wurden offenbar in jüngerer Zeit noch keine gezielten Untersuchungen durchgeführt.

Hinsichtlich ihrer Standortansprüche steht die Eiche der Edelkastanie am nächsten, was auch hinsichtlich ihrer Borkeneigenschaften gilt. Beide Baumarten weisen in ihrer Jugend eine eher glatte Rinde auf, die mit zunehmendem Alter rissiger wird.

Daher bietet sich ein Vergleich der Befunde an Edelkastanien des Haardtrands mit jüngeren Untersuchungsergebnissen eines Eichenbestandes bei Merzalben im Inneren Pfälzer Wald an [7].

Trotz eines größeren Kollektivs an untersuchten Eichen fanden sich deutlich mehr als doppelt so viele Flechtenarten an Edelkastanie.

Dies kann ein Hinweis sein für eine hervorragende Eignung der Edelkastanienrinde als Substrat für Flechtenbewuchs. Es ist jedoch möglich, dass auch unterschiedliche Bestandsstrukturen eine Rolle spielen. Die Vielfalt der Arten erlaubt wichtige Interpretationen sowohl hinsichtlich der Umweltbelastung als auch des Klimawandels.

Abbildung 12:
Beispiele für die drei Flechtenwuchstypen (Fotos: Eichler/Cezanne)



Hypogymnia farinacea
Blattflechte

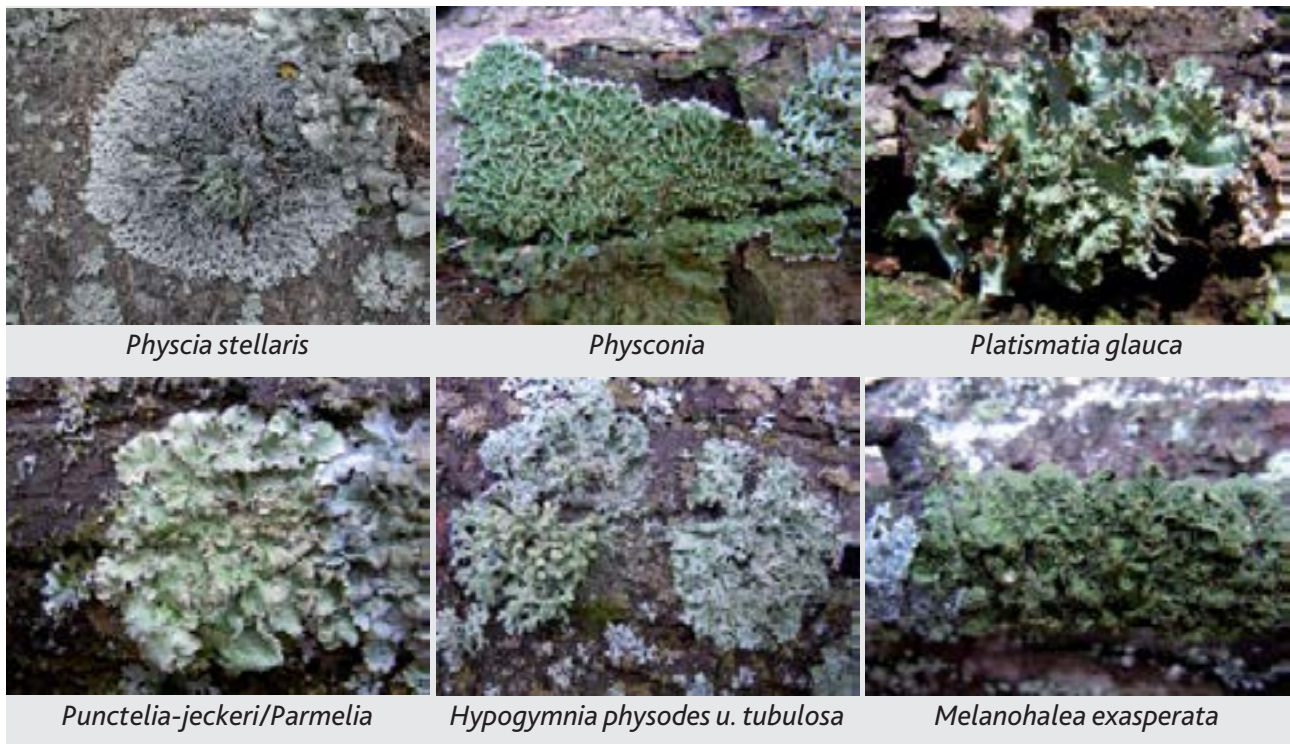


Usnea dasypoga
Strauchflechte



Krustenflechten-Mosaik

Abbildung 13:
Vielfalt an Flechtenarten und -formen (Fotos: Eichler/Cezanne)



Die Eignung verbessert sich wie bei den Moosen mit der Zunahme geeigneter Strukturen in höherem Baumalter, insbesondere für Arten, die sich auf regengeschützte Furchen in der Baumrinde, Aushöhlungen in alten Bäumen oder feuchtes Totholz spezialisiert haben. Bei diesen kam es in den vergangenen 150 Jahren zu dramatischen Verlusten [5].

Pilze

Vor dem Hintergrund jahrzehntelanger Erhebungen an ca. 200 Jahre alten Edelkastanien im Saarland auf klimatisch ähnlichen Standorten wurden 2 Edelkastanienbestände im Raum Edenkoben durch J.A. SCHMITT [14], Blieskastel-Aßweiler, auf die Besiedlung mit Pilzen hin untersucht.

Ziel war, diejenigen Pilze zu erfassen, die neben dem Schlauchpilz *Cryphonectria parasitica*, dem Erreger des Edelkastanienrindenkrebses, und dem Phycomyceten *Phytophthora cambivora*, dem Erreger der sog. „Tintenkrankheit“, lebendes und totes Material von Edelkastanie besiedeln und abbauen oder mit der Baumart als Mykorrhizapilze in Symbiose leben (Abbildung 14, 15).

Im Saarland wurden bisher **84 Taxa Kastanienholz besiedelnder Pilze** (ohne Blatt besiedelnde Saprophyten und Parasiten) nachgewiesen, davon 32 dort

bisher nur an Edelkastanie auftretend. Jedoch war keine der Pilzarten *Castanea*-spezifisch. Diese Pilzarten treten ohne Ausnahme auch an den heimischen und eingeführten Eichenarten auf, die innerhalb der Gehölzordnung der Fagales der Edelkastanie sehr nahe stehen [16].

Die höchste an **einem einzelnen Stamm** festgestellte Zahl von **39 Arten** unterschiedlicher Gruppen wurde innerhalb eines Zeitraums von 32 Jahren dokumentiert [15].

In zwei Edelkastanienbeständen bei Edenkoben (55 und über 150jährig) konnten 65 Taxa (ohne blattbesiedelnde Saprophyten und Parasiten) nachgewiesen werden. Diese lassen sich aufgliedern in 27 Arten an Totholz, Stubben und Ästen, 13 ubiquitäre Streu- und Bodensaprophyten sowie 24 Mykorrhiza bildende Arten.

Nach SCHMITT [14] ergibt die Häufigkeit des Vorkommens eines Pilzes an der Edelkastanie in Bezug auf die Häufigkeit des Vorkommens der Baumart dessen **Affinität** zu dieser Baumart (**Besiedlungstrend**). Diese ist ein zusätzliches ökologisches Artmerkmal.

Die im Saarland ermittelten Affinitäten einer Reihe von Pilzarten liegen deutlich über derjenigen zu *Quercus*, d.h., sie besiedeln Edelkastanie deutlich lieber als Eichen.

So beträgt hier das Verhältnis Affinität zu *Castanea* : Affinität zu *Quercus* bei *Fistulina hepatica* (Ochsenszunge) (Abbildung 16) 65 : 1 und bei *Ganoderma applanatum* (Flacher Lack-Porling) nahezu 23 : 1.

SCHMITT [15] vermutet, dass sich im Saarland noch keine partiellen Abwehrmechanismen wie bei den nahe verwandten heimischen Eichenarten *Quercus robur* und *Q. petraea* gegen diese Pilzarten ausbilden konnten, weil *Castanea sativa* dort erst seit einigen hundert Jahren im Saarland beheimatet ist. Gleiches lässt sich auch für das südpfälzische Vorkommen vermuten.

Abbildung 14:
Mycena renati (Gelbstieliger Helmling)
(Foto: Schmitt)



Abbildung 15:
Laetiporus sulphureus (Schwefelporling)
(Foto: Schmitt)



Abbildung 16:
Fistulina hepatica (Ochsenszunge) (Foto: Schmitt)



Totholzkäferfauna

In der Oberrheinebene bei Freinsheim und im Bereich der Haardt bei Edenkoben wurden vier Standorte unterschiedlichen Alters und damit ansteigender Strukturvielfalt und Totholzanteile für die Untersuchung zur Totholzkäferfauna an Edelkastanie ausgewählt.

Es handelt sich um zwei totholzreiche Altbestände und zwei totholzarme Jungbestände. Die Untersuchung wurde an FRANK KÖHLER [9, 10], Bornheim, vergeben.

Die Untersuchungsmethoden orientierten sich dabei an den bisherigen Bestandserfassungen zur Totholzkäferfauna in rheinland-pfälzischen Naturwaldreservaten. Je Standort wurden im Jahr 2012 zwei Fallen, eine Flugfalle und ein Leimring exponiert sowie manuelle Aufsammlungen mit Klopfschirm und entomologischem Sieb durchgeführt. Neben dem standardisierten Programm wurden als weitere Methoden Lichtfallen zum Nachweis nachtaktiver (mediterraner) Arten sowie im ältesten Bestand, einem Edelkastanienhain, Baumhöhlenektoren [9, 10]

Abbildung 17:
Fangvorrichtung an Edelkastanienveteran



eingesetzt (Abbildung 17).

Die Käfer in den Edelkastanienbeständen wurden unterschieden in Holzkäfer (*lignicol*), Mulmkäfer (*xylodetriticol*), Nestkäfer (*xylonidicol*), Pilzkäfer (*polyporicol*), Rindenkäfer (*corticol*) sowie Saftkäfer (*succicol*). Die Nomenklatur folgt dem „Verzeichnis der Käfer Deutschlands“ (*Entomofauna Germanica*) [9, 8].

Im Fachbereich Umweltwissenschaften an der Universität Koblenz-Landau wurden Abschlussarbeiten zu ausgewählten Arthropodengruppen vergeben [3, 2, 1]. Eine weitere Untersuchung ist derzeit in Arbeit und beschäftigt sich mit *xylobionten* Käfern in Edelkastanienwäldern unterschiedlicher Bewirtschaftungsformen.

Ergebnisse [9, 10]

Insgesamt wurden 131 Proben mit 29.076 Käfern gewonnen, die ausnahmslos bis zur Art bestimmt wurden. Dabei wurden **1002 Käferarten** dokumentiert, zwischen 278 Arten im schattigen Jungbestand und 571 im historischen Kastanienhain.

Rund 45 % der Käferarten sind an Waldbiotope gebunden, wobei ein auffällig hoher Anteil lichte Gehölzstrukturen präferiert. Aufgrund der starken Auflichtung dreier Bestände wurden auch über 200 Offenlandbewohner gefunden. In den Jungbeständen finden sich erhöhte Pilzkäfer-Vorkommen (feuchtes Bachtal!) und Rindenkäfer-Vorkommen (Durchforstung!) [10].

Die Zahl xylobionter Arten (eigentliche Totholzkäfer) erweist sich mit insgesamt 329 Spezies als sehr hoch, wobei die Altbestände bis zu 20 % mehr Arten aufweisen. 103 Arten leben *lignicol*, 100 Arten *corticol* oder *succicol*, 55 Arten *polyporicol* und 71 Arten *xylodetriticol* oder *xylonidicol*. Lediglich die Pilzbewohner sind aufgrund der trockenen Verhältnisse unterrepräsentiert. Das Vorkommen der für die Waldzerfallsphase charakteristischen und vielfach gefährdeten Mulmkäfer ist erwartungsgemäß mit dem Bestandesalter und dem Totholzangebot hoch korreliert. Die Altbestände zeichnen sich durch artenreichere Mulm- und Nestkäfergilden mit seltenen Arten aus (insbesondere Baumhöhlenbewohner) [10]. Folglich fanden sich im historischen Kastanienhain **104 Arten der Roten Liste Deutschlands** und im Altbestand bei Edenkoben (nahe Villa Ludwigshöhe) **80 Arten**.

Höchst beachtlich ist auch die Anzahl von **9 Urwaldreliktarten** in den Altbeständen, darunter als Erstnachweise für die Pfalz der Rindenkäfer *Rhopalocerus rondanii* (Abbildung 18) und der Stutzkäfer

Teretrius fabricii. 182 Arten der Roten Liste Deutschlands wurden festgestellt, darunter viele hochgradig gefährdete Baummulm- und Baumhöhlenbewohner. Die Nachweise von 17 Arten stellen Erstnachweise oder Wiederfunde für Rheinhessen-Pfalz oder das Land Rheinland-Pfalz dar, darunter der mediterran verbreitete Kastanienbohrer *Curculio elephas* (Abbildung 18).

In der Literatur liegen nur wenige Angaben zu Käfern an Edelkastanie in Mitteleuropa vor. Sowohl für die hier genannten als auch für die in der Untersuchung

beobachteten 329 Xylobionten ergibt sich eine hohe Übereinstimmung mit der an Eiche (*Quercus*) bekannten Tothholzkäferfauna. Im standardisierten Vergleich mit der Tothholzkäferfauna rheinland-pfälzischer Naturwaldreservate erweisen sich die älteren Edelkastanienbestände als ähnlich artenreich wie die international bedeutsamen Reservate im Bienwald [10].

Abbildung 18:

Käfer an Edelkastanien (jeweils von links), oben: *Rhopalocerus rondanii*, *Curculio elephas* (Kastanienbohrer), *Ampedus cardinalis* (Schnellkäfer, Larven leben am Myzel des Schwefelporlings); Mitte: *Cardiophorus gramineus* (Schnellkäfer, räuberisch lebende Larven am Fuß alter, häufig von der Braunen Wegameise [*Lasius brunneus*] bewohnter Bäume), *Hypulus quercinus* (Düsterkäfer, Larven bodennah in weißfaulem Tothholz, Stubben, liegende Stämme, dickere Äste), *Neophaedon pyritus*; unten: *Chlorophorus sartor* (Bockkäfer, wärmeliebend), *Hedobia regalis* (Poch-, Klopff-, Bohr- oder Nagerkäfer, wärmeliebend), *Xylographus bostrychoides* (Pilzkäfer, wärmeliebend) (Fotos: Köhle)



Fazit der entomologischen Untersuchungen [9, 10]

Im Rahmen der Untersuchungen wurde bereits eine sehr hohe Artenzahl an Käfern an Edelkastanie festgestellt. Da die Mehrzahl der Totholzkäfer nicht an eine spezifische Baumart, sondern an Totholzstrukturen und Milieubedingungen gebunden ist und zudem *Castanea* und *Quercus* potentiell eine höchst ähnliche Käferfauna aufweisen, ist noch mit zahlreichen weiteren Nachweisen nicht baumartenspezifischer und eichentypischer Xylobionten an *Castanea* zu rechnen. Die entomologischen Daten und die ermittelten Zusammenhänge zeigen, dass ein verstärkter Anbau von Edelkastanien der Erhaltung und Förderung seltener Totholzkäfer und Artengemeinschaften dienen kann.

In der vorliegenden Untersuchung wurde nicht nur eine artenreiche, sondern auch faunistisch und naturschutzfachlich herausragende Fauna angetroffen, die zeigt, dass alte struktur- und totholzreiche Edelkastanienbestände eine ähnliche Bedeutung erlangen können wie alte Eichenbestände. Dies deckt sich auch mit den Befunden der Pilzbesiedelung.

Die untersuchten Altbestände zeigen zudem beispielhaft, dass nur ein wirtschaftlicher Nutzungsverzicht bestehende Reliktorkommen von Totholzkäfern erhalten kann. Die Edelkastanie muss daher ebenso wie die Eiche in den vorhandenen Totholzkonzepten Berücksichtigung finden. Die Biotopholzstrategie in bewirtschafteten Beständen sollte insbesondere auf die Duldung von Höhlenbäumen ausgerichtet sein.

Zusammenfassung hinsichtlich aller untersuchten Organismengruppen

An der Edelkastanie treten nach jetzigem Kenntnisstand bei uns keine allein von ihr abhängigen Organismen auf, von ihr und auf ihr leben jedoch sehr viele, auch sehr seltene Arten insbesondere der Wärme liebenden Eichenwälder.

Ihr schnelles (Dicken-)Wachstum, ihr potentiell sehr hohes Alter, die raue Borke und ihre Neigung zur Höhlenbildung machen sie wertvoll für den Schutz Höhlen bewohnender Tierarten (bis zu Wildkatzengröße), ihre starke Blüte dient wochenlang als Nahrungsgrundlage für Blüten besuchende Insekten, vor allem Bienen und Käferarten. Die häufige Fruktifikation liefert Mensch und Tier reiche Nahrung.

Um die ökologischen Potenziale der Baumart Edelkastanie voll zur Geltung kommen zu lassen, ist jedoch ein Umdenken bezüglich der Wertschätzung der Baumart unabdingbar. Der Wert alter Bäume, abge-

storbener Bäumen und von Wurzelstöcken muss erkannt ausreichende Flächen mit alten Bäumen im Anhalt an die Vorgaben des Biotop-Altholz-Totholz-(BAT-)Konzepts müssen erhalten werden. Dies lässt sich auch unter Beachtung der Verkehrssicherungsproblematik und ökonomischer Vorgaben umsetzen. Die Durchführung weiterer Untersuchungen zur Ökologie der Edelkastanie ist notwendig.

Literatur

- [1] BLATT, S., 2013: Einfluss der Habitatstruktur auf Spinnen im Edelkastanienwald. Masterarbeit, Universität Koblenz-Landau (unveröffentlicht).
- [2] BORN, CHR., 2012: Spinnen unterschiedlich genutzter Edelkastanienwälder. Bachelorarbeit, Universität Koblenz-Landau (unveröffentlicht).
- [3] BÜRGEL, N., 2012: Laufkäfergemeinschaften in ehemals als Niederwald genutzten Kastanienwäldern der Pfalz. Bachelorarbeit, Universität Koblenz-Landau (unveröffentlicht).
- [4] CEZANNE, R. & EICHLER, M. (2012): Untersuchung epiphytischer Flechten auf 15 ausgewählten Edelkastanien in Rheinland-Pfalz im Rahmen des INTERREG IV A – Projektes „Die Edelkastanie am Oberrhein“, Zentralstelle der Forstverwaltung, Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft Rheinland-Pfalz, Trippstadt (unveröffentlicht). Gehölkunde (in Druck), Hemmingen.
- [5] HAUCK, M. et al., 2013: Dramatic diversity losses in epiphytic lichens in temperate broad-leaved forests during the last 150 years. Biological conservation 157: 136 – 145.
- [6] JOHN, V. (1990): Atlas der Flechten in Rheinland-Pfalz. Beitr. Z. Landespflege in Rheinland-Pfalz 13, Teil 1 und 2: 1 – 275 und 1 – 272.
- [7] JOHN, V. u. SCHRÖCK, H.-W. (2001): Flechten im Kronen- und Stammbereich geschlossener Waldbestände in Rheinland-Pfalz (SW-Deutschland). – Fauna und Flora in Rheinland-Pfalz 9 (3): 727 – 750.
- [8] KÖHLER, F. u. B. KLAUSNITZER, 1998: Entomofauna Germanica Band 1: Verzeichnis der Käfer Deutschlands. Entomologische Nachrichten und Berichte. Beiheft 4 (1998): 1-185; Dresden.
- [9] KÖHLER, F. 2013: Bestandserfassung der Totholzkäferfauna an Edelkastanien im Rahmen des INTERREG-Projekts C 17 „Die Edelkastanie am Oberrhein“, Zentralstelle der Forstverwaltung, Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft Rheinland-Pfalz, Trippstadt (unveröffentlicht).
- [10] KÖHLER, F., 2015: Vergleichende Untersuchungen zu Totholzkäfern (Coleoptera) in rheinland-pfälzischen Edelkastanien-Beständen (*Castanea sativa* MILLER, 1768) im Rahmen des INTERREG-Projekts C 17 „Die Edelkastanie am

Oberrhein", Zentralstelle der Forstverwaltung,
Forschungsanstalt für Waldökologie und
Forstwirtschaft Rheinland-Pfalz, Trippstadt
(unveröffentlicht).

- [11] LÜHT, M. & RÖLLER, O. (2012): *Orthotrichum rogeri* – ein in Rheinland-Pfalz neu nachgewiesenes seltenes, in Europa endemisches und nach der FFH-Richtlinie geschütztes Moos, POLLICHIA-Kurier, Jahrgang 28, Heft 2 April-Juni 2012.
- [12] RÖLLER, O. (2012): Untersuchung epiphytischer Moose auf 15 ausgewählten Edelkastanien in Rheinland-Pfalz im Rahmen des INTERREG IV A – Projektes „Die Edelkastanie am Oberrhein“, Zentralstelle der Forstverwaltung, Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft Rheinland-Pfalz, Trippstadt (unveröffentlicht).
- [13] SCHEU, S. (2011): Probekartierungen von Moosen und Flechten in Edelkastanienbeständen der Haardt, Zentralstelle der Forstverwaltung, Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft Rheinland-Pfalz, Trippstadt (unveröffentlicht).
- [14] SCHMITT, J.A. (1987a): Zur Ökologie holzbesiedelnder Pilzarten. In: DERBSCH, H., SCHMITT, J.A.: Atlas der Pilze des Saarlandes, Teil 2: 101-119.
- [15] SCHMITT, J.A. (2012): mündliche Mitteilung, unveröffentlicht.
- [16] SCHMITT, J.A. et al. (2013): Pilze an *Castanea sativa* in Europa, Teil I. Beiträge zur Gehölkunde (in Druck), Hemmingen.
- [17] WIRTH, V. et al. (2011): Rote Liste und Artenverzeichnis der Flechten und flechtenbewohnenden Pilze Deutschlands.- Naturschutz und biologische Vielfalt 70 (6): 7 – 122.

DIE EDELKASTANIE AM OBERRHEIN - EINE BAUMART VERBINDET MENSCHEN, KULTUREN UND LANDSCHAFTEN

S. JOTZ, W. KONOLD

Albert-Ludwigs-Universität Freiburg, Professur für Landespflege, Freiburg

Zusammenfassung

Sowohl die quantitative Landschaftsbildanalyse als auch die Umfragen haben gezeigt, dass die Edelkastanie als Baumart nicht unmittelbar im Landschaftsbild auffällt. Tatsächlich haben ihre Vorkommen einen geringen Einfluss auf die ästhetische Erlebniswirksamkeit der Landschaft. Da die Baumart hauptsächlich in Form von dichten, durchgewachsenen Stockausschlagwäldern vorkommt, ist sie in der allgemeinen Vegetationsschicht verwechselbar und ist leicht zu übersehen. Es wird vermutet, dass eine Wiederaufnahme des Niederwaldbetriebes und die gezielte Förderung von Einzelbäumen die ästhetische Wirkung der Edelkastanie als wald- und wegrandbildende Baumart weitgehend aufwerten würden.

Ähnlich hat die Betrachtung jahreszeitlich abhängiger Kriterien der Landschaftsästhetik gezeigt, dass der Erholungssuchende viel mehr empfänglich ist für allgemeine, stimmungsbeflussende Aspekte der Landschaft wie Farben, Formen und Umrisse, als für das Vorkommen von Baumarten als solche. Diese Erkenntnis ist für die Praxis insofern relevant, dass die Aufrechterhaltung von verschiedenen Erscheinungsformen und Strukturen der Edelkastanie oder anderer Baumarten in der Landschaft entscheidend für deren ästhetische Aufwertung sein kann.

Vielmehr erfolgt die ästhetische Wahrnehmung der untersuchten Baumart durch die Befragten indirekt. Es kamen durch die Umfragen hauptsächlich symbolische bzw. kulturelle Aspekte der Edelkastanie zum Vorschein, die durch eine visuelle Betrachtung der Landschaft nicht unmittelbar festzustellen sind. Allerdings würde ein langfristiges Bestehen des ermittelten Regionalcharakters der Edelkastanie als identitätsstiftender Baustein der Landschaft die Aufrechterhaltung entsprechender landschaftsdynamischer Prozesse voraussetzen, so zum Beispiel die großflächige Wiederaufnahme des Niederwaldbetriebs. Dies würde wiederum der Sehnsucht der betrachteten Akteure im Untersuchungsgebiet nach einer gepflegten Landschaft entgegenkommen.

Résumé

Il ressort à la fois de l'analyse quantitative des paysages et des enquêtes menées que le châtaignier en tant qu'essence ne saute pas directement aux yeux lorsqu'il se trouve dans un paysage. Sa présence a une faible influence sur l'effet esthétique d'un paysage. Etant donné qu'il apparaît le plus souvent sous la forme de taillis denses et âgés, issus de cépées, il reste masqué dans la couche de végétation et se voit rarement. On suppose qu'une reprise de l'exploitation des taillis et la promotion ciblée d'arbres isolés pourraient renforcer la valeur esthétique du châtaignier, que ce soit en forêt ou en bordure de chemins.

De même, l'étude des critères saisonniers de l'esthétique des paysages a montré que les personnes qui viennent se ressourcer sont bien plus réceptives aux aspects généraux du paysage susceptibles de créer une certaine ambiance tels que couleurs, formes et contours, qu'à la présence d'essences spécifiques. Ce résultat est utile pour la pratique dans le sens où la préservation de la diversité des formes et des structures sous lesquelles se présentent les châtaigniers ou d'autres essences dans les paysages peut s'avérer décisive pour renforcer l'esthétique de ces derniers.

La perception esthétique de l'essence considérée a été exprimée de manière indirecte par les répondants. Ils faisaient surtout état des aspects symboliques ou culturels du châtaignier, qui ne sont pas directement constatables lorsqu'on contemple un paysage. Cependant, l'existence sur le long terme du caractère régional du châtaignier en tant que constituant identitaire du paysage exigerait la préservation des processus de dynamique paysagère correspondants, par exemple le retour à une exploitation en taillis sur une vaste échelle. Ceci répondrait alors aux aspirations des acteurs interrogés dans le périmètre de l'étude, qui exprimaient le vœu d'avoir un paysage bien entretenu.

1. Einführung

Die Vorkommen der Edelkastanie in Form von durchgewachsenen Niederwaldbeständen in den Vorbergzonen der Vogesen, des Pfälzer Waldes und des Schwarzwaldes sind auf eine lange Weinbautradition am Oberrhein zurückzuführen. So lieferten Edelkastanien-Niederwälder zur Blütezeit des Weinbaus in großem Maße qualitativ hochwertige Rebpfähle, waren aber auch unersetzbare Holz- und Nahrungsquelle für die ländliche Bevölkerung. In den letzten Jahrzehnten fand ein progressiver Verlust des Bezugs der Flächennutzung zu den naturräumlichen Gegebenheiten statt (BRÜLL et al. 2001). Diese Tendenz spiegelt sich auch in den Edelkastanienwäldern wider. Die vorhandenen Niederwaldbestände wurden entweder in Hochwald überführt oder werden sich selbst überlassen. Der gestufte Übergang vom Offenland zum Hochwald, der z. T. durch das Vorhandensein von Edelkastanien-Niederwaldbeständen entlang der Waldgrenze gewährleistet wurde, entwickelte sich hin zu einer einfach strukturierten Ackerland- bzw. Weinbau-Hochwaldstruktur.

Im Folgenden werden einzelne Ergebnisse aus der Dissertation „*Kulturelle und ästhetische Wahrnehmung der Edelkastanie am Oberrhein - Ein experimentelles Verfahren zur landschaftsästhetischen Bewertung von Baumarten am Beispiel von *Castanea sativa* Mill.*“, die im Rahmen des EU-geförderten Interreg-Projektes „DIE EDELKASTANIE AM OBER-RHEIN — EINE BAUMART VERBINDET MENSCHEN, KULTUREN UND LANDSCHAFTEN“ angefertigt wurde, präsentiert.

Die Aufgabe der Professur für Landespflege war es, die touristische und soziokulturelle Bedeutung der Baumart zu erfassen. Dabei wurde der Frage nachgegangen, welche ästhetische Bedeutung der Edelkastanie im Untersuchungsraum Oberrhein zukommt. Vor dem Hintergrund einer zunehmenden Uniformierung der Landschaft (PETERS UND POHL, 2003) sollte darüber hinaus die Frage beantwortet werden, warum gerade die Edelkastanie in der Landschaft erhaltenswert ist.

2. Methoden

Um der Aufgabestellung nachzugehen, wurden folgende Methoden eingesetzt:

- Die Auswertung von historischen und zeitgenössischen Literaturquellen.
- Eine qualitative Landschaftsbildanalyse, die auf Beschreibungen von ausgewählten Landschaftsbildabschnitten beruhte.
- Eine quantitative Landschaftsbildanalyse auf Grundlage von systematischen Wanderwegbewertungen.
- Eine qualitative Umfrage bei Privatwaldbesitzern aus dem Elsass und der Ortenau.
- Eine ganzjährige Befragung von Spaziergängern und Wanderern an vier ausgewählten Umfrageorten im Untersuchungsraum Oberrhein (Stichprobenumfang ca. 600 Befragte).

Die Kombination mehrerer Methoden der Landschaftsanalyse zur schrittweisen Analyse der landschaftsästhetischen Wirkung der Edelkastanie bzw. bestimmter Baumarten, die in einem betrachteten Landschaftsabschnitt vorkommen, ermöglichte die Mitberücksichtigung verschiedener Dimensionen der Baumartenästhetik. So wurden zeitliche, räumliche und kulturelle Aspekte der Edelkastanie einbezogen. Die Betrachtung der untersuchten Baumart aus der Spaziergängerperspektive ermöglichte eine ästhetische Analyse der Edelkastanie auf mehreren Ebenen der Landschaft.

Die Entwicklung von objektiven Bewertungskriterien der Landschaftsbildbewertung beruhte größtenteils auf Beschreibungen von allgemeinen Grundsätzen aus der historischen Forstliteratur, teilweise aber auch auf zeitgenössischen Quellen aus dem Fachbereich der Landschafts- und Raumplanung, welche die ästhetische Beeinträchtigung bestimmter Entwicklungstendenzen in der Landschaft problemorientierter zu bewerten versuchen.

Eine deskriptive Landschaftsbildanalyse wurde mit Erkenntnissen aus der Literatur in Verbindung gebracht, um Beobachtungen aus den Geländebegehungen auf ihren landschaftshistorischen Kontext zu beziehen. Diese erste qualitative Herangehensweise diente unter anderem dazu, den Erfassungsbogen der quantitativen Landschaftsbildanalyse vorzubereiten.

Die quantitative Landschaftsbildanalyse wurde auf Grundlage eines empirisch entwickelten Verfahrens der Wanderwegbewertung bewerkstelligt. Aus den durchgeführten Analysen im Gelände konnte eine sogenannte „Erlebniszahl“ errechnet werden, die eine quantitative Auskunft über die ästhetische Relevanz der betrachteten Baumarten im Vergleich mit dem Erlebniswert der Gesamtlandschaft gab.

Unbeantwortete Fragen zur symbolischen Bedeutung der untersuchten Baumart konnten im Rahmen einer Umfrage bei Privatwaldbesitzern aus dem Elsass und der Ortenau und einer Vor-Ort-Umfrage von Spaziergängern an vier ausgewählten Umfrageorten angegangen werden. Eine ganzjährige Durchführung der Spaziergänger-Befragungen erlaubte die Mitberücksichtigung der saisonalen Variabilität im Erscheinungsbild der Vegetation. Diese hat einen entscheidenden Einfluss auf die ästhetische Wahrnehmung des Erholungssuchenden (HELLPACH 1950, HELLBRÜCK UND KALS 2012).

3. Historischer Abriss: Kulturlandschaftsgeschichte der Edelkastanie vom 17. bis zum 20. Jahrhundert

3.1 Die Edelkastanie als Nahrungsmittelquelle in Mitteleuropa

Laut KIRSCHLEGER (1857) ist die Ausbreitung der Edelkastanie am Oberrhein auf die Merowingerzeit im 7. und 8. Jh. zurückzuführen. Seitdem bildet die Edelkastanie Hochwald- und Niederwaldbestände entlang der Vogesen, des Kaiserstuhls, des Schwarzwaldes und des Juras.

Während der Karolingerzeit wurden, insbesondere durch die Mönchsorden, Flächen gerodet, um Obst- und Klostergärten anzulegen. Dabei wurde auch vielfach die Edelkastanie angebaut (BOUFFIER UND MAURER, 2009).

Zum Ende des Mittelalters wurde die Edelkastanie im Bauernwald eingeführt. Am Baum wurde alles genutzt; Holz, Frucht und Laub waren eine notwendige Ressource des alltäglichen Lebens. Die Frucht der Edelkastanie lieferte zweimal mehr Kalorien je Hektar als ein Getreideacker, bildete somit eine un-

ersetzliche Nahrungsquelle der armen Bevölkerungsschichten (BRUNETON-GVERNATORI, 1984). Als „Brot der Armen“ wurde sie schnell zum Symbol einer Subsistenzwirtschaft (AMORINI et al., 2000). Für den Raum Oberkirch (Oberes Renchtal, Mittlerer Schwarzwald) weist SÖLCH (1951) allerdings darauf hin, dass die Früchte der Edelkastanie nur vereinzelt zum Eigenkonsum gesammelt wurden.

In den benachbarten Forstbezirken spielte sie hauptsächlich in den Nachkriegsjahren, in denen die Bevölkerung häufig von Hungersnöten geplagt wurde, eine sehr wichtige Rolle. Ein „Südlima“, wobei CHRIST (1817) hier wahrscheinlich auf submediterranes Klima anspielt, sicherte die besten Fruchterträge. Die besten und größten Früchte wurden in Portugal, Frankreich, Spanien und Italien gewonnen und vermarktet. Richtige Kastanienwälder, so CHRIST (1817), seien in der Türkei um Istanbul, in Bulgarien, in Ungarn, aber auch in der Schweiz, im Elsass und nicht zuletzt in Deutschland anzutreffen gewesen. Dort wo die Edelkastanie nicht beheimatet war (z.B. Holland), wurden die Maronen aus den südlichen Ländern, aber auch die kleineren Früchte aus Mitteleuropa per Schiff importiert.

Abbildung 1:

Restaurierter Bestand eines traditionellen, fruchtliefernden Kastanienhains im Tessin. Durch Beweidung wird der Bestand in seiner ursprünglichen Form erhalten. Ein derartiges Erscheinungsbild der Edelkastanie ist in der Oberrheinebene heutzutage weitgehend inexistent. Dort kommen seltene Relikte von fruchtliefernden Altbäumen im Wald in der Nähe von ehemaligen Bauernsiedlungen und Dörfern vor (Foto: Jotz).



Der Rückgang des Kastanienanbaus für die Fruchtproduktion ist auf verschiedene Ursachen zurückzuführen und vollzieht sich über mehrere Jahrhunderte. Mit der Einführung neuer Kultursorten aus Amerika und darüber hinaus der Entwicklung des Intensivanbaus zu Beginn des 18. Jh. ging die langjährige Tradition der Edelkastanienkultur zu Ende. In den ozeanisch geprägten Gebieten wurde sie zunächst zunehmend vom Maisanbau abgelöst. Im Inneren des europäischen Kontinents, wo sie auch länger erhalten blieb, wurde sie allmählich vom Kartoffelanbau verdrängt. Dabei blieb die Vermarktung der Esskastanie sehr eng mit der Kartoffelproduktion gekoppelt. In den Jahren schlechter Kartoffelerträge wurde noch auf die Esskastanie zurückgegriffen, da die Bäume keiner besonderen Pflege bedurften. Auch Regionen, die Getreideüberschüsse produzierten, konkurrierten mit der Kastanienkultur (PITTE 1986).

PITTE (1986) sieht als finale Ursache für die Aufgabe des Kastanienanbaus das Erscheinen der Tintenkrankheit im Verlauf des 18. Jh. und später des Rindenkrebses im Jahr 1938, welcher in Italien über den Hafen von Genua den europäischen Kontinent erreichte. Die Ackerbau Landschaft der Oberrheinebene wurde von einer Subsistenzwirtschaft hin zu einer intensiven, ökonomisch orientierten Landschaft umgestaltet.

Eine Maronenerzeugung im Großbetrieb ist heute nur noch im Mittelmeerraum zu finden (BOUFFIER, 2004). Dort, wo die Kastanienhaine einst intensiv bewirtschaftet wurden, gehören sie zur kulturellen Identität der Landschaft (Abbildung 1). In Bergregionen Frankreichs, die besonders stark von der Landflucht betroffen sind (Ardèche, Cévennes), sind sie für die Bevölkerung bis heute eine wichtige Einnahmequelle geblieben (CAVALAND UND PELLETIER, 2006).

3.2 Edelkastanie und Weinbau

Die Edelkastanie am Oberrhein ist historisch betrachtet eng mit dem Weinbau verbunden, dessen strukturellen Aufbau in der Landschaft über Jahrhunderte hinweg abhängig vom umliegenden Waldbestand war.

Bezogen auf die Ortenau belegen REGNATH UND OSTERMANN (2010, S. 89 f.) anhand von Urkunden, dass die Edelkastanie bereits im 15. Jh. in Verbindung mit dem Weinbau angebaut wurde. Im Raum Oberkirch befand sich der Weinbau hauptsächlich in Besitz der Familie Schauenburg. Die Rebflächen wurden zusammen mit Obstbaumbeständen an Lehnnehmer gepachtet. Die Lehnsherren verpflichteten sich dazu, die Rebflächen mit dem benötigten Mist und Pfählen zu beliefern, gelegentlich auch neue Obstbaum- und Waldbestände begründen zu lassen. Zu den Obstbäumen zählte auch die Edelkastanie, wobei deren Holz von größerer Bedeutung war als deren Früchte (REGNATH UND OSTERMANN, 2010).

Die Ausweitung der Rebflächen ab Beginn des 18. Jh. führte zu einem stetigen Wachstum des Bedarfs an Rebpfählen, was zahlreiche Neupflanzungen der Edelkastanie zur Folge hatte. In der Pfalz wird die breite Bevölkerung über Staatsförderungsmaßnahmen zum Weinbau motiviert. Lehrer, Pfarrer und Verwaltungsangestellte legen Weinberge an (WEIDMANN, 1968). Während der zweiten Hälfte des 18. Jh. sprechen zeitgenössische Beobachter von einer regelrechten „Kastanomanie“: Die Edelkastanie würde überall angepflanzt, wo nur möglich (KAHL, 1894). Auf flachgründigen Böden würden die neu begründeten Edelkastanien-Bestände in den ersten Jahren mit der Kartoffel oder mit Kiefernplänzlingen aufgelockert (SALOMON, 1843).

Zum Ende des 19. Jahrhunderts erwähnt HALLBAUER (1896) das Vorkommen von Kastanienniederwäldern in den Weinbaugebieten der Vogesen entlang der Oberrheinebene, wobei sie ihren Schwerpunkt in der Oberförsterei Kaysersberg gehabt haben sollen. Dort stockte ein Viertel der gesamten Edelkastanienwäldungen des Elsass. An den ungünstigeren Standorten wurde die Edelkastanie durch die konkurrenzstärkere „Akazie“ – hier ist die Robinie (*Robinia pseudoacacia*) gemeint – verdrängt. Tatsächlich wurde die Robinie damals ähnlich bewirtschaftet wie die Edelkastanie, wobei beide Baumarten aufgrund ihrer unterschiedlichen standörtlichen Ansprüche räumlich getrennt vorkamen. Die Niederwälder wurden mit Umtriebszeiten von 14 bis 16 Jahren bewirtschaftet, so HALLBAUER (1896).

Die Gründung neuer Edelkastanien-Niederwaldbestände wurde oftmals von Kleinbauern durchgeführt und selten dokumentiert, so dass lokale Unterschiede in der Entwicklungsgeschichte des Kastanien-Niederwaldes zu vermuten sind. 1854 wurden die Privatwaldbesitzer durch die Novellierung des Badischen Forstgesetzes zum ersten Mal einer forstwirtschaftlichen Kontrolle unterworfen (LANG, 2007). Im Rahmen dessen lösten großflächige Aufforstungsmaßnahmen die extensive bzw. ertragsarme Reut- und Weidfelderwirtschaft auf (WHMD, 2007). So nennt SÖLCH (1951) für die Region Oberkirch Andreas Kuderer als ersten Bauer, der 1884 einen Kastanienbestand durch Stecksaat begründete.

Eine Abfolge sehr guter Weinjahre im Renchtal im Mittleren Schwarzwald förderte in den 1880er Jahren die Vergrößerung der Rebanbauflächen. Während viele Waldflächen in Rebland umgewandelt wurden, bepflanzte man die Flächen der genehmigten Kahlschläge mit der Edelkastanie (SCHÜLLI, 1967). Die aus den Niederwäldern gewonnenen Pfähle wurden für den lokalen Weinbau eingesetzt oder teilweise auch zu hohen Preisen in die Weinbaugebiete des benachbarten Elsass verkauft. Dies führte zu einer stetigen Flächenzunahme der Edelkastanienniederwälder der Ortenau in dem Zeitraum zwischen der zweiten Hälfte des 19. Jh. bis zu Beginn des Zweiten Weltkrieges (SCHÜLLI, 1967).

In den Vorbergregionen der Vogesen sieht die Situation etwas anders aus, denn dort ist die ländliche Bevölkerung weitgehend abhängig von dem Einkommen aus dem Weinbau. Schlechte Weinjahre gehen Hungerjahren voraus (LUCIUS, 1922). Nach dem deutsch-französischen Krieg führt die Annexion des Elsass an Deutschland zu einer Konkurrenz der „Quantitätsweine“. Um dennoch gegenüber dem deutschen Absatzmarkt konkurrieren zu können, pflanzten die Winzer ihre Reben, deren Flächen durch den Phylloxera-Befall ohnehin bereits stark geschwächt wurden. Nach der erneuten Anbindung des Elsass an Frankreich nach dem ersten Weltkrieg musste wieder auf Qualität gesetzt werden. Die Entfernung der Hybridsorten verursachte eine weitere Reduzierung der Weinbauflächen um mehr als die Hälfte (von 24000 ha im Jahr 1913 auf nur noch 11000 ha im Jahr 1930) (LUCIUS, 1922; WAHL UND RICHEZ, 1994).

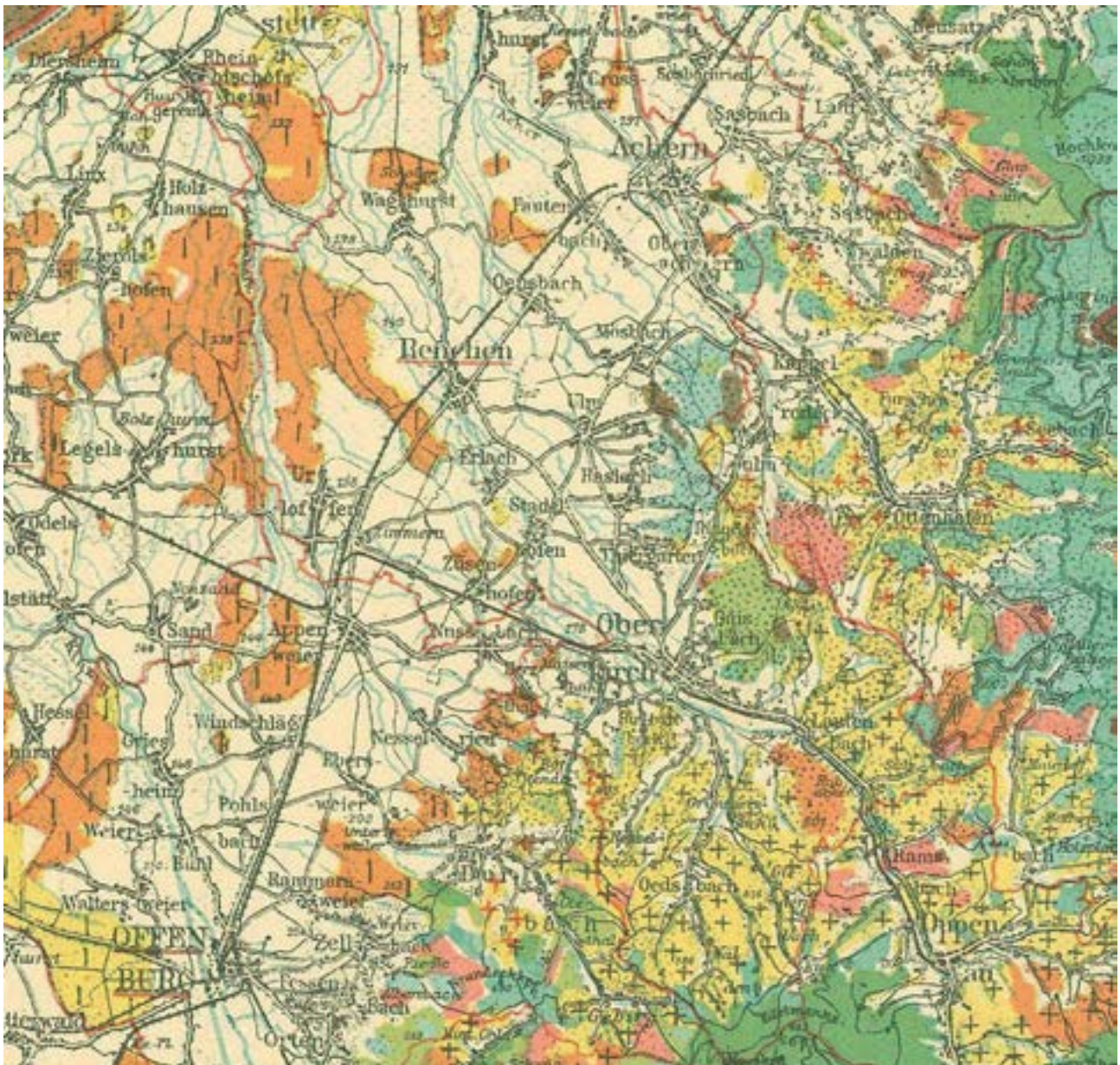
Auch im Elsass führen erste Gesetzesnovellierungen in der Forstwirtschaft zu gravierenden Änderungen im Umgang mit dem Privatwald. Solange die Privatwaldnutzung noch keinen strengen Regulierungsmaßnahmen unterworfen war, wurde der Wald u. a.

für den eigenen Brennholzbedarf, für Pfahlholz für den Weinbau bzw. die Bezäunung der Weiden und Streuobstwiesen geerntet. Gleichzeitig sank aufgrund einer zunehmenden Industrialisierung in den Tälern der Vogesen und in der Ebene in der zweiten Hälfte des 19. Jh. und der daraus entstehenden wirtschaftlichen Abhängigkeit die Rentabilität der von den Kleinbauern geführten Subsistenzwirtschaft (BARDÉ, 1959).

Aus der Übersichtskarte der Waldungen Badens aus dem Jahr 1906 ist herauszulesen, dass die Landschaft bei Oberkirch zu diesem Zeitpunkt vom Eichenschälwald dominiert war. Der Verbreitungsschwerpunkt des Edelkastanien-Niederwaldes lag nördlich von Oberkirch und prägte die Landschaft von Ottenhöfen bis Sasbachwalden als nördlichste Grenze (Abbildung 2).

Abbildung 2:

Verbreitung des Edelkastanien-Niederwaldes im Jahr 1906. Die mit roten Kreuzen versehenen, gelb markierten Bereiche stellen die Niederwaldbestände der Edelkastanie dar. Mit schwarzen Kreuzen versehene, gelb markierte Flächen stellen Eichen-Niederwälder dar. Quelle: „Übersichtskarte der Waldungen Badens nach Holz- und Betriebsarten. Nach dem Stande vom Jahre 1906“. Grossh. Forst- und Domänenverwaltung [Hrsg], Maßstab 1:500000.



4. Ästhetik von *Castanea sativa* Mill. in der Literatur

4.1 Baumartenästhetik

Zur Ästhetik der Edelkastanie schrieb Salisch (1911, S. 121):

„Zu gewaltigen Abmessungen heranwachsend, ähnelt sie in Stamm und Beastung der Traubeneiche. Ihre Belaubung habe ich allerdings nicht so schön gefunden, wie das Eichenlaub; denn die lang ausgezogenen Spitzen der Blätter geben ihren Laubmassen etwas Unruhiges.“

Seiner Meinung nach wirkt das Laub der Edelkastanie gegenüber der gewölbten, organischen Kronengestalt der Eiche bedrohlich, insbesondere aufgrund der Blattform.

Der Anblick der stacheligen Fruchthüllen muss diesen Aspekt zusätzlich verstärkt haben. BOUFFIER (2011) assoziiert die Baumart mit dem warmen Süden, wo sie im Mittelmeerraum vor allem in Form von Kastanienhainen auftritt. Aufgrund ihres mediterranen Ursprungs wird ihr das Etikett eines Exoten zugeordnet, sie erweckt Sehnsucht nach dem „bunten Italien“ und seinen vielfältigen Landschaften (BOUFFIER, 2011, S. 102), sie bringt den Beobachter auf eine Gedankenreise.

Obwohl die Edelkastanie seit der Römerzeit in Form von Niederwäldern im Untersuchungsgebiet vorkommt, wird ihr architektonischer Aufbau der Ästhetik fremdländischer Baumarten zugeordnet.

Die Assoziation mit dem Niederwald erscheint viel seltener, zumeist weil es die südalpinen Kastanienhaine sind, die in der Literatur als landschaftsprägende Berühmtheit beschrieben werden.

Zum Stockausschlag der Edelkastanie lobt SALISCH (1911, S. 121) die *„gewaltige Triebkraft der Schosse und die üppige Entfaltung mächtiger Blätter“*. BATRANEK (1853, S. 299), ordnet den Edelkastanienwald wärmeren Gegenden zu. Für BATRANEK (1853) sind Edelkastanienwälder im Süden das, was Buchenwälder in Mitteleuropa sind:

„Den Buchenwald und im Süden den Kastanienwald also zeichnet neben der Harmonie des Typus, bei dem Stamm, Geäste und Belaubung wie aus einem strengen Gusse geflossen scheinen, und nicht dicht an der Starrheit die weichliche Zerflossenheit des Geästes, das Unstäte des Laubes auftritt, vorzüglich auch die Tiefe der Perspektive aus, weil [...] die Stämme nicht allzu dicht aneinander stehen können, sondern dem sehrenden Blick ferne Reisen in die grüne Tiefe mög-

lich machen.“

Insofern haben die dichten, dünnstämmigen Edelkastanien-Niederwälder der Vorbergzonen des Oberrheins keine Ähnlichkeit mit dem Sinnbild, das ihnen BATRANEK (1853) zuordnet. Kennzeichnende Merkmale für die Edelkastanie sind ihre Blüten und ihr auffallender Geruch, der zur ästhetischen Wirkung der Baumart besonders beiträgt. SALISCH (1911, S. 121) schreibt:

„Wenn sich die Edelkastanie zur Blütezeit mit den rahmfarbigen Kätzchen bedeckt, bringt sie eine schöne Abwechslung in das sommerliche Grün des Waldes, aber man darf ihr dann nicht zu nahe kommen, denn ihr Blütenduft berührt keineswegs angenehm.“

Auch LAMY (1860) bezeichnet den Duft der Kastanienblüte als *„sehr herb“* und *„wenig angenehm“*. Ähnlich schrieb HERMANN HESSE (1930) in seinem „Narziß und Goldmund“ über den *„mahnenden und beklemmend herbkräftigen Geruch“* der Edelkastanie. Auch Kirschleger (1857) beschreibt den Geruch der gelblich erscheinenden Edelkastanienblüten als stechend penetrant.

Wollte man den semantischen Hof des Begriffs Edelkastanie in Wortfeldern wiedergeben, so würden die Wörter *„fremd“*, *„Süden“*, *„unruhig“* und *„herb“* auf die Baumart zutreffen. Insofern besitzt die Edelkastanie in vielerlei Hinsicht einzelne Charakteristika der Baumarten, in deren Begleitung sie in der Landschaft vorkommt. Wie die Robinie ist sie der einheimischen Vegetation fremd, wie die Eiche beansprucht ihre unabhängige Krone viel Raum, wie die Kiefer zeichnet sie sich durch eine herausragende, eigenartige Gestalt aus.

4.2 Ästhetische Wirkung unterschiedlicher waldbaulicher Bewirtschaftungsformen

Die Wahl des waldbaulichen Nutzungsregimes eines Waldbestandes hat einen wesentlichen Einfluss auf das ästhetische Gesamtbild einer Landschaft. Die gewählte Form der Hiebsführung bringt ein anthropogenes Störungsregime des Waldes mit sich, dessen Folgen sich aus Sicht des Wanderers unmittelbar auf das Waldbild niederschlagen. Gerade der Niederwald, in dessen Form die Edelkastanie oft vorkommt, bringt abrupte Veränderungen mit sich. Dies zeigt sich zum Beispiel durch den Wechsel von einem dichten, lichtundurchlässigen Waldbestand hin zu einer offenen Fläche. Das für den Waldbesucher negative Bild des „verwüsteten“ Waldes kann durch das Belassen von Einzelbäumen auf der Hiebsfläche eingedämmt werden (siehe Abbildung 4).

Abbildung 3:
Jahreszeitliche Veränderungen auf der Mikroebene: Aspekte der Edelkastanie im Verlauf ihres Vegetationszyklus
(Fotos: Jotz).



(a) Mai: Kurz nach dem Austrieb der Baumart entwickeln sich die Blütenstände.



(b) Juni: Zur Vollblüte sind die männlichen Blütenstände der Edelkastanie länglich, gelblich-weiß und charakterisiert durch einen herben Geruch.



(c) Juli: Die sich entwickelnden Fruchtstände sind an ihren zarten, hellgrünen Cuppula zu erkennen.



(d) August: Die Fruchtstände sind bereits von einer stacheligen, grün-gelblichen Cuppula umhüllt.



(e) September/ Oktober: Zur Reifezeit der Früchte öffnet sich die Cuppula.



(f) Oktober: Mit dem Laubwurf verbunden sind auch die auf dem Boden verstreuten Fruchthüllen.

5. Ergebnisse aus den Untersuchungen

5.1 Wirkung der Niederwaldbewirtschaftung auf das Landschaftsbild

Durch die qualitative Landschaftsbildanalyse kamen viele Merkmale zum Vorschein, welche das typische „Landschaftsformat“ aktueller landschaftsdynamischer Entwicklung charakterisieren. Die durch HERMLE UND DEIL (2002, S. 15 ff.) für höhere Lagen der Vogesen und des Schwarzwaldes beobachteten Prozesse der „räumlichen Segregation zwischen Landnutzungstypen“, des „starken Rücklaufs von

Übergangs- und Mischformen der Bodennutzung“ und des allgemeinen „Transformationsprozesses von Agrar- zu Strukturgemeinden“ hin konnte im Rahmen der qualitativen Landschaftsbildanalyse ebenfalls für die niedrigen Hanglagen von Schwarzwald und Vogesen beobachtet werden.

Das von DEUSCHEL (1983) und OSTERMANN (2002) beschriebene mehrstufige Landschaftsmosaik, das sich im Ortenauer Raum vor allem aus dem Nebeneinander von Waldbeständen unterschiedlicher Nutzungsregimes einerseits und Weinbauparzellen andererseits ergibt, wurde in den Untersuchungsgebieten selten beobachtet. Vielmehr kamen die Folgen der Waldnutzungsaufgabe zum Vorschein,

Abbildung 4:

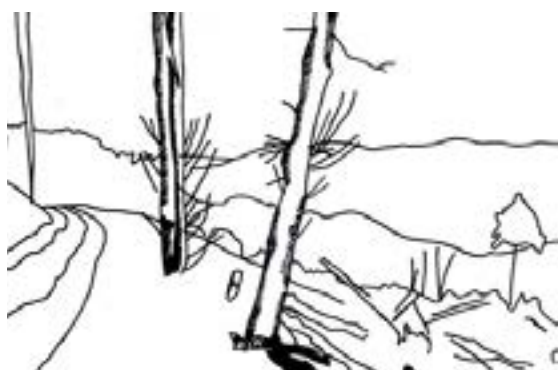
Die Auswirkung des Belassens von Einzelbäumen auf das Waldbild auf Bestandesebene (oben) und auf Landschaftsebene (unten) im Vergleich mit einem vollständigen Hieb.



(a) Belassen von Einzelbäumen auf Bestandesebene



(b) Vollständiger Hieb auf Bestandesebene



(c) Belassen von Einzelbäumen auf Landschaftsebene



(d) Vollständiger Hieb auf Landschaftsebene

in dem die Landschaft zweigeteilt zwischen intensiv genutzten, dicht erschlossenen Anbauflächen und Waldgebieten erschien. Der in vielen Fällen am Waldrand stockende Edelkastanien-Niederwald bildet diesen abrupten Übergang. Umso wichtiger erscheint eine Aufrechterhaltung des Niederwaldbetriebs nicht nur aus kulturhistorischer, sondern auch aus landschaftsästhetischer Sicht als sinnvoll. Dabei sollte die Ernte kleinflächig erfolgen - maximal 0,5 ha -, um die Wirkung der verhältnismäßig häufigen Kleinkahlschläge auf das Landschaftsbild einzudämmen (Jotz, 2010). Tatsächlich ist eine regelmäßige Nutzung der Edelkastanien-Bestände in Form von Niederwald Voraussetzung für die Erhaltung der Strukturvielfalt in der Landschaft.

Im Umkehrschluss ist zu erwarten, dass eine langfristige Aufgabe des Kastanien-Niederwaldes zum entgegengesetzten, unerwünschten Effekt einer Monotonisierung der Landschaft führen würde (Jotz, 2010). Dies trifft insbesondere für die Edelkastanie

zu, da ihre Stockausschläge tendenziell kerzengerade in die Höhe wachsen und sehr schnell das Kronendach schließen. Schon nach kurzer Zeit ist die Höhe von Edelkastanienreinbeständen mit jener der in Hochwald bewirtschafteten Nachbarbestände vergleichbar.

5.2 Maßnahmen zur ästhetischen Inwertsetzung der Kulturlandschaft

Was die Waldrandstrukturen anbelangt, sollten sie idealerweise fließend gestaltet werden. So ließe die Anpflanzung von Gehölzen oder die Förderung und Vereinzeln von Kastanien-Kernwüchsen am Waldrand den Übergang zwischen Weinreben und Wald milder wirken. Darüber hinaus wären organischere, weniger geometrische Waldrandstrukturen besser an die hügelige Geländemorphologie angepasst. Auch ein stärkerer Bewuchs der Rasenstreifen entlang der geteerten Rebwege und der Waldränder ließe den Übergang abtufen, würde gleichzeitig den Eintrag

von Pflanzenschutzmitteln aus den benachbarten Rebflächen eindämmen. Aus landschaftsästhetischen Gründen wäre die Nutzung von Holzsteckpfählen förderungswürdig.

Ein zusätzlicher positiver Effekt auf das Landschaftsbild hätte eine Orientierung der Waldrandpflege Maßnahmen an bestehenden Pflegeempfehlungen, so z. B. die Beibehaltung einer Waldrandtiefe von maximal 30 Meter, das Durchführen von Femelschlägen zur Förderung der natürlichen Verjüngung, Mischwuchsregulierung sowie die Förderung von Waldrandsäumen durch periodisch wiederkehrende Pflege (FVA, 1996, S. 9).

5.3 Ästhetischer Einfluss von Einzelbäumen auf das Landschaftsbild

Grundsätzlich haben die Geländebegehungen im Untersuchungsgebiet gezeigt, dass die ästhetische Wirkung der betreffenden Baumart sehr stark von dem Wuchs und der Form ihrer Bewirtschaftung abhängt. Schließlich wird die einzelne Baumart in der Landschaft zwangsläufig mit dem Umgrenzenden als Gesamteinheit betrachtet, worauf auch THOENE (1924, S. 160) hinweist:

„Man darf eben nicht vergessen, dass sich jeder Baum, [...], anders belaubt, wenn er allein steht und wenn er im Walde mit andern Bäumen zusammensteht.“

Ebenso konnte aus den Landschaftsanalysen geschlossen werden, dass eine ästhetische Charakterisierung von Baumarten sich nicht allein auf individuelle Strukturmerkmale reduzieren lässt. Es kommen weitere Aspekte ins Spiel, die zur ästhetischen Wahrnehmung der Landschaft beitragen. Zeitabhängige Unterscheidungsmerkmale, so zum Beispiel Blütezeit und Seneszenz, rufen verschiedene Farbkombinationen und -Muster in der Vegetationsdecke hervor.

5.4 Bedeutung von *Castanea sativa* Mill. für das Wandererlebnis

Aus quantitativen Landschaftsbildanalysen konnten folgende Schlussfolgerungen gezogen werden: Durchforstete und aufgelichtete Niederwaldbestände bieten durch ihre häufige Lage am Hang oberhalb der Weinberge reizvolle Ausblicke in die Ferne. Aufgelockerte Bestände in Hanglage erwiesen sich im Zuge der Wanderwegbewertungen als vorteilhaft für die ästhetische Erlebniswirksamkeit der Landschaft, indem sie dem Wandererlebnis Überraschungseffekte verleihen.

Im Niederwald ist die Erlebniswirksamkeit der Kastanie nicht deren Vorhandensein zu verdanken, sondern hauptsächlich der räumlichen Lage und Höhe, in der sie sich befindet. Sobald der Waldmantel sich zu einem weiten Ausblick öffnet, wird der Wald zur Kulisse. Der Niederwald ist somit eine geeignete waldbauliche Betriebsform, zum einen um auf Bestandesebene Horizontlinien in das Landschaftsbild zu legen, zum anderen, um auf Landschaftsebene die kontinuierliche Waldbedeckung zu unterbrechen und somit dem Landschaftsbild mehr Abwechslung zu verleihen.

Auf Bestandesebene ist die Erlebniswirkung der Edelkastanie auf ihr vereinzelt Vorkommen am Wegrand zurückzuführen. Zur Reifezeit der Früchte sammeln sich Hüllen und Früchte der Esskastanie auf dem Waldboden und den Wanderwegen an, so dass die Baumart unübersehbar wird. Insofern können die Förderung von Kernwüchsen an den Wegrändern und die Erhaltung von Überhältern in der Nähe von Wanderwegen zur individuellen Inwertsetzung der Baumart beitragen. Solitäre Edelkastanien am Wegrand sind in der Lage, die Erholungswirkung von Waldbeständen zu fördern, die für den Erholungssuchenden sonst wenig relevant wären.

Allgemein betrachtet, weichen die bewerteten Wanderwegabschnitte vom idealen Erholungsort insofern ab, als akustische Störungen die positive Wirkung der Vegetation teilweise überlagern. Aufgrund der unmittelbaren Nähe der Edelkastanien-Bestände zu Siedlungen wird das Wandererlebnis häufig durch kontinuierliche Verkehrsgeräusche aus den Tälern und Straßen entlang der Hänge begleitet. Dies verdeutlicht die Ambivalenz in der Feststellung von BUCHECKER et al. (2013, S. 3), dass geeignete Erholungsorte *„siedlungs- und naturnah, vielfältig, mit guter und naturnaher Weginfrastruktur und möglichst wenig Störungen“* sind. Zwar ist Siedlungsnähe fast ausschließlich gegeben, doch sie steht in eindeutigem Konflikt mit dem Anspruch auf Störungsfreiheit. Auch stellt sich die Frage, wie „naturnahe“ Wege bei einer hohen Siedlungsdichte aussehen können, da mit der Nähe von Städten und Dörfern eine dichte Erschließung der Landschaft, bzw. eine hohe Dichte an befestigten Wegen verbunden ist.

Im Allgemeinen hat die quantitative Landschaftsbildanalyse die geringe Relevanz der Edelkastanienvorkommen für den allgemeinen Erlebniswert der Landschaft aufgezeigt. Sollte die Baumart in Bezug auf ihre ästhetische Wirkung aufgewertet werden, so müssten zunächst tiefgreifende waldbauliche Maßnahmen ergriffen werden, so z. B. durch die Verjüngung der durchgewachsenen Bestände, gefolgt von

einer großflächigen Wiederaufnahme des Edelkastanien-Niederwaldbetriebes bei gleichzeitiger Förderung von Kernwüchsen. Wollte man die Edelkastanie für den Wanderer besonders hervorheben, so ist ihr Vorkommen entlang von Wanderwegen Voraussetzung für ihre Auffälligkeit. Tatsächlich hat die qualitative Landschaftsbildanalyse gezeigt, dass die Edelkastanie auf Landschaftsebene beinahe ganzjährig kaum von anderen Baumarten zu unterscheiden ist. Die Zusammenfassung der einzelnen Baumarten der Landschaft prägt diese als ganzheitliche Einheit, wobei die visuelle Wahrnehmung des Menschen die vorkommenden Baumarten beinahe austauschbar macht, sofern diese mit der Vegetationsdecke in Form und Umriss verwechselbar sind.

Darüber hinaus ist „*Abwechslungsreichtum*“ (GIRARDIN 1777, S. 52; HIRSCHFELD 1779, S. 75 ff.; THOENE 1924) in der Landschaft als entscheidende Voraussetzung für die Genusswanderung zu gewährleisten. Erlebnisrelevant ist also nicht nur die bloße Abwechslung unterschiedlicher Baumarten, sondern auch die innerartliche Vielfalt der einzelnen Baumarten, welche zur Attraktivität der Landschaft beiträgt. Bezüglich der untersuchten Baumart ist darunter das Vorkommen verschiedener Erscheinungsformen der Edelkastanie auf engem Raum zu verstehen. Dies könnte durch eine regelmäßige Abwechslung aus Edelkastanien-Hochwäldern, Niederwäldern und vereinzelt Solitärbäumen am Wegrand und in der offenen Landschaft gewährleistet werden.

Im Untersuchungsgebiet konnte die Edelkastanie in immer wiederkehrenden Mustern beobachtet werden. Ein häufiges Muster sind dichte Niederwaldbestände, die keine Fernsicht zulassen. Vor dem Hintergrund, dass das heutige Waldbild der Edelkastanie sich fernab dieses Landschaftsideals befindet, könnte dies allerdings nur durch eine geregelte Bewirtschaftung der vorhandenen Bestände gewährleistet werden.

5.5 Landschaftsästhetische Einstellungen von Spaziergängern und Privatwaldbesitzern im Vergleich

Beim Vergleich zwischen der Spaziergänger-Befragung und der postalischen Befragung bei Privatwaldbesitzern fallen ähnliche, sich dennoch hauptsächlich auf der symbolischen Wahrnehmungsebene bewegendes Ansprüche an die ästhetische Landschaft auf. In beiden Fällen kommt die Bedeutung regionaler, identitätsstiftender Elemente der Landschaft zum Vorschein. Die ähnlichen Assoziationen beider Befragtengruppen zur Edelkastanie zeigen, inwieweit bestimmte Baumarten bzw. Baumartennamen kul-

turell verankert sind, unabhängig davon, ob die Befragten einen direkten Bezug dazu haben oder nicht. Zwar scheint das Ritual der Kastaniensammlung im Herbst mit der Edelkastanie stark assoziiert zu werden, ob die damit implizierte Sammelaktion tatsächlich umgesetzt wird, spielt unter den befragten Spaziergängern dennoch keine Rolle. Die symbolische Wahrnehmung bewegt sich also auf einer rein abstrakten Ebene, abgeschottet von den realen Prozessen, die sich in der Landschaft tatsächlich abspielen. Die Heimatlichkeit einer Landschaft prägt die erkennbaren ästhetischen Wahrnehmungsmuster der Befragten weitgehend.

Auf der kognitiven Ebene wird die Edelkastanie unterschiedlich wahrgenommen, je nachdem, ob die Befragten eine Waldparzelle besitzen, die sie aktiv pflegen und bewirtschaften, oder ob sie sich ausschließlich zum landschaftlichen Genuss im Untersuchungsgebiet aufhalten. Aussagen von Spaziergängern, welche zumeist nicht über entsprechende Kenntnisse zu Lage und Bewirtschaftungsformen der Edelkastanie verfügen, beruhen hauptsächlich auf kulturellen Einstellungen. Im Gegensatz dazu vertreten Privatwaldbesitzer Meinungen, die sie aus praktischen Erfahrungen und Kenntnissen über den eigenen Wald schöpfen.

In der Befragung der Privatwaldbesitzer wurde offensichtlich, dass die Einstellungen der Akteure zu ihrem umgebenden Raum weitgehend von ihrer Beziehungsform zur Landschaft abhängen. Die Wahrnehmung des Menschen wird, je nachdem welcher Nutzergruppe er zugehörig ist, von Werturteilen bestimmt, die er auf das Landschaftsbild projiziert. Dies hat zur Folge, dass die Landschaftsdynamik bzw. auch -ästhetik durch unterschiedliche Motive und Interessen einzelner Akteursgruppen gesteuert wird. Die Interessenlage der heimischen Landbevölkerung, die in die Gestaltung der Kulturlandschaft direkt involviert ist, stehe in Konflikt mit den Einstellungen der Bewohner aus den umliegenden Ballungsräumen, die von Landnutzungsänderungen nur indirekt betroffen sind, so DIERSEN UND ROWECK (1998). Eine ähnliche Konfliktsituation spiegelte sich nur bedingt in der vorliegenden Arbeit zwischen Privatwaldbesitzern und Wanderern wieder. Freilich werden waldästhetische Wahrnehmungsmuster der Privatwaldbesitzer durch die erzielte Nutzungsform ihrer Parzelle definiert, dennoch bleibt die Sehnsucht nach einer durch Landnutzung geprägten, ja sogar „domestizierten“ Landschaft in den Einstellungen beider Akteursgruppen verankert. Gleichzeitig vertritt die Gruppe der Spaziergänger und Wanderer Meinungen über die Ästhetik der Landschaft am Oberrhein, die von der realen Erscheinung der Landschaft im Unter-

suchungsgebiet abweichen.

Auf der perzeptiven Ebene landschaftlicher Wahrnehmung kommen unterschiedliche Aspekte der Landschaftsästhetik zum Vorschein, die keine eindeutige Zuordnung der Ergebnisse zu den befragten Nutzergruppen zulassen. Dies ist darauf zurückzuführen, dass der Prozess der perzeptiven Wahrnehmung, mit welcher die unmittelbare Wahrnehmung von Formen, Umrissen, Farben, aber auch Geräusche und Gerüche gemeint ist, zunächst individuell bestimmt wird. Aus diesem Grunde fallen Aussagen über die als am schönsten empfundenen Reize des Waldes heterogen aus.

6. Synthese der Ergebnisse

6.1 Erlebniswirksamkeit der Edelkastanie in der Landschaft

Im Allgemeinen lässt sich aus den Ergebnissen ableiten, dass der baumartenbezogenen Ästhetik der Landschaft wenig Beachtung geschenkt wird. Von ästhetischer Relevanz sind generische Merkmale der allgemeinen Landschaftskulisse, ohne dass dabei der Bezug auf ein bestimmtes Objekt oder eine bestimmte Baumart gelegt wird. Tatsächlich sind ästhetische Aspekte der Landschaft, die über einen direkten Bezug zu einzelnen Baumarten verfügen, weniger auf der perzeptiven, als auf der symbolischen Wahrnehmungsebene des Befragten zu finden.

Auffallend ist, dass baumbezogene Merkmale landschaftsästhetischer Untersuchungen, die sich direkt auf die Edelkastanie beziehen, nahezu keine Erwähnung in den Umfragen finden. Ausschließlich im Herbst zieht die untersuchte Baumart dank ihrer Früchte die Aufmerksamkeit der Besucher auf sich. Die Blütezeit der einzelnen Baumarten wird kaum wahrgenommen, stattdessen werden Baumblüten im generellen Sinne als ästhetischer Aspekt der Baumkulisse genannt.

Unter den ästhetisch attraktiven Geräuschen der Landschaft sind Vogelgezwitscher oder das Rauschen der Blätter im Wind zu nennen, während das Vorhandensein von Ausblicken, Gewässern und Abgeschiedenheit als wichtige optische Eigenschaften der Erholungslandschaft genannt werden. Von geringerer Bedeutung ist die olfaktorische Wahrnehmung des Besuchers. Schließlich überwiegt der Aspekt der Geruchsneutralität über alle genannten olfaktorischen Merkmale der Landschaft.

Empfindlicher reagieren Erholungssuchende auf Farben der Landschaft. Die Laubfärbung fungiert als entscheidendes, stimmungsbeeinflussendes Merk-

mal. Das belebende Grün des Laubs im Frühjahr und seine goldgelbe Verfärbung im Herbst sind wichtige Faktoren des Landschaftserlebnisses. Dies ist auf die Bevorzugung von Übergangsjahreszeiten durch die Besucher zurückzuführen. Dementsprechend tritt die Baumkulisse insbesondere im frühen Frühjahr und im Herbst in den Vordergrund.

6.2 Edelkastanie und Regionalität

In der Waldbesitzer-Umfrage kamen die Verwurzelung der Befragten zu ihrer Heimat und ihre starke emotionale Verbundenheit zur umgebenden Landschaft zum Ausdruck. Auch bei den befragten Spaziergängern wurde ersichtlich, dass spezifische Baumarten der Landschaft, obwohl sie von den Besuchern nicht unmittelbar wahrgenommen werden, durchaus von Wertvorstellungen getragen werden, die weitgehend zur ästhetischen Wertschätzung der Landschaft beitragen. In diesem Zusammenhang beobachtete BIELING (2014), dass Landschaft als Ausdruck der Heimat eine sichere Lebensgrundlage für die Bevölkerung darstellt. Die persönliche Bindung des Menschen zu einer bestimmten Landschaft bzw. Region setzt die Aufrechterhaltung einer gewissen Kontinuität in den damit verbundenen kulturellen Vorstellungen, Gewohnheiten und Ritualen voraus.

So ist zu vermuten, dass Landschaftsveränderungen diese Beständigkeit beeinträchtigen, was von den Privatwaldbesitzern und heimischen Spaziergängern als ein Verlust der Heimatlandschaft empfunden wird. Langfristig würde die Aufgabe von traditionellen Bewirtschaftungsformen der Edelkastanie unter anderen landschaftsbildprägenden Kulturformen einen negativen Einfluss auf die ästhetische Bedeutung der Landschaft im Untersuchungsgebiet verursachen. In diesem Sinne sind Vorkommen der Edelkastanie in der Landschaft nicht unverzichtbar für den unmittelbaren landschaftsästhetischen Genuss.

Ein fortschreitendes Verschwinden landschaftsprägender Strukturen, so zum Beispiel durch den Umbau der traditionellen Struktur aus Wein, Edelkastanien, Nieder- sowie Hochwald der Vorbergregionen des Oberrheins, würde zu einem weiteren Verlust des Landschaftscharakters führen. Mit der zunehmenden Vereinheitlichung und Vereinfachung des Landschaftsbildes ist ein Verlust der Heimatverbundenheit der Landschaft und somit des emotional getragenen Regionalbewusstseins der Befragten zu erwarten (BACKHAUS et al., 2007, S. 76). Die Regionalität der betrachteten Baumart hängt daher weitgehend von der Weiterführung traditioneller Bewirtschaftungsmodelle ab, darunter gehört auch der Niederwaldbetrieb. Zukunftsträchtig ist diese

Form der waldbaulichen Bewirtschaftung allerdings nur dann, wenn sie sich in innovative, d.h. forstwirtschaftlich attraktive Konzepte integrieren lässt.

Des Weiteren wurde beobachtet, dass das ästhetische Verständnis der Befragten nicht unmittelbar auf die Landschaft zurückzuführen ist, in welcher sie sich bewegen. So wären regionale Wertvorstellungen nicht von dynamischen Interaktionen zwischen Landschaftsbesuchern und Abläufen in der Landschaft bestimmt, sondern vielmehr durch psychologische Projektionen und Vorstellungen von ästhetischen Idealen, die von der Realität abweichen (KRUSE, 1974; GRAUMANN UND KRUSE, 1990). Bei den Vor-Ort-Befragungen der Spaziergänger und Wanderer kam dies besonders markant zum Ausdruck. Wie oben bereits erwähnt, wird die ästhetische Wahrnehmung der Besucher hauptsächlich durch soziale, von der realen Landschaft abgekoppelten Konstrukte bestimmt. Die Nennung von reizvollen Baumarten der Landschaft, von ästhetisch bevorzugten Waldformationen der Edelkastanie oder die Assoziation der Esskastanie mit Sammelaktivitäten im Wald, welche in der Realität meistens dennoch nicht ausgeübt werden, sind Beispiele dafür. So kamen viele Antworten nicht infolge einer interpretativen Beobachtung oder als logische Folgerung aus tatsächlich gemachten Erfahrungen zustande, sondern als „Kopfbilder“, die auf gesellschaftliche anerkannte Werte beruhen. Insofern scheint die angestrebte regionale Nachhaltigkeit durch den kulturellen Einfluss kompromittiert zu sein, was der Erhaltung traditioneller Bewirtschaftungsformen der Edelkastanie nicht unmittelbar Zugute zu kommen scheint.

Literaturverzeichnis

- AMORINI, E.; BRUSCHINI, S.; MANETTI, M.-C. (2000). „Alternative silvicultural systems in chestnut (*Castanea sativa* Mill.) coppice: effects of silvicultural practices on stand structure and tree growth. The sustainability of chestnut forest in the Mediterranean region“. In: *ecologia mediterranea* 26, S. 155–167.
- BACKHAUS, N.; REICHLER, C.; STREMLow, M. (2007). Alpenlandschaften: von der Vorstellung zur Handlung; thematische Synthese zum Forschungsschwerpunkt I „Prozesse der Wahrnehmung und Darstellung von Landschaften und Lebensräumen der Alpen“; Nationales Forschungsprogramm 48 „Landschaften und Lebensräume der Alpen“ des Schweizerischen Nationalfonds. Zürich: vdf, Hochsch.-Verl. an der ETH. 136 S.
- BADRÉ, L. (1959). „La vie rurale en Alsace et la forêt. Hier et aujourd'hui.“ In: *Paysans d'Alsace*. Bd. 7. Publications de la société savante d'Alsace et des régions de l'Est, S. 371–380.
- BATRANEK, F. T. (1853). *Ästhetik der Pflanzenwelt*. Leipzig: Brockhaus. 438 S.
- BIELING, C. (2014). Cultural ecosystem services as revealed through short stories from residents of the Swabian Alb (Germany). *Ecosystem Services*. Elsevier [Hrsg.] url: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoser.2014.04.002>.
- BOUFFIER, V. A. (2004). „Die Edelkastanie (*Castanea sativa* Mill.) in Hessen – Aspekte einer Kastanienkultur“. In: *Mitt. der DDG* 89, S. 107–115.
- BOUFFIER, V. A. (2011). „Die Kastaniengärten in Dannenfels/Pfalz – Baumveteranen der Edel-Kastanie einst und jetzt.“ In: *Jahresheft Pomologen-Verein e. V.* S. 102–119.
- BOUFFIER, V. A.; MAURER, W. (2009). „Following Chestnut Footprints *Castanea* spp. Cultivation and Culture, Folklore and History, Tradition and Uses, Germany“. In: *Scripta horticulturae*. ISHS [Hrsg.] Bd. 9. Leuven, S. 53–62.
- BRÜLL, A.; BÜRGOW, G.; KÜDDELSMANN, I. (2001). Nachhaltiges Qualitätsmanagement von Landschaft. Visionen, Strategien und Instrumente für die Entwicklung einer regenerativen und kreativen Landschaft nach einer landschafts-(thermo-)dynamischen Anschauung. In: *Raumforschung und Raumordnung* 2-3, S. 98–110.
- BRUNETON-GOVERNATORI, A. (1984). *Le Pain de Bois. Ethno-histoire de la Châtaigne et du Châtaignier*. Eché, CN-RS. 533 S.
- BUHECKER, M.; DEGENHARDT, B.; KIENAST, F. (2012). „Was für Muster finden sich im Naherholungsverhalten der Schweizer? Grundlagen für ein Stiefkind der Planung.“ In: *Informationsblatt Landschaft*. Eidg. Forschungsanstalt WSL 86, S. 1–5.
- CHRIST, J. L. (1817). *Handbuch über die Obstbaumzucht und die Obstlehre*. Frankfurt am Main: Verlag der Hermannschen Buchhandlung. 908 S.
- DEUSCHEL, R. (1983). „Der Privatwald der Gemarkung Ringelbach mit seinen Kastanien-Niederwaldbeständen aus der Sicht der Landespflege und des Waldbaus.“ *Landespflegearbeit beim früheren Forstamt Oberkirch* (heute Landratsamt Ortenaukreis).
- DIERSSEN, K.; ROWECK, H. (1998). „Bewertung im Naturschutz und in der Landschaftsplanung“. In: *Integrative Umweltbewertung*. Theobald, W. [Hrsg.] Berlin, Heidelberg: Springer, S. 175–192.
- FVA (1996). „Lebensraum Waldrand. Schutz und Gestaltung.“ In: *Forschungsanstalt Baden-Württemberg*, F. V. und [Hrsg.] Bd. 48. Merkblätter Waldökologie. Freiburg.
- GAVALAND, A.; PELLETIER, S. (2006). „Multi-purpose management of chestnut: the French situation“. In: *Advances in Horticultural Science* 1.20. Florence, U. of [Hrsg.], S. 70–81.
- GIRARDIN, R. L. (1777). *De la composition des paysages: ou Des moyens d'embellir la nature autour des habitations, en joignant l'agréable à l'utile*. Paris: Delaguette. 178 S.
- GRAUMANN, C. F.; KRUSE, L. (1990). „The Environment: Social Construction and Psychological Problems“. In: *Societal Psychology*. T., H. H. und Gaskell, G. [Hrsg.] Bd. 111. *Thousands Oaks*: Sage Publications, S. 212–229. CA, US.
- HALLBAUER (1896). „Edelkastanie und Akazie als Waldbäume im Oberelsaß.“ In: *Allgemeine Forst- und Jagdzeitung*.

- tung August/September 1896, S. 249–255.
- HELLBRÜCK, J.; KALS, E. (2012). „Landschaft, Wetter und Klima“. In: Umweltpsychologie. VS Verlag für Sozialwissenschaften. Basiswissen Psychologie, Lehrbuch. Wiesbaden, S. 47–60.
- HELLPACH, W. (1950). Geopsyche: die Menschenseele unter dem Einfluß von Wetter und Klima, Boden und Landschaft. 6., verb. Aufl. Stuttgart: Enke. 271 S.
- HERMLE, S.; DEIL, U. (2002). „Rezenter Landschaftswandel in Schwarzwald und Vogesen – Gleichsinnige oder unterschiedliche Tendenzen?“ In: Archives of Nature Conservation and Landscape Research 41 (1), S. 1–21.
- HESSE, H. (1930). Narziss und Goldmund. Berlin: S. Fischer. 417 S.
- HIRSCHFELD, C. C. L. (1779). Theorie der Gartenkunst. Bd. 1. Bey MG Weidmanns erben und Reich.
- JOTZ, S. (2010). „Handlungsalternativen für den Anbau der Edelkastanie (*Castanea sativa* Mill.) am Oberrhein – Chancen und Risiken zwischen Tradition und Innovation — Eine Szenarienanalyse.“ Masterarbeit. Fakultät für Ernährung, Landnutzung und Umwelt der Technischen Universität München.
- KAHL, A. (1894). „Forstgeschichtliche Skizzen aus den Staats- und Gemeindewaldungen von Rappoltsweiler und Reichenweiler aus der Zeit vom Ausgange des Mittelalters bis zu Anfang des XIX. Jahrhunderts“. In: Beiträge zur Landes- und Volkskunde von Elsass-Lothringen.
- KIRSCHLEGER, F. (1857). Flore d'Alsace et des contrées limitrophes. Bd. 2. Strasbourg: Imprimerie Huder. 612 S.
- KRUSE, L. (1974). Räumliche Umwelt: die Phänomenologie des räumlichen Verhaltens als Beitrag zu einer psychologischen Umwelttheorie. Phänomenologisch-psychologische Forschungen 15. Berlin [u.a.]: de Gruyter. 174 S.
- LAMY, E. (1860). Essai Monographique sur le Châtaignier. Limoges: Chapoulaud. 70 S.
- LANG, W. (2007). „Die Edelkastanie — wiederentdeckt im Zeitalter des Klimawandels.“ In: AFZ-DerWald 17, S. 923–925.
- LUCIUS, A. (1922). „Le vignoble alsacien“. In: Annales de Géographie 31.171, S. 205–214.
- OSTERMANN, R. (2002). „Die Niederwälder am Fuß der Ostvogesen (Elsass/Frankreich): eine kulturgeografische und vegetationskundliche Analyse“. In: Schriftenreihe Freiburger forstliche Forschung. Bd. 21. Freiburg: Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg.
- PETERS, J.; POHL, S. (2003). „Kulturlandschaften: unverwechsel- oder austauschbar?“ In: Naturmagazin 6, S. 4–9.
- PITTE, J.-R. (1986). Terres de castanide: hommes et paysages du châtaignier de l'Antiquité à nos jours. Paris: Fayard.
- REGNATH, J.; OSTERMANN, R. (2010). „Edelkastanie und Reb- kultur. Eine Spurensuche in der Ortenau.“ In: Die Ortenau, S. 81–104.
- SALISCH, H. v. (1911). Forstästhetik. Berlin: Julius Springer. 434 S.
- SALOMON, D. (1843). „Culture du châtaignier en Alsace.“ In: Annales Forestières 2, S. 1–11.
- SCHÜLLI, L. (1967). Aufbau und Umwandlung in den Bauernwäldungen des mittleren Schwarzwaldes von 1850 bis 1960. ForstBW [Hrsg.] 24 Bde. Schriftenreihe der Landesforstverwaltung Baden-Württemberg. Stuttgart. 68 S.
- SÖLCH, G. (1951). „Der Edelkastanien-Ausschlagwald“. Unveröffentl. Manuskript beim früheren Forstamt Bad Peterstal-Griesbach (heute Landratsamt Ortenaukreis).
- THOENE, J. (1924). Ästhetik der Landschaft. M. Gladbach: Volksvereins-Verlag. 173 S.
- WAHL, A.; RICHEL, J.-C. (1994). L'Alsace entre France et Allemagne: 1850-1950. La vie quotidienne. Paris: Hachette. 347 S.
- WEIDMANN, W. (1968). Die pfälzische Landwirtschaft zu Beginn des 19. Jahrhunderts. Veröffentlichungen des Instituts für Landeskunde des Saarlandes. Ottweiler: Paul. 304 S.
- WHMD (2007). Reutfelder und Schälwald. Waldnutzung im 18. und 19. Jahrhundert. Wein- und Heimatmuseum Durbach. url: <http://www.museum-durbach.de/heiteres-und-geschichtliches/reutfelder-und-schaelwald.html>

DIE EDEL-KASTANIE (*Castanea sativa* MILL.) – STÄTTEN UND FACETTEN EINER KASTANIENKULTUR IN DEUTSCHLAND UND EUROPA

VOLKER ANDRÉ BOUFFIER

IG Edelkastanie, Nistertal

Zusammenfassung

Die Edel-Kastanie ist ein landschaftsprägender Charakterbaum insbesondere in den historischen und rezenten Weinbauregionen im Südwesten Deutschlands.

Als archäophytisches Gehölz hat sie auch in Deutschland, am Rande ihrer nördlichen Verbreitung, eine spezifische Kastanienkultur hervorgebracht, die sich in der Literatur, Kunst (Fresken, Schnitzereien, Wandteppiche, Gemälde...), Sprache, dem Brauchtum, der Heilkunde, im Rechts- und Wirtschaftswesen sowie anhand zahlreicher kartographischer Belege und Archivalien anschaulich belegen lässt.

Ihre obstbauliche Bewirtschaftung in Kastaniengärten wird noch heute in den „Keschdegärde“ in Dannenfels und an der Haardt lebendig, wo sie u.a. im hist. Kammertbau/Reberziehung enge Wechselwirkungen mit dem Weinbau einging.

Neben ihrer waldbaulich differenzierten Bewirtschaftung wurde sie gartenkünstlerisch als Solitär, Baumgruppe, Allee, Kastanienhain oder Châtaigneraie in historischen Landschaftsgärten als Sinnbild/Thema südlicher, heiterer Landschaften verwendet, was beispielhaft an einigen Stätten der Kastanienkultur aufgezeigt wird.

Résumé

Le châtaignier est une essence qui donne un caractère particulier aux paysages, notamment dans les régions viticoles historiques et de tradition moins ancienne du Sud-Ouest de l'Allemagne.

Cette essence archéophyte est à l'origine d'une civilisation castanéicole bien spécifique. C'est aussi le cas en Allemagne, à la limite septentrionale de son aire de répartition. Ces aspects culturels se retrouvent dans la littérature, les arts plastiques (fresques, sculptures, tapisseries, peintures...), dans la langue, les traditions, les médecines douces, le droit et l'économie. On en trouve également des preuves dans de nombreux ouvrages cartographiques et diverses archives.

La culture de la châtaigne est restée une tradition vivante dans les « Keschdegärde » (châtaigneraies) de Dannenfels et de la Haardt, où elle a été étroitement liée à la viticulture, notamment dans les méthodes traditionnelles de treillage (« Kammertbau ») et de conduite de la vigne.

Objet d'une gestion sylvicole différenciée, le châtaignier a en outre été utilisé dans l'aménagement de parcs et de jardins paysagers historiques, que ce soit comme arbre solitaire, en bouquets d'arbres, en allées ou en bosquets (châtaigneraies), pour évoquer des paysages méridionaux au caractère plus doux que dans nos régions. On en trouve quelques exemples caractéristiques dans divers lieux de culture de la châtaigne.

Einleitung

Die Edel-Kastanie, im 19. Jh. in Abgrenzung zur Rosskastanie (wilde Kastanie) als zahme, echte, süße oder gute Kastanie/Castanie bezeichnet, gehört zu den ältesten Kulturpflanzen. In den meisten Regionen Deutschlands kann sie als archäophytisches (also vor 1492 eingeführtes) Gehölz angesprochen werden. Der überaus nützliche Baum (Frucht, Laub, Holz usw.) war so wertvoll, dass man seine Kultur auch außerhalb des „Weinbauklimas“ – teils erfolgreich – versuchte. So erklären sich viele rezente Vorkommen im Norden, Süden und Osten Deutschlands.

In früheren Zeiten stand die kalorienreiche Frucht im Vordergrund der Bewirtschaftung, wie es am Beispiel der Kastaniengärten („Keschdegärde“) in Dannenfels (BOUFFIER 2011a und b) und im Taunus (BOUFFIER 2006 und 2007) nachgewiesen werden konnte. Sekundär nutzte man natürlich auch das wertvolle Holz, z. B. im Weinbau an der pfälzischen Haardt (Kammertbau (Abb. 22), vgl. SCHARFF 1995) oder als Gerbstoff (vgl. Abb. 30).

Die Edel-Kastanie ist insbesondere ein landschaftsprägender Charakterbaum der historischen (z. B. Vordertaunus, BOUFFIER 2004) und heutigen (z. B. Ortenau, badische Bergstrasse, Pfalz, sächsisches Elbtal, Rheingau und Elsass) Weinbauregionen. Sie hat in Deutschland eine spezifische **Kastanienkultur** hervorgebracht, die sich in der **Literatur, Kunst, Sprache**, dem **Brauchtum**, im **Rechts- und Wirtschaftswesen** und im **Obst-, Wein- und Waldbau** facettenreich zeigt. Ihre gartenkünstlerische Verwendung als Solitär, Baumgruppe, Allee (Abb. 11) (vgl. DREISVOGT-PRAUSE 2011), Kastanienhain, Châtaigneraie (Abb. 15 und 24) oder Kastanienwäldchen ist in vielen historischen Gärten erlebbar. Man denke dabei nur an die „Maronniers“ in Potsdam-Sanssouci, die „Châtaigneraie“ am Karlsberg (bei Homburg, Saarland) mit den heute noch vorhandenen altehrwürdigen „Herzogskastanien“, die Kastanienwäldchen im Schlosspark Kirchheimbolanden (BOUFFIER 2011c) und in Wernigerode am Harz (WEGENER & QUITT 1985). Sie ist immer auch Sinnbild südlicher, heiterer Landschaften. Es hängt wohl mit der „Italien-Sehnsucht“ der Deutschen zusammen, dass man sie vielfältig in historischen Gärten gartenkünstlerisch thematisierte; nicht zuletzt auch am Schloss Stolzenfels bei Koblenz und im bayerischen Klingenberg am Main, wo man im Jahr 2011 einen „Esskastanien-Lehrpfad“ einrichtete. Im Gegensatz zu immergrünen Zypressen und „ewigen Frühling verheißenden“ Pomeranzen aus den Ländern, „wo die Zitronen blühen“, ließ sich die Edel-Kastanie langfristig und nachhaltig in Deutschland „im Freien“ etablieren.

Vielen europäischen Kulturlandschaften, vgl. INSAM (1994), etwa der französischen Ardèche, dem Limousin, der Toskana, dem Tessin, Bergell oder Südtirol, hat die Edel-Kastanie ihr eigenes südliches Gepräge verliehen. J.-R. PITTE (1986) bezeichnet diese in seinem gleichnamigen Buch als „*Terres de Castanide*“; Landschaften, in denen die Edel-Kastanie das Landschaftsbild prägt und eine mit ihr einhergehende Kastanienkultur hervorgebracht hat (Kastanienwälder, teils terrassierte lichte Kastanienhaine mit Baumveteranen, landschaftstypische Dörrhäuser, mit Granitplatten bedeckte „Bienenkörbe“ aus hohlen Kastanienstämmen etc.).

Vor allem in den einst sehr armen und unzugänglichen Gebirgsregionen der französischen Cévennen, wo es an Getreide mangelte, war sie Bestandteil des Lebens „von der Wiege bis zur Bahre“. So ist es zu verstehen, dass einige Autoren wie BRUNETON-GOVERNATORI (1999), SAUVEZON & SUNT (2000) und SAUVEZON (2003) für bestimmte Regionen in Südeuropa von einer **Kastanienzivilisation** sprechen. Im Folgenden sollen nun einige Stätten und Facetten der Kastanienkultur in Deutschland und Europa angeführt werden.

Kartographische Belege der Kastanienkultur in Deutschland und Frankreich

Die Cosmographia von Sebastian Münster, 16. Jh.

Die Cosmographia, eine Beschreibung der damals bekannten Welt, enthält wichtige Quellen die Landwirtschaft und den Wein- und Obstbau betreffend. Ihre erste Auflage wurde im Jahre 1544 herausgegeben. Ihr folgten bis 1628 weitere 35 Auflagen, so dass man im heutigen Sprachgebrauch von einem „Bestseller“ sprechen kann.

Dass die Edel-Kastanie in diesem weit verbreiteten Werk wiederholt erwähnt und in mehreren Stadtansichten eigens vermerkt ist, stellt ihre einstige Bedeutung nicht nur für die Ernährung der Bevölkerung heraus.

Sie war ein Profit versprechendes Handelsgut und wurde von deutschen Kaufleuten weit gehandelt, was auch ihre Verbreitung in andere Länder begünstigt haben mag.

Hinweise zur Edel-Kastanie, zu Gärten und zum Obst- und Weinbau siehe in:

Blatt 251/52

Beschreibung der französischen Stadt Montpellier mit ihrem Garten:

„Ausser der Statt ist ein grosser Königlicher Garten / in welchem alle Kraeuter und Gewaechs / so irgent zu finden / schoen ordentlich versetzt / von einem insonderheit darzu bestellten Professore gewiesen / ond derselben Naturen ond Eygenschaften / erklært werden“.

Eine Abbildung zeigt Stauden, Sträucher und Laub- und Nadelgehölze dieses Gartens, welche im fünften Buch der Cosmographia dem Blatt 618 entspricht (Doppelung). Eine weitere Abbildung zeigt „Granaten“-Früchte [Granatapfel, *Punica granatum*]

Blatt 692

Im Kapitel „Von Fruchtbarkeit des Landes Wallis“ werden an Obstbäumen auch „Castanien“ genannt.

Blatt 806/7

Im Kapitel „Von dem Elsaß / ond seiner grossen Fruchtbarkeit / dem kein Land am Rheinstrom mag verglichen werden“ heißt es:

„An dem Berg kocht sich der gut Wein, on auff der ebne waechst das Korn ond viel fruchtbarer Baeum. Man findt auch gantze Waeld [Wälder] mit Kestenbaeumen [Edel-Kastanien] in den Bergen“.

Eine Abbildung zeigt die v. a. an der pfälzischen Haardt verbreitete Reberziehung im Kammertbau (Abb. 22), die große Mengen an Holz aus den „Keschdebüschen“ (Niederwälder mit Edel-Kastanien) verschlang.

Blatt 823/24

In einer Ansicht von Colmar im Elsass erkennt man die stadtnahen Edel-Kastanien-Wälder. Am rechten oberen Bildrand werden sie mit dem Begriff „Kastnholtz“ gekennzeichnet.

Nach BARTH (1958) befindet sich dieser Wald „oestlich von Colmar im Bereich der Dörfer Andolsheim, Appenweier und Widensolen“ (...), „den geschichtliche Zeugnisse von 1364, 1552, 1632 und 1688 bald als Kasten-, bald als Köstenwald bezeichnen“.

Blatt 830/31

Auch in der Ansicht von „Schlettstatt“ weist der Name „Kestenholtz“ auf die Vorkommen der Edel-Kastanie hin. Die Ortschaft „Kestenholtz“ war um 1138 als „Castinetum“ (HEITZ 1903) bekannt und findet sich ebenfalls in einer Stadtansicht von Colmar aus dem Jahre 1643 wieder (MERIAN 1663). Heute bezeichnet sich die an der „route du vin“ (Elsässische Weinstrasse, D35) liegende Ortschaft als „Château“ bzw. „Keschtholz“.

Im für den hervorragenden Obst- und Gartenbau

(HERTZOG-PLANTIÈRES 1907/1908) und mehr noch für den wirtschaftlich bedeutenden Weinbau (AMMANN 1955) bekannten Elsass nutzte man die Früchte und das Holz der Edel-Kastanie intensiv. Für den Weinbau war das schnell wachsende, vorwiegend im Niederwald (OSTERMANN 2002) erwirtschaftete dauerhafte Holz (in Konkurrenz zur Akazie) zur Erzeugung von Rebpfählen etc. sehr wichtig. So waren Ende des 19. Jh. nach Angaben des königlichen Forstmeisters HALLBAUER aus Kaysersberg im Jahre 1883 noch 4368 ha im Elsass mit Edel-Kastanien bestockt (HALLBAUER 1896).

Blatt 845

In der Beschreibung von Weissenburg im Elsass ist ein Edel-Kastanien-Zweig mit Blättern, Fruchtigeln und Maronen zu sehen (Abb. 1).

Der rechts vom Bild angeführte Text mit der Randnotiz „Kestenbaeum“ lautet:

„Es ziehen auch die Buerger in der Statt Weissenburg / desgleichen die Eynwohner in etlichen Dörfern in der Mundat / viel fruchtbarer Kestenwaeld, deren sie hoechlich geniessen / ond werden derselben Kestenwaeld Fruechten / alß die viel besser / dann man sonst andere Kesten finden mag / von den Thueringer Fuhrleuten nach ond im Herbst / so bald sie anfa-
hen zeitig zu werden / in grosser zahl hinweg gefuehrt in Thueringen / Sachsen / ond andere Landschafften. Desgleichen werden sie auch mit gantzen Schiffen voll geladen / auff dem Rhein in Niederlandt [vgl. Abb. 2] ond auch biß in Engellandt gefuehrt / da sie dann in hohem waert geachtet / ond gar thewr verkaufft werden. Im jahr 1552. ist ein Krieg entstanden zwischen

Keyser Carlen dem 5. und dem Koenig aus Franckreich Heinrich dem 2. in welchem diese Statt auch etwas Schadens erlitten hat“.

Der bedeutende Handel mit den auf dem Rhein verschifften Edel-Kastanien aus der Pfalz und dem Elsass (siehe VOGT 1996) wird durch Akten im Reichskammergericht mehrfach belegt. So kam es z. B. zu einem Streit über gelieferte Maronen (im Text „Kesten“ genannt), an denen der Kläger 434 fl. Verlust geltend machen wollte. Er verlangte Schadensersatz zur Hälfte, also in Höhe von 217 fl. Auf der Frankfurter Herbstmesse hatte er – dort gab es spätestens seit 1589 einen Fruchtmesser für Maronen, das „Kestenmaß“ – im Jahre 1598 100 Malter Kesten bestellt, bekam jedoch 234 Malter geliefert, da man nach altem Herkommen so viel nehmen musste wie in einem Dorf oder Flecken wuchs, wenn man Kastanien „fasste“ (Abb. 3). Der größte Teil der Kastanien ging nach Holland (LA Speyer, Bestand E 6 Reichskammergericht, Reichskammergerichtsprozess 3020).

Abbildung 1:

Zweig der Edel-Kastanie mit Blättern, Fruchtigeln und Früchten, aus: Cosmographia, 1550, Blatt 845, Ausschnitt der oberen Hälfte.



Abbildung 2:

Le Marchand de marrons [Der Maronen-Händler],
Ölgemälde von Matthijs Naiveu (1647-1721),
holländischer Maler aus Leiden, Museum der Schönen
Künste Dijon/Frankreich (inv. G 16), (siehe MAGNIN
1914).



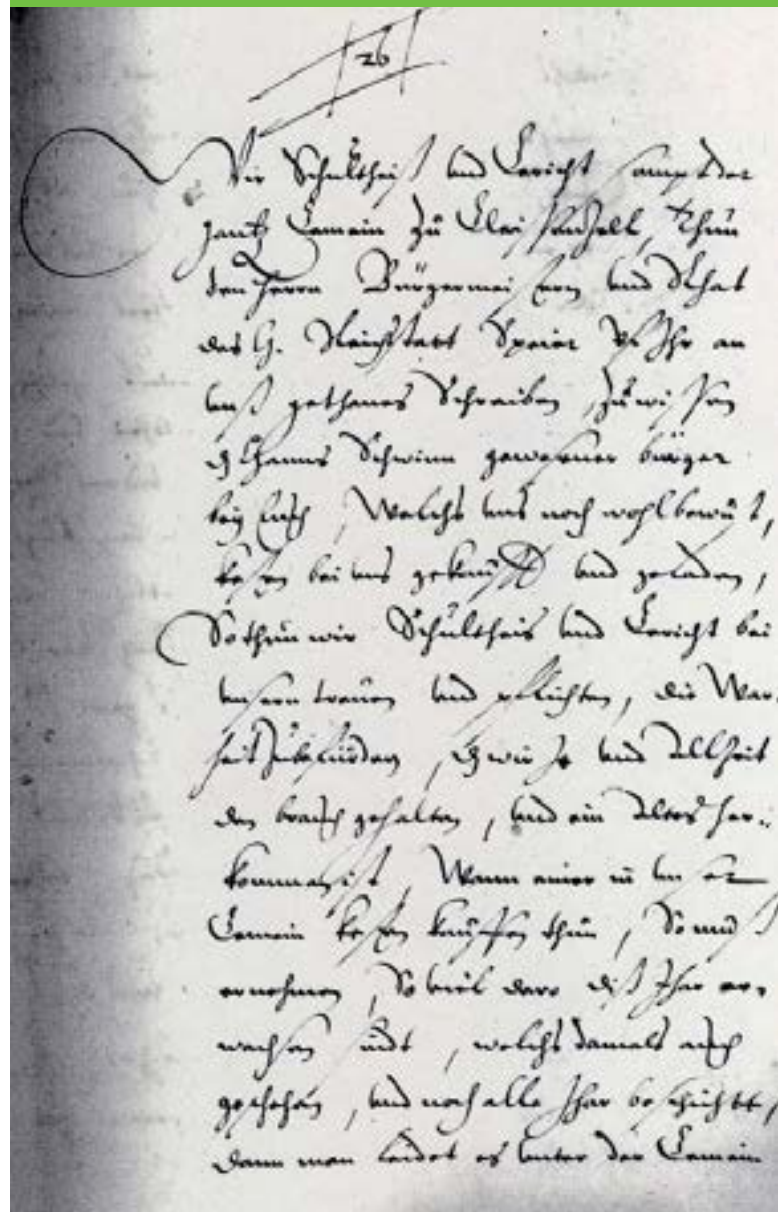
Q 26 Attest des Gerichts Gleiszellen [bei Klingen-
münster/Pfalz] über den Brauch beim Verkauf von
Kastanien 1615

„Wir Schultheiß und Gericht sampt der gantz Gemein
zu GleissenZell, thun den Herrn Bürgermeistern und
Rhat der H[ochgeehrten] Reichsstatt Speie ruf ihr an
uns gethanes Schreiben, zu wissen das Hanns Schwinn
gewesener bürger bey Euch, welchs uns noch wohlbe-
wust, kesten bei uns gekauft und geladen [in Gleis-
zellen bei Klingenmünster], So thun wir Schultheiß
und Gericht bei unsern treuen und pflichten die War-
heit zu befürden, das je und allzeit den brauch ge-
halten, und ein altes herkommen ist, Wann einer in
unser Gemein Kesten kauffen thun, so muß er neh-
men, so viel dero diß Jhar erwachsen sindt, welchs da-
mals auch geschehen, und noch alle Jhar beschichtt

[geschieht], dann man leidet es unter der Gemein /
nicht, das irgendt ein Karch mit Kesten möchte gela-
den oder hinweg geführt werden, Auch darf es kein
Gemeind thun, das er ein Karch voll laden darf, es
hab dann der Kauffman vorhin seinen theil hinweg.
Dieweil wir dann die Wahrheit schuldig, zubefür-
den, kommen wir Schultheis und Gericht nicht an-
ders sagen, und mit Warheit bekennen, wie das euer
bürg[er] selig Hanns Schwinn darbei uns von etlichen
Jharen Kesten gekauft, sich in denselben verfahren
soll haben, auch ist es gewiss und wahrhaftig, wie
er Schwinn angeben, das es mit dem Kestenkauff bei

Abbildung 3:

Q 26 Attest des Gerichts Gleiszellen [bei
Klingenmünster/Pfalz] über den Brauch beim
Verkauf von Kastanien 1615 (LA Speyer, Bestand E 6
Reichskammergericht, Reichskammergerichtsprozess
3020).



uns nicht anderß beschaffen, sondern das der Kaufman die erkaufften Kesten sammethafft laden muß was diß Jhars in diesem flecken erwachsen ist, Solchs haben wir Euch Bürgermeister / nit vorhalten wollen, Weill wir aber diß orts kein Insiegel [Siegel] haben, auch unser Junker mit todt geschieden, der sonst unser Gericht sach gesiegelt, hab ich Schultheis mein gewöhnlich pitschafft darauff getrückht, Geschehen den 8. February 1615

Lorenz Wilhelm

Schultheiß

Den Ehrnvesten Ersamen Bürgermeister und Rhat des H[ochgeehrten] Reichs Statt Speier, unsern gunstigen Herrn und gönner

Ra [vllt ein Vermerk über die Entscheidung vor Gericht?] 11. Febr[uar] [1]616.“ (LA Speyer, Bestand E 6 Reichskammergericht, Reichskammergerichtsprozess 3020).

Blatt 852 der Cosmographia von Sebastian MÜNSTER

Auch mit Mandeln herrschte reger Handel in der Pfalz:

„Es ist gar ein Fruchtbar Landt bey Speier [Speyer/ Rheinland-Pfalz] gegen dem Gebirg [die pfälzische Haardt, heute unter dem Namen „Deutsche Weinstasse“ bekannt] zu. Dann da wechst koestlicher Wein ond ober die Maß viel Mandlen [oft in den Weinbergen kultiviert, da nur lichten Schatten verursachend] / daß auch nahe gantz Teutschlandt darvon gespeiset wirdt“.

Blatt 853/54

Auch in der Ansicht der Stadt Landau ist die bereits oben erwähnte Reberziehung im Kammert am rechten Bildrand zu sehen.

Blatt 1040/41

In der Stadtansicht von Heidelberg aus dem Jahre 1550 (Abb. 4) ist der Schriftzug „CASTANEA [und] KESTENBAUM“ vermerkt.

Er deutet auf die in Heidelberg (und an der badischen) Bergstrasse „Flötze“ genannten Kastaniengärten hin. Signifikant sind die weitgehend unbewaldeten Hänge des Gaisberges und Königsstuhls; ein Zeichen für den damals gravierenden Holzmangel, welchem durch die 1605 erlassene „Holtzordnung“ des Pfaltzgrafen FRIEDERICH abgeholfen werden sollte.

Darin heißt es im Vorwort:

„(...) Daß wir demnach eine onvermeidliche notturfft erachtet / off mittel ond wege zugedencken / wie diesem übel zeitlich zubegegnen / die abgehawene on eroesigte Waelde wieder in offnehmen zu bringen (...)“. Eine Kontroll-Maßnahme zielte darauf ab, dass „(...) onser Amptleut ond Forstmeister zu

Heydelberg / ond Mospach (...) vor Georgii die Wälde im Neckerthal bereitten ond besichtigen (...)“ (FRIEDERICH 1605).

Oberhalb des Heidelberger Schlosses (ab ca. 190 m Höhe) bis zur Molkenkur (ab ca. 290 m Höhe) und noch vereinzelt bis zum Königsstuhl (ca. 550 m Höhe) (Abb. 5) sowie auf dem gegenüber liegenden Heiligenberg bestimmt die Edel-Kastanie auch heute noch das Waldbild und verleiht Heidelberg ein heiteres, südliches Flair.

Lassen wir an dieser Stelle den Großherzoglich Badischen Geheimen Hofrat Professor Dr. Hans HAUSRATH (1866-1945) aus Freiburg zu Wort kommen, welcher Heidelbergs Edel-Kastanien so treffend, wehmütig und liebevoll umschrieb und dessen „Geschichte des deutschen Waldbaus...“ vielen Lesern vertraut sein wird:

„Das Landschaftsbild Heidelbergs, wie es einst Goethe schaute, und wie es uns noch Stiche und Bilder aus der Mitte des vorigen Jahrhunderts erkennen lassen, das aber nun leider schon lange dahingeschwunden ist, trug unter anderem einen ausgesprochenen südlichen Zug, der Goethes Vorliebe mit bestimmt haben dürfte. Hervorgerufen wurde er durch die zahlreichen alten Esskastanien mit ihren mächtigen runden dunklen Kronen, ihren silbernen Blütenähren, die bis dicht vor die Tore der damals noch kleinen Stadt Vorberge und Hügel bedeckten. Der Baum, einst von den Römern in diese Gegend verpflanzt, hat sich durch zwei Jahrtausende in den milden Strichen des ganzen Rheingebietes, soweit die Rebe geht, erhalten, das älteste Beispiel einer wohl gelungenen Einbürgerung“ (HAUSRATH 1921).

Sebastian MÜNSTER kannte die Stadt Heidelberg aus eigener Anschauung. Er lebte und lehrte dort einige Jahre als Professor. Das lässt auf Genauigkeit im Detail der Stadtansicht schließen. Und in der Tat wurde dieser Holzschnitt als einziger in der Cosmographia von zwei Stöcken gedruckt, d. h. Heidelberg wurde doppelt so viel Platz gegenüber anderen Stadtansichten eingeräumt (Abb. 4). Seine und die MERIAN-Ansichten (HEPP 1994) waren nach den großen Stadtbränden von 1689 und 1693 wichtige Quellen heutiger stadtgeographischer Forschungen. Auch das Archiv im Rathaus wurde damals Opfer der Flammen, so dass sich ältere Quellen leider nur schwer erschließen lassen. Wir wissen jedoch, dass im Katalog des „Horti Medici“ in Heidelberg von SPRENGER (1597) bereits Edel-Kastanien verschiedener Art – „*Castanea varij generis*“ – erwähnt wurden. Dabei bleibt offen, ob es Arten und/oder Fruchtsorten waren.

Abbildung 4a:

Stadtansicht von Heidelberg (1550) mit pfälzischem (Löwe nach rechts) und bayerischen (Wecken) Wappen, Holzschnitt aus der „Cosmographia“ von Sebastian Münster mit dem Schriftzug Castaneae [und] Kestenbaum. Gilt als ältestes Panorama der Stadt Heidelberg.



Abbildung 4b:

Fortsetzung



Abbildung 5:
Blick vom Heiligenberg auf Heidelberg am Neckar mit Brücke, Altstadt und Schloss zur Vollblüte
der Edel-Kastanie (26. Juni 2012).



Abbildung 6:
Carl Rottmann (1797-1850), Blick auf das Heidelberger Schloss von Osten bei Sonnenuntergang, 1815, bez. u. l.: C.
Rottmann 1815, Bleistift, Aquarell, 55,5 x 74,5 cm, Kurpfälzisches Museum Heidelberg Z 1453.



Blatt 1053

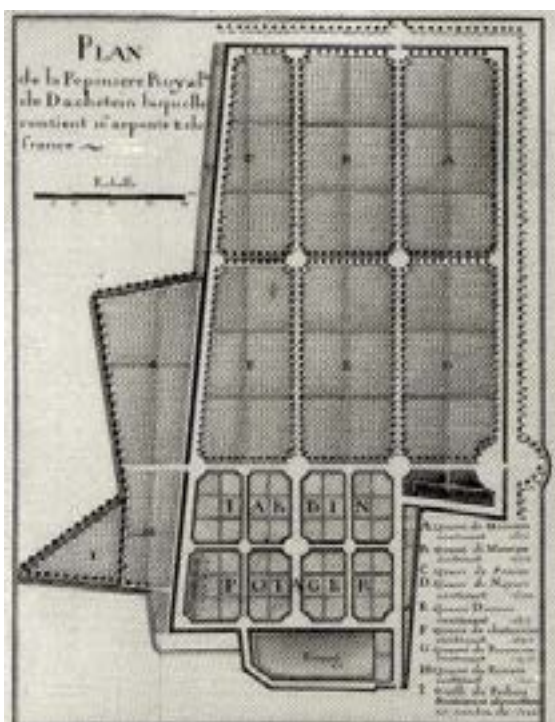
Im Kapitel „Von Fruchtbarkeit der Pfaltz“ heißt es:
„Man findet in dieser Landtschafft so die Pfaltz jetzund begreiff / was den Menschen zur Leibs Nahrung ond auffenthalt noth ist / ond sonderlich omb Heydelberg / ausserhalb dem Gebuerg ist das Erdtrich auß dermassen fruchtbar / ond an den Bergen / in den Thaelern / ond auf der Ebne. An den Bergen wachst sonderlich guter Wein und Kestenbaeum / die Thaeler seind mit mancherley Obsgaerten gezieret / die Ebne bringen mancherley Kornfruechten / die Waeld on die Berg lauffen voll Hirtzen ond ander wilden Thier“.

Plan der Königlichen Baumschule von Dachstein (Straßburg), 1749

Die Baumschule wurde um 1744 von Antoine de RÉGEMORTE angelegt und enthielt groß angelegte Anzuchtquartiere auf den Flächen A und B von Weißen Maulbeeren (*Morus alba*), C = Semies?, D = Walnüsse (*Juglans regia*), E = Dormes = Pflaumen?, F = „Quarée de Chatannier contenant 18926“ [Edel-Kastanien-Quartier, 18926 Bäume enthaltend], G = Äpfel, H = Birnen, I = veredelte Pfirsiche, Kirschen und Aprikosen (Abb. 7).

Abbildung 7:

Plan de la Pepiniere Royal.^{le} de Dachstein laquelle contient 16 arpents & de France [1749], Plan dans l'État general des routes d'Alsace par De Vanolles, bibliothèque du comité technique du Génie, M in 4° 20.



Karte Kroneberger Mark (Kronberg im Taunus) von Joh. P. WEYGAND, 1784

Abbildung 8:

Ausschnitt der Weygand'schen Karte mit dem Schriftzug „Croneberger Castanien Wald Buchholtz Berg genannt“, Signatur Kart. N 29.022, veröffentlicht mit freundlicher Genehmigung der Staatsbibliothek zu Berlin, Preußischer Kulturbesitz.



Plan von Birkweiler/Pfalz, 1803

Am südlichen Ortsrand von Birkweiler grenzen Obstgärten (vergers) an. Der Ort ist umgeben von Weinbergen (vignes), Gärten (jardins), Äckern, Wiesen und Weiden (paturages) sowie den Kastanien-Hainen (chataigneraies) im Abschnitt bzw. „Section D“ (Abb. 9). Die „Keschde-Igel“ lokalisieren und symbolisieren die Vorkommen des Kastanienwaldes bzw. „Keschdebusch“ („Kastanienbuscher“) in Birkweiler. Der Name „Keschdebusch“ deutet auf die Art der Bewirtschaftung im Niederwald zur Gewinnung von Rebpfählen etc. hin.

Plan St. Martin Kastanjenberg, 1817

„PLAN über den Sanct Martinen Kastanjen Berg so der Gemeinde St Martin eigenthuemlich zugehoeret, und ausgemessen und in 220 Theile abgetheilt, im Monat Aprill 1817 durch GW Moser geometre Jury“ (LA Speyer W 1 Nr. 2984).

Abbildung 9:

Plan von Birkweiler/Pfalz, 1803, Landesarchiv Speyer W 1 Nr. 478,1, die „Keschde-Igel“ (Detailaufnahme) lokalisieren und symbolisieren die Vorkommen des Kastanienwaldes bzw. „Keschdebusch“ in Birkweiler.



Abbildung 10:

Plan St. Martin Kastanjenberg, 1817, Landesarchiv Speyer W 1 Nr. 2984.



Abbildung 11:

„Allée von edlen Kastanien“, Plan der Insel Mainau im Bodensee, aus: OMPTEDA (1886).

Teilstück der Edel-Kastanien-Allee auf der Insel Mainau (29.7.2010).



Einige Kastanien wurden veredelt: Ppropflinie.



Plan der Insel Mainau im Bodensee, aus: OMPTEDA (1886)

Es gibt in Deutschland viele Alleen von *Castanea sativa*, insbesondere in NRW. Auf der Insel Mainau erstreckt sich eine Allee aus ca. 40 Edel-Kastanien (Abb. 11) entlang des Promenadenwegs am südlichen Rand des Arboretums, der heutigen Frühlingsstraße. Sie wurde 1867 angelegt und enthält einige veredelte Kastanien-Bäume und Platanen.

Bemerkenswerte Stätten der Kastanienkultur in der Südpfalz, bei Homburg/Saarland und in/um Heidelberg

Kastanienkultur in Bad Gleisweiler bei Landau, Südliche Weinstrasse

Bereits als junger Student und leidenschaftlicher Dendrologe besuchte ich die Parkanlage in Gleisweiler. Da ich mit meinem „Tramper Monats Ticket“ mit der Bahn anreisen konnte, nahm ich die weite und lange Reise von Büdingen im Westerwald über Koblenz und Mainz auf mich, erreichte dann am Bahnhof in Landau gerade so noch den Anschluss (weiterführenden Bus nach Gleisweiler) und überzeugte mich bei der Ankunft erst einmal, ob ich denn auch wieder eine Verbindung nach Hause bekäme... Ausgerüstet mit meiner damaligen Reise- bzw. Lieblings-Lektüre – „*Die schönsten Gärten und Parks. Ein Reiseführer durch Deutschland*“ (RICHARDI 1975) – erkundete ich viele der darin beschriebenen Gärten und Parkanlagen.

Doch eine, Gleisweiler, besuchte ich in den folgenden Jahren immer wieder. Sie hatte mich durch ihren alten seltenen Baumbestand und ihre reizvolle und geschützte Lage am Gebirgsrand der Haardt in ihren Bann gezogen. Abseits der stark frequentierten „Deutschen Weinstrasse“, erreicht man den vom Durchgangsverkehr verschonten kleinen 1000jährigen Winzerort Gleisweiler (KNOCHEL 2007). Seit jeher wird er mit dem „mildesten Klima“ Deutschlands in Zusammenhang gebracht, worauf der Reisende bereits am Ortseingang mit einem Schild, das die Aufschrift im „Pfälzischen Nizza“ trägt, aufmerksam gemacht wird. Vielleicht ist es die Suche und Sehnsucht nach einem „paradiesischen Ort“ durch die viele übertriebene Umschreibungen des Klimas in Gleisweiler zu erklären sind? Selbst ein nüchtern urteilender Wissenschaftler wie Professor Freiherr Karl von TUBEUF (1862-1941) – dt. Forstwissenschaftler und Pflanzenpathologe (FABRICIUS 1941) in München, bekannt durch seine „Monographie der Mistel“ – ge-

riet beim Besuch Gleisweilers ins Schwärmen. Der sich oberhalb des Ortes in einem nur nach Südosten bis Süden geöffneten Hochtal zur Haardt hin erstreckende Park ist gekennzeichnet durch ein ausgeglichenes Klima mit wenig Spätfrösten, Nebeltagen und geschützt vor kalten Winden (Nordost!). Die hohe Luftfeuchtigkeit begünstigt die Kultur immergrüner Gehölze, die besonders im Winter ins Auge fallen und den Park in dieser Jahreszeit als „grüne“ Insel erscheinen lassen. Von großer Bedeutung ist die Tatsache, dass die Kaltluft hier gut abfließen kann. Während sich im ebenen Gelände Kaltluftseen bilden können, kann am Haardtrand die Kaltluft in die Täler abfließen. Erinnert sei nur an das außergewöhnlich trocken-warme Frühjahr 2011. Die Vegetation war schon weit vorangeschritten, als Anfang Mai (3. bis 5.) Spätfröste auftraten. Gespräche mit lokalen Winzern ergaben, dass es „in den letzten 50 Jahren keine solchen Spätfrostschäden an Reben mehr gegeben habe, in manchen Betrieben sei mit bis zu 70 % Verlust zu rechnen“. Die größten Schäden waren natürlich in der Ebene, wo sich die Kaltluft staute... Als „wärmster Ort“ in Deutschland, gemessen an der Jahresdurchschnittstemperatur, gilt Gleisweiler aber nicht, da viele Städte in der Oberrheinischen Tiefebene wie z. B. Karlsruhe mehr Sommertage (Tage mit einer Temperatur größer 25° C), im Winter allerdings auch mehr Nebeltage aufweisen. Die Vegetation belegt die lokalklimatische Gunstlage anhand Wärme liebender Obstgehölze wie Mandelbäume, Feigen, Aprikosen und Pfirsiche, die stets zur Reife kommen. Der Park ist von Weinbergen und sehr alten Edel-Kastanien (Abb. 12) umgeben, die mit den durch Laubenzug etc. ausgehagerten Buntsandstein-Böden der Haardt vorlieb nehmen. Auf historischen Ansichtskarten erkennt man den Kranz blühender Edel-Kastanien, die den Park auch heute noch umgeben. Jedoch nicht mehr in der Geschlossenheit, wie es noch auf einem Foto von Dr. Kurt HEINECK vom 31. Mai 1937 zu sehen ist (siehe Bildarchiv der DDG (vgl. BOUFFIER 2013a) Göttingen, Format II, Gruppe C, Nr. 89, Foto 13). Auf der Rückseite des Fotos vermerkte Fritz KNEIFF, ehemaliger Ratsherr und Bilderwart der DDG: „*Der Farben-Kaleidoscop des Exoten-Walddorfes innerhalb des bodenständigen Kiefernwaldes*“ und spielte damit neben den vielen immergrünen Gehölz-Raritäten (HELLMANN 1994) auch auf (die Blüte der) Edel-Kastanien an, welche in der Pfalz oft mit Kiefern gemischt auftreten und mediterrane Waldbilder schaffen.

Fritz KNEIFF (1864-1944) war wahrscheinlich von Berufs wegen als Besitzer einer Kautabakfabrik in Nordhausen/Thüringen mit der Kultur von Tabak in der Pfalz vertraut. Die Liebe zu Gehölzen und seinem

Park Hohenrode wurde vom Vater Carl KNEIFF (1829-1902) auf den Sohn weitergegeben (vgl. VOGT 2011). Auf der Anreise zur Jahresversammlung 1937 in Saarbrücken und Frankfurt machte Fritz KNEIFF im Vorfeld Station an der in diesem Jahr offiziell eröffneten Ferienstrasse „Deutsche Weinstrasse“ – im Gepäck als dendrologischen Reiseführer die erst im Jahr zuvor erschienene „Kulturgeschichte der rheinpfälzischen Baumwelt und ihrer Naturdenkmale“ von Julius WILDE (1936). Er bezog Quartier im Haardter Schloßchen (Neustadt an der Weinstrasse, Ortsteil Haardt), das zu seiner Zeit als Ferienhaus für Handel und Industrie genutzt wurde und erfreute sich „als exotischer und weindurstiger Dendrologe“ nicht nur an der reichen Gehölzflora am Schloßberg, die er so ausführlich und eindrucksvoll (auch besondere Bäume vermessend) beschrieb, dass man seine Schilderungen für Nachpflanzungen vor Ort verwenden könnte, sondern auch für die seinerzeit schon guten Weine der Pfalz.

Sein geschultes Auge und sein den schönen Dingen des Lebens zugewandter Geist genossen die Anmut der malerischen Weinorte und ließen ihn den Charakter der Landschaft schnell begreifen und treffend beschreiben:

„Aber auch die Landschaft hat südliches Antlitz durch reichfruchtende Mandelbäume [Prunus dulcis], unter denen wir wiederholt hindurchfahren, und durch die Weinfelder [im Gegensatz zu den Steillagen an der Mosel mit – Weinbergen – wird die Rebe in der Pfalz auch in der Ebene angebaut]. In der Pfalz klebt der Weinbau nicht nur an den burggekrönten, bewaldeten Höhenrücken der Haardt, sondern er zieht sich weit ins Land hinaus, dank der besonderen Kraft der Sonne“.

Auch besuchte er die hoch über der Innenstadt von Neustadt liegenden terrassierten Gärten der „Welchen Terrasse“ (siehe HÜNERFAUTH 2009), die Ortschaft Forst und den Kurpark von Bad Dürkheim um schließlich in Gleisweiler – wie schon viele „gestandene“ Dendrologen vor ihm (vgl. TUBEUF 1908) – ob der Lage und dem alten seltenen Baumbestand in Verückung zu geraten.

In eine empfindsame und feierliche Stimmung versetzt und das verlorene Paradies in diesen Ort projizierend, lässt er sich zu einem schwärmerischen Vergleich mit den Oberitalienischen Seen hinreißen: *„Zur Zeit der Kamellienblüte aber dürfte man sich an den Comer See verzaubert wähnen unter den 250 Jahre alten Kübelbäumen dieses Pfälzer Paradieses“* (KNEIFF 1937).

Am Rande der Klinik ist ein ca. 250-300 jähriges Exemplar einer Edel-Kastanie (Abb. 12) anzutreffen, welches uns an die über viele Jh. währende intensi-

ve Kultur der primär zur Fruchterzeugung angelegten Kastaniengärten (KURZ 1829, GOETHE 1910) – im Aussehen vergleichbar mit von alten solitären Eichen bestandenen „Hutewälder“ – erinnert (vgl. die Kastaniendörfer und Kastaniengärten (Keschdegärde) in Dannenfels (BOUFFIER 2011a und b), Freinsheim und Dörrenbach.

Als die Maronen noch ein wichtiges Nahrungsmittel waren, wurden die Haine mit teils veredelten Bäumen in/um Gleisweiler sorgsam gepflegt und nachhaltig kultiviert. Das geht aus um 1700 erhaltenen „Kastanienzetteln“ (Abb. 13) hervor, auf welchen die Kastanienstücke, ihre Steigerer und der Steigpreis belegt sind. Die Akten aus dem ehemaligen Gemeindearchiv Gleisweiler umfassen die Castanien Zettel bzw. Castanien Versteigerungen in den Jahren 1706-1760 und befinden sich heute im Landesarchiv Speyer (LA Speyer Best. U 55, Nr. 58). Dies ging in Gleisweiler über Jahrhunderte so, bis die Edel-Kastanie mit der Einführung der Kartoffel stetig an Wertschätzung verlor. Früher wurden alljährlich die Kastanien und das dazugehörige zur Düngung der Weinberge wichtige Streuwerk im Herbst versteigert; in einer Jahreszeit, in welcher die überwiegend in der Landwirtschaft beschäftigte Bevölkerung nach der arbeitsintensiven Weinernte wieder Zeit hatte. Wenn keine Fröste auftraten, konnten die Kastanien in ihren Fruchthüllen (Kolten) draußen gelagert und je nach Bedarf zum Frischeverzehr oder zur Dörrung verarbeitet werden.

Aus dem Nachbarort Frankweiler ist ein Ende des 19. Jh. (1884/85) geltendes Reglement, die Kastanienernte betreffend, erhalten.

„Abschrift.

Kastanien und Streuwerk-Versteigerung

Heute den dreißigsten September achtzehnhundertfünf und achtzig [1885], nachmittags 1 Uhr zu Frankweiler in dem Gemeindehause wurde durch den Bürgermeister Friedrich Eckerle allda nach vorausgegangener ortsüblicher Bekanntmachung, zur Versteigerung der Streuwerker, des Grases und der Kastanien im hiesigen Kastanienwald von Ringelsberg, Ergebnis des Jahres 1884/85 in folgenden Losen und unter folgenden Bedingungen geschritten:

1. Die Benützung der Ertragnisse beginnt heute & endet am 28. Februar künftigen Jahres.
2. Für ein bestimmtes Quantum wird keine Garantie geleistet, irgend welcher Schaden nicht vergütet & am Steigpreis kein Nachlaß gewährt.
3. Bei der Ausnützung sind die Steiger bei Vermei-

derung des Protokollierens und Schadenersatzes verantwortlich, daß keine Beschädigungen an den Bäumen oder den Stockausschlägen vorkommen.

4. Jeder Steiger hat einen mit ihm solidarisch haftbaren zahlfähigen Bürgen zu stellen.
5. Das Steiggnis ist zahlbar am 1. Dezember des Jahres an die Gemeinde Einwohner.
6. Die Kastanien dürfen nur geschüttelt, aber nicht abgeschlagen werden.

Nach Verlesung dieser Bedingungen und der Bemerkung, daß nicht der Bürgermeister der versteigernde Beamte, sondern der denselben in legaler Verhinderung vertretende Adjunkt, Georg Röst, wurde ausgesetzt und zugeschlagen, was folgt:

Bescheinigung

Das unterfertigte Bürgermeisteramt bescheinigt hiermit, daß bei der heute dahier stattgefundenen Streuwerk- und Kastanierversteigerung aus dem hiesigen Kastanienwald am Ringelsberg 234,50 M. [ark] erlöst wurden.

Frankweiler, den 30. September 1885

Das Bürgermeisteramt

F[riedrich] E[ckerle], [Bürgermeister], Röst Adj [unknt]" (LA Speyer Best. Q 56, Nr. 222) (Abb. 14).

Das Schonklima und die exponierte Lage am Haardtrand in ca. 300-350 m (Park) Höhe mit weiter Aussicht über die Rheinebene bis in den Schwarzwald aber auch die gute Versorgung mit Trauben und Obst, veranlasste an diesem Ort Dr. Ludwig SCHNEIDER (1816-1876) die erste Kaltwasser-Heilanstalt im Jahre 1844 in Deutschland zu begründen. Die Philosophie des ganzheitlich denkenden Mediziners zielte darauf ab, dass die gefällige Umgebung entscheiden den Anteil an der Genesung seiner Patienten habe. Dieser Grundsatz gilt auch heute noch in der Familie. Er heiratete Fanny LOBSTEIN, deren Vater Direktor am Botanischen Garten Straßburg war, und von welchem manche Anregung für die reiche dendrologische Ausstattung des Parks gekommen sein mag. Für die zu jener Zeit beliebte Molkenkur hielt Dr. SCHNEIDER eine Ziegenherde, die ein echter Schweizer aus dem Appenzeller Oberland betreute. Der Kuhstall, „Schweizerei“ genannt, diente ihm zur Behandlung der Lungentuberkulose. Auch die Traubenkur wurde von Dr. SCHNEIDER praktiziert (SCHNEIDER 1853). Um über einen möglichst langen Zeitraum frische Trauben zur Verfügung zu haben, baute er ca. 50 Traubensorten an. Heutzutage ist die Privatklinik eine Fachklinik für Nerven- und psychosomatische Erkrankungen.

Das herrenhausartige, klassizistische Hauptgebäude (siehe ANONYM 1857, GOSSMANN 1846) wurde wahrscheinlich nach Plänen von Leo von KLENZE (1784-1864), dem damaligen königlichen Hofbaumeister Ludwigs I. von Bayern, als Naturheilanstalt errichtet. Dafür mussten viele der „altherwürdigen“ Edel-Kastanien weichen. War es früher undenkbar und unter Strafe verboten die Edel-Kastanien-Haine zu maltrahieren, so wurden schon Mitte des 18. Jh. „24 Morgen Kastanienwald – wahrscheinlich auf dem Schützenmorgen ... ausgestockt“ und teils zu Weinbergen, teils zu Ackerland umgewandelt. „1786 betrug die gesamte Weinbergfläche [in Gleisweiler] 148 Morgen, 1899 siebzig ha“ (DOERR 1917 und 1945). Anhand von Archivalien etc. lässt sich sehr gut belegen, dass die Edel-Kastanie aus den besten, tieferen Lagen zu Gunsten des Weinbaus an den Haardtrand verdrängt wurde.

Beredetes Zeugnis davon legt auch Regierungs-Direktor Johann KEIPER aus Speyer ab:

„Bei uns zu beiden Seiten des mittleren Oberrheines wurde die Edelkastanie mit dem Weinstock im 4. Jahrhundert zum ersten Mal angepflanzt. Die beiden überaus wertvollen neuen Kulturgewächse siedelten sich an den warmen Gebirgsrändern, in der Pfalz am vorderen Haardtgebirge, bald an, und haben hier ihre eigentliche Heimat gefunden und behalten. Die Verbreitung der Edelkastanien am Ostrand der Haardt war früher jedoch erheblicher als jetzt, man schreibt dies dem allmählichen Anwachsen des Weinbaus im Vorgebirge bis zur Rheinebene herab zu. Deshalb mußte der Baum mehr in die Höhe steigen, über das Weinberggelände hinauf bis zum Waldrand und dem Wald selbst“ (KEIPER 1927).

Um 1845 und vermehrt nach 1873, erfolgten die ersten Gehölzpflanzungen im Hauptpark im Stile eines englischen Landschaftsgartens, so dass schon 1914 der bemerkenswerte Baumbestand in den Mitteilungen der Deutschen Dendrologischen Gesellschaft durch den Freiherren von TUBEUF gewürdigt werden konnte (vgl. BOUFFIER 2013b).

Gut 100 Jahre später haben sich einige Bäume zu wahren Prachtexemplaren entwickelt, u.a. die Mammutbäume (*Sequoiadendron giganteum*) am Eingang des Parks mit heute (2011) 7,15 m und im oberen Park mit 8,18 m StU (ca. 46 m hoch). Der stärkste Küstenmammutbaum (*Sequoia sempervirens*) in Gleisweiler gilt als eines der größten und ältesten Exemplare in Deutschland mit heute (2011) 4,31 m StU (GELLER & BOUFFIER 2011). Das am Prinz LUITPOLD-Denkmal ziemlich frei stehende Exemplar hat einen StU von 1,55 m erreicht und fruchtet stark, ein weiteres Exemplar mit 1,42 m StU befindet sich am Teich.

Abbildung 12:

Castanea sativa (6,05 m StU, Messung vom 21. Juli 2012) mit Randolph von Bomhard.



Abbildung 14:

Gemeinde Frankweiler, Kastanien und Streuwerk Versteigerung [1885], LA Speyer Best. Q 56, Nr. 222.

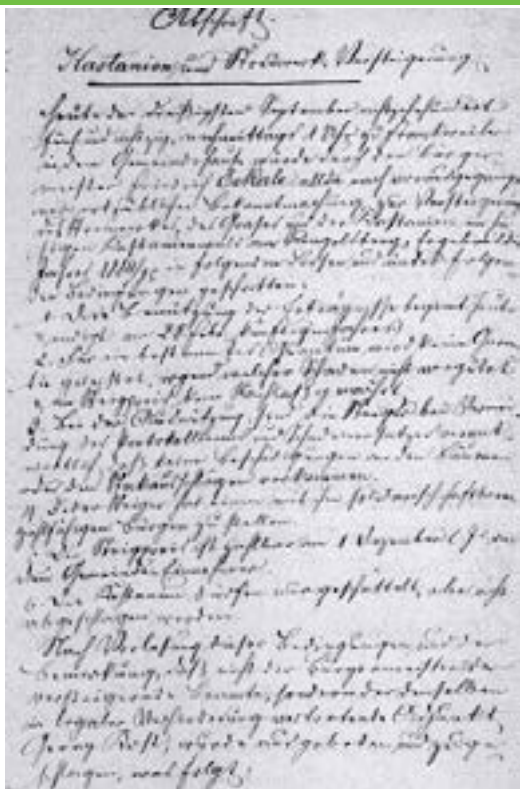


Abbildung 13:

Castanienzettel der Gemeinde Gleisweiler, "Gleisweiler den 25. ten 7bris [September]: 1706 seind die Gemeiner Castanien versteigt worden", LA Speyer Best. U 55, Nr. 58.



Abbildung 15:

„Herzogs Kastanien“ ca. 2,75 m U[mfang] [,] 170 Jahre alt. [im Jahre 1937] [,] Naturverjüngung mit Buchenunterholz. Staatsrevier Homburg, Pfälzerwald [,] [Foto von] Dr. Heineck 31.5. [19] 37, Bildarchiv der DDG, Göttingen, Format II, Gruppe C, Nr. 90.



Die Sumpfzypresse (*Taxodium distichum*) im Hauptpark hatte 2011 4,69 m StU. Zwischen dieser und dem Tulpenbaum (*Liriodendron tulipifera*, 1,75 m StU) wachsen unter dem leichten Schirm der Parkbäume zwei junge Araukarien und eine Gurkenmagnolie (*M. acuminata*, 1,97 m StU).

Die Herzogs Kastanien auf dem Karlsberg bei Homburg/Saarland

Auch im Saarland gibt es wunderschöne waldartige Bestände, Alleen, Baumgruppen und Solitäre der Edel-Kastanie.

Herzog Karl II. August von PFALZ-ZWEIBRÜCKEN (1746-1795) (STADTMUSEUM ZWEIBRÜCKEN 2010) ließ schon bald nach seinem Regierungsantritt im Jahre 1775 mit dem Bau des nach ihm benannten Residenzschlosses Karlsberg bei Homburg beginnen. Das Schloss und die Gärten sollen in ihrer Größe und Prachtentfaltung denen Versailles geglichen haben. Doch die Pracht der erst zur Blüte gelangten ausgedehnten Schloss- und Gartenanlagen währte nicht lange. Sie wurden ein Raub der Flammen der am 28. Juli 1793 vorrückenden französischen Revolutionstruppen. Noch heute erinnern uns an das Schicksal des Schlosses die nach dem Regenten benannten „Herzogskastanien“, welche nach PFAFF (2005) seit 1785 auf dem Karlsberg angepflanzt wurden. Diese „Baumgruppe“ aus Edel-Kastanien bestand nach FRÖHLICH (1991) im Jahre 1952 aus „verbliebenen 21 Herzogskastanien“; 1991 waren es dann nur noch 10. Es könnte sich bei dieser planmäßigen Anpflanzung um die Reste einer „Chataigneraie“ östlich des Herzogsgartens handeln. Diese „Chataigneraie“ bzw. Kastanienplantage wurde im so genannten Ölplan (Karte des Fôret National Carls-Berg) eigens vermerkt (LA Speyer, Abt. Karten und Pläne W 1 Nr. 713). Mit einer Kopie des Plans und einem Luftbild bzw. Karten sollte es möglich sein den Standort der Herzogskastanien mit der Chataigneraie ggf. in Deckung zu bringen.

Nach SCHNEIDER (2003) gehörten die Edel-Kastanien im „Lustgarten des Herzogs... wohl zur elementaren Bepflanzung der Anlage, die somit einem Programm unterlag. 30 Jahre später ordnete Friedrich Ludwig Sckell, der die Carlsberger Anlagen 1785 kennenlernte, Kastanienbäume als Begleitgewächse einem Gott Jupiter geweihten Tempel zu“....

Während das Schloss dem Erdboden gleich gemacht wurde und Vergangenheit ist, breiteten sich die angestammten Edel-Kastanien durch natürliche Verjüngung aber auch den Einfluss des Menschen in den Edellaubholzreichen Mischbeständen des Karlsberges aus und wurden auch in andere Landesteile verbracht.

Während der Jahresversammlung der Deutschen Dendrologischen Gesellschaft in Saarbrücken und Frankfurt a. M. 1937 besuchte die DDG u. a. das damals noch Bayr. [ische] Forstrevier Trippstadt mit 140jähr. [igem] Weiss-Tannen-Horst (*Abies alba*) und den berühmten Weymouths Kiefern (*Pinus strobus*) von 1775 [1785] (MÜLLER 1937). Im Forstrevier Homburg war es der „Herzogs-Edelkastanienwald“ anno 1770 [,] *Castanea sativa* ca. 30 Mutterbäume 310/20 cm U [mfang] mit Naturverjüngung, der die Aufmerksamkeit der Teilnehmer erregte, vgl. HÖFKER (1937), (Abb. 15).

Kastanienkultur in Heidelberg, 19. Jh.

Johann METZGER charakterisiert die Edel-Kastanie wie folgt:

„Für gebirgige Parkanlagen ist der Kastanienbaum nicht allein eine nutzbare Holzart, sondern auch besonders zur Zeit der Blüte so wie im Herbst einer der schönsten Bäume, der einer Landschaft ein milderes Aussehen giebt und an die Gefilde südlicher Länder mahnt. Die Landschaftsmaler suchen daher nicht selten die Kastanienwälder auf und wählen einzelne Stämme und Gruppen [Abb. 6] zum Studium für ihre Arbeiten“ (METZGER 1841).

Johann METZGER (1789-1852), Großherzoglicher Garteninspektor und Verwalter der landwirtschaftlichen Anstalt zu Heidelberg, kannte die Edel-Kastanie und deren Sorten und berichtet in seiner „Landwirtschaftliche[n] Pflanzenkunde, oder praktische Anleitung zur Kenntniß und zum Anbau der für Ökonomie und Handel wichtigen Gewächse“; denn zu den wirtschaftlich wertvollen Obstbäumen zählte die Edel-Kastanie damals auch noch in Deutschland: Er unterschied die Kastanien nach der Fruchtgröße und Zeitigung: „Wir unterscheiden:

- a) Kleine. Eine verwilderte Form, die in Waldungen in Deutschland in solchen Gegenden, wo man den Kastanienbaum im Großen cultivirt, vorkommt, z. B. an der Bergstraße, am Haardtgebirge, im Renchthale [Abb. 29] und am Donnersberge.
- b) Frühreifende. Eine kleine Frucht, die man in den meisten Kastanienpflanzungen doch etwas seltener vorfindet.
- c) Die gemeine. Eine mittelmäßige Frucht, die besonders bei Heidelberg, im Neckarthale und bei Neustadt an der Haardt am häufigsten angebaut wird.
- d) Die große oder Marronie. Man findet diese hauptsächlich in Italien, von wo aus sie auf die schweizer Märkte gebracht wird, sodann in Frankreich und nicht selten in den Kastaniengärten am Don-

nersberge [Abb. 32] und hie und da im Rheintale, wo man sie durchs Pflöpfen auf große Bäume vermehrt hat" (METZGER 1841).

Ein sehr anschauliches Bild der Kastanienkultur in/ um Heidelberg im 19. Jh. vermittelt uns der damalige Bezirksförster BIEHLER (1864):

Seinen Artikel zur „zahmen Kastanie“ stark zusammenfassend berichtet er über „die reichlichen Anpflanzungen zahmer Kastanien“ an der badischen Bergstrasse und insbesondere am Heidelberger Schloss (Abb. 4-6), wo „*man schon im vorigen Jahrhundert diesem edeln Baume alle Aufmerksamkeit schenkte*“. Im Jahre 1818 wurden aus Südfrankreich Maronen eingeführt, „*die theils durch den Transport, theils durch die ungewohnten Kältegrade des nächsten Winters und theils durch das damals noch vorhandene Rothwild zu Grunde gingen*“. Der vielfältige und profitable Nutzen an Holz, Frucht und Laub der Edel-Kastanie bedingte die Bestockung mit selbiger Baumart, die in Kastaniengärten und Kastanienwaldungen (Mittelwaldbetrieb) von ca. 60-70 Morgen bewirtschaftet wurde. „*Mit der Nachzucht und Veredelung der zahmen Kastanie beschäftigt sich hier, neben einigen Privaten, hauptsächlich die Stadt durch ihre technische Behörde, die Stadtbezirksförsterei*“. Das Saatgut wird mit den Hülsen auf- und regelmäßig mit der Wurfschaufel umgeschichtet und im April ausgesät, vor Mäusen und Vögeln durch Federballen und Strychninhafer geschützt. Die Sämlinge werden von Unkraut frei gehalten und im Winter mit Laub abgedeckt und möglichst 1bis 2jährig verschult. Er berichtet über die Kultur in der Baumschule, die Verpflanzung, Bodenverbesserung und den Beginn des Fruchtens.

„Man unterscheidet hier der Größe nach 4 Sorten von Kastanien:

Ganz kleine oder wilde Kastanien, mittelgroße oder gewöhnliche deutsche Kastanien, große deutsche Kastanien oder Halbmaronen und italienische Kastanien oder Maronen.

Für die hiesige Gegend hat die 2. und 3. Sorte den größten Werth, da die kleinen Kastanien einen geringen Ertrag abwerfen und keine gesuchte Waare sind und die Maronen in den meisten Jahren nicht zur vollkommenen Reife gelangen, wodurch ihr Kern weniger schmackhaft, weil wässerig und hohl wird. Sobald die Stämme ihre ersten Früchte tragen und diese sich als geringe Kastaniensorte ausweisen, so werden sie mit Reisern der Halbmarone veredelt, was schon an einigen hundert Stämmchen mit schönem Erfolg geschehen ist. Die Früchte der Halbmarone stehen in unserem Klima der Marone nicht viel an Größe nach und setzen sich beinahe jedes Jahr reichlich an. Für das Veredeln wird hier per Kopf mit je 1

bis 2 Reiser 3 ½ Kreuzer bezahlt und kommen auf einen 20- bis 25jährigen Stamm in der Regel 5 bis 6 Köpfe“.

„Die Kastanienfrüchte, welche an Ort und Stelle keine Verwendung finden, werden von Händlern gerne aufgekauft und nach Norddeutschland und Russland versendet. Der Preis schwankt je nach dem Ergebnis der Ernte zwischen 20 und 25 fl. per Malter. Die Kastanienpflanzen werden theils als Alleeabäume und zur Anlage von Kastanienwaldungen und Gärten von der Stadt Heidelberg selbst gebraucht, theils und meist aber an Gärtner, die wieder weiteren Handel treiben, und an Garten- und Waldbesitzer der nächsten Umgebung verkauft. Dabei werden für 4 – bis 8jährige verschulte Pflanzen 2 bis 6 Kreuzer, für 10 – bis 15jährige Stämmchen 12 bis 30 Kreuzer per Stück angesetzt“.

„Der Ertrag der Kastanienwaldungen und Gärten, an Holz, Früchten, Laub und Futterkräutern ist sehr groß, es lassen sich aber, da Bodengüte, Bestockungsverhältnis, Behandlungsweise und Kastaniensorten sehr wechseln, hierfür keine bestimmten Zahlen anführen. In den letzten 3 Jahren wurde für den Kbkf. 25 – bis 35jähriges Kastanienstangenholz 1 fl. bis 1 fl. 24 kr. und für einen zweispännigen Wagen Laub 25 fl. bis 30 fl. bezahlt“.

„Zugleich zeichnet sich aber die zahme Kastanie auch durch eine schöne Belaubung, Blüthe und Baumform aus, so daß sie auch als Zierbaum sehr zu empfehlen ist. Man findet sie hier besonders gut gedeihend auf warmen und geschützten Süd- und Südwestseiten, auf lockerem trockenen Boden, namentlich auf alten Schutthalden, bis zu einer Höhe von 1200 Fuß über dem Meere. Solche und ähnliche für die Kultur der zahmen Kastanie günstige Standorte sind im badischen Lande noch viele, ohne daß dieser edle Baum hier schon Eingang oder größere Verbreitung gefunden hätte. Gerne bietet die hiesige Stadtbezirksförsterei hiezu nach Kräften dadurch die Hand, daß sie auf rechtzeitige und portofreie Anfragen Lieferungen von Samen und Pflanzen zu den oben erwähnten Preisen übernimmt“.

Heilkunde & Edel-Kastanie

Der Hortulus sanitatis, 1609

Titelblatt

Hortulus Sanitatis. Das ist / Ein heylsam und nuetzliches Gaehrtlin der Gesundheit. In welchem alle fürnehme Kraeutter/ die so wol in den beyderley Indien / als an allen andern Orten der Welt zu finden / in einer wunderbaren Kuertze werden beschrie-

ben. Erstlich von Castore Durante, einem Römischen Artze und Simplicisten in Italianischer Sprach verfertigt/ Nunmehr aber in onser hoch Teutsche Sprach versetzt/Durch Petrum Uffenbachium der Artzeney D. ond bestellten Medicum th. Franckfort. Getruckt zu Franckfort am Maeyn / durch Nicolaus Hoffmann / im Verlegung Ionae Rhodii, (Staatsbibliothek Bamberg, Bip. Bot q. 22).

Seite 204 (siehe Abb. 16)

Abbildung 16:
Hortulus sanitatis, Seite 204, Exemplar der
Staatsbibliothek Bamberg (Signatur Bip. Bot q. 22).



Seite 205

chen Haeutten bekleydet / als deren die inwendigste duen / herb vund bitter / die mittelste hart und braun / vnd die eusserste rau / vnd einem Igel gleich. Der Kern selbst ist weiß / vnd eines suessen Geschmacks / Das Holtz ist fast dicht / hart / leicht zu spalten / vnd zum Bauwen bequem / sintemal man gemeiniglich Balcken / Sparren / Latten / Bretter / Rebstecken /Weinfaesser vnnd dergleichen daraus zu machen pflegt / zum brennen aber ist es gantz nichts nutz / dieweil es nemlich ohn vnterlaß in dem Feuer kracht / vnnd nach dem es zu Kohlen worden / hin und wider springt. Es waechst aber

dieser Baum fuernemlich auff den Gebuergen / an schattechten Orten /vnd sonderlich in den Laendern gegen Mitternacht. Und sind die Fruechte hitzig und truckem im ersten Grad/vnd beneben solchem auch also geschaffen / dass sie eyn vnd zusammen zu ziehen pflegen. Die Castaneen gegessen / sindzudem getrunckenen Gifft / vnd sonderlich den Zeitlosen Zwybeln ein bequeme Artzeney: auff den Kohlen gebraten / vnd mit Zucker genossen / reutten sie den alten vnd eyngewurtzelten Husten auß stopffen / gedoerret / die Flueß vnd Durchlauffe des Bauchs / vnd machen dem Blutspeyen ein Endt /sind aber vbel zu vertauwen / gebahren grobe Feuchtigkeiten / thun dem Haupt Schaden/machen der Blaeste je mehr vnd mehr/vnd verstopffen den Stulgang. Gesotten sind sie nicht so vngesundt als rohe/gleich wie man denn auch die gedoerzte den andern vorzuziehen pflegt. Das Brodt auß dem Meel der gedoerzten Castaneen gemacht / ist vbel vnnd schwehrlich zu vertauwen / jedoch zu den Durchbruechen vnd rohten Ruhr nicht vnbequem. Gleich wie denn das Wasser / in welchem Castaneen mit sampt den Rinden sind gesotten / wider solche Bauchfluesse rohte Ruhr / vnd das Blutspeyen fast geruehmbt wirdt. Die Castaneen vnter der heissen Aschen gebraten/vnd mit Pfeffer vnd Saltz oder Zucker genossen / sindt nicht hart vnd vbel zu vertauwen / als sonsten/gleich wie sie denn auch den Leib nicht so hart verstopffen /noch auch so viel Blaest vn Schmetzen des Haupts gebahren. Wen sie werden vertawet / geben sie zwar ein an der Menge vielfaltige / jedoch kein besondere gute Nahrung vnd reytzen als der Blaeste voll zur Unzucht an. Die inwendigste Schaehlen der Castaneen eines halben Loths schwehr in Wein getruncken / stillen zusamt dem Blutspeyen auch alle Durchbrueche deß Bauchs: Wie gleichfalls auch mit gleich so viel puluesiert Helffant bein mit weiß Seeblumen Wasser getruncken / der Weiber wissen Fluß. Auff den Gebuergen / da es am Getraeydt mangelt / pflegt man die Castaneen in dem Rauch zu doerren / zu reynigen / zu mahlen / vnnd Brodt darauß zu backen: Sonsten aber werden sie auch etwan vnter der Aschen ein wenig gebraten / vnd gereinigt / folgents mit Oele / Pfeffer / Saltz / vnd Pomerantzen Safft gesotten / vnd gegessen.

Seite 206

Mit Honig vnd Saltz gestossen / vnd Pflasterweiß auffgelegt heylen sie die Biß der wuetenden Hunde / vnd vertheilen mit Essig vnd Gerstenmeel zu einem Pflaster gemacht / die grosse Verhaertungen der Brusteste" (DURANTE & UFFENBACH 1609).

Abbildung 17:

Rechnung, „Castanin“, Dr. Schmidt-Achert's Keuchhustensaft, Museum für Weinbau und Stadtgeschichte Edenkoben, mit freundlicher Genehmigung von Herrn Hartkopf.



Kunst & Edel-Kastanie

Fresken der Burg Manta, ca. 30 km nördlich von Cuneo/Piemont/Italien, um 1420

Die Burg Manta (ital. Castello della Manta) ist berühmt für ihre bedeutenden, um 1420 entstandenen Fresken aus der Frührenaissance (FAJEN 2003, MOMIGLIANO 2006), die anlässlich der von Heribert REIF geleiteten DDG-Regionalexkursion „Kastanienkultur im Südalpenraum“ am 5. Oktober 2008 mit großer Begeisterung in Augenschein genommen werden konnten. Wirklichkeitsnah abgebildet sind die Gehölze in der Sala Baronale; unbekannt, ob sie bzw. die ihnen? zugeordneten geschichtlichen Helden eine Symbolik im Hinblick auf die Markgrafen von Saluzzo und ihre Ehefrauen beinhalten. Die Bedeutung der für die Ernährung wichtigen Vielfalt an Obstbäumen und ihre Wertschätzung werden jedoch ohne Zweifel durch ihre Darstellung thematisiert (Abb. 18).

Abbildung 18:

Baumkrone der Edel-Kastanie mit Laub und Fruchttigeln im Sala baronale, Nordwand (Detail), Castello della Manta/Italien.



Bildteppich in der Adelphuskirche zu Neuweiler/Elsass, Straßburg um 1507-1510

„Auf vier je ca. 500 cm langen Bildstreifen [Bildteppichen] (Abb. 19) ist die Vita des heiligen Adelphus und sein wundertätiges Wirken nach dem Tode dargestellt... Der in Neuweiler verehrte Heilige soll – laut der Legende – von Beatrice von Burgund und Felix von Aquitanien abstammen und zwischen 233 und 251 als Bischof von Metz gewirkt haben“ (RAPP BURI & STUCKY-SCHÜRER 1993).

Die Reliquien des Heiligen Adelphus wurden Mitte des 9. Jahrhunderts von Metz nach Neuweiler im Elsass überführt.

Barocker Hochaltar in Dambach-la-Ville/ Elsass, um 1690

In Dambach-la-Ville befindet sich in der Kirche St. Sebastian ein barocker Hochaltar aus Birnen-, Linden- und Eichenholz, dessen Schnitzkunst-Ornamente die Besucher in ihren Bann ziehen. Neben Blumen, Früchten, Reben und Blättern von Obst- und Waldbäumen wie der Eiche entdeckt der aufmerksame Besucher das Laub und die Früchte der Edel-Kastanie (Abb. 20).

Im Barock wurde die Edel-Kastanie auch in Italien künstlerisch thematisiert. Auf einer von Heribert REIF geleiteten „Baumkundlichen Regionalexkursion nach Oberitalien in das südliche Piemont und Ligurien“ im Oktober 2011 sah die Exkursionsgruppe in der Kirche von Saluzzo eine barocke Kanzel mit reichem Schnitzkunst-Ornament. Unter den vielen dargestellten Früchten fand sich auch die Edel-Kastanie

an mehreren Stellen als Frucht mit Laub dargestellt. Auch eine „Bordüre aus Kastanienlaub“ schmückte die Kanzel.

Vielleicht diene die von Lorenzo Ghiberti an den bronzenen Türen des Baptisteriums zu Florenz künstlerisch in Szene gesetzte Pflanzenillustration (Anfang bis Mitte 15. Jh.) als Vorbild? Diese Darstellungen der Edel-Kastanie umschreibt BEHLING (1964) „mit ihren zottigen Becherfrüchten und dem am Rande regel-

mäßig geschnittenen und durch ein fischgrätenartiges Adernetz versteiften Blättern“.

Reiche schriftliche und bildliche Belege der Kastanienkultur im Elsass sind in den Bibliotheken von Colmar und Sélestat zu vermuten, wie eine Ausstellung in der Dominikanerkirche zu Colmar vermuten ließ (ANONYMUS 1998).

Abbildung 19:

Bildteppich 3, am linken Bildrand die mit ihren Blättern und Früchten dargestellten Bäume Linde, Eiche und Edel-Kastanie (s. Detail), Neuwiller-lès-Saverne/Elsass.



Abbildung 20:

Schnitzkunst-Ornament mit Früchten und Laub der Edel-Kastanie, Detail Hochaltar, Dambach-la-Ville/Elsass.



Der „Himmelsgarten“ von St. Michael zu Bamberg, 1614/17

Das ehemalige Benediktinerkloster St. Michael in Bamberg beeindruckt den botanisch interessierten Besucher durch die Pflanzenmalereien in den Gewölbefeldern des Lang- und Querhauses – den so genannten „Himmelsgarten“ (vgl. DRESSENDÖRFER 2004).

Einem Kunstführer ist zu entnehmen:

„Insgesamt 578 akribisch genaue Darstellungen, zum großen Teil Heil-, aber auch Zierpflanzen, um 1614/17 entstanden und fast ausnahmslos botanisch exakt bestimmbar, bilden ein monumentales Herbarium, das gleichzeitig als „Himmelsgarten“ in Wiederaufnahme einer spätgotischen Tradition ein Abbild des Paradieses zeigt. Wer diese Malereien schuf, ist bis heute unbekannt; eine Zuschreibung an Wolfgang Ritterlein muss bisher Spekulation bleiben. Vergleichbare Malereien entstanden im frühen 17. Jahrhundert im Würzburger Dom und, eng verwandt, in der Katharinenkapelle der Abteikirche Ebrach, doch ist die Fülle der Darstellungen an den Michelsberger Gewölben singulär...“ (RUDERICH 2003).

Der Autor erinnert sich in diesem Zusammenhang noch an die „Himmelswiese“ in der Johanneskirche in Saalfeld/Thüringen, welche mit Blumenmalereien ausgeschmückt ist.

Die Abb. 21 zeigt einen Ast der Edel-Kastanie mit aufbrechenden Fruchttigeln.

Wahrscheinlich bediente sich der/die Künstler zeitgenössischer Darstellungen aus Kräuterbüchern (oder Herbarien) wie dem 1588 in Nürnberg erschienenen Buch von Joachim CAMERARIUS. Denkbar ist aber auch, dass das lebende Objekt als Anschauung diente, denn bis heute gibt es im Stadtbild von Bamberg noch einige Bäume der Edel-Kastanie, so im Rosengarten der Neuen Residenz Bamberg ein junger Baum und ein wahrscheinlich um 1804 gepflanzter Baum im Innenhof der Dompropstei in Bamberg (Domstraße 5), der auf die Gartenanlage unter Dompropst Josef Georg Freiherr Hutten von STOLZENBERG zurückgehen könnte.

Für den **Weinbau** war das schnell wachsende, vorwiegend im Niederwald (Keschdebusch) erwirtschaftete dauerhafte Holz (in Konkurrenz zur Akazie) zur Erzeugung von Rebpfählen (Wingertstiefel), und im Kammertbau (Abb. 22) bedeutend. Die Streu der Edel-Kastanie diente zur Düngung in den Weinbergen (Abb. 14).

Das große Ausschlagvermögen der auf den Stock gesetzten Edel-Kastanien ermöglichte die waldbauliche Bewirtschaftung im Niederwald mit kurzen Umtriebszeiten und hohem Massenertrag und verdrängte zugleich Baumarten, welche dazu nicht fähig waren.

Abbildung 21:

Aufbrechende Fruchttigel der Edel-Kastanie, Deckenfresko um 1614 im ehemaligen Benediktinerkloster St. Michael zu Bamberg. Foto: W. Dressendörfer, Bamberg.



Abbildung 22:

Südliche Ansicht der Stadt Edenkoben mit Kammertbau, um das Jahr 1800, mit freundlicher Genehmigung von Herbert Hartkopf, Museum für Weinbau und Stadtgeschichte, Edenkoben.



Die Orangerie im Botanischen Garten Wuppertal, Ende 19. Jh.

Sie ist durch Blumen- und Obst-Ornamente im Eingangsbereich geschmückt. Eine Vielzahl üppiger Früchte und Blüten machen Lust zum Botanisieren. Neben Mandeln, Weinlaub und dem Blütenstand einer Sonnenblume, sind auch die gezahnten Blätter der Edel-Kastanie und ihre Früchte zu sehen. Ein Keschdeigel öffnet sich und gibt den Blick auf eine Märrone frei (Abb. 23).

Abbildung 23:

Blumen-Ornament mit Laub und Früchten der Edel-Kastanie an der Orangerie im Botanischen Garten Wuppertal, 19. Jh.



Kastanien-Hain bei Weißenheim am Berg

In dem 1922 hrsg. Buch von J. RUSS über „Die größten, ältesten oder sonst merkwürdigen Bäume Bayerns in Wort und Bild“ ist ein Foto des Kastanien-Hains bei Weißenheim am Berg von 1898 überliefert. Es zeigt die Kastanienenernte in einem sehr alten, lichten Kastanien-Hain, der als Unternutzung die Beweidung von Kühen ermöglichte. Mit langen Bohnenstangen wurden die Kastanien abgeschlagen, eingesammelt und in großen Körben (im Bild auf dem Kopf von einer Frau) weggetragen. Die Krone des ca. 200-300jährigen Baumes im Vordergrund links wurde stark zurück geschnitten, um die Bildung von jungem Fruchtholz zu fördern und somit der Vergrößerung des Baumes entgegenzuwirken (Abb. 24).

Abbildung 24:

Edel-Kastanien-Hain bei Weißenheim am Berg/Pfalz. Photo von Dr. Friedrich Stützer im Herbst 1898, aus: RÜß (1922), der Seite 37 vorausgehende Abb.



Grußkarte des Zeichenlehrers Philipp GÖNNER

Im Kriegsjahr 1943 entwarf der Zeichenlehrer Philipp GÖNNER, bekannt als „Kronberger Spitzweg“, eine Grußkarte (im Format einer damaligen Ansichtskarte) mit Eichhörnchen auf einem Edel-Kastanien-Ast vor der Kronberger Burg. Der Schriftzug „Die Heimat grüßt Euch, Ihr lieben Kronberger“ galt den Soldaten an der Front (Abb. 25).

Kastanienkultur & Kastanienenernte im Taunus

Die Kastanienwälder und lichten Fruchthaine der Edel-Kastanie im Taunus (Abb. 26) wurden schon von Johann Ludwig CHRIST (1739-1813) in seiner „Vollständigen Pomologie“ (CHRIST 1809 und 1812) hoch geschätzt. 2013 wurde der 200. Todestag des protestantischen Pfarrers, Praktikers und Pomologen begangen (BOUFFIER 2013c).

In der Zehntkartierung des Pfarrers, mit der er sich einen Überblick zur Einnahme der Kirchensteuer machen musste, werden auch Baumwiesen und „Kestenstücke“ aufgeführt, wo kein Zehnt erhoben wurde. Dadurch bestand der Anreiz zu Neuanspflanzungen von Edel-Kastanien auf Wiesen etc., die dann

Abbildung 25:
Grußkarte des Zeichenlehrers Philipp Gönner aus
Kronberg im Taunus, 1943.



noch viele Jahre Unterkulturen zuließen und einen Ertrag in Aussicht stellten, der nicht versteuert werden musste.

CHRIST (1804) beschrieb die Kastanien im Vordertaunus lokalpatriotisch:

„Der Kastanienbaum ist aber hier gleichsam zu Hause und ohne Vorurtheil zu hegen, so wachsen in ganz Deutschland keine wohlschmeckendere Kastanien als hier. In der Pfalz sind sie auch häufig und erwachsen allda diese Früchte zum Theil schöner und grösser als hier; aber sie müssen gleichwohl wegen ihrer mehreren Trockenheit den unserigen nachstehen und sind weit nicht von so gutem Geschmack als die hiesigen“. Bezüglich der Grösse kann der Autor bestätigen, dass die Pfälzer Kastanien mangels Niederschläge besonders in sehr trockenen Jahren wie z. B. 2003 oft kleiner bleiben als die im Vordertaunus (und Westerwald).

Den italienischen Maronen wusste CHRIST (1812) folgendes entgegen zu setzen:

„So werden gewöhnlich die Italienischen Kastanien genannt, als welche vorzüglich gross sind. - Bey günstiger Jahren aber wetteifern mit ihnen nicht nur in der Grösse der Früchten sowohl viele unserer deutschen Kastanienbäume, als auch derer, die aus den Italienischen Maronen erzogen sind [fallen nicht echt!], sondern ihre Früchte sind auch viel besser und schmackhafter, weil sie durch die mässigere Hitze unseres Clima nicht so mehlig und ausgetrocknet werden. Diese sind vorzüglich zum Nachtisch und Rösten, da jene Maronen für die Küche in vielen Haushaltungen gewidmet werden - Indessen werden manche ehrliche deutsche Kastanien unter dem Namen der Ital. Maronen verkauft. Aber das beste dabey ist, dass die Käufer nichts dabey verlihren“.

Abb. 26:

Kastanienernte im Taunus, Zeichnung von R. Püttner nach einer Skizze von O. Flecken, aus: Die Gartenlaube 1906, Kunstbeilage 24.



Sehr anschaulich berichtete CHRIST (1802) über die Kastanienernte und -verarbeitung in früheren Zeiten:

„Die Kastanienfrüchte werden wie die Nüsse abgeschwungen, und Leute, die Geschick und Übung haben, klettern mit Steigeisen an den Füßen, wie die Katzen, auf die grössten Bäume, als wenn sie auf eine Leiter aufstiegen. Der grosse Theil Kastanien, die abgeschwungen werden, liegen noch in ihren stachelichten Gehäusen, und werden in Säcke gestopfet und zu Hause getragen, da sie im Keller in alte Fässer, oder in eine Ecke geschüttet werden, wo sie noch sämtlich reif, das ist, was noch zum Theil weiss ist braun werden, und man sich Zeit nehmen kann, sie auszuklopfen. Solches geschiehet auf die Weise, dass man einen

Haufen solcher Kastanien in den Gehäusen auf den Stubenboden hinschüttet, so dann mit Hölzern sie klopft und gleichsam drischet, damit die Früchte aus ihren Kapseln fallen, worauf denn die leeren Häuser abgelesen, und die Kastanien gesammelt werden. Diese kommen dann wieder in den Keller, weil sie sonst in der Luft austrocknen, hart und leicht werden. Sie erhalten sich bis Weihnachten und länger gut. Gegen Lichtmess [2. Februar, Beginn des landwirtschaftlichen Arbeitsjahres, länger werdende Tage] aber fangen sie an auszuwachsen. Zum langen Aufbewahren aber halten sie sich besser in ihren stachelichten Gehäusen an einem trockenen Ort im Keller, aber für den Mäusen muss man sich Sicherheit schaffen" (...) (CHRIST 1802).

Bleibenden Eindruck hinterließen die Edel-Kastanien auch bei Rudolf MERTENS, der am 1. November 1885 zum Wandergärtner für den Regierungsbezirk Wiesbaden bestellt wurde (HHStAW Abt. 242, Nr. 1590, WEDEKIND (1885)) und an der Königlichen Lehranstalt für Obst-, Wein- und Gartenbau in Geisenheim wirkte:

„Die majestätischen Kastanienbäume bilden die schönste landschaftliche Zierde, die natürlichste Umrahmung der Ortschaften; sie kommen an Herrlichkeit den Eichen gleich. Welches Bild würde z. B. Cronberg [im Taunus] bieten ohne seine die Höhen zierenden Kastanienwälder! Es gliche dann einem Edelsteine, dem man die Fassung genommen „(MERTENS 1895)“.

Abbildung 27:

Brunnen vor der Kreisverwaltung Südliche Weinstraße in Landau. Wein, Obst (Birne), Schalenobst wie Walnuss und Keschdeigel („stachelbewehrte“ Frucht der Edel-Kastanie) stehen in Verbindung mit dem Lebenspendenden Wasser als Symbol für die Fruchtbarkeit und Klimagunst der Landschaft.



Abbildung 28:

Ortseingang von Ringelbach: „Wein, Wald + Keschte“, dieser Dreiklang prägt den Ort Ringelbach an der Badischen Weinstraße/Ortenau. Konzeption durch die Holz- und Steinbildhauerei Huber in Oberkirch/Ortenau.



Literatur und Sprachgebrauch & Edel-Kastanie

Vielfältigen Eingang in die Literatur hat sie u.a. durch die „Kastanienbriefe“ und das Kastaniengedicht von Johann Wolfgang von GOETHE aber auch pfälzische Heimatdichter gefunden.

In unserem **Sprachgebrauch** bedienen wir uns nicht nur der bekannten Redewendung *„für jemanden die Kastanien aus dem Feuer holen“*. Es haben sich auch viele an die Kastanienkultur gebundene Ausdrücke für die Ernte, Lagerung etc. erhalten. In Dannenfels werden die Fruchthüllen als „Kolten“, die tauben Kastanien als „Dawe“ und die Dannenfelser selbst im Utznamen als „Keschdekepp“ bezeichnet.

Es gibt durchaus Spuren einer pfälzischen **Kastanien-terminologie**, die jedoch an die Lebens- und Arbeitsverhältnisse vergangener noch eng mit der Kastanie wirtschaftenden Generationen gebunden war und demnach in Vergessenheit geraten ist (vgl. hist. Kammertbau etc.).

Flur- und Straßennamen sowie **Weinlagen** wie „Keschdebuscher“ (Abb. 9), „Keschdedell“, „Kastaniengarten“ etc. weisen teils auf ehemalige Standorte

hin. Seit dem frühen Mittelalter kennt man die Edel-Kastanie als „Kestenbaum“. Das Hambacher Schloss bei Neustadt an der Weinstraße war früher als „Kestenburg“ bekannt, und am Fuße des „Kestenbergs“ wächst auch heute noch der charakteristische Gürtel aus Edel-Kastanien oberhalb ausgedehnter Rebflächen.

In *Ernteliedern* wird die Edel-Kastanie besungen. Es gibt sogar ein eigenes „**Keschdelied**“.

Obstbau & Edel-Kastanie

Fruchtsorten der Edel-Kastanie in Baden

Im Forstbezirk Bühl sind noch Reste historischer Fruchthaine der Edel-Kastanie, vor allem in der Nähe von Gehöften, erhalten. Hier war die obstbauliche Bewirtschaftung der Edel-Kastanie wichtiger als die Nutzung des wertvollen Holzes. Gerade die siedlungsnahen, oft veredelten Bäume und Haine sind jedoch durch Neubaugebiete der wachsenden Gemeinden in der Vergangenheit gerodet worden.

Die „Bühler Kastanien“

Damals waren die „Bühler Kastanien“ (Abb. 29) so bekannt und geschätzt wie heute die „Bühler Frühzwetschgen“. So heißt es im „Lahrer Hinkenden Boten von 1824“ in der Fortsetzung „seiner“ Reisebeschreibung durch das Badische Land:

(...) „So oft mir aber von Neusatz [bei Bühl] mein Hinker beschwerlich wurde, so tröstete ich mich: Alles hinkt ja in der Welt. Auch war mir der Anblick von so manchen schönen zahmen Kastanienbäumen, die oft in ganzen Haufen beisammen standen, eine Lust; denn das ist das rechte badische Kastanienland. Vor Zeiten regnete es nach Lauf, Neusatz und in das Bühlerthal mit holländischen Dukaten für die Kastanien, welche die Holländer kauften [Abb. 2].“

„Freilich ist der Absatz nicht mehr so stark; aber die Neusatzter verkaufen jährlich noch 10.000 Sester an die Freunde der Kastanien in und außer dem Land; und die in Lauf noch mehr. Im Bühlerthal, das ich jetzt erreichte, wachsen die Maronen, das sind herrliche Kastanien, so groß wie ein kleiner Apfel“ (...)

Abbildung 29:

Fruchtsorten der Edel-Kastanie in/um Bühl, aus: SCHÜLE (1873).



Die Kastaniengärten in Dannenfels am Donnersberg/Pfalz

Sie wurden vorwiegend obstbaulich bewirtschaftet. Am Beispiel der Kastaniengärten oder „Keschdegärde“ in Dannenfels kann man sehr gut und beispielhaft für viele andere „Kastanienregionen“ den Rückgang der Kastanienkultur belegen. Viele Gründe des Niedergangs der Kastanienkultur können auch fast zeitgleich mehr oder weniger auf andere Regionen übertragen werden.

Spätestens ab dem 17. Jh. war Dannenfels für seine Kastanienhaine bekannt – bedingt durch die besondere Klimagunst (FUCHS & WERNER 2002) konnten dort seit alters her auch wärmebedürftige Obstarten mit Erfolg kultiviert werden. Kaum eine Landesbeschreibung, Statistik oder ein regionales Lexikon, welche nicht die „bedeutende Kastanien-Pflanzung“ (FREY 1836), „die fruchttragenden edlen Kastanienbäume“, „edle Kastanien und Walnußbäume“ (Bülow 1834), die „Kastanien-Waldungen“ oder die

„beträchtliche Waldung von zahmen Kastanienbäumen (*Fagus castanea*)“ (Suckow 1782) erwähnt hätten.

Johann KEIPER, ehemals Regierungs-Direktor in Speyer, verdanken wir eine profunde Darstellung über „Bemerkenswerte pfälzische Bäume, Baumgruppen und Holzarten in und außer dem Walde.“ Darin hebt er die Edel-Kastanien besonders hervor:

„Alle bisher geschilderten Naturgebilde werden aber noch übertroffen durch den in seiner Art einzig dastehenden großartigen Kastanienhain am Fuße des Donnersberges östlich des malerisch gebetteten Bergdorfes Dannenfels in der Nordpfalz, südwestlich unweit von Kirchheimbolanden. Angesichts der dortigen üppigen Vegetation glaubt man sich förmlich in eine südliche Landschaft in Italien oder am Mittelmeer versetzt, denn die mächtigen Baumriesen der Dannenfelser Altkastanien suchen in ganz Deutschland und namentlich am Oberrhein ihresgleichen. Insbesondere fällt der uralte sog. dicke Kastanienbaum auf (BOUFFIER 2012a). Er besitzt einen Stammumfang von nicht weniger als 8,75 Meter. Die Schönheit und Reichhaltigkeit der Baumformen kommt hier mit aller Macht zur Geltung, riesige Laubdome wölben sich über die starken Stämme und Äste mit ihrem dichten Blattgezweig...“ (KEIPER 1927).

Lässt man sich auf die teils schwärmerischen Berichte um „uralte“ oder „vielhundertjährige Baumriesen“ ein, so müssen wir uns die früheren Kastaniengärten wie alte, mit solitären Eichen bestandene „Hutewälder“ vorstellen. Die zur Fruchterzeugung spätestens im 17. Jh. angelegten Haine und Kastaniengärten in Dannenfels – wie wir sie in ähnlicher Ausprägung auch aus dem Vordertaunus (BOUFFIER 2005 und 2006), von der Badischen Bergstraße – um Heidelberg „Flötze“ genannt – oder aus der Ortenau und dem Murgtal kennen, bestanden aus meist relativ kurzstämmigen solitären Edel-Kastanien, die, in weitem Abstand zueinander gepflanzt, ausladende Kronen bildeten.

Es gibt sie noch, diese aus heutiger Sicht romantisch anmutenden Landschaftsbilder mit den typischen Dörrhäusern. So z. B. im schweizerischen Bergell, während in Deutschland, bedingt durch die Konkurrenz zum Weinbau und besser rentierendem Obst wie der Kirsche, die Edel-Kastanien z. B. am Haardttrand in die höheren Hanglagen zwischen „Wein und Wald“ zurückgedrängt wurde. Nur noch kleine Restflächen dieser früher meist siedlungsnahen Haine oder „Keschdegärde“ wie z. B. „Im Hahnen“ in Freinsheim/Pfalz konnten sich bis heute erhalten. Die Erzielung großer Früchte setzte weite Pflanzabstände voraus und hatte zur Folge, dass

sich in Dannenfels aber auch an der Haardt Baumgiganten – wegen ihrer markanten Rinde auch „graue Riesen“ genannt – entwickeln konnten. Oft geben solche Bäume, die man aus Ehrfurcht stehen ließ, Zeugnis von ehemaligen größeren Hainen, welche u. a. der Gewinnung von Bauland zum Opfer fielen. Und wenn auch viele Bäume unseren Straßen und Häusern weichen mussten, weisen manchmal noch Flur- und Straßennamen auf ehemalige Standorte hin. So deutet z. B. der Straßename „Köschtenäckerle“ in Bühl-Neusatz/Baden auf ein ehemaliges mit Kastanien bestandenes Flurstück hin. Heute stehen dort die bekannten Bühler Frühzwetschgen hoch im Kurs; im 19. Jh. kündeten die Bühler Kastanien von reichen Ernten.

Nach Ernst GÜMBEL war der Höhepunkt der flächenhaften Ausdehnung der Edel-Kastanie in Dannenfels mit 27 ha um 1800 erreicht und beträgt heute nur noch weniger als 9 ha.

Der Rückgang der Kastaniengärten war bedingt durch:

1.) Polarfröste z. B. von 1709, 1928/29, 1939/40 und 1956/57

In einem Hausbuch von Hambach an der Haardt heißt es im Jahre 1709:

„Sehr harter Winter ... Auff heilige Drei Könige hat die Kält angefangen und ist der weinstock all erfroren, auch möhren Theyls obs Köstenbaum [Edel-Kastanien].“

2.) Einsetzender globaler Handel bringt Konkurrenz

- schnellerer Warentransport Anfang des 20. Jh.,
- Entwicklung von globalen Handelswegen und Märkte
- Obst und Maronen konnten z. B. aus Italien billiger eingeführt werden, die Nachfrage stockte und der Preis verfiel
- weniger Zeit/Arbeit beanspruchende und mehr Profit versprechende Kulturen setzten sich durch

Die Edel-Kastanie kommt „aus der Mode“:

„Die Kastanien haben sich überlebt, Obst rentiert besser“

3.) Erschließung von Bauland, Anbau von besser vermarktungsfähigen Obstarten

4.) Die Weltkriege

Der I. Weltkrieg

Brennstoffmangel, starke Nachfrage nach Gerbstoffen

Karl RÄDER äußerte sich 1916 besorgt über den Raubbau an den Edel-Kastanien:

„Auch unseren Kastanienbäumen ist der Krieg erklärt! Der gesteigerte Bedarf an Gerbstoffen zehrt ganze Wälder auf und mancher hundertjährige Riese wurde im letzten Jahr gefällt. In der Vorderpfalz z. B. kann man beobachten, wie an verschiedenen Stationen täglich mehrere Eisenbahnwagen mit Kastanienhölzern beladen werden.

Auch die uralten Kastanien von Dannenfels scheinen in ihrem Fortbestehen bedroht“.

Das Holz der Edel-Kastanie weist gegenüber der Eiche einen noch höheren Gerbstoffgehalt auf. Aus dieser „natürlichen Imprägnierung“ ergibt sich die

Dauerhaftigkeit des Holzes, das früher wie heute für Rebpfähle, einst im Kammertbau (Reberziehung am Rahmen an der Haardt), für Weinfässer etc. genutzt wurde. Während des Krieges benötigte man viele Gerbstoffe, und auch Gewehrschäfte wurden nicht nur aus Walnuss- sondern auch in Ermangelung desselben aus Kastanienholz gefertigt.

Am 1. März 1916 trat eine deutschlandweite „Bekanntmachung betreffend Höchstpreise für Eichenrinde, Fichtenrinde und zur Gerbstoffgewinnung geeignetes Kastanienholz“ (Abb. 30) durch die Generalkommandos der Armee in Kraft, die bei einer Zurückhaltung von Vorräten eine Enteignung und Strafe zur Folge hatten.

Es bestand ein Vorkaufsrecht der Kriegsleder Aktien-Gesellschaft in Berlin. Auch die Beschlagnahmung durch das Militär war möglich.

Abbildung 30:

Fällungsverbot für Edel-Kastanien, HHStAW Abt. 410, Nr. 81.



Auch die Früchte der Edel-Kastanie waren während des Krieges „für Heereszwecke und Lazarette [zu] verwenden“.

In einem vom 4. Oktober 1918 datierenden Schreiben des Königlichen Bezirksamtes Kirchheimbolanden an das Bürgermeisteramt in Dannenfels und einer dann am 7. Oktober folgenden Bekanntmachung hieß es:

„Nach Mitteilung der Kreisstelle der Pfalz für Obst und Gemüse in Speyer wurde wie im Vorjahre Philipp Raab von Mannheim mit dem Alleinaufkauf der Edelkastanien für die bayer. Lebensmittelstelle beauftragt. Diese will die Kastanien für Heereszwecke und Lazarette verwenden.

Auf Grund dessen, dürfen Edelkastanien nur an Raab verkauft werden. Jede Sendung oder Ausfuhr von Edelkastanien, auch die kleinste ist genehmigungspflichtig, ebenso die Mitnahme als Reise- oder Handgepäck. Anträge auf Beförderungsgenehmigung sind anher einzureichen; jedoch wird die Genehmigung nur in Ausnahmefällen und für kleine Mengen erteilt. Vorstehendes ist sofort ortsüblich öffentlich bekannt zu machen und Nachweis zu den gemeindlichen Akten zu nehmen“.

Der II. Weltkrieg

Wieder bestand großer Bedarf an Gerbstoffen. Die unter Naturdenkmalschutz stehenden Kastanienbäume waren in großer Gefahr. Der Status der Naturdenkmäler wurde von der Landesbauernschaft Saarpfalz in einem Schreiben vom 9. Januar 1937 (Abb. 31) bezüglich Abholzung von Kastanienbeständen in Dannenfels an die Regierung der Pfalz, Naturschutzstelle in Speyer, in Frage gestellt.

Darin werden die altehrwürdigen Edel-Kastanien als „abgängige Baumruinen“ und „Schädlingsherde“ bezeichnet, und es soll abgewogen werden ob der Erhalt „wirklich wertvoller Naturdenkmäler“ den Zielen im Sinne einer Steigerung der Obsterzeugung standhalten kann.

Nach dem Motto „ohne Mampf kein Kampf“, sprach man im Nationalsozialismus von der „Erzeugungsschlacht“.

Sicherung und Erweiterung der Bestände heute

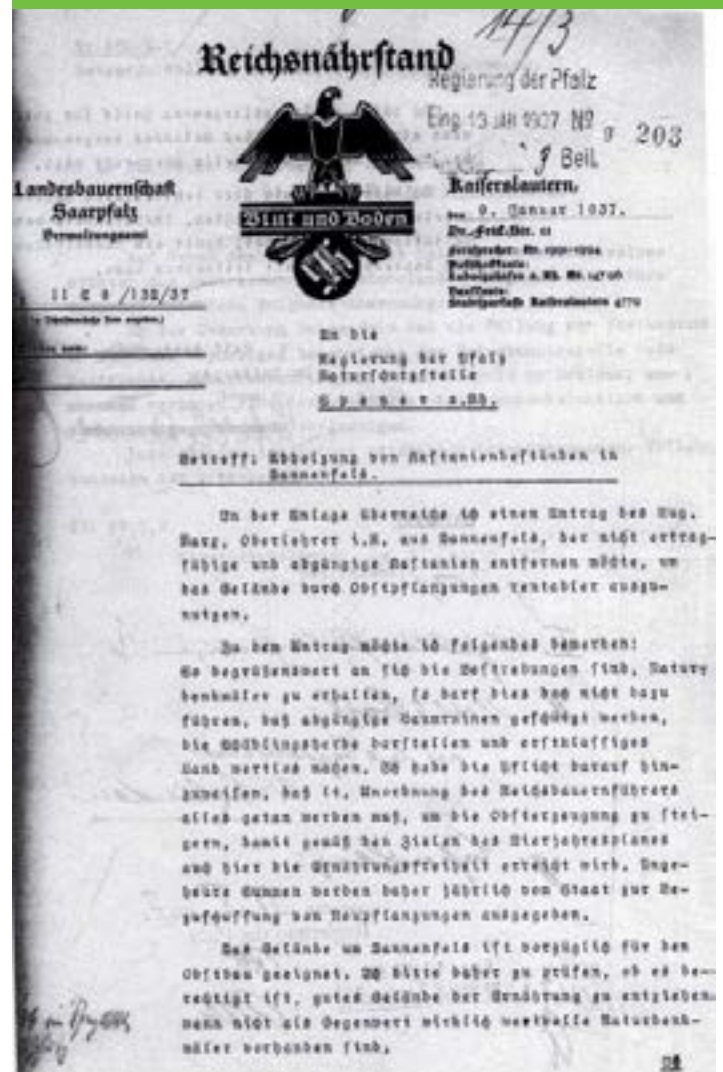
Ernst GÜMBEL, ehemaliger Bürgermeister der Gemeinde Dannenfels, drückte seine Wertschätzung nach einem Vortrag zu den Edel-Kastanien so aus:

„Ohne Dannenfels keine Kastanien am Donnersberg, ohne Kastanien kein Dannenfels, zumindest nicht in der Form“.

Daraus ergibt sich eine historische Verpflichtung zum

Abbildung 31:

Abholzung von Kastanienbeständen in Dannenfels, LA Speyer H 37, Nr. 3163-3165.



Erhalt der Kastaniengärten. Diese sind wichtig als Lebensraum (Naturschutz und Ökologie), ein Alleinstellungsmerkmal der Region, und Bestandteil eines charakteristischen südlichen Landschaftsbildes (Abb. 32).

An die alte Tradition der – in der Vergangenheit leider stark zurückgegangenen – Haine mit Edel-Kastanien anknüpfend, stellte die Gemeinde Dannenfels im Jahre 2001 ein Grundstück zur Neuanlage eines Kastaniengartens zur Verfügung.

Um langfristig Fruchtsorten der Edel-Kastanie zu erhalten und auf Anbauwürdigkeit zu prüfen, wurden in den letzten Jahren Reiser von besonders gut tragenden Bäumen („lokale Sorten/Typen“ wie Gumbel, Baab und Kranz) in Dannenfels durch die Baumschule OBERHOLZ in Freinsheim in Zusammenarbeit mit der Staatlichen Lehr- und Forschungsanstalt für Landwirtschaft, Weinbau und Gartenbau in Neustadt-Mußbach (heute DLR) auf Sämlingsunterla-

Abbildung 32:

Edel-Kastanien-Sortengarten, nördlich von Dannenfels (12.6.2011).



gen veredelt. Im Jahre 2001 wurden diese dann im Sortengarten ausgepflanzt. Nach einigen Verlusten durch Mäuse und Verbiss, haben sich die meisten Bäume heute etabliert und schon Früchte gezeitigt. Bei der Anlage des Dannenfelser Sortengartens bediente man sich vorwiegend französischer Fruchtsorten der Edel-Kastanie wie 'Bouche de Bétizac', 'Bouche Rouge', 'Belle Epine', 'Precoce Migoule', 'Marron Goujounac', 'Bournette', 'Marron d'Orlaques', 'Marigoule', 'Maraval', 'Marsol' und 'Marlhac'. Bei einigen dieser Sorten handelt es sich um Hybriden der Europäischen Edel-Kastanie (*Castanea sativa*) mit der Japanischen Edel-Kastanie (*Castanea crenata*).

Schenkungen von Maronen

Maronen waren früher Teil des Kirchenzehnten (Fruchtzehnt), Zöllner wurden damit bisweilen „bestochen“, differenzierte Lese- und Eigentumsrechte (Besitz, Rente etc.) waren damit verbunden, und auch zur Hochzeit mussten so genannte Kopulationsbäume seitens Brautpaar zur Wahrung der Kontinuität gepflanzt werden.

Die Früchte der Edel-Kastanie waren früher ein begehrter Handelsartikel und auch ein Geschenk, mit welchem man Eindruck hinterlassen konnte, da an Lebensmitteln nicht wie heute alles im Überfluss verfügbar war.

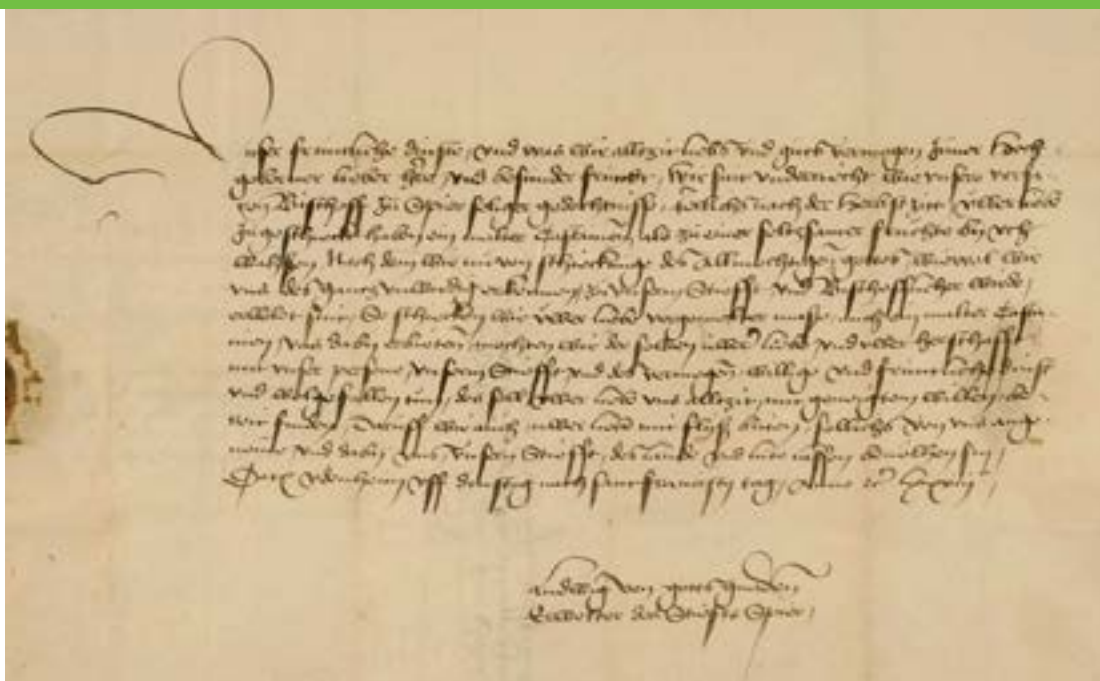
Noch zu Zeiten von Johann Wolfgang von GOETHE waren die von seiner Mutter aus dem Taunus nach Weimar alljährlich verschickten Edel-Kastanien (Taunusopfer!) (BOUFFIER 2004 und 2006) eine große Besonderheit in Thüringen.

Es ist auch vielfach nachgewiesen, dass die verschickten Früchte nicht nur verspeist wurden sondern auch als Saatgut verwendet zur Verbreitung der Edel-Kastanie beitrugen.

Im Hauptstaatsarchiv Stuttgart ist eine **Urkunde vom 7. Oktober 1478** erhalten, welche besagt, dass Ludwig, Erwählter zu Speyer dem Grafen Eberhard V. von Württemberg ein Malter Edel-Kastanien schickte, wie es seine Vorgänger aus Liebe ebenfalls alljährlich zur Herbstzeit getan hatten:

Abbildung 33:

Urkunde vom 7. Oktober 1478, welche besagt, dass Ludwig, Erwählter zu Speyer dem Grafen Eberhard V. von Württemberg ein Malter Edel-Kastanien nach alter Gewohnheit schickte, HStAS A 602 Nr. 6340 = WR 6340.



- 1 Unser fruntliche dinst und was wir allezit liebs
und guts vermogen zuvor Hoch-
- 2 geborner lieber h[er]re, und besunder frundt, wir
sint underricht wie unsere vorfa-
- 3 ren, Bischoff zu Spier seliger gedechtnisse, jehr-
lichs nach der herbstzitt uwer liebe
- 4 zugeschickt haben ein malter Castanien, alo [al-
so?] zu einer seltzsamer fruchte bii uch
- 5 wahszen. Nach dem wir nu von schieckunge des
allmechtigen Gottes, wiewol wir
- 6 uns des gantz unwirdig erkennen, zu unßerm
Stiefft und Bischofflicher werde
- 7 erwelt sint, so schiecken wir uwer liebe vorgemel-
ter maße auch ein malter Casta-
- 8 nien, uns dabii erbierten mochten wie der selben
uwer[e] liebe und uwer herschafft
- 9 mit unser persone, unserm Stiefft, und des ver-
mogen willige und fruntliche dinst
- 10 und wolgefallen tun, des soll uwer liebe uns allzit
mit geneigtem willen be-
- 11 reit finden, daruff wir auch uwer liebe mit fleiß
bitten, sollichs von uns ange-
- 12 nemme und dabii uns, unsern Stiefft, des lande
und lute lassen bevöllen sin,
- 13 Dat[um] Udenheim uff dinstag nach sant Francis-
cii tag, Anno et[c.] LXXVIII
- 14 Ludwig von Gotts gnaden
- 15 erwelter des Stieffts Spier (HStAS A 602 Nr. 6340
V = WR 6340 (Abb. 33))

Ausblick

In den letzten Jahren kann man von einer „Renaissance“ der **Kastanienkultur in Deutschland/Europa** sprechen.

Das Holz erfreut sich zunehmender ökonomischer Wertschätzung, ihre waldbauliche Bewirtschaftung und Genetik werden im Rahmen des Klimawandels erforscht. Neue Kastaniengärten werden begründet, in denen lokale und regionale Sorten als Genressourcen erhalten und großfruchtige südeuropäische Sorten gesichtet werden.

Von Seiten des Fremdenverkehrs wurden Kastanienfeste (Keschdefeschde) in Hauenstein, Edenkoben und Annweiler initiiert. Nicht nur dort werden Kastanienprodukte, zum Teil traditionelle Gerichte (NAKfour 2008) wie Saumagen, Kastaniensuppe (Keschdebrieh) aber auch die „haute cuisine“ angeboten. Somit ist die Kastanie auch kulinarisch in aller Munde.

Die für ihre guten Wanderwege bekannte Pfalz verfügt über einen ca. 56 km langen von Hauenstein nach Neustadt führenden Wanderweg, den Pfälzer Keschdeweg.

Für die Zukunft wäre ergänzend ein didaktisch ausgearbeiteter Lehrpfad mit verschiedenen Stationen zur Kastanienkultur in der Pfalz oder gar ein **Obstbau- und Kastanienmuseum** wünschenswert. Zumindest eine eigene Abteilung oder Ausstellung könnte im Pfalzmuseum für Naturkunde die **facettenreiche Kastanienkultur** darstellen.

Literatur

- AMMANN, H. (1955): Von der Wirtschaftsgeltung des Elsaß im Mittelalter. Sonderdruck aus dem Alemannischen Jahrbuch 1955, Moritz Schauenburg, Lahr/Schwarzwald, 112 S.
- ANONYMUS (1857): Bad Gleisweiler, das obere Haardtgebirge und die pfälzische Schweiz. Ein Führer und Erinnerungsbuch für Kurgäste und Touristen; mit 15 Stahlstichen, 1 Situationskärtchen und einem Panorama von Bad Gleisweiler in Stahlstich. Verlag Gottschick, Neustadt an der Haardt, 71 S.
- ANONYMUS (1998): Trésors des Bibliothèques de Colmar et de Sélestat. Exposition Église des Dominicains de Colmar 2 juillet-30 août 1998, Ausstellungskatalog, Colmar.
- BADDG = Bildarchiv der DDG, Göttingen.
- BARTH, M. (1958): Der Rebbau des Elsass und die Absatzgebiete seiner Weine. Ein geschichtlicher Durchblick. Erster Band. Editions F.-X. Le Roux, Strasbourg, Paris.
- BEHLING, L. (1964): Die Pflanzenwelt der mittelalterlichen Kathedralen. Böhlau Verlag Köln, Graz, S. 139-143.
- BIEHLER (1864): Die zahme Kastanie. (*Castanea vesca*). Monatsschrift für das Forst- und Jagdwesen mit besonderer Berücksichtigung von Süddeutschland 8: 366-371.
- BOUFFIER, V.A. (2004): Die Edelkastanie (*Castanea sativa* P. MILL.) in Hessen – Aspekte einer Kastanien-Kultur unter besonderer Berücksichtigung der Vorkommen in Kronberg und Oberursel/Vordertaunus. Mitt. Dtsch. Dendrol. Ges. 89: 107-115.
- BOUFFIER, V. A. (2005): Die obstbauliche Kultur der Edelkastanie im Vordertaunus. Jahresheft, Pomologen-Verein: 24-34, Aue.
- BOUFFIER, V.A. (2006): Kastanienkultur im Vordertaunus. Ein einzigartiges kulturhistorisches Erbe. Jahrbuch Hochtaunuskreis. Bad Homburg. S. 23-37.
- BOUFFIER, V.A. (2007): Das Edelkastaniendorf Mammolshain im Taunus. Beiträge zur Gehölkunde 17: 89-97, Rinteln.
- BOUFFIER, V.A. (2011a): „...wie ein Kranz ums ganze Dorf...“. Kastaniengärten und Baumveteranen der Edelkastanie in Dannenfels. Donnersberg-Jahrbuch 2011. Heimatbuch für das Land um den Donnersberg 34: 195-201.

- BOUFFIER, V.A. (2011b):** Die Kastaniengärten in Dannenfels/Pfalz – Baumveteranen der Edel-Kastanie einst und jetzt. Jahresheft Pomologen-Verein e.V., Detmold, S. 102-119.
- BOUFFIER, V. A. (2011c):** Zur Gehölzverwendung vom späten Barock bis in die Gegenwart im Schlosspark von Kirchheimbolanden/Pfalz. Beiträge zur Gehölzkunde 19: 129-150. Hansmann Verlag, Hemmingen.
- BOUFFIER, V.A. (2012a):** Die „Dicke Keschde“: Champion Tree 2012. In: Baum Zeitung 46 (3): 18-20, Haymarket Media, Braunschweig.
- BOUFFIER, V.A. (2012b):** Edel-Kastanien im Elsass. In: Baum Zeitung 46 (5): 20-23, Haymarket Media, Braunschweig.
- BOUFFIER, V.A. (2013a):** Die Geschichte der Bildersammlung der DDG – von ihren Anfängen bis zur Schaffung eines Bild- und Baumarchivs. Mitt. Deutsch. Dendrol. Ges. Nr. 98, 29-46, Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.
- BOUFFIER, V.A. (2013b):** Dendrologische Reisenotizen – unter Berücksichtigung einiger potenzieller Champion Trees auf Bundes-, Länder- und Kreisebene – in Deutschland (II), mit zwei Exkursionen ins benachbarte Ausland. Beiträge zur Gehölzkunde 20, Hansmann Verlag, Hemmingen, S. 211-261.
- BOUFFIER, V.A. (2013c):** Zum 200. Todestag von Johann Ludwig Christ (1739-1813) – Protestantischer Pfarrer – Praktiker und Pomologe aus Kronberg im Taunus. Jahresheft Pomologen-Verein e.V., Hamburg, S. 146-152.
- BOUFFIER, V.A. (2013d):** Edel-Kastanien im Harz. In: Baum Zeitung 47 (5): 22-25, Haymarket Media, Braunschweig.
- BOUFFIER, V. A.; MAURER, W. D. (2009):** Germany. In: AVANZATO, D.; BOUNOUS, G. (eds.): Following Chestnut Footprints (*Castanea* spp.). Cultivation and Culture, Folklore and History, Traditions and Uses. Scripta Horticulturae 9. ISHS (International Society for Horticultural Science), Leuven, Belgium. Pp. 53-62.
- BRUNETON-GVERNATORI, A. (1999):** Le pain de bois. Ethnohistoire de la châtaignie et du châtaignier. LA-COUR-Verlag, Nîmes. 533 S.
- BÜLOW, C. W. VON (1834):** Deutschlands Wälder. Beiträge zur Forstgeographie. G. Reimer, Berlin, 336 S. (S. 99).
- CHRIST, J. L. (1802):** Pomologisches theoretisch-praktisches Handwörterbuch oder Alphabetisches Verzeichnis aller nöthigen Kenntnisse sowohl zur Obstkultur, Pflanzung, Veredlung, Erziehung, Pflege und Behandlung aller Arten Obstbäume, und der ökonomischen Benutzung ihrer Früchte – als auch zur Beurtheilung und Kenntniss der vorzüglichsten bisher bekannten Obstsorten aller Arten und ihrer Classification. Leipzig.
- CHRIST, J. L. (1804):** Handbuch über die Obstbaumzucht und Obsthlehre. Dritte verbesserte Ausgabe. Mit Kurfürstl. Sächsischem gnädigstem Privilegie, Frankfurt.
- CHRIST, J. L. (1809):** Vollständige Pomologie und zugleich systematisches, richtig und ausführlich beschreibendes Verzeichnis der vornehmsten Sorten des Kern- und Steinobstes, Schalen- und Beerenobstes der Christ'schen Baumschule zu Kronberg.
- CHRIST, J. L. (1812):** Vollständige Pomologie über das Steinobst, Schalen- und Beerenobst. Mit 24 ausgemalten Kupfertafeln, theils nach dem zur Hälfte verjüngten Maasstabe des Pariser Fusses, allermeist aber nach der Naturgröße, und einem ausgemalten Titelkupfer. Im Verlage des Verfassers und in Kommission J. Ch. Hermann'schen Buchhandlung Frankfurt am Main.
- DOERR, L. (1917):** Geschichte von Gleisweiler. Eigenverlag.
- DOERR, L. (1945):** Die Winzerfamilie Dörr in Gleisweiler, Spirae-Verlag, D. A. Koch, Speyer, 51 S.
- DREISVOGT-PRAUSE, C. (2011):** Die 200jährige Edel-Kastanien-Allee von Schloss Dyck. Beiträge zur Gehölzkunde 19: 179-183. Hansmann Verlag, Hemmingen.
- DRESSENDÖRFER, W. (2004):** Die Pflanzenbilder im „Himmelsgarten“ von St. Michael zu Bamberg – eine Annäherung, S. 141-156. In: TAEGERT, W.: Hortulus floridus Bambergensis. Studien zur fränkischen Kunst- und Kulturgeschichte. Michael Imhof Verlag, Petersberg.
- FABRICIUS, L. (1941):** Nachrufe. Dr. Karl Freiherr von Tübeuf †. Mitt. Dtsch. Dendrol. Ges. Nr. 54: XIII-XVI.
- FAJEN, R. (2003):** Die Lanze und die Feder. Untersuchungen zum Livre du Chevalier errant, von Thomas III., Markgraf von Saluzzo. Interdisziplinäre Beiträge zur Mittelalterforschung, Bd. 15, Reichert Verlag, Wiesbaden, 288 S.
- FREY, M. (1836):** Versuch einer geographisch – historisch – statistischen Beschreibung des kön. bayer. Rheinkreises, dritter Theil, 298 S. und 51 S. Anhang, Reprint von 1975 im Verlag J. Richter, Pirmasens.
- FRIEDERICH (1605):** Holtzordnung: Unser Pfaltzgraff Friederichs Churfuersten/etc. Wie es im Neckerthal oners Churfuerstenthumbs der Pfaltzgrafschaft bey Rhein / mit kauffung / verkauffung / ond verfuhrung / Brenn / Weingart / Wagen / Fassen / Faßtaugen? / Raissen? / ond anderm Holtz: Item Bandweiden / Kohlen / Eichenrinden / Lohe / ond dergleichen / off dem Necker / Auch so es weiter off den Rhein kombt / fürterhin soll gehalten werden. Erneuert im Jahr. 1605.
- FRÖHLICH, H.-J. (1991):** Wege zu alten Bäumen, Bd. 3 Rheinland-Pfalz, Saarland, WDV Wirtschaftsdienst, Frankfurt, 151 S.
- FUCHS, H.-J. & M. WERNER (2002):** Zur Klimaökologie des Donnersberges in der Nordpfalz. Mitt. Pollichia, 87 f. 2000: 19-41, Bad Dürkheim.
- GELLER, M., BOUFFIER, V.A. (2013):** Küstenmammutbäume in Deutschland – eine Bestandsaufnahme. Beiträge zur Gehölzkunde 19: 30-51, Hansmann Verlag, Hemmingen.
- GOETHE, R. (1910):** Aus deutschen Gärten. Bad Gleisweiler in der Pfalz. Die Gartenwelt, XIV. Jg., Nr. 48: 620-622.
- GOSSMANN, J. B. (1846):** Bad Gleisweiler und seine Umgebungen. Dargestellt in sieben Stahlstichen von L. Hoffmeister, Landau, 48 S.
- HALLBAUER (1896):** Edelkastanie und Akazie als Waldbäume im Oberelsaß. Allgemeine Forst- und Jagd-Zeitung, Aug./Sept., S. 249-254.
- HAUSRATH, H. (1921):** Erfahrungen mit dem Anbau fremder Holzarten in den Forsten Badens. Mitt. Dtsch. Dendrol. Ges. 31: 233-244.
- HAUSRATH, H. (1982):** Geschichte des deutschen Waldbaus. Von seinen Anfängen bis 1850. Schriftenreihe des Instituts für Forstpolitik und Raumordnung der Universität Freiburg. Hochschulverlag. 416 S. (Manuskript von 1945 wurde post mortem 1982 veröffentlicht).

- HEITZ, J. H. (ed.) (1903): Ortsbeschreibendes und geschichtliches Wörterbuch aller in Elsass-Lothringen vorkommenden Denkmälern, Städten, Dörfern, Höfen, Bächen, Flüssen, Seen, Bergen etc. etc., Heitz & Mündel, Strassburg, 1258 S.
- HELLMANN, A. (1994): Bad Gleisweiler. Analyse eines historischen Parks. Diplomarbeit an der FH Weihenstephan, 96 S. und Karten.
- HEPP, F. (1994): Matthaeus Merian in Heidelberg: Ansichten einer Stadt. 2. Auflage. Universitätsverlag C. Winter, Heidelberg.
- HERTZOG-PLANTIÈRES, A (1907/1908): Geschichte des Elsassischen Garten- und Obstbaues. Sonderabzug aus den Mitteilungen der Naturhistorischen Gesellschaft in Colmar, Colmar, 46 S.
- HERZOG, R. (2005): Die Rosskastanie in historischen Gärten – Beispiele aus Ost- und Süddeutschland. In: LWF, Hrsg.: Beiträge zur Rosskastanie. Berichte der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft, LWF Wissen, Heft 48, Freising, 88 S. (S. 45-50).
- HHStAW, HESSISCHES HAUPTSTAATSARCHIV WIESBADEN, Abt. 242, Nr. 1590: Amt Usingen, Acta spec. Betr. Obstbaumzucht, ab 1874.
- HÖFKER, H. (1937): Jahresversammlung in Saarbrücken und Frankfurt a. M., 29. Mai bis 3. Juni 1937. Mitt. Dtsch. Dendrol. Ges. Nr. 49: 204-242.
- HStAS = Hauptstaatsarchiv Stuttgart.
- HÜNERFAUTH, K. (2009): Das wechselvolle Schicksal der „Dr. Welsch-Terrasse“. Vom Terrassenwingert eines Pfarrers zur schönsten Parkanlage von Neustadt an der Weinstraße. Beiträge zur Gehölkunde 18: 254-259, Hansmann Verlag, Hemmingen.
- INSAM, B. D. (1994): Die Edelkastanie. Aspekte einer europäischen Kultur. Schriften des landwirtschaftlichen Museums Brunnenburg 9: 1-82. Dorf Tirol.
- KEIPER, J. (1927): Bemerkenswerte pfälzische Bäume, Baumgruppen und Holzarten in und außer dem Walde. Sonderdruck der Palatina, Dr. Jaeger'sche Buchdruckerei, Speyer am Rhein, 24 S.
- KNEIFF, F. (1937): An der deutschen Weinstrasse. Mitt. Dtsch. Dendrol. Ges. Nr. 49: 98-100.
- KNOCH, K. (2007): Tausend Jahre Gleisweiler 1007-2007. Hrsg. von der Gemeinde Gleisweiler, Progressdruck GmbH, Speyer, 645 S. (S. 94/95, 114, 513, 569, 585).
- KÖBERLIN, A. (1893): Zur historischen Gestaltung des Landschaftsbildes um Bamberg. Wissenschaftliche Beilage zu dem Jahresbericht des neuen Gymnasiums in Bamberg. Fr. Humann'sche Buchdruckerei, Bamberg. 129 S.
- KURZ, K. B. (1829): Intelligenz-Blatt des Rheinkreises No. 40: 324/25, Speyer, den 4. Dezember 1829: Regierungs-rath KURZ berichtet darin von der Gemeinde Gleisweiler und dem dortigen Bürgermeister Orth, ... „sind wieder neue verdienstliche Verbesserungen angerühmt worden. Seit 5 Jahren sind durch sein Bestreben 84 Tagwerke mit Eichen und Kiefern bepflanzt, 5 Hectoliter Saatkastanien gesetzt und über 4000 Kastanienpflänzlinge versetzt worden, und neuerdings wurde wieder eine Waldfläche von 8? Tagwerken zur fruchtbaren Wiese umgeschaffen.– Da die Verdienste dieser Gemeinde schon öfters belobt und erst im verflossenen Jahre [1828] mit der goldenen Medaille erkannt wurden, so wird hier die Ehrenmeldung wiederholt.
- LA SPEYER, Landesarchiv Speyer.
- MAGNIN, J. (1914): Picture in the Museum of Dijon. Darantière. P. 218.
- MARPERGER, P. J. (1722): Nutz- und Lustreicher Plantagen-Tractat, Oder Gruendlicher Beweis, Was die Cultur fremder und auch einheimischer Plantagen an Baeumen, Kraeutern und anderen Gewaeachsen unsern Teutschland in seinen [seinen] Haußhaltungen und Commerciis, wie auch dem AErario selbst vor Nutzen bringen koenne [...] Druckts Johann Christoph Krause [Herzog August Bibliothek Wolfenbüttel HAB <http://diglib.hab.de/drucke>]. In der Zweyten Abtheilung des „*Nutz- und Lustreichen Plantagen-Tractats*“, ist „*eine speciale Verzeichniß der Nutzbarsten Baeume, Straeucher, Pflanzen und Kraeutern*“ nach dem Alphabet darin auch die „Castanien-Baeume“ aufgeführt (sind): „in Elsaß und in der Pfalz findet man gantze grosse Waelder, und auch stattliche Alleén davon“...
- MERIAN, M. (1663): Topographia Alsatae, &c. completa, Das ist/ Vollkoemliche Beschreibung und eygentliche Abbildung der vornehmsten Staedt und Oerther/ im Obern und Untern Elsaß (...), Johann Georg Spoerlins Buch-Truckerey, Franckfurt am Mayn.
- MERTENS, R. (1895): Die Kastanienhaine im Taunus. Mitteilungen über Obst- und Gartenbau 10, 11: 168-170. Geisenheim.
- METZGER, J. (1841): Landwirthschaftliche Pflanzenkunde, oder praktische Anleitung zur Kenntniß und zum Anbau der für Oekonomie und Handel wichtigen Gewächse. Akademische Verlagsbuchhandlung von C. J. Winter, Heidelberg.
- MOMIGLIANO, L. L. (ed., 2006): Castle of Manta. Fondo per l'Ambiente Italiano. 47 S.
- MÜLLER, R. (1937): Die Weymouthskiefer (Weißkiefer) 1) früher und heute. Mitt. Dtsch. Dendrol. Ges. Nr. 49: 5-46.
- MÜNSTER, S. (1628): Cosmographia. Faksimile-Druck von 1978 nach dem Original von 1628. Antiqua-Verlag, Lindau.
- NAKFOUR, G. (2008): Von "Keschdegemies" bis Kastanienoufflé. Was "Keschdekerb" und Kochbuch alles bieten. Donnersberg-Jahrbuch, 31. Jg.: 40-42, Kirchheimbolanden.
- OEHME, R. et al. (1988): Sebastian Münster Cosmographie Basel 1550. Mit einer Einführung von Prof. Dr. R. Oehme, Deutscher Bücherbund.
- OMPTEDA, L. FREIHERR VON (1886): Rheinische Gärten von der Mosel bis zum Bodensee. Bilder aus alter und neuer Gärtnerei, Paul Parey, Berlin.
- OSTERMANN, R. (2002): Die Niederwälder am Fuß der Ostvogesen (Elsass/Frankreich). Eine kulturgeografische und vegetationskundliche Analyse. Schriftenreihe Freiburger Forstliche Forschung Band 21, Waldbau-Institut an der Albert-Ludwigs-Universität, Freiburg.
- PAFF, M. (2005): Die Kastanien auf dem Karlsberg. Saarpfalz Kalender, Amt für Denkmalpflege und Heimatkunde, Landratsamt, Homburg, S. 111-113.
- PITTE, J.-R. (1986): Terres de Castanide. Hommes et paysages du châtaignier de l'Antiquité à nos jours. Fayard, Paris.

- RÄDER, K. (1916):** Die Dannenfelser Kastanienbäume. Pfälzische Heimatkunde. Monatsschrift für Natur- und Landeskunde der Pfalz. XII. Jahrgang, Nr. 9: 132-136.
- RAPP BURI, A.; STUCKY-SCHÜRER, M. (1993):** Zahm und wild. Basler und Straßburger Bildteppiche des 15. Jahrhunderts. 3. Auflage. Verlag Philipp von Zabern, Mainz. 426 S.
- RICHARDI, H.-G. (1975):** Die schönsten Gärten und Parks. Ein Reiseführer durch Deutschland. BLV Verlagsgesellschaft, München, 167 S.
- RUDERICH, P. (2003):** St. Michael in Bamberg. DKV-Kunstführer Nr. 614/3. Deutscher Kunstverlag GmbH München, Berlin. 31 S.
- RUSS, J. (1922):** Die größten, ältesten oder sonst merkwürdigen Bäume Bayerns in Wort und Bild. Verlag von Piloty & Loehle, München, 43 S. und Anhang mit Auszügen aus den jeweiligen Topographischen Karten.
- SAUVEZON, A.; SUNT, R. et C. (2000):** Châtaignes et Châtaigniers en régions méditerranéennes françaises (culture, usages, gastronomie). Edisud, Aix-en-Provence. 168 pages.
- SAUVEZON, A. et R. (2003):** Les trésors du châtaignier. Pérégrinations à travers les Cévennes, l'Ardèche, la Corse et autres lieux du sud de la France. Les Presses du Languedoc, Montpellier. 158 pages.
- SCHARFF, M. (1995):** Der Kammertbau. Zur Rekonstruktion einer historischen Reberziehungsweise in der Pfalz. Verlag der pfälzischen Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften, Speyer, 234 S.
- SCHMITT, J. A.; P.-H. KANN; R. KLOS (2013):** Pilze an *Castanea sativa* in Europa, Teil I. Beiträge zur Gehölzkunde 20, Hansmann Verlag, Hemmingen, S. 279-294.
- SCHNEIDER, L. (1853):** Bad Gleisweiler bei Landau in Rheinbayern. Nebst praktischen Bemerkungen über Wasser-, Molken- und Traubenkuren. In Commission bei Eduard Kanßler, Landau, 205 S.
- SCHNEIDER, R. (2003):** Schlösser und Landsitze [der] Herzöge von Pfalz-Zweibrücken in den Oberämtern Zweibrücken und Homburg im 18. Jahrhundert. Architektur – Intérieur – Gartenkunst, 386 S.
- SCHÜLE (1873):** Essbare Kastanien (mit 1 Tafel Abbildungen). Illustrierte Monatshefte für Obst- und Weinbau, Organ des deutschen Pomologen-Vereins, Ravensburg 9: 16-18.
- SCHWERIN, F. GRAF VON (1920):** Jahresversammlung zu Braunschweig vom 6.-12. August 1920. In: Mitt. Dtsch. Dendrol. Ges. Nr. 29: 343-380.
- SPRENGER, P. S. (1597):** HORTI MEDICI CATALOGVS. Arborum, Fruticum ac Plantarum tam indigenarum quam exoticarum. FRANCOFVRTI AD MOENVN, TYPIS IO-ANNIS SPIESSII [Frankfurt am Main, verlegt von Johannes Spiess].
- STADTMUSEUM ZWEIBRÜCKEN, HRSG. (2010):** Die Wiege der Könige. 600 Jahre Herzogtum Pfalz-Zweibrücken. Ausstellungskatalog Rheinland-Pfälzische Landesausstellung in Zweibrücken und Homburg (29.8.-14.11.2010), Zweibrücken, 432 S.
- SUCKOW, G. A. (1782):** Mineralogische Beobachtungen ueber einige benachbarte Gegenden. In: Bemerkungen der Kurpfälzischen physikalisch-oekonomischen Gesellschaft, vom Jahre 1781, Mannheim und Lautern, in der neuen Hof- und akademischen Buchhandlung, 1782, Seite 327-384.
- TUBEUF, K. FREIHERR VON (1908):** Der Park von Gleisweiler in der Pfalz. Skizze nach einem Besuch im April 1908. Naturwissenschaftliche Zeitschrift für Forst- und Landwirtschaft, 6. Jg., Heft 8: 385-395.
- VOGT, B. (2011):** Park Hohenrode in Nordhausen. Villenpark und Gehölzsammlung – ein Kleinod in seinem 135. Jahr. Beiträge zur Gehölzkunde 19: 117-128. Hansmann Verlag, Hemmingen.
- VOGT, J. (1996):** Le commerce des châtaignes. Des vignobles du nord de l'Alsace et du Palatinat (XVI^{ème} et XVIII^{ème} siècles). In: L'Outre-forêt. No. 94, 2, 36-38.
- WEDEKIND, FREIHERR VON (1885):** Amtlicher Theil. An die Herren Bürgermeister des Amts. Betr. Ernennung des Herrn R. Mertens zu Geisenheim als Wandergärtner. In: Usinger Anzeiger, „Amtsblatt“ für den Amtsbezirk Usingen No. 94 vom 28. November.
- WEGENER, U.; QUITT, H. (1985):** Das Kastanienwäldchen bei Wernigerode in historischer und landeskultureller Sicht. Beiträge zur Gehölzkunde, Berlin, S. 65-67.
- WILDE, J. (1936):** Kulturgeschichte der rheinpfälzischen Baumwelt und ihrer Naturdenkmale, Thieme, Kaiserslautern.

AUTORENVERZEICHNIS

Volker André Bouffier

IG Edelkastanie
Büdinger Strasse 47
57647 Nistertal

E-Mail: v.a.bouffier@online.de

Johanna Busskamp

Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt
Abt. Waldschutz
Grätzelstrasse 2
D-37079 Göttingen

E-Mail: Johanna.Busskamp@NW-FVA.de

Mathilde Caspard

Université de Strasbourg
300, Boulevard Sébastien Brant - BP 10413
F-67412 Illkirch-Graffenstaden

E-Mail: mathilde.caspard@sertit.u-strasbg.fr

Jochen Dieler

Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft
Hauptstraße 16
D-67705 Trippstadt

E-Mail: jochen.dieler@wald-rlp.de

Andreas Ehring

Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt
Baden Württemberg,
Postfach 708
D-79100 Freiburg

E-Mail: andreas.ehring@forst.bwl.de

Andreas Eichenlaub

Forstbüro & Waldpflege
Felsenäcker 12
D-66996 Erfweiler

E-Mail: info@forstbuero-eichenlaub.de

Simon Eichhorn

Georg-August-Universität Göttingen
Abteilung Holzbiologie und Holzprodukte
Büsgenweg 4
D-37077 Göttingen

E-Mail: seichho@uni-goettingen.de

Bolko Haase

(Leiter des Fachbereichs Nachhaltige Waldbewirtschaftung bei der FAWF von 2004 - 2012)
Forstamt Bad Neuenahr-Ahrweiler
Ehliger Straße 72
D-53474 Bad Neuenahr-Ahrweiler

E-Mail: bolko.haase@wald-rlp.de

Prof. Dr. Dr. h. c. František Hapla

Georg-August-Universität Göttingen,
Abt. Holzbiologie und Holzprodukte
Büsgenweg 4,
D-37077 Göttingen

E-Mail: fhapla@gwdg.de

Rebecca Happe

Georg-August-Universität Göttingen,
Abt. Holzbiologie und Holzprodukte
Büsgenweg 4,
D-37077 Göttingen

E-Mail: rhappe@gwdg.de

Prof. Dr. Sebastian Hein

Hochschule für Forstwirtschaft Rottenburg
Schadenweilerhof
D-72108 Rottenburg a. N.

E-mail: hein@hs-rottenburg.de

Prof. Dr. Joachim Hill

Universität Trier, Umweltfernerkundung
und Geoinformatik
D-54286 Trier

E-Mail: hill@uni-trier.de

Kai Husmann, M.Sc.

Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt,
Abteilung Waldwachstum
Grätzelstraße 2
D-37079 Göttingen

E-Mail: kai.husmann@nw-fva.de

Sarah Jotz, M. Sc.

Albert-Ludwigs-Universität Freiburg,
Institut für Landespflege
Tennenbacher Str. 4,
D-79106 Freiburg

E-Mail: sarah.jotz@landespflege.uni-freiburg.de

Prof. Dr. Ulrich Kohnle

Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt
Baden-Württemberg
Postfach 708
D-79100 Freiburg

E-mail: ulrich.kohnle@forst.bwl.de

Prof. Dr. Werner Konold

Albert-Ludwigs-Universität Freiburg,
Institut für Landespflege
Tennenbacher Str. 4,
D-79106 Freiburg

E-Mail: werner.konold@landespflege.uni-freiburg.de

Patrick Lemmen

Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft
Hauptstrasse 16
D-67705 Trippstadt

E-Mail: patrick.lemmen@wald-rlp.de

Dr. Sebastian Mader

Universität Trier, Umweltfernerkundung und Geoinformatik
D-54286 Trier

E-Mail: mader@uni-trier.de

Dr. Berthold Metzler

Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt
Baden Württemberg
Abt. Waldschutz
Wonnhaldestr. 4
D-79100 Freiburg im Brsg.

E-Mail: berthold.metzler@forst.bwl.de

Colette Meyer

Université de Strasbourg
300, Boulevard Sébastien Brant - BP 10413
F-67412 Illkirch-Graffenstaden

E-Mail: colette.meyer@sertit.u-strasbg.fr

Martin Neussel

Universität Trier, Umweltfernerkundung und Geoinformatik
D-54286 Trier

E-Mail: neussel@uni-trier.de

Dr. Franziska Peters

Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt
Baden Württemberg
Abt. Waldschutz
Wonnhaldestr. 4
D-79100 Freiburg im Brsg.

E-Mail: franziska.peters@forst.bwl.de

Prof. Dr. Steffen Rust

HAWK Hochschule
Hildesheim/Holzminden/Göttingen
Fakultät Ressourcenmanagement
Büsgenweg 1a
D-37077 Göttingen

E-Mail: rust@hawk-hhg.de

Prof. Dr. Joachim Saborowski

Georg-Augus-Universität Göttingen
Ökoinformatik, Biometrie und Waldwachstum,
Ökosystemmodellierung
Büsgenweg 4
D-37077 Göttingen

E-Mail: jsaboro@uni-forst.gwdg.de

Thomas Sachtleber

Universität Trier, Umweltfernerkundung und Geoinformatik
D-54286 Trier

E-Mail: thomas.sachtleber@uni-trier.de

Antonio Schabacker

Georg-August-Universität Göttingen
Abteilung Holzbiologie und Holzprodukte
Büsgenweg 4
D-37077 Göttingen

E-Mail: e-post-fach@t-online.de

Dr. Ernst Segatz

Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft
Hauptstrasse 16
D-67705 Trippstadt

E-Mail: ernst.segatz@wald-rlp.de

Dr. Johannes Stoffels

Universität Trier, Umweltfernerkundung und Geoinformatik
D-54286 Trier

E-Mail: stoffels@uni-trier.de

Wolfgang Wambsganß

Forstamt Haardt
Westring 6
D-76855 Landau

E-Mail: wolfgang.wambsganss@wald-rlp.de

Bisher sind folgende Mitteilungen aus der
Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft Rheinland-Pfalz
 erschienen:

73/2015	MARTIN GREVE: Langfristige Auswirkungen der Waldkalkung auf den Stoffhaushalt ISSN 1610-7705 nur als Download http://www.fawf.wald-rlp.de/index.php?id=2601	
72/2012	KARL, BLOCK, SCHULTZE UND SCHERZER: Untersuchungen zu Wasserhaushalt und Klimawandel an ausgewählten Forstlichen Monitoringflächen in Rheinland-Pfalz ISSN 1610-7705 nur als Download http://www.fawf.wald-rlp.de/index.php?id=2601	
71/2012	KARL, BLOCK, SCHÜLER, SCHULTZE, SCHERZER: Wasserhaushaltsuntersuchungen im Rahmen des Forstlichen Umweltmoni- torings und bei waldbaulichen Versuchen in Rheinland-Pfalz ISSN 1610-7705 nur als Download http://www.fawf.wald-rlp.de/index.php?id=2601	
70/2012	BLOCK UND GAUER (Hrsg.): Waldbodenzustand in Rheinland-Pfalz ISSN 1610-7705	€ 16,--
69/2011	MAURER UND HAASE (Hrsg.): Holzproduktion auf forstgenetischer Grundlage. Tagungsbericht 28. Internationale Tagung ARGE Forstgenetik und Forstpflan- zenzüchtung, 4.-6. November 2009 in Treis-Karden (Mosel)	€ 18,--
68/2009	ENGELS, JOCHUM, KRUG UND SEEGMÜLLER (Hrsg.): Käferschäden im Buchenholz: Einbußen und Verwendungsoptionen ISSN 1610-7705	€ 10,--
67/2009	PHAN HOANG DONG (Hrsg.): Zum Anbau und Wachstum von Vogelkirsche und Birke ISSN 0931-9662	€ 10,--
66/2008	WERNER D. MAURER UND BOLKO HAASE (Hrsg.): Walnuss-Tagung 2008 ISSN 1610-7705	€ 10,--
65/2008	BLOCK (Hrsg.): Forstliche Forschung Grundlage für eine zukunftsfähige Forstwirtschaft ISSN 1610-7705	€ 10,--
64/2007	SCHÜLER, GELLWEILER UND SEELING (Hrsg.): Dezentraler Wasserrückhalt in der Landschaft durch vorbeugende Maßnah- men der Waldwirtschaft, der Landwirtschaft und im Siedlungswesen ISSN 1610-7705	€ 15,--
63/2007	DONG (Hrsg.): Eiche im Pfälzerwald ISSN 0931-9662	€ 10,--

62/2007	BÜCKING, MOSHAMMER UND ROEDER: Wertholzproduktion bei der Fichte mittels kronenspannungsarm gewachsener Z-Bäume ISSN 0931-9622	€ 15,--
61/2007	Jahresbericht 2006 ISSN 1610-7705 ISSN 1610-7713	
60/2006	BLOCK UND SCHÜLER (Hrsg.): Stickstoffbelastung der rheinland-pfälzischen Wälder; Erschließung von Sekundärrohstoffen als Puffersubstanzen für Bodenmaßnahmen im Wald ISSN 1610-7705	€ 10,--
59/2006	PETERCORD UND BLOCK (Hrsg.): Strategien zur Sicherung von Buchenwäldern ISSN 0931-9662	€ 10,--
58/2006	Jahresbericht 2005 ISSN 0931-9662 ISSN 0936-6067	
57/2005	SEEGMÜLLER (Hrsg.): Die Forst-, Holz- und Papierwirtschaft in Rheinland-Pfalz ISSN 0931-9662	€ 10,--
56/2005	Jahresbericht 2004 ISSN 0931-9662 ISSN 0936-6067	
55/2005	DONG (Hrsg.): Zum Aufbau und Wachstum der Douglasie ISSN 0931-9662	€ 10,--
54/2004	DONG (Hrsg.): Kiefer im Pfälzerwald ISSN 0931-9662	€ 10,-- vergriffen
53/2004	Jahresbericht 2003 ISSN 0931-9662 ISSN 0936-6067	
52/2004	MAURER (Hrsg.): Zwei Jahrzehnte Genressourcen-Forschung in Rheinland-Pfalz ISSN 1610-7705	€ 15,-- (vergriffen)
51/2003	Jahresbericht 2002 ISSN 0931-9662 ISSN 0936-6067	
50/2003	MAURER (Hrsg.): Ökologie und Waldbau der Weißtanne – Tagungsbericht zum 10. Internatio- nalen IUFRO Tannensymposium am 16-20. September 2002 an der FAWF in Trippstadt ISSN 1610-7705	€ 15,--
49/2002	MAURER (Hrsg.): Vom genetischen Fingerabdruck zum gesicherten Vermehrungsgut: Untersuchungen zur Erhaltung und nachhaltigen Nutzung forstlicher Genressourcen in Rheinland-Pfalz ISSN 1610-7705	€ 15,-- (vergriffen)

48/2002	Jahresbericht 2001 ISSN 0931-9662 ISSN 0936-6067	
47/2001	Jahresbericht 2000 ISSN 0931-9662 ISSN 0936-6067	
46/1999	Jahresbericht 1999 ISSN 0931-9662 ISSN 0936-6067	
45/1999	DELB UND BLOCK: Untersuchungen zur Schwammspinnerkalamität von 1992–1994 in Rheinland-Pfalz ISSN 0931-9662	€ 13,--
44/1998	Jahresbericht 1998 ISSN 0931-9662 ISSN 0936-6067	
43/1997	Jahresbericht 1997 ISSN 0931-9662 ISSN 0936-6067	
42/1997	BÜCKING, EISENBARTH UND JOCHUM: Untersuchungen zur Lebendlagerung von Sturmwurfholz der Baumarten Fichte, Kiefer, Douglasie und Eiche ISSN 0931-9662	€ 10,--
41/1997	MAURER UND TABEL (Hrsg.): Stand der Ursachenforschung zu Douglasienschäden – derzeitige Empfehlun- gen für die Praxis ISSN 0931-9662	€ 10,--
40/1997	SCHRÖCK (Hrsg.): Untersuchungen an Waldökosystemdauerbeobachtungsflächen in Rhein- land-Pfalz – Tagungsbericht zum Kolloquium am 04. Juni 1996 in Trippstadt - ISSN 0931-9662	€ 8,--
39/1997	Jahresbericht 1996 ISSN 0931-9662 ISSN 0936-6067	
38/1996	BALCAR (Hrsg.): Naturwaldreservate in Rheinland-Pfalz: Erste Ergebnisse aus dem Natur- waldreservat Rotenberghang im Forstamt Landstuhl ISSN 0931-9662	€ 13,--
37/1996	HUNKE: Differenzierte Absatzgestaltung im Forstbetrieb - Ein Beitrag zu Strategie und Steuerung der Rundholzvermarktung ISSN 0931-9662	€ 10,--
36/1996	Jahresbericht 1995 ISSN 0931-9662 ISSN 0936-6067	
35/1995	BLOCK, BOPP, BUTZ-BRAUN UND WUNN: Sensitivität rheinland-pfälzischer Waldböden gegenüber Bodendegradation durch Luftschadstoffbelastung ISSN 0931-9662	€ 8,--

34/1995	MAURER UND TABEL (Hrsg.): Genetik und Waldbau unter besonderer Berücksichtigung der heimischen Eichenarten ISSN 0931-9662	€ 8,--
33/1995	EISENBARTH: Schnittholzeigenschaften bei Lebendlagerung von Rotbuche (<i>Fagus sylvatica</i> L.) aus Wintersturmwurf 1990 in Abhängigkeit von Lagerart und Lagerdauer ISSN 0931-9662	€ 6,--
32/1995	AUTORENKOLLEKTIV: Untersuchungen an Waldökosystem-Dauerbeobachtungsflächen in Rhein- land-Pfalz ISSN 0931-9662	€ 6,--
31/1995	Jahresbericht 1994 ISSN 0931-9662 ISSN 0936-6067	
30/1994	SCHÜLER: Ergebnisse forstmeteorologischer Messungen für den Zeitraum 1988 bis 1992 ISSN 0931-9662	€ 6,--
29/1994	FISCHER: Untersuchung der Qualitätseigenschaften, insbesondere der Festigkeit von Douglasien-Schnittholz (<i>Pseudotsuga Menziesii</i> (Mirb.)Franco), erzeugt aus nicht-wertgeästeten Stämmen ISSN 0931-9662	€ 6,--
28/1994	SCHRÖCK: Kronenzustand auf Dauerbeobachtungsflächen in Rheinland-Pfalz - Entwicklung und Einflußfaktoren - ISSN 0931-9662	€ 6,--
27/1994	OESTEN UND ROEDER: Zur Wertschätzung der Infrastrukturleistungen des Pfälzerwaldes ISSN 0931-9662	€ 6,--
26/1994	Jahresbericht 1993 ISSN 0931-9662 ISSN 0936-6067	
25/1994	WIERLING: Zur Ausweisung von Wasserschutzgebieten und den Konsequenzen für die Forstwirtschaft am Beispiel des Pfälzerwaldes ISSN 0931-9662	€ 6,--
24/1993	BLOCK: Verteilung und Verlagerung von Radiocäsium in zwei Waldökosystemen in Rheinland-Pfalz insbesondere nach Kalk- und Kaliumdüngungen ISSN 0931-9662	€ 6,--
23/1993	HEIDINGSFELD: Neue Konzepte zum Luftbildeinsatz für großräumig permanente Waldzu- standserhebungen und zur bestandesbezogenen Kartierung flächenhafter Waldschäden ISSN 0931-9662	€ 10,--

22/1993	Jahresbericht 1992 ISSN 0931-9662 ISSN 0936-6067	
21/1992	AUTORENKOLLEKTIV: Der vergleichende Kompensationsversuch mit verschiedenen Puffersubstanzen zur Minderung der Auswirkungen von Luftschadstoffeinträgen in Wald- ökosystemen - Zwischenergebnisse aus den Versuchsjahren 1988 - 1991 - ISSN 0931-9662	€ 6,-- vergriffen
20/1992	Jahresbericht 1991 ISSN 0931-9662 ISSN 0936-6067	
19/1991	AUTORENKOLLEKTIV: Untersuchungen zum Zusammenhang zwischen Sturm- und Immissions- schäden im Vorderen Hunsrück - „SIMS“ - ISSN 0931-9662	€ 6,--
18/1991	SCHÜLER, BUTZ-BRAUN UND SCHÖNE: Versuche zum Bodenschutz und zur Düngung von Waldbeständen ISSN 0931-9662	€ 6,--
17/1991	BLOCK, BOPP, GATTI, HEIDINGSFELD UND ZOTH: Waldschäden, Nähr- und Schadstoffgehalte in Nadeln und Waldböden in Rheinland-Pfalz ISSN 0931-9662	€ 6,--
16/1991	BLOCK, BOCKHOLT, BORCHERT, FINGERHUT, HEIDINGSFELD UND SCHRÖCK: Immissions-, Wirkungs- und Zustandsuntersuchungen in Waldgebieten von Rheinland-Pfalz - Sondermeßprogramm Wald, Ergebnisse 1983-1989 ISSN 0931-9662	€ 6,--
15/1991	Jahresbericht 1990 ISSN 0931-9662 ISSN 0936-6067	
14/1990	BLOCK: Ergebnisse der Stoffdepositionsmessungen in rheinland-pfälzischen Waldge- bieten 1984 - 1989 ISSN 0931-9662	€ 6,-- vergriffen
13/1990	SCHÜLER: Der kombinierte Durchforstungs- und Düngungsversuch Kastellaun - ange- legt 1959 - heute noch aktuell ? ISSN 0931-9662	€ 6,--
12/1990	Jahresbericht 1989 ISSN 0931-9662 ISSN 0936-6067	
11/1989	BLOCK, DEINET, HEUPEL, ROEDER UND WUNN: Empirische, betriebswirtschaftliche und mathematische Untersuchungen zur Wipfelköpfung der Fichte ISSN 0931-9662	€ 6,--
10/1989	HEIDINGSFELD: Verfahren zur luftbildgestützten Intensiv-Waldschadenserhebung in Rhein- land-Pfalz ISSN 0931-9662	€ 13,--

9/1989	Jahresbericht 1988 ISSN 0936-6067	
8/1988	GERECKE: Zum Wachstumsgang von Buchen in der Nordpfalz ISSN 0931-9662	€ 13,--
7/1988	BEUTEL UND BLOCK: Terrestrische Parkgehölzschadenserhebung (TPGE 1987) ISSN 0931-9662	€ 6,--
6/1988	Jahresbericht 1987 ISSN 0931-9662	
5/1988	Die Forstliche Versuchsanstalt Rheinland-Pfalz im Dienste von Wald und Forstwirtschaft - Reden anlässlich der Übergabe des Schlosses Trippstadt als Dienstsitz am 10.04.1987 - ISSN 0931-9662	€ 6,--
4/1987	BEUTEL UND BLOCK: Terrestrische Feldgehölzschadenserhebung (TFGE 1986) ISSN 0931-9662	€ 6,-- vergriffen
3/1987	BLOCK, FRAUDE UND HEIDINGSFELD: SONDERMESSPROGRAMM WALD (SMW): ISSN 0931-9662	€ 6,--
2/1987	BLOCK UND STELZER: Radioökologische Untersuchungen in Waldbeständen ISSN 0931-9662	€ 6,--
1/1987	Jahresbericht 1984-1986 ISSN 0931-9662	vergriffen



CRPF de Lorraine-Alsace



Institut für Landespflege
Universität Freiburg





Rheinland-Pfalz

MINISTERIUM FÜR
UMWELT, LANDWIRTSCHAFT,
ERNÄHRUNG, WEINBAU
UND FORSTEN

Kaiser-Friedrich-Straße 1
55116 Mainz

www.mulewf.de

www.wald-rlp.de