

## Erlensterben durch *Phytophthora alni* in SW-Deutschland

Sígrid del Río Merino & Jeroen Oorschot

### Stichwörter

Erlensterben, *Phytophthora alni*, *Alnus*, Überflutungstoleranz, Hochwasserrückhaltebecken, Rench, Wiese, Baden-Württemberg

### Zusammenfassung

Der neue pilzähnliche Krankheitserreger *Phytophthora alni* sorgt in ganz Europa dafür, dass die Baumarten der Gattung *Alnus* unter dem so genannten Erlensterben erkranken und absterben. Da sich *P. alni* über das Wasser ausbreitet, ist in planaren und montanen Gebieten Deutschlands insbesondere die Schwarzerle (*A. glutinosa*), deren optimale Standorte immer an Wasser gebunden sind, vom Erlensterben betroffen. Das Ausmaß des Befalls in Baden-Württemberg ist bisher unbekannt, doch erste Untersuchungen am Institut für Landespflege der Universität Freiburg haben gezeigt, dass zahlreiche Schwarzerlen in den Einzugsgebieten der Rench (Ortenau) und der Wiese (Südschwarzwald) erkrankt sind. Schwerpunkt der Untersuchung in der Ortenau war die Erfassung der Krankheit in drei bewaldeten Hochwasserrückhaltebecken und die Erforschung der Rolle der Flutungen auf die Krankheitsausbreitung. Die Ergebnisse zeigen, dass ca. 20 % der Erlen befallen sind und dass der Auslöser für die Infektion zum einen die Flutungen und zum anderen die natürlich vorhandenen wechselfeuchten und nassen Bodenbedingungen waren. Im Einzugsgebiet der Wiese erstreckt sich der Befall auf rund ein Viertel der untersuchten Gewässerabschnitte. Er konnte auf Pflanzungen mit Baumschulmaterial zurückgeführt werden.

---

#### Anschriften der Verfasser:

Dipl.-Forsting. Sígrid del Río Merino, Institut für Landespflege, Universität Freiburg, 79085 Freiburg

E-Mail: sigrid.delrio@landespflege.uni-feiburg.de

M.Sc. Jeroen Oorschot, Institut für Landespflege, Universität Freiburg, 79085 Freiburg

E-Mail: j.c.oorschot@minlnv.nl

## ***Alder die back caused by *Phytophthora alni* in Southwest Germany***

### **Key Words**

*Alder die back, Phytophthora alni, Alnus, flooding tolerance, water retention area, Rench, Wiese, Baden-Württemberg*

### **Abstract**

*The new fungi-like oomyceta *Phytophthora alni* distributes the so called "alder die back", which causes illness and death of tree species of the genus *Alnus* all over Europe. Since *P. alni* spreads through water, common alders (*A. glutinosa*) in the plain and mountain regions of Germany, whose habitat always is located in wet areas, are most affected by this alder die back. Up to now the size of the infection throughout the county of Baden-Wuerttemberg is unknown. However, the first research projects to this topic executed by the Institute of Landscape Management of the Freiburg University show that a numerous amount of common alder stands in the catchment areas of the River Rench (Ortenau region) and the River Wiese (Southern Black Forest) are infected. The main aims of the investigation in the Ortenau region were to describe and record the die back in three flood retention areas who are covered with forests and to investigate the role of the floodings in the spreading of the disease. The results show, that about 20 % of the alders are infected, and that the disease is initiated by the floodings, as well as through naturally occurring fluctuations in relative humidity and the wet soil circumstances. In the catchment area of the River Wiese, the die back was found in about a quarter of the alder stands along the rivers. Focuses were partially found in planted alder stands with trees from a nursery.*

### **Inhaltsverzeichnis**

Das Erlensterben durch <i>Phytophthora alni</i>	35
Bisherige Krankheitsmeldungen in Baden-Württemberg	40
Untersuchungen in Baden-Württemberg in drei Hochwasserrückhaltebecken des Oberrheins und im Einzugsgebiet der Wiese (Südschwarzwald)	41
Beschreibung der Untersuchungsgebiete	42
Ergebnisse	48
Diskussion	51
Fazit	54
Angeführte Schriften	55

## 1. Das Erlensterben durch *Phytophthora alni*

Das Erlensterben ist eine Krankheit, die alle in Mitteleuropa wachsenden Erlenarten, sowohl die heimischen Arten Schwarzerle (*Alnus glutinosa*), Grauerle (*A. incana*) und Grünerle (*A. viridis*), als auch eingebürgerte Spezies wie die italienische Erle (*A. cordata*) betrifft. Unter dem allgemeinen Begriff „Erlensterben“ verbirgt sich eine Wurzelhals-, Wurzel- oder Stammfäule, die in manchen Fällen zum Tod der Bäume führen kann (Abb.1). Der pilzähnliche Krankheitserreger *Phytophthora alni* gehört zur Gattung *Phytophthora*, die weltweit als Gruppe gefährlicher Pflanzenschädlinge bekannt ist.

Das Wirtsspektrum der Gattung *Phytophthora* ist enorm. Insgesamt kennt man über 60 *Phytophthora*-Arten, die Hunderte von Kräutern, Sträuchern und Bäumen in allen Kontinenten parasitieren. Zahlreiche dieser *Phytophthora*-Arten sind primärparasitische Feinwurzelzerstörer und lösen Wurzelhalsfäulen aus. Verheerende Folgen verursachte *P. infestans* im 18. Jahrhundert, als sie in Irland die Kartoffelproduktion vernichtete und



**Abb. 1:** Kranke und tote Erlen sind in der mitteleuropäischen Landschaft aufgrund des Befalls von *Phytophthora alni* üblich geworden (Aufn.: S. del Río).

somit die bekannte Hungersnot und Auswanderung in die Vereinigten Staaten auslöste. In den letzten Jahren sorgen *Phytophthora*-Arten vor allem als Baumschädlinge für Aufmerksamkeit. *P. cinnamomi* und *P. cambivora* sind z.B. für das Absterben von Nussbäumen (*Juglans regia*) und Edelkastanien (*Castanea sativa*) in Mittel- und Südeuropa bekannt. Im letzten Jahrzehnt sind neu entstandene *Phytophthora*-Arten für den Ausfall von Eichen, Buchen, *Rhododendron* und Schneeball verantwortlich gemacht worden (JUNG et al. 1999, JUNG 2004). Außerhalb von Europa sorgt u.a. *P. cinnamomi* für massive Probleme in Australien, wo sie einheimische Eukalyptuswälder und endemische Pflanzenarten vernichtet hat (WESTE 2003).

Der Verursacher des Erlensterbens, *Phytophthora alni*, ist aus der Hybridisierung zweier Krankheitserreger, *Phytophthora cambivora* und wahrscheinlich *P. fragariae*, entstanden. *P. cambivora* ist, wie schon erwähnt, unter anderem verantwortlich für die Tintenkrankheit der Edelkastanien, welche in Europa die Edelkastanienbestände in starke Gefahr gebracht hat (VETTRAINO et al. 2001) und kann auch Schäden bei Eichen und Buchen verursachen (BRASIER & KIRK 2001). *P. fragariae* befällt Erdbeeren, an denen sie eine rote Wurzelfäule herbeiführt und ganze Plantagen absterben lässt.

### 1.1 Pathogenität und Krankheitsverlauf

*Phytophthora alni*, vor 2004 als Erlen-Phytophthora bekannt, umfasst eine Gruppe von neu entstandenen Hybriden. Die Standardvariante wurde von BRASIER et al. (2004) mit dem Namen *Phytophthora alni* subsp. *alni* belegt und ist in Deutschland, Österreich, Frankreich und Großbritannien flächig verbreitet. Nach aktuellen Forschungsergebnissen sind aus dieser Standardvariante vier weitere Hybridvarianten hervorgegangen, die nach den Ländern benannt wurden, in denen sie als erstes isoliert wurden: schwedische, holländische, deutsche und britische Varianten. Die Standard-Art und die Varianten unterscheiden sich in ihrer Genetik, Morphologie und in ihren physiologischen Eigenschaften, u.a. in der Temperaturamplitude für ihre optimalen Wachstumsbedingungen (BRASIER et al. 2004). Große Unterschiede bestehen auch in ihrer Pathogenität. So zeigt die Standardvariante mit Abstand die höchste Virulenz, gefolgt von der holländischen, der deutschen und der schwedischen Variante (BRASIER & KIRK 2001). Untersuchungen von SCHUMACHER et al. (2005) mit befallenen Pflanzen aus Baumschulen in Norddeutschland bestätigen diese Ergebnisse.

*Phytophthora alni* ist ein Krankheitserreger, der als Primärparasit gesunde Bäume befallen kann. Die Fortpflanzung erfolgt hauptsächlich vegetativ über asexuelle Zoosporen, die im Wasser, durch chemische Prozesse angelockt, von einem Wirt zum anderen schwimmen können (JUNG & BLASCHKE 2003a). Aus diesem Grund liegt der Schwerpunkt des Auftretens von *P. alni* auf nassen oder überfluteten Standorten. *P. alni* ist ausschließlich in der Lage, Erlen zu befallen, doch wissenschaftliche Erkenntnisse haben neuerdings gezeigt, dass der Pathogen auf anderen Wirten, wie Stieleiche, Esskastanie und Nussbaum, überleben kann (SANTINI et al. 2003). Diese Ergebnisse lassen vermuten, dass sich das Erlensterben nicht nur über Erlen, sondern auch über andere Pflanzenarten ausbreiten kann.

Wenn die Zoosporen die Erlen erreichen, sind sie in der Lage, zu keimen und ein Myzel zu bilden, das in das Wirtsgewebe hineinwächst. Von hier aus kann der Erreger weiter wachsen und sich vegetativ fortpflanzen (MANION 1991, JUNG & BLASCHKE 2003a). Die Infizierung der Erlen erfolgt über die Rinde am Wurzelanlauf, über die Lentizellen, Adventivwur-

zeln und Stammwunden (JUNG & BLASCHKE 2003b). Nicht nur Bäume, sondern auch keimfähige Erlensamen können im Wasser durch die Zoosporen von *P. alni* infiziert werden (SCHUMACHER 2003). Wenn der Erreger in der Erle angekommen ist, breitet er sich stammwärts aus, besiedelt die Gefäße und zerstört das Kambiumgewebe, das Versorgungsgebe des Baumes, wahrscheinlich wie andere *Phytophthora*-Arten durch Cellulose und Lignin abbauende Enzyme (MANION 1991). An den zerstörten Stellen sind Wassertransport und Dickenwachstum verhindert, was zu einem erhöhten Wasserstressrisiko bei der Erle führt (WERRES et al. 2001). Die Infektion mit *P. alni* schwächt den Baum und öffnet somit die Wege für die weitere Besiedlung mit Sekundärpathogenen, die oftmals das Absterben der Bäume beschleunigen. SCHUMACHER (2003) hat festgestellt, dass an mit *Phytophthora* infizierten Bäumen zahlreiche sonstige Weißfäuleerreger zu finden waren, die vermutlich über die bereits nekrotisierten Gewebestellen eingedrungen waren.

Die Aktivität von *P. alni* ist während der frostreichen Monate (etwa von Dezember bis Februar oder Anfang März) sehr reduziert, da sie sehr empfindlich auf Frosteinwirkung reagiert. Nach einer anfänglichen Aktivität im April wird sie durch das einsetzende Wurzel- und Sprosswachstum der Erlen im Mai und Juni stark eingeschränkt. Nach diesen Monaten tritt sie wieder verstärkt auf, bis zum Eintreten stärkerer Fröste im Dezember (BRASIER & KIRK 2001). Optimale Standorte für die Entwicklung von *P. alni* haben zumindest zeitweise einen hohen Wasserstand, gute Calcium- und Stickstoffversorgungswerte und einen pH-Wert zwischen 5 und 6 (nie unter 4) (SCHUMACHER 2002).

Die Isolierung und Identifizierung des Krankheitserregers ist nicht einfach (STREITO et al. 2002c). Der Erfolg hängt von mehreren Faktoren ab: Von der Aktivität des Erregers zum Zeitpunkt der Entnahme der Gewebeprobe, der Frische des infizierten Gewebes und der Isolierungsmethode im Labor. Der höchste Erfolg wird erreicht, wenn frisch befallenes Holz mit Kambium im Herbst entnommen wird. Diverse Methoden zur Analyse der Gewebeprobe im Labor sind bereits veröffentlicht worden. Die Identifizierung des Erregers erfolgt am besten durch DNA-Analyse (STREITO et al. 2002a, BAKONYI et al. 2004, JUNG & BLASCHKE 2004).

## 1.2 Ausbreitungsmöglichkeiten von *Phytophthora alni* in der Landschaft

Die Infektion ist an das Vorkommen von Erlen und von Wasser gekoppelt. So sind zum einen Erlen entlang von Wasserläufen, zum anderen Erlenbestände in Feuchtwäldern oder Überflutungsgebieten besonders gefährdet. Aber nicht nur durch den direkten Kontakt mit Wasser kann sich der Erreger verbreiten. Schon seit Jahren ist bekannt, dass auch Pflanzengut befallen wird, das z.B. in Baumschulen mit sporeureichem Wasser bewässert wurde. Oft sind die Krankheitssymptome an jungen erkrankten Pflanzen nicht sichtbar und diese werden in Unwissen über die Infektion ausgepflanzt. Die Auswirkungen sind bei diesem Ausbreitungsweg enorm, da hektargroße Wieder- und Neuaufforstungen mit Schwarzerlen sowie zahlreiche Erlenpflanzungen im Rahmen von Flussbaumaßnahmen infiziert werden und innerhalb kurzer Zeit sterben können. Die in Bayern durchgeführte Schadenserhebung in forstlichen Beständen im Jahr 2002 hat gezeigt, dass fast die Hälfte der befallenen Bestände auf nicht überfluteten Waldstandorten lagen. Ungefähr 75 % der kranken Bestände waren Jungbestände, die nach 1990 aufgeforstet worden waren (JUNG & BLASCHKE 2003c). Von befallenen Erlen am Ufer von Fließgewässern geht außerdem eine große Ansteckungsgefahr für flussabwärtsliegende Erlenbestände aus, da der Erreger über das Wasser transportiert werden kann.

Es ist auch erwiesen, dass die Krankheit durch die Einleitung von sporeureichem Wasser in ein Gewässernetz weiter transportiert werden kann, beispielsweise durch die Aussetzung von Fischen aus einem befallenen Gewässer oder durch die Einrichtung von Gräben zur Entwässerung einer befallenen Fläche. Außerdem birgt auch die Verlagerung von Erde mit Sporen von *P. alni* ebenso die Gefahr der Krankheitsausbreitung. So können die Erregersporen durch Erdarbeiten jeglicher Art von befallenen Stellen (u.a. Flussbaumaßnahmen und Erdarbeiten in Baumschulen, Gärten und Mülldeponien) zu anderen transportiert werden (DE GRUYTER & VAN DIJK 1999, GIBBS & LONSDALE 2000, BENSON 2003, ENGLANDER & TOOLEY 2003, GFG MBH 2004, JUNG & BLASCHKE 2004, METZLER 2005).

### 1.3 Krankheitsbild

Als typische Krankheitssymptome des neuartigen Erlensterbens gelten dunkelrote bis schwarze Exudate, die so genannten Teer- oder Schleimflussflecken, die durch das Ausscheiden von Wundgummi am Stamm als Reaktion auf die Infektion entstehen (JUNG & BLASCHKE 2003b, GFG MBH 2004). Diese Flecken erscheinen frisch bis trocken und haben eine runde bis längliche Form. Zwischen gesundem und nekrotisiertem Gewebe gibt es eine eindeutige Trennung, die sichtbar wird, wenn die Rinde abgelöst wird. Die Krankheit entwickelt sich stammaufwärts, so dass frische Exudate oberhalb von älteren bzw. trockenen erscheinen können. Die Flecken können sich bis zu einer Höhe von 3 m erstrecken und in der Horizontale den Stamm umfassen, bis sie den Baum zum Absterben bringen (Abb.2).



**Abb. 2:** Typische Symptome des Erlensterbens sind dunkle Schleimflussflecken am Stamm (Aufn.: S. del Río).



## Erlensterben durch *Phytophthora alni* in SW-Deutschland



**Abb. 3:** Erkrankte Erlen können an der Krone feinreisig, Kleinblättrigkeit und Notfruktifikation aufweisen; je weiter die Krankheit vorangeschritten ist, desto mehr Äste sterben ab (Aufn.: S. del Río).

Kleinblättrigkeit, spärliche Belaubung und Vergilbung sind häufige Kronensymptome, die aufgrund des unterbrochenen Flüssigkeitstransports im Baum entstehen. Je kritischer der Gesundheitszustand der Erle ist, desto häufiger treten Zweig- und Astabbrüche auf (Abb. 3). Ferner kann eine starke Blüten- und Fruchtbildung durch die Stresssituation des Baumes erfolgen (WERRES et al. 2001, SCHUMACHER 2002, JUNG & BLASCHKE 2003a). Alle Symptome in der Krone sind unspezifisch und können verschiedene biotische oder abiotische Auslöser haben. Nur in Kombination mit dem Vorkommen von schwarzen Flecken am Stamm stellen sie einen eindeutigen Hinweis auf das Erlensterben dar. Nach der Infektion können Jahre vergehen, bis die ersten Krankheitssymptome sichtbar werden (WERRES et al. 2001).

### 1.4 Verbreitung der Krankheit

Vor 1990 war das Erlensterben weltweit unbekannt. Zum ersten Mal wurde die Erlen-Phytophthora Anfang der 1990er Jahre in Großbritannien und in den Niederlanden an Erlen in Uferbeständen entdeckt. Die Ergebnisse einer großflächigen Schadensinventur im Süden Großbritanniens zeigten, dass die Krankheit einen epidemischen Charakter besitzt und mit der Zeit deutlich zunahm (GIBBS et al. 1999). 1995 wurde sie erstmals in Deutschland (Niedersachsen) nachgewiesen und ab dem Zeitpunkt häuften sich die Meldungen aus ganz Europa. Heute ist sie in zahlreichen europäischen Ländern festgestellt worden: in

Großbritannien, Frankreich, Deutschland, Irland, Schweden, den Niederlanden, Belgien, Österreich, Ungarn, Estland und Litauen (BRASIER et al. 1995, HARTMANN 1995, CECH 1998, JUNG et al. 2000, SZABO et al. 2000, WERRES 2000, SANTINI 2001, STREITO et al. 2002b). Außerhalb von Europa gibt es bislang keine Nachweise.

In Deutschland hat sich die Krankheit großflächig verbreitet (WERRES et al. 2001). Gebiete mit bedeutenden Schwarzerlenpopulationen, wie die Flusslandschaften im Spreewald in Brandenburg, mit dem größten zusammenhängenden Erlenvorkommen Europas, sowie große Waldflächen in Bayern, die in den letzten 20 Jahren mit Schwarzerlen (die vermutlich bereits krank waren) aufgeforstet wurden, sind am stärksten betroffen (JUNG & BLASCHKE 2003b, SCHUMACHER 2003). In Bayern haben die Ergebnisse einer umfassenden Krankheitsinventur gezeigt, dass bereits im Jahr 2003 an mindestens 4.500 km Flussläufen die Krankheit vorhanden und über 2000 ha Erlenwälder erkrankt waren (JUNG & BLASCHKE 2004). Und über die Schwarzerlen im Spreewald wurde unlängst berichtet, dass die Phytophthora-Erkrankung „folgeschwere Dimensionen“ erreicht hat (SCHUMACHER et al. 2005).

Dagegen sind Meldungen aus Bundesländern mit wenigen oder keinen zusammenhängenden Schwarzerlenbeständen spärlich und werden selten oder gar nicht veröffentlicht. Untersuchungen zur Krankheit und zu ihrer Ausbreitung sind entsprechend dort auch deutlich seltener als in den schwarzerlenreichen Bundesländern, wenn überhaupt vorhanden. Wegen dieser sehr regionalisierten Verteilung der Untersuchungen bzw. Erkenntnisse ist die Gewinnung eines Gesamtüberblicks über die Verbreitung und Befallsintensität des Erlensterbens im Bundesgebiet äußerst schwierig.

## 2. Bisherige Krankheitsmeldungen in Baden-Württemberg

Baden-Württemberg ist ein Bundesland, in dem sich das Erlensterben vielerorts ausgebreitet hat. Trotzdem wurden kaum Untersuchungen über das Schadensausmaß der Krankheit durchgeführt. Der erste Nachweis des Erregers stammt von 1998 und beruht auf einer Krankheitsmeldung aus dem Ortenaukreis, wo Wissenschaftler der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft (BBA) die Erlen-Phytophthora isolieren konnten. Dieser erste Nachweis blieb unveröffentlicht. Es vergingen fünf Jahre, bis 2003 die erste öffentliche Bekanntmachung der Krankheit in Baden-Württemberg durch die Forstliche Forschungs- und Versuchsanstalt Baden-Württemberg (FVA) erfolgte (ANONYMUS 2003). Laut dem Waldzustandsbericht von 2006 sind insgesamt 373 ha Erlenwälder in der Rheinebene von der Krankheit betroffen (SCHRÖTER et al. 2006); eine weitere Meldung stammt aus dem Neckarraum (METZLER 2005). Bezogen auf die Gesamtwaldfläche im Land kann diese Zahl als unbedeutend erscheinen, doch sind u.a. wertvolle, äußerst seltene und bisher gut erhaltene Erlenbruchwälder betroffen, eine der am meisten gefährdeten Waldgesellschaften Mitteleuropas (PRETZELL & REIF 1999).

In viel größerem Umfang als in Wäldern kommen in Baden-Württemberg die Erlen in gewässerbegleitenden Gehölzbeständen vor. Schwarzerlen sind die häufigste Baumart an Flüssen und Bächen der planaren bis montanen Stufe und gelten sogar, zusammen mit der Stieleiche, als Charakterbaumart der Großlandschaft nordmitteleuropäisches Tiefland (DINTER & BOHN 1998). Der Gesundheitszustand der Gewässerrandstreifen wird jedoch nicht wie die der Wälder in einer jährlichen Waldzustandserhebung überwacht. Daher sind



Meldungen von befallenen Gewässern, wenn überhaupt vorhanden, spärlich, werden meist nicht veröffentlicht oder allenfalls von einer zentralen Stelle gesammelt. Der Schutz von einzelnen Bäumen an Gewässerrandstreifen gegen Krankheiten und Seuchen – oder in diesem Fall die Festlegung einer speziellen Managementstrategie gegen *P. alni* – sind Aufgaben, für die weder die Forstwirtschaft noch die Wasserwirtschaft oder der Pflanzenschutzdienst direkt zuständig sind.

Am Institut für Landespflege der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg ist in den Jahren 2003 und 2004 ein Projekt über das Erlensterben am Oberrhein durchgeführt worden. Eine weitere Untersuchung im Südschwarzwald wurde im Rahmen einer Masterarbeit im Jahr 2005 angefertigt. Es handelt sich dabei um die bisher ersten wissenschaftlichen Studien im Land, die sich mit der Erfassung der Schäden und Erforschung möglicher Ursachen und Korrelationen beschäftigt haben. Im folgenden werden beide Studien vorgestellt.

### **3. Untersuchungen in Baden-Württemberg in drei Hochwasserrückhaltebecken des Oberrheins und im Einzugsgebiet der Wiese (Südschwarzwald)**

Die bewaldeten Hochwasserrückhaltebecken Holchen, Hürben und Mührig bieten das größte Hochwasserrückstauvolumen für die aus dem Schwarzwald kommenden Flüsse (Abb. 4 und 5). Ende der 1990er-Jahre wurden vom Forst außerordentliche Schäden und Ausfälle an den Schwarzerlen in Holchen und Hürben gemeldet. Diese Baumart erreicht hier einen Bestandesanteil von ca. 30 % und bildet außerdem wertvolle und als Waldbiotope geschützte Erlenbruchwälder, sodass die Meldung sofort Alarm bei der Gemeinde Appenweier auslöste, der die betroffenen Wälder gehören. Die Krankheitssymptome an den Erlen wiesen darauf hin, dass es sich um die neu entstandene Wurzelhalsfäule der Erle handeln könnte, doch es wurde auch für möglich gehalten, dass die künstlichen Flutungen der Becken Überflutungsschäden bei den Erlen ausgelöst hatten. Ziel unseres Projektes war es, den Gesundheitszustand und das Schadensausmaß an den Erlen zu erfassen und mögliche Korrelationen zwischen der Ausbreitung und Intensität der Krankheit und den Flutungen (Höhe, Dauer und Häufigkeit), standörtlichen Gegebenheiten (Bodenfeuchte) und waldbaulichen Kenngrößen wie Bestandesalter oder -dichte aufzuklären.

An der Wiese im Südschwarzwald (Abb. 4) wurde von der zuständigen Gewässerbehörde ein Rückgang der Vitalität und Holzfäule an den Erlen im Uferbereich beobachtet – Symptome, die auf das Erlensterben durch *P. alni* hindeuteten. An verschiedenen Stellen im Einzugsgebiet hatte es in den vorangegangenen Jahren Pflanzungen u.a. mit Erlen verschiedener Herkunft gegeben, sodass eine Infektion einiger Gewässerabschnitte mit *Phytophthora* vermutet wurde. Die Wasserbehörde bediente sich für Renaturierungsprojekte seit einiger Zeit Naturverjüngungen aus dem Wiesental. Es musste daher unverzüglich untersucht werden, ob diese und andere Stellen am Gewässersystem befallen waren, da die Verwendung von erkrankten Erlen für Flussbaumaßnahmen die Ausbreitung der Krankheit fördern würde. In Absprache mit dem Regierungspräsidium Freiburg, Dienstsitz Bad Säckingen, wurde im Rahmen einer Masterarbeit ein Teileinzugsgebiet der Wiese auf dessen Infektion mit *P. alni* untersucht, um die möglichen Ursachen für die Infektion herauszufinden und Vorschläge zu machen, wie die weitere Ausbreitung der Krankheit zu verhindern und ihre Präsenz im Untersuchungsgebiet zu minimieren wäre.

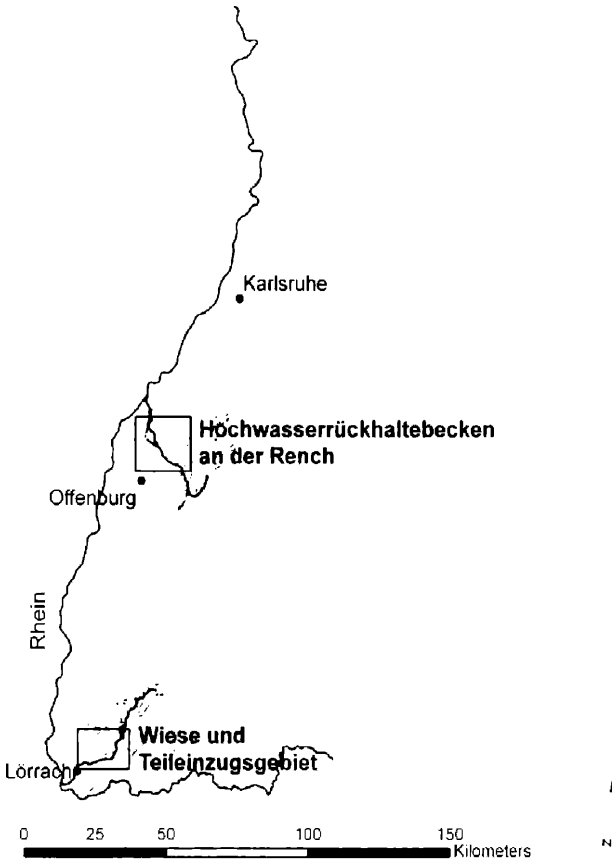


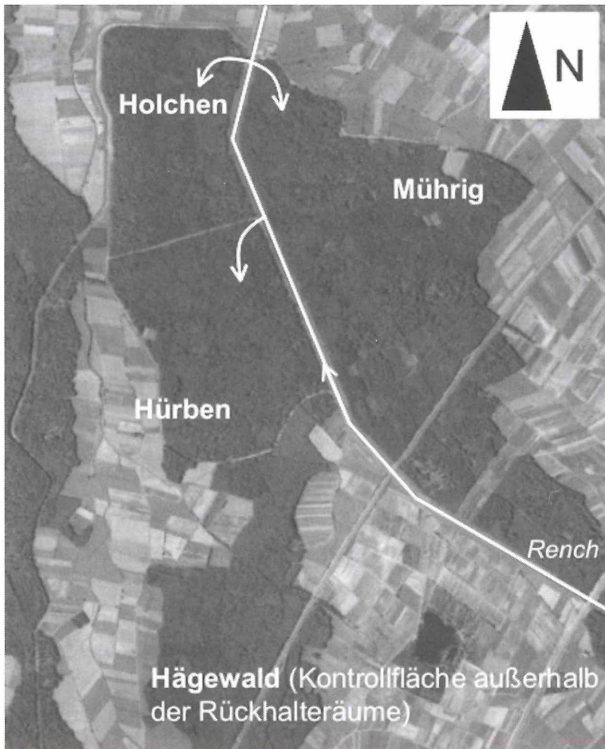
Abb. 4: Lage der Untersuchungsgebiete in Baden-Württemberg.

## 4. Beschreibung der Untersuchungsgebiete

### 4.1 Die Hochwasserrückhaltebecken Holchen, Hürben und Mührig

Die Hochwasserrückhaltebecken (HRB) Holchen, Hürben und Mührig liegen auf der östlichen Niederterrasse der Oberrheinebene auf der Höhe von Oberkirch (Abb. 4). Sie werden im Hochwasserfall mit Wasser der Rench, die im Schwarzwald entspringt, geflutet. Die Becken wurden seit 1978 teilweise oder vollständig mit einer maximalen Einstauhöhe von 250 cm und einer durchschnittlichen Dauer von drei bis fünf Tagen eingestaut. Aufgrund der technischen Eigenschaften der Einlässe erfolgte der Einstau immer in der Reihenfolge Holchen-Hürben-Mührig, sodass entsprechend Holchen am häufigsten (siebenmal) und Mührig am seltensten (dreimal) unter Wasser stand. Die in allen Becken ansteigende Geländemorphologie führt dazu, dass die Einstauhäufigkeit und -höhe auch abhängig von

Erlensterben durch *Phytophthora alni* in SW-Deutschland



**Abb. 5:** Luftbildaufnahme der Hochwasserrückhaltebecken Holchen, Hürben und Mührig sowie der Kontrollfläche „Hägewald“

der Geländehöhe ist: Tiefer gelegene Flächen innerhalb eines Beckens stehen öfter und länger unter Wasser als höher gelegene, die nur bei stärkeren und seltenen Hochwasserereignissen geflutet werden.

Die Baumarten in den Rückhaltebecken gehören typischerweise zu denen der Auen- und Feuchtwälder. Es kommen nur Laubbaumarten vor. Unter ihnen sind die Schwarzerle, welche auf den stark grundwasserbeeinflussten, feuchten bis nassen Standorten dominiert, die Esche (*Fraxinus excelsior*) und die Stieleiche (*Quercus robur*) am häufigsten. Pappel (*Populus spec.*) und Bergahorn (*Acer pseudoplatanus*) sind seltener, spielen aber in bestimmten Beständen eine wichtige Rolle, während Linde (*Tilia cordata*), Flatterulme (*Ulmus laevis*) und Spitzahorn (*Acer platanoides*) als Begleitbaumarten oder vereinzelt auftreten. Die Grundwasserstände sind hoch und schwanken nur wenig. In den Wäldern überwiegen Lehmböden mit unterschiedlich stark ausgeprägten Gley-Merkmalen.

## 4.2 Das Einzugsgebiet der Wiese

Die Wiese entspringt im Hochschwarzwald, auf der Südflanke des Feldbergs (Abb. 4). Ihr Einzugsgebiet von 454 km<sup>2</sup> erstreckt sich im Südschwarzwald in Richtung Basel, wo die Wiese nach 56 km in den Rhein mündet. Als Untersuchungsgebiet wurde das Teileinzugsgebiet zwischen der Mündung des Steinbachs bei Lörrach-Brombach und der Mündung des Mambachs bei Mambach ausgewählt. Die Schwarzerle ist im Wiesental heimisch und in verschiedenen Pflanzengesellschaften vertreten. Die Grauerle ersetzt die Schwarzerle in den höchsten Teilen des Einzugsgebiets, ab ca. 700-800 m über NN; andere Erlenarten kommen im Südschwarzwald nicht natürlich vor (DINTER & BOHN 1998, MINISTERIUM FÜR UMWELT UND VERKEHR BADEN-WÜRTTEMBERG & LANDESANSTALT FÜR UMWELTSCHUTZ BADEN-WÜRTTEMBERG (LFU) 2001). Im untersuchten Abschnitt sind sowohl die Wiese als auch die meisten ihrer Seitengewässer – mit der Ausnahme der Gewässerabschnitte, die im Wald verlaufen – begründet. Erlen – auch nicht heimische Arten – wurden bis in die jüngste Zeit bei Flussbaumaßnahmen und anderen Bauvorhaben gepflanzt.

## 5. Methoden

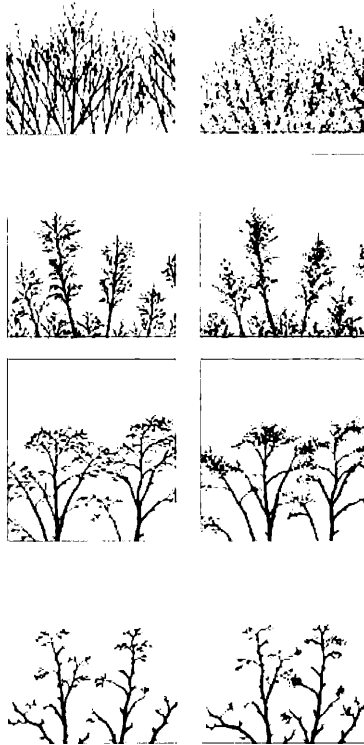
### 5.1 Schadensinventur in den Hochwasserrückhaltebecken und in der Kontrollfläche sowie Untersuchungen zur Krankheitsausbreitung in der Umgebung

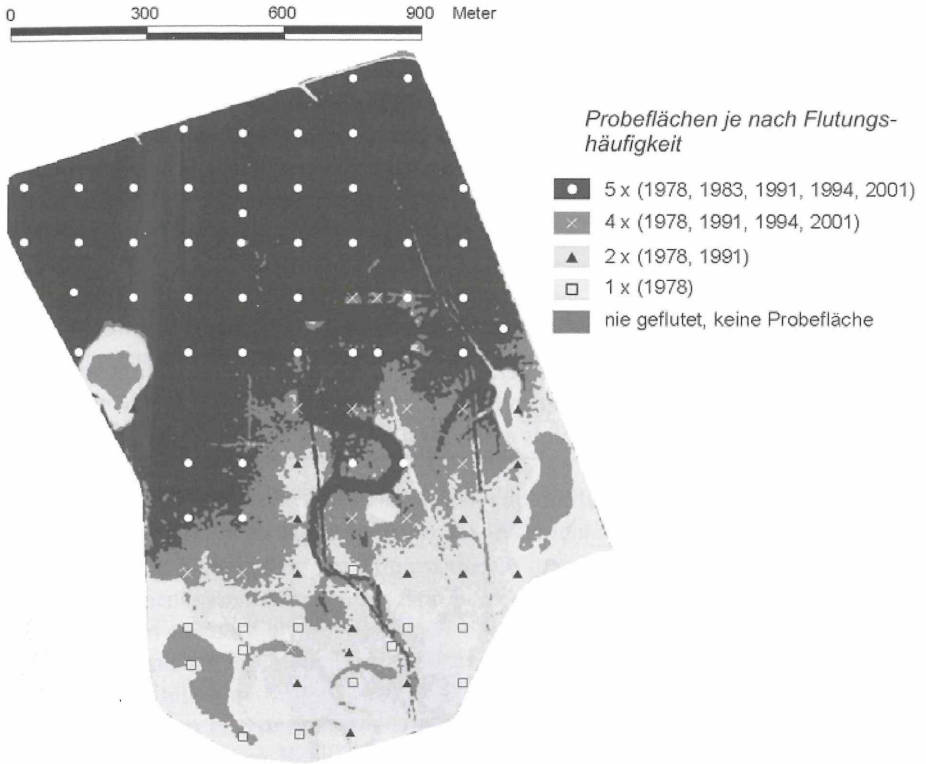
Die Erfassung der Schäden an den Erlen wurde in den drei untersuchten Becken in Form einer terrestrischen systematischen Stichprobeninventur mit einem 120 x 120 m-Raster durchgeführt. Ein standörtlich und waldbaulich vergleichbares Waldgebiet in unmittelbarer Nähe zum Untersuchungsgebiet diente als Kontrollfläche. Als Untersuchungseinheit wurden kreisförmige Parzellen mit variablem Radius ausgewählt, wobei die größte Fläche 500 m<sup>2</sup> bei einem Radius von 12,5 m umfasste. Innerhalb dieser Fläche wurden die fünf am nächsten zum Mittelpunkt gelegenen Erlen untersucht, sodass unabhängig von der Bestandesdichte die Anzahl der in jeder Stichprobenfläche erhobenen Erlen gleich war. Die Lage der untersuchten Parzellen wurde im Gelände mit einem Laserentfernungsmesser und mit auf der Karte identifizierten Passpunkten exakt vermessen, in ein dreidimensionales geographisches Informationssystem (GIS) eingefügt und mit der Software ArcView 3.2 analysiert. Als Grundlage für das digitale Geländemodell, das eine Mindestgenauigkeit von 20 cm aufwies, diente eine Laserscankarte der Gewässerdirektion Südlicher Oberrhein/Hochrhein.

Die Ansprache der Erlen wurde durch die optische Stammanalyse stehender Bäume und durch die Analyse der kroneneinsehbaren Eigenschaften, die mit der Hilfe eines Fernglases erfolgte, durchgeführt. Neben der Erhebung der für das Erlensterben typischen Symptome am Stamm und in der Krone wurden auch die Kronentransparenz nach den üblichen Methoden der Waldzustandserhebung und die allgemeine Vitalität der Krone nach der von ROLOFF (2001) vorgeschlagenen Methode beurteilt. Roloffs Vitalitätseinstufung basiert auf den Besonderheiten der Kronenstruktur und des Kronenwachstums der Erle und beschreibt vier Vitalitätsstufen, die mit den Nummern von 0 (gesund) bis 3 (absterbend) bezeichnet werden (siehe Tabelle 1 und Abb. 6). Diese Erhebungsmethode ist gegenüber der sonst üblichen Beschreibung des Belaubungsgrades für die Einschätzung des Gesundheitszustandes eines Baumes stabiler und aussagekräftiger: Stabiler, weil sie unabhängig von unberechenbaren klimatischen Einflussgrößen, wie beispielsweise extreme Trockenheit, ist; und aussagekräftiger, weil sie das Wachstum der vorangegangenen Jahre berücksichtigt und sich daher besser eignet, die gesundheitliche Entwicklung der Bäume innerhalb eines längeren Zeitraumes zu beurteilen.

Erlensterben durch *Phytophthora alni* in SW-Deutschland**Tab. 1** Vitalitätsstufen der Schwarzerle nach ROLOFF (2001)

Stufe	Bezeichnung	Beschreibung
VS0	Explorationsphase	Gekennzeichnet durch die Bildung einer Vielzahl seitlicher Langtriebe. Wipfelbereich erscheint dicht und harmonisch.
VS1	Degenerationsphase	Eine fortschreitende Zweigreinerung ist zu beobachten, die jedoch noch keine größere Lücke verursacht. In der Oberkrone dominieren längliche Verzweigungsstrukturen.
VS2	Stagnationsphase	Die reduzierten Triebblängen führen zu pinselförmigen Strukturen in der Kronenspitze. Ein orthotropes Wachstum (entgegen der Schwerkraftrichtung) kann nicht mehr festgestellt werden.
VS3	Resignationsphase	Die Krone zerfällt in voneinander getrennte Bereiche mit absterbenden Hauptachsen, wodurch sich das nahende Ableben des Wipfels ankündigt.

**Abb. 6:** Vitalitätsstufen der Schwarzerle im Bestand im belaubten Zustand (rechts) und ohne Belaubung (links) nach ROLOFF (2001).



**Abb. 7:** Der Einfluss der Flutungen auf die Krankheitsausbreitung und auf den Vitalitätszustand der Erlen wurde auf der Basis eines digitalen Geländemodells untersucht, mit dem für jede Probefläche die entsprechende Flutungshäufigkeit und Flutungshöhe ermittelt werden konnte.

Während der Inventur wurden gleichzeitig standörtliche und waldbauliche Kenngrößen erhoben, um sie in einer späteren statistischen Studie auf ihren Zusammenhang mit dem Schadensausmaß und hinsichtlich ihrer Verteilung in den Becken zu analysieren.

Die zentralen Untersuchungsfragen waren:

- Beeinflussen die Überflutungshöhe und -häufigkeit die Gesundheit der Erlen und die Ausbreitung der Krankheit? (Abb. 7)
- Verursachen versumpfte Stellen im Wald mit geringen oder künstlich beschränkten Abflussmöglichkeiten eine Beeinträchtigung der allgemeinen Vitalität der Erlen und/oder eine intensivere Verbreitung des Erlensterbens? Und umgekehrt: Zeigen Erlen an für sie optimalen Standorten im Wald eine bessere Vitalität und höhere Widerstandsfähigkeit gegen das Erlensterben?
- Hängt die Befallsintensität mit der Erendichte eines Waldbestandes zusammen?
- Sind bestimmte Altersgruppen der Erlen besonders von der Krankheit betroffen?



Als standörtliche Parameter wurden die Entfernung der untersuchten Erlen zu Fließgewässern (i.d.R. künstliche Gräben) und die dominierende Krautvegetation in den Parzellen erhoben. Zu den waldbaulichen Kenngrößen zählen der Brusthöhendurchmesser (BHD) und die Höhe der angesprochenen Erlen, ihre soziologische Stellung nach KRAFT im Bestand (KRAFT 1984 in BURSCHEL & HUSS 1997), die Erendichte (Erlen/ha), die Grundfläche (Summe der Stammquerschnittsflächen in m<sup>2</sup>/ha) sowie die Baumartenzusammensetzung in der Umgebung der Parzelle. Bei der statistischen Analyse wurde in erster Linie der Kruskal-Wallis-Test verwendet, da prinzipiell alle Datensätze ordinalskaliert waren; bei intervallskalierten Daten wurden der U-Test von Mann und Whitney herangezogen. Alle statistischen Berechnungen erfolgten mit der Software SPSS 11. 5.

Neben der Erhebung und Untersuchung der Krankheit in den Hochwasserrückhaltebecken wurde außerdem der Frage nachgegangen, wie die Krankheit in die Becken gelangt war und ob auch Schwarzerlen in der Umgebung befallen waren. Hierfür wurden zwei Teiluntersuchungen durchgeführt:

Feldbegehungen am Gewässersystem in unmittelbarer Nähe der Becken sowie entlang der Rench bis zum Oberlauf (Bad Peterstal), um die Infektionsquelle aufzufinden.

Schriftliche Befragung von neun umliegenden Forstämtern in der Rheinebene. Damit sollte zunächst geklärt werden, ob die Ämter die Erlen-Phytophthora und die Symptome des durch sie verursachten Erlensterbens kennen. Hinsichtlich des Befalls wurde gebeten, die Bedeutung des Erlensterbens im Forstamt einzuschätzen und Angaben über die waldbaulichen Eigenschaften der betroffenen Bestände und ihren jeweiligen Standort zu machen.

## 5.2 Schadenserhebung am Fluss Wiese und seinen Seitengewässern

Für die Analyse des Gesundheitszustandes der Erlen in den Ufergehölzen der Wiese und ihrer Nebenflüsse wurden, ähnlich wie bei den Untersuchungen in den HRB, die Kronenvitalität der Erlen und das Vorkommen von Schleimflussflecken und Nekrosen am Stamm aufgenommen. Hier wurde jedoch eine eigens für diese Untersuchung entwickelte Erhebungsmethode angewandt, deren Ziele an das Untersuchungsobjekt (ein ausgedehntes Gewässersystem mit zahlreichen Nebenflüssen) und die Rahmenbedingungen (ein einzelner Bearbeiter mit knapper Bearbeitungszeit) angepasst waren. Es handelt sich um ein zweistufiges Verfahren, mit dem in einer ersten Stufe die kroneneinsehbaren Eigenschaften untersucht wurden und bei dem dann, in einer zweiten Stufe und nur bei starker Beeinträchtigung der Kronenvitalität, eine genauere optische Analyse der Baumstämme durchgeführt wurde. Jedes Gewässer wurde auf der Karte mit der Software ArcView 3.2 in Abschnitte von 100 m eingeteilt und eindeutig bezeichnet. In der Geländebegehung wurde jeder Abschnitt hinsichtlich der Vitalität der Erlenkronen nach ROLOFF (2001) in vier Kategorien eingestuft. Wurde die Vitalität eines Abschnittes als schlecht eingestuft, wurde davon ausgegangen, dass der Erlenbestand eine außergewöhnliche gesundheitliche Beeinträchtigung erlitten hatte, die auf das Erlensterben hinweisen konnte. Daher wurden in diesen Fällen alle Erlenstämme im Abschnitt samt Stammfuß auf das Vorkommen von Schleimflussflecken genauer untersucht. Trotz der Beschränkung der Studie auf ein Teileinzugsgebiet des Flusses war die Gesamtlänge der zu untersuchenden Gewässer immer

noch hoch und hätte in der kurzen Bearbeitungszeit nicht vollständig erfasst werden können. Aus diesem Grund wurden an den Gewässern oder Gewässerabschnitten mit geringem Befall die Schäden durch Stichproben erfasst. Ergab sich auf zehn aufeinander folgenden Gewässerabschnitten kein Hinweis auf das Erlensterben, so wurde der Abstand zwischen den zu untersuchenden Abschnitten in flussaufwärts steigender Richtung erhöht. Diese Methode ermöglichte die Untersuchung von vielen Gewässern bis zu ihrer Quelle sowie die Abdeckung eines großen Gebietes.

Zusätzlich zu dieser verfahrensbasierten Inventur wurden die Wasserwirtschaft, die Forstverwaltung und die Gemeinden gebeten, Stellen, die in den letzten Jahren mit Erlen bepflanzt oder an denen Bäume mit den beschriebenen Krankheitssymptomen gesichtet worden waren, auf einer Karte einzutragen. Solche Stellen wurden vor Ort mit einer Feinerhebung gründlich untersucht.

Basierend auf den Ergebnissen der Schadenserhebung wurde anschließend für jedes befallene Gewässer geschaut, wo der Infektionsfokus lag und welche Ursachen zur Infektion geführt hatten.

Schließlich wurde eine Auswahl von sechs Erlen getroffen, die aufgrund der Ergebnisse der Feinerhebung auf das Erlensterben durch *P. alni* hindeuteten und frische Exudate aufwiesen, um sie im Labor auf ihre Infektion mit *P. alni* untersuchen zu lassen. Die labor-technischen Analysen wurden in der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft (BBA) in Braunschweig von Dr. J. Schumacher durchgeführt.

## 6. Ergebnisse

### 6.1 Verbreitung des Erlensterbens und Vitalitätsbild der Hochwasserrückhaltebecken im Oberrhein

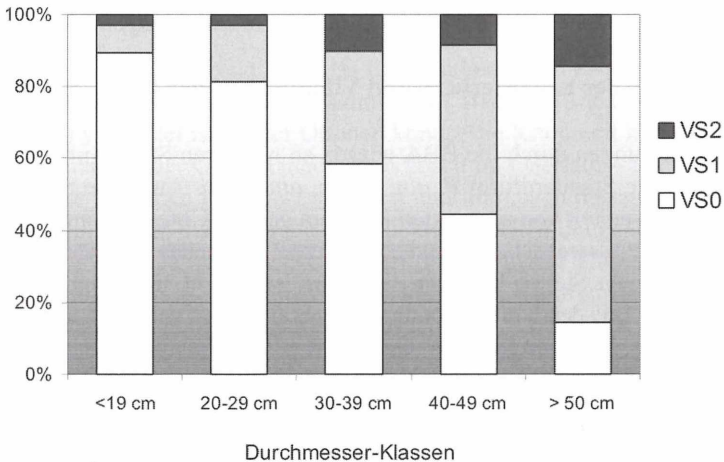
Die von der Erlen-Phytophthora verursachte Wurzelhalsfäule ist in den Hochwasserrückhaltebecken flächig verbreitet. Dass es sich um diesen Organismus handelt, ist durch eine bereits im Jahr 1998 vorgenommene Isolierung bei der BBA und die Befunde unserer Schadenskartierung bewiesen worden. Die Erlenbestände in den Rückhaltebecken Holchen und Hürben sind, im Vergleich zum Rückhaltebecken Mührig, stark betroffen: 20 % der erfassten Erlen zeigen in Holchen und Hürben die am Stamm typischen Schleimflussflecken und stark vitalitätsbeeinträchtigte Kronen (Vitalitätsstufen VS 2 und VS 3 nach ROLOFF, 2001), wohingegen im HRB Mührig nur bei 5 % der Erlen ähnliche Symptome auftreten. Auch auf der Kontrollfläche Hägewald außerhalb der Rückhaltebecken weisen die Erlen eine hohe Befallsrate von ca. 20 % auf. In den HRB Holchen und Hürben und dem Hägewald ähneln sich die Wasserhaushaltsverhältnisse der Böden, die zwischen wechselfeucht und nass variieren. Dagegen dominieren im Rückhaltebecken Mührig mäßig feuchte bis trockene Standorte. Die Tatsache, dass die Erlen außerhalb der Rückhaltebecken die Krankheitssymptome in ähnlicher Intensität wie innerhalb der Flutungsflächen aufweisen, widerlegt die vor der Untersuchung ausgesprochene Vermutung, die Flutungen könnten der entscheidende Grund für die Ausbreitung des Erlensterbens im Untersuchungsgebiet sein.

## 6.2 Zusammenhänge zwischen dem Gesundheitszustand und standörtlichen und waldbaulichen Faktoren

Sowohl die Krankheitsausbreitung als auch die Vitalität der Erlen ist unabhängig von den Flutungsbedingungen: Die Krankheitssymptome sind in den HRB gleichmäßig über die Fläche verteilt und stehen in keiner Beziehung zur Höhe und Dauer der Flutungen. Ein unterschiedlich intensiver Befall oder Vitalitätszustand bei Standorten mit verschiedenen Wasserhaushaltsstufen (feuchte, nasse und versumpfte Standorte) konnte ebenfalls statistisch nicht nachgewiesen werden. Lediglich auf Eichenstandorten, die im HRB Mührig vermehrt vorkommen und die unter natürlichen Bedingungen so gut wie nie nass sind, tritt die Krankheit wesentlich seltener auf. Auch die Vitalität der Erlen ist auf diesen trockeneren Standorten besser.

Die untersuchten waldbaulichen Kenngrößen Alter der Erlen, ihre soziale Stellung im Bestand sowie die Erlendichte stehen in keinem Zusammenhang mit der Verbreitung des Erlensterbens oder mit dem allgemeinen Vitalitätszustand der Erlen: Zwischen den Altersklassen gibt es keine nachweisbaren Unterschiede und die Krankheit ist unter allein stehenden Erlen in gemischten Beständen gleich stark verbreitet wie innerhalb von erlenreichen Beständen.

Die Vitalitätsstufen VS 0, VS 1 und VS 2 konnten bei den untersuchten Erlen nicht mit dem Vorkommen der Krankheitsschäden in Zusammenhang gebracht werden. Es sind sogar häufig junge Erlen gesichtet worden, welche Schleimflussflecken am Stamm und dennoch eine gute Kronenvitalität aufwiesen. Lediglich die Vitalitätsstufe VS 3 tritt an Erlen mit Krankheitssymptomen am Stamm in signifikanter Weise häufiger auf. Andererseits konnte eine erstaunlich signifikante Korrelation ( $p < 0,005$ ) zwischen der Vitalität der Bäume (VS 0 bis VS 2) und ihrem Brusthöhendurchmesser festgestellt werden (Abb. 8). Die Schwarzer-



**Abb. 8:** Zusammenhang zwischen den Vitalitätsstufen VS 0 – VS 2 und dem Brusthöhendurchmesser (BHD) der Erlen am Beispiel des Hochwasserrückhaltebeckens Mührig.

len im Untersuchungsgebiet sind deutlich vitaler, je jünger sie sind, und erleben eine Vitalitätsschwächung bereits ab einem BHD von 30 cm – was im Untersuchungsgebiet einem Alter von 50 bis 60 Jahren entspricht. So sind die Vitalitätsstufen VS 0 und VS 1 viel häufiger bei jungen Erlen und die Vitalitätsstufe VS 2 bei älteren Erlen anzutreffen, unabhängig davon, ob sie Schleimflussflecken am Stamm zeigen oder nicht.

### **6.3 Erlensterben in der Umgebung der Hochwasserrückhaltebecken**

Sowohl in der unmittelbaren Umgebung der Rückhaltebecken als auch entlang der Rench wurden kranke oder tote Erlen mit den Symptomen des Erlensterbens gefunden. An den Ufern der Rench wurden zahlreiche Krankheitsfälle bis Bad Peterstal-Griesbach entdeckt. Meistens handelt es sich um in den letzten 20-25 Jahren gepflanzte Erlen.

### **6.4 Befragung der Forstämter**

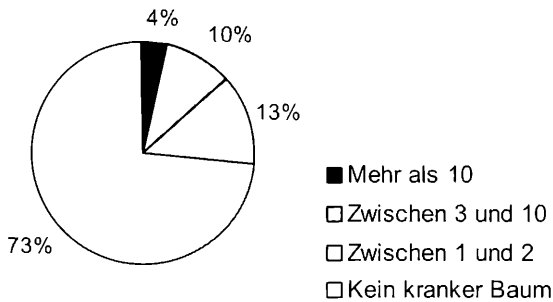
Von den neun befragten Forstämtern in der Umgebung der HRB haben fünf die Krankheit in ihrem Gebiet festgestellt (Bühl, Kehl in Rheinau, Oberkirch, Offenburg und Rastatt). Vier hatten bis zum Zeitpunkt der Befragung die Krankheit nicht gekannt (Baden-Baden, Ettenheim, Gengenbach und Lahr), wobei in den drei letzten Forstämtern keine oder fast keine Schwarzerlen in den Wäldern anzutreffen sind. Die gemeldeten kranken Erlenbestände stocken teils innerhalb von Hochwasserrückhaltebecken, teils auch auf nassen oder zur Vernässung tendierenden Standorten.

### **6.5 Ausbreitung der Erlen an der Wiese und ihren Seitengewässern**

Im Einzugsgebiet der Wiese ist die Schwarzerle am häufigsten im Offenland und am seltensten in Siedlungsgebieten vertreten. In der Regel wachsen die Erlen in der Nähe vom Wasser, wodurch sie meistens über die Wurzeln und teilweise über den unteren Stammbereich (v.a. bei Hochwasser) in Kontakt mit dem Fließgewässer sind. Es herrschen junge Erlenbestände mit wenigen Bäumen in der Zerfallsphase. Grauerle und italienische Erle sind im Untersuchungsgebiet an zahlreichen Stellen nicht standortsgemäß.

### **6.6 Verbreitung des Erlensterbens und Vitalitätsbild der Erlen im Einzugsgebiet der Wiese**

Die Laboruntersuchungen durch die BBA wiesen an mehreren Stellen im Untersuchungsgebiet die aggressive Standardform *P. alni* subsp. *alni* nach. Auch die Schadensinventur bestätigte die Anwesenheit von erkrankten Erlen im ganzen Untersuchungsgebiet. In 27 % der untersuchten Gewässerabschnitte sind eindeutige Zeichen des Erlensterbens beobachtet worden. Die befallenen Stellen befinden sich vorwiegend im südlichen und gleichzeitig niedriger liegenden Teil des Untersuchungsgebietes und hier verstärkt im Offenland und im Siedlungsbereich. Dagegen sind die Gewässer in den Waldgebieten besonders wenig befallen. In 13 % der untersuchten Abschnitte sind ein bis zwei Bäume erkrankt; in 10 % liegt die Anzahl der erkrankten Bäume zwischen drei und zehn und in 4 % wurden über zehn kranke Erlen gefunden (s. Abb. 9). Die Kronenvitalität der Erlen war im ganzen Untersuchungsgebiet überwiegend vital (VS 0-1) bis mittel vital (VS 2), wobei in den städtischen Bereichen und im Offenland die stärksten Vitalitätsbeeinträchtigungen notiert wurden. Vitalitätsschwache Bäume wurden an 18 % der untersuchten Abschnitte im Siedlungsbereich und im Offenland entdeckt, während an der Wiese dieser Anteil 8 % und im Wald nur noch 1 % betrug.

Erlensterben durch *Phytophthora alni* in SW-Deutschland

**Abb. 9:** Das Erlensterben im Einzugsgebiet der Wiese: Verteilung der untersuchten Gewässerabschnitte je nach Anzahl der befallenen Erlen.

### 6.7 Die Erforschung der Infektionsquelle im Einzugsgebiet der Wiese

Das Zurückverfolgen des Befalls bis zum Infektionsherd erwies sich als schwierig, da Dokumentationen über Pflanzungen und wasserbauliche Maßnahmen oft verloren gegangen oder nicht auffindig zu machen waren. Jedoch konnte bei einem befallenen Bestand nordwestlich von Schopfheim mit Sicherheit festgestellt werden, dass die erkrankten italienischen Erlen – deren Befall im Labor nachgewiesen wurde – aus einer Baumschule in der Region stammten und die Infektion von weiter flussabwärts liegenden Erlenbeständen von dieser Stelle ausgegangen war. Bei einem anderen Bach wurde die Infektion bis zu mehreren Fischteichen zurückverfolgt.

## 7. Diskussion

Die Untersuchungen haben gezeigt, dass das Erlensterben durch *Phytophthora alni* in zwei relativ weit voneinander entfernten Räumen in Baden-Württemberg (Ortenau und Südschwarzwald) verbreitet ist. In der Ortenau konnte die Krankheit im Einzugsgebiet der Rench – von Rheinau in der Oberrheinebene bis Ibach im Oberlauf – und im Südschwarzwald an der Wiese zwischen Lörrach-Brombach und Mambach bestätigt werden. Obwohl die ersten kranken Erlen in den untersuchten Rückhaltebecken in der Ortenau vom Revierförster Ende der 1990er Jahre entdeckt wurden, haben unsere Untersuchungen ergeben, dass sich der Befall wahrscheinlich bereits mit kranken Erlenpflanzen, die in den 1980er Jahren an der Rench eingebracht wurden, ausgebreitet hatte. Dies deckt sich mit den Aussagen von JUNG & BLASCHKE (2003b), die behaupten, dass vom Erstbefall bis zum Auftreten der Symptome 10 Jahre oder längere Zeit vergehen können. Der Nachweis der Krankheit in der Ortenau, im Südschwarzwald und im Neckarraum (METZLER 2005) zusammen mit der Erkenntnis, dass sie nur mit einer zeitlichen Verzögerung in der Landschaft erkannt werden kann, deuten darauf hin, dass das **Erlensterben in zahlreichen Gebieten in Baden-Württemberg verbreitet** ist, wahrscheinlich bereits sogar im ganzen Land. Hinzu kommt, dass, wie die Befragung der Forstämter ergeben hat, das Erlensterben immer noch eine relativ unbekanntere oder gar missachtete Krankheit ist.

Sowohl im Einzugsgebiet der Rench als auch in dem der Wiese ist als notwendige Bedingung für die Infektion der Erlen bestätigt worden, dass sich der Erreger bereits im Gewässersystem befindet, von wo er flussabwärts wandern kann. Durch die **Einbringung von kranken Erlen im Oberlauf** eines Gewässers wird die ganze Erlenpopulation flussabwärts in Ansteckungsgefahr gebracht. So sind die ca. 20 Jahre alten Pflanzungen mit kranken Erlen an der Rench wahrscheinlich der Grund, warum die Bäume dort und in den HRB Holchen, Hürben und Mührig befallen sind. Ebenso konnte im Südschwarzwald bestätigt werden, dass Pflanzungen an der Wiese und einiger ihrer Seitengewässer zur Ausbreitung der Krankheit im Einzugsgebiet beigetragen haben. Das Vorhandensein von **Fischteichen** scheint im Einzugsgebiet der Wiese ebenfalls im Zusammenhang mit dem Erlensterben zu stehen. An einem Seitenbach der Wiese konnte die Krankheit bis zu einer Reihe von Fischteichen zurückverfolgt werden. Wie Untersuchungen in Bayern gezeigt haben, kann das Aussetzen von Fischen aus anderen, mit *Phytophthora* befallenen Fließgewässern die Ausbreitung der Krankheit auslösen (JUNG & BLASCHKE 2003c). Da am erwähnten Bach keine Pflanzungen, Wassereingleitungen oder sonstigen Gründe entdeckt wurden, die einen Infektionsherd hätten darstellen können, ist es sehr wahrscheinlich, dass die Fischzucht an der Verbreitung der Krankheit beteiligt war.

Im unteren Teil eines Einzugsgebietes ist die Wahrscheinlichkeit, dass *Phytophthora alni* durch verschiedene Infektionsquellen in das Wasser gelangt ist, höher als im oberen Teil. Dies führt dazu, dass die **Krankheit in den Gewässerunterläufen** stärker als in den Oberläufen auftritt, wie es beim Beispiel der Wiese der Fall ist.

Die **Nähe zu einem Gewässer und der lang andauernde Kontakt mit infiziertem Wasser** kann die Gefahr der Ansteckung erhöhen. Im Südschwarzwald sind Erlen in unmittelbarer Nähe zum fließenden Wasser und an feuchten und nassen Standorten oder solchen, die Überflutungen ausgesetzt sind, häufiger befallen als andere, die weiter entfernt vom Gewässer wachsen. Diese Aussage ist jedoch nur dann zutreffend, wenn im Oberlauf des betroffenen Gewässerabschnittes Infektionsstellen vorhanden sind; fehlt dagegen die Infektionsquelle, dann sind Erlen am Uferand oder an nassen oder gefluteten Standorten nicht krankheitsgefährdet.

Die Ausbreitung und Intensität des Befalls steht im Zusammenhang mit **dem natürlichen und dem künstlichen Wasserhaushalt**: Eine Überflutung, ob künstlich oder natürlich, führt mit hoher Wahrscheinlichkeit zu einer Infektion der Erlen; die Intensität, mit der die Erlen befallen werden, ist höher, je feuchter die Bodenbedingungen sind und nimmt bei trockeneren Standortverhältnissen stark ab. Natürlich feuchte und nasse Standorte sind per se gefährdet und können auch ohne Überflutung infiziert werden, da sich der Erreger wahrscheinlich mit dem Zwischenabfluss im Boden ausbreiten kann. In den untersuchten Hochwasserrückhaltebecken hatten weder die Einstauhäufigkeit, die je nach Lage in den Becken seit 1978 zwischen ein- und siebenmal stattgefunden hat, noch die Einstauhöhe, die zwischen 30 cm und 250 cm variierte, einen Einfluss auf die Befallsintensität. Das heißt, dass beispielsweise Erlen, die mit einer maximalen Überflutungshöhe von 140 cm zwischen 1978 und 2003 sieben Mal unter Wasser standen, ähnlich stark befallen sind wie Erlen, die im gleichen Zeitraum nur zweimal 30 cm hoch eingestaut worden sind. Daraus kann man schließen, dass eine einzige Überflutung ausreichen kann, damit sich *P. alni* auf der Fläche ausbreitet.



Die im Untersuchungsraum der Wiese vorgefundenen **Italienischen Erlen (*A. cordata*) und Grauerlen (*A. incana*)** sind vom Erlensterben stärker betroffen als die standortsge-rechte Schwarzerle. Von insgesamt 43 Gewässerabschnitten mit Grau- und Italienischen Erlen waren in 20 Abschnitten die Symptome des Erlensterbens sichtbar. Dies entspricht einer Befallsquote von 57 %, mehr als doppelt so hoch wie die durchschnittliche Befalls-quote im ganzen Untersuchungsraum, die 27 % betrug. Als Gründe hierfür kommen zwei Möglichkeiten in Betracht: Da weder die Italienische Erle noch die Grauerle standortsge-recht ist, ist es zum einen denkbar, dass sie in diesem Gebiet allgemein anfälliger gegenüber Krankheiten sind. Zum anderen kommen im Untersuchungsgebiet alle italienischen Erlen und ein Großteil der Grauerlen aus Baumschulen, im Gegensatz zu den Schwarzerlen, die in der Regel aus Naturverjüngung stammen. Die Gefahr der Infektion mit *Phytophthora alni* in Baumschulen ist sehr hoch und könnte daher auch der Grund sein, warum diese beiden Erlenarten stärker befallen sind.

Obwohl der endgültige Beweis für das Erlensterben nur durch die Isolierung des Erre-gers unter Laborbedingungen erfolgen kann, haben beide Untersuchungen die Aussagen von mehreren Wissenschaftlern bestätigt, dass sich die Krankheit im Gelände gut über ihre äu-ßeren **Symptome an der Krone und am Stamm** erkennen lässt (SANTINI 2001, JUNG & BLASCHKE 2003b, ZASPEL & SCHNECK 2004, CECH 2005). Eine alleinstehende Erle mit einer kranken oder gar toten Krone weist in einem ansonsten gesund aussehenden Bestand nicht unbedingt auf das Erlensterben hin – ihr Zustand kann auf vielerlei biotischen oder abioti-schen Ursachen beruhen. Im Einzugsgebiet der Wiese ist das Vorkommen von mindestens einer stark geschädigten Erle (mit einer Kronenvitalität VS 3) und mehreren anderen mittel geschädigten Individuen (VS 2) ein deutlicher Hinweis auf das Erlensterben. Die Vermutung auf Befall durch *Phytophthora* wird dann stark unterstützt, wenn auch Schleimflussflecken und Nekrosen am Stamm entdeckt werden. Die Kronenvitalität dagegen ist bei älteren oder bei sehr jungen Erlen kein guter Indikator für die Krankheit. Das verminderte Wachstum äl-terer Bäume spiegelt sich in den reduzierten Triebblängen wider und kann die Einschätzung der Vitalität verzerren. So weisen alte Erlen häufig kurze Triebe auf. Laut den Vitalitätsstufen von ROLOFF (2001) würde dies auf eine beeinträchtigte Vitalität schließen lassen, doch wahr-scheinlich handelt es sich um eine natürliche, altersbedingte Triebform. Bei älteren Erlen deutet daher nur eine zerfallende Krone mit toten Ästen (VS 3) auf eine krankheitsbedingte Vitalitätsverminderung hin. Oft ist bei alten Individuen das Vorkommen von dunklen Schleimflussflecken am Stamm ein viel besserer Hinweis auf das Erlensterben als die Kronenvitalität. Junge Erlen stellen ebenfalls eine Ausnahme dar, da sie trotz Befall eine gute Kronenvitalität (VS 0) zeigen können. Sowohl in den untersuchten Hochwasserrückhalte-becken als auch im Einzugsgebiet der Wiese ist eine Vielzahl erkrankter junger Erlen entdeckt worden, die ihre Gesundheitsprobleme nur am Stamm in Form von Schleim-flussflecken und nicht in der Krone zeigten. Soll ein junger Erlenbestand auf das Erlenster-ben untersucht werden, ist es daher notwendig, den Schwerpunkt der Untersuchung auf die Suche nach Schleimflussflecken am Stamm zu setzen.

## 7.1 Zur Überflutungstoleranz der Erlen

Die Analyse der Zusammenhänge zwischen der Vitalität der Erlen und den Flutungsbedingungen in den Hochwasserrückhaltebecken hat ergeben, dass die Vitalität der Erlen unabhängig von den Flutungsfaktoren (Höhe, Dauer) ist. In letzter Zeit wurde in verschiedenen Gebieten beobachtet, dass Schwarzerlen nach natürlichen und künstlichen Überschwemmungen starke Schäden erlitten hatten. Aus diesen Erkenntnissen heraus stellten einige Wissenschaftler und Praktiker die generelle Hochwassertoleranz der Erle in Frage (LFU & GEWÄSSERDIREKTION SÜDLICHER OBERRHEIN/HOCHRHEIN 1999, SITTLER & ZÄHRINGER 2000). Für die HRB Holchen, Hürben und Mührig haben die Ergebnisse der Inventur gezeigt, dass die Vitalität der Erlen unabhängig von der Flutungshäufigkeit und von der Flutungshöhe ist, so dass diese Zweifel aus dem Weg geräumt werden können. Den Ergebnissen zufolge können die Erlen im Untersuchungsgebiet 5- bis 7-tägige Überflutungen von einer durchschnittlichen Höhe von 100 cm sowohl im Winter als auch in der Vegetationsperiode schadlos aushalten.

## 8. Fazit

Das Erlensterben ist in mehreren Gebieten Baden-Württembergs nachgewiesen worden. Es können alle Erlen befallen werden, die in Kontakt mit Wasser kommen, in welchem die Sporen des *P. alni* enthalten sind. Direkte Gegenmaßnahmen können nicht getroffen werden, da die Schwarzerlenwuchsorte in der Regel am Wasser liegen und der Einsatz von chemischen Mitteln nicht in Frage kommt. Die Ergebnisse unserer Untersuchungen zeigen jedoch, dass der Mensch eine große Rolle bei der Krankheitsausbreitung spielt, sei es durch die gezielte Überflutung von Gebieten im Rahmen von Hochwasserschutzmaßnahmen, durch die Pflanzung von bereits erkrankten Erlen (sowohl aus Baumschulen als auch mit spontan gewachsenen Individuen) oder durch das Aussetzen von Fischen aus infizierten Gewässern in bisher gesunde Gewässersysteme. Sowohl die Krankheit als auch diese Erkenntnisse sind relativ neu und sollten, um der Krankheitsausbreitung entgegen zu wirken – ja sogar, um den epidemischen Verlauf der Krankheit zu verhindern – in der Öffentlichkeit bekannt gemacht werden, vor allem unter den Verantwortlichen in der Forst- und Wasserwirtschaft und im Naturschutz.

## Danksagung

Die Autoren möchten sich ganz herzlich bei Herrn Walser und Herrn Kowalke vom Regierungspräsidium Freiburg für ihre Unterstützung bei den Untersuchungen, bei Dr. Schumacher (BBA) für sein Engagement bei der phytopathologischen Analyse der Erlenproben und seine fachliche Beratung, bei Frau Dr. Bieling und Prof. Konold für die Revision des Manuskriptes und ganz herzlich bei letzterem auch für seinen umfassenden Beistand und seine wissenschaftliche Betreuung bedanken.

Eingang des Manuskripts 14.08.2006

## Angeführte Schriften

- ANONYMUS (2003): Tabellarischer Überblick: Waldschutz 2002/2003., AFZ - Allgemeine Forstzeitschrift 7: 324-329.
- BAKONYI, J., NAGY, Z. A. & ERSEK, T. (2004): Diagnostic Molecular Markers of Alder Phytophthora. In: *Phytophthora* in Forests and Natural Ecosystems. Freising (D), Innsbruck (A).
- BENSON, D. M. (2003): Cultural practices and host resistance: Two IPM strategies for control of *Phytophthora ramorum* in nurseries. In: Sudden Oak Death Online Symposium. San Paul (USA) USDA-FS.
- BRASIER, C. M. & KIRK, S. A. (2001): Comparative aggressiveness of standard and variant hybrid alder phytophthoras, *Phytophthora cambivora* and other *Phytophthora* species on bark of *Alnus*, *Quercus* and other woody hosts. Plant-Pathology 50: 218-229.
- BRASIER, C. M., KIRK, S. A., DELCAN, J., COOKE, D. E. L., JUNG, T. & MAN IN'T VELD, W. A. (2004): *Phytophthora alni* sp. nov. and its variants: Designation of emerging hetroploid hybrid pathogens spreading on *Alnus* trees. Mycological Research 108 (10): 1172-1184.
- BRASIER, C. M., ROSE, J. & GIBBS, J. N. (1995): An unusual *Phytophthora* associated with widespread alder mortality in Britain. Plant-Pathology 44: 999-1007.
- BURSCHEL, P. & HUSS, J. (1997): Grundriß des Waldbaus. Parey, 487 S., Berlin.
- CECH, T. L. (1998): *Phytophthora* decline of alder (*Alnus* spp.) in Europe. Journal of Arboriculture 24 (6): 339-343.
- CECH, T. L. (2005): Phytophthora-Krankheit der Erle - Entwicklung der Situation in Österreich. In: Ministerium für Ländliche Entwicklung, U. u. V., Symposium zum neuartigen Erlensterben am 28.2.2005. Potsdam (D).
- DE GRUYTER, H. & VAN DIJK, C. (1999): *Phytophthora* als veroorzaker elzensterfte bij de zwarte els. Tuin & Landschap 10: 60-61.
- DINTER, W. & BOHN, U. (1998): Zur Soziologie und Ökologie von *Alnus glutinosa* in Mitteleuropa. Jahrbuch der Gesellschaft für Ingenieurbiologie 7 (Die mitteleuropäischen Erlen): 65-80.
- ENGLANDER, L. & TOOLEY, P. (2003): Plant hosts in the nursery industry – PLANTS MOVE! How might the movement of plants in the nursery industry contribute to the spread of *Phytophthora ramorum* to new areas? In: Sudden Oak Death Online Symposium. San Paul (USA) USDA-FS.
- GFG MBH (2004). Erlensterben durch *Phytophthora* an Fließgewässern. Empfehlungen für die Gewässerpflege. Rheinland-Pfalz.

- GIBBS, J. N., LIPSCOMBE, M. A. & PEACE, A. J. (1999): The impact of *Phytophthora* disease on riparian populations of common alder (*Alnus glutinosa*) in southern Britain. *European Journal for Forestry Pathology* 29: 39-50.
- GIBBS, J. N. & LONSDALE, D. (2000): *Phytophthora* disease of alder. Forestry Commission Research Information Note 6: 6 pp.
- HARTMANN, G. (1995): Wurzelhalsfäule der Schwarzerle (*Alnus glutinosa*) - eine bisher unbekannte Pilzkrankheit durch *Phytophthora cambivora*. *Forst und Holz* 18: 555-557.
- JUNG, T. (2004): *Phytophthora* schädigt Buchenbestände in ganz Bayern. *LWF-Aktuell* 43: 36-37.
- JUNG, T. & BLASCHKE, M. (2003a): Ausmaß und Verbreitung der Phytophthora-Erkrankung der Erlen in Bayern, Ausbreitungswege und mögliche Gegenmaßnahmen. *Forst und Holz* 58 (9): 246-250.
- JUNG, T. & BLASCHKE, M. (2003b): Die *Phytophthora*-Wurzelhalsfäule der Erlen in Bayern: Krankheitsverbreitung, Ausbreitungswege und mögliche Gegenmaßnahmen. *LWF-Bericht* 42: 35-41.
- JUNG, T. & BLASCHKE, M. (2003c): Erfassung der Schäden durch die *Phytophthora*-Wurzelhalsfäule der Erle in forstlichen Beständen in Bayern. *LWF-Aktuell* 38: 14-16.
- JUNG, T. & BLASCHKE, M. (2004): *Phytophthora* root and collar rot of alders in Bavaria: distribution, modes of spread and possible management strategies. *Plant-Pathology* 53: 197-208.
- JUNG, T., COOKE, D. E. L., BLASCHKE, M., DUNCAN, J. M. & OSSWALD, W. (1999): *Phytophthora quercina* sp. nov., causing root rot of European oaks. *Mycological Research* 103 (7): 785-798.
- JUNG, T., SCHLENZIG, A., BLASCHKE, M., ADOLF, B. & OSSWALD, W. (2000). Erlensterben durch *Phytophthora* - Droht Bayerns Erlen eine Epidemie?, LWF.
- LFU & GEWÄSSERDIREKTION SÜDLICHER OBERRHEIN/HOCHRHEIN, Eds. (1999). Auswirkungen der Ökologischen Flutungen der Polder Altenheim. Ergebnisse des Untersuchungsprogramms 1993-1996. Materialien zum Integrierten Rheinprogramm.
- MANION, P. D. (1991): *Tree disease concepts*. Prentice-Hall, 402 S., New Jersey.
- METZLER, B. (2005): Wurzelhalsfäule durch *Phytophthora alni* und andere Erkrankungen von Erlen (*Alnus* sp.). *Waldschutz-Info* 1.
- MINISTERIUM FÜR UMWELT UND VERKEHR BADEN-WÜRTTEMBERG & LANDESANSTALT FÜR UMWELTSCHUTZ BADEN-WÜRTTEMBERG (LFU) (2001): *Wasser- und Bodenatlas Baden-Württemberg*. Stuttgart/Karlsruhe.

- PRETZELL, D. & REIF, A. (1999): Erlenbruchwälder im Oberrheingraben und ihre Degradationsstadien. *Tuexenia* 19: 179-191.
- ROLOFF, A. (2001): Baumkronen. Ulmer Verlag, 164 S., Stuttgart.
- SANTINI, A. (2001): A new *Phytophthora* Root Disease of Alder in Italy. *Plant Disease* 85: 560.
- SANTINI, A., BARZANTI, G. P. & CAPRETTI, P. (2003): Susceptibility of some mesophilic hardwoods to alder *Phytophthora*. *Journal of Phytopathology* 151 (7-8): 406-410.
- SCHRÖTER, H., DELB, H. & METZLER, B. (2006): Waldschutzsituation 2005/2006 in Baden-Württemberg. *AFZ - Allgemeine Forstzeitschrift* 7: 338-341.
- SCHUMACHER, J. (2002): Untersuchungen über den Gesundheitszustand der Schwarzerle (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.) im Nationalpark vorpommersche Boddenlandschaft. Erhebung und Ursachenanalyse biotischer Schadfaktoren. Ulmer Verlag, 182 S., Stuttgart.
- SCHUMACHER, J. (2003): Gegenwärtige Verbreitung, Ausbreitungs- und Begrenzungsfaktoren der *Phytophthora*-Erkrankung an Erlen im Spreewald. *Forst und Holz* 58 (9): 251-255.
- SCHUMACHER, J., LEONHARD, S. & RUST, S. (2005): *Phytophthora*- und *Pythium*-Isolate im Pathogenitätstest mit dreijährigen Erlenpflanzen (*Alnus glutinosa*) - Erregervirulenz und Wirtsreaktion. *Nachrichtenblatt des Deutschen Pflanzenschutzdienstes* 57 (10): 193-199.
- SITTLER, B. & ZÄHRINGER, E. (2000): Erfassung der Schadsymptome an ausgewählten Bäumen im Bereich von zwei Hochwasserrückhaltebecken bei Freiburg. Bericht im Auftrag der Gewässerdirektion Südlicher Oberrhein/Hochrhein. Institut für Landespflege, Universität Freiburg, Freiburg i.B.
- STREITO, J. C., JARNOUEN DE VILLARTAY, G. & TABARY, F. (2002a): Methods for isolating the alder *Phytophthora*. *Forest-Pathology* 32 (3): 193-196.
- STREITO, J. C., LEGRAND, P., TABARY, F. & JARNOUEN DE VILLARTAY, G. (2002b): *Phytophthora* disease of alder (*Alnus glutinosa*) in France: Investigations between 1995 and 1999. *Forest-Pathology* 32 (3): 179-191.
- SZABO, I., NAGY, Z. A., BAKONYI, J. & ERSEK, T. (2000): First Report of *Phytophthora* Root and Collar Rot of Alder in Hungary. *Plant Disease* 84: 1251.
- VETTRAINO, A. M., MOREL, O., ROBIN, C. & VANNINI, A. (2001): Ink disease and distribution on sweet chestnut in France and Italy and *Phytophthora* species associated. In: Second International IUFRO Meeting on *Phytophthora* in Forests and Natural Ecosystems, 30. Sept - 5. Okt. 2001. Perth and Albany, Australia.

- WERRES, S. (2000): Neuartiges Erlensterben durch *Phytophthora*-Arten. Jahrbuch der Baumpflege (2000): 212-216.
- WERRES, S., DUSSART, G. & ESCHENBACH, C. (2001): Erlensterben durch *Phytophthora* spp. und die möglichen ökologischen Folgen. Natur und Landschaft 76 (7): 305-310.
- WESTE, G. (2003): Disease caused by *Phytophthora* in Australia and its impact on native forests, woodlands and heathlands. In: Society, W. o. T. A. P., Sudden Oak Death Online Symposium.
- ZASPEL, I. & SCHNECK, V. (2004): Einfluss der neuartigen Erlenkrankheit *Phytophthora alni* auf den Schädigungsgrad und das Wachstum von *Alnus glutinosa*-Nachkommenschaften. BFH-Nachrichten (4).



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

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Berichte der naturforschenden Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau](#)

Jahr/Year: 2006

Band/Volume: [96](#)

Autor(en)/Author(s): Rio Merino Sigrid del, Oorschot Jeroen

Artikel/Article: [Erlensterben durch Phytophthora alni in SW-Deutschland 33-58](#)