

# Conservation and utilization of forest genetic resources for the recultivation of post-mining landscapes and the forestry in Lusatia

## *Erhaltung und Nutzung forstgenetischer Ressourcen für die forstliche Rekultivierung von Bergbaufolgelandschaften und die Waldwirtschaft in der Lausitz*

HEINO WOLF, UTE TRÖBER, MICHAEL RÖSLER, Germany

### 1 Introduction

Lignite open cast mining has serious impacts on nature and landscape. It may also affect genetic resources of forest tree species having great importance due to their specific characters and structures for the

- Conservation of genetic potential of a specific species,
- Forestry in a particular region and
- Nature oriented recultivation of the post-mining landscape.

Using forest stands of Sessile Oak, Scots Pine and Norway Spruce situated in front of the open cast mine Nochten, Lusatia, as an example, gene conservation activities of the Stete Company SaxonForest and Vattenfall Europe Mining-plc to balance the inevitable intrusion an nature and landscape will be described in the following article.

### 2 Conservation of biodiversity – a criterion of sustainable development

Together with the variety of ecosystems and the variety of species, genetic diversity within species is part of biodiversity. Biological

Dr. HEINO WOLF,  
Staatsbetrieb Sachsenforst, Kompetenzzentrum für Wald und Forstwirtschaft, Referat Forstgenetik/Forstpflanzenzüchtung,  
Bonnewitzer Str. 34, 01796 Pirna, Germany  
Tel. +49 (0) 3501-542-220, Fax +49 (0) 3501-542-213  
e-mail: Heino.Wolf@smul.sachsen.de

Dipl.-Ing. UTE TRÖBER,  
Staatsbetrieb Sachsenforst, Kompetenzzentrum für Wald und Forstwirtschaft, Referat Forstgenetik/Forstpflanzenzüchtung,  
Bonnewitzer Str. 34, 01796 Pirna, Germany  
Tel. +49 (0) 3501-542-223, Fax +49 (0) 3501-542-213  
e-mail: Ute.Troeber@smul.sachsen.de

Dipl.-Ing. MICHAEL RÖSLER,  
Vattenfall Europe Mining AG, Abteilung Rekultivierung/Naturschutzmanagement, Vom-Stein-Straße 39, 03050 Cottbus, Germany  
Tel. +49 (0) 355-2887-2028, Fax +49 (0) 355-2887-2380  
e-mail: michael.roesler@vattenfall.de

### 1 Einleitung

Die Gewinnung von Braunkohle im Tagebau stellt einen schwerwiegenden Eingriff in Natur und Landschaft dar. Von diesem Eingriff können auch genetische Ressourcen von Waldbaumarten betroffen sein, die auf Grund ihrer besonderen Eigenschaften und Strukturen eine große Bedeutung haben für

- die Erhaltung des genetischen Potentials dieser Arten,
- die Waldbewirtschaftung in der Region, aber auch
- den naturnahen Aufbau der Bergbaufolgelandschaft durch Rekultivierung.

Am Beispiel von Waldbeständen der Traubeneiche, Waldkiefer und Tieflandsfichte im Vorfeld des Braunkohlentagebaus Nochten wird nachfolgend beschrieben, wie die unvermeidbare Beeinträchtigung von Natur und Landschaft durch Maßnahmen der forstlichen Generhaltung in Zusammenarbeit zwischen der Vattenfall Europe Mining AG und dem Staatsbetrieb Sachsenforst ausgeglichen werden soll.

### 2 Erhaltung der Biodiversität – ein Kriterium nachhaltiger Entwicklung

Die genetische Vielfalt innerhalb der Arten ist zusammen mit der Vielfalt der Ökosysteme und der Arten ein Bestandteil der Biodiversität. Die biologische Vielfalt ist eine Grundvoraussetzung für die Produktivität der Ökosysteme und ihre Anpassungsfähigkeit gegenüber Umweltveränderungen. Die intensive Nutzung der natürlichen Ressourcen durch den Menschen übersteigt gegenwärtig die Regenerationsfähigkeit der Erde um ca. ein Viertel und ist mit einem steten Verlust an Lebensräumen, Arten und ihrer genetischen Variation verbunden. Die damit verbundene unumkehrbare Verarmung der Natur gefährdet zunehmend auch die Lebensgrundlagen der Menschheit.

Der Erhalt und die nachhaltige Nutzung der Biodiversität ist Ziel des 1992 auf der Umweltkonferenz in Rio de Janeiro getroffenen Übereinkommens über die biologische Vielfalt. Dieses Abkommen, dem die Bundesrepublik Deutschland 1993 beigetreten ist, sowie die einschlägigen Resolutionen der Ministerkonferenzen zum Schutze der Wälder in Europa von 1993 bis 2005 bilden den Hintergrund für den Erhalt und die nachhaltige Nutzung von genetischen Ressourcen im Wald [1].

diversity is a prerequisite for the productivity of ecosystems and their adaptability to changing environmental conditions. Presently, the intensive utilization of natural resources by men exceeds the regeneration capacity of the earth by about a quarter and is connected with a continuous loss of habitats, species and their genetic variation. Consequently, this development is followed by an irreversible impoverishment of nature which endangers meanwhile the foundation of life for mankind.

Conservation and sustainable utilization of biodiversity is the objective of the Convention on Biological Diversity agreed on in Rio de Janeiro 1992. This convention, accepted by Germany in 1993, and the particular resolutions of the Ministerial Conferences on the Protection of Forests in Europe between 1993 and 2005 are the background for the conservation and sustainable utilization of genetic resources in forests [1].

### 3 Conservation and utilization of forest genetic resources

Based on the Federal and State Concept for the Conservation and Sustainable Utilization of Forest Genetic Resources in Germany, different strategies coordinated with each other are followed up in Saxony [1, 2]. These activities have the objective to conserve and to promote the variety of forest tree species and the genetic diversity within these species as a base for the adaptability of forests to changing environmental conditions. This is a contribution to counteract the impoverishment of the gene pool caused by human impacts on forest and landscape, to conserve and to re-establish diverse forest ecosystems as well as to guarantee the benefits of forests in a sustainable way.

A condition for the conservation of forest genetic resources is a comprehensive survey on rare and endangered occurrences of indigenous tree species and their delineation as "Forest with Particular Gene Conservation Function". The silvicultural management of these stands, groups of trees and single trees is focussed at an extensive and long lasting conservation of these gene resources on the natural site (in-situ). However, in various cases an immediate protection is not possible in the habitat due to impacts on nature caused by infrastructure or open cast mining activities. In these cases, the establishment of gene conservation seed orchards as well as stands on another site outside of the natural habitat (ex-situ) facilitates securing the genetic potential (Figure 1).

### 3 Erhaltung und Nutzung forstlicher Genressourcen

Im Rahmen eines Bund-Länder-Konzeptes zur Erhaltung und nachhaltigen Nutzung forstlicher Genressourcen werden in Sachsen verschiedene, aufeinander abgestimmte Generhaltungsstrategien verfolgt [1, 2]. Diese haben zum Ziel, die Artenvielfalt der Waldbäume und die genetische Vielfalt innerhalb dieser Arten als Grundlage für die Anpassungsfähigkeit der Wälder an sich ändernde Umweltbedingungen zu erhalten und zu fördern. Damit soll ein Beitrag geleistet werden, der durch menschliche Eingriffe in Wald und Landschaft hervorgerufenen Einengung des Genpools entgegen zu wirken, vielfältige Waldökosysteme zu erhalten und wiederherzustellen sowie die Leistungen der Wälder nachhaltig zu gewährleisten.

Grundlage für die Erhaltung forstlicher Genressourcen ist eine umfassende Inventarisierung von seltenen und gefährdeten Vorkommen heimischer Baumarten und deren Ausweisung als Wald mit besonderer Generhaltungsfunktion. Die Bewirtschaftung derartiger Bestände, Baumgruppen und Einzelbäume ist auf eine weitgehende und dauerhafte Erhaltung dieser Genressourcen vor Ort (in-situ) ausgerichtet. Ist die unmittelbare Erhaltung vor Ort durch Eingriffe in die Natur wie Infrastruktur- oder, wie nachfolgend geschildert, Bergbaumaßnahmen gefährdet, ermöglicht die Anlage von Erhaltungssamenplantagen und Erhaltungsbeständen an einem anderen Ort (ex-situ) die Sicherung des genetischen Potentials (Abbildung 1).

Samenplantagen, die mit Pflöpfingen angelegt werden, ermöglichen dabei eine mehr oder weniger unmittelbare Saatgutproduktion über das Lebensalter des zu erhaltenden Bestandes hinaus. Dies gilt vor allem dann, wenn die Pflöpfreier von Altbäumen im fruktifikationsfähigen Alter gewonnen wurden, da dadurch das physiologische Alter des Ausgangsbaumes und somit die Fähigkeit zur Fruktifikation weitgehend erhalten wird. Die Samenplantage beginnt nach bisher vorliegenden Erfahrungen nach fünf bis zehn Jahren auf Grund der unbedrängten Entwicklung und der freien Stellung der Kronen in regelmäßigen Abständen Saatgut zu produzieren.

### 4 Waldökosysteme im Vorfeld des Tagebaus Nochten

Im Vorfeld des durch die Vattenfall Europe Mining AG betriebenen Braunkohlentagebaus Nochten befindet sich im Wuchsgebiet

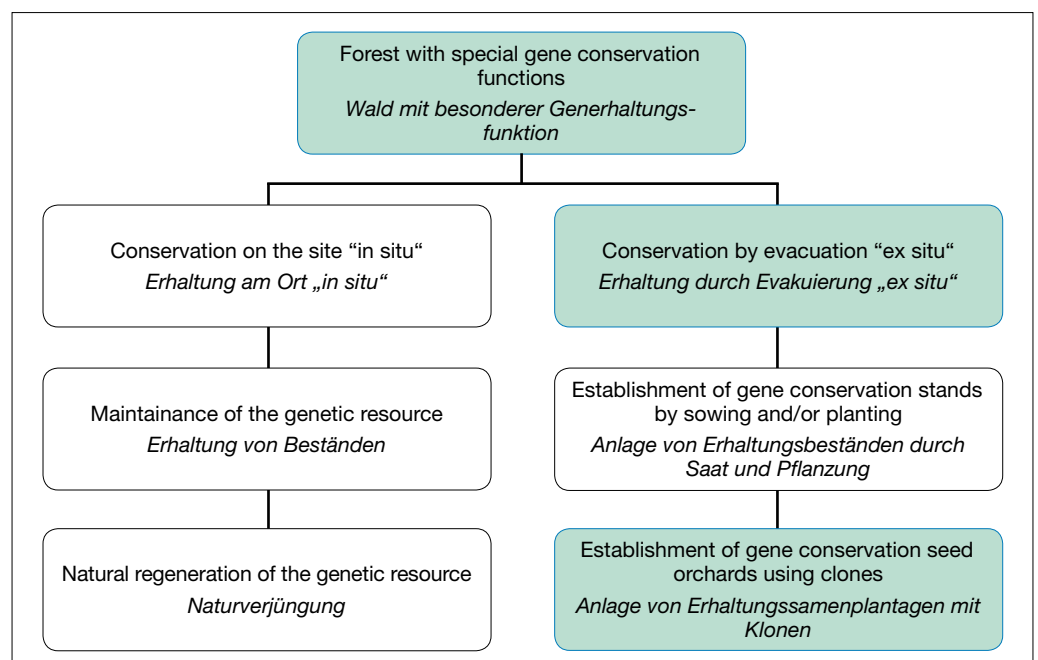


Fig. 1: Types of gene conservation measures (strategy selected for conservation of gene resources in front of open cast mines green underlaid)

Abb. 1: Generhaltungsmaßnahmen (ausgewählte Strategie für die Erhaltung von genetischen Ressourcen im Tagebauvorfeld grün unterlegt)

Seed orchards established with graftings make more or less immediate seed production possible, also beyond the natural life span of the basic material in question. This is particularly valid, if grafts were collected from trees which have already reached the age for generative reproduction, since the physiological age of the basic material will be conserved together with the ability to produce seeds. According to the present knowledge, a seed orchard will begin to produce seeds in regular intervals five to ten years after its establishment due to undisturbed development and free position of tree tops.

#### 4 Forest ecosystems in the territory situated in front of the open cast mine Nochten

The forest area Muskauer Heide is located in the growing area Düben-Niederlausitzer Altmoränenland west of the City of Weißwasser. It is situated in front of the open cast mine Nochten which is managed by Vattenfall Europe Mining plc. In the centre of the forest area the former nature protection reserve "Urwald Weißwasser" can be found sizing about 100 ha (Figure 2).

In this region, the forests are characterised by natural Sessile Oak-Scots Pine-forests and Norway Spruce-Scots Pine-forests. The major tree species of these forest societies are Sessile Oak (*Quercus petraea* [Matt.] Liebl.), Norway Spruce (*Picea abies* [L.] Karst.) and Scots Pine (*Pinus sylvestris* L.).

Sessile Oak occurs on drier sites with favourable nutrient conditions in proportions from 60 % to 100 % admixed with Hornbeam (*Carpinus betulus* L.) and Scots Pine, on sites with alternating humidity with Red Oak, (*Quercus rubra* du Roi), Small-Leafed Lime (*Tilia cordata* Mill.) and Hornbeam. The age of the sessile oaks reaches up to 300 years. The occurrence is regarded as the oldest of this species in Saxony (Figure 3).

On drier sites with less favourable nutrient conditions, Sessile Oak is replaced by Scots Pine as major species in proportions from 60 % to 90 % in mixture with Sessile Oak and Hornbeam. On mineral wet soils, Birch species and Norway Spruce take the place of Sessile Oak and Hornbeam. The oldest occurrences of Scots Pine have an age of about 250 years.

On mineral wet soils with the risk of late frost Scots Pine is replaced by Norway Spruce in proportions from 50 % to 70 %. On

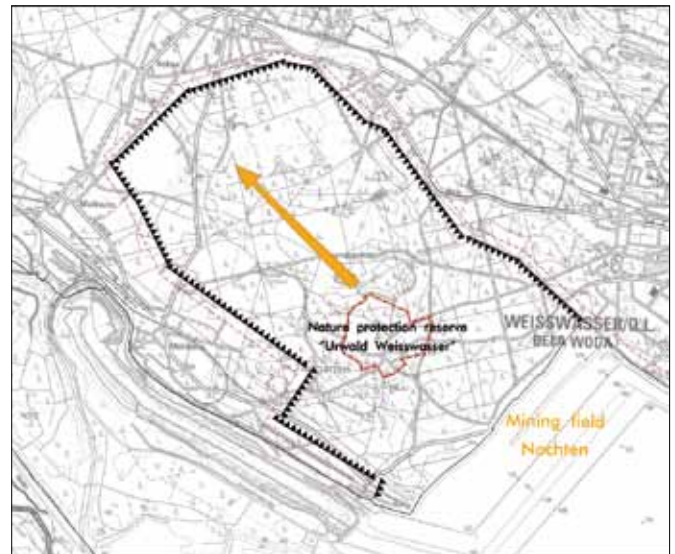


Fig. 2: Location of the nature protection reserve "Urwald Weißwasser"  
Abb. 2: Darstellung der Lage des Urwaldes Weißwasser

Düben-Niederlausitzer Altmoränenland, westlich der Stadt Weißwasser vorgelagert, das Waldgebiet Muskauer Heide. Im Zentrum dieses Waldgebietes liegt das ca. 100 ha große ehemalige Naturschutzgebiet „Urwald Weißwasser“ (Abbildung 2).

Das Waldbild in diesem Bereich wird durch natürliche Traubeneichen-Kiefern-Wälder und Fichten-Kiefernwälder geprägt. Die Hauptbaumarten dieser Waldgesellschaften bilden die Traubeneiche (*Quercus petraea* [Matt.] Liebl.), die Gemeine Fichte (*Picea abies* [L.] Karst.) und die Waldkiefer (*Pinus sylvestris* L.).

Die Traubeneiche kommt auf trockeneren Standorten mit besserer Nährstoffversorgung in Anteilen von 60 % bis 100 % in Mischung mit Hainbuche und Waldkiefer, auf wechselfeuchten Standorten mit Roteiche, Winterlinde und Hainbuche vor. Das Alter der Traubeneichen beträgt bis zu 300 Jahre. Das Vorkommen gilt als das älteste Traubeneichen-Vorkommen in Sachsen (Abbildung 3).

Auf den nährstoffärmeren, trockeneren Standorten löst die Waldkiefer mit Anteilen von 60 % bis 90 % die Traubeneiche als Hauptbaumart ab und tritt in Mischung mit dieser sowie mit der Hainbuche auf. Auf mineralischen Nässtandorten ersetzen die Birkenarten und die Fichte Traubeneiche und Hainbuche. Die älteren Vorkommen der Waldkiefer haben ein Alter von ca. 250 Jahren.

Auf frostgefährdeten mineralischen Nässtandorten wird die Waldkiefer durch die Lausitzer Tieflandsfichte mit Anteilen von 50 % bis 70 % abgelöst. Als Mischbaumarten treten auf diesen Standorten die Birkenarten, Stieleiche, Weißtanne und Kiefer hinzu. Die bis zu 125 Jahre alten Fichtenbestände des Waldgebietes bilden das größte zusammenhängende Relikt vorkommen der Fichte am Nordrand ihres herzynisch-karpatischen Teilareals in Sachsen (Abbildung 4).

#### 5 Bedeutung für Erhaltung und Nutzung forstlicher Genressourcen

Die beschriebenen Bestände der Traubeneiche, Waldkiefer und Lausitzer Tieflandsfichte können auf Grund ihres Alters sowie der bekannten Waldgeschichte mit hoher Wahrscheinlichkeit als autochthon angesprochen werden [3, 4]. Das bedeutet, dass sich diese Bestände nach der letzten Eiszeit auf den genannten Standorten angesiedelt haben und sich seitdem fortgesetzt unter den gegebenen Standortverhältnissen natürlich verjüngt haben. Dies führte im Laufe ihrer Entwicklungsgeschichte zu einer optimalen Anpassung der Vorkommen an die Klimabedingungen



Fig. 3:  
Old Sessile Oak trees "Urwald Weißwasser"

Abb. 3:  
Alte Traubeneichen „Urwald Weißwasser“



these sites, Birch species, English Oak (*Quercus robur L.*), Silver Fir (*Abies alba Mill.*) and Scots Pine are the admixed species. The Norway Spruce-stands located in this forest area are up to 125 years old. They are the largest continuous relict occurrences of Norway spruce at the northern edge of the hercynic-carpathian distribution area in Saxony (Figure 4).

### 5 Importance for the conservation and utilization of forest genetic resources

The stands of Sessile Oak, Scots Pine and Norway Spruce mentioned can be considered with high probability as autochthonous due to their age and the forest history known [3, 4]. That means that these stands established on the sites after the latest ice age and regenerated naturally and continuously under the given site conditions. In the course of their evolution, this led to an optimal adaptation of the occurrences to the climate conditions, especially to dry and hot summers and to sudden changes of temperature. Due to this adaptation, these stands differ from other occurrences of the same species originating from regions influenced more by the Atlantic Ocean. Regarding the fact, that the site conditions described are typical for large parts of Northeast-Saxony and South-Brandenburg and that comparable stands of these species do not exist any more in this form, the conservation of these occurrences is of great importance. Aiming to the maintenance of a considerable and important part of the genetic variation of these species, the conservation of these is of high relevance. The implementation of conservation measures is very urgent due to the progress of the open cast mining in Nochten.

### 6 Recultivation of open cast mining areas – a challenge for the Vattenfall Europe Mining plc

Lignite open cast mining is a serious impact on nature and landscape. The not avoidable damage related with it should be balanced by the construction of the post-mining landscape and its recultivation including nature oriented forming. This points to the

- Conservation of forest genetic resources of Sessile Oak, Scots Pine and Norway Spruce affected by the removal of the forests,
- Establishment of recultivation areas corresponding to forestry requirements as well as
- Reforestation of species rich and nature oriented forest stands using species suited to the site.

The post-mining landscape of the open cast mine Nochten will be characterized by forests due to about 4500 ha of forest recultivations. According to the lignite mining planning, the future forest stands should be dominated by conifers with 60 % and by broad leaved species by 40 %.

Depending on the soil substratum the future forest stands should be composed of Sessile Oak-Hornbeam-Lime-forest with 60 % to 90 % Sessile Oak, Lowland-Scots Pine-Forest with 60 % to 90 % Scots Pine and Lowland Norway Spruce-forest with 50 % to 70 % Norway Spruce. Considering the nature protection aspects as well as the specific stress conditions to be expected due to dump soil and climate, it is of great importance to use forest reproductive material highly adapted to regional climate.

### 7 Project “Characterisation and Conservation of Sessile Oak, Scots Pine and Norway Spruce”

In cooperation with the owner of the forests in the territory situated in front of the lignite open cast mine Nochten, the Vattenfall



Fig. 4: Old Norway Spruce trees and Birches  
Abb. 4: Alte Fichten mit Birke

ihres Wuchsortes, vor allem an trockene, heiße Sommer und plötzliche Temperaturänderungen. Dadurch unterscheiden sie sich deutlich von anderen Vorkommen dieser Arten, die z.B. aus mehr atlantisch getönten Gebieten stammen. Da die geschilderten Standortverhältnisse typisch für weite Teile Nordost-Sachsens und Süd-Brandenburgs sind und vergleichbare Bestände dieser Baumarten in dieser Form nicht mehr existieren, kommt der Erhaltung der Vorkommen eine überregionale Bedeutung zu. Als wichtiger Bestandteil der genetischen Vielfalt dieser Arten besitzen sie somit eine sehr hohe Erhaltungswürdigkeit und wurden deshalb als Wald mit besonderer Generationsfunktion ausgewiesen. Auf Grund des Abbaufortschrittes im Tagebau Nochten ist ihre Erhaltung sehr dringlich.

### 6 Rekultivierung von Tagebauen – eine Herausforderung für die Vattenfall Europe Mining AG

Der Braunkohlenbergbau stellt einen schwerwiegenden Eingriff in Natur und Landschaft dar. Die damit verbundenen und unvermeidbaren Beeinträchtigungen sollen durch den Aufbau der Bergbaufolgelandschaft und deren Rekultivierung einschließlich naturnaher Gestaltungen ausgeglichen werden. Dies betrifft die

- Erhaltung der durch die Rodung im Abbaubereich betroffenen genetisch bedeutenden Ressourcen der Traubeneiche, Tieflandsfichte und Waldkiefer,
- Herstellung von Kippenflächen, die den forstwirtschaftlichen Anforderungen entsprechen sowie
- Aufforstung naturnaher artenreicher Wälder, wobei die Gehölze standortgerecht auszuwählen sind.

Die Bergbaufolgelandschaft des Tagebaus Nochten wird mit ca. 4500 ha forstlicher Rekultivierungsfläche durch Wald geprägt. Die zukünftigen Waldbestände sollen nach dem Braunkohlenplan zu 60 % durch Nadelbäume und zu 40 % durch Laubbäume dominiert werden.

In Abhängigkeit vom Bodensubstrat soll sich auf den aufzuforstenden Waldflächen die zukünftige Bestockung aus Traubeneichen-Hainbuchen-Linden-Wald mit 60 % bis 90 % Traubeneiche, Tieflandskiefern-Wald mit 60 % bis 90 % Kiefer und Tieflandsfichten-Wald mit 50 % bis 70 % Fichte zusammensetzen. Um sowohl den naturschutzfachlichen Aspekten als auch den

Europe Mining plc, and the regional forest authority, the State Company Saxon Forest have been executing measures for the conservation of the genetic resources of Sessile Oak, Scots Pine and Norway Spruce already for several years. The objective is to describe the endangered occurrences with quantitative and qualitative characters and to conserve them in a long lasting and representative way. This will serve as base for the procurement of forest reproductive material used in recultivation and in forestry in northeastern Saxony and southern Brandenburg.

Therefore, in a project financed by Vattenfall Europe Mining plc during the period between 2005 and 2009, all measures already done in the context of open cast mining in Nachten are evaluated, occurrences are characterized with biochemical analyses, trees necessary for a representative conservation are selected, documented and propagated by grafting. Furthermore, gene conservation seed orchards are planned and established.

## 8 Results of the evaluation of realized measures

From 1994 to 2003 forest genetic resources of Scots Pine and Sessile Oak in the territory situated in front of the open cast mine were conserved by the collection of grafts descending from old trees and in the following grafted at the present Centre for Forest Reproductive Material of the State Company Saxon Forest. The conserved trees were used for the establishment of a pine-clone collection 1997 in Graupa and a sessile oak-gene conservation seed orchard located on a recultivation area of the open cast mine Nachten 2004/05.

The evaluation of the measures already carried out had the objective to describe the state of the facilities, to decide on their suitability and further use alongside with the results of the genetic characterization. Both gene conservation plots are in different conditions. Since establishment of the pine-clone collection 10 years ago, about 12 % of the conserved graftings have been found to be dead with 3 % of the clones gone totally. Due to the layout and the very different number of graftings (copies) per clone between one and seven pieces, this clone collection cannot be used for the production of seed, which will cope with the requirements for a representative conservation of the genetic structures of this occurrence.

In the first three to four years after planting, the average mortality rate of the sessile oak-gene conservation seed orchard was already 20 %, 11 % of the clones got totally lost. This higher mortality rate compared to the clone collection in Graupa was mainly caused by the extreme conditions on the recultivation site which could not be totally balanced despite various measures like watering in drought periods. Nevertheless, the production of acorns could be observed already at 5 % of the conserved oaks in August 2008 (Figure 5). On one hand, these results confirm the chosen strategy to establish gene conservation seed orchards on one hand. On the other hand, the valuable genetic resources of the Sessile Oak occurrence should be safed by a second gene conservation seed orchard on natural soil to minimize the risk of total loss.



Fig. 5:  
Acorns observed at the gene conservation seed orchard Nachten

Abb. 5:  
Eicheln auf der Erhaltungssamenplantage Nachten

besonderen Belastungen der Rekultivierungsbestände durch die vorliegenden Bodenverhältnisse und das Kippenklima gerecht zu werden, kommt der Verwendung von Saat- und Pflanzgut, das an das Regionalklima in hohem Maße angepasst ist, eine besondere Bedeutung zu.

## 7 Vorhaben „Charakterisierung und Erhaltung von Traubeneiche, Plattenkiefer und Lausitzer Tieflandsfichte“

In Zusammenarbeit mit dem Eigentümer des Waldes im Vorfeld des Braunkohlentagebaus Nachten, der Vattenfall Europe Mining AG und der lokalen Forstbehörde führt der Staatsbetrieb Sachsenforst bereits seit mehreren Jahren Maßnahmen zur Erhaltung der genetischen Ressourcen von Traubeneiche, Waldkiefer und Tieflandsfichte durch. Ziel ist es, die bedrohten Vorkommen, nach Beschreibung mit quantitativen und qualitativen Merkmalen, als Grundlage für die Bereitstellung von Forstvermehrungsgut für die Rekultivierung und für die Waldbewirtschaftung im nordöstlichen Sachsen und im südlichen Brandenburg dauerhaft und repräsentativ zu erhalten.

Dazu werden in einem von Vattenfall finanzierten Vorhaben von Dezember 2005 bis Ende 2009 alle bereits durchgeführten Maßnahmen evaluiert, die Vorkommen mit biochemisch-genetischen Analyseverfahren charakterisiert, die für eine repräsentative Erhaltung notwendigen Bäume ausgewählt, dokumentiert und durch Pflanzung vermehrt sowie Erhaltungssamenplantagen geplant und angelegt.

## 8 Ergebnisse der Evaluierung bereits durchgeführter Maßnahmen

Die forstlichen Generhaltungsmaßnahmen im Tagebauvorfeld begannen im Zeitraum von 1994 bis 2003 mit der Erhaltung von Waldkiefern und Traubeneichen aus Generhaltungsbeständen durch die Gewinnung von Pflanzmaterial aus Altbäumen und anschließender Veredelung im heutigen Zentrum für Forstvermehrungsgut des Staatsbetriebes Sachsenforst. Die erhaltenen Altbäume dienten zur Anlage einer Waldkiefern-Klonsammlung 1997 in Graupa sowie einer Traubeneichen-Erhaltungssamenplantage auf einer Rekultivierungsfläche 2004/05 im Tagebau Nachten.

Die Evaluierung der bereits durchgeführten Maßnahmen hatte zum Ziel, den Zustand der Anlagen zu ermitteln und zusammen mit den Ergebnissen der genetischen Charakterisierung Rückschlüsse auf ihre Eignung und weitere Verwendbarkeit zu erhalten. Die beiden Generhaltungsanlagen befinden sich in einem unterschiedlichen Zustand. In den 10 Jahren seit Begründung der Waldkiefern-Klonsammlung fielen 12 % der erhaltenen Pflanzlinge aus. Die erhaltenen Klone waren unterschiedlich von den Ausfällen betroffen, nur 3 % der Klone starben vollständig ab. Auf Grund des Anlagendesigns und der sehr ungleichen Anzahl von Pflanzlingen (Kopien) je Klon zwischen einem und sieben Stück kommt die Anlage für eine Produktion von Saatgut, das den Anforderungen an eine repräsentative Erhaltung der genetischen Strukturen dieses Vorkommens entspricht, nicht in Frage.

Der durchschnittliche Ausfall auf der Traubeneichen-Erhaltungssamenplantage betrug in den ersten drei bis vier Jahren nach Pflanzung bereits 20 %, wobei 11 % der erhaltenen Klone vollständig abgängig waren. Ursache für die im Vergleich zur Klonsammlung in Graupa höheren Ausfälle in kürzerer Zeit sind unter anderem die extremen Bedingungen auf der Rekultivierungsfläche, die trotz vielfältigster Bemühungen wie Bewässerung in Trockenzeiten nicht vollständig ausgeglichen werden konnten. Andererseits konnte im August 2008 bereits an 5 % der erhaltenen Eichen die Ausbildung von Eicheln beobachtet werden (Abbildung 5). Diese Ergebnisse sprechen zum einen für die gewählte Strategie, Erhaltungssa-



## 9 Results of the genetic characterization of Scots Pine and Sessile Oak

The investigations related to the genetic characterization of Scots Pines and Sessile Oaks already conserved had the objective to identify the clones using biochemical- and molecular-genetic markers and to compare the genetic structures assessed with other populations already characterized descending from Saxony and Brandenburg [5-8]. In case of Sessile Oak, two seed stands located near the conserved occurrence "Urwald Weißwasser" were characterized additionally as reference.

All clones of the pine-clone collection could be identified and characterized clearly by enzyme analyses with exception of one clone. The copies of this clone showed very different genotypes which could not be classified. The parameters of the genetic variation and diversity assessed for the Scots Pines of the "Urwald Weißwasser" correspond well to the data of other pine stands investigated. The gene conservation seed orchard to be established out of clones already conserved will have a gene pool similar to intact pine stands with a large number of trees. An impoverishment of the genetic variety will not take place, if the 112 clones of scots pine already conserved will be used exclusively for the establishment of a gene conservation seed orchard.

Compared to the two Sessile Oak seed stands the already conserved Sessile Oaks of the "Urwald Weißwasser" showed higher values of the genetic variation and diversity based on the results of the isozyme studies. Dividing the already conserved Sessile Oaks into three geographically joined sub units "Core stand – Green lane/Oakgarden – Hunting lodge meadow" (Figure 6) the subunits "Core stand" and "Green lane/Oakgarden" showed similar genetic structures. On the other hand, the structures of the subunit "Hunting lodge meadow" was quite similar to the structures of the seed collection stands, while these stands showed significant differences at four gene loci to the "Core stand".

The investigation of maternal inherited DNA shows, that the already conserved Sessile Oaks descend from a glacial refuge in the Balkans without exception like the other Sessile Oak stands already characterized in Saxony and Brandenburg [8].

According to present knowledge, the results of the genetic investigation on the Sessile Oaks already conserved and the reference

menplantagen anzulegen. Andererseits sollten die wertvollen genetischen Ressourcen der Traubeneiche zur Risikominimierung durch eine zweite Erhaltungssamenplantage auf gewachsenen Böden gesichert werden.

## 9 Ergebnisse der genetischen Charakterisierung von Waldkiefer und Traubeneiche

Die durchgeführten Untersuchungen zur genetischen Charakterisierung der bereits erhaltenen Waldkiefern und Traubeneichen hatten zum Ziel, mit Hilfe von biochemisch- und molekular-genetischen Merkmalen einerseits die Klone zu identifizieren und andererseits die ermittelten genetischen Strukturen mit anderen bereits untersuchten Vorkommen von Waldkiefer und Traubeneiche aus Sachsen und Brandenburg zu vergleichen [5-8]. Bei der Traubeneiche erfolgte zusätzlich die genetische Charakterisierung von zwei in unmittelbarer Nähe des zu erhaltenden Traubeneichenvorkommens Urwald Weißwasser gelegenen Saatguterntebeständen als Referenz.

Mit Ausnahme eines Klons, dessen Kopien unterschiedlichste und nicht zuordenbare Genotypen aufwiesen, konnten alle erhaltenen Waldkiefern-Klone der Klonsammlung Graupa eindeutig mit Hilfe biochemisch-genetischer Merkmale auf Basis von Isoenzymanalysen identifiziert und charakterisiert werden. Die für die Plattenkiefer des Urwaldes Weißwasser ermittelten Parameter der genetischen Vielfalt und Diversität fügen sich in das Bild von anderen untersuchten Kiefernbeständen gut ein. Die aus dem bisher erhaltenen Material entstehende Samenplantage weist somit einen ähnlichen Genpool wie intakte und stammzahlreiche Kiefernbestände auf. Es findet somit keine genetische Verarmung statt, wenn ausschließlich die zur Verfügung stehenden 112 Klone der Waldkiefer für die Anlage einer Erhaltungssamenplantage herangezogen werden.

Die Ergebnisse der Isoenzymanalysen zeigen für die bereits evaluierten Traubeneichen des Urwaldes Weißwasser im Vergleich zu den beiden Saatguterntebeständen höhere Werte der genetischen Vielfalt und Diversität. Werden die bereits erhaltenen Traubeneichen in die drei geographisch zusammenhängende Teilkollektive Kernbestand – Grüner Weg/Eichgarten – Jagdschlosswiese aufgeteilt (Abbildung 6), weisen die Teilvorkommen Kernbestand und Grüner Weg/Eichgarten ähnliche genetische Strukturen auf. Dagegen ähneln sich die Strukturen des sehr kleinen Teilvor-



Fig. 6: Subunits of the Sessile Oak occurrence "Urwald Weißwasser"  
Abb. 6: Teilkollektive des Traubeneichen-vorkommens „Urwald Weißwasser“

stands indicate that the two seed collection stands do not descend from the core stand "Urwald Weißwasser" as originally thought. Due to their different genetic structures, the seed collection stands cannot contribute to the conservation of the core stand "Urwald Weißwasser" although originated in the same glacial refuge. Due to the same reasons, the already conserved sessile oaks of the subunit Hunting lodge meadow were excluded from the establishment of the gene conservation seed orchard.

## 10 Prospects

The propagation by grafting and conservation of 240 sessile oaks, 112 Scots Pines and 100 Norway Spruces to be used for the establishment of gene conservation seed orchards could be finished successfully in winter 2008/09. The samples for the genetic characterization of the genetic structures of Norway Spruce were collected in January and February 2009. The enzyme analyses will be done in the course of the year 2009 and will be finished including the evaluation until the end of 2009.

The selection and preparation of a plot for the establishment of the Sessile Oak-gene conservation seed orchard is already completed. In spring 2010, the planting of the plot will be done in the Saxon Forest District Oberlausitz. The particular plots for the establishment of the Scots Pine and Norway Spruce gene conservation seed orchards will be selected also in course of 2009, the planting is expected for spring 2010.

In the short term, the procurement of forest reproductive material by the establishment of gene conservation seed orchards may be more expensive compared to the establishment of gene conservation stands using seeds and plants descending from the occurrences to be conserved. On the other hand, in a seed orchard the production of seeds is possible within shortest time. Regarding a period of 10 up to 15 years for the open cast mining and refilling, seeds produced in the seed orchard can already be expected for recultivation activities, an undisturbed development presupposed. On the contrary, seeds from gene conservation stands descending from generative reproduced material can only be expected 50 to 70 years after establishment when the trees have reached sexual maturity. In the first case, the forest reproductive material which is of great importance for this and other regions due to its adaptation to the regional climate and its expected adaptability to the climate change can be produced and used immediately and without further delay.

## References/Literatur

- [1] PAUL, M. et al. (2001): Konzept zur Erhaltung und nachhaltigen Nutzung forstlicher Genressourcen in der Bundesrepublik Deutschland. – Bund-Länder-Arbeitsgruppe „Erhaltung forstlicher Genressourcen“, Sächsische Landesanstalt für Forsten, Pirna, OT Graupa, 66 S.; <http://blag.fgr.genres.de/>
- [2] WOLF, H. & BRAUN, H. (1995): Erhaltung und Förderung forstlicher Genressourcen. – Schriftenreihe der Sächsischen Landesanstalt für Forsten, H. 3, 36 S.; Pirna, OT Graupa.
- [3] GROSSER, K.H. (1964): Die Wälder am Jagdschloss bei Weißwasser. – Abhandlungen und Berichte des Naturkundemuseums Görlitz, **39**, Nr. 2.
- [4] GROSSER, K. H. (1966): Urwald Weißwasser. – Brandenburgische Naturschutzgebiete, Folge 2, S. 1-40.
- [5] KOHLSTOCK, N. & HERTEL, H. (1996): Ist die Plattenkiefer eine Besonderheit unter den Kiefern? – Brandenburgische Forstnachrichten, **5**: 20-21; Königs Wusterhausen.
- [6] KOHLSTOCK, N.; HERTEL, H. & SCHNECK, H. (1993): Zur Genetik von a- und b-Typen bei Kiefer. – Beiträge für Forstwirtschaft und Landschaftsökologie, **27**: 174-177.
- [7] WOLF, H. (1999): Auswirkungen von waldbaulichen Pflegemaßnahmen auf die genetische Struktur von jungen

kommens Jagdschlosswiese und die der Saatguterntebestände, während sich diese an bis zu vier Genorten signifikant von dem Kernbestand unterscheiden.

Die Untersuchung von mütterlich vererbter DNS ergibt, dass die bisher erhaltenen Traubeneichen ausnahmslos wie alle anderen bisher untersuchten Traubeneichen-Bestände aus Sachsen und Ost-Brandenburg von einem eiszeitlichen Refugium auf dem Balkan abstammen.

Die Ergebnisse der genetischen Untersuchungen an den erhaltenen Traubeneichen und den Vergleichsbeständen weisen darauf hin, dass nach derzeitigem Erkenntnisstand die beiden Erntebestände keine Nachkommen des Kernbestandes Urwald Weißwasser sind. Die Erntebestände leisten, obwohl sie aus dem gleichen Refugialgebiet entstammen, auf Grund ihrer abweichenden genetischen Strukturen keinen hinreichenden Beitrag für die Erhaltung des Kernbestandes Urwald Weißwasser. Die bereits erhaltenen Traubeneichen des Teilvorkommens Jagdschlosswiese sollten aus den soeben geschilderten Gründen keine Verwendung für die Anlage der Erhaltungssamenplantage finden.

## 10 Ausblick

Die Pflopfarbeiten für die Erhaltung von 240 Traubeneichen, 112 Plattenkiefern und 100 Tieflandsfichten, die für die Anlage von Erhaltungssamenplantagen benötigt werden, konnten im Winter 2008/09 erfolgreich abgeschlossen werden. Die Einsammlung der für die geplante Untersuchung der genetischen Strukturen der Lausitzer Tieflandsfichte erforderlichen Proben fand im Januar 2009 statt. Die Isoenzymuntersuchungen werden im Laufe des Jahres 2009 durchgeführt und einschließlich der Auswertung bis zum Jahresende abgeschlossen.

Die Auswahl und Vorbereitung einer Fläche für die Anlage der Traubeneichen-Erhaltungssamenplantage ist abgeschlossen. Die vollständige Bepflanzung der Flächen im Sächsischen Forstbezirk Oberlausitz wird im Frühjahr 2010 erfolgen. Die Auswahl entsprechender Flächen für die Begründung der Waldkiefern- und Tieflandsfichten-Erhaltungssamenplantagen wird im Laufe des Jahres 2009 durchgeführt, die Anlage ist für das Frühjahr 2010 vorgesehen.

Die Bereitstellung von Vermehrungsgut über die Anlage von Erhaltungssamenplantagen stellt – kurzfristig betrachtet – einen höheren Aufwand als die Begründung von Erhaltungsbeständen aus Saat und Pflanzung mit Vermehrungsgut aus den zu erhaltenden Vorkommen dar. Andererseits ist in Erhaltungssamenplantagen bereits relativ kurze Zeit nach der Anlage die Produktion von Saatgut möglich. Wenn von einem Abbau- und Wiederaufschüttungszeitraum von 10 bis 15 Jahren ausgegangen wird, steht – eine Entwicklung ohne gravierende Störungen vorausgesetzt – dann bereits das erste Saatgut aus den Erhaltungssamenplantagen für die Rekultivierungsmaßnahmen zur Verfügung. Saatgut aus Erhaltungsbeständen kann aus entwicklungsphysiologischen Gründen dagegen erst mit Eintreten der Bäume in das fruktifikationsfähige Alter von 50 bis 70 Jahren erwartet werden. Das auf Grund seiner Anpassung an das Regionalklima und seiner zu erwartenden Anpassungsfähigkeit an den Klimawandel für die Forstwirtschaft in der Region und darüber hinaus bedeutsame Vermehrungsgut kann im ersten Fall somit unmittelbar und ohne Zeitverzug produziert und verwendet werden.

- Beständen der Gemeinen Kiefer (*Pinus sylvestris* L.). – Mitteilungen Bundesforschungsanstalt Forst- und Holzwirtschaft, Hamburg, **194**: 240-259.
- [8] HERTEL, H.; TRÖBER, U. & KÄTZEL, R. (2004): cpDNA haplotypes of oak populations in Brandenburg and Saxony (Germany). – Mitteilungen aus der Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft Rheinland-Pfalz **52**: 197-199.