

► **Sowing trials for establishing forest stands on raw soils**
Dr. M. Rademacher, HeidelbergCement Technology Center, Leimen,
Dr. U. Tränkle, AG.L.N. Blaubeuren, Blaubeuren, Germany

SUMMARY

The Schelklingen cement works belonging to HeidelbergCement AG has carried out joint trials with the forestry conservation department of the Alb-Donau District Office (Baden-Württemberg) at its Vohenbronnen quarry. These trials involved the sowing of woody plants to achieve a near-natural woodland conformation. Assorted seeds of various domestic varieties of trees and shrubs were obtained from the appropriate dealers and placed on the untreated soil of the western slopes of the quarry without any further preparation of the raw soil or of the seeds. In 1989 the seeds of 13 types of woody plant were sown on a sloping area of about 1.7 hectares. The results confirm that closely spaced woody vegetation had developed over wide areas of the slope in a period of twelve years. The coverage by the tree and shrub layers had reached almost 100 % by 2004 in the moister region at the foot of the slope. Patchy islands of woody plants had developed on the dry, upper part of the slope exposed to the sun and these form a mosaic pattern with patches of semi-arid grass. The coverage by the ground vegetation layer decreased with increasing coverage by the woody plants. The decrease in the number of species correlated with the increase in coverage by woody plants. During the period of the investigation there was also a significant shift in the composition of the species (turnover approximately 41 %). ◀

ZUSAMMENFASSUNG

Das Zementwerk Schelklingen der HeidelbergCement AG hat in ihrem Steinbruch Vohenbronnen in Zusammenarbeit mit dem Ressort Kreisforst Naturschutz, Landratsamt Alb-Donau-Kreis (Baden-Württemberg), Versuche mit der Ansaat von Gehölzen unternommen, um eine naturnähere Waldgestaltung zu erreichen. Vom einschlägigen Handel wurde hierfür kontrolliertes Saatgut verschiedener heimischer Baum- und Straucharten bezogen und auf die Rohböden der Westhänge des Steinbruchs ohne weitere Vorbehandlung der Rohböden und des Saatguts ausgebracht. Im Jahr 1989 wurden auf einer Hangfläche von ca. 1,7 ha wurden 13 Gehölzarten eingesät. Die Ergebnisse belegen, dass sich in einem Zeitraum von zwölf Jahren eine über weite Hangbereiche dicht schließende Gehölzvegetation entwickelt hat. Im feuchteren Hangfußbereich erreicht die Deckung der Baum- und Strauchschicht schon im Jahr 2004 annähernd 100 %. Im oberen trockenen, sonnenexponierten Hangbereich haben sich lückige Gehölzinseln entwickelt, die mosaikartig mit Halbtrockenrasenfragmenten verzahnt sind. Mit zunehmender Deckung der Gehölze nimmt die Deckung der Krautschicht ab. Die Abnahme der Artenzahl korreliert mit der Zunahme der Gehölzdeckung. Im Untersuchungszeitraum kam es weiter zu einer deutlichen Verschiebung der Artenzusammensetzung (turnover ca. 41 %). ◀

Sowing trials for establishing woodland stands on untreated soils

Aussaatversuche zur Begründung von Waldbeständen auf Rohböden

1 Introduction

The strata of the Upper White Jurassic period are worked in several quarries in the Blaubeuren area. The Schelklingen cement works also obtains its raw material from the adjacent Vohenbronnen quarry. The high proportion of woodland in this region inevitably means that extensive areas of beech-dominated woodland are affected by the quarrying.

The woodland transformation permit for quarrying issued by the forestry authorities is only granted by Baden-Württemberg for a limited period in accordance with § 11 LWaldG. This means that an area that has been cleared must be properly re-afforested by a certain deadline.

This aim cannot be achieved on the recultivated areas of the quarry, at least in the short term. In this situation the route to a copper beech woodland can only be achieved at justifiable expenditure via a pioneer woodland.

The natural soil structure is replaced by untreated soils and, due to the rearrangement of the ground, these have a tendency either to become saturated with moisture or, in the other extreme, to dry out and harden. This starting position is bound to cause problems with the re-afforestation.

A safe and simple method would be to abandon the areas to the natural succession. Woodland would establish itself again on these special locations, either quickly or slowly, as it does virtually everywhere in central Europe. However, natural re-afforestation takes significantly longer than permitted by the legal deadlines set for recultivation. An extensive seeding trial was therefore undertaken, which will be described and discussed here.

2 Method

The Schelklingen cement works belonging to Heidelberg Cement AG has carried out joint trials with the forestry conservation department of the Alb-Donau District Office (Baden-Württemberg) in its Vohenbronnen quarry. These trials involved the sowing of woody plants to achieve a near-natural woodland conformation. Assorted seeds of various domestic varieties of trees and shrubs were obtained from the appropriate dealers and placed on the untreated soil of the western slopes of the quarry without any further preparation of the raw soil or of the seeds.

2.1 Location of the test area

The operational quarry lies on the Swabian Jura in Baden-Württemberg on the 1:25000 Topographical Map No. 7624 about 6.2 km SSW of Blaubeuren and 15.5 km WSW of Ulm.

2.2 Description of the transect

The basis for this evaluation is a vegetation survey of the transect from 1992. This consists of a total of 15 survey

1 Einleitung

Im Blaubeurer Raum werden in mehreren Steinbrüchen die Schichten des Oberen Weißen Jura abgebaut. Auch das Zementwerk Schelklingen erhält seinen Rohstoff aus dem nahe gelegenen Steinbruch Vohenbronnen. Der hohe Waldanteil der Region führt zwangsläufig dazu, dass vom Gesteinsabbau auch umfangreiche buchendominierte Waldflächen betroffen sind.

Die Waldumwandlungsgenehmigung für den Gesteinsabbau durch die Forstbehörden wird nach § 11 LWaldG von Baden-Württemberg ausschließlich befristet erteilt. Das bedeutet, dass eine gerodete Fläche bis zu einer bestimmten Frist ordnungsgemäß wieder aufgeforstet werden muss.

Auf den rekultivierten Flächen der Steinbrüche ist dieses Ziel zumindest kurzfristig nicht erreichbar. Der Weg hin zu einem Rotbuchenwald kann hier mit einem vertretbaren Aufwand nur über einen Pionierwald erreicht werden.

An die Stelle des natürlichen Bodengefüges treten Rohböden, die durch die Umlagerung einerseits zur Vernässung, im anderen Extrem aber zu Austrocknung und Verhärtung neigen. Die Wiederbewaldung muss bei dieser Ausgangslage auf Schwierigkeiten stoßen.

Eine sichere und einfache Methode wäre es, die Flächen der natürlichen Sukzession zu überlassen. Wie fast überall in Mitteleuropa, würde sich auch auf diesen Sonderstandorten über kurz oder lang wieder Wald ansiedeln. Allerdings dauert die natürliche Wiederbewaldung deutlich länger als es die gesetzlich gesetzten Fristen für die Rekultivierung erlauben. Aus diesem Grunde wurde ein großflächiger Ansaatversuch unternommen, der hier beschrieben und diskutiert werden soll.

2 Methode

Das Zementwerk Schelklingen der HeidelbergCement AG hat in seinem Steinbruch Vohenbronnen, in Zusammenarbeit mit dem Resort Kreisforst Naturschutz, Landratsamt Alb-Donau-Kreis, Versuche mit der Ansaat von Gehölzen unternommen, um eine naturnähere Waldgestaltung zu erreichen. Vom einschlägigen Handel wurde hierfür kontrolliertes Saatgut verschiedener heimischer Baum- und Straucharten bezogen und auf die Rohböden der Westhänge des Steinbruchs ohne weitere Vorbehandlung der Rohböden und des Saatguts ausgebracht.

2.1 Lage des Untersuchungsgebietes

Der betriebene Steinbruch liegt auf der Schwäbischen Alb in Baden-Württemberg auf der TK 1:25000 Nr. 7624 rund 6,2 km SSW Blaubeuren bzw. 15,5 km WSW Ulm.

2.2 Transektbeschreibung

Grundlage der vorgelegten Auswertung ist eine vegetati-

areas, each of 4 m², at spacings of 2 m. This corresponds to a length of 58 m. The transect has an average slope of 20 to 25 degrees.

The transect begins directly at the border trees of the woodland and ends halfway down the recultivated slope that in 1992 was still largely free from woody plants but is now covered with trees. Even after twelve years there is still a section in the upper quarter of this slope that is largely free from woody plants. This is easily recognizable in Fig. 1. The transect survey was repeated twelve years later in 2004 in order to document and assess the progress of the recultivation measures.

2.3 Sowing

The stand of woody plants investigated in this work was sown in 1989 and covers an area of about 1.7 hectares. The stand is now part of a larger recultivation area for subsequent use as woodland.

Unfortunately, there are no longer any exact records available about the proportions of the different species introduced with the seeds. A total of 90 kg was spread over the area of about 1.7 hectares. This corresponds to an average application of 5.3 g seeds per m². Assuming an equal proportion by weight of the species then 0.3 to 7.3 seeds were applied per m² and per species, corresponding in total to 27 to 38 seeds per m².

3 Results

3.1 Degree of coverage by the tree and shrub layers

The tree and shrub layers are defined as follows on the basis of their respective heights: tree layer: > 5 m, shrub layer: 0.2 to 5 m. In 1992 only on survey area 1 directly at the edge of the woodland on the upper edge of the slope was there a degree of coverage by the tree layer of 70 % (Fig. 3). The coverage ratios close to the edge of the woodland have remained the same up to 2004. In 1992 there were no woody plants with a height greater than 5 m on the rest of the survey areas, but the picture had changed significantly by the investigation in 2004. The woodland covering had spread on the slope so that survey area 2 had a 10 % coverage. There were no tree layers on the level areas of slope



Figure 1: View of the open area on the upper inclined quarter of the slope of the transect in 2004

Bild 1: Blick über den offenen Bereich im oberen Hangviertel der Böschung vom Transekt aus im Jahr 2004



Figure 2: View down the slope from survey area 6 in 2004

Bild 2: Blick hangabwärts von Aufnahmefläche 6 im Jahr 2004

onskundliche Transektaufnahme aus dem Jahr 1992. Diese umfasst insgesamt 15 Aufnahmeflächen von je 4 m² mit einem Abstand von jeweils 2 m. Dies entspricht einer Länge von 58 m. Das Transekt hat eine mittlere Neigung von 20 bis 25 Grad.

Das Transekt beginnt unmittelbar im Waldmantel und endet auf halber Höhe der im Jahr 1992 noch weitgehend gehölzfreien, inzwischen aber bewaldeten Rekultivierungsböschung. In dieser Böschung befindet sich im oberen Viertel ein auch nach zwölf Jahren immer noch weitgehend gehölzfreier Teil. Gut zu erkennen ist dies in Bild 1. Die Transektaufnahme wurde nach zwölf Jahren im Jahr 2004 wiederholt, um den Fortschritt der Rekultivierungsmassnahme zu dokumentieren und zu beurteilen.

2.3 Ansaaten

Der in dieser Arbeit untersuchte Gehölzbestand wurden 1989 eingesät und hat eine Flächengröße von ca. 1,7 ha. Der Bestand ist inzwischen Teil einer größeren Rekultivierungsfläche mit der Folgenutzung Wald.

Über die Mengenverhältnisse der mit dem Saatgut eingebrachten Arten sind leider keine exakten Aufzeichnungen mehr vorhanden. Insgesamt wurden 90 kg auf der Fläche von ca. 1,7 ha ausgebracht. Dies entspricht einer mittleren Ansaatmenge von 5,3 g/m². Geht man von einer gewichtsgleichen Verteilung der Arten aus, wurden 0,3 bis 7,3 Samen pro m² und Art ausgebracht. Insgesamt entspricht dies einer Ansaatmenge von 27 bis 38 Samen pro m².

3 Ergebnisse

3.1 Deckungsgrade der Baum- und Strauchschicht

Die Baum- und Strauchschicht wird anhand der jeweiligen Höhen wie folgt definiert: Baumschicht: > 5 m, Strauchschicht: 0,2 bis 5 m. Im Jahr 1992 war lediglich auf der Aufnahmefläche 1 unmittelbar am Waldrand an der Hangoberkante eine Baumschicht mit 70 % Deckungsgrad vorhanden (Bild 3). Die Deckungsverhältnisse in Waldrandnähe sind bis ins Jahr 2004 gleich geblieben. Fehlten auf den übrigen Aufnahmeflächen im Jahr 1992 Gehölze mit einer Höhe größer 5 m, so hat sich das Bild im Untersuchungsjahr 2004 deutlich gewandelt. Der Waldmantel hat sich in den Hang ausgebreitet, so dass auch die Aufnahmefläche 2 eine 10 %ige Deckung aufweist. Auf den sonnenexponierten, flachgrün-

exposed to the sun down to survey area 11. The degree of coverage then rose steadily from 30 % to 70 % at the foot of the slope (areas 12 to 15).

The situation was different with the shrub layer (see Fig. 3). Only on area 1 directly at the edge of the woodland was there 20 % coverage by the shrub layer in 1992. After twelve years the coverage on this area had reached 85 %. A patchy shrub layer with a coverage of between 5 and 20 % had become established down the slope. On the lower part of slope, from area 9 onwards, the shrub layer then began to close up and, with the exception of area 13, reached constant values of over 65 %.

This zoning is illustrated again by the photographs in Figs. 1 and 2. Even after a development period of twelve years the upper and central parts of the transect were characterized by an open, intermittent, semi-arid population of grasses.

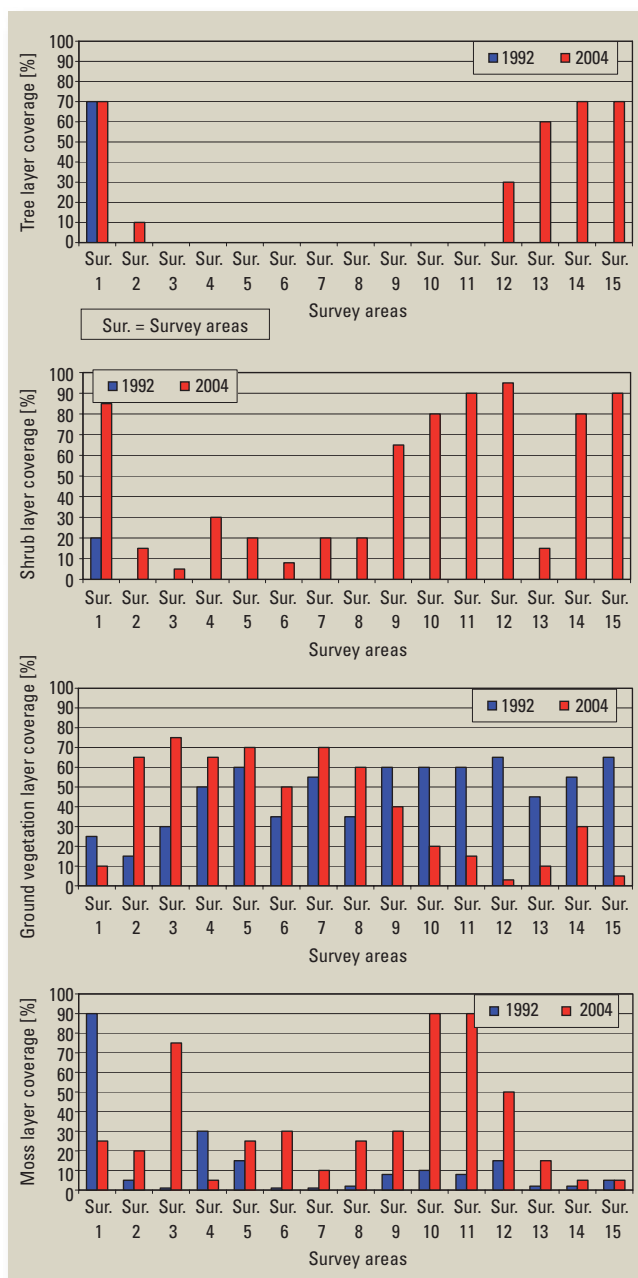


Figure 3: Comparison of the degree of coverage of the tree, shrub, ground vegetation and moss layers per survey area (4 m²) in 1992 and 2004

Bild 3: Vergleich der Deckungsgrade der Baum-, Strauch-, Kraut- und Moosschicht pro Aufnahmeffläche (4 m²) von 1992 und 2004

digen Hangbereichen bis zur Aufnahmeffläche 11 ist keine Baumschicht vorhanden. Am Hangfuß (Flächen 12 bis 15) steigen die Deckungsgrade dann von 30 % stetig bis auf 70 % an.

Etwas anders verhält es sich bei der Strauchschicht (s. Bild 3). Im Jahr 1992 war lediglich auf der Fläche 1 unmittelbar am Waldrand eine Strauchschicht mit 20 % Deckung ausgebildet. Auf dieser Fläche hat die Deckung nach zwölf Jahren 85 % erreicht. Hangabwärts hat sich eine lückige Strauchschicht mit Deckungsgraden zwischen 5 und 20 % etabliert. Im unteren Hangbereich, ab Fläche 9, beginnt sich die Strauchschicht dann zu schließen und erreicht mit Ausnahme der Fläche 13 konstant Werte von über 65 %.

Nochmals verdeutlicht wird diese Zonierung durch die Fotos in den Bildern 1 und 2. Der obere und mittlere Teil des Transektes ist auch nach zwölf Jahren Entwicklungszeit durch eine offene, versaumte Halbtrockenrasengesellschaft gekennzeichnet. Was aber weder die Fotos noch das Transekt darstellen können, ist der inzwischen nahezu vollständige Schluss der Gehölze auf einem Großteil des Hanges.

Die Deckung der Krautschicht verhält sich in den Jahren 1992 und 2004 weitestgehend gegenläufig zur Baum- und Strauchschicht (Bild 3). Das ist auf den erheblichen Rückgang der Krautschicht im Jahr 2004 ab den Aufnahmefflächen 9 bis 10 zurückzuführen. Die Deckungsgrade sinken hier um 25 bis 60 %. In den offenen Bereichen der Aufnahmefflächen 2 bis 8 haben sich die Deckungsgrade gegenüber dem Jahr 1992 um 10 bis 50 % auf Werte zwischen 60 bis 70 % erhöht.

3.2 Flora

3.2.1 Artenzahlen

Im Jahr 1992 konnten auf dem gesamten Transekt insgesamt 115 Pflanzenarten festgestellt werden. Die Artenzahlen schwanken hierbei zwischen 9 bis 61 Pflanzenarten pro Aufnahmeffläche (4 m², Bild 4). Die sehr geringen Artenzahlen der Aufnahmeffläche 1 resultieren hierbei aus der unmittelbaren Waldrandlage und dem durch die Baum- und Strauchschicht des angrenzenden Waldes verursachte hohe Deckung von 90 bis 100 %. Nur zwei Meter weiter steigt die Artenzahlen auf 41 Arten an. Bis zur Aufnahmeffläche 12 liegen die Artenzahlen dann ausnahmslos über 32 und bis 41 Arten pro Aufnahmeffläche. Die deutlich höchsten Artenzahlen weisen hierbei die Aufnahmeffläche 4 und 10 mit 61 bzw. 57 Pflanzenarten auf.

Im Jahr 2004 konnten auf dem gesamten Transekt 111 Pflanzenarten festgestellt werden. Auch im Jahr 2004 sind die Artenzahlen auf der Aufnahmeffläche 1 mit elf Arten immer noch sehr niedrig. Bis zur Aufnahmeffläche 9, mit Ausnahme der Fläche 4 haben sich die Artenzahlen im Laufe der letzten zwölf Jahre um 10 bis 15 Arten pro Aufnahmeffläche erhöht und liegen im Jahr 2004 bei 42 bis 56 Pflanzenarten. Die im Jahr 1992 noch mit 61 Arten artenreichste Fläche 4 verliert dagegen 24 Arten und erreicht nur noch 37 Arten. Ab der Fläche 10 weisen alle folgenden Flächen im Vergleich zum Jahr 1992 geringere Artenzahlen auf. Die Artenzahlen liegen hierbei aber noch immer bei 25 bis 38 Arten pro 4 m² Aufnahmeffläche.

Die Artenzahlen zeigen eine deutliche Anhängigkeit von den Deckungsgraden, insbesondere der Baum- und Strauchschicht (s. Bild 4). Hohe Deckungsgrade bedingen niedrige

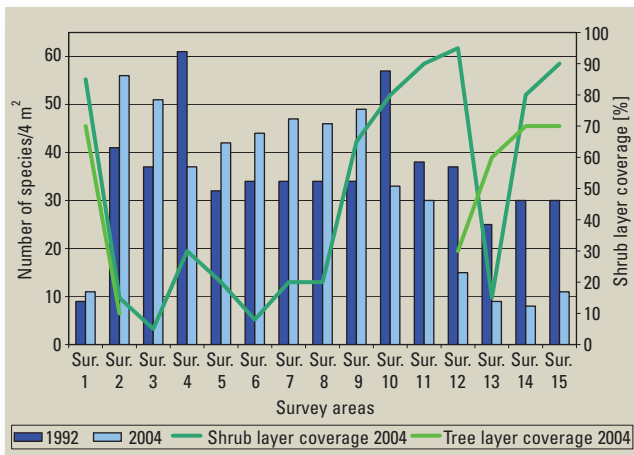


Figure 4: Comparison of the number of species per survey area (4 m²) in 1992 and 2004

Bild 4: Vergleich der Artenzahlen pro Aufnahme­fläche (4 m²) von 1992 und 2004

However, what neither the photographs nor the transect can show is the now virtually complete coverage by woody plants on a large part of the slope.

The coverage by the ground vegetation layer in the years 1992 and 2004 showed substantially the opposite behaviour to that of the tree and shrub layers (▶ Fig. 3). This can be attributed to the substantial decrease in the ground vegetation layer in 2004 from survey areas 9 and 10. The degree of coverage there fell by 25 to 60 %. In the open parts of the survey areas 2 to 8 the degree of coverage increased by 10 to 50 % compared with 1992, to values between 60 to 70 %.

3.2 Flora

3.2.1 Number of species

A total of 115 plant species were identified on the entire transect in 1992. The number of species varied between 9 and 61 plant species per survey area (4 m², ▶ Fig. 4). The very small number of species on survey area 1 resulted from the position immediately next to the edge of the woodland and the high coverage of 90 to 100 % caused by the tree and shrub layers in the adjacent woodland. The number of species increased to 41 only two metres further on. Down to survey area 12 the number of species was then without exception over 32 and up to 41 species per survey area. Significantly the highest numbers of species were exhibited by survey areas 4 and 10 with 61 and 57 plant species respectively.

111 plant species were identified on the entire transect in 2004. The number of species on survey area 1 of eleven was still very low in 2004. Down to survey area 9, with the exception of area 4, the number of species had increased during the previous twelve years by 10 to 15 species per survey area, and in 2004 was 42 to 56 plant species. On the other hand, area 4, which had had the highest number of species in 1992 of 61, had lost 24 species and only achieved 37 species. From area 10 onwards all the following areas contained fewer species than in 1992. However, the number of species was still 25 to 38 species per 4 m² of survey area.

The number of species was significantly dependent on the degree of coverage, especially by the tree and shrub layers (see Fig. 4). High degrees of coverage meant a low number

Artenzahlen. Ausnahmen bilden die Flächen, die randlich oder im Übergang der Gehölzbestände liegen. Die Kombination von Baum- und Strauchschicht auf den Flächen 12 bis 15 führt dann zu einem nochmals stärkeren Rückgang der Artenzahlen bis auf unter zehn Arten. Die Situation auf der Aufnahme­fläche 13 verdeutlicht Bild 5.

3.2.2 Verschiebung der Artenzahlen

Die Differenz der Gesamtartenzahlen lässt keine Rückschlüsse auf die deutliche Verschiebung der Artenzusammensetzung zu. 47 Arten, die im Jahr 1992 noch vorhanden waren, fehlen im Jahr 2004. Dies ist ein Anteil von 40,9 % an der Gesamtartenzahl. Es handelt sich dabei vorwiegend um typische Arten gestörter Standorte (16 Arten; z.B. *Epilobium hirsutum* (Zottiges Weidenröschen)), und der Heiden und Wiesen (Elf Arten; z.B. *Ajuga genevensis* (Genfer Günsel)). Die restlichen Arten sind den wärmeliebenden Säumen sowie den Nadel- und Laubwäldern zuzuordnen.

31 Arten kommen bis zum Jahr 2004 neu hinzu. Dies entspricht einem Anteil von 27,9 % an der Gesamtartenzahl des Jahres 1992. Zehn Arten gehören wiederum zur krautigen Vegetation gestörter Standorte (z.B. *Torilis japonica* (Gewöhnlicher Klettenkerbel)). 13 Arten sind den Heiden und Wiesen (z.B. *Gentiana germanica* (Deutscher Enzian)) zuzurechnen, nur eine Art den Wärme liebenden Säumen. Sieben Arten gehören zu den Nadel- und Laubwäldern.

3.3 Baum- und Straucharten

3.3.1 Vorkommen und Verbreitung der Baum- und Straucharten

Im Jahr 1992 finden sich 14 Gehölzarten auf den Aufnahme­flächen. Hiervon treten allerdings nur je zwei Arten in der Baum- bzw. Strauchschicht auf (Tabelle 1). Die zehn anderen Gehölzarten sind als Keimlinge bzw. Jungpflanzen nur in der Krautschicht vertreten. Hierunter befinden sich auch sechs Baumarten (z.B. *Carpinus betulus* (Hainbuche), *Acer campestre* (Feld-Ahorn)). Mit höchster Stetigkeit tritt hierbei die Eberesche (*Sorbus aucuparia*) und die Sal-Weide (*Salix caprea*) auf.

Bis zum Jahr 2004 ist die Anzahl der Gehölze auf 18 Arten angestiegen, was einem Zuwachs von 28,6 % entspricht. Die Zahl der Arten in der Baumschicht hat sich um vier auf sechs Arten und in der Strauchschicht um zehn auf zwölf Arten erhöht. Die stetigste Arten der Baumschicht sind *Salix caprea* (Sal-Weide), *Acer pseudoplatanus* (Berg-Ahorn) und *Picea abies* (Fichte), die der Strauchschicht *Cornus sanguinea* (Roter Hartriegel) und *Sorbus aucuparia* (Eberesche). Mit drei Arten mehr fällt der Anstieg in der Krautschicht dagegen gering aus.

Drei Arten aus der Krautschicht (*Ligustrum vulgare* (Liguster), *Salix purpurea* (Purpur-Weide), *Sambucus racemosa* (Trauben-Holunder)) sind im Jahr 2004 nicht mehr vorhanden (s. Tabelle 1).

3.3.2 Gehölzarten in der Strauch- und Krautschicht

Strauchschicht

Im Jahr 1992 fanden sich lediglich zwei Baumarten in der Strauchschicht. Im Jahr 2004 sind es dagegen sieben Arten (s. Tabelle 1).

Die relativen Stetigkeiten sind mit Ausnahme von *Cornus sanguinea* (Roter Hartriegel), *Pinus sylvestris* (Wald-Kiefer) *Sorbus aucuparia* (Eberesche) und *Prunus mahaleb* (Felsen-

of species. The exceptions to this were the areas at the edge or in the transition of the stands of woody plants. The combination of tree and shrub layers on areas 12 to 15 then led to an even greater drop in the number of species to less than ten species. The situation on survey area 13 is illustrated by Fig. 5.

3.2.2 Shift in the number of species

No conclusions about the significant shift in the composition of the species can be drawn from the difference in the total number of species. 47 species that were still present in 1992 were absent in 2004. This is 40.9 % of the total number of species. This predominantly involved typical species of disturbed locations (16 species: e.g. *Epilobium hirsutum* (hairy willow herb)) and of heathland and meadow (eleven species; e.g. *Ajuga genevensis* (blue bugleweed)). The remaining species are associated with thermophilic borders and with coniferous and deciduous woodlands.

There were 31 new species in 2004. This corresponds to 27.9 % of the total number of species in 1992. Ten species again belong to the ground vegetation of disturbed locations (e.g. *Torilis japonica* (upright hedge parsley)). 13 species belong to heathland and meadow (e.g. *Gentiana germanica*) and only one species to the thermophilic borders. Seven species belong to coniferous and deciduous woodlands.

3.3 Tree and shrub species

3.3.1 Occurrence and dispersion of the tree and shrub species

In 1992 there were 14 species of woody plants in the survey areas. However, only two the species appeared in the tree layer and two in the shrub layer (Table 1). The ten other species of woody plant were only represented in the ground vegetation layer as seedlings or young plants. These included six species of tree (e.g. *Carpinus betulus* (hornbeam), *Acer campestre* (field maple)). The greatest abundance was shown by the rowan (*Sorbus aucuparia*) and the goat willow (*Salix caprea*).

By 2004 the number of woody plants had increased to 18 species, corresponding to a 28.6 % growth. The number of species in the tree layer had increased by four species to six and in the shrub cover by ten species to twelve. The most abundant species in the tree layer were *Salix caprea* (goat willow), *Acer pseudoplatanus* (sycamore) and *Picea abies*



Figure 5: View down the slope in survey area 13 in 2004

Bild 5: Blick hangabwärts in die Aufnahmefläche 13 im Jahr 2004

kirsche) niedriger als 40 %. Der Rote Hartriegel hat die Stetigkeit von 0 auf 87 %, die Wald-Kiefer und die Felsenkirsche von 0 auf 40 % erhöht und die Eberesche konnte im Jahr 2004 in 60 % aller Aufnahmeflächen (im Jahr 1992 nur in 7 % aller Fläche) nachgewiesen werden.

Die Rotbuche ist lediglich im unmittelbaren Waldrandbereich auf der ersten Aufnahmeflächen zu finden, ist aber außerhalb des Transekts in geringer Anzahl zu beobachten. Die Wald-Kiefer ist weiter verbreitet, konzentriert sich aber auf die obere Transekthälfte. Gleiches gilt für die Fichte. Alle anderen Arten treten erst im mittleren Hangbereich auf.

Krautschicht

Im Jahr 1992 fanden sich in der Krautschicht sechs Baumarten (s. Tabelle 1). Alle Arten erreichen relative Stetigkeiten von 33 bis 87 %. Im Jahr 2004 hat sich die Zahl auf neun Baumarten erhöht. Mit Ausnahme von vier Arten (*Carpinus betulus* (Hainbuche), *Picea abies* (Fichte), *Pinus sylvestris* (Wald-Kiefer), *Salix caprea* (Sal-Weide)) liegen die relativen Stetigkeiten bei max. 13 %.

Der Vergleich der Stetigkeiten in den Jahren 1992 und 2004 zeigt auch, dass unter den Baumarten nur die Fichte und die Wald-Kiefer in der Lage waren, ihre Stetigkeit zu erhöhen.

3.3.3 Vergleich mit der Ansaat

Von den 13 im Jahr 1989 ausgebrachten Gehölzarten sind heute sechs Arten im Transekt anzutreffen. Ob die Schlehe tatsächlich auf die Ansaat zurückgeht oder zwischenzeitlich von Vögeln eingetragen wurde, bleibt unklar.

Die Art mit der besten Etablierungsrate ist *Cornus sanguinea* (Roter Hartriegel). Der Hartriegel tritt inzwischen in allen Aufnahmeflächen mit Deckungsgraden bis nahe 100 % auf. Dabei verjüngt sich die Art, wie das Vorkommen in elf Aufnahmeflächen der Krautschicht zeigt.

Drei Baumarten haben sich etabliert. *Acer campestre* (Feld-Ahorn) ist hierbei in allen drei Schichten vertreten, wobei die Art in der Baumschicht nur einmal vorkommt. In der Krautschicht ist bei der Art auch gegenüber dem Jahr 1992 ein deutlicher Rückgang der relativen Stetigkeit von 47 auf 7 % festzustellen. Offensichtlich gelingt dem Feld-Ahorn die Etablierung aufgrund der harten Standortbedingungen im Mittelteil des Transekts sowie aufgrund der Beschattung im unteren Teil des Transektes nicht bzw. nicht mehr.

Der Berg-Ahorn (*Acer pseudoplatanus*) tritt in der Baumschicht auf zwei Aufnahmeflächen im unteren Drittel auf. In der Strauch- und Krautschicht ist die Art jeweils nur einmal mit geringen Deckungsgraden vertreten. Die Art erscheint somit etabliert, allerdings ist die Verjüngung sehr gering.

Die Hainbuche (*Carpinus betulus*) schließlich tritt in der Baumschicht noch nicht, demgegenüber jedoch in vier Aufnahmeflächen im mittleren Teil der Strauchschicht auf. In der Krautschicht ist die Art in fünf Aufnahmeflächen vorhanden und scheint sich demnach erfolgreich zu reproduzieren.

Bei zwei Arten (*Sorbus aria* (Mehlbeer-Baum), *Viburnum lantana* (Wolliger Schneeball)) liegt es nahe anzunehmen, dass beim Saatgut eine Fehldeklaration vorlag. Hierfür spricht das stete Vorkommen von *Sorbus aucuparia* (Eberesche) bzw. das seltene Auftreten von *Viburnum opulus* (Gewöhnlicher Schneeball).

(Norway spruce), and in the shrub layer were *Cornus sanguinea* (bloodtwig dogwood) and *Sorbus aucuparia* (rowan). On the other hand the increase in the ground vegetation layer was less marked with three additional species.

Three species from the ground vegetation layer, namely *Ligustrum vulgare* (wild privet), *Salix purpurea* (purple willow) and *Sambucus racemosa* (red elderberry) were no longer present in 2004 (see Table 1).

3.3.2 Woody plant species in the shrub and ground vegetation layers

Shrub layer

In 1992 there were only two tree species in the shrub layer, but by 2004 there were seven species (see Table 1).

The relative abundance is, with the exception of *Cornus sanguinea* (bloodtwig dogwood), *Pinus sylvestris* (scots pine), *Sorbus aucuparia* (rowan) and *Prunus mahaleb* (mahaleb cherry), lower than 40 %. The bloodtwig dogwood had increased its abundance from 0 to 87 %, the scots pine and mahaleb cherry from 0 to 40 % and in 2004 the rowan was found in 60 % of all survey areas (only in 7 % of all areas in 1992).

The copper beech was found only in the first survey area right on the edge of the woodland but was also observed in small numbers outside the transect. The scots pine was widely distributed, but was concentrated on the upper half of the transect. The same applied to the spruce. All the other species first appeared in the central part of the slope.

Ground vegetation layer

In 1992 there were six tree species in the ground vegetation layer (see Table 1). All species achieved relative abundancies from 33 to 87 %. By 2004 the number had increased to nine tree species. With the exception of four species, (*Carpinus betulus* (hornbeam), *Picea abies* (Norway spruce), *Pinus sylvestris* (scots pine) and *Salix caprea* (goat willow)) the relative abundancies had a maximum value of 13 %.

Comparison of the abundancies in the years 1992 and 2004 also shows that of the tree species only the spruce and the scots pine increased in abundance.

3.3.3 Comparison with the seeding

Of the 13 species of woody plants introduced in 1989 six species can now be found in the transect. It is still unclear whether the blackthorn actually derives from the seeding or whether it was introduced subsequently by birds.

The species with the best rate of establishment is *Cornus sanguinea* (bloodtwig dogwood). The dogwood now occurs in all survey areas with a degree of coverage of up to nearly 100 %. This species rejuvenates itself, as is demonstrated by its occurrence in the ground vegetation layers of eleven survey areas.

Three tree species have established themselves. *Acer campestre* (field maple) is represented in all three layers, although the species

Tatsächlich nicht in den Aufnahmeflächen vorhanden sind *Corylus avellana* (Hasel), *Fraxinus excelsior* (Esche), *Quercus robur* (Stiel-Eiche) und *Sambucus nigra* (Schwarzer Holunder). Allerdings sind alle Arten vereinzelt außerhalb des Transekts auf der Ansaatfläche zu finden.

4 Diskussion

4.1 Grundlagen

Siebzehn Jahre nach der Initiierung eines standortsgerechten Waldes durch Aussaat wurde ein im Jahr 1992 angelegtes Transekt nochmals erhoben. Die Ergebnisse zeigen ein durchaus heterogenes Bild, wobei die Waldinitiierung insgesamt als gelungen bezeichnet werden muss.

Die hier vorgenommene Auswertung weist einige grundsätzliche Fragestellungen auf, die die Auswertung der Ergebnisse bzw. die zu ziehenden Rückschlüsse deutlich beeinflussen. Die Ansaat war zwar von Anfang an in Abstimmung mit dem zuständigen Forstamt als Versuch geplant, es war aber nie daran gedacht, den Versuch als ein Projekt der wissenschaftlichen Grundlagenforschung anzusehen und ihn dementsprechend auszuwerten. Deshalb wurden die Versuchsbedingungen auch nicht systematisch geplant und festgelegt, sondern es wurde einfach nur angesät. Als Folge fehlen die für die Auswertung wichtigen Basisdaten, wie z.B. Angaben über den Erntezeitpunkt, die konkrete quantitative Zusammensetzung des Saatgutes, die Zahl des ausgebrachten Samen pro Fläche sowie die Lagerungsbedingungen und die Vorbehandlung des Saatguts. Für eine Aussaat ist es aber von Bedeutung, die Früchte vor der Vollreife und der damit vollständig ausgebildeten Samenruhe zu sammeln [1, 4, 7].

Table1: Comparison of the relative abundance of the woody plant species in 1992 and 2004 classified by tree layer, shrub layer and ground vegetation layer

Tabelle 1: Relative Stetigkeit der Gehölzarten im Vergleich von 1992 und 2004 getrennt nach Baumschicht, Strauchschicht und Krautschicht

	Rel. Stetig. [%]			Rel. Stetig. [%]	
Baumschicht	1992	2004	Krautschicht	1992	2004
<i>Acer campestre</i>		7	<i>Acer campestre</i>	47	7
<i>Acer pseudoplatanus</i>		13	<i>Acer platanoides</i>		7
<i>Picea abies</i>	13	13	<i>Acer pseudoplatanus</i>		7
<i>Pinus sylvestris</i>	7	7	<i>Betula pendula</i>		7
<i>Salix caprea</i>		20	<i>Carpinus betulus</i>	33	33
<i>Salix purpurea</i>		7	<i>Cornus sanguinea</i>	53	73
Strauchschicht			<i>Daphne mezereum</i>		7
<i>Acer campestre</i>		27	<i>Frangula alnus</i>	7	7
<i>Acer pseudoplatanus</i>		7	<i>Ligustrum vulgare</i>	7	
<i>Carpinus betulus</i>		27	<i>Picea abies</i>	33	60
<i>Cornus sanguinea</i>		87	<i>Pinus sylvestris</i>	33	53
<i>Fagus sylvatica</i>	7	13	<i>Prunus mahaleb</i>	47	13
<i>Ligustrum vulgare</i>		7	<i>Prunus spinosa</i>		13
<i>Picea abies</i>		20	<i>Rosa canina</i>		7
<i>Pinus sylvestris</i>		40	<i>Salix caprea</i>	40	27
<i>Prunus mahaleb</i>		40	<i>Salix purpurea</i>	13	
<i>Salix purpurea</i>		13	<i>Sambucus racemosa</i>	20	
<i>Sorbus aucuparia</i>	7	60	<i>Sorbus aucuparia</i>	87	27
<i>Viburnum opulus</i>		7	<i>Viburnum opulus</i>	7	20

occurs only once in the tree layer. A significant decrease in the relative abundance in the shrub layer from 47 to 7 % was also found when compared with 1992. Apparently the field maple has not, or has no longer, been successful in establishing itself because of the hard conditions in the central part of the transect and because of the shade in the lower part of the transect.

The sycamore (*Acer pseudoplatanus*) occurs in the tree layer in two survey areas in the lower third. The species is represented only once each in the shrub and ground vegetation layers with low degrees of coverage. The species therefore appears to be established but the rejuvenation is very low.

The hornbeam (*Carpinus betulus*) has not yet appeared in the tree layer but has appeared in four survey areas in the central part of the shrub layer. The species is present in the ground vegetation layer in five survey areas and therefore appears to be reproducing successfully.

For two species (*Sorbus aria* (whitebeam) and *Viburnum lantana* (wayfaring tree)) it seems obvious that the seeds must have been wrongly labelled. This is supported by the regular occurrence of *Sorbus aucuparia* (rowan) and the occasional occurrence of *Viburnum opulus* (guelder rose).

Corylus avellana (hazel), *Fraxinus excelsior* (ash), *Quercus robur* (common oak) and *Sambucus nigra* (black elder) are not in fact present in the survey areas. However, isolated examples of all these species can be found on the seeded area outside the transect.

4 Discussion

4.1 Basic elements

Seventeen years after a woodland suited to the location had been initiated by seeding the data were collected again from a transect laid out in 1992. The results show a thoroughly heterogeneous picture, although the initiation of the woodland as a whole must be considered as successful.

The evaluation undertaken here has some fundamental problems that significantly affect the assessment of the results and the conclusions that can be drawn. The sowing was planned from the beginning as a trial in agreement with the appropriate forestry authorities, and it was never considered that the trial should be regarded as a basic scientific research project and evaluated accordingly. The start of the trial was therefore not planned or laid out systematically, and the area was simply seeded. This means that there is a lack of the basic data that are important for the evaluation, such as information about the time of harvesting, the actual quantitative composition of the seeds, the number of seeds sown per unit area and the storage conditions and pretreatment of the seeds. However, it is important for sowing that the fruit is gathered before it is fully ripe and therefore before the seeds achieve full dormancy [1, 4, 7].

4.2 Quantity of seeds

Baumhauer [2] specifies 40 kg of copper beech seeds per hectare as the optimum quantity. Leder [5] uses 28 to 75 kg/ha, while with Nuber [8] 148 to 400 kg copper beech seeds were used per hectare and 60 to 188 kg seeds per hectare for acers. In half a year this achieved, on average, 500 000 acer or 280 000 copper beech seedlings per hectare. Assuming a seed weight for the copper beech of 250

4.2 Saatmengen

Baumhauer [2] gibt als Optimalmenge 40 kg Rotbuchsamen pro Hektar an. Leder [5] setzt 28 bis 75 kg/ha ein. Bei Nuber [8] wurden 148 bis 400 kg Rotbuchsamen pro Hektar und beim Ahorn 60 bis 188 kg Samen pro Hektar eingesetzt. Erreicht wurden hierdurch nach einem halben Jahr im Mittel 500.000 Ahorn- bzw. 280.000 Rotbuchsämlinge pro Hektar. Ein Samengewicht der Rotbuche von 250 bis 256 mg/Stück vorausgesetzt, entspricht dies 11 bis 160 Samen/m². Bei einem Samengewicht von 100 mg/Stück des Ahorns errechnet sich eine Samenmenge von 60 bis 188 Samen/m².

Neef [6] empfiehlt auf Basis von Versuchen auf Rohbodenböschungen für 20 bis 40 Pflanzenarten eine spezifische Samenmenge von 250 bis 750 Samen/m².

Die fehlende Kenntnis über die quantitative Zusammensetzung des Saatguts wurde beim vorliegenden Versuch durch die Annahme kompensiert, dass eine gleichmäßige Gewichtsverteilung der Arten in der Saatgutmischung vorliegt. Die Gesamtmenge der ausgesäten Samen betrug demnach 5,3 g/m². Dies entspricht einer spezifischen Samenmenge von 27 bis 38 Samen/m².

4.3 Saatgutvorbehandlung

Baumhauer [2] verweist darauf, dass das Saatgut bei Frühjahrssaaten vorbehandelt werden muss, um die Keimhemmung abzubauen. Als günstig hat es sich auch erwiesen, zumindest Rotbuchsamen vor der Ausbringung zu wässern, um Trockenzeiten nach der Aussaat besser zu überbrücken.

Beim vorliegenden Versuch ist von einer Frühjahrssaat ohne Vorbehandlung auszugehen. Die Anforderung von Baumhauer [2] als zutreffend vorausgesetzt, wird der fast vollständige Ausfall einiger Baumarten verständlich. Geht man auf Basis von Schubert [12] davon aus, dass die Keimung fast aller Arten durch eine Kaltnassbehandlung in erheblichem Maße gefördert wird bzw. notwendig ist, um die Dormanz der Arten zu brechen, kann eine Frühjahrssaat ohne jede Vorbehandlung des Saatgutes für die meisten Arten nicht erfolgreich sein.

Eine Übersicht der wichtigsten Vorbehandlungsmethoden für Saatgut gibt Schubert [12].

4.4 Aussaatmethode

Die Aussaat wurde breitwürfig von Hand und ohne Abdeckung vorgenommen. In der forstlichen Literatur werden diskutiert die Breit-, Plätze-, Rillen- und Schüsselsaat mit oder ohne Abdeckung. Die besten Erfolge weist Nuber [8] beim Ahorn durch eine Plätze- und bei der Rotbuche durch eine Rillensaat nach. Leder [5] erhält dagegen bei der Plätzeaat der Buche die besseren Ergebnisse. Für die beschriebenen Versuche ist davon auszugehen, dass zumindest für Buche und Eiche die gewählte Aussaatmethode ohne Abdeckung nicht optimal war.

4.5 Verbreitung der angesäten Baum- und Straucharten

Die zwei wesentlichen Waldbaumarten *Fagus sylvatica* (Rotbuche) und *Quercus robur* (Stiel-Eiche) sind nicht in den Aufnahmeflächen vertreten. Es ist festzuhalten, dass die Ansaat von Schlussbaumarten wie Rotbuche und Eiche auf jungen, nicht konsolidierten Rohböden wenig sinnvoll ist und in der Regel zu hohen Ausfällen führt. Unklar ist aufgrund der Ver-

to 256 mg each, this corresponds to 11 to 160 seeds/m². A seed weight of 100 mg each for the acer gives a figure of 60 to 188 seeds/m².

On the basis of trials on untreated soil slopes for 20 to 40 plant species Neef [6] recommends a specific quantity of seeds of 250 to 750 seeds/m².

The lack of information about the quantitative composition of the seeds was dealt with in this trial by the assumption that there was a uniform distribution by weight of the species in the seed mixture. The total quantity of seeds that were sown was therefore 5.3 g/m². This corresponds to a specific quantity of seeds of 27 to 38 seeds/m².

4.3 Preliminary treatment of the seeds

Baumhauer [2] points out that for sowing in the spring the seeds must be pretreated to break down the germination inhibition. It has also proved advantageous, at least for the copper beech seeds, to water them before sowing them in order to bridge the dry periods more effectively after the sowing.

Spring sowing without any pretreatment must be assumed for this trial. If Baumhauer's requirement [2] is correct then the almost complete failure of some tree species becomes understandable. According to Schubert [12] cold wet treatment greatly assists the germination of almost all species and is necessary to break the dormancy of the species, so spring sowing without any pretreatment of the seeds cannot be successful for the majority of species.

Schubert [12] provides a summary of the most important methods of pretreating seeds.

4.4 Method of sowing

The seeds were broadcast manually and without any covering. Broadcast sowing, patch sowing, drilling and disk sowing, with or without covering, are discussed in the forestry literature. Nuber [8] achieved greatest success with acers by patch sowing and with the copper beech by drilling. Leder [5], on the other hand, obtained the best results with beech by patch sowing. For these trials it can be assumed that the chosen methods of sowing without covering were not the best, at least for beech and oak.

4.5 Dispersion of the tree and shrub species that had been sown

There were no representatives in the survey areas of two essential species of woodland tree, namely *Fagus sylvatica* **** (copper beech) and *Quercus robur* (common oak). It should be recorded that sowing of climax tree species, such as copper beech or oak, on fresh, unconsolidated raw soil is not very appropriate and as a rule leads to high failure rates. Because of the trial conditions it is not clear whether these two species germinated at all after the sowing. According to Schubert [12] *Quercus robur* (common oak) has no dormancy and it would actually be assumed that this species would germinate straightforwardly. The complete failure can potentially be attributed to the extreme, i.e. hot, dry, summer conditions of the location that not only have an adverse effect on the seeds but also suppress the establishment of any seedlings that may be present. According to Rohmeder [11] oak and copper beech are some of the short-lived types of seed and after maturity only retain their germination capability through the first winter if no preservative measures

suchsbedingungen, ob diese beiden Arten überhaupt nach der Aussaat gekeimt sind. *Quercus robur* (Stiel-Eiche) weist nach Schubert [12] keine Dormanz auf, und es wäre eigentlich davon auszugehen, dass die Art ohne weiteres gekeimt ist. Das völlige Fehlen kann u.U. auf die extremen, d.h. sommerlich trocken-heißen Standortsbedingungen zurückgeführt werden, die sowohl den Samen beeinträchtigt als auch die Etablierung der potenziell vorhandenen Keimlinge unterbunden haben. Nach Rohmeder [11] gehören Eichen und Rotbuchen zudem zu den kurzlebigen Samenarten und bewahren die Keimfähigkeit nach der Reife ohne konservierende Maßnahmen nur über den ersten Winter. Die unbekanntes Lagerungsbedingungen, z.B. im Sozialgebäude des Werks, sind somit ebenso als potenzielle Ursache für die Ausfälle zu nennen. Analoges ist für die Rotbuche zu vermuten.

Zu berücksichtigen ist, dass die Saatmischung durchaus ausreichende Anteile an schnell keimenden (z.B. *Cornus sanguinea* (Roter Hartriegel)) oder extremere Standortsbedingungen ertragende Arten (*Fraxinus excelsior*) aufweist. Zumindest die Esche und der Feld-Ahorn gehören zu den ersten Pionieren auf Rohbodenstandorten in Steinbrüchen oder Kiesgruben (vgl. Tränkle [13], Rademacher [9, 10], Gilcher und Tränkle [3]). Diese Arten sollten eigentlich in der Lage sein, innerhalb kurzer Zeit einen gewissen Bestandsschutz aufzubauen, in dessen Mikroklima auch die anspruchsvollen Arten keimen und sich z.T. etablieren können. Die Ergebnisse zeigen hierbei aber sehr deutlich, dass es diesen Arten, mit Ausnahme von *Cornus sanguinea*, nicht gelungen ist, sich auch 17 Jahre nach der Aussaat zu etablieren. Besonders auffallend ist hierbei das vollständige Fehlen der Esche. Ursache kann hier eigentlich nur eine falsche Lagerung eines z.B. durch Grünernte beschafften Saatgutes sein. Die Esche verfügt über eine stark ausgeprägte Dormanz, weshalb Früherten (Grünernte) Anfang September bevorzugt werden. Nach entsprechender Vorbehandlung keimt die Art im folgenden Frühjahr eigentlich sehr gut. Bei zu warmer und zu langer Lagerung z.B. über den Winter ist von einem erheblichen Keimratenverlust auszugehen. Mit der Esche fällt damit einer der zentralen Pionierarten des Bestandes aus.

Auch Holunder und Hasel fehlen den Aufnahmeflächen völlig. Der Schwarze Holunder ist eine durch Tiere ausgebreitete Gehölzart und weist gute Aussaatsergebnisse erst nach umfangreicherer Vorbehandlung des Samens auf. Die Hasel benötigt nach Schubert [12] auch eine Vorbehandlung für die gute Keimung. Nach Rohmeder [11] verliert die Haselnuss bei nicht konservierender Lagerung sehr schnell ihre Keimfähigkeit. Es ist auch bei diesen Arten von der Wirkkombination falscher Saatgutlagerung ohne entsprechende Vorbehandlung und Selektion durch die harten Standortsbedingungen auszugehen.

Zwei Artenpaare, *Sorbus aucuparia* bzw. *Sorbus aria* und *Viburnum lantana* bzw. *Viburnum opulus* geben Anlass zur Verwirrung. Die Vermutung liegt nahe, dass die Arten miteinander verwechselt wurden. Obwohl *Sorbus aucuparia* nicht ausgesät wurde, ist diese Art auf den Aufnahmeflächen mit einer relativen Stetigkeit von 60 % vertreten, während die eigentlich ausgesäte *Sorbus aria* vollständig fehlt. Beide Arten können nach Schubert [12] sofort nach der Ernte ausgesät werden.

Viburnum opulus fehlt den Aufnahmeflächen vollständig. Die Art ist auf dem trocken-warmen Hang als einer Art sickerfrischem bis frischem Lebensraum standortsfremd. Es ist

are taken. The unknown storage conditions, e.g. in the staff buildings at the works, can therefore be mentioned as a potential cause of the failures. The same can be presumed for the common beech.

It must be borne in mind that the seed mix contained adequate proportions of species that germinate rapidly (e.g. *Cornus sanguinea* (bloodtwig dogwood)) or that can withstand extreme local conditions (*Fraxinus excelsior* (ash)). The ash and the field maple at least are some of the first pioneers on raw soil locations in quarries or gravel pits (cf. Tränkle [13], Rademacher [9, 10], Gilcher and Tränkle [3]). Within a short time these species should actually be capable of forming a certain protective stand with a microclimate in which the more demanding species can germinate and in some cases become established. However, the results show very clearly that, with the exception of *Cornus sanguinea*, these species have not succeeded in establishing themselves even 17 years after the sowing. The complete absence of the ash is particularly striking. The reason for this can actually only be incorrect storage of seed obtained e.g. by green harvest. The ash has a strongly marked dormancy, so early harvests (green harvest) take place for preference at the beginning of September. After appropriate preliminary treatment the species actually germinates very well in the following spring. If the storage is too warm and too long, e.g. over winter, then a substantial loss in germination rate can be expected. This means that one of the central pioneer species of the stand, the ash, had been lost.

Elder and hazel are also completely absent from the survey areas. The common elder is a species of woody plant that is spread by animals and only shows good seeding results after extensive preliminary treatment of the seeds. According to Schubert [12] the hazel also needs pretreatment to achieve good germination. According to Rohmeyer [11] the hazel nut very quickly loses its ability to germinate during non-preservative storage. It can be assumed that these species suffered the combined effect of incorrect seed storage without appropriate pretreatment and screening by the hard local conditions.

Two pairs of species, *Sorbus aucuparia* / *Sorbus aria* and *Viburnum lantana* / *Viburnum opulus*, are a source of confusion. There is the obvious supposition that the species were confused with each other. Although *Sorbus aucuparia* was not sown this species is represented in the survey areas with a relative abundance of 60 %, while there is a complete absence of the *Sorbus aria* that was actually sown. According to Schubert [12] both species can be sown immediately after the harvest.

Viburnum opulus is completely absent from the survey areas. As a species with a chilly moist to fresh habitat this species is foreign to the location on the dry, warm slope. It can therefore be assumed, in analogy with the woodland tree species, that the species, if it had germinated, was not capable of becoming established on the location. On the other hand, it also cannot be supposed that *Viburnum opulus* was actually supplied by the forest authorities who knew the local conditions on the site.

Six species have become established on the survey areas. Dominant, and the most widespread, is *Cornus sanguinea* (bloodtwig dogwood). Even in 1992 the species was represented in the ground vegetation layer on 53 % of all survey

also analog zu den Waldbaumarten davon auszugehen, dass die Art, sollte sie gekeimt sein, nicht in der Lage war, sich auf dem Standort zu etablieren. Andererseits ist auch nicht davon auszugehen, dass von Seiten des Forstamtes, das die Standortsbedingung vor Ort kannte, tatsächlich *Viburnum opulus* geliefert wurde.

Sechs Arten haben sich auf den Aufnahme­flächen etabliert. Dominant und am weitesten verbreitet ist *Cornus sanguinea* (Roter Hartriegel). Bereits im Jahr 1992 ist die Art auf 53 % aller Aufnahme­flächen in der Krautschicht vertreten und hat sich bis ins Jahr 2004 in 87 % aller Flächen in der Strauchschicht etabliert. Ursache für die hohe Dominanz ist die leichte Keimung ohne Vorbehandlung und die hohe ökologische Potenz auf den vorhandenen Standortsbedingungen. Allerdings sind die hohen Deckungsgrade und die daraus resultierende starke Beschattung durchaus auch ein Problem zumindest für die Einwanderung Licht liebender Pionierbaumarten.

Ähnliches gilt auch für *Prunus mahaleb* (Felsenkirsche). Auch diese Art ist bereits im Jahr 1992 auf 47 % aller Flächen vorhanden. Bis ins Jahr 2004 hat sich die Felsenkirsche in 40 % aller Aufnahme­flächen der Strauchschicht etabliert. Warum sich im Gegensatz zur Schlehe die Felsenkirsche so gut auf den Flächen etabliert hat, bleibt allerdings unklar.

Acer campestre (Feld-Ahorn) tritt bereits im Jahr 1992, ganz im Gegensatz zu *Acer pseudo-platanus* (Berg-Ahorn), in 47 % der Flächen auf und war demnach in der Lage, nach der Aussaat zu keimen. Der Berg-Ahorn fehlte im Jahr 1992 vollständig. Die wirtschaftlich brauchbare Keimfähigkeit liegt beim Ahorn immerhin bei 2,5 Jahren (Rohmeder [11]). Über die Ursachen kann nur spekuliert werden. Vermutlich ist die Standortseignung der Samen bzw. der Keimlinge von *Acer pseudo-platanus* deutlich geringer, was zu einem schnellen Ausfall der Art geführt haben kann. Bemerkenswert ist dann in den Folgejahren das Verhalten der beiden Arten. *Acer campestre* (Feld-Ahorn) fällt in der Krautschicht fast vollständig aus und hat sich in der Strauchschicht auch nur in drei Flächen mit geringen Deckungsgraden etabliert. Nur in einem Falle hat die Art die Baumschicht erreicht. Der Berg-Ahorn ist nach seinem anfänglichen Fehlen zwar nur in je einer Aufnahme­fläche der Kraut- und Strauchschicht vertreten, allerdings erreicht die Art in zwei Flächen die Baumschicht mit durchaus hohen Deckungsgraden. Von einer Nachkeimung der Art ist aufgrund der relativ geringen Lebensfähigkeit des Samens kaum auszugehen. Es ist daher zu vermuten, dass die Art mit ihren weit fliegenden anemochoren Samen angefliegen ist.

Analog dem Feld-Ahorn verhält sich die Hainbuche (*Carpinus betulus*). Die Art war bereits im Jahr 1992 in 33 % der Aufnahme­flächen vorhanden und hat sich im Jahr 2004 in 27 % der Aufnahme­flächen in der Strauchschicht etabliert. Analog den Ahorn-Arten weist die Hainbuche ein gegenüber Rotbuche und Eiche längere Keimfähigkeit des Samens auf, was unter den gegebenen Umständen offensichtlich von erheblichem Vorteil für die Arten war, trotz der ausgeprägten Dormanz der Hainbuche.

4.7 Krautige Waldarten

Auffallend ist das transektweite Vorkommen von immerhin 22 Pflanzenarten, die in Wäldern bzw. speziell in Rotbuchenwäldern vorkommen. Die einzelnen Arten sind aber jeweils von geringer Stetigkeit und waren in überwiegender

areas, and by 2004 was established in the shrub layer on 87 % of all areas. The reason for the great dominance is the easy germination without pretreatment and the high ecological potency in the conditions existing on the location. However, the high degree of coverage and the resulting deep shade are definitely also a problem, at least for the inward migration of light-loving pioneer tree species.

The same also applies to the *Prunus mahaleb* (mahaleb cherry). This species was also present on 47 % of all areas in 1992. By 2004 it had become established in the shrub layer in 47 % of all survey areas. However, it is still uncertain why, in contrast to the blackthorn, the mahaleb cherry had become so well established on these areas.

Acer campestre (field maple) had already appeared in 1992 (in complete contrast to *Acer pseudoplatanus* (sycamore)) on 47 % of the areas, which meant that it was capable of germinating after the sowing. The sycamore was completely absent in 1992. However, the economically usable germinating capability of the acer is 2.5 years (Rohmeder [11]). It is only possible to speculate about the causes. Presumably the location is significantly less suitable for the seeds and seedlings of *Acer pseudoplatanus*, which can have led to a rapid failure of the species. The behaviour of the two species in the subsequent years is remarkable. *Acer campestre* (field maple) is almost completely absent in the ground vegetation layer and has also only become established in three areas in the shrub layer, with low degrees of coverage. Only in one case has the species reached the tree layer. After its initial absence the sycamore is in fact represented in only two survey areas in both the ground vegetation and shrub layers, but in two areas the species has reached the tree layer with quite high degrees of coverage. Late germination of the species is not really a possibility in view of the relatively short viability of the seed. It can therefore be supposed that the species has drifted in with its far flying anemochorous seeds.

The hornbeam (*Carpinus betulus*) has behaved like the field maple. In 1992 the species was already present in 33 % of the survey areas and by 2004 was established in the shrub layer in 27 % of the survey areas. Like the acer species the hornbeam has a longer germination capability than the copper beech and the oak, which, under the given circumstances, was obviously a considerable advantage for the species in spite of the marked dormancy of the hornbeam.

4.7 Ground vegetation woodland species

The occurrence throughout the transect of 22 species of plant that occur in woodland, and especially in beech woods, is remarkable. However, the individual species are in each case of low abundance and the great majority were already present in 1992. The species that occur most frequently are *Galium sylvaticum* (Scotch mist) and *Melica nutans*. The low abundance of the ground vegetation species found in copper beech woods at the start of the trial is explained by the highly unsuitable conditions for the species at the location, especially the dryness and the high light intensity. The two most frequent species certainly represent an exception here but Tränkle [13] has already indicated the pioneer character of these two woodland species. The severe local conditions still applied to the upper part of the transect in 2004. However, the central and lower parts are potentially well suited to woodland species because of the significant shade and, appropriately, four new species have appeared.

Anzahl bereits im Jahr 1992 vorhanden. Die häufigsten Arten sind hierbei *Galium sylvaticum* (Wald-Labkraut) und *Melica nutans* (Nickendes Perlgras). Die geringe Stetigkeit der krautigen Rotbuchenwaldarten zu Beginn des Versuches erklärt sich über die für die Arten in erheblichem Maße ungeeigneten Standortsbedingungen, insbesondere die Trockenheit und die hohe Beleuchtungsstärke. Die zwei häufigsten Arten stellen hierbei sicher eine Ausnahmen dar, auf den Pioniercharakter dieser beiden Waldarten weist aber bereits Tränkle [13] hin. Während für den oberen Teil des Transektes die harten Standortsbedingungen auch noch im Jahr 2004 gelten, sind die mittleren und unteren Teile für Waldarten aufgrund der deutlichen Beschattung potenziell gut geeignet. Entsprechend sind auch vier neue Arten hinzugekommen.

4.8 Abschließende Beurteilung der Waldentwicklung

Trotz der oben diskutierten fehlenden oder ungenauen Datengrundlagen und des Fehlens wesentlicher Baumarten ist die Ansaat als Erfolg zu werten. Es ist gelungen, trotz aller offensichtlichen Fehler zumindest zwei der ausgesäten Arten in der Baumschicht und sechs der ausgesäten Arten in der Strauchschicht zu etablieren. Zahlreiche dieser Arten weisen höhere bis hohe Deckungsgrade auf und erreichen nach 17 Jahren eine Höhe von max. 7 Meter. Dies entspricht einer Erfolgsquote von 46 %. Angesichts der deutlich zu geringen Saatgutmenge ist dieses Ergebnis als besonders positiv zu bewerten.

Häufig wird von Seiten der Forstwirtschaft die Ansaat von Gehölzen recht skeptisch betrachtet. Hauptkritikpunkt ist dabei die Nichtvorhersehbarkeit der sich entwickelnden Gehölzbestände. Aus forstwirtschaftlicher Sicht ist damit der ökonomische Nutzen solcher Rekultivierungsflächen auf viele Jahrzehnte ungewiss. Mag diese Kritik unter ökonomischen Gesichtspunkten durchaus richtig sein, so belegen die biologischen Daten zur Arten- und Strukturvielfalt den hohen ökologischen Wert solcher angesäter Gehölzbestände. Besonders auf Standorten, die kulturtechnisch nicht für die Pflanzung von Zielbaumarten geeignet sind, kann durch die Aussaat von Gehölzen mit vertretbarem Aufwand eine Wiederbewaldung initiiert werden.

4.9 Schlussfolgerungen für die Praxis

Die Untersuchungen belegen, dass die Gehölzaussaat eine durchaus ernst zu nehmende Alternative zu den herkömmlichen Aufforstungsmethoden in Abbaustätten der Steinerden-Industrie darstellt. Sie ist ökologisch sinnvoll, weil sie an die Standorte bestens angepasste Gehölzbestände entstehen lässt. Weiterhin werden für das Unternehmen sehr teure Pflanzungen vermieden. Um diese Methode auch in anderen Steinbrüchen erfolgreich anzuwenden, sollten folgende Voraussetzungen beachtet werden:

- ▶ Je Hektar Fläche sollten zwischen 80 und 100 kg Saatgut verwendet werden, sofern, wie in diesem Versuch geschehen, Arten mit schweren Früchten eingesetzt werden sollten.
- ▶ Bei einer Frühjahrsaussaat sollte das Saatgut vorbehandelt, d.h. stratifiziert werden.
- ▶ Der Anteil an Rotem Hartriegel (*Cornus sanguinea*) sollte nicht zu hoch sein.
- ▶ Die Flächen sollten unmittelbar nach Anlage der Rohböden eingesät werden.
- ▶ Eicheln und Bucheckern werden am besten händisch in die oberen Substratschichten eingegraben.

4.8 Final assessment of the development of the woodland

In spite of the lacking or inaccurate basic data discussed above and the absence of important tree species the sowing can be evaluated as successful. In spite of all the obvious mistakes at least two of the seeded species have succeeded in establishing themselves in the tree layer and six of the seeded species in the shrub layer. Many of these species exhibit fairly high to high degrees of coverage and after 17 years have reached a maximum height of 7 metres. This corresponds to a success rate of 46 %. This result can be evaluated as particularly positive in view of the fact that the quantity of seed used was significantly too small.

The sowing of woody plants is often regarded quite sceptically by the forestry management. The main point of criticism is the unpredictability of the stands of woody plants that develop. This means that, in the opinion of the forestry management, the economic benefits of such recultivated areas are uncertain for many decades. Although this criticism may be absolutely correct from the economic point of view the biological data on the diversity of species and structure confirm the high ecological value of these seeded stands of woody plants. Re-forestation can be initiated at reasonable expense by sowing woody plants, especially in locations that are technically unsuitable for planting target tree species.

4.9 Practical consequences

The investigations have confirmed that the sowing of woody plants is an alternative to the conventional methods of afforestation that should be taken very seriously for worked-out areas in the non-metallic minerals industries. It is ecologically appropriate because it results in stands of woody plants that are optimally match to the location. Furthermore, it avoids planting, which is very expensive for the company. The following requirements should be borne in mind so that this method can also be applied successfully in other quarries:

- ▶ Between 80 and 100 kg seeds should be used for every hectare of area if, as in this trial, species with heavy fruits are to be used.
- ▶ The seeds should be pretreated, e.g. stratified, for a spring sowing.
- ▶ The proportion of bloodtwig dogwood (*Cornus sanguinea*) should not be too high.
- ▶ The area should be sown immediately after placement of the untreated soil.
- ▶ Acorns and beechnuts are best buried manually in the top layers of the substrate.
- ▶ After 10 to 20 years individual trees can be planted selectively in the stands in order to accelerate the establishment of target tree species (e.g. copper beech).

Acknowledgement

The authors would like to give their sincere thanks to Herr Hans-Georg Kraut, the Works Manager of the Schelklingen cement works, for his assistance and cooperation. ◀

- ▶ Um die Etablierung der Zielbaumarten (z.B. Rotbuche) zu beschleunigen, können gezielt nach 10 bis 20 Jahren Einzelbäume in die Bestände eingepflanzt werden.

Danksagung

Die Autoren danken ganz herzlich dem Werksleiter des Zementwerks Schelklingen, Herrn Dipl.-Ing. Hans-Georg Kraut, für seine Unterstützung und Hilfsbereitschaft. ◀

LITERATURE / LITERATUR

- [1] Bärtels, A.: Gehölzvermehrung. 3. Auflage, Ulmer Verlag, Stuttgart 1989.
- [2] Baumhauer, H.: Verjüngung durch Saat. AFZ/Der Wald (1996) No. 21, pp. 1192–1194.
- [3] Gilcher, S.; Tränkle, U.: Steinbrüche und Gruben Bayerns und ihre Bedeutung für den Arten- und Biotopschutz. Hrsg.: Bayerischer Industrieverband Steine und Erden e. V., Bayerisches Landesamt für Umwelt, 2005.
- [4] Köpp, R.: Erfahrungen über die Vermehrung und Anzucht von einheimischen Straucharten. Der Forst- und Holzwirt (1987) No. 10, pp. 269–274.
- [5] Leder, B.: Pflanzenprozentage nach Bucheckern-Voransaaten unter Fichten-Schirm. Forst und Holz (1998) No. 15, pp. 477–481.
- [6] Neef, G.: Gehölzansaaten auf Rohböschungen. Neue Landschaft (1976) No. 9, pp. 520–526.
- [7] Niedersächsische Forstliche Versuchsanstalt, Abteilung Waldgenressourcen: Sträucher Nordwestdeutschlands – Erhaltung und Förderung der natürlichen Strauchvegetation, 1997.
- [8] Nuber, H.-M.: Laubholzsaaten (Buche, Ahorn) Herbst 1984 – eine „natürliche“ Variante zur Vorbaupflanzung bei Umwandlung labiler Fichtenreinbeständen im Forstbezirk Münsingen, Referendararbeit, Staatl. Forstamt Münsingen, 1986.
- [9] Rademacher, M.: Sukzession in Kiesgruben als Vorbild für die Rekultivierung? Culterra (2000) No. 26, pp. 33–52.
- [10] Rademacher, M.: Untersuchungen zur Vegetationsdynamik anthropogener Kiesflächen am Oberrhein unter Berücksichtigung landschaftsökologischer und naturschutzfachlicher Belange. Inaugural-Dissertation, Fakultät für Biologie der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg i.Br., 2001.
- [11] Rohmeder, E.: Das Saatgut in der Forstwirtschaft. Hamburg, Parey, 1972.
- [12] Schubert, J.: Lagerung und Vorbehandlung von Saatgut wichtiger Baum- und Straucharten. LÖBF.
- [13] Tränkle, T.: Vegetation, Flora und neue Renaturierungsverfahren in Steinbrüchen. Poschlod, Tränkle, Böhmer, Rahmann: Steinbrüche und Naturschutz. Sukzession und Renaturierung. Ecomed Verlag. 1–286, 1997.