

Qualität und Keimfähigkeit von Saatgut des Baumwacholders (*Juniperus excelsa* M.-Bieb.) aus dem Kalamoun-Gebirge in Syrien

Abdullah Al-Refai, Hany El Kateb, Bernd Stimm und Reinhard Mosandl
Lehrstuhl für Waldbau und Forsteinrichtung, TU München

1. Einführung

Der Baumwacholder (*Juniperus excelsa* M. – Bieb.) gehört wie sein naher Verwandter *Juniperus communis*, der gemeine Wacholder, zur Familie der Cupressaceae. Er hat jedoch seinen Verbreitungsschwerpunkt nicht wie dieser in Europa, sondern weiter im Osten. Sein großes Verbreitungsgebiet reicht von Südwestasien über die arabische Halbinsel bis nach Nordostafrika. Er kommt hauptsächlich in den Hochlagen vor und ist dort ein wesentliches Element des Gebirges. Auch in Syrien ist diese Art im Gebirge bis zur oberen Baumgrenze, auf 2400 bis 2600 m ü. NN, verbreitet und bildet häufig das einzige hochstämmige Holzgewächs (Al-Refai et al. 2002).

Der Baumwacholder bildet in den Hochlagen von Natur aus reine Bestände oder Baumgruppen mit verschiedenen Strauch- und Pflanzenarten im Unterwuchs. Im Kalamoun-Gebirge wird er in der Unterschicht von *Astragalus* sp., *Berberis libanotica*, *Prunus prostrata*, *Rhamnus* sp., *Amygdalus orientalis* und *Crataegus* sp. begleitet. Er kommt auch als Mischbaumart vor, wie beispielsweise in den Gebirgslagen (ab 900 m ü. NN) im Libanon mit *Cedrus libani*, *Quercus calliprinos*, *Quercus infectoria* und *Juniperus foetidissima*.

Besonders beachtenswert ist die ökologische Funktion dieser Baumart in ihrem natürlichen Habitat, wobei ihre hervorragende Anpassung an kahle trockene Standorte und ihre Bedeutung für den Schutz vor Erosionen in den höheren Gebirgslagen besonders hervorzuheben ist.

In ihren Ansprüchen an den Boden ist die Baumart sehr genügsam. Sie wächst auf armen, trockenen und steinigen Kalkböden, und ist sehr langsamwüchsig. In Syrien beispielsweise erreicht sie erst im Alter von 5 Jahren eine Höhe von etwa 1 m und braucht dort 50 Jahre um 5 bis 10 m hoch zu werden.

Bereits in der antiken Welt war das Holz des Baumwacholders begehrt und wurde vielseitig verwendet. Infolge einer intensiven, unregelmäßigen Nutzung sind an vielen Orten des Verbreitungsgebiets die einstmaligen flächigen Vorkommen extrem zurückgegangen. In einigen Regionen ihres natürlichen Verbreitungsgebiets verjüngt sich *J. excelsa* nur unzureichend. Auch die Nachzucht durch Saat oder Stecklingsvermehrung ist nicht einfach.

Die Samenproduktion von *J. excelsa* beginnt im Alter von 15 – 20 Jahren. Die Beerenzapfen enthalten meist zwischen 3 - 5 spitze, eiförmige Samen mit einer glänzenden, runzeligen bis wulstigen Oberfläche. Ausgesprochene Mastjahre sind zwar selten, jedoch wird nahezu jedes Jahr eine geringe Menge an Saatgut produziert. Die Ausbreitung der Samen erfolgt zumeist durch Vögel.

Der Verjüngungserfolg ist jedoch sehr bescheiden und gibt Anlass zu der Sorge, dass der Bestand der Art bedroht sein könnte. Die Reproduktionsprobleme hat *Juniperus excelsa* offensichtlich mit *J. communis* gemein, der ebenfalls in seinem Bestand gefährdet ist. Auch im Kalamoun-Gebirge pflanzt sich *J. excelsa* nur sehr spärlich fort; dies gab uns den Anlass für die vorliegende Untersuchung, die zum Ziel hatte, zu prüfen inwieweit Qualität und Keimfähigkeit des Saatgutes des Baumwacholders aus dem Kalamoun-Gebirge für die Reproduktionsprobleme verantwortlich sein könnten. Außerdem sollte geklärt werden, ob durch zwei verschiedene Stratifikationen des Saatgutes die Keimfähigkeit erhöht werden kann.

2. Material und Methode

Als Ausgangsmaterial standen mehrere Kilogramm Beerenzapfen (Rohsaatgut) aus Baumwacholder-Vorkommen im Kalamoun-Gebirge zur Verfügung.

Das Kalamoun-Gebirge erstreckt sich über eine Höhenlage von 1850-2400 m ü. NN und besteht aus hartem Kalkstein. Das Gebirge ist der semi-humiden bis semi-ariden Klimazone zuzuordnen. Die Niederschläge liegen im Mittel bei 300-550 mm/Jahr. Die Jahresmitteltemperatur liegt in 2000 m ü. NN bei 10°C.

Das Saatgut stammt aus ausgewählten Beständen in vier verschiedenen Höhenlagen: 1900, 2100, 2200, 2250 m ü. NN. In jedem der vier Bestände wurden aus dem Kollektiv starker Bäume mit ausgeprägtem Zapfenbehang auf einer für den Bestand typischen Fläche von etwa einem viertel Hektar sieben Individuen zufällig ausgewählt. Das gesamte Saatgutmaterial wurde zur selben Zeit Ende August 2001 geerntet. Im Vergleich zu den anderen Beständen zeichnete sich der Bestand in 2100 m ü. NN durch zahlreiche gut entwickelte, vitale Baumwacholder-Individuen aus. In diesem Bestand waren die beernteten Bäume mit einem mittleren BHD von über 60 cm um etwa 10 cm dicker als in den übrigen Beständen, wo die Samenerntebäume im Durchschnitt einen BHD von 54 cm aufwiesen.

Das Saatgut aus jedem Bestand wurde gut vermischt. Nach 24-stündigem Einweichen in Wasser wurden die Samen mit der Hand über Siebe unter fließendem Wasser aus den

Beerenzapfen gewaschen. Die Voruntersuchung des Saatgutes ergab ein Tausendkorngewicht (TKG) von 13g bei 11,5% Feuchte.

Am Amt für Saat- und Pflanzenzucht (ASP)¹ wurden die Samen zwei verschiedenen Stratifikationen unterzogen. Die eine Hälfte des Saatgutes wurde zunächst für 45 Tage bei ca. 20°C in feuchtem Sand warm und anschließend bei 3°C in feuchtem Sand 45 Tage kalt stratifiziert (dreimonatige 45/45 Tage Warm-Kaltstratifikation). Die andere Hälfte des Saatgutes wurde für 90 Tage bei ca. 20°C in feuchtem Sand warm und anschließend bei 3°C in feuchtem Sand 90 Tage kalt stratifiziert (sechsmonatige 90/90 Tage Warm-Kaltstratifikation).

Nach Ablauf der Stratifikationsbehandlungen wurden Keimtests in Anlehnung an die Vorschriften der ISTA (ISTA 1999) vorgenommen (Substrat: Filterpapier; Methode TP = Top of Paper; Temperatur im Keimschrank: 30°C für 8 Stunden (=Tag) und 20°C für 16 Stunden (=Nacht); Licht: 13 Stunden Licht und 11 Stunden dunkel). Dabei wurden aus dem behandelten Saatgut vier Stichproben von jeweils 100 Samen pro Bestand und Stratifikationsvariante zufällig ausgewählt. Die Aufstellung der 16 Stichproben einer Stratifikationsvariante (4 Bestände x 4 Proben) im Keimschrank erfolgte in einem 4x4 lateinischen Quadrat. Das Versuchsmodell entspricht zwei (jede Stratifikation umfasst ein Quadrat) 4x4 lateinischen Quadraten (vgl. van Laar 1979), wobei die Stratifikation und die Höhenlage als feste Effekte aufzufassen sind.

Sinngemäß sind folgende Nullhypothesen mit Hilfe der Varianzanalyse überprüft worden:

- Die Populationsmittelwerte beider Stratifikationsvarianten unterscheiden sich nicht:
 $H_0: \mu_{45/45 \text{ Tage warm/kalt}} = \mu_{90/90 \text{ Tage warm/kalt}}$
- Die Populationsmittelwerte der vier verschiedenen Höhenlagen sind nicht verschieden:
 $H_0: \mu_{\text{Höhenlage 2100}} = \mu_{\text{Höhenlage 1900}} = \mu_{\text{Höhenlage 2200}} = \mu_{\text{Höhenlage 2250}}$, und die a priori Hypothesen für die Einzelvergleiche lauten:
 $H_0: 3 \mu_{\text{Höhenlage 2100}} = \mu_{\text{Höhenlage 1900}} + \mu_{\text{Höhenlage 2200}} + \mu_{\text{Höhenlage 2250}}$, $H_0: 2 \mu_{\text{Höhenlage 1900}} = \mu_{\text{Höhenlage 2200}} + \mu_{\text{Höhenlage 2250}}$, $H_0: \mu_{\text{Höhenlage 2200}} = \mu_{\text{Höhenlage 2250}}$, dabei überprüft die erste Hypothese den Effekt der Bestandsqualität (Bestand mit guter *J. excelsa* Qualität in 2100 m ü. NN versus restliche Bestände) während die letzten beiden den der Höhenlage überprüfen;
- Alle Populationswechselwirkungen zwischen Stratifikation und Höhenlage sind gleich null: $H_0: \mu_{45/45 \text{ Tage warm/kalt, Höhenlage 2100}} - \mu_{90/90 \text{ Tage warm/kalt, Höhenlage 2100}} + \mu_{45/45 \text{ Tage warm/kalt, Höhenlage 2200}} - \mu_{90/90 \text{ Tage warm/kalt, Höhenlage 2200}} = 0$

¹ Unser Dank gilt Dr. Monika Konnert, Ralph Jenner und Andreas Ludwig (alle Bayer, Amt für Saat- und Pflanzenzucht, Teisendorf) für die kollegiale Hilfe und technische Durchführung der Versuche. Die ASP hat gute Erfahrungen mit einer Warm-Kaltstratifikation bei *J. communis*. Dabei wird das Saatgut einer insgesamt neunmonatigen Stratifikation unterzogen, die sich in eine 90-tägige Warmstratifikation (bei 20°C), und eine anschließende 180-tägige Kaltstratifikation (bei 3°C) untergliedert (A. Ludwig, mündliche Mitteilung).

Höhenlage 1900 - μ 90/90 Tage warm/kalt, Höhenlage 1900 + μ 45/45 Tage warm/kalt, Höhenlage 2200 - μ 90/90 Tage warm/kalt, Höhenlage 2200 + μ 45/45 Tage warm/kalt, Höhenlage 2250 - μ 90/90 Tage warm/kalt, Höhenlage 2250 = 0.

Die Erstauszählung der aufgelaufenen Samen erfolgte nach 2 Wochen, weitere Auszählungen nach 4, 6, 8 und 10 Wochen. Als Kriterium für eine erfolgreiche Keimung wurde eine deutlich erkennbare Radicula angesehen. Am Ende des 10-wöchigen Beobachtungszeitraumes wurden an allen Samen Schnittproben vorgenommen. Auf diese Weise wurde die Anzahl der hohlen, der toten (volle Samen, bestehend aus weichem, meist verfärbtem Gewebe, die keine Keimlingsentwicklung aufweisen) und der gesunden Samen (unterteilt in gekeimt und nicht gekeimt) ermittelt. Die einzelnen Anteile wurden auf die Gesamtzahl der ausgebrachten Samen (3200 Stück) bezogen und so verschiedene Prozentwerte hergeleitet. Außerdem wurden die prozentualen Anteile der gekeimten Samen an den gesunden Vollkornsamen sowie an allen Vollkornsamen errechnet.

Die Auswertung dieser Merkmale erfolgte mit Hilfe des univariaten varianzanalytischen Verfahrens. Die Voraussetzungen für die Anwendbarkeit des Modells wurden überprüft. Eine arc-sin-Transformation ($2 \sin^{-1} y^{1/2}$) war bei drei Merkmalen (y) notwendig, um die Varianz zu stabilisieren, und zwar beim prozentualen Anteil der gekeimten Samen a) an der gesamten Samenzahl, b) an den gesunden sowie c) an den vollen Samen.

In einem weiteren Schritt wurden multivariate Varianzanalysen durchgeführt, in denen gleichzeitig mehrere Merkmale untersucht wurden. Dementsprechend wurden multivariate Hypothesen überprüft, die in Analogie zu den oben erwähnten univariaten Hypothesen konstruiert waren. Dabei wurde das Pillai's Trace als Prüfgröße verwendet. Die Ausführung aller statistischen Analysen erfolgte mit Hilfe des SAS[®] Software-Systems (SAS Institute Inc. 1989).

3. Ergebnisse

Unabhängig von der Zeitdauer der Stratifikation der Samen konnte bei allen in dem Versuch vorkommenden Varianten das Keimergebnis bereits zwei Wochen nach Versuchsbeginn festgestellt werden; an dem Keimergebnis änderte sich im weiteren Verlauf des Versuchs nichts mehr, denn die Zahl der aufgelaufenen Samen war ohne Ausnahme ab der zweiten Beobachtungswoche konstant.

Tabelle 1 gibt Auskunft über die Qualität des untersuchten Saatgutmaterials. Aufgeschlüsselt nach Beständen und nach der Art der Vorbehandlung werden die drei Qualitätsmerkmale „Anteilprozent der hohlen, toten und gesunden Samen“ wiedergegeben. Die multivariate Analyse mit simultaner Untersuchung aller drei Merkmale erbrachte das Ergebnis, dass die

für den Keimtest herangezogenen Samen aus beiden Stratifikationsvarianten (Ausgangsmaterial für den Keimtest) die gleiche Qualität aufwiesen (Tabelle 2). Allerdings konnte ein signifikanter Qualitätsunterschied zwischen dem Saatgut aus dem Bestand mit den starken *J. excelsa*-Bäumen in der Höhenlage 2100 m ü. NN und demjenigen aus den anderen Beständen nachgewiesen werden (Tabelle 2).

Höhenlage (m ü. NN)	45/45 Tage Warm-Kaltstratifikation		90/90 Tage Warm-Kaltstratifikation		Summe
	Mittelwert und Standardfehler	Minimum und Maximum	Mittelwert und Standardfehler	Minimum und Maximum	Mittelwert und Standardfehler
	Hohlkornsamen in %				
2100 m	87,50 ± 1,44	84 - 91	87,00 ± 1,22	85 - 90	87,25 ± 0,88
1900 m	93,25 ± 1,38	90 - 96	94,00 ± 0,41	93 - 95	93,63 ± 0,68
2200 m	94,00 ± 1,87	90 - 99	94,25 ± 0,63	93 - 96	94,13 ± 0,91
2250 m	95,50 ± 0,96	94 - 98	94,75 ± 1,49	91 - 98	95,13 ± 0,83
Summe	92,56 ± 1,02	84 - 99	92,50 ± 0,94	85 - 98	92,53 ± 0,68
	Tote Vollkornsamen in %				
2100 m	10,00 ± 1,08	7 - 12	9,75 ± 1,38	7 - 13	9,88 ± 0,81
1900 m	5,25 ± 0,95	4 - 8	3,75 ± 1,11	2 - 7	4,50 ± 0,73
2200 m	4,25 ± 1,65	1 - 8	4,00 ± 0,71	3 - 6	4,13 ± 0,83
2250 m	3,50 ± 0,96	1 - 5	3,50 ± 0,87	2 - 5	3,50 ± 0,60
Summe	5,75 ± 0,84	1 - 12	5,25 ± 0,82	2 - 13	5,50 ± 0,58
	Gesunde Vollkornsamen in %				
2100 m	2,50 ± 0,87	1 - 5	3,25 ± 0,48	2 - 4	2,88 ± 0,48
1900 m	1,50 ± 0,65	0 - 3	2,25 ± 0,85	0 - 4	1,88 ± 0,52
2200 m	1,75 ± 0,85	0 - 4	1,75 ± 0,48	1 - 3	1,75 ± 0,45
2250 m	1,00 ± 0,00	1 - 1	1,75 ± 0,85	0 - 4	1,38 ± 0,42
Summe	1,69 ± 0,34	0 - 5	2,25 ± 0,35	0 - 4	1,97 ± 0,24

Tabelle 1: Qualität des untersuchten Saatgutmaterials

Bemerkenswert ist auch der Zusammenhang zwischen den hohlen Samen und toten Vollkornsamen (Tabelle 1): Je geringer der Hohlkornanteil, desto höher der Anteil der toten Samen (ermittelter Korrelationskoeffizient aus allen 32 Stichproben = -0,99). Der Anteil der verbleibenden gesunden Samen wird auf diese Weise sehr niedrig. Im Durchschnitt sind nur 1,97% der Samen gesund (Standardfehler ±0,24). Auch in der Höhenlage von 2100 m ü. NN sind es mit 2,88% (Standardfehler ±0,48) nur unbedeutend mehr gesunde Vollkornsamen. In der univariaten Varianzanalyse ließ sich die geringfügig bessere Saatgutqualität (ausgedrückt als Anteil gesunder Vollkörner) in der Höhenlage von 2100 m ü. NN gegenüber denjenigen in den anderen Höhenlagen bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 5% nicht nachweisen (Tabelle 6). Dagegen waren die Unterschiede in den Anteilen der hohlen sowie der toten Samen zwischen der Höhenlage 2100 m ü. NN und den anderen Höhenlagen hoch signifikant (Tabelle 6). Das geerntete Saatgutmaterial von den stärkeren Bäumen in 2100 m ü. NN hat demnach einen etwas niedrigeren Hohlkornanteil und einen höheren Anteil an toten Vollkornsamen (Tabelle 1) als das Material aus den restlichen Beständen mit

durchschnittlichem Hohlkornanteil von $94,29 \pm 0,47\%$ und durchschnittlichem Anteil an toten Vollkornsamen von $4,04 \pm 0,41\%$.

Variationsquelle	Freiheitsgrade		Wahrscheinlichkeit > F (Pillai's Trace)
	Zähler	Nenner	
Stratifikation (warm/kalt: 45/45 versus 90/90 Tage)	2	11	0,5053 -
Höhenlage	6	24	0,0231 *
2100 m versus 1900, 2200 und 2250 m	2	11	0,0001 ***
1900 m versus 2200 und 2250 m	2	11	0,6324 -
2200 m versus 2250 m	2	11	0,7139 -
Zeile (Stratifikation)	12	24	0,4649 -
Spalte (Stratifikation)	12	24	0,2057 -
Stratifikation x Höhenlage	6	24	0,9751 -

Tabelle 2: Ergebnisse der multivariaten Varianzanalyse für zwei 4×4 lateinische Quadrate mit der simultanen Untersuchung der drei Kriterien „Anteilprozent der hohlen, toten und gesunden Samen“

Variationsquelle	Freiheitsgrade		Wahrscheinlichkeit > F (Pillai's Trace)
	Zähler	Nenner	
Stratifikation (warm/kalt: 45/45 versus 90/90 Tage)	3	10	0,0006 ***
Höhenlage	9	36	0,0427 *
2100 m versus 1900, 2200 und 2250 m	3	10	0,0001 ***
1900 m versus 2200 und 2250 m	3	10	0,5488 -
2200 m versus 2250 m	3	10	0,6421 -
Zeile (Stratifikation)	18	36	0,1825 -
Spalte (Stratifikation)	18	36	0,4046 -
Stratifikation x Höhenlage	9	36	0,3200 -

Tabelle 3: Ergebnisse der multivariaten Varianzanalyse für zwei 4×4 lateinische Quadrate mit der simultanen Untersuchung der vier Kriterien „Anteilprozent der hohlen, toten, gekeimten und nicht gekeimten gesunden Samen“

Zur Untersuchung des Einflusses der Stratifikation auf die Keimfähigkeit wurde eine zweite multivariate Analyse durchgeführt, in der als Merkmale die hohlen, die toten und die gesunden Samen eingingen (Tabelle 3). In einer erweiterten Analyse wurde bei den gesunden Samen zusätzlich unterschieden in ‚gekeimt‘ und ‚nicht gekeimt‘ (Tabelle 4). Alle Merkmale gingen als Prozentwerte an der Gesamtstichprobe (alle Samen) in die Analyse ein. Aufgrund des einheitlichen Ausgangsmaterials für den Keimtest, müssen signifikante Unterschiede auf einer unterschiedlichen Wirkung der beiden Stratifikationsvarianten auf den Abbau der Keimhemmung bzw. auf die Förderung der Keimfähigkeit der Samen zurückzuführen sein.

Den dargestellten Ergebnissen der multivariaten Varianzanalyse in Tabelle 3 kann entnommen werden, dass ein hoch signifikanter Unterschied zwischen beiden Stratifikationsvarianten besteht. Auch die univariaten Hypothesen bezüglich der Gleichheit der Populationsmittel beider Stratifikationsvarianten wurden immer abgelehnt, wenn ein Merkmal, das den Keimungserfolg bzw. Misserfolg beschreibt (wie z.B. Anteil der gesunden, nicht gekeimten Samen, oder Anteil der gekeimten Samen an den vollen), varianzanalytisch

untersucht wurde (Tabelle 6). Die 90/90 Tage Warm-Kaltbehandlung des Saatgutes führte ohne Ausnahme zur Keimung aller gesunden Samen (Tabelle 5); dies entspricht 30,9% aller Vollkornsamen. Im Gegensatz dazu konnten durch die 45/45 Tage Warm-Kaltstratifikation nur 17% der gesunden Samen (bzw. 2,5% aller Vollkornsamen) bis zur zehnten Beobachtungswoche keimen. Wie aus den Tabellen 4 und 5 zu ersehen ist, stammen alle durch die 45/45 Tage Warm-Kaltstratifikation gekeimten Samen aus dem Bestand guter J. excelsa Qualität in 2100 m ü. NN. Kein einziger Samen aus den anderen Beständen konnte durch diese Behandlungsvariante keimen. Dies ist der Grund für eine signifikante Wechselwirkung zwischen Stratifikation und Höhenlage, wenn der Anteil gekeimter zu gesunden Samen mittels der univariaten Varianzanalyse untersucht wird (Tabelle 6). Es scheint, dass die kürzere Warm-Kaltbehandlungsdauer zumindest für diese Bestände nicht geeignet ist, um die Keimhemmung abzubauen.

Höhenlage (m ü. NN)	45/45 Tage Warm-Kaltstratifikation		90/90 Tage Warm-Kaltstratifikation		Summe
	Mittelwert und Standardfehler	Minimum und Maximum	Mittelwert und Standardfehler	Minimum und Maximum	Mittelwert und Standardfehler
	Gekeimte Samen in %				
2100 m	1,25 ± 0,25	1 - 2	3,25 ± 0,48	2 - 4	2,25 ± 0,45
1900 m	0,00 ± 0,00	0 - 0	2,25 ± 0,85	0 - 4	1,13 ± 0,58
2200 m	0,00 ± 0,00	0 - 0	1,75 ± 0,48	1 - 3	0,88 ± 0,40
2250 m	0,00 ± 0,00	0 - 0	1,75 ± 0,85	0 - 4	0,88 ± 0,52
Summe	0,31 ± 0,15	0 - 2	2,25 ± 0,35	0 - 4	1,28 ± 0,25
	Gesunde, nicht gekeimte Samen in %				
2100 m	1,25 ± 0,63	0 - 3	0,00 ± 0,00	0 - 0	0,63 ± 0,38
1900 m	1,50 ± 0,65	0 - 3	0,00 ± 0,00	0 - 0	0,75 ± 0,41
2200 m	1,75 ± 0,85	0 - 4	0,00 ± 0,00	0 - 0	0,88 ± 0,52
2250 m	1,00 ± 0,00	1 - 1	0,00 ± 0,00	0 - 0	0,50 ± 0,19
Summe	1,38 ± 0,29	0 - 4	0,00 ± 0,00	0 - 0	0,69 ± 0,19

Tabelle 4: Anteil der gekeimten und nicht gekeimten Samen am Saatgutmaterial

Die Ergebnisse der multivariaten Varianzanalyse in Tabelle 3 zeigen außerdem, dass zwischen den Beständen ein signifikanter Unterschied besteht, was bereits für das Ausgangsmaterial aufgedeckt wurde (Tabelle 2). Der durchschnittliche Anteil der gekeimten Samen aus dem Bestand guter J. excelsa-Qualität von 2,25±0,45% ist eindeutig höher als der aus den anderen Beständen von 0,96±0,28%. Die univariate Hypothese wurde diesbezüglich abgelehnt (Tabelle 6). Insgesamt kann gesagt werden, dass der Bestand mit ausgeprägt starken J. excelsa-Bäumen ein besseres Saatgutmaterial als die restlichen Bestände aufweist.

Höhenlage (m ü. NN)	45/45 Tage Warm-Kaltstratifikation		90/90 Tage Warm-Kaltstratifikation	
	Mittelwert und Standardfehler	Minimum und Maximum	Mittelwert und Standardfehler	Minimum und Maximum
Anteil der gekeimten Samen an allen Vollkornsamen in %				
2100 m	9,91 ± 1,14	7,7 - 12,5	25,83 ± 4,38	13,3 - 33,3
1900 m	0,00 ± 0,00	0,0 - 0,0	39,17 ± 14,17	0,0 - 66,7
2200 m	0,00 ± 0,00	0,0 - 0,0	30,65 ± 7,54	14,3 - 50,0
2250 m	0,00 ± 0,00	0,0 - 0,0	27,78 ± 11,79	0,0 - 50,0
Summe	2,48 ± 1,14	0,0 - 12,5	30,86 ± 4,74	0,0 - 66,7
Anteil der gekeimten Samen an den gesunden Vollkornsamen in %				
2100 m	60,00 ± 13,54	40 - 100	100,00 ± 0,00	100 - 100
1900 m	0,00 ± 0,00	0 - 0	100,00 ± 0,00	100 - 100
2200 m	0,00 ± 0,00	0 - 0	100,00 ± 0,00	100 - 100
2250 m	0,00 ± 0,00	0 - 0	100,00 ± 0,00	100 - 100
Summe	17,14 ± 8,28	0 - 100	100,00 ± 0,00	100 - 100

Tabelle 5: Anteil der gekeimten Samen an Vollkornsamen in %

Variationsquelle	Frei- heits- grade	Wahrscheinlichkeit > F						
		Anteilprozent am gesamten Samen					% gekeimte Samen zu	
		hohl	Tot	ge- sund	ge- keimt	Gesund Nicht gekeimt	vollen	ge- sunden
Stratifikation (warm/kalt: 45/45 v. 90/90 Tage)	1	0,9401	0,4506	0,3209	0,0002	0,0005	0,0002	0,0001
Höhenlage	3	0,0001	0,0001	0,2935	0,0337	0,8248	0,5396	0,0007
2100 m versus 1900, 2200 und 2250 m	1	0,0001	0,0001	0,0781	0,0047	0,8106	0,1818	0,0001
1900 m versus 2200 und 2250 m	1	0,3357	0,3984	0,6470	0,8580	0,8654	0,7348	0,9513
2200 m versus 2250 m	1	0,4021	0,5037	0,6343	0,7633	0,3858	0,7143	0,7260
Zeile (Stratifikation)	6	0,4410	0,2927	0,6402	0,9994	0,1861	0,9905	0,4484
Spalte (Stratifikation)	6	0,1563	0,0632	0,6402	0,8040	0,3786	0,7109	0,4484
Stratifikation x Höhenlage	3	0,9087	0,8397	0,9471	0,7155	0,8248	0,4093	0,0007

Tabelle 6: Ergebnisse der univariaten Varianzanalyse für zwei 4x4 lateinische Quadrate

4. Diskussion

Die Versuchsergebnisse zeigen sehr deutlich, dass es zweierlei Schwierigkeiten bei der Nachzucht von *Juniperus excelsa* gibt.

Erstere ist die geringwertige Qualität des Saatgutes mit einem sehr hohen Hohlkornanteil. Unabhängig von der Höhenlage oder der Qualität der beernteten Bäume wies das Saatgut einen durchschnittlichen Hohlkornanteil von 92,5% auf. Die Ergebnisse unserer Studie decken sich mit den Befunden aus Untersuchungen an Samen türkischer Herkünfte. Sie erbrachten ebenfalls einen sehr hohen Anteil (bis 98%) an hohlen Körnern (Alpacar 1988). Der Grund dafür liegt vermutlich in einer fehlenden Befruchtung bzw. in einer Inkompatibilität nach der Befruchtung (Johnson 1995).

Die zweite Schwierigkeit ist der Abbau der Keimhemmung. Maksić (1957) betont den langsamen Keimungsprozess von *J. excelsa* und stellt fest, dass bei einer Aussaat von 2000 unbehandelten Beerenzapfen nach 2 Jahren nur 40 Sämlinge gewonnen werden konnten.

Neben Hemmstoffen in den fleischigen Schuppen des Beerenzapfens zeichnen sich die Samen durch Hartschaligkeit und durch eine physiologische Keimruhe des Embryos aus. Aus diesen Gründen ist häufig eine Aufbereitung und Vorbehandlung des Saatgutes notwendig (vgl. Lee et al. 1995), wie auch einige Versuche (Laurent and Chamshama 1987, Alpacar 1988, Jones 1989, Negussie et al. 1991) sowie die vorliegende Studie zeigen. Dabei spielt die Art und Zeitdauer der Stratifikation eine wichtige Rolle.

Untersuchungen von Jones (1989) über die Vorbehandlung und Keimung ungelagerten Saatgutes von *J. excelsa* aus Eritrea zeigten, dass eine Stratifikation bei 5°C für 60 Tage das höchste Keimprozent von 63% lieferte. Eine Vorbehandlung mit heissem Wasser, wie sie von Laurent and Chamshama (1987) vorgeschlagen wurde, führte dagegen nicht zur Keimung.

Die in unserem Versuch angewandte 90/90 Tage Warm-Kaltstratifikation führte ohne Ausnahme zur Keimung aller gesunden Samen und ergab eine hervorragende Ausbeute von 100% der keimfähigen Samen. Im Gegensatz dazu führte die 45/45 Tage Warm-Kaltbehandlung zu keiner akzeptablen Ausbeute. Bei *J. communis* wird von Johnsen und Alexander (1974) eine 60-90/90+ Tage Warm-Kaltstratifikation empfohlen und erfolgreich praktiziert (A. Ludwig, mündl. Mitteilung). Zweifellos zeigen die Ergebnisse dieses Versuchs sowie die eben erwähnten Studien, dass es verschiedene erfolgversprechende Ansätze zur Vorbehandlung von *Juniperus excelsa* und damit einige Lösungsmöglichkeiten gibt.

Die Studie von Negussie et al. (1991) belegt, dass das Ergebnis der Keimfähigkeitsuntersuchungen nicht nur von der Art und Dauer der Vorbehandlung, sondern auch ganz entscheidend von den Keimungsbedingungen bestimmt wird. So lagen die Keimprozent bei Wechseltemperatur (20°C Nacht/30°C Tag) zwischen 7% und 21%, bei konstanter Temperatur (25°C für 24 Stunden) zwischen 2% u. 13%.

Das schwerwiegendere Problem des sehr geringen Anteils an keimfähigen Samen bleibt dennoch ungeklärt. Bezogen auf alle untersuchten Bestände blieb der durchschnittliche Anteil der keimfähigen Samen unter 2%. Der hier untersuchte Einfluss der Höhenlage kann diesen geringen Anteil an keimfähigen Samen nicht erklären. Wenn der Bestand mit kräftigen *J. excelsa*-Bäumen in 2100 m ü. NN aus der Betrachtung genommen wird, ist ein Trend in der Saatgutqualität in Abhängigkeit von der Höhenlage erkennbar. Die Unterschiede zwischen den Höhenlagen waren jedoch zu gering, als dass eine statistische Absicherung bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 5% möglich gewesen wäre. Dagegen war ein hoch signifikanter Unterschied zwischen dem Saatgut aus dem Bestand in 2100 m ü. NN mit

ausgeprägt starken *J. excelsa*-Bäumen und den anderen Beständen mit schwächeren Bäumen nachzuweisen.

Ein erheblicher Kritikpunkt an der hier vorliegenden Untersuchung ist die um vier bis sechs Wochen zu frühe Ernte der Samen. Das kann mit hoher Wahrscheinlichkeit der Grund für die hohen Anteile an toten Vollkornsamen von $5,50 \pm 0,58$ % sein. Höchstwahrscheinlich hatte ein Großteil der als totes Vollkorn identifizierten Samen den vollen Reifezustand einfach noch nicht erreicht. Dies erklärt auch den unbegründet hohen Korrelationskoeffizienten zwischen dem Anteil der Hohlkornsamen und dem der toten Samen. Hier wurde einfach der Zusammenhang zwischen dem Hohlkorn- und Vollkornanteil, der immer einen Korrelationskoeffizienten von -1 aufweist, und nicht der Zusammenhang zwischen dem Anteil der Hohlkornsamen und der toten Samen, den es naturgemäß nicht geben kann, untersucht. Wenn dem so ist, muss der Zustand der *J. excelsa*-Bäume im Bestand einen gewichtigen Einfluss auf die Qualität der Samen haben. Der Bestand mit den starken Bäumen hat einen relativ hohen Vollkornanteil von $12,75 \pm 0,88$ %, der eindeutig höher ist als der der anderen Bestände mit schwächeren *J. excelsa*-Bäumen mit einem Anteil von $5,71 \pm 0,47$ %. Diese Erkenntnisse lassen vermuten, dass möglicherweise durch gezielte fördernde Maßnahmen eine Steigerung der Anteile der keimfähigen Samen erreicht werden kann und bedarf sicherlich einer weiteren Untersuchung. Ob die am Saatgut des Baumwacholders aus dem Kalamoun-Gebirge festgestellte geringe Reproduktionsaktivität bereits einen Rückgang der *Juniperus*-Wälder anzeigt, und ob dies, wie in Oman und Saudi Arabien festgestellt (Fisher and Gardner 1995, Gardner and Fisher 1996, Fisher 1997), erste Anzeichen einer Klimaveränderung sind, bleibt offen. Auch in anderen Regionen ist der Grund für die eingeschränkte Regenerationsfähigkeit von *Juniperus* – Wäldern ungeklärt. Dass hierbei menschliche Störungen zur Degradierung dieser Wälder beitragen, ist sehr wahrscheinlich (Ahmed et al. 1989, Ahmed et al. 1990).

Insgesamt kann gesagt werden, dass die vorliegende Untersuchung die Notwendigkeit einer weiteren Ursachenforschung unterstreicht: Wie ist es um die Verjüngungsfähigkeit der Baumwacholder-Populationen des Kalamoun-Gebirges bestellt? Wie hoch ist der Anteil der adulten, fortpflanzungsfähigen und fortpflanzungsaktiven Individuen an der Gesamtpopulation? Wie ist das Geschlechterverhältnis? Welche Faktoren beeinflussen die Qualität der Samenbildung? Welche Möglichkeiten gibt es, um den Anteil von keimfähigen Samen zu erhöhen?

5. Summary

Quality and germination of seeds of *Juniperus excelsa* M.-Bieb. in the Kalamoun mountains, Syria

J. excelsa is the main tree species of forest stands in the upper elevations of the Kalamoun mountains in Syria. In this preliminary experiment seeds of juniper from four stands in different elevations (1900, 2100, 2200, 2250 m) were subjected to two pre-treatments with different duration period: a three-months with 45 days warm followed by 45 days cold stratification and a six-months with 90 days warm followed by 90 days cold stratification. In comparison to the other three stands, the stand in 2100 above sea level had more vigorous trees from which the seeds were collected. After stratification, seed samples were subjected to standard germination test according to ISTA regulations.

Juniper seeds originating from the Kalamoun mountains showed with 92.5 % a high percentage of empty seeds. The better quality of seeds with less empty seeds (87 %) were found in the stand including the more vigorous juniper trees in 2100 m above sea level. Germination of seeds was significantly dependant on the duration period of the warm and cold stratification. The six-months pre-treatment with 90 days cold followed by 90 days warm stratification led to germination of all sound viable-seeds. Germinated seeds yielded of the shorter stratification period was only 17%.

The results indicated that there is a real lack of knowledge about the reproductive biology and activity of the Kalamoun populations of *J. excelsa*.

6. Literaturverzeichnis

- Ahmed, M., Ahmed, I. and Anjum P.I. (1989): A study of natural regeneration of *Juniperus excelsa* M.Bieb. in Baluchistan, Pakistan. *Pakistan Journal of Botany* 21, 1, 118-127.
- Ahmed, M., Nagi, E.E. and Liang Min Wang, E. (1990): Present State of juniper in Rodhmallazi Forest of Balochistan, Pakistan. *Pakistan Journal of Forestry* 40, 3, 227-236.
- Alpacar, G. (1988): Studies on overcoming germination difficulties for *J. excelsa* Bieb., *J. foetidissima* Willd., *J. oxycedrus* L., *J. drupacea* Labill. seeds and determination of morphological characteristics of juniper cones and seeds. *Ormancilik Arastirma Enstitusu Yayinlari, Teknik Bülten Serisi No. 197*, Ankara, 38 S. (türkisch m. engl. Zuf.).
- Al-Refai, A., Marvie Mohadjer, R. und Stimm, B. (2002): Der Baumwacholder. Verbreitung, Ökologie, Nutzung und Vermehrung. *Forstliche Verhältnisse in Syrien. AFZ/Der Wald*, 16, 868-871.
- Fisher, M. (1997): Decline in the juniper woodlands of Raydah Reserve in southwestern Saudi Arabia: a response to climate changes? *Global Ecology and Biogeography Letters* 6: 379-386.
- Fisher, M. and Gardner, A.S. (1995): The status and ecology of a *Juniperus excelsa* subsp. *Polycarpus* woodland in the northern mountains of Oman. *Vegetatio* 119: 33-51.
- Gardner, A.S. and Fisher, M. (1996): The distribution and status of the montane juniper woodlands of Oman. *Journal of Biogeography* 23: 791-803.

- ISTA (1999): Internationale Vorschriften für die Prüfung von Saatgut. Vorschriften 1999. Seed Sci. & Technol. 27, Supplement.
- Johnsen, T.N. and Alexander, R.A. (1974): *Juniperus* L., Juniper. In: Schopmeyer L.S. tech. Coord: Seeds of woody plants in the United States. Agric. Handbk. 450. Washington DC, USDA Forest Service: 460-469.
- Johnson, G. (1995): The Basic Biology of *Juniperus* Seed Production. In: Landis, T.D. and Cregg, B., tech. coords. National Proceedings, Forest and Conservation Nursery Associations. Gen. Tech. Rep. PNW-GTR-365. Portland, OR: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station: 44-46.
- Jones, S. (1989): The influence of stratification, scarification, hot water and maternal plant on the Germination of *Juniperus excelsa* seeds from Eritrea. The International Tree Crops Journal, 5, 221-235.
- Laurent, N. and Chamshama, S.A.O. (1987): Studies on the Germination of *Erythrina abyssinica* and *Juniperus procera*. The International Tree Crops Journal, 4, 291-298.
- Lee, S.A., Cregg, B.M. and Fleege, C. (1995): Propagation of *Juniperus*: Challenges to Propagation and Opportunities for Improvement. In: Landis, T.D.; Cregg, B., tech. coords. National Proceedings, Forest and Conservation Nursery Associations. Gen. Tech. Rep. PNW-GTR-365. Portland, OR: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station: 47-51.
- Maksić, S. (1957): Untersuchung der Vermehrungsmöglichkeit von *Juniperus foetidissima* Willd. und *Juniperus excelsa* Bieb. und der Keimfähigkeit ihrer Samen. God. Zborn. Zemj.- Sum. Fak. Univ. Skopje, No.10, S. 253-262 (russ., mit dt.Zusf.).
- Negussie, A.; Good J.E. and Mayhead, G.J. (1991): The effect of pre-treatments and diurnal temperature variations on the germination of *Juniperus excelsa*. The International Tree Crops Journal, 7, 57-66.
- SAS Institute Inc. (1989): SAS®/STAT User's Guide, Version 6, 4th ed, Vol. 2. SAS Institute Inc. Cary, NC.

Role of dead wood in depicting human impact in natural spruce-fir forests in temperate NW-Himalayas

Rajan Kotru, Hany El Kateb and Reinhard Mosandl
Chair of Silviculture and Forest Planning, TU München

1. Introduction

1.1. Background

The massive chain of mountains known as "The Himalayas¹", in north-west India (Figure 1) is a site for large cover of natural forests. In its temperate zone between elevations of 2000m and 3500m, mixed stands of *spruce* (*Picea smithiana* (Wall.) Boissier) and *fir* (*Abies pindrow* Royle) constitute the most conspicuous forest community (Champion and Seth 1964).

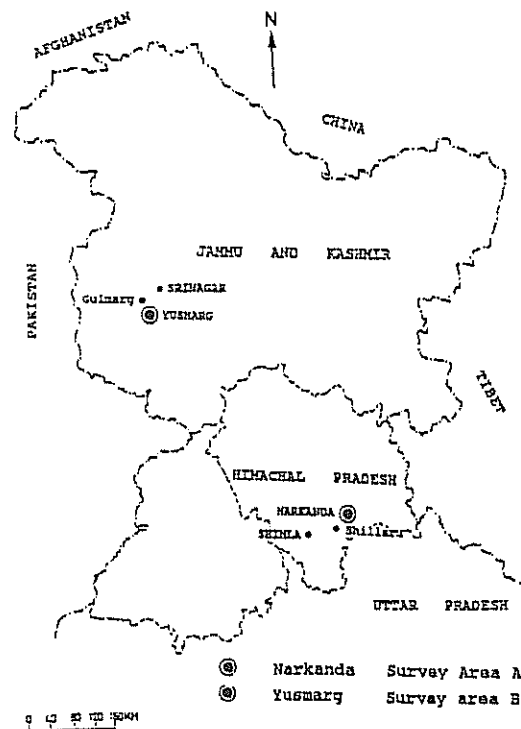


Figure 1: Site of spruce-fir forests and survey sites in the NW-Himalayas

Spruce-fir forests represent ecologically the most vital ingredient of the natural vegetation, and have an emphasizing role in modifying local microclimate, watershed management, soil protection and biodiversity conservation, and are of high socio-economic and aesthetic value. In spite of their enormous importance and overall traditional relationship between the forests

¹ In ancient sanskrit, Himalayas means "Abode of snow" (Him: Snow, Alaya: Abode).