



Regeneration of the non-native Western Hemlock (*Tsuga heterophylla*)

A methodological approach

By Michael Rudolf Wohlwend

Matriculation Number: 1203945

University of Bayreuth

Study Program Global Change Ecology

Department of the Ecological-Botanical Gardens

Supervised by Dr. Gregor Aas

09.02.2016



Table of Contents

Abstract	1
Zusammenfassung	2
Definition of terms used	3
I. Introduction	4
1. Non-native species in a changing world	4
2. Species Description	6
a) Distribution	6
b) Ecology	7
c) Reproduction	9
d) Growth, Yields & Management	10
3. <i>Tsuga heterophylla</i> in Central Europe/Germany	11
4. Methods of dispersal analysis	12
5. Hypothesis and Research Questions	12
II. Methods	13
1. Site description	13
a) Bischofsgrün	15
b) Blankenhain	16
c) Grössau	17
d) Seibelsdorf	18
2. General Methods used	18
3. Spatial regeneration distribution analysis	19
4. Offspring number analysis (method 2)	21
5. Maximal dispersal distance (method 3)	22
III. Results	22
1. Spatial regeneration distribution analysis	22
a) Bischofsgrün	22
b) Seibelsdorf	23
2. Offspring number analysis	23
a) Blankenhain	23
b) Grössau	24
3. Area adjusted offspring number analysis	25
a) Blankenhain	25
b) Grössau	26

4. Density.....	26
a) Bischofsgrün.....	26
b) Blankenhain.....	27
c) Grössau.....	28
d) Seibelsdorf.....	29
5. Orientation influence on the dispersal.....	29
6. Species composition of the total regeneration.....	30
a) Bischofsgrün.....	30
b) Blankenhain.....	30
c) Grössau.....	30
d) Seibelsdorf.....	32
7. Height of the plants.....	32
a) Bischofsgrün.....	32
b) Blankenhain.....	33
c) Grössau.....	34
d) Seibelsdorf.....	35
8. Light influence.....	35
a) Blankenhain.....	36
b) Grössau.....	36
9. Statistic validation.....	38
10. Maximum Distance Analysis.....	39
a) Bischofsgrün.....	43
b) Blankenhain.....	44
c) Grössau.....	45
d) Seibelsdorf.....	46
IV. Discussion.....	46
1. Evaluation of the methods used.....	46
2. Hypothesis and research question evaluation.....	48
3. Implications of the findings.....	49
V. Conclusion.....	54
VI. Literature.....	55
1. Literature & programs/packages used.....	55
2. Verbal sources:.....	59
Special Thanks.....	59
Appendix.....	60

Abstract

Facing potential ecological change in forest ecosystems, non-native tree species are widely discussed as an addition to native species. Yet there is an acute lack of studies focusing on the behaviour of these species in new habitats. This study tries to fill a gap by focusing on the natural regeneration of the North-American *Tsuga heterophylla* (Western Hemlock).

The four study sites are spread over northern Bavaria and central Thuringia. They were selected for their different stages of regeneration, different climatic/environmental influences and their availability. The aim was to find out, if these planted populations regenerate, how well the regeneration performs (also in terms of light availability and competition with other tree species), and how far the species expands from its planted areas. This is of interest as well for foresters as for scientists and conservationists.

Findings of the study demonstrate a regeneration & establishment on at least three of the four sites with one questionable. Regeneration of *Tsuga heterophylla* is usually potent, vivid and sometimes very dense. It seems that, despite being listed as a shade tolerant species, *Tsuga heterophylla* regeneration performs very well, also under high light conditions. While often not as numerous as the surrounding species (mostly *Picea abies* (spruce) was present), the regeneration attracted attention by being on average higher than the surrounding species. Expansion range lasted from 40 to at least 866 meters distance from a potential seed origin.

The suspected high growth rates and high potential for natural regeneration, alongside with the high adaptability with regard to light availability, make *Tsuga heterophylla* an interesting species for future forest design. Yet in a very distinct way, this species shows the problems coming with an introduced species. It has the potential to outcompete other species, forming extremely dense, pure stands. The dispersal range of over 800 meters in a semi-natural system is alarming. This is not true in all stands and has to be seen in the specific management and climatic setting, as dry or unfitting soils/climate conditions, extreme shade and potentially also the presence of herbivores and the combination of this factors hinder the establishment of the species. Local variances that improve recruitment conditions (e.g. nurse logs) are discussed to still maintain a sufficient amount of regeneration.

Zusammenfassung

In Anbetracht kommender ökologischer Umwälzungen in Waldökosystemen stellen nicht-heimische Baumarten eine viel diskutierte potentielle Ergänzung für die mitteleuropäischen Wälder dar. Jedoch fehlen wissenschaftliche Studien über das Verhalten eingeführter Arten in neuen Gebieten. Mit dieser Arbeit soll die Regeneration der nordamerikanischen *Tsuga heterophylla* (Hemlocktanne) untersucht und somit eine dieser Lücken geschlossen werden.

Das Untersuchungsgebiet erstreckt sich über Nordbayern und Zentralthüringen. Im Ganzen werden vier Altbestände von *Tsuga heterophylla* untersucht, welche die unterschiedlichsten Stadien der Verjüngung, sowie verschiedene Klimate und Umweltfaktoren repräsentieren. Zudem sind kaum anderen Bestände in diesem Gebiet vorhanden. Zielsetzung war es herauszufinden, ob sich die Bestände verjüngen, und wenn ja wie effektiv (auch im Hinblick auf Lichtverfügbarkeit und Konkurrenz mit anderen Baumarten) sich die Art dabei ausbreitet. Sowohl Förster als auch Wissenschaftler und Umweltschützer können von diesen Informationen profitieren.

Die Ergebnisse zeigen eine Verjüngung und Etablierung auf mindestens drei der Standorte auf. Für gewöhnlich ist die Verjüngung von *Tsuga heterophylla* reichlich, vital und zum Teil sehr dicht. Zwar gilt die Art als sehr schattentolerant, jedoch weist sie auch bei hoher Lichtverfügbarkeit guten Wuchs und zahlreiche Nachkommen auf. Während sie oftmals zahlenmäßig hinter der Verjüngung anderer Arten zurücksteht (zumeist war *Picea abies* (Fichte) vorhanden), ist die Verjüngung von *Tsuga heterophylla* überdurchschnittlich hoch. Die Entfernung von Jungpflanzen zu ihrer potentiellen Samenquelle betrug zwischen 40 und mindestens 866 Meter.

Die vermuteten hohen Wuchsleistungen und gute Naturverjüngung in Kombination mit der Anpassungsfähigkeit der Art auf unterschiedlichste Lichtverhältnisse sind Eigenschaften, die *Tsuga heterophylla* zu einer waldbaulich wertvollen Baumart für die zukünftige Forstwirtschaft machen. Dennoch zeigt die Spezies auch deutlich die Probleme auf, welche mit einer eingeführten Art verbunden sind: Sie hat das Potential, durch extrem dichte Jungbestände andere Arten zu verdrängen und extrem dichte Bestände zu bilden. Sie verfügt zudem über großen Ausbreitungsdistanz von über 800 Metern, was besorgniserregend ist. In einigen Beständen behindern aber Trockenheit, Lichtmangel und Herbivoren oder die Kombination dieser Elemente die Etablierung der Art (zumindest zum jetzigen Zeitpunkt). Zur Diskussion steht, ob lokal verfügbare günstige Mikrohabitate (z.B. Baumstümpfe) die Etablierung auch unter sonst ungünstigen Bedingungen ermöglichen können, oder zumindest verbessern.