

## Schlussbericht des Projektes

# Klimaanfälligkeit von Waldbeständen im Mittelland (KABIM)

im Forschungsprogramm Wald und Klimawandel

Pascale Weber, Mathieu Lévesque





## **Autorenschaft**

Pascale Weber<sup>1</sup>, Mathieu Lévesque<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL, Birmensdorf

Ein Projekt-Schlussbericht aus dem Forschungsprogramm «Wald und Klimawandel» von BAFU und WSL

([www.wsl.ch/wald\\_klima](http://www.wsl.ch/wald_klima))

Projektlaufzeit: 01.07.2011 bis 01.07.2014.

## **Zitierung**

Weber P., Lévesque M. 2014. Klimaanfälligkeit von Waldbeständen im Mittelland. Birmensdorf, Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL, Birmensdorf. 61 S.

Die zwei im Bericht enthaltenen Kapitel sind zur Publikation in wissenschaftlichen Zeitschriften vorgesehen. Daher steht dieser Bericht bis Ende 2015 nur für den internen Gebrauch, bzw. nach Rücksprache mit P.Weber zur Verfügung.

## **Dank**

P.Weber und M.Lévesque sprechen allen Beteiligten, welche dieses Projekt erst ermöglicht haben, ihren Dank aus. Insbesondere sind dies die Waldeigentümer, sowie die kommunalen und kantonalen Forstdienste, ausserdem die sieben Zivildienstleistenden (Daniel Bernet, Hannes Suter, Christoph Bachofen, Cuno Bieler, Pascal Wiesli, Armando Lenz und Janick Keller), welche Jahrringe beprobt und gemessen haben, sowie Roger Köchli, Marco Walser und Markus Camastral, welche die Bodenprofile gegraben und Bodenproben aufgearbeitet haben. Bei Caroline Heiri und Volodymyr Trotsiuk möchten wir uns herzlich für die Mitarbeit im Feld und für ihre Mitarbeit am hier vorliegenden Bericht bedanken. Wir bedanken uns zudem herzlich bei Peter Brassel, Matthias Dobbertin, Meinrad Küchler, Jörg Luster, Andreas Rigling, Esther Thürig, Lorenz Walthert, Niklaus Zimmermann und Andreas Zingg für das entgegengebrachte fachliche Interesse und die Unterstützung, sei es konkret mit der Zurverfügungstellung von Daten oder auch in anderer Art und Weise. Schliesslich gilt unser grosser Dank dem BAFU/WSL-Forschungsprogramm Wald und Klimawandel für die Finanzierung und die Einbettung in den grösseren Kontext.

**Inhaltsverzeichnis**

Zusammenfassung.....	5
Summary .....	7
Veröffentlichungen .....	9

## Zusammenfassung

Die Bodeneigenschaften spielen bekanntlich eine wichtige Rolle für die Präsenz und das Wachstum unserer einheimischen Baumarten in Waldbeständen. Obwohl in der Forstpraxis ein grosses empirisches Wissen über das Wachstumspotential von einzelnen Baumarten am Standort vorhanden ist, wurde bisher wissenschaftlich noch wenig untersucht, wie die Bodeneigenschaften das Jahrringwachstum verschiedener Baumarten entlang von Standortsgradienten – insbesondere innerhalb der kollin-montanen Stufe – beeinflussen. Dies wohl auch deshalb, weil die jahrringanalytische Forschung bis heute meist auf klimatische Einflussfaktoren fokussiert. Im Rahmen dieses Projektes untersuchten wir diesen Zusammenhang genauer. Im Besonderen ging es darum, anhand des radialen Zuwachses den Einfluss der Bodenwasser- und Nährstoffverfügbarkeit auf die Konkurrenzkraft und die Standortsensitivität von Waldbäumen zu quantifizieren. Ein besseres Verständnis dieser Zusammenhänge wird hilfreich sein, um abzuschätzen, wie sich die Zusammensetzung der Baumarten und der Holzzuwachs in Waldbeständen in Zukunft – unter einem sich verändernden Klima – entwickeln werden.

Um den Einfluss des Bodens auf den Zuwachs zu eruieren, wenden wir in **Kapitel 1** (Weber et al. 2015) ein Beprobungsdesign an, welches sich an der gebräuchlichen Klassifizierung von Waldtypen orientiert - nämlich im Ökogramm organisierte Waldgesellschaften. Hier konnten wir aufzeigen, wie Rotbuche, Trauben-/Stieleiche, Esche, Weisstanne, Fichte und Föhre sich in ihrem Zuwachs bezogen auf die beiden Ökogrammachsen Wasserverfügbarkeit und Nährstoffverfügbarkeit verhalten, d.h. wir erstellten ein eigentliches „Zuwachsökogramm“ der kollin-submontanen Stufe. Die Analysen basierten auf Jahrringdaten von 508 (co-)dominanten Bäumen von insgesamt 27 Waldbeständen in zu meist späterem Entwicklungsstadium. Dabei wurde klar ersichtlich, wie stark sich beispielsweise der mittlere Basalflächenzuwachs der Buche im mesischen Standortoptimum ( $\sim 31 \text{ cm}^2/\text{a}$ ) von demjenigen an der trockenen ( $\sim 9 \text{ cm}^2/\text{a}$ ) oder feuchten ( $15.9 \text{ cm}^2/\text{a}$ ) Verbreitungsgrenze unterschied. Interessanterweise wiesen auf einigen Standortstypen unterschiedliche Baumarten ein sehr ähnliches Basalflächenzuwachspotential auf, wie beispielsweise Buche und Eiche auf trocken-sauren Standorten ( $\sim 9 \text{ cm}^2/\text{a}$ ), Buche und Esche auf trocken-basischen Standorten ( $\sim 9 \text{ cm}^2/\text{a}$ ), sowie Buche und Fichte auf mesischen Standorten ( $\sim 31 \text{ cm}^2/\text{a}$ ). Dies weist darauf hin, dass der Standortstyp nicht nur die maximale Baumhöhe, sondern auch den potentiellen Basalflächenzuwachs von Einzelbäumen stark zu steuern vermag. Des weiteren zeigten die Analysen, dass für das Wachstumspotential der (radiale) Jahrringzuwachs ein schlechteres Mass ist als der daraus abgeleitete Basalflächenzuwachs. Die aus dem Jahrringwachstum abgeleitete mittlere Sensitivität (ein Mass für die von Jahr zu Jahr prozentuale Veränderung im Wachstum) wurde dagegen dafür verwendet, um standorts- und artenspezifische Muster in der Sensitivität der Bäume zu untersuchen. Buche, Eiche, Fichte und Föhre waren generell klimasensitiver als Esche und Tanne. Was die Veränderungen in der mittleren Sensitivität von einer ersten Phase im 20. Jahrhundert (1931-1968) zu einer zweiten Phase im 20. Jahrhundert (1969-2006) anbelangte, stach besonders die Abnahme der Klimasensitivität der ringporigen Baumarten Eiche und Esche auf allen untersuchten Standortstypen heraus, währenddessen bei der Föhre überall eine Zunahme der Sensitivität festzustellen war. Fichte und Tanne zeigten abnehmende, aber auch zunehmende Sensitivität, letzteres vor allem auf feucht-sauren Standorten. Bei der am weitesten verbreiteten Buche divergierten die Sensitivitätsveränderungen signifikant in Abhängigkeit des Standorttyps. Abnehmende Sensitivitäten standen in einem Zusammenhang mit tieferer Nährstoffverfügbarkeit (hohes C:N-Verhältnis), zunehmende Sensitivitäten mit höherer Nährstoffverfügbarkeit. Insgesamt deuten diese Resultate darauf hin, dass Nährstoffe nebst der Wasserverfügbarkeit eine zentrale Rolle spielen für die Klimaresponse der Waldbestände in unteren Lagen, sowie für ihre Produktivität und die Baumartenzusammensetzung.

In **Kapitel 2** (Lévesque et al. 2015) wurden die Zuwachsdaten ergänzt mit Zuwachsdaten von Ertragskundeflächen und Waldreservaten. Ausserdem wurden den Zuwachsdaten Präsenz-/Absenzdaten aus Vegetationsaufnahmen aus der Bodendatenbank gegenüber gestellt. Mithilfe von linearen gemischten Modellen wurde der Zusammenhang zwischen dem Basalflächenzuwachs und Standortfaktoren weiter untersucht. Hier zeigten sich wiederum die Nährstoffverfügbarkeit, ein klimatischer Trockenindex (berechnet als Niederschlag minus potentielle Evapotranspiration), sowie ihre Interaktion, als die den Zuwachs am stärksten limitierende Faktoren. Trockenheit und tiefe Nährstoffverfügbarkeit schränkten das Wachstum von Buche, Esche, Tanne und Fichte stark ein, wohingegen Föhre und Eiche nur wenig limitiert waren unter diesen Bedingungen. Es konnte kein klarer Bezug hergestellt werden zwischen dem Zuwachspotential und dem Vorkommen von Baumarten. Alles in allem weisen auch diese Auswertungen darauf hin, dass Prognosen zur Entwicklung von Waldbeständen unter Klimawandel in unteren Lagen Bodenfaktoren nicht vernachlässigen sollten.

## Summary

(Translated by Kathrin Streit)

Soil properties are important for abundance and growth potential of native tree species in Swiss forests, this fact is well established. Even though empirical knowledge of tree growth is available for certain tree species at different forest sites, the influence of soil properties on tree radial growth has not been studied thoroughly along soil gradients, especially not for the productive sites of the Swiss Plateau. Studies using tree ring analysis so far mostly focused on climatic factors. In the scope of this project, we focus on the effects of soil water and nutrient availability on tree radial growth, gaining insights on competitive strength and site sensitivity of tree species. The output of this study helps us to better understand how tree species composition and timber production will be influenced in a future climate.

To evaluate the effects of soil properties on tree radial growth, we use, in chapter 1, an experimental set up based on the forest type classification system commonly used in Switzerland (forest communities placed in different positions on the ecogram). We explain, how radial growth of beech, oak, ash, silver fir, spruce and scots pine responds along gradients of soil water and nutrients availability (represented by the axes of the ecogram). In other words, we provide growth-ecograms for these tree species for different forest sites on the Swiss Plateau. Our data is based on the tree ring analysis of 508 (co-)dominate trees from 27 forest sites at a mostly late-successional development state. We were able to show, that there are strong differences between basal area growth of beech at its mesic ecological optimum ( $\sim 31 \text{ cm}^2/\text{a}$ ) compared to its dry ( $\sim 9 \text{ cm}^2/\text{a}$ ) or wet ( $\sim 15.9 \text{ cm}^2/\text{a}$ ) distribution boundary. Interestingly different tree species showed similar basal area growth potentials on certain forest type sites, for instance beech and oak on dry and acidic soil ( $\sim 9 \text{ cm}^2/\text{a}$ ), or beech and spruce under mesic conditions ( $\sim 31 \text{ cm}^2/\text{a}$ ). This indicates that forest type might not only be influential for maximal tree height but also regarding basal area growth potential of certain tree species. Further, we showed, that radial growth is a weaker indices for growth potential, than basal area growth. To gain insight on forest type and tree species specific climate sensitivity, we used the year to year variation in growth to calculate, what we call, mean sensitivity. Beech, oak, spruce and pine showed generally a higher mean sensitivity than ash and fir. When regarding the change in mean sensitivity from the first phase of the 20<sup>th</sup> century (1931-1968) to the second phase of the 20<sup>th</sup> century (1969-2006), we found a pronounced decrease in mean sensitivity for oak, while we found an increase in mean sensitivity for pine on all sites. For spruce and fir we found an increase in mean sensitivity on wet and acidic forest types. For the ecologically wide spread beech, change in mean sensitivity differed significantly between forest types. While decreasing mean sensitivities were found on soils with low nutrient availability, beech trees showed an increase in mean sensitivity on rich soils. Our project indicates that nutrient availability and water availability are important factors for the climate response of forest stands on the Swiss Plateau, as well as for their productivity and their tree species composition.

In chapter 2, growth data from 'Growth and Yield' plots and 'Nature reserve' plots was used to supplement the data used in chapter 1. Further, species abundance data was used from the WSL Forest Sites Database. Using linear mixed models we analyzed the relationship between basal area growth and site properties. We showed, that nutrient availability and a climatic drought index (calculated from precipitation minus potential evapotranspiration), as well as their interaction, were the factors, which mostly limited growth. Drought and low nutrient availability strongly limited the growth of beech, ash, fir and spruce, while pine and oak trees were hardly limited by these factors. We could

not find a direct link between growth potential and abundance of a species. Considered all, chapter 2 supports the statement, that soil properties need to be included for the prognosis of future forest development in a changing climate.



## Veröffentlichungen

- Kapitel 1: Pascale Weber, Caroline Heiri, Mathieu Lévesque, Tanja Sanders, Volodymyr Trotsiuk, and Lorenz Walthert (2015) Zuwachs und Klimasensitivität von Baumarten im Ökogramm der kollinen und submontanen Stufe. Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen: November/December 2015, Vol. 166, No. 6, pp. 380-388. doi: 10.3188/szf.2015.0380
- Kapitel 2: Lévesque, M., Walthert, L. and Weber, P. (2016), Soil nutrients influence growth response of temperate tree species to drought. J Ecol. doi:10.1111/1365-2745.12519

Des weiteren ist der Inhalt dieser Studie Gegenstand einer Box in der wissenschaftlichen Synthese des Forschungsprogramms.