

**Zeitschrift:** Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen = Swiss forestry journal = Journal forestier suisse  
**Herausgeber:** Schweizerischer Forstverein  
**Band:** 170 (2019)  
**Heft:** 2

**Artikel:** Bedeutung von Marteloskopien für Praxis und Lehre in der Schweiz  
**Autor:** Thormann, Jean-Jacques / Allenspach-Schliessbach, Karin / Bugmann, Harald  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-1097326>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 01.05.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

# Bedeutung von Marteloskopien für Praxis und Lehre in der Schweiz

Jean-Jacques Thormann  
Karin Allenspach-Schliessbach  
Harald Bugmann  
Monika Frehner  
Pascal Junod  
Christian Rosset  
Kathrin Kühne

Hochschule für Agrar-, Forst- und Lebensmittelwissenschaften (CH)\*  
Amt für Wald des Kantons Bern (CH)  
Waldökologie, Institut für terrestrische Ökosysteme, ETH Zürich (CH)  
Waldökologie, Institut für terrestrische Ökosysteme, ETH Zürich (CH)  
Fachstelle Waldbau, Bildungszentrum Wald, Lyss (CH)  
Hochschule für Agrar-, Forst- und Lebensmittelwissenschaften (CH)  
Hochschule für Agrar-, Forst- und Lebensmittelwissenschaften (CH)

## Bedeutung von Marteloskopien für Praxis und Lehre in der Schweiz

Das Anzeichnen gehört zu den Kernaufgaben der waldbaulichen Tätigkeit. Die dabei getroffenen Entscheidungen basieren auf der Anwendung grundlegender Waldbaumethoden, beinhalten aber immer auch eine subjektive Komponente, da die Erfahrung eine grosse Rolle spielt. In diesem Zusammenhang wird oft vom «waldbaulichen Götterblick» gesprochen. Eine Möglichkeit, verschiedene waldbauliche Optionen und deren Folgen sachlich und nachvollziehbar zu diskutieren, bietet das Marteloskop. Es ist ein didaktisches Werkzeug, das es ermöglicht, vor Ort auf quantitativen Daten beruhende Anzeichnungsübungen durchzuführen. Es besteht im Idealfall aus einem realen Bestand und einer Software, welche die Auswertung und Diskussion der Resultate erlaubt, sowie einem dynamischen Modell zur Fortschreibung der Bestandesdynamik. Das Marteloskop wurde in den 1990er-Jahren in Frankreich entwickelt. In der Schweiz existieren heute weit mehr als 40 Marteloscope, die unterschiedlichste waldbauliche Fragestellungen behandeln. Eine besondere Bedeutung kommt den Marteloskopien in der Aus- und Weiterbildung zu: Sie erlauben, das eigene waldbauliche Handeln auf Basis von quantitativen Grundlagen zu üben, zu hinterfragen und zu verbessern. Für die Weiterentwicklung von Marteloskopien besteht grosses Potenzial, insbesondere bezüglich Implementierung spezifischer thematischer und waldbaulicher Fragestellungen, die nebst den üblichen Bestandeskenngrössen wie etwa Baumarten, Durchmesserverteilung, Grundfläche und Volumen beispielsweise Aussagen zur Ökologie oder zu im Gebirgswaldbau relevanten Grössen wie der lokalen Lichtverfügbarkeit erlauben. In den letzten Jahren wurden mehrere Marteloskop-Softwares entwickelt. Es wäre wichtig, mindestens den Datenaustausch zwischen den Lösungen zu vereinfachen. Wünschbar wäre zudem, wenn die Lücke, die derzeit bei der Modellierung der weiteren Bestandesentwicklung bei vielen Marteloskopien besteht, geschlossen würde, um die Folgen unterschiedlicher Eingriffsvarianten besser abschätzen zu können.

**Keywords:** evidence-based silviculture, sicultural training, continuing education, self-reflexion, joint learning  
**doi:** 10.3188/szf.2019.0060

\* Länggasse 85, CH-3052 Zollikofen, E-Mail jean-jacques.thormann@bfh.ch

Das Anzeichnen ist eine Tätigkeit, die sowohl Kenntnisse über den Standort, die Ansprüche der Baumarten, deren Wachstumsgang und Konkurrenzverhalten als auch holzertentechnische und ökonomische Kenntnisse verlangt. Es erfordert zudem oft eine intuitive, auf einer reichen Erfahrung beruhende Beurteilung der waldbaulichen Situation (von Gadow 1988). Damit gehört das Anzeichnen zu den Kernaufgaben der waldbaulichen Tätigkeit und ist somit eine wichtige Basis der Waldbewirtschaftung. Junod (2008: 72) umschrieb das Anzeichnen folgendermassen: *Es ist eine Schlüsselhandlung, an der Schnittstelle von Strategie und Mass-*

*nahme, zwischen der globalen Sicht und der lokalen Aktion, zwischen Planung und Ernte.* Die waldbauliche Tätigkeit und die ihr zugrunde liegenden Entscheidungen beruhen auf Erfahrungen, die naturgemäss subjektive Elemente enthalten. Daher ist sie schwierig mit wissenschaftlichen Methoden zu beschreiben und zu quantifizieren, weshalb oft auch vom «waldbaulichen Götterblick» gesprochen wird.

Zwar existieren theoretische Grundlagen zu den verschiedenen Waldbaumethoden, die ein gemeinsames, grundlegendes Verständnis unter den waldbaulich tätigen Fachleuten schaffen, und es gibt Instrumente, die Richtlinien für die Waldpflege ge-



**Abb 1** Blick in das Marteloskop von Renan (BE) mit den nummerierten, georeferenzierten und eingemessenen Bäumen.  
Foto: Kathrin Kühne

ben. Die Wegleitung «Nachhaltigkeit und Erfolgskontrolle im Schutzwald» (NaiS; Frehner et al 2005) beispielsweise operationalisiert den anzustrebenden Waldzustand mithilfe von Anforderungsprofilen. Die Objektivierbarkeit der waldbaulichen Entscheidung ist damit allerdings noch nicht sichergestellt. Immerhin wird aber der Weg der Entscheidungsfindung durch die zu beachtenden und mit Sollwerten hinterlegten Kriterien transparent und nachvollziehbar. Ein erheblicher waldbaulicher Handlungsspielraum bleibt aber auch dann noch offen. Es ist unbefriedigend, wenn sich selbst bei im Detail vorgegebener Zielsetzung für einen waldbaulichen Eingriff (inkl. Eingriffsturnus, zu entnehmendem Volumen, Art des Eingriffs usw.) die Anzeichnungen verschiedener Waldbauer stark unterscheiden, wie dies an Kursen immer wieder festzustellen ist.

Um zu erreichen, dass die Anzeichnenden ihr eigenes Handeln immer wieder hinterfragen und gegebenenfalls verbessern, sind neben der stetigen Wissenserweiterung durch Üben im Job Schulungen ein wichtiges Mittel. In Anzeichnungsübungen werden verschiedene waldbauliche Eingriffsmöglichkeiten erarbeitet und diskutiert. An solchen Kursen fehlten bis vor einigen Jahren meistens verlässliche Datengrundlagen (beispielsweise die Bestandesgrundfläche, das angezeichnete Volumen oder die Veränderung der Durchmesserstufenverteilung durch einen Eingriff), die objektive und quantifizierbare Aussagen zu den Folgen eines Eingriffs erlaubt hätten.

Eine Möglichkeit, um beim Anzeichnen weg vom intuitiven Waldbau hin zu einem auf quantitativen Grundlagen und wissenschaftlichen Erkenntnissen beruhenden Waldbau zu kommen, bietet das Marteloskop (Bruciamacchie 2006). Das Prinzip des Marteloskops wurde in den 1990er-Jahren am AgroParisTech ENGREF in Nancy entwickelt und wird

mittlerweile in vielen Ländern Europas angewendet (für eine Übersicht siehe Soucy 2016 et al). Der Ausdruck «Marteloskop» ist eine Kombination aus dem französischen Verb «marteler» = anzeichnen und dem griechischen «skopein» = betrachten (Poore 2011).

Es wurden schon früher waldbauliche Übungsflächen speziell für die Ausbildung eingerichtet, zum Beispiel in den 1980er-Jahren die Plenterwaldversuchsflächen der ETH am Höhrönen. Man hat damals nur noch nicht von einem Marteloskop gesprochen.

Mit vorliegendem Beitrag sollen die Bedeutung von Marteloskopen und ihre Einsatzmöglichkeiten in der Schweiz sowie die Schnittstellen zur Forschung aufgezeigt werden. Darüber hinaus wird dargestellt, inwiefern die Marteloskope weiterentwickelt werden sollten, damit die Folgen verschiedener Eingriffsvarianten noch besser verstanden werden und sie einen Beitrag zu einem objektiven, auf quantitativen Grundlagen beruhenden Waldbau leisten können.

## Komponenten eines Marteloskops

Ein vollständiges Marteloskop besteht aus drei Komponenten, 1) einem realen Bestand, 2) einer Auswertungssoftware und 3) einem waldbaukundlichen, dynamischen Modell. Allerdings ist die dritte Komponente derzeit nur für wenige Marteloskope verfügbar.

Auf einer genau definierten Fläche werden sämtliche Bäume ab einer bestimmten Kluppschwelle nummeriert (Abbildung 1), ihre Position wird eingemessen, und es werden verschiedene Einzelbaum- und Bestandesdaten, die je nach Zielsetzung variieren können, aufgenommen. Den Benutzern des Marteloskops werden für die Anzeichnungsübung

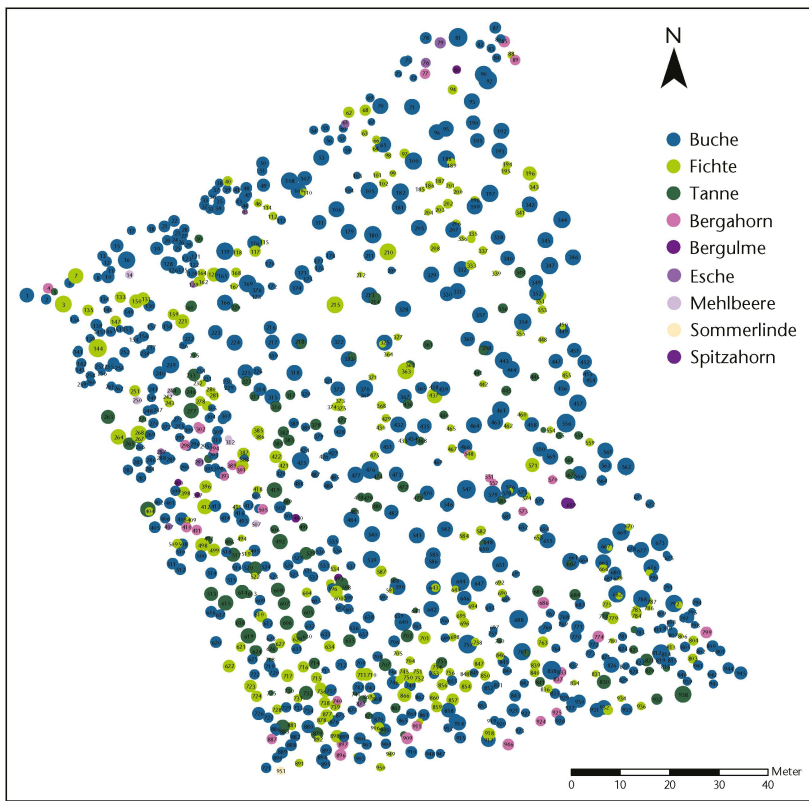


Abb 2 Karte des Marteloskops in Renan (BE; Fläche 1.38 ha) mit Baumpositionen, Baumarten und Brusthöhendurchmessern.

lediglich die Informationen zur räumlichen Verteilung der Bäume sowie zum Brusthöhendurchmesser (BHD) und zur Baumart zur Verfügung gestellt (Abbildung 2). Dies ist bereits mehr Information, als sonst beim Anzeichnen zur Verfügung steht. Ein Marteloskop sollte nur dort eingerichtet werden, wo waldbaulicher Handlungsbedarf besteht (oder mindestens vermutet wird), sonst sind Anzeichnungsübungen nicht sinnvoll. Wenn aber Handlungsbedarf gegeben ist, wird innerhalb einiger Jahre auch ein Eingriff durchgeführt werden, womit das Marteloskop seine Funktion vorübergehend oder definitiv verliert, je nachdem, ob danach die Bestandsituation neu dokumentiert wird. Im Dauer- und Plenterwald oder in einem Durchforstungsbestand im gleichförmigen Hochwald kann ein Marteloskop ein paar Jahre nach einem Holzschlag aktualisiert und wieder gebraucht werden (Flury 2011), im Gebirgswald kann das aber bis zu 30 Jahre oder noch länger dauern. Der Aufwand für die Einrichtung eines Marteloskops darf deshalb nicht unterschätzt werden. Weil sich ein Marteloskop nicht über viele Jahrzehnte zu Forschungszwecken verfolgen lässt, muss er deutlich unter dem Aufwand gehalten werden, der für die Aufnahme einer ertragskundlichen Versuchsfläche (Zingg 2005) oder eines Naturwaldreservats (Brang et al 2011) notwendig ist. Grundsätzlich würde die Möglichkeit bestehen, einen Teil der ertragskundlichen Versuchsflächen auch als Marteloskop zu nutzen. Bislang wurde dies nur im

Marteloskop BY01 in Boudry (NE) getan, das in einer Eichenversuchsfläche der Eidgenössischen Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (WSL) von 1921 liegt. Vor der Einrichtung neuer Marteloskope sollte diese Möglichkeit geprüft werden, da so Synergien ausgenutzt werden könnten. Bei einer sehr intensiven Nutzung als Marteloskop können aber auch Schäden entstehen, die in Versuchsflächen kaum erwünscht sind. Im Marteloskop in Rona (GR) zum Beispiel sind bereits sichtbare Wegspuren durch die intensive Nutzung entstanden.

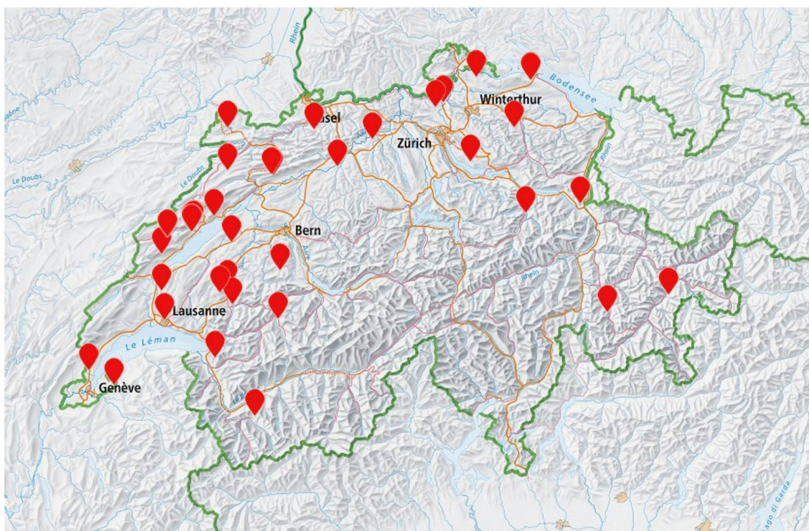
Die Nummern der von den Marteloskop-Benutzern angezeichneten Bäume werden elektronisch erfasst (z.B. mit Microsoft Excel oder einer spezialisierten Software). Dies erlaubt die Simulation eines Eingriffes und die Ausgabe der entsprechenden Resultate, die als Grundlage für die Diskussion der Anzeichnung dienen (Gauquelin et al 2008). Das heisst, dass die unmittelbaren Konsequenzen der Anzeichnung bezüglich des verbleibenden Vorrats, der entnommenen Volumina, der Baumarten oder der Durchmesserverteilung nach der Anzeichnung zur Verfügung stehen und für die Beurteilung der Zielerreichung verwendet werden können. Dies ist ein Grundstein für einen Waldbau basierend auf wissenschaftlichen Grundlagen, der es erlaubt, getroffene Massnahmen zu beurteilen und die damit erzielte Wirkung zuverlässig abzuschätzen (Zingg 2005).

Mit einem waldwachstumskundlichen dynamischen Modell können die Konsequenzen des angezeichneten Eingriffes mindestens bis zum Zeitpunkt des nächsten geplanten Eingriffes simuliert werden. So wird es möglich, zu beurteilen, ob zum Beispiel zwei unterschiedliche Anzeichnungen zu verschiedenen Waldentwicklungen führen oder ein Eingriff im Vergleich zur Variante «kein Eingriff» wirklich etwas bewirkt. Bisher haben nur Gauquelin et al (2008) eine Studie publiziert, in welcher diese dritte Komponente eines Marteloskops beschrieben wurde. In mehreren Projekten laufen aber Bemühungen in diese Richtung.

Ein Marteloskop ist somit eine wichtige Grundlage für eine sachliche und nachvollziehbare Diskussion verschiedener waldbaulicher Möglichkeiten und deren Folgen. Es ist ein didaktisches Werkzeug, das es ermöglicht, vor Ort eine auf quantitativen Daten basierte Anzeichnungsübung mit sofortiger Auswertung der Resultate durchzuführen.

### Einsatzmöglichkeiten von Marteloskopen und Stand in der Schweiz

Eingesetzt werden können Marteloskope zur Schulung von Waldfachleuten aller Ausbildungsstufen, aber auch, um einen Beitrag zum fachlichen Austausch sowie zum Dialog zwischen verschiedenen Akteuren in der Waldbewirtschaftung zu leis-



**Abb 3** Lage der derzeit aktiven Marteloscopes, die in Zusammenarbeit mit der Fachstelle Waldbau Lyss eingerichtet worden sind (Stand Dezember 2018).

ten (Bütler 2005). Nebst Bestandeskennzahlen wie Stammzahl, Grundfläche, Baumartenmischung und Vorrat können je nach Zielsetzung weitere Variablen auf Einzelbaumebene analysiert werden, beispielsweise zur Ermittlung des ökologischen und ökonomischen Wertes von Einzelbäumen (Mordini 2009).

Eine weitere Möglichkeit bieten Marteloscopes an der Schnittstelle zwischen Waldbau und Sozialwissenschaften: In einigen Projekten ist mit statistischen Methoden untersucht worden, ob ein Zusammenhang besteht zwischen Merkmalen der Anzeichnenden (z.B. ihrem Bildungshintergrund) und den Ergebnissen der Anzeichnung (Pommerehne et al 2015, 2018). Auf diese Aspekte geht der vorliegende Beitrag nicht ein.

In der Schweiz stammen die ersten vollständig dokumentierten Marteloscopes von Mordini (2009). Seither sind viele weitere dazugekommen. Die Mehrheit – 40 Stück – wurde von der Fachstelle Waldbau in Lyss in Zusammenarbeit mit verschiedenen Partnern eingerichtet (Abbildung 3). Die Fragestellungen und Themen dieser Marteloscopes reichen dabei von der klassischen Plenterung über den Dauerwald bis zur Jungwaldpflege, zur Schutzwaldpflege und zu spezifischen waldbaulichen Fragestellungen wie der Eichenförderung oder der Bewirtschaftung von Wytweiden und Waldrändern. Eine Übersicht über die von der Fachstelle Waldbau eingerichteten Marteloscopes findet sich auf deren Website.<sup>1</sup>

Im Gebirgswald wurden im Rahmen des Projekts «Marteloscopes im Gebirgswald» von der Hochschule für Agrar-, Forst-, und Lebensmittelwissenschaften (HAFL) in Zusammenarbeit mit den Kantonen Bern und Graubünden sowie dem Bildungszentrum Wald in Maienfeld weitere Flächen zu spezifischen Fragen des Gebirgs- oder Schutz-

waldes eingerichtet. Im Rahmen dieses Projektes erarbeitete die ETH Zürich eine neue Auswertungssoftware (Kühne et al 2019, dieses Heft).

Im Rahmen eines Projekts über das Waldwachstumssimulationsmodell SiWaWa (Schütz & Rosset 2016) wurde zudem ein Netzwerk von waldbaulichen Dauerbeobachtungs- und Trainingsflächen («placettes permanentes de suivi sylvicole», PPSS) in Zusammenarbeit mit dem Forstbetrieb der Burgergemeinde Bern und weiteren Partnern eingerichtet (s. auch Rosset et al 2019, dieses Heft). Es können Anzeichnungübungen im Sinne des Marteloscops durchgeführt werden. Der thematische Fokus der PPSS liegt meist auf der Durchforstung. Es können aber auch andere waldbauliche Ziele analog eines Marteloscopes vorgegeben werden. Die bestehenden Flächen sind im Internet dokumentiert.<sup>2</sup> Die Benutzer können mit einer Webapplikation ihre Anzeichnungen eingeben und direkt auswerten. Mit der Smartphone-App SiWaWa 2.0 können sie zudem in gleichförmigen Beständen die Weiterentwicklung des Bestandes mit und ohne Eingriff simulieren. Die Flächen werden für den Unterricht an der HAFL, aber auch bei Forstbetrieben für die Weiterbildung verwendet und dienen zur Erarbeitung neuer Pflegekonzepte.

Auch auf internationaler Ebene wurde in den letzten Jahren viel unternommen, um die Marteloscopes als Aus- und Weiterbildungsinstrument zu portieren und entsprechend weiterzuentwickeln (siehe z.B. die europäischen Projekte Integrate+ [Kraus et al 2018] und HAMMER [Héroult & Couche 2010]).<sup>3</sup>

## Bedeutung der Marteloscopes für die Aus- und Weiterbildung

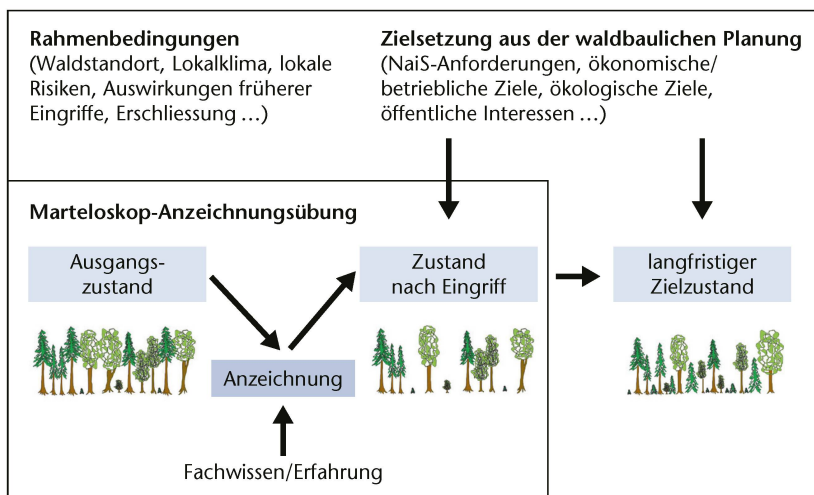
Aufgrund der langfristigen und teilweise weitreichenden Auswirkungen einer Anzeichnung auf den verbleibenden Bestand, den Folgebestand, die Waldfunktionserfüllung oder auch auf die betriebliche und ökonomische Situation stellen sich hohe fachliche Anforderungen an die Waldbauer. Diese sehen sich mit divergierenden Interessen konfrontiert (z.B. viel Holz nutzen vs. Plenterwaldstruktur erhalten). Er braucht viel Wissen und Erfahrung, um die Massnahmen auf den jeweiligen Ausgangszustand, die geltenden Rahmenbedingungen und den erwünschten Zielzustand abzustimmen und den dabei vorhandenen Handlungsspielraum zielführend auszunutzen (Abbildung 4).

Waldbauer basieren ihre Tätigkeit auf theoretischem und praktischem Wissen sowie ihrer per-

1 [www.waldbau-sylviculture.ch/94\\_martelo\\_d.php](http://www.waldbau-sylviculture.ch/94_martelo_d.php) (7.1.2019)

2 [martelage.sylvotheque.ch](http://martelage.sylvotheque.ch) (7.1.2019)

3 siehe auch die Projekt-Websites: [www.integrateplus.org](http://www.integrateplus.org) und [www.hammer-project.eu](http://www.hammer-project.eu) (9.1.2019)



**Abb 4** Schematische Darstellung der Anzeichnung als zentraler Schritt auf einem Marteloskop zwischen Ausgangszustand und Zustand nach einem Eingriff. NaiS: Wegleitung Nachhaltigkeit und Erfolgskontrolle im Schutzwald (Frehner et al 2005).



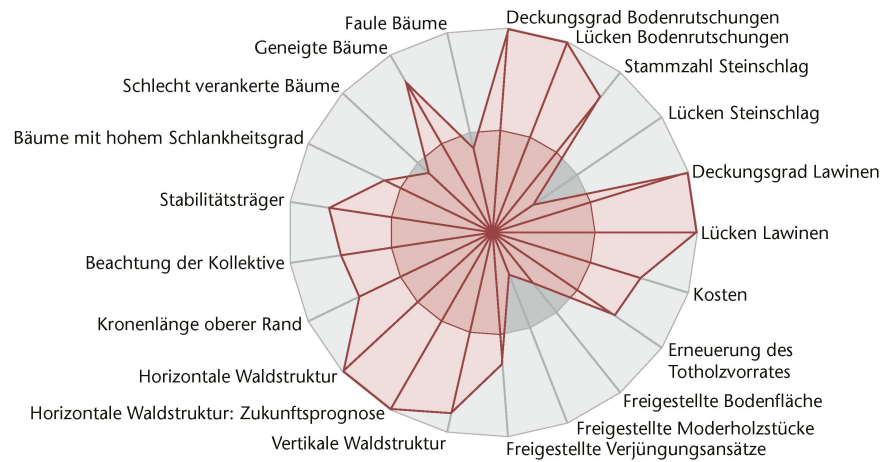
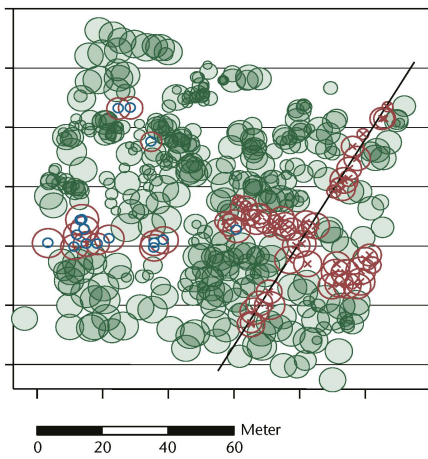
**Abb 5** Beispiel aus einem kantonalen Kurs mit der Fachstelle Waldbau auf dem Marteloskop in Rüschegg (BE) zum Thema Behandlung von vorratsreichen Beständen auf Tannen-Buchenwald-Standorten. Foto: Pascal Junod

sönlichen Erfahrung, bedienen sich aber auch des bereits erwähnten «waldbaulichen Götterblicks». Dieser «Götterblick» kann auch als eine Art Intuition bezeichnet werden, die auf ihrem persönlichen Kenntnisschatz beruht. Zweifellos hilft die Intuition, waldbauliche Entscheide zu treffen. Dennoch unterliegt sie auch Urteilsfehlern: Unrichtige und falsche Wahrnehmungen und Interpretationen (z.B. eine falsche Schätzung einer messbaren Grösse wie die BHD-Verteilung oder die Grundfläche) sind stetige Begleiterscheinungen der menschlichen Informationsverarbeitung und Urteilsbildung, auch beim Anzeichnen (Kahnemann 2011). Ohne regelmässiges Prüfen und Infragestellen des «Götterblicks» schleichen sich Fehlurteile ein, die bei den langen Entwicklungszeiträumen der Wälder erhebliche Konsequenzen haben können. Für die Waldbauer

bedeutet dies, dass sie das Anzeichnen regelmässig trainieren müssen, so wie das Üben für die professionelle Ausübung jeder Tätigkeit notwendig ist. Die eigene Eichung an wichtigen Kenngrössen sowie die kritische Reflexion im Austausch mit Berufskollegen sind von zentraler Bedeutung. Eine durchgeführte Studie zum Umgang mit den von den Kantonen durchzuführenden Wirkungsanalysen auf Weiserflächen im Schutzwald hat dies deutlich aufgezeigt (Schwitter et al 2018).

Das Marteloskop ist damit für die Waldbauer nichts anderes als der Flugzeugsimulator für die Piloten. Auf einem Marteloskop können Übungen zu verschiedensten Fragestellungen und Zielsetzungen simuliert werden. Diesbezüglich unterscheidet sich eine Übung in einem Marteloskop aber noch nicht von einer konventionellen Anzeichnungsübung (Abbildung 5). Erst durch die in einem Marteloskop mögliche Quantifizierung, Visualisierung und damit Objektivierung der Entscheidungen leistet es einen entscheidenden Beitrag zur Diskussion der Anzeichnungen und damit zum Training. Unterschiedliche Gruppenergebnisse können auf einfache Weise objektiviert und miteinander verglichen werden. Dabei sind bei einer Übung im Marteloskop verschiedenste Aufgabenstellungen möglich: Beispielsweise können sich die Gruppen für eine Zielsetzung frei entscheiden, d.h., sie erarbeiten zunächst eine Zielsetzung, bevor sie diese im Rahmen der Anzeichnung umsetzen. Im Schutzwald kann die waldbauliche Zielsetzung hergeleitet werden, indem das von der Naturgefahr und dem Waldstandort abhängige Anforderungsprofil mit dem Zustand und der Entwicklungstendenz des Bestandes verglichen wird. Dazu dient das Formular 2 nach NaiS (Frehner et al 2005). Oder aber die Zielsetzung ist in der Aufgabenstellung von der Übungsleitung vorgegeben, und die Anzeichnenden müssen versuchen, diese Zielsetzung möglichst optimal zu erreichen. Die Aufgabenstellung kann weiter differenziert werden, indem verschiedenen Gruppen unterschiedliche Ziele vorgegeben werden: beispielsweise ein Eingriff an der unteren oder der oberen Grenze der Eingriffsstärke, die das Anforderungsprofil nach NaiS zulassen würde. Quantitative und visualisierte Vergleiche von Baumartenzusammensetzung, verbleibendem Vorrat, Entnahmemenge, Lückengrösse, Stabilitästrägern, Zielerreichungsgrad usw. der verschiedenen Anzeichnungen schaffen eine ideale Grundlage für das waldbauliche Training.

Oft bestätigen die Daten die Intuition; teilweise bergen sie aber auch Überraschungen (z.B. Vorratsschätzung, Entnahmemenge, Baumartenzusammensetzung ...), und es braucht eine grosse Offenheit der Anzeichnenden, sich dieser Objektivierung des eigenen Tuns zu stellen. Dadurch, dass die Übungsanlage sehr praxisnah ist und ein Ergebnis meistens ein Gruppenresultat darstellt, stossen Übungen im



**Abb 6** Anzeichnung im Marteloskop von Rona (GR; links) und Bewertung derselben anhand von 21 räumlich erfassten Indikatoren (rechts). Darstellung links: Die rot umrandeten Bäume werden gefällt, die zusätzlich mit roten Kreuzen bezeichneten Bäume werden mit dem Seilkran (schwarze Linie) abtransportiert, die mit kleinen blauen Kreisen bezeichneten bleiben liegen. Darstellung rechts: Je weiter aussen die rote Linie im Spinnendiagramm liegt, desto besser wird der entsprechende Indikator erfüllt. Der dunkelgraue Bereich liegt unterhalb des Minimalprofils gemäss NaiS (Frehner et al 2005). Am Rand des äusseren Kreises ist das Idealprofil erreicht. Abbildung aus Rosselli (2017)

Marteloskop auf hohe Akzeptanz. Die durch sie erreichte Objektivierung wird gut verstanden und sehr geschätzt, wie nachträgliche Befragungen von Kursteilnehmenden im Kanton Bern gezeigt haben (KAWA 2016). Diese bestätigten ausserdem den grossen Nutzen der Anzeichnungsübungen in Marteloskop für ihre eigene fachliche Weiterentwicklung und für eine stetige Verbesserung bei der Umsetzung waldbaulicher Ziele. Die meisten Kursteilnehmenden wünschten, sich regelmässig in Marteloskop weiterbilden zu können (verschiedene Waldstandorte, verschiedene Ausgangsbestände, verschiedene Zielsetzungen usw.; KAWA 2016).

Anzeichnungsübungen in Marteloskop sind aber nicht nur für Forstpraktiker von Nutzen, die täglich anzeichnen. Auch in der Grundausbildung (Försterschulen, HAFL, ETH) haben sie einen hohen Stellenwert. Die Auszubildenden schätzen dabei insbesondere die direkte und konkrete Besprechung der Anzeichnungen auf Basis vergleichbarer Daten, was bei herkömmlichen Anzeichnungsübungen nicht in dieser Qualität möglich ist. Marteloscope sind somit das Instrument für eine fundierte waldbauliche Aus- und Weiterbildung und den Wissenstransfer auf allen Stufen, die mit waldbaulichen Fragen in Berührung kommen (vgl. auch Soucy 2016 et al).

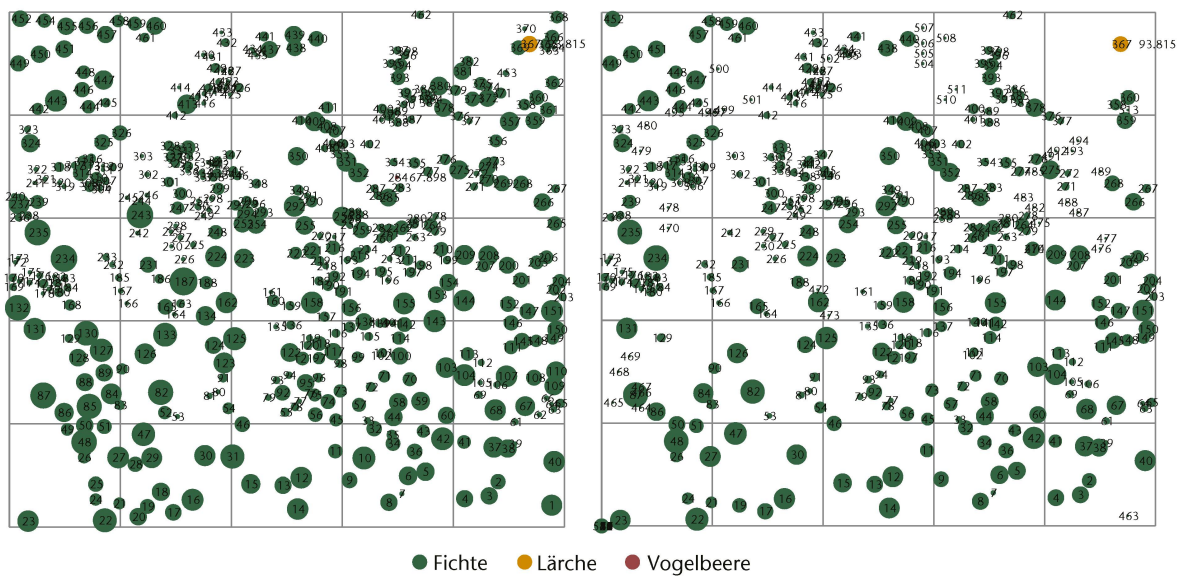
### Weiterentwicklung von Marteloskop – eine Aufgabe der Forschung

Klassischerweise wird eine Anzeichnung über Bestandeskenngrössen wie das angezeichnete Volumen und die Veränderungen in den Baumartenanteilen oder der Durchmesserstruktur beurteilt. Für den auf die Holzproduktion ausgerichteten Waldbau mag dies nützlich sein, für spezifische Fragestellungen

wie die Förderung seltener Baumarten oder die Aufrechterhaltung der Schutzfunktion (NaiS-Anforderungsprofile mit Kriterien und Sollwerten; Frehner et al 2005) ist es aber wünschenswert, weitere Kenngrössen für die Beurteilung beiziehen zu können, zum Beispiel zur Lichtverfügbarkeit bzw. zur potenziellen Sonnenscheindauer pro Tag im Juni, einer im Gebirgswaldbau wichtigen Grösse.

Rosselli (2017) hat anhand des Marteloskop in Rona (GR) untersucht, mit welchen räumlichen Daten (wie Kronendimensionen, Aggregationsindizes usw.) ein Eingriff im Gebirgswald beurteilt werden könnte. Sein Vorschlag umfasst 21 Indikatoren, die die NaiS-Kriterien weitgehend abbilden (Abbildung 6). Er hilft, die Auswirkungen eines Eingriffs auf Struktur, Textur und Funktion eines Schutzwaldes detailliert zu quantifizieren. Für die Anwendung in der Praxis sind aber Vereinfachungen nötig, denn die Erhebung der für diese Auswertungen nötigen Daten im Marteloskop ist im Normalfall zu aufwendig. Im Rahmen des Projektes «Marteloscope im Gebirgswald» wurde ein Handbuch für die Einrichtung erarbeitet (Kühne et al 2017), das einen Kompromiss zu erreichen versucht zwischen dem, was wissenschaftlich möglich und wünschbar wäre (z.B. Rosselli 2017) und dem, was aus praktischer Perspektive tatsächlich geleistet werden kann (s. auch Kühne et al 2019, dieses Heft). Weitere Forschungsarbeiten sind aber nötig, um Merkmale zu identifizieren, die eine bessere Beurteilung waldbaulicher Eingriffe erlauben und in einem Marteloskop mit tragbarem Aufwand abbildbar sind.

Eine zweite Schnittstelle zur Forschung ergibt sich dadurch, dass die dritte Komponente eines Marteloskop, die waldbaukundliche Modellierung, bisher nur in wenigen Marteloskop zur Verfügung steht. Wie erwähnt haben Gauquelin et al



**Abb 7** Das Marteloskop in Rona (GR) nach einem Maximalangriff gemäss Naif (Frehner et al 2005) im Jahr 2015 (links) und die simulierte Entwicklung mit ForClim für das Jahr 2035 (rechts). Die Grösse der Kreise ist proportional zum Brusthöhendurchmesser der einzelnen Bäume (Baumnummer jeweils im Kreis dargestellt). Neu auftretende Verjüngung ist mit Zahlen, die in der linken Abbildung noch nicht vorhanden sind, dargestellt. Rechts nicht mehr vorhandene Bäume sind der natürlichen Mortalität zum Opfer gefallen.

(2008) eine derartige Modellierung durchgeführt. Sie verwendeten das Modell SAMSARA, das für die infrage stehenden Bestände kalibriert wurde und für diese auf der Skala von 10 bis 20 Jahren in die Zukunft zuverlässige Ergebnisse liefern sollte. Die waldbaulichen Dauerbeobachtungs- und Trainingsflächen (PPSS) sind ebenfalls mehrheitlich mit einem Waldwachstumsmodell verknüpft. Es handelt sich dabei um SiWaWa, ein empirisches Modell, das hauptsächlich auf Daten aus den ertragskundlichen Versuchsflächen der WSL basiert (Schütz et al 2018). Die Anwendung von SiWaWa ist zurzeit auf gleichförmige Reinbestände der Baumarten Buche, Eiche, Esche/Bergahorn, Fichte, Douglasie und Föhre beschränkt.

Modelle sind definitionsgemäss Vereinfachungen der Realität und deshalb selten in der Lage, die Entwicklung eines konkreten Waldbestandes präzise wiederzugeben. Schmid et al (2006) fanden, dass das Modell SILVA ausserhalb seines Kalibrationsbereichs wenig vertrauenswürdige Ergebnisse liefert. Und auch innerhalb des Kalibrationsbereichs ist seine Genauigkeit eingeschränkt. So wurde mit dem kalibrierten Modell der Höhenzuwachs der dominanten Fichten und Tannen in den 55 untersuchten Versuchsflächen im Simulationszeitraum von 15 Jahren im Durchschnitt um 61% (Fichte) bzw. 12% (Tanne) überschätzt, der Durchmesserzuwachs dagegen um 16% (Fichte) bzw. 70% (Tanne) unterschätzt (Mette et al 2009). In der Studie von Rasche et al (2011) mit dem Modell ForClim ergaben sich für drei von acht ertragskundlichen Beständen ebenfalls signifikante Unterschiede zwischen Simulation und Realität. Allerdings erstreckten sich diese Simulationen über einen wesentlich längeren Zeitraum, nämlich 70 bis 100 Jahre, und sie erfolgten mit einem nicht kalib-

rierten Modell. Für die fünf anderen Bestände ergaben sich keine nachweisbaren Unterschiede in der Durchmesserverteilung zwischen Simulation und Realität am Ende des Inventurzeitraums.

Aufgrund dieser ermutigenden Ergebnisse wurde für die Sommertagung 2016 der Schweizerischen Gebirgswaldpflegegruppe (GWG) zum Thema «Klimawandel» eine Reihe von Simulationen mit ForClim für das Marteloskop in Rona durchgeführt und so die Ergebnisse verschiedener Anzeichnungen von Studierenden der ETH in der Zeit fortgeschrieben (Abbildung 7). Das Modell wird derzeit hinsichtlich seiner Fähigkeit, über den Zeitraum von mehreren Jahrzehnten zuverlässige Aussagen über die Walddynamik zu machen, verbessert (Doktorat von Nica Huber, ETH Zürich).

Im Hinblick auf ein Benchmarking wäre es von grossem Interesse, verschiedene walddynamische Modelle auf dieselben Marteloskopdaten anzuwenden und ihre Ergebnisse zu vergleichen. In der Auswertungssoftware «Marteloskop»<sup>4</sup>, die von der ETH entwickelt worden ist (Kühne et al 2019, dieses Heft), ist eine Exportfunktion im XML-Format implementiert, welche die Schnittstelle zwischen Marteloskopdaten und beliebigen Modellen der Walddynamik gewährleistet. Trotz aller Einschränkungen, denen Computermodelle der Walddynamik unterliegen, unterstützen sie uns in der Vorstellung darüber, wie sich eine Fläche mit und ohne Eingriff mutmasslich weiterentwickeln wird. Und sie sind ein Hilfsmittel, um waldbauliches Handeln auf einer objektiven Basis abzustellen.

<sup>4</sup> <https://uwis-server102.ethz.ch/openaccess/software/view/4> (9.1.2019)

Marteloskope können auch Grundlage für weitere Forschungsarbeiten sein. So basiert beispielsweise die Masterarbeit von Mader (2018), die sich mit der Automatisierung von Anzeichnungen bei Eingriffen im Steinschlagschutzwald beschäftigt, auf den Daten des Marteloskops von Renan (BE). Bei jener Arbeit wurde überprüft, ob sich die Anzeichnung bei Eingriffen im Steinschlagschutzwald mithilfe eines Optimierungsmodells lösen lässt. Die Resultate sind bei diesem Beispiel ebenfalls ermutigend. Sie zeigen gut an, wo als Folge von zu grossen Öffnungen in der Hangfalllinie Querbäume gelegt werden müssen und welche Bäume entfernt werden können, ohne den Steinschlagschutz nachhaltig zu beeinträchtigen.

## Ausblick

Anzeichnungsübungen auf Marteloskopen sind ein geeignetes Instrument in der Aus- und Weiterbildung, um das eigene waldbauliche Handeln zu üben, zu hinterfragen und zu verbessern. Bereits heute existieren in der Schweiz zahlreiche Marteloskope mit unterschiedlichen Fragestellungen, die für Kurse genutzt werden können. Das Potenzial für weitere, auf spezifische waldbauliche Herausforderungen angepasste Marteloskope ist aufgrund der vielfältigen waldbaulichen, standörtlichen und geografischen Gegebenheiten gegeben.

Im Bereich der Auswertung der Anzeichnungen sind heute verschiedene Softwareprodukte im Einsatz (vgl. Krumm et al 2019, Junod 2019, Rosset et al 2019 und Kühne et al 2019, alle in diesem Heft). Hier ist zu hoffen, dass zukünftig diese verschiedenen Softwares zusammengeführt oder zumindest die Daten unter ihnen ausgetauscht werden können. Eigentlich müsste es eine modular aufgebaute Software geben, die alle Ansprüche erfüllt und laufend angepasst werden kann. Zudem besteht heute noch eine grosse Lücke hinsichtlich der Modellierung der weiteren Bestandesentwicklung. Eine Weiterentwicklung solcher Modelle, deren Automatisierung sowie die bessere Integration räumlich expliziter Modelle – beispielsweise zur Abbildung der Interaktion zwischen Bäumen oder der Darstellung der Lichtverhältnisse vor und nach einem Eingriff – sind äusserst wünschenswert. Das ist unabdingbar, wenn man die Auswirkungen verschiedener Eingriffsvarianten noch besser verstehen will. ■

*Eingereicht: 14. Oktober 2018, akzeptiert (mit Review): 25. Januar 2019*

## Literatur

- BRANG P, HEIRI C, BUGMANN H, EDITORS (2011)** Waldreservate. 50 Jahre natürliche Waldentwicklung in der Schweiz. Bern: Haupt. 272 p.
- BRUCIAMACCHIE M (2006)** Le marteloscope, un outil pour apprendre la gestion durable. Exemple d'évaluation de diffé-

- rents scénarios au marteloscope de Zittersheim (Vosges du Nord). In: Valauri D, André J, Dodelin B, Eynard-Machet R, Rambaud D, editors. Bois mort et à cavités – une clé pour des forêts vivantes. Paris: Lavoisier. pp. 236–252.
- BÜTLER R (2005)** Alt- und Totholz. Ein Zeichen moderner, nachhaltiger Waldwirtschaft. Wald Holz 86 (4): 45–48.
- FLURY S (2011)** Marteloskop im Dauerwald – ein Fallbeispiel auf dem Grenchenberg (Kanton Solothurn). Zollikofen: Schweizerische Hochschule Landwirtschaft, Bachelor-Thesis. 65 p.
- FREHNER M, WASSER B, SCHWITTER R (2005)** Nachhaltigkeit und Erfolgskontrolle im Schutzwald. Wegleitung für Pflegemassnahmen in Wäldern mit Schutzfunktion. Bern: Bundesamt Umwelt Wald Landschaft, Vollzug Umwelt. 564 p.
- GAUQUELIN X, COURBAUD B, FAY J, BERGER F, MERMIN E (2008)** Conduite de peuplements mélangés en forêts de montagne: exemple d'une collaboration chercheurs-gestionnaires. Rev for fr 60: 207–214.
- HÉRAUT F, COUCHE H (2010)** Final evaluation of the Hammer project. Dijon: AgroSup. 31 p.
- JUNOD P (2008)** Diversité biologique dans le quotidien forestier. Bâle: Fondation Sophie et Karl Binding. 128 p.
- JUNOD P (2019)** Martelosopes au service de la sylviculture proche de la nature. Schweiz Z Forstwes 170: 69–77. doi: 10.3188/szf.2019.0069
- KAHNEMANN D (2011)** Thinking fast and slow. New York: Farrar, Straus and Giroux. 499 p.
- KAWA (2016)** Internetbasierte Kursbeurteilungen der Marteloskopkurse in Zweisimmen (August 2014) und Renan (Mai 2016). Bern: Kantonales Amt für Wald, unveröffentlicht.
- KRUMM F, LACHAT T, SCHUCK A, BÜTLER R, KRAUS D (2019)** Marteloskope als Trainingstools zur Erhaltung und Förderung von Habitatbäumen im Wald. Schweiz Z Forstwes 170: 86–93. doi: 10.3188/szf.2019.0086
- KÜHNE K, THORMANN JJ, GLANZMANN L, ALLENSPACH K (2017)** Handbuch Marteloskope im Gebirgswald. Version 1.0. Zollikofen: Hochschule Agrar- Forst- Lebensmittelwissenschaften. 36 p.
- KÜHNE K, THORMANN JJ, BUGMANN H, MICHEL D (2019)** Marteloskope im Gebirgswald. Schweiz Z Forstwes 170: 94–97. doi: 10.3188/szf.2019.0094
- KRAUS D, SCHUCK A, KRUMM F, BÜTLER R, COSYNS H ET AL (2018)** Seeing is building better understanding – the Integrate+ martelosopes. Freiburg i.Br.: European Forest Institute, Technical Report 26.3. 22 p.
- MADER T (2018)** Automatische Anzeichnung bei Eingriffen im Steinschlagschutzwald auf Grundlage einer räumlich-expliziten Baumartenverteilung unter Einsatz eines Optimierungsmodells. Zürich: ETH Zürich, Masterarbeit. 87 p.
- METTE T, ALBRECHT A, AMMER C, BIBER P, KOHNLE U ET AL (2009)** Evaluation of the forest growth simulator SILVA on dominant trees in mature mixed Silver fir-Norway spruce stands in South-West Germany. Ecol Model 220: 1670–1680.
- MORDINI M (2009)** Modellierung und Beurteilung der ökologischen und ökonomischen Wirkungen von waldbaulichen Eingriffen – Einrichtung zweier Marteloskope in eichenreichen Flächen. Zürich: ETH Zürich, Masterarbeit. 118 p.
- POMMERENING A, VÍTKOVÁ L, ZHAO X, PALLARÉS RAMOS C (2015)** Towards understanding human tree selection behaviour. Uppsala: Swedish University of Agricultural Sciences, Faculty of Forest Sciences, Forest Facts 9. 6 p.
- POMMERENING A, PALLARÉS RAMOS C, KĘDZIORA W, HAUFE J, STOYAN D (2018)** Rating experiments in forestry: how much agreement is there in tree marking? PLoS ONE 13: e0194747.
- POORE A (2011)** The marteloscope – a training aid for continuous cover forest management. Woodl Herit 16: 28–29.
- RASCHE L, FAHSE L, ZINGG A, BUGMANN H (2011)** Getting a virtual forester fit for the challenge of climatic change. J Appl Ecol 48: 1174–1186.

- ROSSET C, SCIACCA S, FLÜCKIGER S, FIEDLER U (2019) Exercices de martelage et suivi sylvicole sur martelage.sylvotheque.ch (MSC). Schweiz Z Forstwes 170: 98–101. doi: 10.3188/szf.2019.0094
- ROSSELLI M (2017) Entwicklung einer Wirkungsanalyse für die Beurteilung der Baumanzeichnung in subalpinen Schutzwäldern auf Grundlage einer räumlich expliziten Waldbeschreibung. Zürich: ETH Zürich, Departement Umweltsystemwissenschaften, Masterarbeit. 104 p.
- SCHMID S, ZINGG A, BIBER P, BUGMANN H (2006) Evaluation of the forest growth model SILVA along an elevational gradient in Switzerland. Eur J For Res 125: 43–55.
- SCHÜTZ JP, ROSSET C (2016) Des modèles de production et d'aide à la décision sur smartphone. Outils et méthodes. Rev for fr 86: 427–439.
- SCHÜTZ JP, DUMOLLARD G, ROSSET C (2018) SiWaWa, un modèle d'inventaire et de croissance à l'échelle du peuplement. In: Rosset C, Dumollard G, Gollut C, Weber D, Martin V et al, editors. SiWaWa 2.0 et Placettes permanentes de suivi sylvicole (PPSS). Rapport final. Zollikofen: Haute école des sciences agronomiques, forestières et alimentaires. pp. 12–49.
- SCHWITTER R, WASSER B, ZÜRCHER S (2018) Projekt waldbauliche Wirkungsanalyse auf Weiserflächen. Schlussbericht Teil 2. Synthese und Empfehlungen für die Praxis. Maienfeld: Fachstelle Gebirgswaldpflege. 44 p.
- SOUCY M, ADEGBIDI HC, SPINELLI R, BELAND M (2016) Increasing the effectiveness of knowledge transfer activities and training of the forestry workforce with marteloscopes. For Chron 92: 418–427.
- VON GADOW K (1988) Ertragskundliche Informationen und waldbauliche Entscheidung. Forstwiss Cent.bl 107: 230–238.
- ZINGG A (2005) Ertragskunde – Waldbau auf wissenschaftlicher Grundlage. Plädoyer für einen akademisch abgestützten Waldbau. Schweiz Z Forstwes 156: 510–515. doi: 10.3188/szf.2005.0510

## Importance des marteloscopes dans la pratique et l'enseignement en Suisse

Le martelage est l'une des tâches essentielles de l'activité sylvicole. Bien que basées sur l'emploi de méthodes sylvicoles fondamentales, les décisions impliquées comportent toujours une part de subjectivité, car l'expérience joue un rôle considérable. On parle ainsi souvent du «Götterblick», ce coup d'œil du forestier. Le marteloscope offre l'opportunité de discuter concrètement de différentes options sylvicoles et de leurs conséquences. Cet outil didactique permet de mener sur le terrain des exercices de martelage d'après des données quantitatives. Dans l'idéal, il se compose d'un vrai peuplement, d'un logiciel qui permet l'exploitation et la discussion des résultats, ainsi que d'un modèle dynamique de peuplement. Le marteloscope fut développé en France dans les années 1990. En Suisse, il existe à ce jour plus de 40 marteloscopes, portant sur diverses questions sylvicoles. Les marteloscopes revêtent une importance particulière dans la formation et la formation continue: ils permettent, sur la base de données quantitatives, de s'exercer à l'acte sylvicole, de le remettre en question et de l'améliorer. Le marteloscope bénéficie encore d'un fort potentiel de développement, notamment en ce qui concerne l'implémentation de questions thématiques et sylvicoles spécifiques, qui permettraient d'avancer des affirmations sur l'écologie par exemple, ou sur des variables pertinentes en sylviculture de montagne, telle la disponibilité en lumière locale, en plus de celles sur les caractéristiques de peuplement classiques comme les essences, la distribution des diamètres, la surface terrière ou le volume. Plusieurs logiciels de marteloscopes sont actuellement disponibles. Il paraît au moins important de simplifier l'échange de données entre les différentes solutions. Il serait aussi souhaitable de combler la lacune de modélisation de l'évolution du peuplement, qui subsiste pour beaucoup de marteloscopes, afin de mieux pouvoir estimer les conséquences des différentes variantes des interventions.

## Importance of marteloscopes for practice and teaching in Switzerland

Marking is one of the core tasks of silvicultural activity. The decisions made are based on the application of the basic forestry methods, but always include a subjective component, as experience plays an important role. In this context, the "silvicultural God's gaze" in German "waldbaulicher Götterblick" is often spoken of. A possibility to discuss different silvicultural options and their consequences in a factual and comprehensible way is offered by the marteloscope. It is a didactic tool that makes it possible to carry out marking exercises based on quantitative data on site. Ideally, it consists of a real inventory and software that allows evaluation and discussion of the results, as well as a dynamic growth model. The marteloscope was developed in France in the 1990s. Today, there are many more than 40 marteloscopes in Switzerland that deal with a wide variety of silvicultural issues. Marteloscopes play a particularly important role in training and education: they allow the practice, questioning and improvement of one's own silvicultural actions based on quantitative principles. There is great potential for the further development of marteloscopes, in particular regarding the implementation of specific thematic and silvicultural issues, which, in addition to the usual stand characteristics such as tree species, diameter distribution, base area and volume, for example, allow statements to be made on ecology or on variables relevant to mountain silviculture such as local light availability. Several marteloscope software solutions have been developed in recent years. It would be important at least to simplify the data exchange between the solutions. It would also be desirable to close the gap that currently exists in the modelling of further stand development, to better estimate the consequences of different intervention variants.