



Abb. 1: Hauptdisplay des MOTI mit Messfunktion, Inventurmodi und Funktions-Parametern

Informationstechnik

# MOTI – ein Tool für die Waldinventur im Taschenformat

Eine App, die von Schweizer Forschenden der HAFL entwickelt wurde, macht es möglich, Waldinventurdaten wie etwa die Grundfläche des Bestandes oder die Baumhöhe mit dem Smartphone zu erfassen.

Von Christian Rosset, Roland Brand, Dominique Weber, Eric Wuillemin, Clotilde Gollut, Iris Caillard, Ulrich Fiedler.

MOTI ist eine Smartphone-App, die es möglich macht, mit nur wenigen Klicks zahlenmässig zu erfassen, was im Wald zu sehen ist – insbesondere Holzvorrat, Baumhöhe, Grundfläche, Stammzahl pro Hektare und Zuwachs. Schauen Sie sich die Abbildung 2 an und versuchen Sie, diese Werte zu schätzen, indem Sie die Person in der Mitte des Bildes als Referenz nehmen. Wie die Resultate tatsächlich aussehen, erfahren Sie später in diesem Artikel.

Wenn man nicht über eine breite Erfahrung verfügt, ist eine solche Schätzung alles andere als einfach. Eines der

Hauptziele von MOTI besteht darin, durch die Möglichkeit der raschen und einfachen Messung der Daten das eigene Beurteilungsvermögen zu trainieren und das Auge zu schulen. Gleichzeitig soll die App aber auch eine objektive und sofortige Entscheidungshilfe vor Ort liefern (für Anzeichnungen, die Planung waldbaulicher Eingriffe ...).

Mit MOTI können einzelne oder in einem Bestand angeordnete Probeflächen gemessen oder auch lokale Inventuren (z. B. eine Stichprobe alle 100 m) durchgeführt werden, wobei der statistische Fehlerbereich laufend berechnet wird (vgl. Abb. 1, oben).

Die App umfasst zudem ein Wachstumsmodell, mit dem die mittelfristige



Abb. 2: Foto eines Fichtenbestandes, in dem zwei Studenten eine Bestandsaufnahme im Rahmen einer selbständigen Arbeit an der HAFL durchführen.

Entwicklung des untersuchten Bestandes simuliert werden kann. Die erfassten Messdaten werden auf einem Server gespeichert und können später im Büro im Excel-Format wieder heruntergeladen werden.

Im Folgenden wird erklärt, wie die Messungen vorgenommen und im Wald sofort ausgewertet werden können. Hinzu kommt ein Vergleich mit anderen Messgeräten sowie ein Überblick über die Stärken, aber auch die Schwächen von MOTI.

**Grundfläche, Stammzahl, Baumhöhe und Holzvorrat**

MOTI ermöglicht die Bestimmung der Grundfläche pro ha (G) nach der *Bitterlich-Methode* (Winkelzählprobe) sowie eine Erfassung der Stammzahl pro ha (N) in kreisförmigen Aufnahmeflächen (Festkreisprobe). Ausserdem lässt sich mit dieser App die Baumhöhe (h) ermitteln. Im Menü «Einstellungen», das durch einen Schraubenschlüssel symbolisiert wird (vgl. Abb. 1), kann der Nutzer den Zählerfaktor (k) zur Bestimmung von G, die Grösse der Probefläche zur Bestimmung von N sowie die Höhe der Jalon-Markierungen zur Messung von N und h frei wählen. Die Messungen sind relativ einfach, wie die kurzen Anleitungen zeigen (vgl. Abb. 3, 4 und 5).

Allerdings braucht es ein bis zwei Stunden Übung, um die Handhabung zum Bestimmen von G, N und h sicher zu beherrschen. Damit gute Ergebnisse erzielt werden, muss das Smartphone zudem vorgängig kalibriert werden. Der integrierte Assistent führt den Nutzer durch diesen Vorgang, der etwa 15 Minuten in Anspruch nimmt und nur ein Mal nach der Installation der App durchgeführt werden muss.

**Direkte Auswertung der Messungen im Wald**

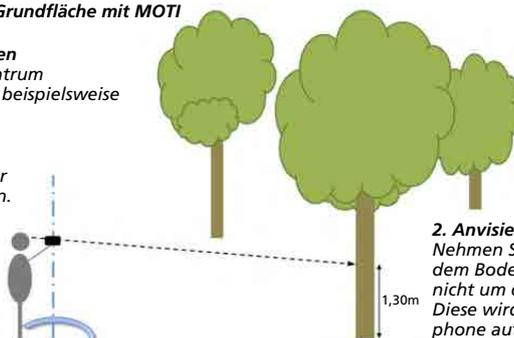
Abbildung 6 zeigt die Auswertung der Messungen, die mit MOTI im Bestand vorgenommen wurden, der in Abbildung 2

MOTI kann über den Google Play Store oder die Website [www.moti.ch](http://www.moti.ch) gratis heruntergeladen werden (bereits über 3500 Downloads). Auf der Website sind auch eine Hilfe-Rubrik zur Anwendung von MOTI sowie diverse Dokumente wie etwa der Schlussbericht zum Projekt zu finden, in dem unter anderem die durchgeführten Tests beschrieben sind. Die Anwendung und die Website stehen in Französisch, Deutsch, Italienisch und Englisch zur Verfügung.

**Bestimmung der Grundfläche mit MOTI**

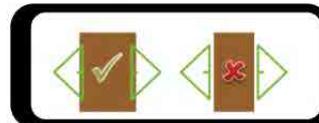
**Position einnehmen**  
Das Aufnahmezentrum visuell markieren, beispielsweise durch einen Ast.

Das Smartphone senkrecht über der Markierung halten.



**2. Anvisieren**  
Nehmen Sie die Bäume 1,30 m über dem Boden ins Visier. Sie brauchen sich nicht um die Hangneigung zu kümmern: Diese wird dank Sensoren im Smartphone automatisch berücksichtigt.

**4. Erfassen**  
Alle Bäume im Gesichtsfeld aufnehmen, indem Sie eine 360°-Drehung mit Ihrem Smartphone machen. Damit müssen Sie sich um das Smartphone drehen und nicht umgekehrt!



Beginnen Sie beim nächstgelegenen Baum, damit Sie sich den Startpunkt merken können.

**3. Zählen oder nicht zählen**  
Die Bäume zählen, deren Stamm auf einer Höhe von 1,30 m breiter ist als die grünen Markierungen auf dem Display. Die Distanz zwischen den grünen Markierungen entspricht dem zuvor gewählten Zählerfaktor.

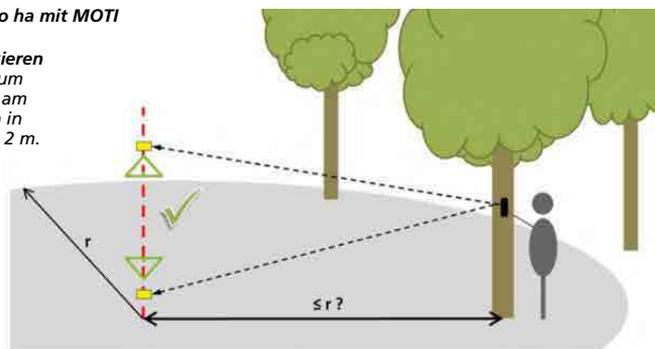
**Achtung: Versteckte Bäume nicht vergessen!**  
Wenn ein Baum durch einen anderen Baum oder ein anderes Hindernis verdeckt wird, dann verschieben Sie sich seitwärts, bis Sie ihn gut sehen können. Achten Sie darauf, die gleiche Distanz zum Baum zu bewahren wie vom Ausnahmezentrum aus.

Sie können auch zoomen. Wenn die grünen Markierungen exakt an den Stamm anschliessen, handelt es sich um einen Grenzbaum. Von diesen wird nur jeder zweite gezählt. Nicht geübte Personen sollten den Status solcher Bäume systematisch überprüfen, um die Auge zu eichen (Distanz vom Zentrum zum Baum <math>BHD \cdot c</math>;  $c=50$  für  $k=1$ ,  $c=35.56$  für  $k=2$ ,  $c=25$  für  $k=4$ ).

Abb. 3: Anleitung zur Bestimmung der Grundfläche pro ha

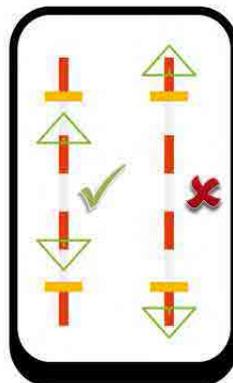
**Bestimmung der Stammzahl pro ha mit MOTI**

**1. Das Aufnahmezentrum markieren**  
Einen Jalon im Aufnahmezentrum platzieren. Zwei Markierungen am Jalon anbringen, wenn möglich in einem Abstand von mindestens 2 m. Diese Markierungen dienen als Referenz zur Ermittlung der Distanz zwischen dem Smartphone und dem Jalon. Nicht vergessen, die Höhen der zwei Markierungen in den Einstellungen von MOTI einzutragen.



**4. Erfassen**  
Überprüfen Sie alle Bäume rund um die Jalons, die sich auf der Aufnahmefläche befinden könnten.

Beginnen Sie beim nächstgelegenen Baum, damit Sie sich den Startpunkt merken können.



**2. Position einnehmen und anvisieren**  
Das Smartphone neben die Mitte des Stamms halten und auf den Jalon ausrichten.

**3. Zählen oder nicht zählen**  
Ein Baum wird gezählt, wenn die Grundlinien der grünen Dreiecke auf dem Display innerhalb der beiden Markierungen auf dem Jalon liegen.

Die Distanz zwischen den grünen Markierungen auf dem Display wird von der gewählten Probefläche (z.B. 3 a) und durch die Höhe über dem Grund der beiden Jalon-Markierungen bestimmt.

Das Smartphone befindet sich auf dem Radius r des Kreises der Aufnahmefläche (z.B. 9,77 m für 3 a), wenn sich die Grundlinien der grünen Dreiecke exakt auf den Jalon-Markierungen befinden.

Die Hangneigung wird automatisch berücksichtigt.

Abb. 4: Anleitung zur Bestimmung der Stammzahl pro ha

abgebildet ist. Die App liefert das Resultat der Messungen sowie zusätzliche Informationen zum Holzvorrat und zum Durchmesser des Grundflächenmittelstammes (dg).

Werden mehrere Aufnahmen im gleichen Bestand durchgeführt, wird auch der statistische Fehlerbereich angegeben. Eine GPS-Funktion ermöglicht zudem die Erfassung der Koordinaten des Messstandorts und ihre Speicherung.

Das Innovative an MOTI beschränkt sich nicht nur auf die Erhebung der Waldinventurdaten. Ebenfalls in die App integriert ist SiWaWa: ein einfaches und wirksames Simulationsmodell, das Auskunft über das Waldwachstum gibt. Dieses Modell erfordert nämlich als Eingabedaten nur gerade die mit MOTI erfassten Werte – das heisst also G, N und hdom (Oberhöhe) –, um in Sekundenbruchteilen die Entwicklung der betroffenen Waldfläche zu simulieren.

SiWaWa liefert Informationen über den Zuwachs, die Vorratsentwicklung, die Mortalität oder auch die Stammzahlverteilung nach BHD-Klasse (vgl. Abb. 6). Aktuell ist diese Funktion auf gleichförmige und reine Buchen-, Fichten-, Esche- und Ahornbestände beschränkt (Mindestanteil der Hauptbaumart 85%).

### MOTI im Vergleich

MOTI schneidet im Vergleich zu herkömmlichen Messgeräten gut ab. Ein Grund dafür sind sicherlich die Vorteile, die ein Smartphone zu bieten hat: die verhältnismässig lichtstarke Optik und der helle Bildschirm, die Zoom-Funktion, die automatische Berücksichtigung der Hangneigung dank integrierten Sensoren oder auch die Möglichkeit, die Messungen zu vereinfachen und sofort auszuwerten dank einer intuitiven grafischen Benutzeroberfläche.

Die App verhindert beispielsweise, dass man bei der Stammzählung die Übersicht verliert, vor allem, wenn dabei zwischen den vorhandenen Baumarten unterschieden wird. Ebenso müssen die gemessenen Daten nicht mehrmals erfasst werden, da sie online mit einem Server synchronisiert und später wieder heruntergeladen werden können.

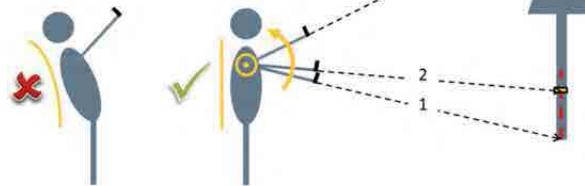
Tests, die im Rahmen des MOTI-Forschungs- und Entwicklungsprojekts durchgeführt wurden, haben ergeben, dass die App verglichen mit dem Spiegelrelaskop von Bitterlich ebenso gute, wenn nicht gar bessere Messergebnisse zur Grundfläche liefert. Bei diesen Tests wurde die Grundfläche G sowohl mit MOTI als auch mit dem Spiegelrelaskop von Bitterlich 96 Mal in vier verschiedenen Beständen er-

### Bestimmung der Baumhöhe mit MOTI

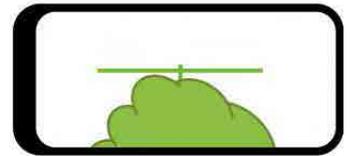
**2. Position einnehmen und anvisieren**  
Sich in einer Distanz zwischen der Hälfte der Baumhöhe und der ganzen Baumhöhe positionieren.

*Drei Ziele anvisieren: zunächst den Stammfuss (am Boden), danach die Markierung auf dem Jalon und schliesslich die Baumspitze.*

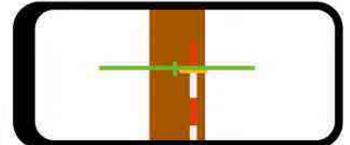
*Wichtig ist, die Arme gestreckt zu halten, sodass Schultern, Smartphone und Ziel auf einer Linie liegen. Dabei soll man sich nicht nach hinten biegen müssen. Wenn es unmöglich ist, die Baumspitze mit geradem Rücken anzuvisieren, muss man sich weiter vom Baum entfernen.*



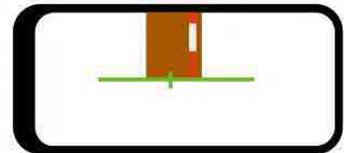
**1. Bezugsmarke setzen**  
Einen Jalon am Baum platzieren und eine Markierung festlegen. Die Höhe der Markierungen über Boden dient als Referenz zur Bestimmung der Baumhöhe.



2.3 Baumspitze anvisieren



2.2 Markierung auf dem Jalon anvisieren



2.1 Stammfuss (am Boden) anvisieren

### Gut zu wissen...

Für ein besseres Messergebnis mindestens drei Messungen durchführen und den Durchschnitt, der automatisch berechnet wird und auf dem Bildschirm angezeigt wird, als Endergebnis betrachten.

Abb. 5: Anleitung zur Bestimmung der Baumhöhe



Abb. 6: Auswertung der Bestandesmessungen

fasst (Laub- und Nadelholz, Stangenholz und Hochwald).

Bei unterschiedlichen Resultaten wurden die problematischen Bäume identifiziert und die Fehlerquelle analysiert. Bei der Bestimmung der Baumhöhe ist MOTI zwar nicht so präzise wie ein Vertex, wobei die App nicht weit davon entfernt

ist: Die Abweichung betrug in 75% der Fälle weniger als 6%.

Für MOTI spricht auch, dass dieses Tool keine grossen materiellen Investitionen erfordert. Nötig sind einzig ein Smartphone und ein Jalon. Es ist darauf hinzuweisen, dass MOTI in sehr steilem Gelände nicht getestet wurde.

## WALD UND HOLZ

Im Rahmen einer Studie, die in einem Berggebiet im Kanton Wallis durchgeführt wurde, stellte *Wendeling* (2014) gewisse Schwächen fest: schlecht lesbarer Bildschirm bei direkter Sonneneinstrahlung oder sehr kontrastreichen Wetterbedingungen; schwierige Fokussierung auf einen Baum, wenn das Unterholz dicht ist und einen Grossteil des Vordergrundes ausmacht; schwierige Messung der Baumhöhe, wenn der Stammfuss nicht sichtbar ist.

Die eingeschränkte Lesbarkeit bei direkter Sonneneinstrahlung hängt sehr stark vom Smartphone-Modell ab. Bei den neuesten Modellen, etwa dem Samsung Galaxy S5, ist dieses Problem behoben.

### Das Büro in der Hosentasche

MOTI nutzt die grossen technologischen Fortschritte, die in den letzten Jahren im Smartphone-Bereich erzielt wurden. Smart-

phones sind nicht nur Mobiltelefone und kleinste Computer in einem, sondern enthalten auch zahlreiche Sensoren, mit denen sie ihre unmittelbare Umgebung erfassen können (GPS-Koordinaten, optimale visuelle Wiedergabe auf dem Display, Hangneigung ...), und lassen sich dank Touchscreens einfach und intuitiv nutzen. Ihre kompakte Grösse macht sie zum idealen Tool, das man immer dabei hat und mit dem Aufnahmen im Wald gemacht werden können, ohne mehrere Messinstrumente mit sich tragen zu müssen.

Die App ist wie ein Schweizer Taschenmesser: stets einsatzbereit, einfach anzuwenden und effizient. MOTI ist das Ergebnis eines Forschungs- und Entwicklungsprojekts, das von der Hochschule für Agrar-, Forst- und Lebensmittelwissenschaften (HAFL) in Zusammenarbeit mit dem Departement Technik und Informa-

tik der Berner Fachhochschule (BFH) durchgeführt wurde. Finanziert und unterstützt wurde das Projekt durch den Wald- und Holzforschungsfonds des Bundesamtes für Umwelt (BAFU) und sieben Kantone der Schweiz (Freiburg, Graubünden, Luzern, Tessin, Wallis, Waadt und Zürich).

### Autoren

Christian Rosset, Roland Brand, Dominique Weber, Eric Wuillemin, Clotilde Gollut, Iris Caillard arbeiten an der Hochschule für Agrar-, Forst- und Lebensmittelwissenschaften HAFL, Ulrich Fiedler arbeitet an der Berner Fachhochschule (BFH), Abteilung Technik und Informatik (TI).

Dieser Artikel wurde erstmals in Französisch in der Zeitschrift *Forêt-entreprise* 220 (Januar 2015) publiziert (S. 30–33). Er wird hier mit der freundlichen Genehmigung der Autoren und der Redaktion der französischen Fachzeitschrift *Forêt-entreprise* veröffentlicht.