

Verwendung der hemisphärischen Fotografie im Wald

Wie viel Licht ist im Wald? Wie gross ist die Blattfläche des Waldes? Um diese Fragen in einem Bestand quantitativ beantworten zu können, bietet die hemisphärische Fotografie eine bewährte Möglichkeit.

von Patrick Schleppi & Anne Thimonier, Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (WSL)

Spiegelreflexkameras und manche kompakte Photoapparate können mit sogenannten Fischaugenobjektiven ausgerüstet werden.

Einführung

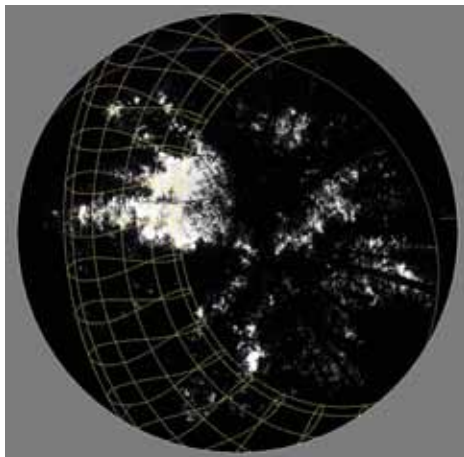
Mit der Entwicklung der digitalen Fotografie hat auch das Interesse an der hemisphärischen Fotografie seit den 2000er Jahren zugenommen (Fournier & Hall, 2017). Wie der Name sagt, geht es dabei um die Aufnahme von Bildern, die einen Öffnungswinkel von 180° vor der Linse abdecken. Wenn man gegen den Zenit fotografiert, erhält man so ein vollständiges Bild von allem, was sich über dem Horizont befindet. Ein Beispiel aus einem Wald ist in *Abbildung 1* illustriert. Die Anwendung dieser Technik im Wald zielt oft auf die *Quantifizierung der gesamten Blattfläche eines Bestandes*, eines entscheidenden Parameters für viele Prozesse im Wald. Bei einer anderen häufigen Anwendung geht es darum, den *Lichthaushalt am*

Standort der Aufnahme zu beurteilen, was ein wichtiger Faktor für die Vegetationsentwicklung und speziell für die Verjüngung darstellt (Schleppi & Paquette, 2017). Für beide Anwendungen gibt es ähnliche methodische Anforderungen, aber die Auswertung der Bilder verläuft unterschiedlich. Ziel dieses Artikels ist es, die entsprechenden Vorgehensweisen zu erklären und mit anderen Methoden zu vergleichen.

Material

Spiegelreflexkameras und manche kompakte Photoapparate können mit Objektiven ausgerüstet werden, die einen extrem breiten Winkel haben, sogenannte Fischaugenobjektive mit bis zu 180° Öffnung. Es gibt sogar zusätzliche Linsen, die auf die Kamera eines mobilen Telefons passen, aber deren optischen Qualität ist oft ungenügend. Bei Spiegelreflexkameras ist weiter nach Sensorgrösse zwischen Vollformat und Kleinformat zu unterscheiden. Die erforderliche Brennweite des Objektivs hängt nämlich davon ab. Um 180° Öffnung abzudecken, benötigt ein Vollformat-Sensor eine Brennweite von 8 mm. Für ein Kleinformat braucht es sogar nur 4,5 mm Brennweite. Die Anschaffung einer kompletten Ausrüstung inklusive Stativ kostet schnell um die 2000 Fr. Eine gute Spiegelreflexkamera ist aber vielseitig einsetzbar, und kann mit anderen Objektiven verwendet werden.

Um den Photoapparat genau waagrecht zu stellen, und um die Ausrichtung nach den Himmelsrichtungen zu kontrollieren, braucht man zusätzlich eine Montageplatte zwischen Stativ und Kamera. Auf dieser Platte werden eine Libelle und ein Kompass montiert. Solche Platten sind nicht kommer-



P. Schleppi

Abb. 1: Hemisphärisches Photo eines Fichten Bestandes im Alptal (SZ). Der Norden ist rechts. Die parallele Linien zeigen die Bahnen der Sonne einmal pro Monat und die 8-förmigen Kurven stellen deren Position zu runden Stunden. Die Kurve oben rechts zeigt die Bodenmeigung (17%).

ziell verfügbar. Pläne können aber bei den Autoren dieses Artikels bezogen werden.

Vorgehensweise im Wald

Ziel der hemisphärischen Fotografie im Wald ist immer, Bilder mit einem guten Kontrast zu erhalten. Die Vegetation (die Bäume) sollten auf dem Bild dunkel erscheinen, während der Himmel genügend hell sein sollte. Eine automatische Belichtung führt leider meistens nicht zum Ziel, besonders in dichten Beständen: sie würde die wenigen Lichtflecken so überbelichten, dass sie wesentlich grösser erscheinen würden. Es wird deshalb empfohlen, im manuellen Modus eine Belichtungsreihe aufzunehmen, die von anscheinend zu dunklen bis zu recht hellen Bildern geht. Ideal für die Aufnahmen ist ein regelmässig heller Himmel, entweder mit einer regelmässigen Wolkendecke, oder ein klarer Himmel vor Sonnenaufgang bzw. nach Sonnenuntergang. So erhält man den besten Kontrast zwischen Vegetation und Himmel.

Für die Auswahl der genauen Standorte, wo man die Aufnahmen machen will, muss man von den konkreten Zielen der jeweiligen Untersuchung ausgehen. Wichtig ist dabei zwischen den Zielen «Blattflächen-Index» und «Lichthaushalt» zu unterscheiden. Im ersten Fall steht jedes Photo für die Beurteilung des ganzen Bestandes da. Aber im zweiten Fall gibt jedes Bild nur Information über genau dem Punkt, aus dem fotografiert wurde.

Auswertung am Computer

Aus jeder Belichtungsreihe wird zuerst am Bildschirm das beste Photo ausgewählt. Dabei achtet man allgemein darauf, dass das Bild stark genug belichtet ist, aber dass doch keine Strukturen (Äste, Blätter) im Licht verschwinden. Diese Operation bleibt leider etwas subjektiv und verlangt ein wenig Erfahrung. Neue Benutzer sollten sich deshalb nicht schämen, zuerst eine Reihe von Bildern als reine Übung aufzunehmen.

Es gibt mehrere Programme, die spezifisch für die Auswertung von hemisphärischen Bildern konzipiert wurden. Die Auswahl geht



A. Thimonier

Abb. 2: Ausrüstung für die hemisphärische Fotografie, mit Fischaugenobjektiv, Stativ (inklusive 3-Achsen-Kopf) und Montageplatte (inklusive Kompass und Libelle).

von kostenlosen Produkten bis zu solchen über 1000 Fr. Der Erstautor dieses Artikels hat selber eine Software entwickelt, die sich in einem mittleren Preissegment befindet, bzw. im billigeren Bereich, wenn die Anwendung nicht kommerziell bleibt (<https://www.schleppi.ch/hemisfer/>).

Alle gute Softwarepakete sind in der Lage, aus hemisphärischen Bildern den Öffnungsgrad des Bestandes und den Blattflächen-Index zu schätzen (leaf area index, LAI auf Englisch). Diese Kenngrösse entspricht der

Verschiedene Softwarepakete können zudem den Lichthaushalt schätzen ...

Beispiel Langfristige Waldökosystem Forschung LWF

In der LWF (www.wsl.ch/lwf) der Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (WSL) werden alle 2 bis 10 Jahre hemisphärische Bilder aufgenommen, stets im gleichen Jahr wie die Vegetationsaufnahmen. Auf jedem der ausgewählten 18 Standorte werden 16 Bilder gemacht. Dies geschieht in einem 4 x 4 Raster, wo sich auch Quadrate für Vegetations-Aufnahmen befinden. So können diese Bilder sowohl für die Lichtverhältnisse bei diesen Quadraten als auch für die Quantifizierung vom Blattflächenindex (LAI) verwendet werden. So wird es möglich, allfällige Änderungen in der botanischen Zusammensetzung der Krautschicht oder in der Verjüngung mit der sichtbaren Bestandesstruktur in Relation zu bringen. Besonders interessant sind solche Zusammenhänge, wenn man verschiedene Standorte und Baumarten vergleicht. Änderungen im LAI sind auch von Interesse, wenn waldbauliche Eingriffe oder natürliche Störungen plötzliche Veränderungen verursachen, und wenn der Bestand sich dann progressiv wieder erholt.

Methode	Vor- und Nachteile
Hemisphärische Fotografie	<ul style="list-style-type: none"> + schnell + Bilder als Rohdaten speicherbar (neue Analysen möglich) – hängt vom Wetter ab, Belichtung nicht ganz reproduzierbar – Stämme & Äste nur bei Laubbäumen trennbar (Photos im Winter)
Spezifische Sensoren, z.B. Li-Cor LAI 2020	<ul style="list-style-type: none"> + schnell, Resultate z.T. schon im Wald erhältlich – kein Bild verfügbar, wenn die Resultate unerwartet sind – hängt vom Wetter ab (etwas weniger als Fotografie) – Stämme & Äste nur bei Laubbäumen trennbar (Messung im Winter)
Spezifische Geräte, z.B. Solariscope, «Plant canopy imager»	<ul style="list-style-type: none"> + schnell, Resultate schon im Wald erhältlich – relativ teuer (für eine sehr spezifische Ausrüstung) – hängt vom Wetter ab – Analyse-Methoden (Software) nicht immer transparent und wählbar – Stämme & Äste nur bei Laubbäumen trennbar (Messung im Winter)
Blattfläche aus Streusammlern	<ul style="list-style-type: none"> + unabhängig von komplizierten Analyse-Methoden + relativ billig – arbeitsaufwendig – nur bei sommergrünen Arten

Tab. 1: Methoden zur Ermittlung vom Blattflächen-Index im Wald, mit deren wichtigsten Vor- und Nachteilen.

Methode	Vor- und Nachteile
Hemisphärische Fotografie	<ul style="list-style-type: none"> + schnell, mehrere Punkte in einem Arbeitsgang messbar + Bilder als Rohdaten speicherbar (neue Analysen möglich) + Lichtverhältnis rot / fernrot modellierbar – hängt vom Wetter ab, Belichtung nicht ganz reproduzierbar
Lichtsensoren	<ul style="list-style-type: none"> + direkteste Messung + verschiedene Empfindlichkeits-Spektren existieren – Messung über ganze Vegetationszeit nötig, um repräsentativ zu sein – dann nur ein Punkt pro Sensor
Sonnenkompass, sphärisches Densi(t)-ometer	<ul style="list-style-type: none"> + schnell, leicht, Resultate schon am Standort erhältlich + relativ billig + relativ genau bei grossen Lücken (verklumpte Bestände) – Licht durch kleinere Lücken schwer zu schätzen
Vertikales Densi(t)-ometer	<ul style="list-style-type: none"> + schnell, leicht, Resultate schon am Standort erhältlich + billig – nur ein enger Bereich um den Zenit sichtbar aufs Mal

Tab. 2: Methoden zur Ermittlung von den Lichtverhältnissen im Wald, mit deren wichtigsten Vor- und Nachteilen.

gesamten (einseitigen) Fläche von Blättern und Nadeln im Verhältnis zur Fläche vom Boden. In der Praxis hat man oft nicht direkt die Möglichkeit, Stämme und Äste separat zu betrachten, und dann erhält man eigentlich einen Pflanzenflächen-Index. Trotzdem wird dann oft etwas ungenau von «LAI» gesprochen. Zum Teil lässt sich auch ein Verklumpungsgrad des Bestandes ermitteln, was die LAI Schätzung verbessert.

Verschiedene Softwarepakete können zudem den Lichthaushalt schätzen, in dem sie jedes Bild wie eine Maske betrachten, bei der sichtbare Pflanzenteile das Licht vom Himmel und speziell von der Sonne abblenden. Hauptresultat von solchen Analysen ist ein punktueller Licht-Index, wie viel Licht im Bestand im Verhältnis zum Licht über dem Bestand über eine wählbare Periode des Jahres verfügbar sein soll. Aus jedem Bild wird also über die Zeit extrapoliert, indem die Sonnenbahnen hinter der Bildmaske gerechnet werden. Und indem eine gewisse Wahrscheinlichkeit von freiem oder bedecktem Himmel in Betracht gezogen wird. Wichtig für das Wachstum von Keimlingen und Setzlingen ist oft das Verhältnis zwischen rotem und fernrotem Licht. Dieses Verhältnis wird zusätzlich von wenigen Software-Paketen aus dem Bild geschätzt.

Vergleich mit anderen Methoden

Je nach Ziel (entweder LAI oder Lichthaushalt) gibt es verschiedene Methoden, die sich in einer gewissen Konkurrenz zur hemisphärischen Fotografie befinden (Schleppi & Paquette, 2017). Die Tabellen 1 und 2 fassen verschiedene Aspekte zusammen, die in der Anwendung ins Gewicht fallen.

Weiterführende Informationen

Anwendungsorientierte Videos (auf Englisch, mit Untertiteln):

<https://www.schleppi.ch/patrick/hemisferel/videos/>

Kontakt:

Patrick Schleppi, patrick.schleppi@wsl.ch