

**Zeitschrift:** Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen = Swiss forestry journal = Journal forestier suisse  
**Herausgeber:** Schweizerischer Forstverein  
**Band:** 168 (2017)  
**Heft:** 6

**Artikel:** Ökologische Bewertung von Waldrändern : ein Methodenvergleich  
**Autor:** Fuhrer, Björn / Babbi, Manuel / Krüsi, Bertil O.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-1097500>

### **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:** 02.05.2026

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

# Ökologische Bewertung von Waldrändern: ein Methodenvergleich

**Björn Fuhrer** Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften, Institut für Umwelt und Natürliche Ressourcen (CH)  
**Manuel Babbi** Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften, Institut für Umwelt und Natürliche Ressourcen (CH)\*  
**Bertil O. Krüsi** Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften, Institut für Umwelt und Natürliche Ressourcen (CH)

## Ökologische Bewertung von Waldrändern: ein Methodenvergleich

Waldränder sind durch den Menschen entstandene, artenreiche Übergangs- und Vernetzungselemente, die in den vergangenen Jahrzehnten durch die Intensivierung der Landnutzung an vielen Orten immer schmäler und einförmiger geworden sind. Seit einiger Zeit fördert der Bund die ökologische Aufwertung von Waldrändern. Diesbezüglich ist es von Interesse, wie erfolgreich diese Aufwertungsmassnahmen sind. Die vorliegende Arbeit vergleicht die beiden Bewertungsmethoden Pro Natura und Krüsi anhand von elf aufgewerteten und drei nicht aufgewerteten Waldrändern. Beide Methoden erfassen die ökologische Qualität der Waldränder anhand von strukturellen Merkmalen und aufgrund der botanischen Vielfalt, wobei sich die einzelnen Kriterien zum Teil unterscheiden. Während die Beurteilung bei der Methode Pro Natura primär auf Schätzungen beruht, verlangt die aufwendigere Methode Krüsi meist Messungen. Die Resultate der beiden Methoden waren sehr ähnlich und wiesen eine hoch signifikante positive lineare Korrelation auf. Beide Methoden zeigten klar, welche Waldränder eine gute und welche eine schlechte ökologische Qualität aufweisen. Die Methode Pro Natura eignet sich zur einfachen und raschen Beurteilung des ökologischen Potenzials eines Waldrandes. Die Methode Krüsi eignet sich dank reproduzierbaren Ergebnissen auch für wissenschaftliche Erfolgskontrollen.

**Keywords:** forest edge, ecological improvement, evaluation keys, success monitoring, Switzerland  
**doi:** 10.3188/szf.2017.0313

\* Grüental, CH-8820 Wädenswil, E-Mail manuel.babbi@zhaw.ch

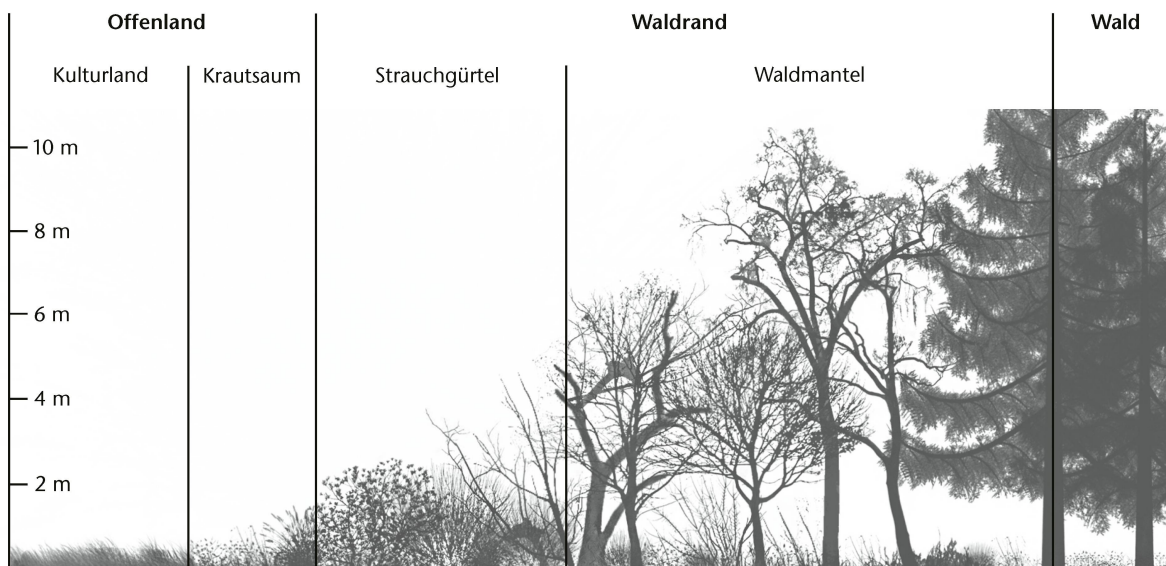
**E**in Waldrand verbindet die Lebensräume des Offenlandes mit denen des Waldes. Er besteht im Idealfall aus Waldmantel, Strauchgürtel und Krautsaum (Abbildung 1). Die meisten Waldränder sind durch die Landnutzung des Menschen entstanden und bedürfen deshalb periodischer Pflege (Coch 1995).

In der Schweiz stellen Waldränder mit rund 117 000 Kilometern Länge einen beachtlichen Lebensraum dar, der zahlreichen Tierarten Nahrung, Unterschlupf und Schutz bietet (Brändli 2010). Der aussergewöhnliche Artenreichtum macht gut ausgebildete Waldränder zu ökologisch speziell wertvollen Lebensräumen (Flückiger et al 2002, Bartsch & Röhrig 2016). Die floristische und faunistische Vielfalt beruht auf kleinräumig wechselnden Standortverhältnissen, beispielsweise bezüglich Licht, Wasser, Wärme, Nährstoffen und Wind (Bollmann et al 2009). Zudem treffen am Waldrand sowohl waldbewohnende Arten als auch Offenlandarten aufeinander sowie Spezialisten, die weder im Wald dahinter

noch auf dem Feld davor vorkommen (Flückiger 1999). Darüber hinaus ist ein ökologisch wertvoller Waldrand ein bedeutendes Vernetzungselement in der ausgeräumten Kulturlandschaft und fungiert als Rückzugsort für Arten des Offenlandes (von Büren et al 1995; Abbildung 2).

Durch die Intensivierung der Landnutzung werden diese Übergangsbereiche immer schmäler und einförmiger (Flückiger et al 2002, Bartsch & Röhrig 2016). Die meisten Waldränder der Schweiz weisen heute keine ökologisch optimale Struktur auf (Imesch et al 2015). Durch Neophyten und durch vermehrte Störung durch Erholungssuchende kommen Waldränder zusätzlich in Bedrängnis. Der Schutz und die Pflege von Waldrändern sind dementsprechend dringlich, und das Aufwertungspotenzial ist erheblich (Imesch et al 2015; Abbildung 3).

Seit vielen Jahren werden in der Schweiz Waldrandaufwertungen gefördert und durchgeführt. Auch in der Strategie Biodiversität Schweiz (Schweizerische Eidgenossenschaft 2012) und in der



**Abb 1** Idealer Aufbau eines stufigen Waldrandes mit den unterschiedlichen Waldrandelementen.

Waldpolitik 2020 (BAFU 2013) sind Waldrandaufwertungen ein Ziel. Diese erfolgen in der Praxis weitgehend auf Waldareal. Landwirte erhalten aufgrund der Direktzahlungsverordnung für Streueflächen, Ackerschonstreifen und extensiv genutzte Wiesen und Weiden entlang von Wäldern Biodiversitätsbeiträge und können zudem Vernetzungsbeiträge beantragen. Entsprechend zertifizierte Betriebe können die Flächen ausserdem bei IP-Suisse oder Bio Suisse anrechnen lassen. Waldeigentümer erhalten zum Teil zusätzlich zum Holzerlös Entschädigungen für erbrachte Leistungen zugunsten der Biodiversität und der Vernetzung (Bolliger & Stadler 2015).

Zur Beurteilung des ökologischen Zustandes eines Waldrandes und zur Erfolgskontrolle von umgesetzten Massnahmen sind nachvollziehbare Bewertungsmethoden gefragt. Aktuell gibt es in der Schweiz mindestens drei unterschiedliche Methoden: den Bewertungsschlüssel von Krüsi (Krüsi & Schütz 1994, Krüsi 2015), den Bewertungsschlüssel von Pro Natura (von Büren et al 1995, Pro Natura 2013) und die Methode des Landesforstinventars (Stierlin et al 1994, Keller 2013). Letztere wurde durch Babbi & Krüsi (2015) bereits eingehend mit der Methode Krüsi verglichen. Der vorliegende Artikel vergleicht die Methode Pro Natura (Pro Natura 2013) mit jener von Krüsi (Krüsi 2015). Der Entwickler der Methode Krüsi ist Mitautor der Studie. Experten von Pro Natura haben in einem Gutachten den Aufsatz kommentiert. Die Schlussfolgerungen und Bemerkungen wurden berücksichtigt.

Im Methodenvergleich wurden insbesondere die folgenden Fragen untersucht:

- Welches sind die wichtigsten Unterschiede zwischen den beiden Methoden, und wo liegen die Vor- und Nachteile der jeweiligen Methode?
- Wie relevant sind die berücksichtigten Kriterien zur Beurteilung der Waldränder, und wie stark werden sie gewichtet?

- Wie anwenderfreundlich und wie felddauglich sind die beiden Methoden?
- Für welchen Zweck und für welche Zielgruppe ist welche Methode am besten geeignet?

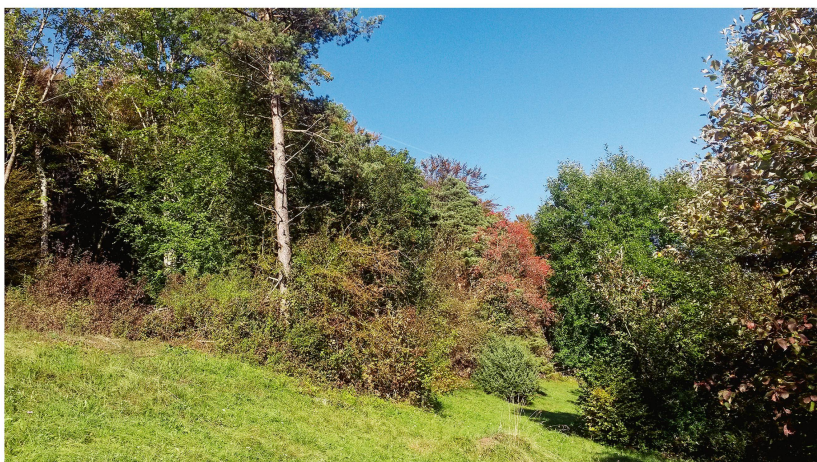
## Bewertung der Waldränder

Für den Methodenvergleich wurden insgesamt elf aufgewertete und drei nicht aufgewertete Waldränder mit beiden Methoden untersucht. Die Untersuchungen wurden zwischen März und August 2016 durchgeführt. Alle Waldränder lagen in der Waldregion 1 im nördlichen Teil des Kantons St. Gallen zwischen 493 und 902 m ü. M. Sämtliche Feldaufnahmen, Auswertungen und Vergleiche wurden vom Erstautor dieses Artikels, einem Studenten der Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften, der beide Bewertungsmethoden vorher nicht gekannt hatte, durchgeführt. Jeder Waldrand wurde zuerst mit der Methode Pro Natura und anschliessend mit der Methode Krüsi bewertet.

### Bewertungsmethode Krüsi

Die Methode Krüsi – der sogenannte Waldrand-schlüssel – wurde Anfang der 1990er-Jahre entwickelt und im Rahmen von zwei Diplomarbeiten getestet (Krug 1992, Sommer & Stadler 1993). Erstmals veröffentlicht wurde die Methode 1994 (Krüsi & Schütz 1994). Im Rahmen von wissenschaftlichen Arbeiten wurde die Methode in der Zwischenzeit mehrere hundert Mal angewendet (z.B. Spörri et al 2014, Babbi et al 2016). Seit der ersten Veröffentlichung wurde der Waldrand-schlüssel einige Male leicht überarbeitet. Für den Methodenvergleich wurde die aktuellste Version verwendet (Krüsi 2015). Diese umfasst ein Bewertungsformular, eine Kurzanleitung sowie ein Glossar.

Der Waldrand-schlüssel wurde entwickelt, damit Fachpersonen den ökologischen Zustand von



**Abb 2** Ein strukturreicher, aufgewerteter Waldrand im Kanton Aargau, der eng mit dem Offenland verzahnt ist. Foto: Marcel Blattner



**Abb 3** Ein strukturarmer Waldrand im Kanton Schwyz vor einer geplanten Aufwertung. Foto: Daniel Hepenstrick

Waldrändern nachvollziehbar, reproduzierbar und nach wissenschaftlichen Kriterien bewerten und Ziele für eine Aufwertung definieren können. Mit der Methode können nach erfolgten Aufwertungsmassnahmen systematische Erfolgskontrollen durchgeführt und quantitative Aussagen zu ihrer Wirksamkeit gemacht werden.

Die Anleitung zum Waldrandschlüssel umfasst die vier Schritte «Vorbereitung», «Hauptschlüssel», «Ergänzungen» und «Auswertung», die auch in der vorliegenden Arbeit befolgt wurden. Zur Vorbereitung wurde ein 100 m langer Waldrandabschnitt ausgewählt, und es wurden eine Beurteilungslinie ausserhalb des Waldrandes und fünf Stichprobenpunkte im Abstand von je 25 m festgelegt. Im Schritt Hauptschlüssel wurden die Waldrand-, die Strauchgürtel- und die Krautsaumtiefen entlang von fünf Transekten – ausgehend von den Strichprobenpunkten – in den Wald hinein gemessen. Anschliessend wurden die Strauchgürtel- und die Krautsaumlänge sowie die Belaubungsdichte geschätzt und die Gehölzarten in der Baum-, Strauch- und Krautschicht erfasst. Im Schritt Ergänzungen wurden der Krautsaumtyp, die botanische Vielfalt der Waldbodenvegetation und

der Verzahnungsgrad beurteilt. Des Weiteren wurden Kleinstrukturen (inklusive Totholz), ein allenfalls vorgelagerter Strauchgürtel sowie Problemarten und invasive Neophyten erfasst. Für die Auswertung wurde die Punktzahl berechnet und der untersuchte Waldrand einer der folgenden Qualitätsklassen zugeordnet: «Waldrand nicht vorhanden» ( $\leq 18$  Punkte), «schlecht» (19–28), «ungenügend» (29–38), «befriedigend» (39–48), «wertvoll» (49–58) und «sehr wertvoll» ( $\geq 59$ ). Abschliessend wurde eine Plausibilitätskontrolle durchgeführt. Die Bewertung eines Waldrandes dauerte rund 1.5 Stunden.

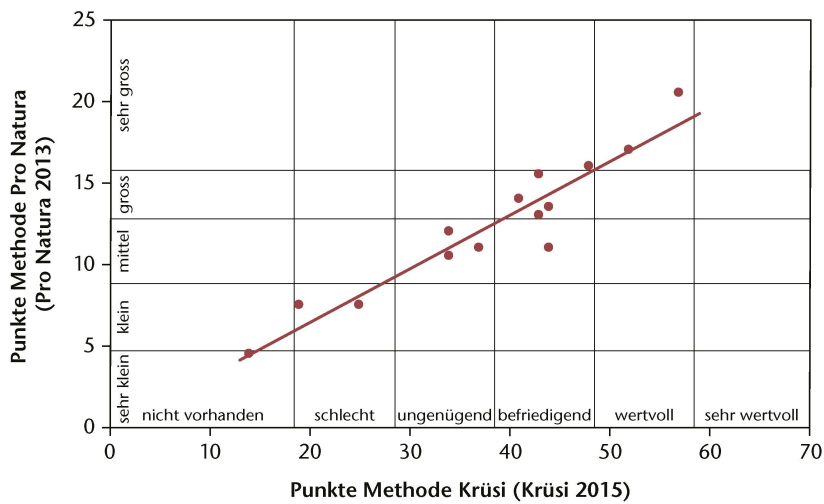
### Bewertungsmethode Pro Natura

Erstmals veröffentlicht wurde dieser Schlüssel 1995 vom Schweizerischen Bund für Naturschutz (heute Pro Natura; von Büren et al 1995). 2013 wurde von Pro Natura die Broschüre «Waldränder ökologisch aufwerten – Leitfaden für die Praxis» neu herausgegeben (Pro Natura 2013).

Die Methode wurde entwickelt, damit Waldeigentümer und Förster Waldränder mit grossem ökologischem Potenzial erkennen und schnell beurteilen können, ob eine Aufwertung sinnvoll ist. Die einfach anwendbare Methode dient auch dazu, die Veränderungen der Strukturvielfalt nach erfolgtem Eingriff zu erkennen.

Das Bewertungsformular des Schlüssels ist in zwei Teile gegliedert: Im ersten Teil wird das ökologische Potenzial, im zweiten Teil die Strukturvielfalt erfasst. Anhand der Strukturvielfalt lässt sich das Aufwertungspotenzial ermitteln. Da der erste Teil primär standörtliche und nicht mit der Methode Krüsi vergleichbare Kriterien beinhaltet, wird in diesem Artikel nur auf den zweiten Teil «Strukturvielfalt» eingegangen. Das Vorgehen, wie eine Waldrandbewertung mit dem Schlüssel von Pro Natura durchzuführen ist, wird in der Broschüre nicht beschrieben. Es werden aber einige wenige Begriffe definiert.

Da die Methode Pro Natura keine Mindestlänge für die zu untersuchenden Waldränder festlegt, wurden die gleichen 100 m wie bei der Methode Krüsi beurteilt. Die Beurteilung wurde aus Sicht vom Offenland in den Wald hinein vorgenommen. Zuerst wurde der Waldrand entlang des Krautsaums oder des Strauchgürtels abgescritten. Dabei wurde die durchschnittliche Krautsaum- und Strauchgürtelbreite geschätzt. Beim zweiten Abschreiten wurden die Baum- und Straucharten bestimmt. Gehölzarten, die im Schlüssel nicht aufgeführt sind, wurden ergänzt und nach eigener Einschätzung der Baum- oder Strauchschicht zugeteilt. Weiter wurden die aufgelisteten Kleinstrukturen erfasst. Bei den Dornsträuchern wurde angenommen, dass sich das Kriterium «>20%» im Bewertungsformular auf den Deckungsgrad der Dornsträucher im Waldmantel und im Strauchgürtel bezieht. Zudem wurden Erlen (*Alnus* spp.), Pappeln (*Populus* spp.), Weiden (*Salix*



**Abb 4** Zusammenhang zwischen den mit der Methode Krüsi und der Methode Pro Natura beurteilten Waldrändern ( $n=14$ ;  $r^2=0.89$ ;  $p<0.0001$ ). Zusätzlich zu den Punkten sind die fünf Strukturvielfaltsklassen der Methode Pro Natura sowie die sechs Qualitätsklassen der Methode Krüsi dargestellt.

spp.) und Birken (*Betula* spp.) in Anlehnung an die Methode des LFI als Weichhölzer definiert. Zum Schluss wurden aus einer Distanz von rund 10 m der Deckungsgrad des Waldmantels, der Aufbau und die Verzahnung geschätzt. Entsprechend der Gesamtpunktzahl erfolgte die Zuteilung des Waldrandes zu einer der fünf Strukturvielfaltsklassen «sehr klein» ( $\leq 4.5$  Punkte), «klein» (5–8.5), «mittel» (9–12.5), «gross» (13–15.5) oder «sehr gross» ( $\geq 16$ ). Die Beurteilung eines Waldrandes mit der Methode Pro Natura dauerte durchschnittlich 0.5 bis 1 Stunde.

### Auswertung

Der lineare Zusammenhang zwischen den mit den beiden Methoden ermittelten Punktzahlen der 14 untersuchten Waldränder wurde mit einer Rangkorrelationsanalyse nach Spearman, unter Verwendung der Statistiksoftware R 3.1.2 (R Core Team 2014), berechnet. Die ökologische Relevanz der berücksichtigten Kriterien und der verwendeten Gewichtungen wurde anhand einschlägiger Literatur beurteilt.

## Resultate

### Vergleich der Bewertungen

Von den 14 Waldrändern stufte die Methode Krüsi zwei als «wertvoll», sechs als «befriedigend», drei als «ungenügend», zwei als «schlecht» und einen als «nicht vorhanden» ein. Das Prädikat «sehr wertvoll» wurde von keinem Waldrand erreicht. Die Methode Pro Natura bewertete die Waldränder wie folgt: Drei hatten eine «sehr grosse», vier eine «grosse», vier eine «mittlere», zwei eine «kleine» Strukturvielfalt, und ein Waldrand wies eine «sehr kleine» Strukturvielfalt auf. Wie die hoch signifikante positive lineare Korrelation zeigt, führte die Beurteilung

der Waldränder bei beiden Methoden zu sehr ähnlichen Resultaten (Abbildung 4).

### Vergleich der Kriteriengewichtung

Die beiden Schlüssel enthalten mehrere vergleichbare Kriterien, die einander gegenübergestellt werden konnten, wobei die Kriterien in die drei Gruppen «Botanische Vielfalt», «Struktur» und «Minuspunkte (Problemarten und invasive Neophyten)» eingeteilt wurden (Tabelle 1). Einige Kriterien kommen lediglich im Krüsi-Schlüssel vor. Das Kriterium «Belaubungsdichte» (Methode Krüsi) konnte nur unter Vorbehalt dem «Deckungsgrad des Waldmantels» (Methode Pro Natura) gegenübergestellt werden. Im Pro-Natura-Schlüssel gibt es viele Punkte, wenn der Deckungsgrad des Waldmantels – von oben betrachtet – klein ist, bei der «Belaubungsdichte» im Krüsi-Schlüssel gibt es viele Punkte, wenn die mit Vegetation bedeckte Fläche bis 1.5 m über Boden – von der Seite betrachtet – gross ist.

Insgesamt fällt auf, dass im Pro-Natura-Schlüssel die botanische Vielfalt deutlich weniger stark gewichtet wird als im Krüsi-Schlüssel (22% versus 34% der maximal möglichen Punktzahl). Dafür wird die Struktur stärker gewichtet (78% versus 66%). Problemarten und invasive Neophyten werden nur im Krüsi-Schlüssel berücksichtigt (mit Minuspunkten). Im Pro-Natura-Schlüssel kommen invasive Neophyten nicht vor, weil die Autoren der Methode empfehlen, gebietsfremde Arten zu bekämpfen, bevor eine Waldrandaufwertung durchgeführt wird.

## Diskussion

### Relevanz der Kriterien

Beide Methoden bewerten die Waldränder anhand struktureller und botanischer Merkmale. Laut Coch (1995) sind diese als Indikatoren für die Biodiversität grundsätzlich sinnvoll. Der Zusammenhang zwischen den Waldrandbewertungen mit der Methode Krüsi und dem Artenreichtum wurde bereits durch Meier (1996) belegt (Krüsi et al 1997). Da die Methode Pro Natura die gleichen Eigenschaften bewertet, ist ebenfalls von einer Korrelation auszugehen. Mit der Methode Pro Natura nicht bewertet werden Neophyten, die Qualität des Krautsaums, Längenausdehnungen und die effektive Waldrandtiefe, was für den angestrebten Verwendungszweck aber auch nicht notwendig ist.

Ein breiterer Krautsaum und Strauchgürtel sowie eine grössere Anzahl Gehölzarten bedeuten mehr Tagfalter, Wildbienen, Heuschrecken und Gefässpflanzen (Hondong et al 1993, Flückiger 1999). Beide Methoden erheben diese Kriterien und gewichten strukturelle Merkmale und die botanische Vielfalt ähnlich (inkl. Waldrandtiefe, Krautsaumtyp und Waldbodenvegetation bei der Methode Krüsi).

Methode Krüsi			Methode Pro Natura		
Kriterium	Punkte	Gewichtung	Gewichtung	Punkte	Kriterium
<b>Botanische Vielfalt</b>					<b>Botanische Vielfalt</b>
Laubgehölzarten in der Baumschicht	7	9%	11%	3	Baumarten
Gehölzarten in der Strauch- und Krautschicht	7	9%	11%	3	Straucharten
Dornstraucharten in der Strauch- und Krautschicht	7	9%			Dornsträucher sind mit 0.5 Punkten im Kriterium Kleinstrukturen berücksichtigt
Krautsaumtyp	3	4%			
Botanische Vielfalt, Waldbodenvegetation	2	3%			
<b>Total «Botanische Vielfalt»</b>	<b>max. 26</b>	<b>34%</b>	<b>22%</b>	<b>max. 6</b>	<b>Total «Botanische Vielfalt»</b>
<b>Struktur</b>					<b>Struktur</b>
Waldrandtiefe	8	10%			
Strauchgürteltiefe	8	10%	15%	4	Durchschnittliche Breite des Strauchgürtels
Krautsaumtiefe	8	10%	15%	4	Durchschnittliche Breite des Krautsaums
Strauchgürtellänge	6	8%			
Krautsaumlänge	6	8%			
Belaubungsdichte	6	8%	11%	3	Deckungsgrad des Waldmantels
Verzahnungsgrad	2	3%	11%	3	Aufbau und Verzahnung von Strauchgürtel und Waldmantel
Kleinstrukturen und tote Bäume	3	4%	26%	7	Vorhandene Kleinstrukturen
Länge vorgelagerter Strauchgürtel	4	5%			
<b>Total «Struktur»</b>	<b>max. 51</b>	<b>66%</b>	<b>78%</b>	<b>max. 21</b>	<b>Total «Struktur»</b>
<b>Gesamttotal</b>	<b>max. 77</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>max. 27</b>	<b>Gesamttotal</b>
<b>Minuspunkte</b>					<b>Minuspunkte</b>
Längenausdehnung der Problemarten und invasiven Neophyten	-3	4%			
Invasive Neophyten in der Baum-, Strauch- und Krautschicht	-3	4%			
<b>Total Minuspunkte</b>	<b>max. -6</b>	<b>8%</b>			<b>Total Minuspunkte</b>

Tab 1 Die in den Methoden Krüsi und Pro Natura berücksichtigten Kriterien und deren Gewichtung (prozentualer Beitrag zur maximal möglichen Punktzahl).

Eine höhere Wärmeeinstrahlung und mehr besonnte Bodenstellen erhöhen die Anzahl der erwähnten Tiergruppen (Hondong et al 1993). Insofern ist die positive Bewertung eines geringen Deckungsgrades des Waldmantels durch die Methode Pro Natura sinnvoll. Demgegenüber gibt es bei der Methode Krüsi Punkte für eine hohe Belaubungsdichte. Damit wird ein ausgeprägter Strauchgürtel positiv bewertet, aber auch eine höhere Beschattung des Waldbodens, was bezogen auf die oben aufgeführten Argumente nicht sinnvoll ist.

Dass sich der Weichholzanteil positiv auf den ökologischen Wert auswirkt (Hondong et al 1993), wird nur im Schlüssel von Pro Natura berücksichtigt. Die Methode Krüsi erfasst hingegen den Laubholzanteil. Nadelholzarten werden bei den Baumarten nicht mitgezählt. Allerdings schliesst das auch die Waldföhre aus, deren Vorkommen oft von einer artenreichen Krautschicht begleitet ist.

Hondong et al (1993) raten weiter zu dornstrauchreichen Waldmänteln, was in der Methode Krüsi berücksichtigt und mit bis zu sieben Punkten relativ stark gewichtet wird. In der Methode Pro Natura tauchen Dornsträucher bei den Kleinstruk-

turen auf und sind nur dann punkteffektiv, wenn ihr Anteil grösser als 20% ist (0.5 Punkte = 2% der maximal möglichen Gesamtpunktzahl).

Auch die Nährstoffverfügbarkeit wirkt sich auf die Artenvielfalt aus (Hondong et al 1993). Dieses Kriterium wird bei der Methode Krüsi nur indirekt über den «Krautsaumtyp», bei der Methode Pro Natura gar nicht erfasst.

Ökologisch ebenfalls relevant ist gemäss Hondong et al (1993) das Alter des Waldrandes beziehungsweise der Waldrandbäume, was im Pro-Natura-Schlüssel über die Kleinstruktur «Altholz mit BHD >50 cm» mit 0.5 Punkten beziehungsweise mit 2% der maximal möglichen Gesamtpunktzahl berücksichtigt wird. Es wäre sicher sinnvoll, die Methode Krüsi um dieses einfach zu erfassende und insbesondere faunistisch relevante Kriterium (z.B. Spühler et al 2016) zu ergänzen.

Stehendes und liegendes Totholz stellt einen wichtigen Lebensraum für Vögel, Wildbienen und Bockkäfer dar (Hondong et al 1993, Schiegg Pasinelli & Suter 2000). Beide Methoden berücksichtigen Kleinstrukturen, definieren und gewichten diese aber unterschiedlich. Baumstrünke, Brennholz-,

Nutzholz- und Schnittguthaufen, umgekippte Wurzelteller, Erd- und Ameisenhaufen werden nur bei der Methode Krüsi einzeln erfasst (maximal 3 von 77 möglichen Punkten). Bei der Methode Pro Natura hingegen wird die Anzahl der Strukturtypen berücksichtigt (maximal 7 von 27 möglichen Punkten). Weil bei der Methode Krüsi die maximale Punktzahl für Kleinstrukturen einfacher erreicht wird als bei der Methode Pro Natura, dürfte sich dieser Unterschied in der Praxis etwas relativieren. Bei der Methode Krüsi genügen zum Beispiel die nach einer Aufwertung oft zahlreich vorhandenen Baumstrünke für die maximale Punktzahl, während sie bei der Methode Pro Natura nur als ein Strukturtyp zählen und mit 0.5 Punkten bewertet werden. Die Erfassung der einzelnen, einfach zu erhebenden Kleinstrukturen würde den Pro-Natura-Schlüssel gut ergänzen.

Wie wertvoll Brombeeren- (*Rubus* spp.) und Waldrebendickichte (*Clematis vitalba*) sind, wird kontrovers beurteilt und hängt sicher mit deren Ausdehnung zusammen. Im Pro-Natura-Schlüssel werden sie positiv, im Krüsi-Schlüssel negativ bewertet. Pro Natura (2013) weist zwar ebenfalls darauf hin, dass diese kleinflächig wertvoll seien und nur grossflächig zu Problemen führten, was sich aber nicht im Schlüssel niederschlägt. In der Methode Krüsi wird dieser Parameter über die «Längenausdehnung von Problemarten und invasiven Neophyten» erfasst. Die Methode Krüsi erfasst neben sieben Problemarten wie Acker-Kratzdistel (*Cirsium arvense*), Brombeere und Waldrebe alle Neophyten der Schwarzen Liste und der Watch-Liste.<sup>1</sup>

#### Beurteilung der Waldrandqualität

Trotz teilweise unterschiedlicher Gewichtung der Kriterien zeigen beide Methoden, welche Wald­ränder aus ökologischer Sicht eher gut und welche eher schlecht sind. Obwohl beide Methoden betreffend Punktevergabe sehr ähnlich urteilen, ist die Zuteilung zu den verschiedenen Qualitätsklassen unterschiedlich: Was bei der Methode Pro Natura als «grosse Strukturvielfalt» gilt, ergibt gemäss Methode Krüsi die Qualität «befriedigend» oder gar «ungenügend». Dies hängt mit der unterschiedlichen Spannweite und der Benennung der Qualitätsklassen zusammen (Abbildung 4). Bei der Methode Pro Natura deckt zum Beispiel die wertvollste Klasse «sehr grosse Strukturvielfalt» die obersten 40% (16–27 Punkte) der Punkteskala ab, während bei der Methode Krüsi in diesem Bereich die beiden Klassen «wertvoll» und «sehr wertvoll» unterschieden werden.

Ein schmaler oder fehlender Krautsaum wirkt sich bei der Methode Pro Natura stärker auf das Resultat aus als bei der Methode Krüsi. Der «Deckungsgrad des Waldmantels», den die Methode Krüsi nicht

berücksichtigt, beeinflusst die Gesamtpunktzahl ebenfalls erheblich. Bei der Methode Pro Natura ist zudem der Interpretationsspielraum bei der Beurteilung von «Stufung» und «Verzahnung» sehr gross.

#### Benutzerfreundlichkeit

Bevor die Wald­ränder mit der Methode Krüsi sicher und korrekt erfasst werden können, muss sich der Anwender mit der Methode vertraut machen. Die Bewertung dauerte zudem rund zwei- bis dreimal so lange wie jene mit der Methode Pro Natura. Dieser Mehraufwand entstand durch die grössere Anzahl Kriterien (16 versus 7) und das anfangs häufig nötige Nachschlagen der genauen Begriffsdefinitionen im Glossar. Zudem nahmen die einzelnen Messungen bei der Methode Krüsi mehr Zeit in Anspruch als die reinen Schätzungen bei der Methode Pro Natura.

Bei der Methode Pro Natura sind die meisten Begriffe nicht definiert. Dies hat den Vorteil, dass der Bewertungsschlüssel ohne besondere Anleitung sofort anwendbar ist. Einige präzise Definitionen wären aber dennoch wichtig. Die zu beurteilende Waldrandlänge hat zum Beispiel einen entscheidenden Einfluss auf die Anzahl gefundener Gehölzarten und Kleinstrukturtypen. Unklar ist auch, wie mit jenen Gehölzarten umzugehen ist, die in der vorgegebenen Liste fehlen. Werden sie berücksichtigt oder nicht, und, wenn ja, werden sie der Baum- oder Strauchschicht zugeordnet? Unbedingt genauer definiert werden müssten Begriffe wie «Strauchgürtel» und «Krautsaum». Weiter fehlen Angaben zu den Fragen, welche Arten «Weichhölzer» sind, was als «Kletterpflanzendickicht» betrachtet wird und auf welche Grundgesamtheit sich die «Anteile» Weichhölzer und Dornsträucher beziehen.

Aufgrund der fehlenden Messungen und Definitionen sind die Bewertungen mit der Methode Pro Natura durch verschiedene Personen oder zu unterschiedlichen Zeitpunkten kaum vergleichbar, wobei der Schlüssel von Pro Natura diesen Anspruch gar nicht stellt, da er nicht dafür konzipiert wurde. Die Methode Krüsi dürfte hingegen eher zu reproduzierbaren Ergebnissen führen. Einige Kriterien werden zwar ebenfalls geschätzt, aber die sehr ausführliche Anleitung legt genau fest, wie diese Schätzungen gemacht werden müssen.

Dank dem übersichtlichen Formular, der verständlichen Anleitung und dem Glossar mit Begriffsdefinitionen erwies sich die Methode Krüsi insgesamt als ausgesprochen benutzerfreundlich. Etwas heikel, aber mit 17 möglichen Punkten sehr wichtig, ist eine korrekte Beurteilung des Krautsaums (z.B. Babbi & Krüsi 2015). Um diese zu erleichtern und sicherzustellen, dass verschiedene Bearbeiter Tiefe und Qualität des Krautsaums möglichst gleich beurteilen, entwickelten Babbi & Düg­gelin (2015) zwei Entscheidungsschemas. Gemäss Babbi et al (2016)

<sup>1</sup> www.infoflora.ch (27.9.2017)

könnte die Zahl der in der Methode Krüsi verwendeten Kriterien eventuell verkleinert werden. In einer Untersuchung von 48 aufgewerteten Waldrändern im Kanton Aargau kamen Babbi et al (2016) zudem zum Schluss, dass eine Reduktion von 16 auf 9 Kriterien ohne Informations- beziehungsweise Präzisionsverlust möglich wäre.

### Gedanken zur Unabhängigkeit der Autoren und zum Studiendesign

Trotz Mitwirken des Entwicklers der Methode Krüsi (Krüsi 2015) in dieser Studie ist eine gewisse Unabhängigkeit gegeben, da die Person, welche die Feldaufnahmen und die Auswertungen durchgeführt hat, keine der beiden Methoden gekannt hatte. Das zusätzlich von Pro Natura durchgeführte und in diesem Artikel berücksichtigte Gutachten stellt zudem sicher, dass beide Methoden adäquat beurteilt wurden. Völlig unabhängige Autoren sowie Feldaufnahmen durch mehrere Personen und eine grössere Anzahl untersuchter Waldränder wären zwar wünschenswert gewesen, hätten aber an den Resultaten vermutlich kaum etwas geändert. Die Reihenfolge der Beurteilungen (zuerst Pro-Natura-, dann Krüsi-Methode) wurde bewusst gewählt: Da bei der Methode Pro Natura nur Schätzungen vorgenommen werden, die Methode Krüsi die gleichen Kriterien aber mehrheitlich misst, kann eine Voreingenommenheit des Anwenders bei der zweiten Beurteilung der Waldränder weitgehend ausgeschlossen werden. Die starke Korrelation zwischen den beiden Methoden beruht somit vor allem auf der Tatsache, dass die beiden Bewertungsschlüssel die strukturellen und botanischen Merkmale eines Waldrandes ähnlich bewerten.

### Fazit für die Praxis

Bei vielen Forstpraktikern ist das Bedürfnis nach Erfolgskontrollen nach ökologischen Waldrandaufwertungen mit einem dafür geeigneten Bewertungsschlüssel bisher eher klein. Im Zuge der aktuellen Bemühungen zur Förderung der Biodiversität im Wald (z.B. BAFU 2013) dürfte sich dies in Zukunft aber ändern.

Sowohl die Methode Pro Natura als auch die Methode Krüsi eignen sich für die ökologische Bewertung von Waldrändern. Um sich rasch einen Überblick zu verschaffen, eignet sich die Methode von Pro Natura wegen ihrer Einfachheit eindeutig besser als die Methode Krüsi. Zusammen mit dem ersten, in der vorliegenden Studie nicht berücksichtigten Teil «zur Beurteilung des ökologischen Potenzials» kann mit der Methode Pro Natura zusätzlich auch das Aufwertungspotenzial eines Waldrandes einfach abgeschätzt werden. Die Methode Pro Natura eignet sich folglich insbesondere für Waldbe-

sitzer und Förster, die Waldränder mit einem grossen ökologischen Potenzial erkennen und beurteilen möchten, ob eine Aufwertung im konkreten Fall sinnvoll ist. Nach einem erfolgten Eingriff können Veränderungen in der Strukturvielfalt rasch und unkompliziert erkannt werden.

Für reproduzierbare, wissenschaftlich saubere und vom Bearbeiter weitgehend unabhängige Erfolgskontrollen eignet sich die Methode Krüsi deutlich besser als die Methode Pro Natura, insbesondere dann, wenn die Zielsetzung war, definierte Waldränder durch Aufwertungsmassnahmen gezielt in eine höhere Qualitätsklasse (Krüsi 2015) zu bringen.

Damit behalten beide Methoden ihre Berechtigung und sollten je nach Zielsetzung, Fragestellung und vorhandenen Ressourcen gewählt werden. ■

*Eingereicht: 14. November 2016, akzeptiert (mit Review): 22. September 2017*

### Dank

Für die Auswahl geeigneter Objekte und die logistische Unterstützung danken wir Pascal Gmür vom Kantonsforstamt St. Gallen und Daniel Bossard vom Amt für Natur, Jagd und Fischerei des Kantons St. Gallen.

### Literatur

- BABBI M, WIDMER S, BLATTNER M, KRÜSI BO (2016)** Waldrandaufwertungen: Einfluss von Exposition und Wüchsigkeit des Standorts. *Schweiz Z Forstwes* 167: 286–293. doi: 10.3188/szf.2016.0286
- BABBI M, DÜGGELIN C (2015)** Krautsäume an Waldrändern erkennen und bewerten. *Wädenswil: Zürcher Hochschule Angewandte Wissenschaften*. 33 p.
- BABBI M, KRÜSI BO (2015)** Ökologische Bewertung der Waldränder in der Schweiz – Vergleich der Methoden LFI und Krüsi, Umrechnung der LFI-Ökotonwerte in Krüsi-Punktzahlen und Beurteilung der Qualitätsentwicklung in den letzten 20 Jahren (LFI2–LFI4). *Wädenswil: Zürcher Hochschule Angewandte Wissenschaften*. 40 p.
- BAFU (2013)** Waldpolitik 2020. Visionen, Ziele und Massnahmen für eine nachhaltige Bewirtschaftung des Schweizer Waldes. *Bern: Bundesamt Umwelt*. 66 p.
- BARTSCH N, RÖHRIG E (2016)** Waldökologie. Einführung für Mitteleuropa. *Berlin: Springer*. 417 p.
- BOLLIGER M, STADLER B (2015)** Fachspezifische Erläuterungen zur Programmvereinbarung im Bereich Waldbiodiversität. In: *BAFU. Handbuch Programmvereinbarungen im Umweltbereich 2016–2019*. *Bern: Bundesamt Umwelt, Umwelt-Vollzug* 1501. 14 p.
- BOLLMANN K, BERGAMINI A, SENN-IRLET B, NOBIS M, DUELLI P ET AL (2009)** Konzepte, Instrumente und Herausforderungen bei der Förderung der Biodiversität im Wald. *Schweiz Z Forstwes* 160: 53–67. doi: 10.3188/szf.2009.0053
- BRÄNDLI UB, EDITOR (2010)** Schweizerisches Landesforstinventar. Ergebnisse der dritten Erhebung 2004–2006. *Birmensdorf: Eidgenöss. Forsch.anstalt WSL*. 312 p.
- COCH T (1995)** Waldrandpflege. Grundlagen und Konzepte. *Radebeul: Neumann*. 240 p.

- FLÜCKIGER PF (1999) Der Beitrag von Waldrandstrukturen zur regionalen Biodiversität. Basel: Univ Basel, Dissertation. 314 p.
- FLÜCKIGER PF, BIENZ H, GLÜNKIN R, ISELI K, DUELLI P (2002) Vom Krautsaum bis ins Kronendach – Erforschung und Aufwertung der Waldränder im Kanton Solothurn. Mitt Nat.forsch Ges Kantons Solothurn 39: 9–39.
- HONDONG H, LANGNER S, COCH T (1993) Untersuchungen zum Naturschutz an Waldrändern. Zürich: Bristol-Stiftung. 196 p.
- IMESCH N, STADLER B, BOLLIGER M, SCHNEIDER O (2015) Biodiversität im Wald. Ziele und Massnahmen. Vollzugshilfe zur Erhaltung und Förderung der biologischen Vielfalt im Schweizer Wald. Bern: Bundesamt Umwelt, Umwelt-Vollzug 1503. 186 p.
- KELLER M, EDITOR (2013) Schweizerisches Landesforstinventar. Feldaufnahme-Anleitung 2013. Birmensdorf: Eidgenöss Forsch.anstalt WSL. 223 p.
- KRUG K (1992) Ökologische Bewertung von Waldrändern im Kanton Solothurn. Erstellen eines Bewertungsschlüssels und Beurteilung der aktuellen Situation im Kanton Solothurn. Zürich: Eidg Techn Hochschule, Diplomarbeit. 95 p.
- KRÜSI BO (2015) Waldrandschlüssel. Schlüssel zur ökologischen Bewertung von Waldrändern: Anleitung und Glossar. Wädenswil: Zürcher Hochschule Angewandte Wissenschaften. www.zhaw.ch/iunr/waldrand (27.9.2017)
- KRÜSI BO, SCHÜTZ M (1994) Schlüssel zur ökologischen Bewertung von Waldrändern. Birmensdorf: Eidgenöss Forsch.anst WSL, Inf.bl Forsch.bereich Landsch 20 (Beilage). 4 p.
- KRÜSI BO, SCHÜTZ M, TIDOW S (1997) Waldränder in der Schweiz: Ökologischer Zustand, botanische Vielfalt und Aufwertungspotential. Schweizer Wald 97 (4): 5–19.
- MEIER DM (1996) Ökologische Bewertung von Waldrändern. Zusammenhang zwischen Punktzahl gemäss ökologischem Bewertungsschlüssel und Artenzahl. Zürich: Eidg Techn Hochschule, Abteilung Umweltnaturwissenschaften, Diplomarbeit. 64 p.
- PRO NATURA (2013) Waldränder ökologisch aufwerten. Leitfaden für die Praxis. Basel: Pro Natura. 42 p.
- R CORE TEAM (2014) R: A language and environment for statistical computing. Wien: R Foundation for Statistical Computing. www.R-project.org (27.9.2017)
- SCHIEGG PASINELLI K, SUTER W (2000) Lebensraum Totholz. Birmensdorf: Eidgenöss Forsch.anstalt WSL, Merkbl Prax 33. 7 p.
- SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT (2012) Strategie Biodiversität Schweiz vom 25. April 2012. BBI 2012 7239–7341
- SOMMER M, STADLER D (1993) Ökologische Aufwertung und Bewertung von Waldrändern. Zürich: Eidg Techn Hochschule, Diplomarbeit. 90 p.
- SPÖRRI K, BABBI M, KRÜSI BO (2014) 20 Jahre ökologische Aufwertung von Waldrändern im Kanton Aargau: erste Erfolgskontrolle. Schweiz Z Forstwes 165: 313–320. doi: 10.3188/szf.2014.0313
- SPÜHLER L, KRÜSI BO, PASINELLI G (2016) Die Rolle von Eiche, Totholz und Efeubeeren bei der Habitatwahl des Mittelspechts. Schweiz Z Forstwes 167: 21–28. doi: 10.3188/szf.2016.0021
- STIERLIN HR, BRÄNDLI UB, HEROLD A, ZINGGELER J (1994) Schweizerisches Landesforstinventar. Anleitung für die Feldaufnahmen der Erhebung 1993–1995. Birmensdorf: Eidgenöss Forsch.anstalt WSL. 204 p.
- VON BÜREN D, DIEZ C, BADER L, BUDDE A, KAUFMANN G (1995) Waldrand. Artenreiches Grenzland. Basel: Schweiz Bund Naturschutz, Merkblatt 14. 39 p.

## Evaluation écologique des lisières: une comparaison des méthodes

Les lisières sont des éléments de transition et de réseau, riches en espèces, créés par l'activité humaine. Ces dernières décennies, elles sont devenues en maints endroits plus étroites et plus uniformes en raison de l'intensification de l'agriculture et de l'exploitation forestière. Depuis quelque temps, la Confédération soutient la revalorisation écologique des lisières. Pour cette raison, il est intéressant de savoir quels succès ont eu ces mesures de revalorisation. Le présent article compare les deux méthodes d'évaluation Krüsi et Pro Natura à l'exemple de onze lisières revalorisées et trois lisières non revalorisées. Les deux méthodes analysent la qualité écologique des lisières à l'aide de caractéristiques structurelles et de la diversité botanique, mais diffèrent partiellement sur les critères spécifiques. Alors que la méthode Pro Natura repose principalement sur des estimations, la méthode Krüsi, plus exigeante, nécessite des mesures. Les résultats des deux méthodes sont très semblables et démontrent une corrélation linéaire positive fortement significative. Les deux méthodes établissent quelles lisières ont une bonne qualité écologique et lesquelles une mauvaise. La méthode Pro Natura convient pour une évaluation simple et rapide du potentiel écologique d'une lisière. La méthode Krüsi se prête également à des contrôles d'efficacité scientifique en raison de la reproductibilité des résultats.

## Ecological assessing of forest edges: a comparison of two methods

In Switzerland, forest edges are mostly man-made. Potentially, forest edge ecotones are very rich in species. In agricultural landscapes, they are also the main element of ecological connectivity. Unfortunately, today's forest edges are mostly far too narrow and monotonous to optimally fulfil their role. Some years ago, therefore, the federal government started a programme to improve the ecological quality of forest edges. Of course, the impact of the programme should be monitored and several assessment methods were developed. In the present paper, we compared the assessment methods of Pro Natura and Krüsi by applying them to eleven upgraded and three untreated forest edges. Even though both methods take into account the structure and the floristic richness of forest edges, they differ in many details. One major difference is that the Pro Natura method is based on estimates while the Krüsi method whenever possible relies on measurements. With both methods, it was possible to distinguish valuable from less valuable forest edges and, fortunately, the results of both methods even highly correlated. In conclusion, for a quick assessment by lay men, the rapid and simple Pro Natura method is recommended, whereas for scientific monitoring, the more reproducible and more sophisticated but also more time-consuming Krüsi method is more suitable.