

Zeitschrift: Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen = Swiss forestry journal = Journal forestier suisse

Herausgeber: Schweizerischer Forstverein

Band: 165 (2014)

Heft: 10

Artikel: 20 Jahre ökologische Aufwertung von Waldrändern im Kanton Aargau : erste Erfolgskontrolle

Autor: Spörri, Kaspar / Babbi, Manuel / Krüsi, Bertil O.

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1097591>

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>

20 Jahre ökologische Aufwertung von Wald­rändern im Kanton Aargau: erste Erfolgskontrolle

Kaspar Spörri 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)

20 years of ecological forest edge enhancement in the Canton of Aargau: a first evaluation

On the Swiss Plateau, 25 000 km of forest edges serve as transition zones between open grasslands and closed forests. They fulfil important functions with regard to ecological connectivity and constitute a habitat for numerous plant and animal species. Since only a fraction of these forest edges are in good ecological condition, most cantons implement programs to enhance their quality. With almost 200 km of upgraded forest edges, the Canton of Aargau takes on a pioneering role throughout Switzerland. To date, however, it was unknown what ecological value the upgraded forest edges have and which factors significantly contribute to the success of the implemented measures. We used a standardised evaluation key and interviews with the responsible forest services to assess the ecological quality of 20 selected forest edges in six forest districts in the Canton of Aargau as well as potential success factors. Our investigations show that enhanced forest edges in the Canton of Aargau are in a very good condition. The two most important structural elements of a forest edge in terms of biodiversity are two to eight times more marked than on average on a national scale, and they nearly conform to the objectives as defined by nature conservancy. With a registered total of 31 domestic deciduous tree species and 58 domestic lignified plant species, floristic diversity is remarkably high. Contrary to the estimation of the responsible forest services, neither the vigour of a location nor its aspect proved to be decisive factors of success. Rather, the frequency of intervention seems to be critical. Maintenance measures should be implemented at least every seven years. More comprehensive analyses are necessary to corroborate the present findings for other regions in Switzerland. Precondition for such analyses are systematic performance reviews that include an examination of the baseline conditions.

Keywords: forest edge, ecological improvement, ecotone restoration, assessment key, success monitoring, Switzerland

doi: 10.3188/szf.2014.0313

* Grüental, CH-8820 Wädenswil, E-Mail kaspar.spoerri@gmx.net

Fast ein Drittel der Fläche der Schweiz ist von Wald bedeckt (Brändli 2010). Entsprechend verbreitet sind auch Waldränder beziehungsweise Waldrandökotone, d.h. die Übergangsbereiche zwischen Wald und Freiland. Auf natürliche Weise entstehen Waldränder, wenn die lokalen Standortbedingungen keinen geschlossenen Wald zulassen (Hondong et al 1993). Die allermeisten Waldränder wurden jedoch vom Menschen geschaffen. Dies trifft in besonderem Ausmass auf die dicht besiedelte Landschaft im Schweizer Mittelland zu. Da hier die an den Wald anschliessenden Gebiete häufig intensiv genutzt werden, beispielsweise durch Landwirtschaft, Siedlungen oder Verkehrswege, ist der Übergangsbereich zum – ebenfalls auf Wirtschaftlichkeit ausgerichteten – Wald meist sehr schmal. Durch den abrupten Wechsel von Offenland zu geschlossenem

Wirtschaftswald sind die entsprechenden Waldränder in ihrer ökologischen Funktion stark beeinträchtigt. Gemäss Krüsi et al (1997) sind weniger als 1% der insgesamt rund 25 000 km Waldränder im Schweizer Mittelland (Brändli 2010) in einem ökologisch guten Zustand.

Waldrändern kommt jedoch sowohl als eigenständige Lebensräume wie auch als Vernetzungselemente aus faunistischer sowie floristischer Sicht eine grosse Bedeutung zu (Dierschke 2000, Duelli et al 2002). So konnte gezeigt werden, dass die Vielfalt an Pflanzen- wie auch an Tierarten im Waldrandbereich überdurchschnittlich hoch ist (Flückiger 1999, Flückiger et al 2002). Insbesondere für die Fauna ist neben der Tiefenausdehnung auch die Strukturvielfalt eines Waldrandes entscheidend. Deshalb werden seit einigen Jahren in verschiedenen Kantonen

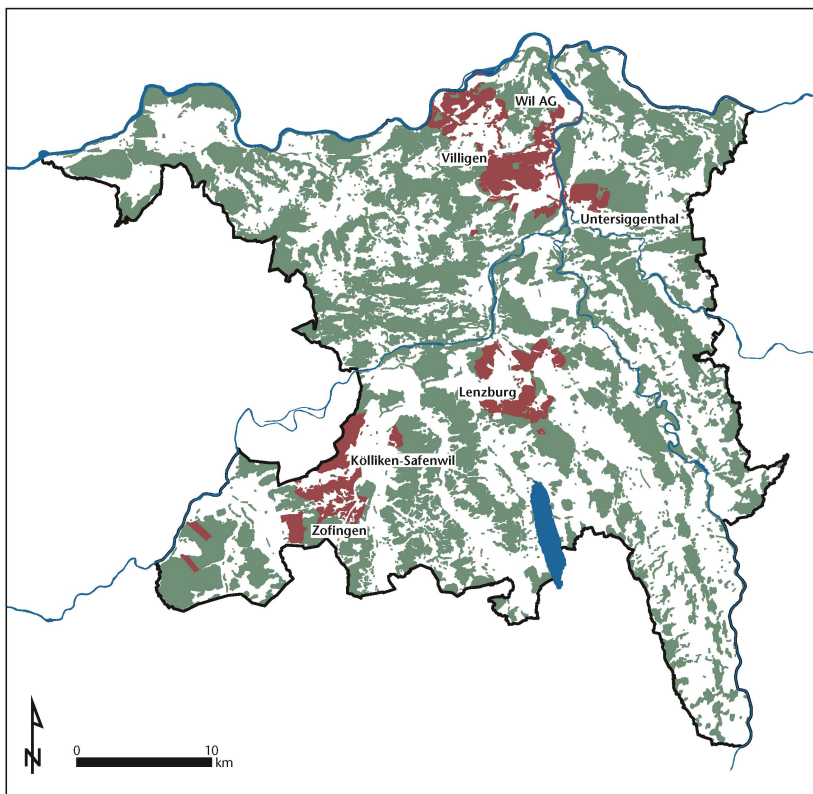


Abb 1 Übersicht über das Untersuchungsgebiet. Grün: bewaldete Gebiete; dunkelrot: Waldflächen der ausgewählten Forstreviere. Hintergrundkarte © Swisstopo (DV084370), Daten Forstreviere: Departement Bau, Verkehr und Umwelt des Kantons Aargau, Abteilung Wald (Stand Januar 2014).

Forstrevier	Anzahl untersuchte Aufwertungen		
	«Erfolgreiche»	«Weniger erfolgreiche»	Total
Wil AG	1	1	2
Villigen	4	1	5
Untersiggenthal	1	1	2
Lenzburg	2	2	4
Kölliken-Safenwil	2	2	4
Zofingen	2	1	3
Total	12	8	20

Tab 1 Verteilung der untersuchten Waldränder auf die entsprechenden Forstreviere. «Erfolgreiche» und «weniger erfolgreiche» Aufwertungen gemäss Einschätzung des zuständigen Revierförsterns.

der Schweiz vermehrt Massnahmen zur Aufwertung von Waldrändern durchgeführt. Seit 2008 unterstützt das Bundesamt für Umwelt (BAFU) die Anstrengungen der Kantone, die im Einklang mit den Zielen der Strategie Biodiversität Schweiz (Schweizerischer Bundesrat 2012) sowie der Waldpolitik 2020 des Bundes (BAFU 2011) stehen.

Der Kanton Aargau hat im interkantonalen Vergleich bezüglich Waldrandaufwertungen eine Vorreiterrolle. Gemäss dem 1996 verabschiedeten kantonalen «Naturschutzprogramm Wald» sollen bis im Jahr 2020 insgesamt 200 km Waldränder ökologisch aufgewertet werden. Per Ende 2013 war dieses Ziel bereits zu 98% erreicht, d.h., es waren rund 197 km Waldränder für über CHF 2 Mio. aufgewer-

tet worden (BVU 2012). Bis anhin wurden jedoch – wie fast überall – keine systematischen Erfolgskontrollen durchgeführt. Es war deshalb nicht bekannt, wie erfolgreich die Aufwertungsbemühungen waren. Unklar war auch, welche Standortbedingungen und Massnahmen den Erfolg von Waldrandaufwertungen begünstigen oder erschweren. Dieser Artikel fasst die Erkenntnisse einer ersten Untersuchung in sechs Forstrevieren im Kanton Aargau zusammen. Die Ergebnisse erlauben einerseits, anhand des aktuellen ökologischen Werts der aufgewerteten Waldränder die Wirksamkeit der umgesetzten Massnahmen abzuschätzen; andererseits geben sie Hinweise darauf, welche Faktoren erfolgreiche Aufwertungen begünstigen. Sie können als Richtschnur für die vielerorts erst anlaufenden Aufwertungsmassnahmen dienen und zum Erfolg zukünftiger Waldrandaufwertungen beitragen.

Material und Methoden

Das Untersuchungsgebiet umfasst die sechs Forstreviere Wil AG, Villigen, Untersiggenthal, Kölliken-Safenwil, Lenzburg sowie Zofingen (Abbildung 1). Diese liegen zwischen 306 und 700 m ü. M. und umfassen eine Fläche von insgesamt 5142 ha bewaldetes Gebiet. Die Reviere Kölliken-Safenwil, Lenzburg und Zofingen befinden sich in der geographischen Region Mittelland, die Forstreviere Wil AG und Villigen im Aargauer Tafeljura. Das Revier Untersiggenthal liegt an den Ausläufern des Aargauer Juras in der Übergangszone zum Mittelland. Mit den zuständigen Revierförstern wurden insgesamt 20 aufgewertete Waldränder ausgewählt, in jedem Forstrevier mindestens ein aus Sicht des Revierförsterns besonders gelungenes und ein weniger gelungenes Beispiel (Tabelle 1).

Die ökologische Qualität der ausgewählten Waldränder wurde mit dem Bewertungsschlüssel von Krüsi et al (2010) ermittelt. Dieser erlaubt eine qualifizierte ökologische Einstufung von Waldrändern anhand struktureller und floristischer Kriterien (Tabelle 2) und ist in der kollinen sowie der montanen Stufe anwendbar. Weitere Parameter wie vorherrschende Waldgesellschaften, Exposition, Schutzstatus der untersuchten Waldränder sowie der angrenzenden Wald- und Offenlandflächen sowie die Bewirtschaftungsform vorgelagerter Landwirtschaftsflächen wurden den auf der kantonalen GIS-Plattform (AGIS) zur Verfügung stehenden Daten entnommen.

Um die nach Krüsi et al (2010) berechneten Gesamtpunktzahlen der untersuchten Waldrandaufwertungen mit gesamtschweizerischen Erhebungen vergleichen zu können, wurden sie gemäss den Kriterien von Krüsi & Schütz (1994) umgerechnet (ohne Berücksichtigung der im «Ergänzungsschlüssel» [Ta-

	Beurteilungskriterium	Maximale Punktzahl (77 Punkte) bei
«Hauptsschlüssel» (Krüsi & Schütz 1994, Krüsi et al 2010)	Strukturmerkmale (max. 42 Punkte)	
	Waldrandtiefe	>20 m
	Strauchgürteltiefe	>10 m
	Krautsaumtiefe	>10 m
	Strauchgürtellänge	>75%
	Krautsaumlänge	>75%
	Belaubungsdichte	>75%
	Botanische Vielfalt (max. 21 Punkte)	
	Anzahl Laubbaumarten in der Baumschicht	>7
	Anzahl verholzte Arten in der Strauch-/Krautschicht	>21
«Ergänzungsschlüssel» (Krüsi et al 2010)	Ergänzungen (max. 14 Punkte)	
	Krautsaumtyp	Mager
	Botanische Vielfalt Waldbodenvegetation	Reich
	Verzahnungsgrad	>1.5
	Kleinstrukturen und tote Bäume	>3
	Tiefe des externen Strauchgürtels	>20 m
	Problemarten (in % der Fläche)	Negativ-Punkte <10%
	Invasive Neophyten	0
	Ökologische Bewertung	Punktzahl
	Sehr wertvoll	>58
	Wertvoll	49–58
	Befriedigend	39–48
	Ungenügend	29–38
	Schlecht	19–28
	Waldrand nicht vorhanden	<19

Tab 2 Bewertungskriterien für Waldränder nach Krüsi et al (2010) mit Angabe der Werte, welche für die maximale Punktzahl nötig sind sowie der entsprechenden Kategorien.

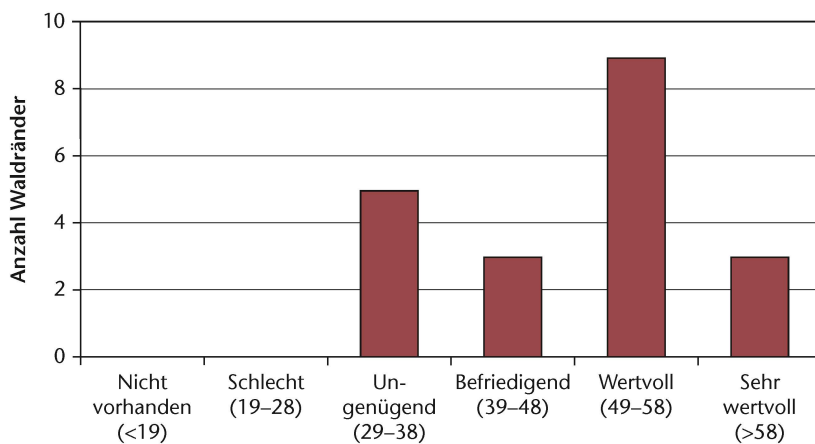


Abb 2 Ökologischer Zustand der beurteilten Waldränder gemäss der Kategorisierung von Krüsi et al (2010). In Klammern: Punktzahl der entsprechenden Kategorie.

belle 2] aufgeführten Parameter). Die statistischen Auswertungen erfolgten mit R 3.0.3 (R Core Team 2014).

In einem zweiten Schritt wurden die verantwortlichen Revierförster zu jedem Waldrand bezüglich des Ausgangszustands, der umgesetzten Massnahmen sowie der für den Erfolg/Misserfolg relevanten Faktoren anhand eines Gesprächsleitfadens detailliert befragt. Ergänzend wurden die für jeden Aufwertungseingriff verfügbaren kantonalen Beitragsvereinbarungen ausgewertet.

Resultate

Qualität der aufgewerteten Waldränder

Der ökologische Wert der untersuchten Waldränder wies eine beträchtliche Bandbreite auf. Der schlechteste Waldrand erreichte 30 Punkte («ungenügend»), der beste 62 («sehr wertvoll»). 12 der 20 beurteilten Waldränder (60%) wurden als ökologisch wertvoll oder sehr wertvoll bewertet; kein Waldrand entsprach den Kategorien «schlecht» oder «nicht vorhanden» (Abbildung 2). Die durchschnittlich erreichte Gesamtpunktzahl betrug fast 50 Punkte (Kategorie «wertvoll»). Die von den Revierförstern als besonders gelungen beurteilten Aufwertungen erreichten durchschnittlich 54.3 Punkte, die weniger gelungenen 42.5. Die Unterschiede zwischen den einzelnen Forstrevieren bezüglich des ökologischen Werts der aufgewerteten Waldränder erwiesen sich als beträchtlich (mittlere Gesamtpunktzahlen von 38.0 bis 56.0 Punkte); diese Differenzen waren grösser als diejenigen zwischen den geografischen Regionen Tafeljura und Mittelland (Abbildung 3).

Die durchschnittliche Tiefe (arithmetischer Mittelwert) der untersuchten Waldränder lag bei über 10 m, wobei grosse Unterschiede zwischen den einzelnen Waldrändern auftraten (Tabelle 3). Die mittlere Differenz zwischen erfolgreichen und weniger erfolgreichen Aufwertungen betrug hingegen nur 0.5 m. Die Strauchgürtel- bzw. Krautsaumtiefe (Mittelwerte 4.8 m und 10.8 m) sowie die Strauchgürtel- bzw. Krautsaumlänge (Mittelwerte 69.5% und 94.3%) wiesen ebenfalls deutliche Unterschiede zwischen den Minimal- und den Maximalwerten auf. Fast alle untersuchten Waldränder verfügten jedoch über einen durchgehenden Krautsaum; lediglich in zwei Fällen war dieser nur teilweise vorhanden. Als erfolgreich eingestufte Waldrandaufwertungen wiesen einen im Durchschnitt mehr als doppelt so tiefen Strauchgürtel auf wie weniger erfolgreiche, und auch der Krautsaum war bei den gelungenen Aufwertungen rund zweimal breiter.

Pro 100 Laufmeter Waldrand wuchsen im Durchschnitt fast zehn Laubbaumarten und über zwanzig verholzte Pflanzenarten in der Strauch- und Krautschicht. Die Minimal- und Maximalwerte weisen aber auch diesbezüglich auf grosse Differenzen in der lokalen Artenvielfalt hin. Gelungene Waldrandaufwertungen waren insbesondere in Bezug auf die Anzahl verholzter Pflanzenarten in Strauch- und Krautschicht deutlich artenreicher als weniger gelungene (+44%); auch kamen im Mittel fast doppelt so viele Dornstraucharten vor. Insgesamt konnten in der Baumschicht (≥ 4 m) 40 verschiedene Arten verholzter Pflanzen nachgewiesen werden, wovon 27 einheimische Laubbaumarten. Unter Berücksichtigung der in der Kraut- und Strauchschicht vorgefundenen Laubbaumarten (d.h. weniger als 4 m hohe Individuen) wurden an allen 20 untersuchten Wald-

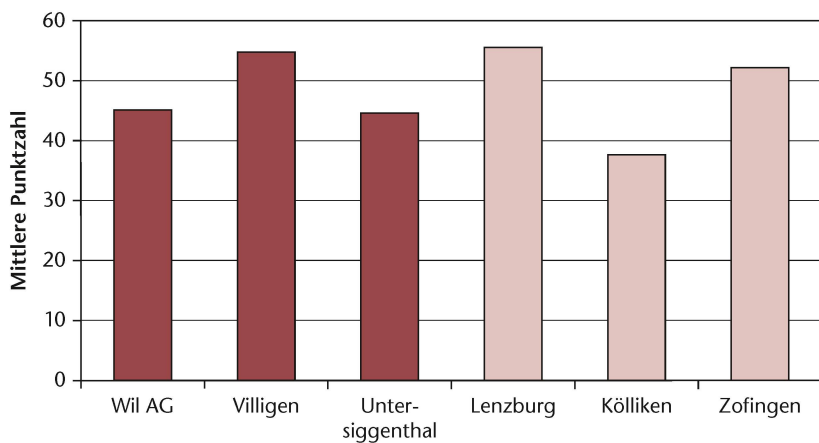


Abb 3 Durchschnittliche Gesamtpunktzahl der Waldränder in den einzelnen Forstrevieren gemäss Waldrandschlüssel von Krüsi et al (2010). Dunkelrot: Tafeljura, rosa: Mittelland.

Bewertungskriterium	Mittelwert	Minimum	Maximum	«Erfolgreich»	«Weniger erfolgreich»
Waldrandtiefe (m)	10.7	2.5	29.6	10.9	10.4
Strauchgürteltiefe (m)	4.8	0.0	9.5	6.1	2.8
Krautsaumtiefe (m)	10.8	0.4	30.0	13.5	6.8
Strauchgürtellänge (%)	69.5	5.0	100.0	81.7	51.3
Krautsaumlänge (%)	94.3	5.0	100.0	91.3	98.8
Belaubungsdichte (%)	72.5	40.0	100.0	73.8	70.6
Anzahl Laubbaumarten BS (St.)	9.9	4	18	10.9	8.4
Anzahl verholzte Arten KS/SS (St.)	20.9	6	33	23.8	16.5
Anzahl Dornstraucharten (St.)	2.5	0	4	3.1	1.6
Verzahnungsgrad (WR-Länge/100m)	1.2	1.0	1.5	1.2	1.2
Anzahl Kleinstrukturen (St.)	5.1	0	11	5.8	4.0
Problemarten (% der Fläche)	26.6	0.0	85.0	20.9	35.0
Anzahl invasive Neophyten (St.)	0.4	0	2	0.4	0.4
Gesamtpunktzahl	49.6	30	62	54.3	42.5

Tab 3 Mittelwerte, Minima und Maxima aller untersuchten Waldränder in Bezug auf die Kriterien des Waldrandschlüssels von Krüsi et al (2010). BS: Baumschicht, KS/SS: Krautschicht/Strauchschicht, WR: Waldrand. «Erfolgreiche» und «weniger erfolgreiche» Aufwertungen gemäss Einschätzung des zuständigen Revierförsters.

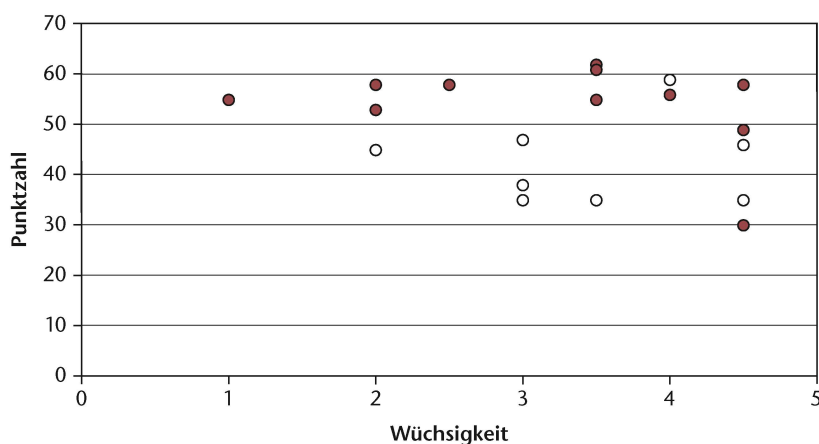


Abb 4 Zusammenhang zwischen der Gesamtpunktzahl der Waldränder nach Krüsi et al (2010) und der Wüchsigkeit der Standorte nach der Einteilung von Schmider et al (2003), abgeleitet aus der jeweils vorherrschenden Waldgesellschaft gemäss der im Aargauischen geografischen Informationssystem eingestellten pflanzensoziologischen Karte ($p=0.67$, Spearman's $\rho=-0.1$). Skala Wüchsigkeit: 1 = schlecht, 2 = mässig, 3 = mittel, 4 = wüchsig, 5 = sehr wüchsig. Dunkelrote Kreise: «erfolgreiche» Aufwertung, weisse Kreise: «weniger erfolgreiche» Aufwertung (gemäss Einschätzung des zuständigen Revierförsters).

rändern total 31 verschiedene einheimische Laubbaumarten gefunden. In allen Vegetationsschichten kamen insgesamt 66 verholzte Arten vor, wovon 58 einheimische.

Ökologisch bedeutende Kleinstrukturen (z.B. Totholz, Steinhaufen, umgekippte Wurzelteller, Feuchtbiotope) waren mit einer Ausnahme an allen untersuchten Waldrändern vorhanden. Liegendes Totholz war jedoch verbreiteter (95%) als stehendes Totholz, welches nur an 11 der 20 untersuchten Waldränder (55%) vorkam.

Neophyten und Problemarten

Mit dem Kirschlorbeer (*Prunus laurocerasus*) und der Armenischen Brombeere (*Rubus armeniacus*) wurden zwei verholzte invasive Neophyten gefunden; zudem traten mit dem Drüsigen Springkraut (*Impatiens glandulifera*) und der Goldrute (*Solidago* spp.) zwei krautige invasive Neophyten auf. Die Verbreitung invasiver Neophyten (verholzt und krautig) war in den betrachteten Gebieten insgesamt aber gering: An sieben Waldrändern (35%) kam zwar eine invasive Pflanzenart vor, ihr Deckungsgrad lag mit einer Ausnahme jedoch immer unter 1%.

Einheimische Problemarten – insbesondere die Brombeere – waren häufiger und mit einem mittleren Deckungsgrad von über 25% auch deutlich dominanter. Die Brombeere (*Rubus* spp.) erreichte an 40% aller untersuchten Waldränder einen Deckungsgrad von $\geq 10\%$, während die Waldrebe (*Clematis vitalba*) und der Adlerfarn (*Pteridium aquilinum*) an je drei Waldrändern diesen Wert überschritten. Übermässige Eschenverjüngung nach Aufwertungsmassnahmen trat mit einem Deckungsgrad von 20% nur an einem Waldrand auf.

Faktoren für den Erfolg von Aufwertungsmassnahmen

Natürliche Standortbedingungen

Gemäss den zuständigen Revierförstern hat die Wüchsigkeit des Standorts den grössten Einfluss auf den Erfolg von ökologischen Aufwertungsmassnahmen. Eine geringe Wüchsigkeit, verursacht durch eine verminderte Verfügbarkeit von Nährstoffen und Wasser sowie eine geringe Gründigkeit, sollte demnach die Erfolgsaussichten von Aufwertungsmassnahmen beträchtlich erhöhen. Überraschenderweise hat die vorliegende Untersuchung diese Erwartung nicht bestätigt: Zwischen der Wüchsigkeit des Standorts und der Qualität beziehungsweise der Gesamtpunktzahl der aufgewerteten Waldränder gab es keinen signifikanten Zusammenhang ($p=0.67$; Abbildung 4).

Auch die Exposition hatte – entgegen der Vermutung der befragten Revierförster – keinen signifikanten Einfluss auf den ökologischen Wert der untersuchten Waldränder ($p=0.62$). Hingegen war der Strauchgürtel an südwest- über süd- bis südostexponierten Waldrändern mit durchschnittlich 5.2 m

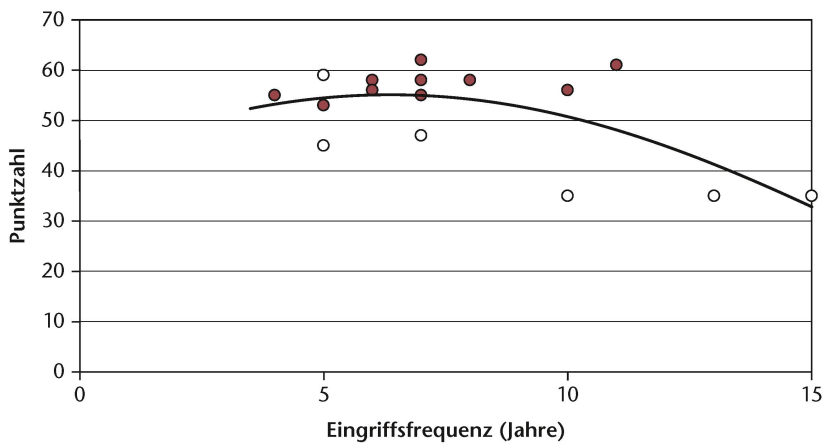


Abb 5 Zusammenhang zwischen der Gesamtpunktzahl der Waldränder nach Krüsi et al (2010) und der mittleren Eingriffsfrequenz ($p=0.02$). Dunkelrote Kreise: «erfolgreiche» Aufwertung, weisse Kreise: «weniger erfolgreiche» Aufwertung (gemäss Einschätzung der Revierförster). Vier Waldränder, an welchen bis Ende 2013 lediglich der Ersteingriff vorgenommen wurde, sind in der Berechnung nicht berücksichtigt.

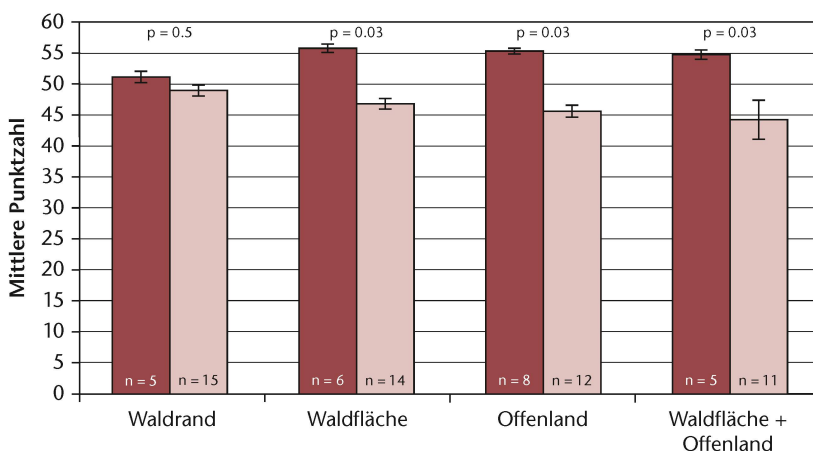


Abb 6 Mittlere Gesamtpunktzahl nach Krüsi et al (2010; +/- einfacher Standardfehler) der untersuchten Waldränder nach Schutzstatus des Waldrandes respektive des angrenzenden Waldes im kantonalen Kulturlandplan und Beitragsberechtigung (ökologische Ausgleichsflächen nach Direktzahlungsverordnung) der anschliessenden Offenlandflächen. Dunkelrot: geschützt/beitragsberechtigt, rosa: nicht geschützt/nicht beitragsberechtigt. Berechnung der p-Werte mit einseitigem Wilcoxon-Rangsummen-Test.

tiefer und mit einer mittleren Länge von 71% auch etwas länger als an Waldrändern anderer Exposition, die eine mittlere Strauchgürteltiefe von 3.8 m und eine Strauchgürtellänge von 65% aufwiesen. An südwest- bis südostexponierten Waldrändern konnten zudem leicht mehr verholzte Pflanzenarten nachgewiesen werden (durchschnittlich 21.6 Arten gegenüber 18.6 Arten an anders exponierten Waldrändern).

Die zuständigen Revierförster erachteten schliesslich eine bereits vor dem Ersteingriff vorhandene Gehölzvielfalt – insbesondere in der Strauchschicht – als Erfolg versprechend. Aufgrund fehlender Daten zur Artenzusammensetzung im Ausgangszustand konnte der Einfluss dieses Standortfaktors jedoch nicht verifiziert werden.

Eingriffsfrequenz

Für den mittel- bis langfristigen Erfolg von Aufwertungsmassnahmen bedeutender als Wüch-

sigkeit und Exposition war die Eingriffsfrequenz, d.h. die zwischen zwei Eingriffen liegende Anzahl Jahre ($p=0.02$; Abbildung 5). Erfolgte der erste Folgeeingriff nach spätestens sieben Jahren, betrug die durchschnittliche Punktzahl 54.8 Punkte. Wurde der erste Folgeeingriff hingegen erst nach zehn oder mehr Jahren durchgeführt, betrug die mittlere Punktzahl lediglich 44.4 Punkte. Die intuitive Vermutung, dass die Eingriffsfrequenz zumindest teilweise von der Wüchsigkeit eines Standorts abhängt – da die schneller wachsende Naturverjüngung (v.a. Buche, Ahorn, Esche) auf den wüchsigeren Standorten einen raschen Folgeeingriff nötig mache – konnte an den untersuchten Waldrändern nicht bestätigt werden ($p=0.31$).

Nach Ansicht der befragten Revierförster führte ein starker Ersteingriff, d.h. eine Reduktion des Deckungsgrades in der Baumschicht um mindestens 70%, zu ökologisch erfolgreicherem Ergebnissen als schwächere Ersteingriffe. Diese Einschätzung konnte aber aufgrund fehlender Daten zur Eingriffsstärke nicht überprüft werden.

Schutz- und Beitragsstatus

Der Schutzstatus eines Waldrandes gemäss kantonalem Kulturlandplan («geschützt»/«nicht geschützt») hatte keinen signifikanten Einfluss auf dessen ökologischen Wert ($p=0.5$; Abbildung 6). Wenn jedoch die angrenzende Waldfläche als geschützt ausgewiesen wurde, war die Qualität der entsprechenden Waldränder deutlich höher (+19%), als wenn der Wald nicht als geschützt eingetragen war (55.8 vs. 46.9 Punkte, $p=0.03$). Galt das unmittelbar vorgelagerte Offenland als ökologische Ausgleichsfläche und damit als beitragsberechtigt gemäss der Direktzahlungsverordnung vom 23. Oktober 2013 (DZV, SR 910.13), verfügten die untersuchten Waldränder im Mittel über einen um 21% höheren ökologischen Wert (55.4 Punkte), als wenn die vorgelagerten Landwirtschaftsflächen intensiv genutzt wurden (45.7 Punkte, $p=0.03$). War sowohl die Waldfläche im Kulturlandplan als geschützt eingetragen als auch das Offenland beitragsberechtigt, lag der erreichte Wert mit durchschnittlich 54.8 Punkten sogar 23% höher, als wenn keine dieser Bedingungen zutraf (44.3 Punkte, $p=0.03$).

Diskussion

Qualität der aufgewerteten Waldränder

Die ökologische Qualität der 20 untersuchten aufgewerteten Waldränder im Kanton Aargau war im Mittel bedeutend besser als der Zustand eines Schweizer «Durchschnittswaldrandes» (Krüsi et al 1997). Die Waldrandtiefe lag mit 10.7 m mehr als dreimal höher, und der Krautsaum war mit durchschnittlich 10.8 m sogar über achtmal tiefer. Auch der Strauch-

gürtel wies eine doppelt so hohe Tiefenausdehnung wie an einem durchschnittlichen Waldrand in der Schweiz auf. Die Belaubungsdichte der aufgewerteten Aargauer Waldränder war 35% höher als im Schweizer Mittel. Ähnlich gross waren die Unterschiede in Bezug auf die floristische Vielfalt: Während in der Strauch- und Krautschicht pro 100 Laufmeter an einem durchschnittlichen Schweizer Waldrand 11.6 verschiedene verholzte Pflanzenarten gefunden wurden (Krüsi et al 1997), konnte in der vorliegenden Untersuchung (20.9 Arten) eine rund 80% höhere Artenvielfalt nachgewiesen werden. Dies ist umso erstaunlicher, als die Anzahl verholzter Pflanzenarten an den über 400 in Krüsi et al (1997) untersuchten Waldrändern mit 11.5 bis 12.4 Arten in allen berücksichtigten Regionen der Schweiz praktisch konstant war. Mit durchschnittlich 9.9 verschiedenen Laubbaumarten wurden auch mehr als doppelt so viele Arten in der Baumschicht gefunden wie im Schweizer Durchschnitt (4.5 Laubbaumarten).

Wird die von den untersuchten Waldrändern erreichte mittlere Punktzahl gemäss den in Krüsi et al (1997) verwendeten Kriterien umgerechnet (Krüsi & Schütz 1994), ergibt sich im Vergleich mit einem durchschnittlichen Schweizer Waldrand ein um 67% höherer Wert (46.9 vs. 28.1 Punkte). In Kategorien ausgedrückt: Während gemäss Krüsi et al (1997) nur 0.6% aller Waldränder in der Schweiz als «gut» bewertet werden, erreichen von den 20 untersuchten Waldrändern im Kanton Aargau 55% diese Einstufung, 20% können als «befriedigend», 20% müssen als «unbefriedigend» und nur ein Waldrand (5%) muss als «schlecht» betrachtet werden (Schweiz: 13% «befriedigend», 39% «unbefriedigend» sowie 47% «schlecht» oder «fehlend»).

Eine Gegenüberstellung des ökologischen Zustands der untersuchten Waldränder mit ausgewählten, naturschützerisch besonders wertvollen Waldrändern in der Schweiz (Bernhard 1996) zeigt, dass sowohl die durchschnittliche Ausdehnung der Strukturelemente wie auch die botanische Diversität vergleichbar sind. Lediglich die mittlere Strauchgürteltiefe sowie -länge ist an den von Bernhard (1996) bewerteten Waldrändern etwas höher. Die deutliche Diskrepanz in der durchschnittlichen Gesamtpunktzahl ist hingegen auf methodische Unterschiede zurückzuführen (vgl. Krüsi et al 1997). Ein Vergleich mit den Zielvorstellungen des Naturschutzes (Von Büren et al 1995, Pro Natura 2013) macht zudem deutlich, dass sowohl die floristische Vielfalt wie auch die Krautsaumtiefe der aufgewerteten Waldränder im Kanton Aargau die Zielvorgabe eines idealen Waldrandes übertreffen, während die mittlere Strauchgürteltiefe nur geringfügig darunter liegt. Einzig die aus naturschützerischer Sicht geforderte Waldrandtiefe von 20 bis 30 m wird mit durchschnittlich 10.7 m klar nicht erreicht; hier bestehen noch deutliche Verbesserungsmöglichkeiten. Die

insgesamt jedoch sehr gute Bewertung der untersuchten Aargauer Waldränder ist auch darauf zurückzuführen, dass sie sich durch hohe Punktzahlen im «Ergänzungsschlüssel» (Tabelle 2) auszeichnen, d.h. durch eine grosse botanische Vielfalt des Krautsaumes und der Waldbodenvegetation, einen hohen Verzahnungsgrad, zahlreiche Kleinstrukturen sowie vergleichsweise geringe Vorkommen von Problemarten und Neophyten (vgl. Spirig 2010).

Die an den aufgewerteten Waldrandabschnitten vorhandene Vielfalt an Gehölzen ist beeindruckend. An den 20 untersuchten Waldrändern konnten über 75% aller natürlicherweise in der Schweiz vorkommenden Laubbaumarten und fast die Hälfte aller einheimischen Gehölze¹ nachgewiesen werden. Dies unterstreicht das Potenzial von ökologischen Aufwertungseingriffen und die botanische Bedeutung des Übergangsbereichs Waldrand.

Faktoren für erfolgreiche Aufwertungen

Welche Bedingungen aber sind ausschlaggebend für eine erfolgreiche Waldrandaufwertung? Die vorliegende Untersuchung hat gezeigt, dass auch auf mittel bis sehr wüchsigen Standorten sehr gute Resultate möglich sind. Das heisst, die unter den Förstern verbreitete Ansicht, die Wüchsigkeit des Standorts sei zentral, trifft vermutlich nicht zu. Auch der Einfluss der Exposition auf das Aufwertungsergebnis hat sich in der vorliegenden Untersuchung nicht bestätigt – dies im Gegensatz zu anderen Studien (Hondong et al 1993, Schütz & Krüsi 1994). Entsprechende Vorgaben und Empfehlungen für die Praxis (z.B. BVU 2009, Rey 2008, Hepenstrick & Krüsi 2013) sollten deshalb mit der nötigen Flexibilität gehandhabt werden.

Die durchgeführte Erhebung weist darauf hin, dass eine Eingriffsfrequenz von rund sieben Jahren tendenziell zu den besten Ergebnissen führt (Abbildung 5). Dies entspricht weitgehend den bestehenden Richtlinien des Kantons Aargau (BVU 2009) und stimmt mit den Vorhersagen der Hypothese der mittleren Störungshäufigkeit (intermediate disturbance hypothesis; Connell 1978) überein, wonach sowohl zu häufige als auch zu seltene Störungen (d.h. hier Pflegeeingriffe) zu einer Abnahme der (Arten-)Vielfalt führen. Insbesondere lassen die vorliegenden Ergebnisse darauf schliessen, dass Folgeeingriffe nicht hinausgezögert werden sollten (>10 Jahre). Ob eine deutlich kürzere Eingriffsfrequenz als sieben Jahre (z.B. drei bis fünf Jahre, wie u.a. von Angst 1997 und Rey 2008 empfohlen) tatsächlich zu einer Abnahme der ökologischen Qualität von aufgewerteten Waldrändern führen würde, bleibt hingegen zu klären – allerdings stellt sich mit zunehmend kürzeren Intervallen vermehrt auch die Frage der Finanzierung.

¹ BRÄNDLI UB (2003) Gehölze Schweiz. www.gehoelze.ch/verwendung_zusammenf.pdf (2.9.2014)

Fazit für die Praxis

Im Kanton Aargau werden seit bald 20 Jahren Eingriffe zur ökologischen Aufwertung von Waldrändern durchgeführt. Legen wir in diesem Beitrag dar, dass auf qualifizierten, aber subjektiven Einschätzungen beruhende Annahmen nicht immer zutreffen müssen, konnten in dieser Zeitspanne doch zahlreiche Erfahrungen in Bezug auf die Standortwahl und die Art und Weise der Eingriffe gesammelt werden. Diese praxisrelevanten Erfahrungen sind in Tabelle 4 zusammengefasst. Sie sollen Praktiker bis zum Vorliegen wissenschaftlich breiter abgestützter Erkenntnisse bei der Umsetzung ökologisch wünschenswerter Aufwertungsmassnahmen unterstützen.

Waldrandaufwertungen sind komplexe Unterfangen mit zahlreichen Einflussfaktoren, die teilweise stark von den lokalen Gegebenheiten abhängen. Geografisch und zeitlich umfassendere Analysen sind notwendig, um die vorliegenden Ergebnisse auch für andere Gebiete der Schweiz bestätigen und langfristige Trends zuverlässig erkennen zu können. Die in den kommenden Jahren im Rahmen der Waldpolitik 2020 vom Bund unterstützten, in einer Vielzahl von Kantonen durchzuführenden Aufwertungsmassnahmen bieten dazu eine ideale Gelegenheit. Voraussetzung dafür ist jedoch eine systematische Erfolgskontrolle. Insbesondere die Dokumentation der Ausgangslage sowie eine Überprüfung der Wirksamkeit der Eingriffe – anstelle einer einfachen Ausführungskontrolle – sind zwingend, sollen fundierte Aussagen zu wichtigen Randbedingungen wie auch zur Effizienz der umgesetzten Massnahmen gemacht werden können. Nicht zuletzt könnten so die erreichten Erfolge gegenüber der zunehmend interessierten Bevölkerung besser kommuniziert werden.

Der «Waldrandschlüssel» von Krüsi et al (2010) bietet dazu ein einfach handhabbares, schlankes und standardisiertes Vorgehen, welches eine weitgehende Vergleichbarkeit von erhobenen Daten erlaubt und dadurch zu wichtigen Erkenntnissen in diesem noch jungen Forschungsbereich beitragen kann. ■

Eingereicht: 3. Juni 2014, akzeptiert (mit Review): 26. August 2014

Dank

Wir bedanken uns bei der Abteilung Wald des Kantons Aargau und beim Bundesamt für Umwelt für die Unterstützung der durchgeführten Untersuchung sowie bei den befragten Fachpersonen für ihre wertvollen Auskünfte.

Literatur

- ANGST C (1997) Es lebe der Waldrand! Wald Holz 78(2): 27–30.
- BAFU (2011) Waldpolitik 2020. Vom Bundesrat gutgeheissen am 31. August 2011. BBl 8731–8754.
- BERNHARD S (1996) Wie gut sind gute Waldränder in der Schweiz? Ökologische Bewertung und Entstehungsgeschichte von 21 guten Walrändern; neuer Bewertungsschlüssel; Handlungsempfehlungen. Zürich: ETH, Abteilung XB, Diplomarbeit. 149 p.
- BRÄNDLI UB, EDITOR (2010) Schweizerisches Landesforstinventar. Ergebnisse der dritten Erhebung 2004–2006. Birmensdorf: Eidgenöss. Forsch.anstalt WSL. 312 p.
- BVU (2009) Waldrandregeln 2009. Aarau: Departement Bau Verkehr Umwelt, Abteilung Wald. 6 p.
- BVU (2012) Naturschutzprogramm Wald. Zwischenbericht 2013, Ziele und Handlungsbedarf vierte Etappe (2014–2019). Aarau: Departement Bau Verkehr Umwelt, Abteilung Wald. 25 p.
- CONNELL JH (1978) Diversity in tropical rain forests and coral reefs. Science 199: 1302–1310.

Zu tun	
Auswahl des Standorts	
<ul style="list-style-type: none"> ● Bereits artenreiche Waldränder bevorzugen. ● Standorte mit eingeschränkter Dominanz der Buche bevorzugen. ● Schutzgebiete bevorzugen. 	<ul style="list-style-type: none"> ● Standorte auswählen, wo bereits ein Krautsaum besteht oder ein solcher einfach geschaffen werden kann. ● Hanglagen bevorzugen (ausser an nordexponierten Standorten).
Massnahmen	
<ul style="list-style-type: none"> ● Beim Ersteingriff i.d.R. stark eingreifen (>60% der Baumschicht entfernen). Kommen invasive Neophyten, Brombeeren oder Adlerfarn vor, Eingriff etappieren und plötzliche, grosse Lichtverfügbarkeit vermeiden. ● Möglichst tiefe Buchten (>15m) bereits beim Ersteingriff anlegen. ● Zeitpunkt des Folgeeingriffs an Standort anpassen; insbesondere bei wüchsigen Verhältnissen Folgeeingriff nach weniger als sieben Jahren vorsehen. ● Bei artenarmer Ausgangslage (Dornen-)Sträucher und seltene Baumarten setzen; bedingt aber regelmässige Folgepflege. 	<ul style="list-style-type: none"> ● Nicht nur Totholz liegen lassen, sondern möglichst verschiedene Kleinstrukturen schaffen (Baumstrünke, umgekippte Wurzelteller, Steinlinsen, Tümpel, stehendes Totholz). ● Die Bevölkerung frühzeitig informieren (Begehung, evtl. Informationstafel an stark begangenen Standorten). ● Zusammenarbeit mit Naturschutzvereinen, Zivilschutz, Jagdgesellschaften etc. suchen für Aufräumarbeiten und Folgepflege. ● Ausgangszustand dokumentieren und Erfolgskontrolle nach ca. vier bis fünf Jahren vorsehen.
Zu unterlassen	
<ul style="list-style-type: none"> ● Ersteingriff im Stangenholz (starkes Folgewachstum). ● Folgeeingriff zu lange hinauszögern (>10 Jahre). 	<ul style="list-style-type: none"> ● Altbäume mit bedeutendem Efeubewuchs fällen. ● Maschinen, welche zuvor auf Gelände mit Neophytenvorkommen eingesetzt wurden, ungereinigt verwenden.

Tab 4 Empfehlungen für Waldrandaufwertungen aufgrund der Erfahrungen im Kanton Aargau.

- DIERSCHKE K (2000) Kleinbiotope in botanischer Sicht – ihre heutige Bedeutung für die Biodiversität von Agrarlandschaften. *Pflanzenbauwissenschaften* 4: 52–62.
- DUELLI P, OBRIST MK, FLÜCKIGER PF (2002) Forest edges are biodiversity hotspots – also for *Neuroptera*. *Acta Zool Acad Sci H* 48 (Suppl 2): 75–87.
- 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.
- HEPENSTRICK D, KRÜSI BO (2013) GIS-basierte Priorisierung von Waldrandaufwertungen mit ökologischen und ökonomischen Kriterien. Wädenswil: Zürcher Hochschule Angewandte Wissenschaften. 41 p.
- HONDONG H, LANGNER S, COCH T (1993) Untersuchungen zum Naturschutz an Waldrändern. Zürich: Bristol-Stiftung. 196 p.
- KRÜSI BO, SCHÜTZ M (1994) Schlüssel zur ökologischen Bewertung von Waldrändern. Eidgenöss Forsch.anst WSL, Inf.bl Forsch.bereich Landsch 20 (Beilage). www.wsl.ch/dienstleistungen/publikationen/schriftenreihen/archiv/landschaft/download/land_20_beilage.pdf (1.9.2014).
- KRÜSI BO, SCHÜTZ M, TIDOW S (1997) Waldränder in der Schweiz. Ökologischer Zustand, botanische Vielfalt und Aufwertungspotenzial. *Schweiz Wald* 133 (4): 5–19.
- KRÜSI BO, TENZ R, ARQUINT D, GROSSMANN M (2010) Praxishilfe für die Aufwertung von Waldrändern in der Schweiz. Wädenswil: Zürcher Hochschule Angewandte Wissenschaften. 52 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 (30.04.2014).
- REY J (2008) Schaffung und Pflege von stufigen Waldrändern. Freiburg i. Ue.: Amt Wald Wild Fischerei. 16 p.
- SCHMIDER P, WINTER D, LÜSCHER P (2003) Wälder im Kanton Thurgau. Frauenfeld: Thurgauische Naturforschende Gesellschaft. 268 p.
- SCHÜTZ M, KRÜSI BO (1994) Sind südexponierte Waldränder ökologisch besonders wertvoll? *Eidgenöss Forsch.anst WSL, Inf.bl Forsch.bereich Landsch* 20: 1–2.
- SCHWEIZERISCHER BUNDES RAT (2012) Strategie Biodiversität Schweiz vom 25. April 2012. BBl 1912: 7239–7342.
- SPIRIG T (2010) Ökologische Aufwertung von Waldrändern im Kanton Schwyz: Ausgangszustand und konkrete Aufwertungsvorschläge. Wädenswil: Zürcher Hochschule Angewandte Wissenschaften, Bachelorarbeit. 90 p.
- VON BÜREN D, DIEZ C, BADER L, BUDDE A, KAUFMANN G (1995) Waldrand. Artenreiches Grenzland. Basel: Schweizerischer Bund Naturschutz, Merkblatt 14. 39 p.

20 Jahre ökologische Aufwertung von Waldrändern im Kanton Aargau: erste Erfolgskontrolle

Im Schweizer Mittelland bestehen heute rund 25 000 km Waldränder, welche als Übergangszone zwischen offener Kulturlandschaft und geschlossenem Wald eine wichtige Vernetzungsfunktion übernehmen und Lebensräume für zahlreiche Tier- und Pflanzenarten bieten. Da sich nur ein kleiner Teil dieser Waldränder in einem ökologisch guten Zustand befindet, werden in vielen Kantonen Aufwertungsmassnahmen durchgeführt. Dem Kanton Aargau kommt mit bisher fast 200 km aufgewerteten Waldrändern eine Vorreiterrolle zu. Mangels Erfolgskontrollen war aber nicht bekannt, welchen ökologischen Wert diese Waldränder aufweisen und welche Faktoren zum Erfolg von Aufwertungsmassnahmen beitragen. Deshalb wurde anhand eines Bewertungsschlüssels sowie einer Befragung der zuständigen Revierförster die ökologische Qualität von 20 aufgewerteten Waldrändern in sechs Forstrevieren im Kanton Aargau mit möglichen Einflussgrößen verglichen. Die Untersuchungen zeigen, dass die aufgewerteten Waldränder in sehr gutem Zustand sind. Die floristisch und faunistisch wichtigsten Strukturelemente sind zwei- bis achtmal besser ausgeprägt als an einem durchschnittlichen Schweizer Waldrand und kommen den Zielvorstellungen des Naturschutzes sehr nahe. Die Gehölzvielfalt ist mit insgesamt 31 einheimischen Laubbaumarten und 58 verschiedenen einheimischen Gehölzarten ausgesprochen hoch. Entgegen der Einschätzung der Revierförster erwiesen sich weder die Wüchsigkeit eines Standorts noch dessen Exposition als massgebende Erfolgsfaktoren. Wichtig scheint dagegen die Frequenz der Folgeeingriffe zu sein. Diese sollten rund alle sieben Jahre durchgeführt werden. Umfassendere Untersuchungen sind nötig, um die vorliegenden Ergebnisse auch für andere Gebiete der Schweiz zu bestätigen. Voraussetzung dafür sind systematische Erfolgskontrollen, welche die Dokumentation der Ausgangslage einschliessen.

20 ans de mesures écologiques pour les lisières forestières dans le canton d'Argovie: premier contrôle d'efficacité

Le Plateau suisse compte aujourd'hui environ 25 000 km de lisières forestières qui, en tant que zone de transition entre la forêt et les cultures, remplissent une importante fonction de réseau et offrent un habitat à de nombreuses espèces animales et végétales. Etant donné que seule une petite proportion de ces lisières se trouve dans un bon état écologique, beaucoup de cantons mettent en œuvre des mesures de vitalisation. Le canton d'Argovie est précurseur en la matière avec près de 200 km de lisières revitalisées. En l'absence d'un contrôle de l'efficacité, la valeur écologique après l'exécution des mesures d'amélioration et les facteurs principaux amenant au succès de la revalorisation n'étaient jusqu'à présent pas connus. Pour cette raison, la qualité écologique de 20 lisières revalorisées dans six triages forestiers du canton d'Argovie a été comparée à différents facteurs à l'aide de critères d'évaluation standardisés et d'un entretien avec le service forestier concerné. L'étude démontre que les lisières revalorisées sont en un très bon état. Les éléments structurels importants au niveau de la flore et de la faune sont de deux à huit fois plus marqués que dans une lisière usuelle en Suisse et s'approchent des objectifs souhaités par la protection de la nature. La diversité avec 31 essences feuillues indigènes différentes et 58 espèces ligneuses indigènes est exceptionnellement élevée. Contrairement à l'impression des services forestiers concernés, la bonité de la station et son exposition ne se sont pas avérés comme des facteurs déterminants pour la valeur écologique. La fréquence des interventions suivant l'intervention principale semble par contre importante. Elle devrait se situer autour de sept ans. Des relevés complémentaires sont nécessaires pour confirmer ces résultats dans d'autres régions de la Suisse. Des contrôles systématiques qui incluent la documentation de l'état initial en sont la condition préalable.