

Der Götterbaum in der Schweiz

Ökologie und Managementoptionen

Simon Knüsel, Jan Wunder, Christine Moos, Luuk Dorren, Massimiliano Schwarz, Daniela Gurtner, Marco Conedera



Abb. 1. Götterbäume in der Stadt Zürich.

Wenn sich Arten ausserhalb ihres Herkunftsgebiets schnell und unkontrolliert ausbreiten, können sie Schäden verursachen. Mit diesen gebietsfremden invasiven Arten umzugehen, ist mangels Erfahrung oft mit Unsicherheiten verbunden. Deshalb sind Prävention und Früherkennung wichtig, um ihre Ausbreitung zu verhindern. Ist eine invasive Art regional bereits verbreitet, gilt es, den Fokus auf relevante ökologische, ökonomische oder gesundheitliche Effekte zu legen, um allfällige negative Auswirkungen auf ein Minimum zu beschränken. Der Götterbaum (Abb. 1) gilt in der Schweiz als invasive Baumart und befindet sich auf der Schwarzen Liste invasiver Neophyten der Info Flora (BUHOLZER *et al.* 2014). Ausserdem wird der Götterbaum auf der Liste der invasiven Pflanzenarten der EPPO (European and Mediterranean Plant Protection Organization) und seit 2019 auch auf der «List of Invasive Alien Species of Union concern» der EU geführt. Der Götterbaum ist in der Schweiz unterschiedlich verbreitet, von götterbaumfreien Gebieten bis zu Gebieten mit vielen etablierten Populationen. Vielerorts konzentriert sich der Umgang mit dem Götterbaum auf der vorsorglichen Entfernung und Eindämmung. Wo eine Entfernung aller Götterbäume die vorhandenen Mittel und Möglichkeiten übersteigt, braucht es differenzierte Managementansätze.

Herkunft und Ökologie

Der Götterbaum (*Ailanthus altissima*) ist eine sommergrüne, zweihäusige Baumart (Götterbaumindividuen sind entweder männlich oder weiblich). Er lässt sich vor allem durch seine ganzrandigen Fiederblätter von anderen Baumarten unterscheiden (siehe «Steckbrief Götterbaum» bzw. Abb. 6). Der Götterbaum stammt ursprünglich aus China, wo sich sein Verbreitungsgebiet über weite Teile des Landes erstreckt (KOWARIK und SÄUMEL 2013). In natürlichen Wäldern kommt er jedoch nur selten vor (FANG *et al.* 2012), was wahrscheinlich auf seinen Pioniercharakter zurückzuführen ist. Am häufigsten tritt er in China in urbanen Gebieten als Strassenbaum oder spontan auf Ruderalflächen auf. Im Ursprungsgebiet wächst der Götterbaum auch an sehr trockenen und warmen Standorten (ab etwa 200 mm Jahresniederschlag; Abb. 2).

Reproduktionsbiologie

Adulte weibliche Bäume produzieren bis zu eine Million geflügelte Samen (WICKERT *et al.* 2017), die sich hauptsächlich durch den Wind ausbreiten (Abb. 3). Die Flugdistanzen der Samen sind meist kleiner als 150 m (LANDENBERGER *et al.* 2006), bei starkem Wind (z. B. Föhnlagen) aber bis über 500 m. Bei einer sekundären Ausbreitung entlang von (Forst-)Strassen, Autobahnen und Eisenbahnlinien können die Samen mehrere Kilometer verschleppt werden (VON DER LIPPE und KOWARIK 2007). An Fließgewässern ist ausserdem eine Ausbreitung über den Wasserweg möglich (KOWARIK und SÄUMEL 2008). In der Laubstreu bleiben die Samen bis zu sechs Jahre keimfähig, wodurch sich eine Samenbank ausbilden kann (REBBECK und JOLLIFF 2018).

Der Götterbaum breitet sich sehr gut via Wurzelbrut oder Stockausschlag aus (siehe Abb. 13). Die vegetative Vermehrung wird vor allem durch Verletzungen an Stamm oder Wurzeln hervorgerufen. Eine Ausbreitung über Wurzelfragmente in Aushubmaterial ist ebenfalls möglich.

Etablierung

Am konkurrenzstärksten ist der Götterbaum auf Ruderalflächen und Pionierstandorten mit hoher Lichtverfügbarkeit. Bei der Etablierung profitiert er von verschiedenen Störungen ausserhalb (z. B. Brachflächen, Baustellen) und innerhalb des Waldes (z. B. forstliche Eingriffe, Windwurf, Waldbrand; Abb. 4). Im Wald wird der Götterbaum kleinräumig durch eine geringe Streuauflage sowie eine verminderte Konkurrenz anderer Baumarten begünstigt (z. B. an felsigen Standorten).

Bei hoher Samenverfügbarkeit entwickelt sich der Götterbaum auch im Halbschatten, wobei die Wahrscheinlichkeit einer Ansiedelung ab einem Kronenbedeckungsgrad von 85 Prozent beträchtlich abnimmt. Individuen im Halbschatten sterben durchschnittlich nach 3 (bis 7) Jahren wieder ab (KNÜSEL *et al.* 2019).

In Gebieten mit einem hohen Wilddruck (wie z. B. im Kanton Tessin) profitieren junge Götterbäume im Vergleich zu anderen Baumarten von geringeren Verbissschäden, da der Götterbaum als neue Art aktuell vom Wild nur gefegt wird.

Es gibt Hinweise aus Laboruntersuchungen, dass junge Götterbäume das Wachstum von Konkurrenzvegetation durch das Ausscheiden allelopathischer Stoffe hemmen (LAWRENCE *et al.* 1991). Allerdings sind die Effekte im Feld oft weniger ausgeprägt und hängen stark vom Standort und den betroffenen Arten ab (MEDINA-VILLAR *et al.* 2017).

Wachstum

Durch das schnelle Höhenwachstum, das bei einem hohen Lichtangebot bei Sämlingen 2–3 m pro Jahr betragen kann, hat der Götterbaum vor allem in der Jugend Konkurrenzvorteile gegenüber anderen Baumarten (Abb. 5). Ein hohes Lichtangebot führt auch zu einem schnellen Dickenwachstum. In dichteren Waldbeständen ist das Dickenwachstum häufig weniger ausgeprägt und kann durchaus geringer sein als jenes von konkurrierenden Baumarten (z. B. Edelkastanie, *Castanea sativa*). In Parks oder Städten erreichen Götterbäume Durchmesser von etwa 150 cm (KASSON *et al.* 2013) bei Höchstaltern von 100–120 Jahren (maximal etwa 170 Jahre; BRUNNER 2009).

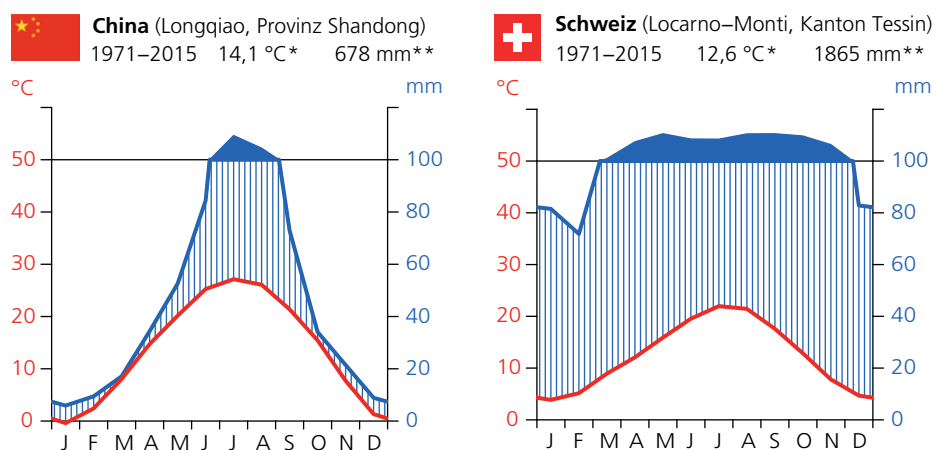


Abb. 2. Klimadiagramme von Orten mit Götterbaumbeständen in China (links) und in der Schweiz (rechts) für die Periode 1971–2015. * Jahresdurchschnittstemperatur; ** Jahresniederschlag.

Trockenheitstoleranz

Der Götterbaum besitzt eine hohe Trockenheitstoleranz, die bereits im Verjüngungsstadium ausgeprägt ist (TRIFILÒ *et al.* 2004). Im Tessin ist das Dickenwachstum in den Trockenjahren 1976 und 2003 adulter Götterbäume – im Gegensatz zur Edelkastanie – nicht eingebrochen (KNÜSEL *et al.* 2015).

Krankheitserreger und Mortalität

Adulte Götterbäume werden an manchen Standorten von Kernfäule befallen (PLOZZA und SCHMID 2012). Die Anteile befallener Götterbäume sind meist vergleichbar mit jenen anderer Baumarten auf ähnlichen Standorten (KNÜSEL *et al.* 2015). Welche Standortfaktoren die Häufigkeit der Kernfäule beeinflussen, ist noch nicht klar. Bisher wurden auf Götterbäumen im Tessin verschiedene Fäulepilze nachgewiesen (z. B. Gemeiner Spaltblättling, *Schizophyllum commune*).

Grössere Schäden verursachen Welkepilze der Gattung *Verticillium*, die in Österreich und auch in Italien (Südtirol, Trentino und Toskana) zum Absterben einiger Götterbaumbestände geführt haben (MASCHEK und HALMSCHLAGER 2017, PISUTTU *et al.* 2020). Bis jetzt wurden in Schweizer Götterbaumbeständen keine *Verticillium*-Pilze nachgewiesen.

Ökosystemleistungen und -beeinträchtigungen

Dieselben ökologischen Eigenschaften des Götterbaums können je nach Lebensraum, Bewirtschaftungszielen und gesellschaftlichen Ansprüchen unterschiedlich bewertet werden.

Biodiversität

Der Götterbaum hat häufig einen negativen Einfluss auf die Pflanzendiversität besiedelter Standorte (Motard *et al.* 2011) und kann die Ökosystemleistung des Bodens reduzieren (CONSTÁN-NAVA *et al.* 2014). Ausserhalb des Waldes ist die Artenvielfalt durch eine Besiedelung des Götterbaums insbesondere an offenen Standorten, wie artenreichen Ruderalgesellschaften und Trockenwiesen, gefährdet (ARNABOLDI *et al.* 2002).

Wegen seiner Inhaltsstoffe wird der Götterbaum von vielen einheimischen (v. a. herbivoren) Insekten gemieden. Während sich in Asien 46 Arthropoden von *Ailanthus*-Blättern ernähren (DING



Abb. 3. Geflügelte Samen des Götterbaums.



Abb. 4. Götterbaumverjüngung nach natürlichen Störungen. Links: Junge Götterbäume in einer Windwurfücke im Kastanienwald. Rechts: Verjüngung auf einer Waldbrandfläche in Cugnasco (TI), zehn Jahre nach dem Feuer. Die Götterbäume setzen sich vor allem an Standorten mit hoher Feuerintensität und entsprechend rascher Mortalität des Buchenaltbestandes durch.

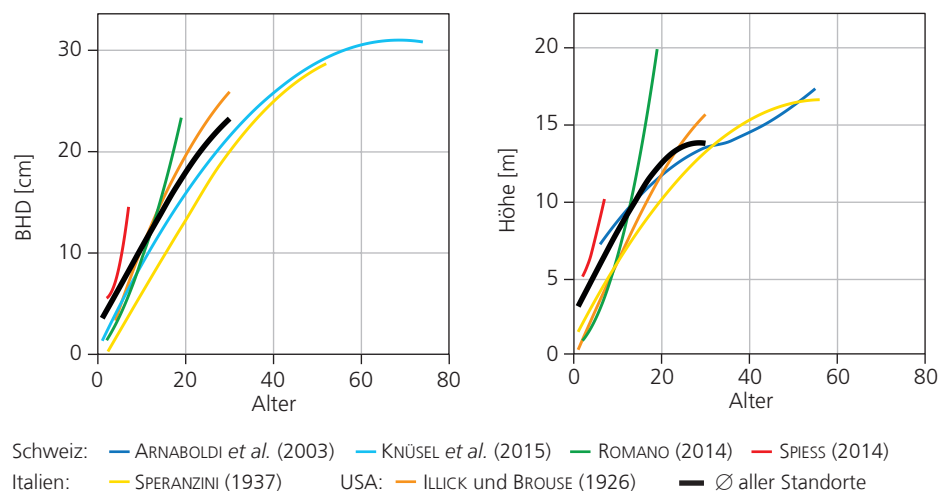


Abb. 5. Dicken- und Höhenwachstum von Götterbaum-Kernwüchsen auf unterschiedlichen Standorten. Farbige Linien zeigen einzelne Standorte. Die schwarze Linie zeigt den Durchschnitt aller Standorte (nur gezeigt, solange mindestens Daten von drei Standorten verfügbar sind).

Steckbrief Götterbaum (*Ailanthus altissima*)

- **Herkunft:** hauptsächlich aus dem Südosten Chinas
- **Maximale Höhe:** etwa 30 m
- **Höchstalter:** 100 bis maximal 170 Jahre
- **Reproduktionsbiologie:** Zweihäusiger Baum. Samenproduktion im Freiland ab etwa 4 Jahren, im Bestand ab 10–20 Jahren; starke Zunahme der Anzahl Samen mit zunehmendem BHD, > 100 000 Samen pro Baum ab etwa 30 cm BHD, WICKERT *et al.* (2017). Grosses vegetatives Ausbreitungspotenzial via Stockausschläge und Wurzelbrut.
- **Schattentoleranz:** In der frühen Jugend eine Halblichtbaumart (vegetative Verjüngung halbschattentolerant), danach eine ausgeprägte Lichtbaumart.
- **Boden:** Anspruchslos bezüglich Substrat und Nährstoffen, bestes Wachstum auf nährstoffreichen, lehmigen Böden. Meidet Dauernässe (KOWARIK und SÄUMEL 2007).
- **Wärme:** Wärmebedürftige Baumart, Grenze bei etwa 9–10 °C Jahresmitteltemperatur (wichtig ist vor allem die Wärmesumme während der Vegetationsperiode, > ~20 Tage mit einer Temperatur über 15 °C (KOWARIK und BÖCKER 1984).
- **Niederschlag:** Häufig ab ca. 500 mm Jahresniederschlag (minimal ca. 200 mm). Der Götterbaum besitzt eine hohe Trockenheitstoleranz (KOWARIK und SÄUMEL 2007).
- **Frost:** Mässig frosthart, junge Pflanzen spätfrostempfindlich. Adulte Bäume überleben Winterkälte von bis zu –30 °C (KOWARIK und SÄUMEL 2007).
- **Wachstum:** Höhenzuwachs bei Volllicht bis zu 2–3 m (Sämlinge) oder bis zu 4 m pro Jahr (Stockausschläge).
- **Holzqualität:** Aussehen, Verarbeitung und mechanische Eigenschaften ähnlich wie Esche (*Fraxinus excelsior*; MÜLLER *et al.* (2015); Heizwert vergleichbar mit Fichte (SCHUMACHER *et al.* 2010).
- **Krankheitserreger:** *Verticillium*-Welkepilze, verschiedene Fäuleerreger und Schwächeparasiten.
- **Allergene:** Pollen (BALLERO *et al.* 2003) sowie Säfte des Götterbaums (DERRICK und DARLEY 1994) können allergische Reaktionen auslösen.

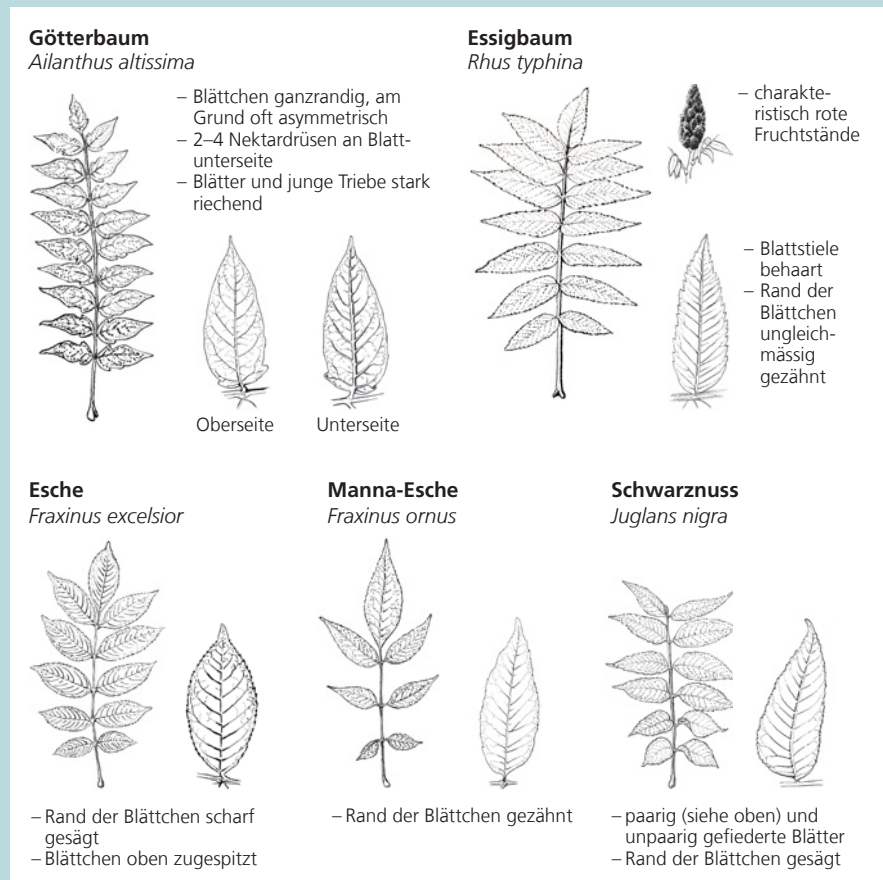


Abb. 6. Blattmerkmale des Götterbaums im Vergleich zu Essigbaum, Esche, Manna-Esche und Schwarznuss. Zeichnungen: *illustraziuns* Silvana Wölflé

et al. 2006), sind es in Europa bisher nur zwei Arten (KOWARIK und SÄUMEL 2007). Am meisten Nahrung bietet der Götterbaum während seiner Blüte, wenn er durch Fliegen, Honigbienen, Käfer und weitere Arten bestäubt wird.

Schutz vor Naturgefahren

Götterbäume reduzieren die Energie eines Steinschlags ähnlich stark wie Buchen (Abb. 7; Moos *et al.* 2019). Der Steinschlagschutz in Waldbeständen mit Götterbäumen bleibt potenziell bestehen.

Der Götterbaum bildet zudem eine ausgeprägte zentrale Pfahlwurzel (Abb. 8), was zu Wurzelsystemen mit einer kleineren Anzahl an Feinwurzeln und nur wenig seitlichen Grobwurzeln führt (DE BONI 2017). In Götterbaum-Reinbeständen wirkt sich dies im Vergleich zu Edelkastanien- oder Buchenbeständen negativ auf die Wurzelverankerung des Bodens aus. Einzelne, beigemischte ältere Götterbäume erhöhen hingegen die generelle Stabilität gegenüber Rutschungen, da sie zu einer Diversifizierung der Durchwurzelungstiefe auf Bestandesebene beitragen (DE BONI 2017).

Aufgrund mangelnder Erfahrungen gibt es momentan keine Empfehlungen zu einem NAIS-konformen Waldbau im Schutzwald mit Götterbaum (BAFU 2018). So wird der Götterbaum zum Beispiel durch Eingriffe gefördert, was sich negativ auf die Baumartenmischung auswirken und somit zu einem erhöhten Aufwand in der Schutzwaldpflege führen kann. Offen bleibt derzeit der Einfluss allfälliger Kernfäulen auf die Steinschlagschutzwirkung.

Etabliert sich der Götterbaum an Felswänden (z. B. entlang von Strassen), kann sich das Steinschlagsrisiko durch Wurzelsprengungen lokal erhöhen.

Holz- und Nichtholzprodukte

Aussehen, Verarbeitung sowie die mechanischen Eigenschaften des Holzes des Götterbaums sind sehr ähnlich zur Esche (*Fraxinus excelsior*; Übersicht in MÜLLER *et al.* 2015). Neben der Verwendung als Massivholz für Möbel, im Innenausbau oder Holzbau wird dem Götterbaum auch ein hohes Potenzial als Rohstoff für die Zellstoff- und Holzwerkstoffindustrie zugesprochen (BRANDNER und SCHICKHOFER 2010). Auf dem Holzmarkt in Österreich erzielen Götterbäume aufgrund der Ähnlichkeit zur Esche vergleichbare Preise (SCHUSTER 2015).

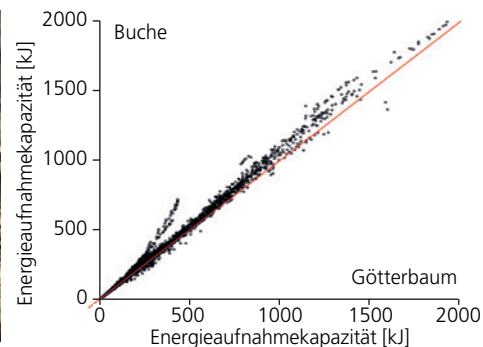


Abb. 7. Steinschlagversuche an adulten Götterbäumen mit einer 50 kg schweren Granitkugel bei San Vittore (GR). Rechts: Energieaufnahme Kapazität des Götterbaums im Vergleich zur Buche (Moos *et al.* 2019). Werte oberhalb der roten 1:1-Linie zeigen eine erhöhte Energieaufnahme Kapazität der Buche.

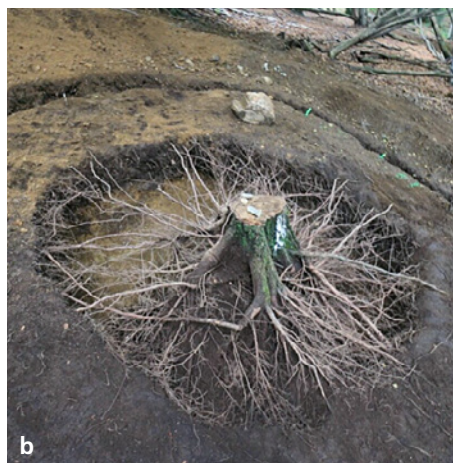


Abb. 8. a) Wurzelsystem eines 40 Jahre alten Götterbaums (BHD 23 cm, vermutlich aus Wurzelbrut entstanden; DE BONI 2017). b) Wurzelsystem einer 70 Jahre alten Birke (BHD 28 cm) sowie c) eines Edelkastanienstockes mit ungefähr gleich alten Stockausschlägen.

Wegen seiner üppigen Blüte ist der Götterbaum als Bienenweide für die Honigproduktion geeignet. Götterbaumhonig hat eine zähflüssige Konsistenz und ein muskatellerartiges Aroma (LIPP *et al.* 1994).

Im Ursprungsgebiet werden verschiedene Inhaltsstoffe, mehrheitlich aus der Borke des Götterbaums, in der Traditionellen Chinesischen Medizin verwendet. Einige dieser Stoffe werden zurzeit auf ihre Wirkung gegen Krebs und Malaria getestet (SLADONJA *et al.* 2015).

Einführungsgeschichte und aktuelles Vorkommen

Erste Samen des Götterbaums wurden bereits im 18. Jahrhundert nach Europa eingeführt (KOWARIK und SÄUMEL 2013). Dank seiner Toleranz gegenüber urbanen Bedingungen wurde er in vielen europäischen Städten als Strassenbaum gepflanzt. In Südeuropa wurde der Baum

ausserdem für kurze Zeit als Futterpflanze für die Raupe des Götterbaums spinners (*Samia cynthia*) zur Seidenproduktion angebaut. So kam der Götterbaum im 19. Jahrhundert auch in die Südschweiz, wo er ausserdem als Schattenspende in Steinbrüchen verwendet wurde.

Erste spontane Götterbaumverjüngungen wurden im Tessin bereits anfangs der 1920er-Jahre dokumentiert (VOIGT 1920). Seitdem hat sich der Götterbaum ausgehend von urbanen Gebieten insbesondere entlang von Transportkorridoren ausgebreitet (Bahn- oder Autobahnböschungen sowie Mittelstreifen).

In Waldgebieten kommt der Götterbaum vorzugsweise in lichten Auenwäldern und entlang von Flussumfängen (z.B. entlang der Donau in Deutschland und Österreich; LIESS 2007), Pionierwäldern, urbanen Wäldern oder in stark gestörten Wäldern vor (KOWARIK und SÄUMEL 2013). In vielen Waldbeständen kommt der Götterbaum gemischt mit anderen

Baumarten vor (z.B. Edelkastanie, Robinie, Linde). Reinbestände entstehen vor allem an Standorten, wo schattentolerante Konkurrenzarten fehlen. In den Donauauen konnte sich der Götterbaum beispielsweise im letzten Jahrzehnt in einigen ehemals von Eschen dominierten Beständen vermehrt ausbreiten. Dabei profitierte er vom hohen Lichtangebot als Folge des Eschentriebsterbens sowie vom selektiven Verbiss an konkurrierenden Arten. In geschlossenen Wäldern, die durch schattentolerante Baumarten dominiert werden, ist der Götterbaum ohne grossflächige Störungen nahezu abwesend.

In der Schweiz befindet sich das Hauptverbreitungsgebiet des Götterbaums aktuell im Tessin sowie in den milden Lagen von Mittelland, Wallis und Churer Rheintal. Nördlich der Alpen kommt er hauptsächlich in Städten (z.B. Basel, Zürich) und deren näheren Umgebung sowie entlang von Hauptverkehrsrueten vor (Abb. 9). Der Götterbaum ist mit ei-

nem Stammanteil von etwa 0,01 Prozent die siebthäufigste nichteinheimische Baumart im Schweizer Wald (CONEDERA und BRÄNDLI 2015). Auf der Alpensüdseite besiedelt er hauptsächlich Auenwälder und gestörte, ehemals von Edelkastanien dominierte Standorte in Siedlungsnähe, wo er von der reduzierten Vitalität und erhöhten Mortalität der Edelkastanie aufgrund diverser Krankheitserreger in Kombination mit Sommer-trockenheit (z. B. 2003) profitiert (BARTHOLD *et al.* 2004). Die wenigen adulten Götterbaumbestände in der Schweiz befinden sich meist auf Blockschutt, wo die

Art besonders konkurrenzstark ist (Abb. 10). Nördlich der Alpen beschränken sich die Vorkommen im Wald auf etwa 90 Orte in Tieflagen mit milden klimatischen Bedingungen (Abb. 9), wobei es sich meist um Verjüngung handelt (GURTNER *et al.* 2015).

Potenzielle zukünftige Ausbreitung

Habitatmodelle zeigen, dass die momentane Verbreitung des Götterbaums stark von der Jahresmitteltemperatur abhängt

und durch tiefe Durchschnittstemperaturen begrenzt wird (KLEINBAUER *et al.* 2010; GURTNER 2015). Mit dem prognostizierten Klimawandel (steigende Jahresmitteltemperaturen, ausgeprägte Trockenheit) wird sich das potenzielle Verbreitungsgebiet des wärmeliebenden Götterbaums auch in der Schweiz voraussichtlich stark vergrössern (GURTNER 2015).

Wie schnell sich der Götterbaum tatsächlich in neue Gebiete ausbreitet, ist insbesondere vom Vorkommen von Samenbäumen in der jeweiligen Region abhängig. Dieses lässt sich durch aktives Entfernen von Samenbäumen stark beeinflussen. Daneben hängt die weitere Ausbreitung von der Verfügbarkeit geeigneter Habitate ab, wie zum Beispiel der Häufigkeit und Intensität von Störungen im Wald.

In ungestörten Waldbeständen wird die Ausbreitung des Götterbaums durch die Konkurrenz schattentoleranter Hauptbaumarten sowie durch seine relativ geringe Maximalhöhe von 30 m stark begrenzt (ISLER 2019). Deshalb scheint eine grossflächige Dominanz des Götterbaums über mehrere Baumgenerationen in Schweizer Waldbeständen unwahrscheinlich. Konkurrenzstarke Götterbaumbestände sind am ehesten an sehr trockenen, offenen Waldstandorten sowie an Grenzstandorten (z. B. flachgründige Kuppen) zu erwarten, wo andere Baumarten aufgrund des Klimawandels möglicherweise Probleme haben werden (ISLER 2019).

Legende

- Götterbäume im Wald
- Götterbäume ausserhalb des Waldes
- Autobahn und Autostrasse

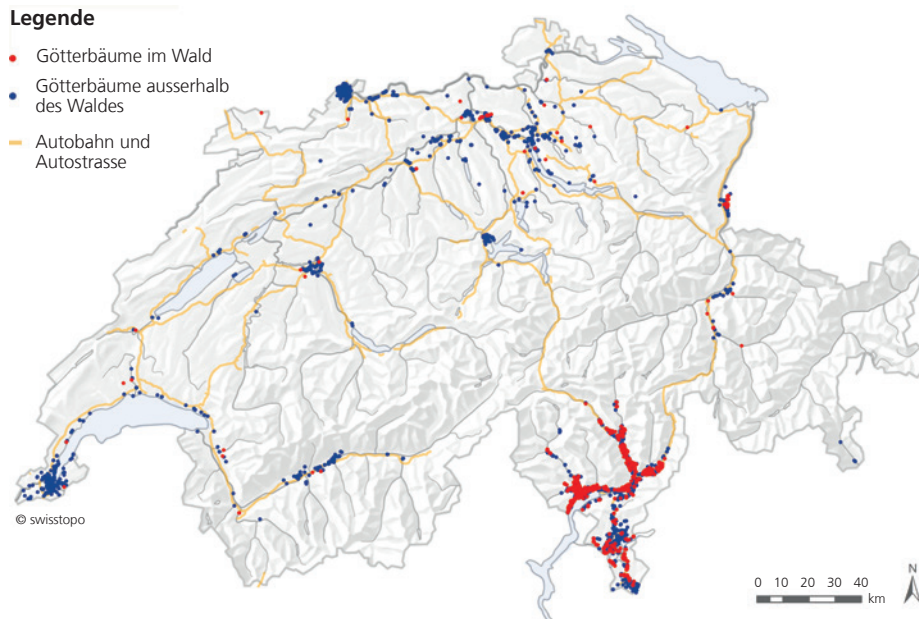


Abb. 9. Verbreitungskarte des Götterbaums. Stand: Mai 2015. Grafik abgeändert aus GURTNER *et al.* (2015).



Abb. 10. Götterbaumbestand auf Blockschutt bei Avegno (TI).

Managementoptionen

Aufgrund seines Ausbreitungspotenzials sowie der kräftigen vegetativen Vermehrung ist der Götterbaum schwierig zu kontrollieren. Für den waldbaulichen Umgang mit der Art können im Wesentlichen drei Handlungsoptionen unterschieden werden: Vorsorgliche Entfernung, Eindämmung bzw. Verhinderung einer weiteren Ausbreitung sowie ein differenzierter Waldbau.

Welche Handlungsoptionen für ein bestimmtes Gebiet am ehesten in Frage kommen, hängt vom aktuellen Götterbaumvorkommen ab. Dieses wird anhand einer Bestandesaufnahme oder eines regelmässigen Monitorings bestimmt. Basierend auf den Ergebnissen des Monitorings können Gebietstypen

mit einheitlichem Götterbaumvorkommen unterschieden werden (angelehnt an das Modul 3 der Vollzugshilfe Waldschutz; BAFU 2018; Abb. 12).

Bevor Massnahmen ergriffen werden, ist ein langfristiges und realistisches Ziel im vorhandenen finanziellen Rahmen zu definieren. Das Ziel orientiert sich an den prioritären Funktionen der betrachteten Bestände innerhalb oder ausserhalb des Waldes. Ausserdem müssen Nachkontrollen und periodische Neubeurteilungen eingeplant werden.

In Gebieten mit nur wenigen Baumgruppen oder Einzelbäumen ausserhalb des Waldes liegt der Hauptfokus auf der vorsorglichen Entfernung der weiblichen Götterbäume (Samenbäume) und Verjüngung (**Gebiet C**; Abb. 12). Oft sind Nachkontrollen nötig, um allfällige Wurzelbrut oder Sämlinge aus der Samenbank zu entfernen. In den umliegenden Flächen ist ein regelmässiges Monitoring zur Früherkennung neuer Götterbaumvorkommen wichtig (**Gebiet D**).

In Gebieten mit vielen Götterbaumgruppen in- und ausserhalb des Waldes (**Gebiet B**), die nur mit grossem Aufwand entfernt werden können, liegt der Fokus auf der Eindämmung und Verhinderung einer weiteren Ausbreitung. Zur Eindämmung können direkte (Entfernung von Götterbäumen) und indirekte (Förderung der Konkurrenz) Massnahmen ergriffen werden. Direkte Massnahmen eignen sich, um den Samendruck zu reduzieren (Entfernen von Samenbäumen) und neue Götterbaumvorkommen zu vermeiden (z. B. Ausreissen von Götterbaumverjüngung auf umliegenden Schlagflächen). Ergänzende indirekte Massnahmen, wie die Förderung zukunftsfähiger, schattentoleranter Arten oder die Vermeidung von Störungen der Bodenoberfläche und Bodenvegetation, wirken langsamer, dafür aber längerfristig.

In Gebieten, wo bereits etablierte Götterbaumbestände vorkommen (**Gebiet A**), ist eine waldbauliche Bewirtschaftung angezeigt, die sich an den vorrangigen Funktionen des Waldes und den verfügbaren finanziellen Mitteln orientiert. Die Strategie kann auch kleinräumig, z. B. innerhalb eines Bestandes, differenziert werden. So kann der Götterbaum beispielsweise in der Nähe von gefährdeten Habitaten oder Ausbreitungskorridoren durch das Entfernen von Samenbäumen eingedämmt und

gleichzeitig im Hauptbestand toleriert werden, sofern die Hauptfunktionen des Waldes (z. B. Steinschlagschutz) nicht gefährdet sind. In solchen Fällen ist der Einbezug aller relevanten Akteure (z. B. Forst, Naturschutz, Gemeinde-/ Stadtverwaltungen) von zentraler Bedeutung.

Da in Schweizer Wäldern hauptsächlich adulte Götterbäume der ersten Generation vorkommen, gibt es fast keine waldbaulichen Erfahrungen mit Götterbäumen. Werden sie toleriert, sind Reinbestände wegen des Risikos eines Totalausfalles (z. B. durch eine weitere Ausbreitung der *Verticillium*-Welke in der Schweiz) zu vermeiden. Reinbestände können einerseits an Standorten entstehen, wo konkurrierende Baumarten wie die Esche total ausfallen oder weitere Arten aufgrund eines hohen Verbissdrucks kaum oder zu wenig schnell aufkommen. Ausserdem profitiert der Göt-

terbaum oft von Öffnungen, die durch forstliche Eingriffe geschaffen werden. Falls sich Bestände in die Richtung von Reinbeständen entwickeln, können die gleichen Massnahmen wie im **Gebiet B** getroffen werden.

Bekämpfungsmethoden

Für die Bekämpfung des Götterbaums im Schweizer Wald stehen zurzeit nur mechanische Methoden zur Verfügung. Ausserhalb des Waldes und fern von Gewässern kann er auch chemisch bekämpft werden (Chemikalien-Risikoreduktions-Verordnung, ChemRRV, SR 814.81). Die jeweiligen Methoden sind mit unterschiedlichen zeitlichen Aufwänden verbunden (Tab. 1). Die biologische Bekämpfung ist in der Schweiz zurzeit nicht erlaubt (siehe Kap. «Biologische Bekämpfung»).

Der Götterbaum im Siedlungsgebiet

Wegen seiner hohen Toleranz gegenüber Luftschadstoffen, Salz sowie urbanen Böden wurde der Götterbaum seit Mitte des 19. Jahrhunderts in vielen Städten und Parks zur Verbesserung des Stadtklimas angepflanzt. Seine Eigenschaften ermöglichen es dem Baum, sich auch auf kargen, brachliegenden industriellen Flächen oder in Mauerritzen zu etablieren (Abb. 11), was häufig Pflege- bzw. Bekämpfungsmassnahmen erforderlich macht. Je nach Ort kann es auch zu Schäden an der Infrastruktur kommen (Strassenbelag, Mauern). Ausserdem können Pollen männlicher Bäume allergische Reaktionen hervorrufen (BALLERO *et al.* 2003).

Aufgrund dieser Risiken ist es häufig sinnvoll, die weiblichen Götterbäume im Siedlungsgebiet zu entfernen, insbesondere wenn sie nahe an schützenswerten Habitaten vorkommen. Bei männlichen Bäumen sind die Risiken einer Ausbreitung kleiner und es ist abzuwägen zwischen ihrem Wert für das Stadtklima oder als prägendes Landschaftselement und der Gefährdung der Infrastruktur.



Abb. 11. Junge Götterbäume auf einer Bachverbauung im Siedlungsgebiet von Bellinzona (TI).

Mechanische Bekämpfung

Einjährige Götterbäume können von Hand **ausgerissen** werden. An zugänglichen Standorten können auch grössere Individuen bis etwa 5 cm BHD mit einer Winde oder einem Traktor ausgerissen werden.

Mehrmaliges Zurückschneiden auf den Stock oder Mulchen sind mittelfristig nicht zielführend, wie Erfahrungen aus der Schweiz und dem Ausland zeigen (JÖRG 2017; LIESS 2007). Wenn diese Massnahmen nicht konsequent und langfristig weitergeführt werden, können sie sogar kontraproduktiv sein. Die

Wurzel- und Stockausschläge sind beim Götterbaum insbesondere bei günstigen Lichtverhältnissen sehr zahlreich und vital. So sind viele dichte Götterbaumvorkommen (z.B. entlang von Strassen; Abb. 13) das Ergebnis von missglückten mechanischen Bekämpfungsversuchen.

Für adulte Bäume empfehlen wir statt der Fällung die **Ringelung**, um die vegetative Ausbreitung via Stock- oder Wurzel- und Stockausschläge einzuschränken. Es gibt viele verschiedene Ringelungsmethoden, deren Erfolg jedoch stark von einer sorgfältigen Ausführung abhängt (DOUTAZ 2016). Wir beziehen uns im Folgenden

auf eine von Martin Ziegler (Amtsleiter Bereich Wald, Kanton Zug, 2020) entwickelte Methode (Abb. 14), die er auch für andere Baumarten wie Robinie, Essigbaum oder Esche erfolgreich einsetzt.

Bei der Ringelung werden die Borke und das Kambium am Stammfuss mit einer Motor- oder Ringelungssäge in drei Ringen durchtrennt. Dabei muss das Kambium um den ganzen Stamm vollständig durchtrennt werden, während das Splintholz so wenig wie möglich verletzt werden darf. Zu tiefes Ringeln ist kontraproduktiv! Auf diese Weise wird der Fluss von Assimilaten von der Krone

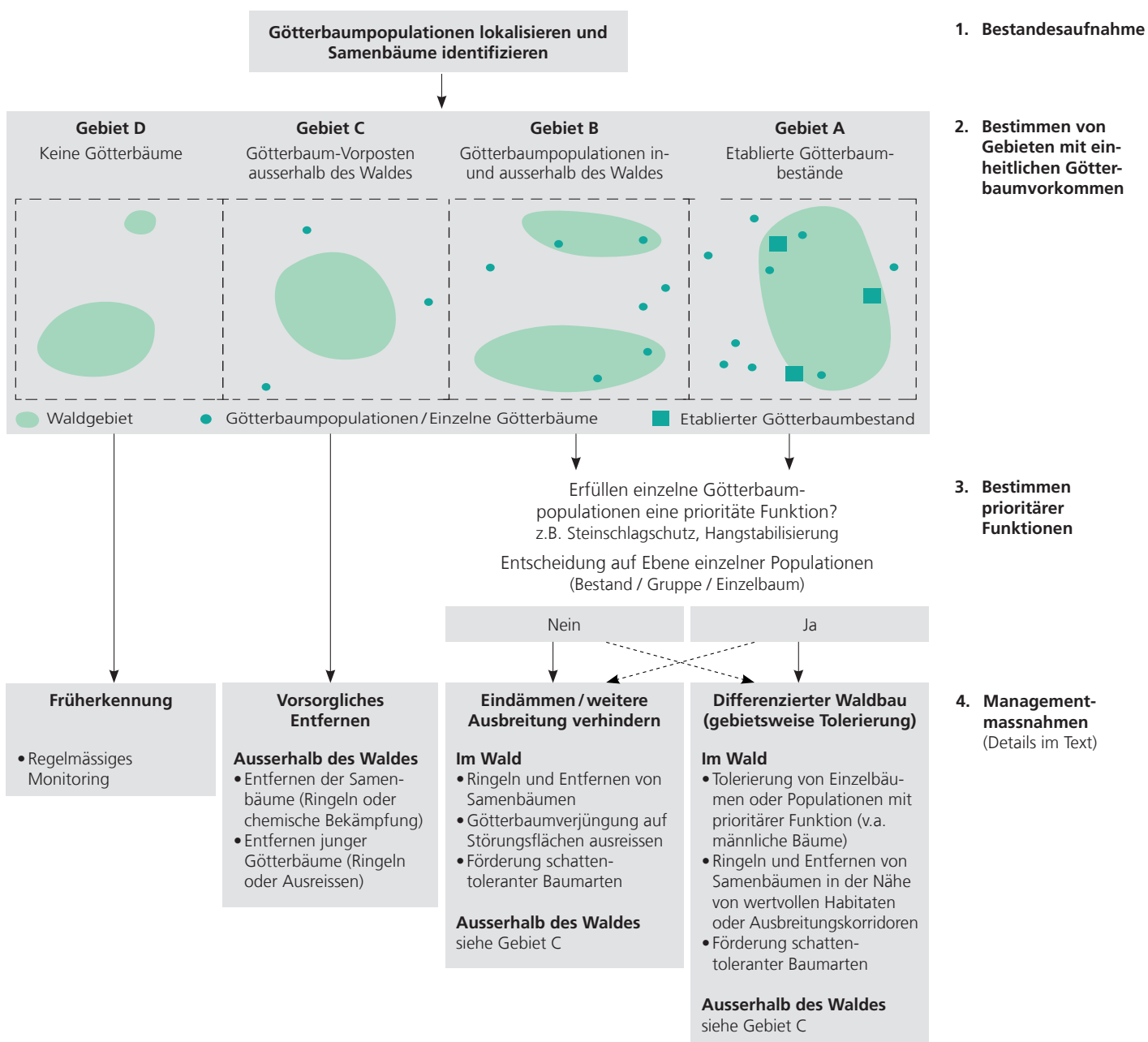


Abb. 12. Entscheidungsdiagramm für ein differenziertes Management von Götterbaumpopulationen. Das Entscheidungsdiagramm zeigt Managementoptionen je nach Gebiet auf (A-D; BAFU 2018), soll jedoch nicht als verbindliche Handlungsempfehlung interpretiert werden.

Tab. 1. Übersicht über die zugelassenen Bekämpfungsmethoden in der Schweiz.

Methode	Zeitaufwand	Material
Ausreissen	wenige Sekunden pro Individuum	Handschuhe
Ringelung	etwa 5–10 Minuten pro Baum (ohne Weg zum Baum)	Motorsäge und Schutzausrüstung
Chemische Bekämpfung ¹	etwa 30 Minuten pro Baum (ohne Fällen des Baumes)	Herbizid, Pinsel, Motorsäge und Schutzausrüstung, Folie zum Abdecken des Stocks

¹ Chemische Bekämpfung nur an erlaubten Standorten und entsprechend den Vorschriften und Einschränkungen (ChemRRV, SR 814.81)

zu den Wurzeln komplett unterbrochen, während der Fluss von Wasser und Nährstoffen von den Wurzeln in die Krone nur teilweise unterbrochen wird. Dadurch investieren geringelte Bäume nicht die gesamte Energie in Stock- und Wurzelaußschläge wie nach einer Fällung.

Falls nötig, können junge Bäume (< 10 cm BHD) mit einem Gertel (Hippe) oder Sackmesser geringelt werden. Allerdings schlagen kleinere Pflanzen nach dem Ringeln oft wieder aus, weshalb diese besser ausgerissen oder zu einem späteren Zeitpunkt (> 10 cm BHD) mit der Motorsäge oder Ringelungssäge geringelt werden.

Die Ringelung ist allenfalls nicht nur mit Handschuhen, sondern auch mit bedeckten Armen auszuführen, da die Säfte des Götterbaums Hautreizungen verursachen können (DERRICK und DARLEY 1994). Am besten sollte die Ringelung nach dem vollständigen Blattaustrieb erfolgen (Mai bis Juni), da sich zu diesem Zeitpunkt ein Grossteil der Energiereserven des Baumes in der Krone befindet. Wir empfehlen jeweils im Herbst nach der Ringelung eine Nachkontrolle, bei der die Stockaußschläge abgetreten und vitale Wurzelbrut ausgerissen werden. Je nach Vitalität und Anzahl der Ausschläge sind Nachkontrollen in den folgenden ein bis zwei Jahren nötig. Falls Brückenbildungen zwischen den Ringen festgestellt werden (unvollständig durchtrenntes Kambium), müssen diese bei der Nachkontrolle ebenfalls durchtrennt werden.

Die Ringelung nach Ziegler hat sich vor allem bei adulten Götterbäumen im Wald als eine vielversprechende Bekämpfungsmethode erwiesen (WUNDER *et al.* 2019; Abb. 15). Während der vierjährigen Untersuchungsperiode zwischen 2014 und 2018 sind etwa 60 Prozent der geringelten Bäume abgestorben. Bei den übrigen Bäumen hat sich die Vitalität signifikant vermindert. Nach der Ringelung haben sich bei den meisten Bäumen Stockaußschläge gebildet. Ab dem dritten Jahr

nach der Ringelung bildeten sich jedoch nur noch wenige und oft nicht sehr vitale Stockaußschläge. In vielen Fällen hat sich auch Wurzelbrut gebildet, deren Anzahl aber bereits im zweiten Jahr stark zurückgegangen ist. Nach der Ringelung dauert es meist mehrere Jahre, bis die Bäume vollständig abgestorben sind. Deshalb sind Nachkontrollen äusserst wichtig. Weiter ist unbedingt zu beachten, dass absterbende Bäume instabil werden, Starkäste verlieren oder umfallen können.

Im Siedlungsgebiet oder in der Nähe von Strassen wird die Ringelung deshalb auch mit weiteren Bekämpfungsmethoden kombiniert: Zum Beispiel werden die Bäume im Sommer geringelt und im Herbst gefällt und der Stock mit der Stockfräse entfernt (Auskunft Urs Tischhauser, Stadtgärtnerei Stadt Chur, 2019).

Chemische Bekämpfung

Herbizide dürfen in der Schweiz nur ausserhalb des Waldes und entspre-

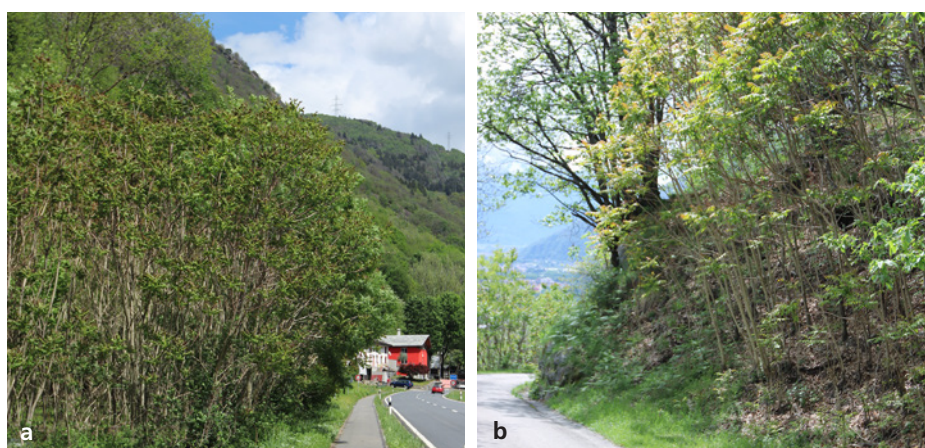


Abb. 13. Dichte Götterbaumvorkommen nach mechanischer Bekämpfung. a) Stockaußschläge und Wurzelbrut nach der Fällung adulter Götterbäume. b) Stockaußschläge nach mehrmaligem Zurückschneiden durch Strassenunterhaltsdienste.

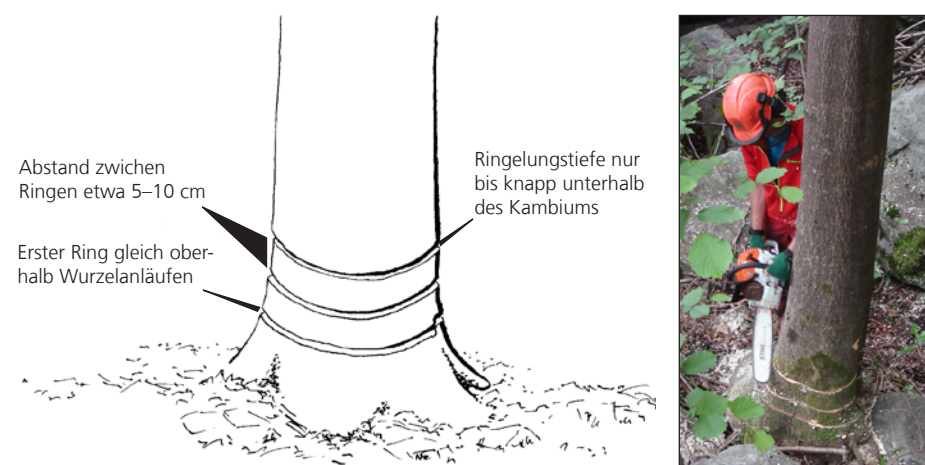


Abb. 14. Ringelungsmethode nach Ziegler. Bei dieser Methode werden die Borke und das Kambium um den gesamten Stamm in drei Ringen durchtrennt. Zeichnung: *illustraziuns* Silvana Wölfle.

chend den Vorschriften und Einschränkungen eingesetzt werden (ChemRRV, SR 814.81). Grundsätzlich erachten wir die Anwendung von Herbiziden nur als sinnvoll, wenn keine Alternative zur Verfügung steht.

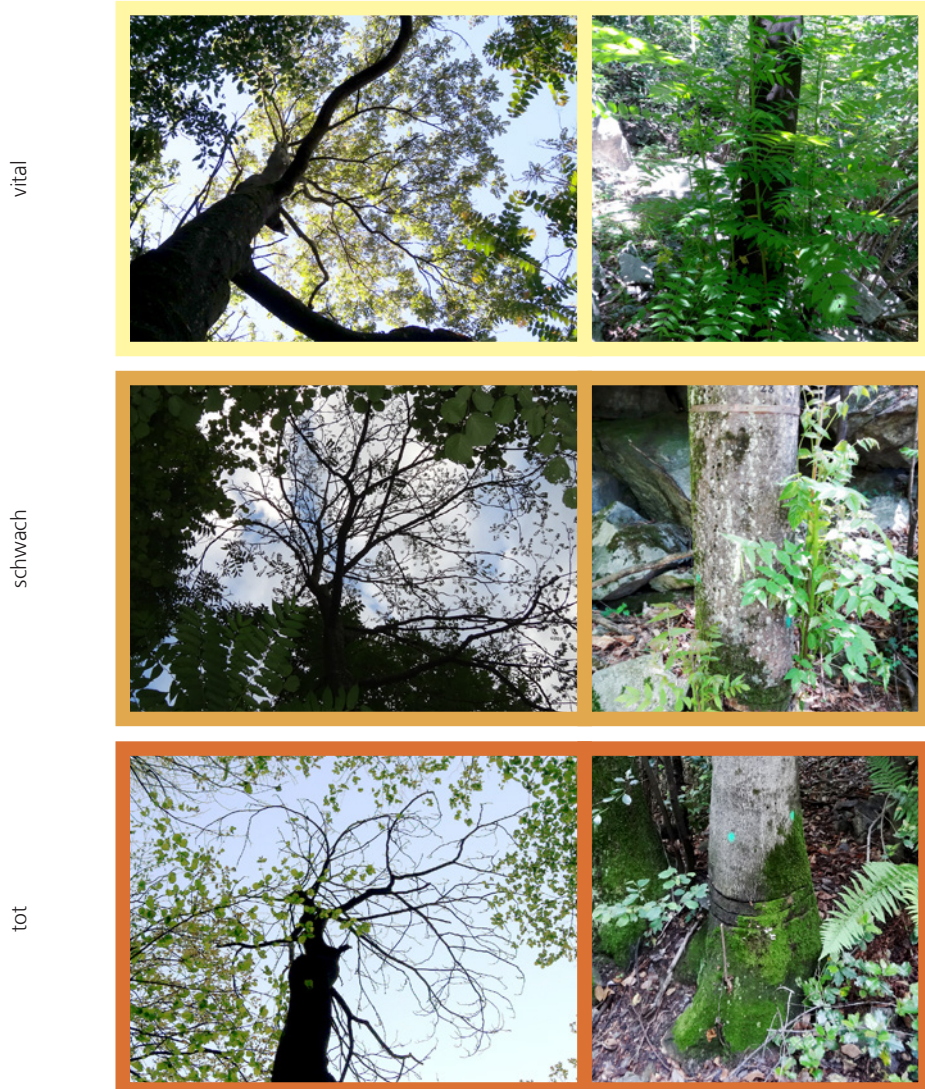
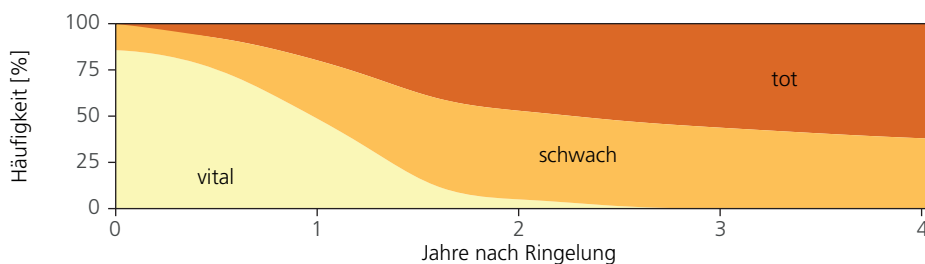
Im Vergleich zur Stamminjektion von Herbiziden direkt ins Phloem oder ins Xylem führt die Stockbehandlung mit einem Herbizid nach der Fällung meist zu geringeren Reaktionen bezüglich Wurzelbrut und Stockausschlägen (KOWARIK und SÄUMEL 2013). Dabei wird das

Herbizid mit einem Pinsel auf den Strunk aufgetragen. Um ein Abfließen des Herbizids zu verhindern, können vor dem Auftragen 1–2 Rillen (2–3 cm tief) ins Splintholz geschnitten werden. Zudem sollte der Strunk nach der Behandlung mit Folie abgedeckt werden. Zum bestmöglichen Zeitpunkt der chemischen Behandlung gibt es widersprüchliche Erkenntnisse (Frühling oder Herbst). Nach der chemischen Bekämpfung empfehlen wir eine regelmässige Nachkontrolle, um allfällige Stockausschläge abzutreten und

vitale Wurzelbrut auszureissen. Je nach Vitalität und Anzahl der Ausschläge sind Nachkontrollen bzw. Bekämpfungsmassnahmen über mehrere Jahre nötig.

Biologische Bekämpfung

In Österreich wurde der Pilz *Verticillium nonalfalfae* in einem achtjährigen Forschungsprogramm zur biologischen Kontrolle des Götterbaums getestet (HALMSCHLAGER und MASCHEK 2019). Bisherige Feldversuche und Versuche an Topfpflanzen verliefen vielversprechend und führten zum Absterben der Götterbäume. Gemäss HALMSCHLAGER und MASCHEK (2019) besteht ein mittelfristiges Ziel zur Zulassung der biologischen Bekämpfung mit dem Wirkstoff *V. nonalfalfae* in der EU. Aktuell ist die biologische Bekämpfung mittels *V. nonalfalfae* in der Schweiz nicht zugelassen. Weitere Informationen zum Potenzial und Risiko der biologischen Bekämpfung des Götterbaums finden sich in SIEGRIST und HOLDENRIEDER (2016).



Fazit

Der Umgang mit dem Götterbaum stellt Forstdienste, Grünflächen- und Naturschutzverantwortliche vor grosse Herausforderungen. Ein differenziertes Management hilft, negative Auswirkungen mit angemessenem Aufwand zu minimieren. In Gebieten, wo der Götterbaum bisher nicht vorkommt, ist eine vorsorgliche Entfernung neu auftretender Individuen angezeigt. In Gebieten hingegen, wo dies die vorhandenen Mittel oder Möglichkeiten übersteigt, sind differenzierte Massnahmen nötig. Die Entwicklung grosser Götterbaumpopulationen ist genau zu verfolgen, um die Wirksamkeit forstlicher Massnahmen sowie das Risiko einer Bildung von Reinbeständen besser einschätzen zu können. Neue Krankheitserreger (z. B. *Verticillium*-Welkepilze) könnten die Dynamik des Götterbaums in der Schweiz wesentlich verändern. Deshalb sind die Managementmassnahmen auch in Zukunft regelmässig zu überprüfen und gegebenenfalls den veränderten Umständen anzupassen.

Abb. 15. Resultate von Ringelungsversuchen mit der vorgestellten Methode nach Ziegler zwischen 2014–2018 an zwei Standorten im Maggiatal (TI). Grafik abgeändert aus WUNDER et al. (2019).

Literaturverzeichnis

- ARNABOLDI, F.; CONEDERA, M.; MASPOLI, G., 2002: Distribuzione e potenziale invasivo di *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle nel Ticino centrale. Bollettino della Società ticinese di Scienze naturali 90: 93–101.
- ARNABOLDI, F.; CONEDERA, M.; FONTI, P., 2003: Caratteristiche anatomiche e auxometriche di *Ailanthus altissima* – Una specie arborea a carattere invasivo. Sherwood 91: 1–6.
- BAFU 2018: Modul 3: Götterbaum. Ein Modul der Vollzugshilfe Waldschutz. Umwelt-Vollzug Nr. 1801. Bern, Bundesamt für Umwelt.
- BALLERO, M.; ARIU, A.; FALAGIANI, P., 2003: Allergy to *Ailanthus altissima* (tree of heaven) pollen. Allergy 58: 532–533.
- BARTHOLD, F.; CONEDERA, M.; TORRIANI, D.; SPINEDI, F., 2004: Welkesymptome an Edelkastanien im Sommer 2003 auf der Alpensüdseite der Schweiz. Schweiz. Z. Forstwes. 155: 392–399.
- BRANDNER, R.; SCHICKHOFFER, G., 2010: Tree-of-Heaven (*Ailanthus altissima*): enormous and wide potential neglected by the western civilisation. In World Conference on Timber Engineering, Herausgegeben. Riva del Garda, Italy.
- BRUNNER, M., 2009: Baumriesen der Schweiz. Herausgegeben. Zürich, Werd.
- BUHOLZER, S.; NOBIS, M.; SCHOENENBERGER, N.; ROMETSCH, S., 2014: Liste der gebietsfremden invasiven Pflanzen der Schweiz. Info Flora.
- CONEDERA, M.; BRÄNDLI, U.-B., 2015: Nicht einheimische Baumarten. In: RIGLING, A.; SCHAFFER, H.P. (Hrsg.) Zustand und Nutzung des Schweizer Waldes. Bern, Bundesamt für Umwelt; Birmensdorf, Eidg. Forschungsanstalt WSL.
- CONSTAN-NAVA, S.; SOLIVERES, S.; TORICES, R.; SERRA, L.; BONET, A., 2014: Direct and indirect effects of invasion by the alien tree *Ailanthus altissima* on riparian plant communities and ecosystem multifunctionality. Biol. Invasions 17: 1095–1108.
- DE BONI, A., 2017: Root system analysis of the tree of heaven (*Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle) and its reinforcement to the soil, Bern University of Applied Sciences – BFH, Zollikofen.
- DERRICK, E.K.; DARLEY, C.R., 1994: Contact reaction to the tree of heaven. Contact Dermatitis 30: 178.
- DING, J.Q.; WU, Y.; ZHENG, H.; FU, W.D.; REARDON, R.; LIU, M., 2006: Assessing potential biological control of the invasive plant, tree-of-heaven, *Ailanthus altissima*. Biocontrol Sci. Technol. 16: 547–566.
- DOUTAZ, J., 2016: Eine interessante Methode – schlecht umgesetzt? Wald Holz 16: 28–31.
- FANG, J.Y.; SHEN, Z.H.; TANG, Z.Y.; WANG, X.P.; WANG, Z. H.; FENG, J.M.; LIU, Y.N.; QIAO, X.J.; WU, X.P.; ZHENG, C.Y., 2012: Forest community survey and the structural characteristics of forests in China. Ecography 35: 1059–1071.
- GURTNER, D., 2015: Distribution and environmental niche of invasive *Ailanthus altissima* in Switzerland. Zurich, Department of Environmental Systems Science, ETH Zurich.
- GURTNER, D.; CONEDERA, M.; RIGLING, A.; WUNDER, J., 2015: Der Götterbaum dringt in die Wälder nördlich der Alpen vor. Wald Holz 7: 22–24.
- HALMSCHLAGER, E.; MASCHKE, O., 2019: Biologische Kontrolle des Götterbaums. AFZ-DerWald: 14–17.
- ILICK, J.S.; BROUSE, E.F., 1926: The *Ailanthus* tree in Pennsylvania. Pennsylvania Department of Forests and Waters. Bulletin 38: 29.
- ISLER, J.L., 2019: The tree of heaven a threat or an opportunity for the Swiss forestry? Zurich, Department of Environmental Systems Science, ETH Zurich.
- JÖRG, E., 2017: Mechanische Bekämpfung des Götterbaums im TWW-Objekt 5090. Schlussbericht, Herausgegeben von Amt für Landwirtschaft und Natur des Kantons Bern. Bern, Schweiz, Abteilung Naturförderung (ANF).
- KASSON, M.T.; DAVIS, M.D.; DAVIS, D.D., 2013: The invasive *Ailanthus altissima* in Pennsylvania: a case study elucidating species introduction, migration, invasion, and growth patterns in the northeastern US. Northeastern Nat. 20: 1–60.
- KLEINBAUER, I.; DULLINGER, S.; KLINGENSTEIN, F.; MAY, R.; NEHRING, S., 2010: Ausbreitungspotenzial ausgewählter neophytischer Gefäßpflanzen unter Klimawandel in Deutschland und Österreich, BfN-Skripten, Herausgegeben von Bundesamt für Naturschutz. Bonn: Bundesamt für Naturschutz (BfN).
- KNÜSEL, S.; CONEDERA, M.; BUGMANN, H.; WUNDER, J., 2019: Low litter cover, high light availability and rock cover favour the establishment of *Ailanthus altissima* in forests in southern Switzerland. Neobiota 46: 91–116.
- KNÜSEL, S.; CONEDERA, M.; RIGLING, A.; FONTI, P.; WUNDER, J., 2015: A tree-ring perspective on the invasion of *Ailanthus altissima* in protection forests. For. Ecol. Manage. 354: 334–343.
- KOWARIK, I.; SÄUMEL, I., 2007: Biological flora of Central Europe: *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle. Perspect. Plant Ecol. Evol. Syst. 8: 207–237.
- KOWARIK, I.; SÄUMEL, I., 2008: Water dispersal as an additional pathway to invasions by the primarily wind-dispersed tree *Ailanthus altissima*. Plant Ecol. 198: 241–252.
- KOWARIK, I.; SÄUMEL, I., 2013: *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle, 1916. In: ROLOFF, A.; et al. (Hrsg.) Enzyklopädie der Holzgewächse. 63. Ergänzungslieferung 4, 13: 1–24.
- Kowarik, I.; Böcker, R., 1984: Zur Verbreitung, Vergesellschaftung und Einbürgerung des Götterbaums (*Ailanthus altissima* [Mill.] Swingle) in Mitteleuropa. Tuexenia 4: 9–29.
- LANDENBERGER, R.E.; KOTA, N.L.; MCGRAW, J.B., 2006: Seed dispersal of the non-native invasive tree *Ailanthus altissima* into contrasting environments. Plant Ecol. 192: 55–70.
- LAWRENCE, J.G.; COLWELL, A.; SEXTON, O.J., 1991: The ecological impact of allelopathy in *Ailanthus altissima* (Simaroubaceae). Am. J. Bot. 78: 948–958.
- LISS, N., 2007: Der Baum des Himmels? – *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle. Monitoring und Evaluierung von Kontrollmethoden im Nationalpark Donau-Auen (Österreich), Fachbereich Landschaftsnutzung und Naturschutz, Fachhochschule Eberswalde, Germany.
- LIPP, J.; ZANDER, E.; KOCH, A.; VORWOHL, G.; LIPP, G., 1994: Allgemeines über den Honig. In Handbuch der Bienenkunde – Der Honig, Herausgegeben von Friedrich Karl Böttcher. Stuttgart, Ulmer.
- MASCHKE, O.; HALMSCHLAGER, E., 2017: Natural distribution of *Verticillium* wilt on invasive *Ailanthus altissima* in eastern Austria and its potential for biocontrol. For. Pathol. 47: e12356.
- MEDINA-VILLAR, S.; ALONSO, A.; CASTRO-DIEZ, P.; PEREZ-CORONA, M.E., 2017: Allelopathic potentials of exotic invasive and native trees over coexisting understory species: the soil as modulator. Plant Ecol. 218: 579–594.
- MOOS, C.; TOE, D.; BOURRIER, F.; KNÜSEL, S.; STOFFEL, M.; DORREN, L., 2019: Assessing the effect of invasive tree species on rockfall risk – The case of *Ailanthus altissima*. Ecol. Eng. 131: 63–72.
- MOTARD, E.; MURATET, A.; CLAIR-MACZULAJTYS, D.; MACHON, N., 2011: Does the invasive species *Ailanthus altissima* threaten floristic diversity of temperate peri-urban forests? Comptes Rendus Biol. 334: 872–879.
- MÜLLER, U.; BERKI, D.; FREUDENTHALER, M.; KASERER, D.; KLETZL, X.; OBERNOSTERER, D.; STINGL, R.; TEISCHINGER, A.; WALLISCH, J.; YUTAO, Y., 2015: Materialeigenschaften und Nutzungspotential des Götterbaums. Endbericht für das Forschungsprojekt Nr. 100995. Wien, Institut für Holztechnologie und Nachwachsende Rohstoffe, Department für Materialwissenschaften und Prozesstechnik.
- PISUTTU, C.; MARCHICA, A.; BERNARDI, R.; CALZONE, A.; COTROZZI, L.; NALI, C.; PELLEGRINI, E.; LORENZINI, G., 2020: *Verticillium* wilt of *Ailanthus altissima* in Italy caused by *V. dahliae*: new outbreaks from Tuscany. iForest 13: 238–245.
- PLOZZA, L.; SCHMID, L., 2012: Der Götterbaum im Mixox – Problematik im Schutzwald. Bündnerwald 65: 37–40.
- REBBECK, J.; JOLLIFF, J., 2018: How long do seeds of the invasive tree, *Ailanthus altissima* remain viable? For. Ecol. Manage. 429: 175–179.

ROMANO F., 2014: Analisi auxometrica su alberi di ailanto (*Ailanthus altissima*) nel Sud della Svizzera. Hochschule für Agrar-, Forst- und Lebensmittelwissenschaften. Zollikofen, Bern, HAFL.

SCHUMACHER, H.; SIEBER, S.; WEBER, K.; BURMEISTER, B., 2010: Versuchs- und Demonstrationspflanzung «Biomassehecken». Fachhochschule Erfurt.

SCHUSTER, K., 2015: Neue Baumarten. Die Landwirtschaft, Sonderdruck, 1–3.

SIEGRIST, M.; HOLDENRIEDER, O., 2016: Die *Verticillium*-Welke – eine Option zur Bekämpfung des Götterbaumes in der Schweiz? Schweiz. Z. Forstwes. 167: 249–257.

SLADONJA, B.; SUSEK, M.; GUILLERMIC, J., 2015: Review on invasive tree of heaven (*Ailanthus altissima* [Mill.] Swingle) conflicting values: assessment of its ecosystem services and potential biological threat. Environ. Manag. 56: 1009–1034.

SPERANZINI, F., 1937: Memoria sulla coltivazione dell'ailanto. Alpe 23: 377–386.

SPIESS, U., 2014: Wachstumsanalyse von juvenilen Götterbäumen in der Südschweiz. Zürich, Departement Umweltsystemwissenschaften, ETH Zürich.

TRIFILÒ, P.; RAIMONDO, F.; NARDINI, A.; LO GULLO, M.A.; SALLEO, S., 2004: Drought resistance of *Ailanthus altissima*: root hydraulics and water relations. Tree Physiol. 24: 107–114.

VOIGT, A., 1920: Beiträge zur Floristik des Tessins. Ber. Schweiz. bot. Ges. 26–29: 332–357.

VON DER LIPPE, M.; KOWARIK, I., 2007: Long-distance dispersal of plants by vehicles as a driver of plant invasions. Conserv. Biol. 21: 986–996.

WICKERT, K.L.; O'NEAL, E.S.; DAVIS, D.D.; KASSON, M.T., 2017: Seed production, viability, and reproductive limits of the invasive *Ailanthus altissima* (tree-of-heaven) within invaded environments. Forests 8: 1–12.

WUNDER, J.; KNÜSEL, S.; CONEDERA, M., 2019: Götterbaum-Ringelungsexperiment (2014–2019). Schlussbericht. Birmensdorf, Cadenazzo, Eidg. Forschungsanstalt WSL.

Dank

Diese Publikation wurde mit der Unterstützung und im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU) erstellt.

Abbildungen

Simon Knüsel (Abb. 1, 4a, 7, 14, 15, 16), Marco Conedera (Abb. 3, 4b, 8b), Andrea De Boni (Abb. 8a), Emanuele Dazio (Abb. 8c), Flurin Bertschinger/Ex-Press/BAFU (Abb. 10), Rita Conedera (Abb. 11)
Zeichnungen: *illustraziuns* Silvana Wölfle

Kontakt

Marco Conedera
Eidg. Forschungsanstalt WSL
a Ramél 18
CH-6593 Cadenazzo
marco.conedera@wsl.ch

Zitierung

KNÜSEL, S.; WUNDER, J.; MOOS, C.; DORREN, L.; SCHWARZ, M.; GURTNER, D.; CONEDERA, M., 2020: Der Götterbaum in Schweizer Wäldern – Ökologie und Managementoptionen. Merkbl. Prax. 66.12 S.

Merkblatt für die Praxis ISSN 1422-2876

Konzept

Im **Merkblatt für die Praxis** werden Forschungsergebnisse zu Wissenskonzentratoren und Handlungsanleitungen für Praktikerinnen und Praktiker aufbereitet. Die Reihe richtet sich an Forst- und Naturschutzkreise, Behörden, Schulen und interessierte Laien.

Französische Ausgaben erscheinen in der Schriftenreihe **Notice pour le praticien** (ISSN 1012-6554). Italienische Ausgaben erscheinen in loser Folge in der Schriftenreihe **Notizie per la pratica** (ISSN 1422-2914).

Die neuesten Ausgaben (siehe www.wsl.ch/merkblatt)

- Nr. 65: Feuerökologie montaner Buchenwälder. Waldleistungen und waldbauliche Massnahmen nach Waldbrand. J. MARINGER *et al.* 2020. 12 S.
- Nr. 64: Habitatbäume kennen, schützen und fördern. R. BÜTLER *et al.* 2019. 12 S.
- Nr. 63: Die Roten Waldameisen – Biologie und Verbreitung in der Schweiz. B. WERMELINGER *et al.* 2019. 12 S.
- Nr. 62: Verbissprozent – eine Kontrollgrösse im Wildmanagement. O. ODERMATT 2018. 62: 8 S.
- Nr. 61: Zyklen und Bedeutung des Lärchenwicklers. B. WERMELINGER *et al.* 2018. 12 S.
- Nr. 60: Der Waldboden lebt – Vielfalt und Funktion der Bodenlebewesen. M. WALSER *et al.* 2018. 12 S.
- Nr. 59: Der Schweizer Wald im Klimawandel: Welche Entwicklungen kommen auf uns zu? B. ALLGAIER LEUCH *et al.* 2017. 12 S.
- Nr. 58: Kupferstecher und Furchenflügeliger Fichtenborkenkäfer. B. FORSTER 2017. 8 S.
- Nr. 57: Das Eschentriebsterben. Biologie, Krankheitssymptome und Handlungsempfehlungen. D. RIGLING *et al.* 2016. 8 S.
- Nr. 56: Siedlungs- und Landschaftsentwicklung in agglomerationsnahen Räumen. Raumansprüche von Mensch und Natur. S. TOBIAS *et al.* 2016. 16 S.

Managing Editor

Martin Moritz
Eidg. Forschungsanstalt WSL
Zürcherstrasse 111
CH-8903 Birmensdorf
martin.moritz@wsl.ch
www.wsl.ch/merkblatt

Die WSL ist ein Forschungsinstitut des ETH-Bereichs.

Layout: Jacqueline Annen, WSL

Druck: Rüegg Media AG

