

Ringelversuch bei *Robinia pseudoacacia* L. - erste Ergebnisse und Ausblick -

Reinhard Böcker & Monika Dirk
(boeckerr@uni-hohenheim.de; mdirk@uni-hohenheim.de)

Zusammenfassung

Die neophytische Art *Robinia pseudoacacia* L. stellt aufgrund ihres hohen vegetativen Ausbreitungspotenzials in naturnahen Pflanzengesellschaften Mitteleuropas einen wesentlichen Gefährdungsfaktor für die Biodiversität dar. International anerkannte und hochwertige Trockenrasen-Schutzgebiete wie der Kaiserstuhl, Spitzberg und die Mainzer Sande sowie viele weitere Offenlandschutzgebiete sind durch eindringende Robinien gefährdet. In Deutschland nimmt *Robinia pseudoacacia* L. Platz 5 ein unter den Arten, deren Ausbreitung zu Konflikten mit den Zielen des Naturschutzes führen kann (Scheper 2004). Zur Erhaltung der Biodiversität, zur Landschaftsoffenhaltung und Biotoppflege ist eine effiziente Verdrängungsmethode notwendig. Zurückdrängung durch Fällen bleibt ohne Erfolg durch darauf folgendes massives Austreiben von Wurzelbrut und Stubbenaustrieben. Deshalb wurde von Naturschutz und Behörden die alte Methode des „Ringelns“ in Robinienbeständen angewendet. Obwohl aufgrund des Fehlens einer speziell an *Robinia* angepassten Methode das Ringeln zufällig und unterschiedlich angewendet wurde, zeigte die Maßnahme Erfolge. In allen beobachteten Fällen waren Vitalitätsverluste im Bestand und positive Effekte auf eine Verringerung des Austreibens von Wurzelschösslingen festzustellen.

Zur Methodenoptimierung wurde ein Ringel-Feldversuch angelegt. Durch partielles Ringeln von Phloem und Kambium sollten durch eine verbleibende schmale vertikale Versorgungs-Rindenbrücke die Speicherreserven des Vorjahres während der Frühjahrsmobilisierung aus dem Wurzelsystem abtransportiert werden. Durch komplette Ringelung in der 2. Vegetationsperiode wurde diese Versorgungsbrücke durchtrennt. Dadurch sollte der Assimilattransport unterbrochen, die Rückverlagerung der Photosyntheseprodukte in die Wurzel verhindert und damit dem Austrieb der Wurzelschösslinge die Grundlage der Speicherreserven entzogen werden. Als weitere Behandlungsvariante wurden ein Sommer- und ein Winter-Ringelzeitpunkt gewählt. Insgesamt zeigte die Wintervariante geringeres Regenerationspotenzial als die Sommervariante. Wurzelaustriebe bildeten sich weder in der Winter- noch in der Sommervariante. Einen Sonderfall bildete die Wintervariante W2, in der vor der Ringelung die umgebenden Eschen gefällt wurden. Hier bildeten sich bereits in der 1. Vegetationsperiode Wurzelaustriebe. Insgesamt aber zeigte sich außergewöhnlich hohes Regenerationspotenzial durch Bildung von Kallusgewebe und Stammaustrieben; besonders nach kompletter Ringelung und bei der Sommervariante. Dies wirft Fragen auf nach

physiologischen Prozessen wie Lateraltransporten sowie den anatomischen Grundlagen wie den Initialen von Stammaustrieben und Kallusgewebe, auch und unter besonderer Berücksichtigung des Kernholzes. So wurde im Kernholz in den Thyllen der Gefäße der ältesten Jahresringe einer ca. 30 Jahre alten Robinie Stärke nachgewiesen. Außerdem wurden Hinweise auf Regenerationsinitiale für Kallusbildung und Stammaustriebe gefunden, die in einigen Fällen von verletzten Zellen des parenchymatischen Holzstrahlgewebes oder von Axialparenchym auszugehen scheinen.

Die Erarbeitung dieser Grundlagen ist Voraussetzung, um eine effiziente Eingrenzungsmethode für die Robinie zu schaffen.

Schlüsselwörter: Ausbreitungspotenzial, Holzbildungsdynamik, Klonales Wurzelsystem, Ringeln, *Robinia pseudoacacia*, Stärkereserven, Wachstumsphasen, Wurzelaustriebe

1. Einführung

Aufgrund ihres hohen vegetativen Ausbreitungspotenzials in naturnahen Pflanzengesellschaften Mitteleuropas stellt *Robinia pseudoacacia* L. im Einzelfall einen wesentlichen Gefährdungsfaktor für die Biodiversität dar (Kowarik 1992, Böcker & Dirk 1997, 1998, 2003). Ihre Fähigkeit zur Stickstoffanreicherung in Böden, ihre Winterhärte und Anspruchslosigkeit an Klima und Boden, die anhaltende Vitalität alter Bestände sowie ihr rasches Wachstum etc. sind bekannt (Böcker & Dirk 2004).

Die Zurückdrängung der Robinie durch Fällen bleibt ohne Erfolg aufgrund des darauf folgenden Austreibens von Wurzelbrut und Stubbenaustrieben. Auch bei langjähriger intensiver manueller Nachpflege (z. B. Bitz 1987) kann sich *Robinia* innerhalb einer Vegetationsperiode bis zu drei Meter in die Fläche ausbreiten mit bis zu fünf Meter Höhenwachstum (eigene Beobachtungen in 2002). Die Verdrängungskosten für die problematischsten Arten liegen in Deutschland pro Jahr bei 150 Mio.- € die Erfolgsquote bei nur wenigen Prozent (Scheper 2004).

Auf der Suche nach einer ökologisch vertretbaren, effizienten Verdrängungsmethode wurde von Naturschutz und Behörden verschiedentlich die alte Methode des „Ringelns“ in Robinienbeständen angewendet. Die Vorgehensweise war dabei unterschiedlich, die Maßnahmen wurden uneinheitlich und nicht konsequent weiterverfolgt. In den beobachteten Versuchsflächen wurden die Stämme nicht gefällt. In allen Fällen aber zeigten sich Vitalitätsverluste im Bestand und eine sichtliche Verminderung des Regenerationspotenzials (siehe 3.1), also eine deutlich positive Wirkung der Maßnahme in Richtung der Zielsetzung des Zurückdrängens von *Robinia*.

Insgesamt aber und auf längere Sicht wird die Notwendigkeit einer speziell an *Robinia* angepassten Ringelmethode ersichtlich. Deshalb sollte die 1989 in Berlin von Jakob & Böcker (in Böcker 1995, Böcker & Dirk 2002) speziell für *Robinia* erprobte Ringelmethode weiterentwickelt werden. Dazu wurde im

Großraum Stuttgart in 2002 ein eigener Feldversuch angelegt. Um den Einfluss der unterschiedlichen Vegetationsphasen auf das Regenerationspotenzial zu berücksichtigen, wurden als Behandlungsvariante ein Sommer- und ein Winter-Ringelzeitpunkt gewählt. Zusätzlich sollte der Effekt der durch Ringelung erwarteten abnehmenden Kronenvitalität auf den Lichtgenuss und die Bildung von Wurzeltrieben berücksichtigt werden.

2. Methode und Versuchsaufbau

2.1 Methode

Ringelmethode für *Robinia* (nach Jakob & Böcker 1989, s. o.):

Durch partielle Ringelung (ca. 90 % des Stammumfangs) von Rinde, Phloem und Kambium während der Vegetationsperiode werden die Assimilatleitbahnen im Phloem sowie das Kambium durchtrennt. Eine Restbrücke wird als vertikale Verbindung belassen. Durch diese sollen die Speicherreserven der Wurzel in die Krone transportiert werden. Die durch die Ringelung erwartete Schwächung der Vitalität kann die neu gebildeten Assimilate vor Ort verbrauchen. In der 2. Vegetationsperiode wird diese Versorgungsbrücke durch komplette Ringelung samt gebildetem Kallusgewebe und Stammaustrieben entfernt. Dadurch kann der Assimilattransport unterbrochen und die Rückverlagerung der Photosyntheseprodukte in die Wurzel verhindert werden. Nach Fällen der Stämme sollte so dem Austrieb der Wurzelschösslinge die Grundlage der Speicherreserven entzogen sein.

Die Versuchsfläche (*Robinia pseudoacacia* L. mit 0-10% *Fraxinus excelsior* in der Baumschicht) befindet sich in einem 45° steilen südexponierten Hang (Lettenkeuper) bei Leonberg (Kreis Böblingen). Die Böden sind flachgründig mit rutschenden Schichtpaketen, die Stämme der Robinien und Eschen deshalb z. T. extrem hangabwärts geneigt. Innerhalb des zehn Hektar großen Bestandes wurden die Probeflächen zufällig ausgewählt und markiert. In allen Fällen lagen die Probeflächen inmitten nicht geringelter Flächen. Es wurden zum Vergleich unbehandelte Kontrollflächen festgelegt. Eine Übersicht der Behandlungen und zeitlichen Varianten ist in Tabelle 1 dargestellt.

Aus praktischer Erwägung wurde in 1-1,5m Höhe über dem Boden ein ca. handbreiter Streifen von Hand mit dem Beil geringelt. Rinde, Phloem und Kambium wurden entfernt, eine 7cm breite Restbrücke verblieb als vertikale Verbindung (Abb. 1). Teilweise wurde dabei auch der Leit- und Speichersplint (Abb. 2) tangiert, was gerade bei der ringporigen Robinie zu einer Schädigung des aktiven Xylem und damit der wasserführenden Jahrringe führen dürfte.



Abb. 1: partielle Ringelung im Februar 2002



Abb. 2: Die Holzzonen sind bei der Robinie gut unterscheidbar
 - Rinde: dunkelbraun
 - Phloem: braun
 - Splintholz: gelb + weiß
 - Kernholz: hellbraun

2.2 Versuchsaufbau

Wie weiter oben erwähnt, wurde der Einfluss der unterschiedlichen Vegetationsphasen berücksichtigt sowie der durch Ringelung erwartete Effekt abnehmender Kronenvitalität auf den Lichtgenuss und die Bildung von Wurzeltrieben.

Bei der Robinie wirken sich die verschiedenen Wachstumsphasen entschieden auf die Holzbildungsdynamik aus (Schmitt et al. 2000). Wundabschottung und Kallusbildung als Reaktion auf eine Verletzung hängen allgemein wesentlich von Menge und Mobilität der Speicherstoffe ab (Bernatzky 1994, Siewniak 2002) sowie vom Aufbau des Hydrosystems. Im Winter kann praktisch keine Abschottung erfolgen (z.B. Dujesiefken und Liese 1990). Deutlich wird dies auch durch einen Feldversuch der ETHZ (Roth et al. 2001) mit zwölf verschiedenen Baumarten, die zu vier unterschiedlichen Zeitpunkten während der Vegetationsperiode geringelt wurden.

Bezüglich des Lichteinflusses im Bestand wurden Untersuchungen von Sterrett et al. (1968) an *Robinia* berücksichtigt, die eine Interaktion von erhöhtem Lichtgenuss und Bestandes- und Bodentemperatur aufzeigen sowie deren Auswirkungen auf vermehrtes Austreiben von Wurzelbrut.

Versuchsbeginn war im Februar 2002. Es wurden ein Sommer- (S) sowie ein Winterzeitpunkt (W1) für die Ringelung gewählt. Zur Erhöhung der Lichtmenge wurden in der Wintervariante (W2) zusätzlich die in der Versuchsfläche vorhandenen Eschen gefällt (Tab. 1).

Tab. 1

Ringelzeitpunkt		Anzahl Stämme	Ringelung		
			21.02.02	20.08.02	05.08.03 + 05.08.04
Winter	W1	10	partielle Ringelung		komplette Ringelung - entfernen der Restbrücke + - entfernen von gebildetem Wundkallus sowie aller Stammaustriebe
	W2	8	partielle Ringelung + umgebende Eschen gefällt		
Sommer	S1	16		partielle Ringelung	

2.3 Fällen von Stämmen in W2

Im Februar 2006 wurden in W2 fünf der geringelten Stämme gefällt, um eine erste Reaktion bezüglich des Austreibens von Wurzelbrut nach dieser letzten Maßnahme zu bekommen. Die Stämme wurden mit der Motorsäge in ca. ein Meter Höhe über dem Stammfuß gefällt, da Sterrett & Chappell (1967) in einem Feldversuch mit dreijährigen Robinien nachwies, dass Fällen oberhalb des Stammfußes das Austreiben von Wurzeltrieben über 1 ½ Vegetationsperioden verhindert.

3. Erste Ergebnisse

3.1 Ergebnisse von Ringelversuchen des Naturschutzes und der Behörden

Im Naturschutzgebiet Grafenberg bei Kayh (Kreis Tübingen) wurde 1993 ein Robinien-Mischbestand mit Traubeneiche und Feldahorn geringelt. Danach lag die Deckung der Baumschicht im Schnitt bei 25%, *Robinia* bei 5%. Sechs Jahre nach der Ringelaktion war die Vitalität von *Robinia* in hohem Maße eingeschränkt. Nur zwei der acht Kronen trieben noch aus, aber 50 % der Stämme bildeten Stammaustriebe. Allerdings brach der Bestand aller Robinien zwischen 1999 und 2002 zusammen, wobei die liegenden Stämme z. T. noch in 2005 Stammaustriebe bilden (Abb. 3). Es etablierten sich im Mischbestand keine Wurzelaustriebe in der Strauchschicht.

In demselben Naturschutzgebiet wurde 1993 ein Robinien-Reinbestand geringelt (Abb. 4). Elf Jahre nach der Ringelaktion war die Vitalität von *Robinia* ansteigend. Drei Stämme treiben im Kronenbereich wieder verstärkt aus. Ab 1993 war die Deckung von *Robinia* in der Baumschicht unter 5%, seit 2002 bei 5-12%). Es etablierten sich im Reinbestand Stamm- und Wurzelaustriebe von *Robinia* mit 25-50% Deckung in der Strauchschicht. Misch- und Reinbestand reagierten unterschiedlich.



Abb. 3: Stammaustriebe eines zusammengebrochenen Stammes 12 Jahre nach dem Ringeln



Abb. 4: Kronen geringelter Robinien

In Wurmlingen (Kreis Tübingen) wurde in einem lockeren Robinienbestand auf Magerrasen die Ringeltechnik mit der Motorsäge getestet. In August 2003 wurde an 14 Stämmen ein bleistiftschmaler Streifen spiralg, z. T. doppelt spiralg so um den Stamm gesägt, dass keine wirklich definierte Restbrücke als vertikale Verbindung verblieb (Abb. 5+6).

Im Sommer 2005 zeigte sich die Hälfte der Bäume von der Aktion völlig unbeeindruckt und reagierten gar nicht oder kaum mit Stammaustrieben. An fünf weiteren Bäumen waren die Kronen abgestorben, die 13. Krone war eingeschränkt vital, der 14. Stamm in zwei Meter Höhe fast abgebrochen. An diesen insgesamt sieben Stämmen waren ca. 50 zwei- bis dreijährige Stammaustriebe mit Längen bis zu drei Metern gewachsen (Abb. 7).

Es wurden nach der Aktion in 2003 keine weiteren Ringel-Maßnahmen unternommen. Allerdings wurden im Frühjahr 2006 (aus Gefährdungsgründen?) der angebrochene 14. Stamm und die (wohl weil sehr dicht dabei stehenden) Stämme 12 und 13 gefällt.



Abb. 5-7: Ringelung mit der Motorsäge - Stammaustriebe als Reaktion auf die Ringelung

Erfahrungen mit dem Ringeln von Robinien werden auch in Berliner Naturschutzgebieten gewonnen (Wagner 2004 mündlich). Der Ringelzeitpunkt liegt zwischen Blatt- u. Blütenaustrieb (Ende Mai/ Anfang Juni) mit einem jahreszeitlich schwankenden Zeitfenster von ca. zwei Wochen. Der zum Teil nur drei cm breite Ringelstreifen und die Restbrücke überwallen schnell und immer wieder, obwohl über drei bis vier Jahre zurück geschnitten wird. Die Bäume kommen dann nicht mehr zur Blüte. Erst nach vier Vegetationsperioden wird die Restbrücke durchtrennt oder der Stamm gefällt. In sehr regenreichen Jahren war auch bei anscheinend abgestorbenen Bäumen oft eine Wiederbelebung festzustellen. Der Beobachtungszeitraum erstreckt sich z. T. seit Erstringelung auf acht Jahre. Insgesamt wird der Erfolg dieser Methode mit „je nach Standort unterschiedlich - mittel bis gut“ beurteilt (Wagner 2002).

3.2 Erste Ergebnisse des eigenen Ringel-Feldversuchs (s. Tab. 2)

3.2.1 vor dem Fällen der Stämme

Beobachtungstermin 26.02.03 (nach partieller Ringelung in 2002)

Wintervariante W1 bildete Stammaustriebe.

Wintervariante W2 bildete Wurzelaustriebe.

Sommervariante S bildete keine Wurzelaustriebe und keine Stammaustriebe (nur einer).

Beobachtungstermin 05.08.04 (nach kompletter Ringelung in 2003)

In Wintervariante W1 nahm die Anzahl der Stammaustriebe ab.

In Wintervariante W2 nahm die Anzahl der Wurzelaustriebe ab.

Sommervariante S zeigte hohes Regenerationspotenzial mit 54 Stammaustrieben an 9 von 16 Stämmen mit bis zu 2,5m Länge (in einem Jahr gewachsen) und weiterhin keine Wurzelaustriebe.

Beobachtungstermin 19.09.05 (nach erneuter kompletter Ringelung in 2004)

In Wintervariante W1 bildeten sich keine Stammaustriebe mehr.

In Wintervariante W2 blieb die Anzahl der Wurzelaustriebe konstant mit Höhen bis fünf Metern (plus ein Stammaustrieb).

Sommervariante S wurde leider teilweise durch Fremdeinwirkung (Fällen) zerstört, sodass die Bildung von drei Stammaustrieben an drei Stämmen nur als Tendenz zu verstehen ist.

In allen Versuchsflächen waren keine Blattaustriebe und damit keine Kronenvitalität mehr festzustellen.

Tab. 2

	Ringel- variante (Stämme)	Stamm- austriebe	Ø Länge [m]	Wurzel- austriebe	Ø Höhe [m]	Stämme mit Stamm- austrieben	Krone (ein- geschränkt) vital
26.02.03	W1 (10)	16	0,6	-	-	4	
	W2 (8)	-	-	33	1,5	-	
	S1 (16)	1	0,8	-	-	1	
05.08.03	Entfernung der Restbrücke, gebildetem Wundkallus sowie aller Stammaustriebe						
05.08.04	W1	13	1	2	0,7	3	1
	W2	-	-	18	1,5	-	1
	S1	54	1,3	-	-	9	2
	Erneute Entfernung von Restbrücke, gebildetem Wundkallus und aller Stammaustriebe						
19.09.05	W1	-	-	-	-	-	-
	W2	1	2	nicht erfasst		1	-
	S1	3	0,3	-	-	3	-

Wie erwartet zeigte das Ringeln positive Effekte auf das Ausbreitungspotenzial und die Bildung von Wurzelaustrieben. Unter Berücksichtigung der Tatsache, dass zum Zeitpunkt der Datenerfassung noch keine Stämme gefällt waren, wurden in W1 und S praktisch keine Wurzeltriebe gebildet. Bezüglich der unterschiedlichen Ringelzeitpunkte zeigte die Wintervariante das geringere Regenerationspotenzial.

In W2 sollte durch das Fällen der Eschen im Bestand die Wirkung erhöhten Lichtgenusses auf das Austreiben der Wurzeltriebe erfasst werden. Wie erwähnt ragten die Kronen der weiter oben stehenden nicht geringelter Bäume in die

Untersuchungsfläche. Die Deckung der Baumschicht war also nicht reduziert und damit kein Zugewinn an Lichtgenuss gegeben. Das Austreiben der Wurzelschösslinge in W2 kann also so nicht erklärt werden und weitere Studien sind nötig (s. a. 3.2.2).

In Bezug auf das Eingrenzen des Regenerationspotenzials zeigte der Ringelzeitpunkt im Winter das bessere Ergebnis.

3.2.2 Beobachtungen nach dem Fällen von Stämmen in W2

Im Februar 2006 wurden fünf der geringelten Stämme in W2 gefällt. Es bildete sich eine Anzahl Stammaustriebe, meist an der Stammbasis, während sich nur wenige neue Wurzeltriebe bildeten. Es soll hervorgehoben werden, dass diese alle aus Oberflächenwurzeln trieben.

4. Weitergehende Untersuchungen

4.1 Untersuchungen zum Regenerationspotenzial

Trotz der offensichtlichen Erfolge des Ringels zeigte vor allem der Ringelzeitpunkt im Sommer hohes Regenerationspotenzial. Zusätzlich zu der nach kompletter Ringelung in 2003 zunehmenden Anzahl von Stammaustrieben bildete sich z. T. auch eine neue Brücke aus Kallusgewebe über die gesamte Höhe der alten Brücke. Ebenso zeigten einige Kronen eingeschränkte Vitalität, obwohl dieses Mal nicht nur das Kambium, sondern das komplette Splintholz entfernt wurde. Dies sollte eine vollständige Unterbrechung von Nährstoff- und Wassertransport bedeuten, da die Parenchymzellen des Kernholzes als nicht lebend betrachtet werden. Per Definition enthält nur Splintholz lebende Zellen, Speicherreserven und hat entscheidende Bedeutung für den Saft- und Wasserfluss. Bei der Robinie liegt die Übergangszone von Splintholz zu Kernholz im 4. Jahresring und bis hierher wurden lösliche Kohlenhydrate nachgewiesen (Magel et al. 1997). Das komplette Ringeln sollte also definitiv bis ins Holzgewebe vorgedrungen sein und dieses geschädigt und verletzt haben. Die Kernholzbildung geht einher mit dem Absterben der lebenden Zellen und der Einlagerung von Phenolen. Reservestoffe wie Stärke etc. werden zurückgezogen oder in Kernholzsubstanzen umgewandelt. Andererseits behält das Kernholz nach Shigo (1984) noch einige verbleibende Enzymaktivitäten, die nach Verletzung oder Infektion dieses „toten“ Gewebes evident werden.

Diese physiologischen Betrachtungen werfen Fragen auf nach der Möglichkeit lateraler Transporte und der Verfügbarkeit von Speicherstoffen aus dem Kernholz; ebenso wie nach den Initialstellen der Regeneration von Kallusgewebe und von Stammaustrieben im Kernholz.

4.2 Initialstellen von Stammaustrieben

Die Knospen der Stammaustriebe befinden sich normalerweise in der Rinde. Spuren von Stammaustrieben, die sich nach komplettem Ringeln bildeten, lassen

sich bis ins innere Kernholz verfolgen (Abb. 8), ebenso das Reaktionsholz der Stammaustriebe im Querschnitt (Abb. 9).



Abb. 8:
Initialstelle von
Stammaustrieben?



Abb. 9: Querschnitt
im Reaktionsholz
eines
Stammaustriebes

4.3 Initialstellen von Kallusgewebe

Auf der Höhe der neugebildeten Brücke aus Kallusgewebe wurde ein Stamm gefällt und aus den Holzproben Querschnitte angefertigt (Abb. 10).



Abb. 10: Detail der neugebildeten
Kallusbrücke (Photo M. Friedrich)

Das Kallusgewebe wurde am Institut für Forstbotanik und Baumphysiologie der Universität Freiburg untersucht. Aus den besonders interessierenden Überwallungsbereichen wurden Proben entnommen, Schnitte angefertigt und angefärbt. Bei den ersten orientierenden Untersuchungen zeigten sich komplexe Wundheilungs- und Regenerationsmuster. Teilweise waren diese nach klassischem Muster verständlich, da die Regenerationen durch Kallusbildung vom angeschnittenen Kambium der angrenzenden Rindenbrücke ausgingen (Abb. 11). In einigen Fällen jedoch, in denen auch trotz Entfernung der Rindenbrücke eine Neubildung von Xylem- und Phloemgewebe zu beobachten war, scheint die Regeneration von verletzten Zellen des parenchymatischen Holzstrahlengewebes oder von Axialparenchym auszugehen (Abb. 12). Diese besonders interessanten Fälle bedürfen jedoch eingehender weiterer Untersuchungen, bei denen die Rahmenbedingungen dieser Regenerationsmuster sehr viel exakter spezifiziert werden können (Professur für Forstbotanik am Institut für Forstbotanik und Baumphysiologie der Universität Freiburg).

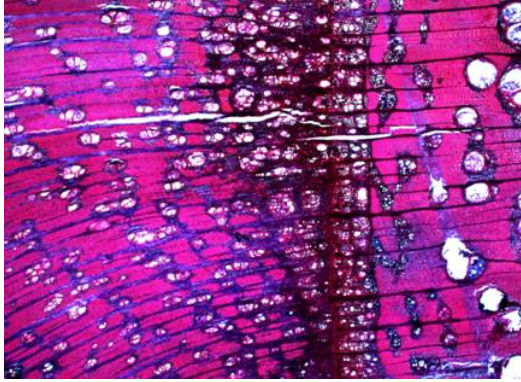


Abb. 11: „Normale“ Entstehung eines Kallus-Gewebes (Mitte) mit anschließender Rückkehr zu regulärer Holzbildung (links); Reaktion aus einem verletzten Kambium am Rande einer Rindenbrücke
(Photo und begleitender Kommentar: Professur für Forstbotanik am Institut für Forstbotanik und Baumphysiologie der Universität Freiburg)

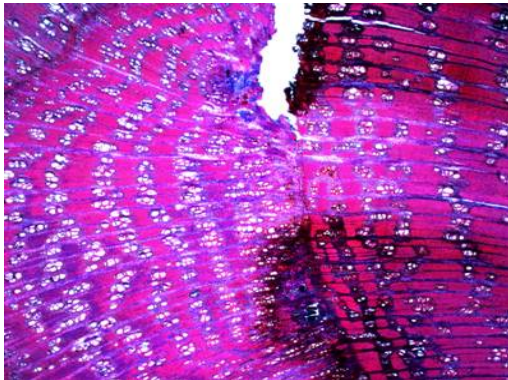


Abb. 12: „Ungewöhnliche“ Bildung eines lokal begrenzten Wundgewebes, möglicherweise aus Holzstrahl- oder Axialparenchym, und anschließende Verbreiterung des sich daraus entwickelten Wundholzes (links)
(Photo und begleitender Kommentar: Professur für Forstbotanik am Institut für Forstbotanik und Baumphysiologie der Universität Freiburg)

4.4 Speicherstoffe im Kernholz

Querschnitte der Jahresringe eines im November 2004 kurz vor dem Frost gefällten intakten Stammes sowie eines im Oktober 2004 geernteten Robinien-Bohrkerns wurden mit Jodkaliumjodid angefärbt und unter dem Mikroskop untersucht. In beiden Fällen wurden durch die Farblösung violett gefärbte Stärkekörner im Kernholz nachgewiesen - in den Markstrahlen sowie in den Thyllen der Frühholzgefäße des Kernholzes (Abb. 13). Mit zunehmendem Alter der Jahresringe nahmen die Stärkekörner im Kernholz in den Markstrahlen ab und in den Thyllen der Frühholzgefäße zu.

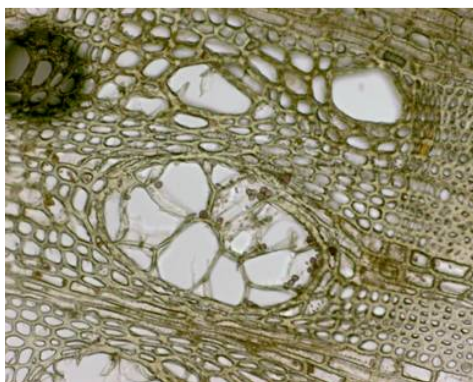


Abb. 13: Stärkekörner im Kernholz in den Thyllen der Frühholzgefäße im 25. Jahresring eines im November 2004 kurz vor dem Frost gefällten Stammes
(Photo Dr. A. Heller)

5. Diskussion

5.1 Ergebnisse von Ringelversuchen des Naturschutzes und der Behörden

Wie unter 3.1 dargestellt zeigt die Methode des Ringels im Mischbestand bessere Erfolge als in Reinbestand, dies entspricht den Erfahrungen in Berlin (Wagner 2004 mündlich). Insgesamt wird auch die Notwendigkeit deutlich, breite Streifen zu ringeln und möglichst tief ins Holz.

Bei der Ringelung mit der Motorsäge in Wurmlingen reagierte die Hälfte der Stämme nicht auf die Maßnahme. Hier wurde z. T. nicht tief genug ins Holz geringelt und/oder der sehr schmale Ringelstreifen konnte schnell überwältigt werden. Bei den anderen Stämmen wurde, bewirkt durch die spiralförmige Ringelung, keine definierte Restbrücke stehen gelassen. Die Stämme reagierten auf die Maßnahme wie die Sommervariante (S) im Ringel-Feldversuch nach kompletter Ringelung mit hohem Regenerationspotenzial. An den Stämmen bildeten sich bis 2005 ca. 50 zwei- bis dreijährige Stammaustriebe mit Längen bis zu drei Metern, die die Photosynthese für die abgestorbenen Kronen übernehmen können (Abb. 7). Um einen Stamm, dessen Krone schon in 2004 abgestorben war, hatten sich drei Wurzeltriebe gebildet.

Die im Frühjahr 2006 gefälltten drei Stämme hatten bis Oktober 2006 einen 1,5-2,5m hohen dichten Bestand aus ca. 50 Stamm- und Stubbenaustrieben gebildet. Da nach der ersten Ringelung keine weiteren Maßnahmen bis zum völligen Absterben der Bäume unternommen worden waren, bildeten sich nach dem Fällen im Umkreis von fünf bis sieben Metern ca. 30 Wurzeltriebe.

Ohne einen ersten Schritt der partiellen Ringelung und ohne Folgemaßnahmen nach Ringelung ist die Maßnahme daher als nicht erfolgreich zu betrachten.

5.2 Erste Ergebnisse des eigenen Ringel-Feldversuchs

5.2.1 Regenerationspotenzial - Wundkallus, Stammtriebe, Kronenvitalität, Wurzeltriebe

Der Ringelzeitpunkt im Winter zeigt geringeres Regenerationspotenzial als der Sommerzeitpunkt. Der letztere scheint auf die wundspezifischen Reaktionen einen stärkeren Einfluss auszuüben. Sterrett & Chappell (1967) unterstreichen für *Robinia* den wechselnden Einfluss der Phytohormone im Verlauf der Wachstumsphasen. Es wird vermutet, dass aufgrund hoher Auxinkonzentrationen im Juni das Austreiben von Wurzelsprossen gehemmt wird (Sterrett et al. 1968).

Bezüglich der Anzahl der Stammtriebe und der abnehmenden Anzahl der Wurzeltriebe muss aber auch dem zeitlich auftretenden beobachteten Wildverbiss an *Robinia* Rechnung getragen werden.

Das auch nach kompletter Ringelung noch vorhandene Regenerationspotenzial führt zu der Schlussfolgerung, die Maßnahme in der (den) folgenden Vegetationsperiode(n) nochmals zu wiederholen, bevor die Stämme endgültig gefällt werden. Wie in Tabelle 2 zu ersehen, ist das Regenerationspotenzial auch in der 4. Vegetationsperiode noch nicht vollständig zum Erliegen gekommen.

5.2.2 Ausbreitungspotenzial – Wurzeltriebe

Konkrete Schlussfolgerungen und endgültige Handlungsanweisungen bezüglich der Eingrenzung des Ausbreitungspotenzials von *Robinia* sind nicht möglich, solange die geringelten Stämme des Feldversuchs noch nicht gefällt sind. Wie über die Beobachtungen in W2 erläutert, war die Bildung von Wurzeltrieben keine Reaktion auf erhöhten Lichtgenuss. Das Abtransportieren der gefällten Eschen aus der Versuchsfläche hatte Bodenstörungen verursacht und konnte möglicherweise das Bilden der Wurzeltriebe induziert haben. Inwiefern diese Hypothese unterstützt wird durch die Beobachtung, dass nach dem Fällen der fünf Robinienstämme in W2 die Wurzeltriebe alle aus Oberflächenwurzeln sprossen, muss überprüft werden.

5.3 Weitergehende Untersuchungen

5.3.1 Physiologische Prozesse mit Beziehung zum Regenerationspotenzial

Die ersten diesbezüglichen Untersuchungen weisen auf laterale Transportmechanismen und wundspezifische Holzbildungsprozesse hin, die auch das Kernholz betreffen. Als Beispiel soll hier die Wasserleitung angeführt werden. Bei den Ringporigen ist die Wasserleitung auf eine schmale Splintzone, in den meisten Fällen jedoch nur auf den äußersten Jahresring beschränkt. „Am längsten bekannt ist letzteres für die Robinie, bei der die Ausschaltung aller älteren Jahresringe durch Thyllenverstopfung deutlich wird.“ (Huber 1935). Bei der Robinie beginnt die Verthyllung der Frühholzgefäße durch Tylose bereits im aktuell wasserführenden Jahresring. Auch bei ringporigen *Quercus spp.* findet die hauptsächliche Wasserführung des intakten Stammes im aktuellen Jahresring statt. Wie jedoch von Granier et al. (1994) nachgewiesen, werden bei Xylem-Schädigung der aktuellen Gefäße durch Verwundung oder Ringelung die Gefäße in den älteren Jahresringen reaktiviert.

Es ist zu prüfen, in welchem Umfang diese Ergebnisse auf *Robinia* übertragbar sind. Böhlmann (1971) deutet auch für *Robinia* nach Ringelung die Bildung bzw. Umorientierung von Gefäßgruppen in tangentialer Richtung an, womit der Wasserstrom die Ringelstelle umgeht. Ebenfalls zu klären wird noch sein, in welchem Umfang der Assimilatstrom, der über das Brückengewebe weitergeleitet wird, quantitativ zur Versorgung mit Assimilaten beiträgt und ebenso, inwiefern nach kompletter Ringelung Nährstoffdepots und Speicherreserven wie Stärke im Kernholz remobilisiert werden können.

5.3.2 Physiologische Prozesse mit Beziehung zum klonalen Wurzelsystem

Ein wichtiger Punkt ist es, die Bedeutung des Wurzelsystems für die Versorgung von Bäumen zu klären, und welche Rolle im Fall von *Robinia* speziell das klonale Wurzelsystem dabei und bei der Versorgung der Austriebe spielt. Fraser et al. (2005) weisen für *Pinus contorta* Dougl. ex Loud. und Peltzer (2002) für *Populus tremuloides* L. nach, dass die Wurzeln der Bäume ein gemeinsames Wurzeltransportsystem bilden und intakte Bäume auf diesem Wege Wasser,

Nährstoffe und Kohlenhydrate transportieren, um andere Individuen mitzuversorgen. Auch Wurzelverwachsungen können erklären, warum durch Konkurrenz unterdrückte Bäume trotz minimaler Kronenfläche lange Jahre überleben und selbst Stubben nach der Fällung noch Jahrzehnte weiter zu wachsen vermögen (vgl. Schröder & Fink 2004). Auch dieser Gesichtspunkt müßte bei der Entwicklung einer Methode zur Eingrenzung des Ausbreitungspotenzials von *Robinia* berücksichtigt werden, indem z. B. alle Bäume im Bestand geringelt werden.

Der Stand der Forschung über die physiologischen Prozesse bei *Robinia pseudoacacia* L. und die Effekte der verschiedenen Wachstumsphasen auf diese Prozesse, ebenso wie über die damit verbundenen wundspezifischen Reaktionen muss erweitert und zu den besonderen strukturellen und anatomischen Eigenschaften in Beziehung gesetzt werden. Veränderungen dieser physiologischen Prozesse und anatomischen Parameter nach partieller und vollständiger Ringelung sowie nach Fällung müssen gezielt mit der Ausbreitungsbiologie und dem Ausbreitungspotenzial von *Robinia* verknüpft werden, um ein Verfahren zur dauerhaften Entfernung von Robinien aus naturnahen Ökosystemen abzuleiten.

6. Erste Schlussfolgerungen

Zur Eingrenzung des Ausbreitungspotenzials von *Robinia* ist Ringeln die Methode der Wahl. Obwohl die Methode noch weiter spezifiziert werden muss, legen erste Ergebnisse nahe, folgendes zu beachten:

Der Ringelzeitpunkt für partielles Ringeln sollte im Winter liegen.

Es sollte ein mindestens handbreiter Streifen geringelt werden und dieser möglichst bis ins Hartholz. Die Restbrücke sollte erkennbar vertikal verlaufen und etwa 1/10 des Stammumfangs betragen.

Die Maßnahme des kompletten Ringelns sollte in der (den) folgenden Vegetationsperiode(n) nochmals wiederholt werden, bevor die Stämme endgültig gefällt werden.

Wo möglich, sollten alle Bäume im Bestand geringelt werden.

Beim Arbeiten in den Robinienbeständen und beim Abtransportieren der gefällten Stämme sollte möglichst keine Bodenstörung verursacht werden. Eventuell kann ganz auf das Fällen der Stämme verzichtet werden. Es wird aber darauf hingewiesen, dass vereinzelt Bruchgefahr bei den geringelten Stämmen besteht.

Danksagungen

Unser Dank gilt Michael Friedrich (Institut für Botanik AG Paläobotanik der Universität Hohenheim) für andauernde fruchtbare und geduldige Diskussion über alles, was wir über Holz noch nicht wußten.

Desgleichen sind wir Prof. Dr. Siegfried Fink (Professur für Forstbotanik am Institut für Forstbotanik und Baumphysiologie der Universität Freiburg) sehr zu Dank verpflichtet, der die Untersuchungen der anatomischen Besonderheiten mit seiner Spezialdisziplin unterstützte und uns gestattete, die Photos und begleitenden Kommentare zu veröffentlichen.

Unser ganz besonderer Dank gilt Björn Schäfer, der das Projekt zu jedem Zeitpunkt begleitete und niemals müde wurde, ellenlange Vorträge über *Robinia* anzuhören. Seine Ideen waren immer sprühend und seine Beiträge von besonderer Wichtigkeit.

Wiederum möchten wir Michael Kübler (Geschäftsstelle Umweltschutz der Stadt Leonberg) danken sowie Holger Pullwitt (Tiefbauamt der Stadt Leonberg) für praktische Hilfeleistung und jegliche Unterstützung bei Geländearbeiten.

Wir danken auch Dr. A. Heller (Institut für Botanik AG Elektronenmikroskopie der Universität Hohenheim) für die Hilfe mit dem Photomikroskop.

Last but not least sind wir Prof. Dr. Heinz Rennenberg (Professur für Baumphysiologie am Institut für Forstbotanik und Baumphysiologie der Universität Freiburg) außerordentlich zu Dank verpflichtet, der uns ermutigte weiterzumachen.

Literatur

- Bernatzky, A. (1994): Baumkunde und Baumpflege, Thalackerverlag 1994, S.87
- Bitz, A. (1987): Anmerkungen zu Pflege- und Entwicklungsmaßnahmen im NSG „Mainzer Sand“ und angrenzender Gebiete – In Mainzer Naturw. Arch. 25, Mainz, 583-604
- Böcker, R. (1995): Beispiele der Robinienausbreitung in Baden-Württemberg. Umweltforschung in Baden-Württemberg, Gebietsfremde Pflanzenarten: 57-65
- Böcker, R., Dirk, M. (1997): Die Aus- und Verbreitung neophytischer Gehölze in Südwest-Deutschland und Beiträge zur Keimungsbiologie. Ber. Inst. Landschafts- Pflanzenökologie Univ. Hohenheim 6: 85-102
- Böcker, R., Dirk, M. (1998): Distribution and Spreading of Alien Trees and Shrubs in South Western Germany and Contributions to Germination Biology. Plant Invasions: Ecological Mechanisms and Human Responses. Eds.: Starfinger, U., Edwards, K., Kowarik, I., Williamson, M., Backhuys Publishers, Leiden, The Netherlands 285-297
- Böcker, R., Dirk, M. (2002): Strategies to restrict the potential of vegetative regeneration of *Robinia pseudoacacia* L. In: Biological Invasions: Challenges for Science. UFZ-Berichte 14 Eds: Klotz, S., Kühn, I., Leipzig – Halle, S.18
- Böcker, R., Dirk, M. (2003): Measurements to restrict *Robinia pseudoacacia* L. In Kowarik, I. & Starfinger, U. (Eds.): Biologische Invasionen: Herausforderung zum Handeln? Neobiota 3: 99-100

- Böcker, R., Dirk, M. (2004): Ansatz zur Bewertung von Kontrollmaßnahmen und ihrer praktischen Umsetzung bei *Robinia pseudoacacia* L. Ber. Inst. Landschafts- Pflanzenökologie Univ. Hohenheim 13: 41-56
- Böhlmann, D. (1971): Histologische Veränderungen im Bereich eines Ringelungsschnittes bei *Acer* und *Robinia*. *Holzforschung*, 25 (6): 195-198
- Dujesiefken, D., Liese, W. (1990): Einfluss der Verletzungszeit auf die Wundheilung bei Buche (*Fagus sylvatica* L.). Time of wounding and wound healing in beech (*Fagus sylvatica* L.). *Holz als Roh- und Werkstoff* (Germany) v. 48(3) p. 95-99
- Fraser, E. (2005): What do we really know about tree competition? *Environmental News*, Volume 5, Issue 1.
(<http://www.ualberta.ca/ERSC/enews/ERSCV5N1.pdf>)
- Granier et al. (1994): Axial and radial water flow in the trunks of oak trees: a quantitative and qualitative analysis (A. Granier, T. Anfodillo, M. Sabatti, H. Cochard, E. Dreyer, M. Tomasi, R. Valentini and N. Bréda) *Tree Physiology*, 14:1383–1396
- Huber, B. (1935): Die physiologische Bedeutung der Ring- und Zerstreuporigkeit: *Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft*, v. 53, p. 711-719
- Kowarik, I. (1992): Einführung und Ausbreitung nichteinheimischer Gehölzarten in Berlin und Brandenburg und ihre Folgen für Flora und Vegetation. Ein Modell für die Freisetzung gentechnisch veränderter Organismen – *Verhandlungen des Bot. Ver. Berlin Brandenburg*, Beiheft 3: 1-188
- Magel, E., Hillinger, C., Höll, W., Ziegler, H. (1997): Biochemistry and physiology of heartwood formation: role of reserve substances. *Trees – Contributions to Modern Tree Physiology*. Eds.: Rennenberg, H., Eschrich, W., Ziegler, H. Backhuys Publisher Leiden, The Netherlands, pp. 477-506
- Peltzer, D. A. (2002): Does clonal integration improve competitive ability? A test using aspen (*Populus tremuloides* [Salicaceae]) invasion into prairie. *Am. J. Botany* 2002 89: 494-499
- Roth, B., Bucher, H.-U., Schütz, J.-Ph., Ammann, P. (2001): Ringeln – Alte Methode neu angewendet. *Wald und Holz* 4/2001, 38-41 und 5/2001, 30-31
- Shigo, A. L. (1984): Compartmentalization: a conceptual framework for understanding how trees grow and defend themselves. *Annual Review of Phytopathology* 22:189-214
- Siewniak, M., Kusche, D. (2002): *Baumpfleger heute* Patzer Verlag
- Sterrett, J.P.; Chappell, W.E. (1967): The effect of auxin on suckering black locust. *Weeds* 15(4): 323-326
- Sterrett, J.P., Chappell, W.E., Shear, G.M. (1968): Temperature and annual growth cycle effects on root suckering in black locust. *Weed Science* 16(2): 250-251
- Schepker, H. (2004): Problematische Neophyten in Deutschland – Ergebnisse einer bundesweiten Befragung von Naturschutzbehörden. In: Szyska B.: *Neophyten – Ergebnisse eines Erfahrungsaustausches von Bund, Ländern und Kreisen*. Bundesamt für Naturschutz-Skripten 108, 132 S

- Schmitt, U., Möller, R., Eckstein, D. (2000): Seasonal wood formation dynamics of beech (*Fagus sylvatica* L.) and black locust (*Robinia pseudoacacia* L.) as determined by the pinning-technique. J. Appl. Bot., 74, S. 10-16
- Schröder, K. & S. Fink (2004): Die Überwallung von Baumstubben. GrünForum 34 (4), 30-32
- Wagner, M. (2002): Maßnahmen zur Kontrolle problematischer Neophyten in Berliner Naturschutzgebieten. Neobiota 1: 355-361
- Wagner, M. (2004): Senatsverwaltung für Stadtentwicklung – Berlin - mündl. Mitteilung.

Adresse der Autoren:

Prof. Dr. Reinhard Böcker
Monika Dirk
Institut für Landschafts- und Pflanzenökologie -320-
Ökologiezentrum 2
August-von-Hartmann-Str. 3
70599 Stuttgart

Tel. ++49 (0)711 459-23510 bzw. 22069

Fax. ++49 (0)711 459-22831

e-mail: boeckerr@uni-hohenheim.de

e-mail: mdirk@uni-hohenheim.de

<http://www.uni-hohenheim.de/www320>