

Handbuch Wasser 2

Kontrolle des Japan-Knöterichs an Fließgewässern

II. Untersuchungen zu Biologie und Ökologie
der neophytischen Knöterich-Arten



Baden-
Württemberg



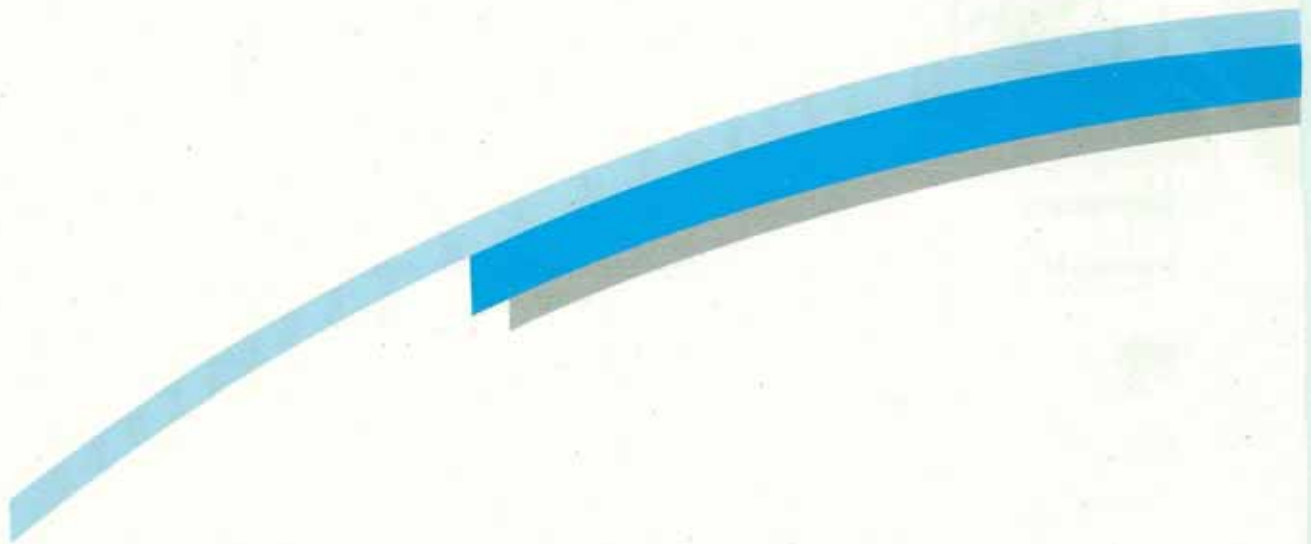
Umweltministerium



Handbuch Wasser 2

Kontrolle des Japan-Knöterichs an Fließgewässern

II. Untersuchungen zu Biologie und Ökologie der
neophytischen Knöterich-Arten





Impressum

- Herausgeber:** Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg (LfU)
Griesbachstr. 1, 76185 Karlsruhe
- ISSN** 0941-780X (Zentraler Fachdienst Wasser, Boden, Abfall, Altlasten bei der Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg)
- ISSN** 0946-0675 (Handbuch Wasser 2)
- Projektleitung:** Prof. Dr. Werner Konold, Prof. Dr. Reinhard Böcker
Institut für Landschafts- und Pflanzenökologie der Universität Hohenheim
- Bearbeitung:** Dipl.-Agr.Biol. Beate Alberternst
Institut für Landschafts- und Pflanzenökologie der Universität Hohenheim
- Projektbegleitung und Redaktion:** Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg
Abteilung 4 Wasser, Sachgebiet 41.2
- Bildnachweis:** Abb. 2,4,6,7,8,11,13,14,15,16,17,18,21,23,24,25,26,27,32,
46,50,53,55,56,58,59,60,61,62,63,67,79,80,81 - B. Alberternst;
Abb. 3,19,20,28,31,35,36,37,38,40 - W. Maerzke;
Abb. 1,5,9,10,33,34,39 - LfU, SG 41.2;
- Titelfoto:** Oberlauf der Wolf (Landkreis Freudenstadt) mit neophytischen Knöterich-Arten begleitend (Aufnahme: W. Maerzke)
- Zeichnungen:** B. Alberternst
- Druck:** E. Kurz & Co., Druckerei + Reprographie GmbH, Stuttgart
- gedruckt auf:** 100% Recyclingpapier, 110 g/m², Umschlagskarton aus 100% Altpapier, 250 g/m²

Nachdruck - auch auszugsweise - nur unter Quellenangabe und Überlassung von Belegexemplaren gestattet.

Karlsruhe, Oktober 1995

Gewässer sind Lebensadern unserer Landschaft. Sie prägen wesentlich den Naturhaushalt und das Landschaftsbild; die Entwicklung der Kulturlandschaft ist eng verbunden mit dem Ausbau der Gewässer.

Der Umfang menschlicher Eingriffe nahm mit fortschreitender Industrialisierung, insbesondere nach dem Ende des Zweiten Weltkrieges erheblich zu. Naturnahe Gewässer und Auen sind mittlerweile selten geworden. Ausgebaute Gewässer können ihre Funktionen im Ökosystem größtenteils nicht mehr erfüllen. Lebensräume für Tiere und Pflanzen gingen verloren, zahlreiche an Gewässer und Feuchtgebiete gebundene Arten sind vom Aussterben bedroht.

Die naturnahe Entwicklung der Gewässer und Auen ist eine Schwerpunktaufgabe der Umweltpolitik des Landes Baden-Württemberg. Sie bedarf der Unterstützung aller Beteiligten. Voraussetzung für zielgerichtetes Handeln sind fundiertes fachliches Wissen und Engagement.

In dieser Schriftenreihe werden im Rahmen des Zentralen Fachdienstes bei der Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg Arbeitshilfen zur naturnahen Entwicklung, Unterhaltung und Umgestaltung der Gewässer und Auen herausgegeben. Die Arbeitsmaterialien, vom Sachgebiet 41.2 in Zusammenarbeit mit zahlreichen Fachleuten innerhalb und außerhalb der Wasserwirtschaftsverwaltung erarbeitet und zusammengestellt, richten sich an Behörden, Planer und Betroffene gleichermaßen.

*Seit einigen Jahren treten entlang der Gewässer verwilderte Zier- und Nutzpflanzen auf, die durch ihr zum Teil massives Vorkommen an Gewässern und in Auen zu einem Problem für die Gewässerunterhaltung und die Verhältnisse am Gewässer geworden sind. Insbesondere der Japan-Knöterich (*Reynoutria japonica*) und weitere exotische Knöterich-Arten bzw. Typen beherrschen in bestimmten Regionen des Landes die Vegetation an Fließgewässern. Die daraus resultierenden nachteiligen Folgen waren Anlaß für ein vom Umweltministerium Baden-Württemberg finanziertes Untersuchungsprogramm.*

Die Ergebnisse praktischer Untersuchungen zur Kontrolle des Japan-Knöterichs an Fließgewässern im Bereich des Amtes für Wasserwirtschaft und Bodenschutz Offenburg (jetzt: Bereich Offenburg der Gewässerdirektion Rhein) sind in Heft 10 der Reihe Handbuch Wasser 2 1994 veröffentlicht worden.

Im hier vorliegenden Teil II werden die Ergebnisse der Grundlagenuntersuchungen der Universität Hohenheim zu Biologie und Ökologie der exotischen Knöterich-Arten bzw. Typen dargestellt. Konkrete Erkenntnisse sollen für die wissenschaftliche Diskussion vorgestellt, das Problembewußtsein von Öffentlichkeit und Verwaltung geschärft und Folgerungen für die praktische Gewässerunterhaltung formuliert werden.

Umweltministerium
Baden-Württemberg,
Stuttgart

Landesanstalt
für Umweltschutz
Baden-Württemberg,
Karlsruhe

Regierungspräsidium
Freiburg

Gewässerdirektion
Rhein,
Bereich Offenburg

1 Einleitung	6
2 Systematische Einordnung der neophytischen Knöterich-Arten	8
3 Herkunft von Japan- und Sachalin-Knöterich	8
4 Verbreitung von <i>R. japonica</i> und <i>R. sachalinensis</i> in Europa	9
5 Gründe für die rapide Verbreitung	10
6 Cytologische Untersuchungen	12
6.1 Das Untersuchungsgebiet	13
6.2 Untersuchungsmethode	13
6.3 Ergebnis der Chromosomenuntersuchungen	13
7 Morphologie	14
7.1 Morphologie von Japan- und Sachalin-Knöterich	14
7.1.1 Blütenmorphologie von Japan- und Sachalin-Knöterich	15
7.2 Morphologie von <i>Reynoutria x bohemica</i>	16
7.2.1 Blütenmorphologie von <i>Reynoutria x bohemica</i>	19
7.3 Sproßaufbau	19
7.4 Erstellung von Internodienkurven	19
7.4.1 Internodienkurven aus dem Jahr 1993	20
7.4.1.1 Ergebnis	20
7.4.2 Internodienkurven aus dem Jahr 1995	21
7.4.2.1 Ergebnis	21
8 Vorkommen verwandter Knötericharten in Südwestdeutschland	21
8.1 Morphologie von <i>Reynoutria japonica</i> var. <i>compacta</i>	22
8.2 Morphologie von <i>Polygonum polystachyum</i>	22
9 Identifikationsschlüssel für die untersuchten Knöterich-Typen	23
10 Zusammenfassung	32
11 Untersuchungen zur Blütenbiologie	33
12 Keimungsversuche	34
12.1 Diskussion	36
13 Mahd- und Verbißversuche	37
13.1 Mechanische Bekämpfung	37
13.2 Chemische Bekämpfung	37
13.3 Biologische Bekämpfung	37
13.4 Einflußnahme über den Standort	37
13.5 Wirkungen von Mahd und Beweidung auf die Vegetation	39
13.6 Versuchsansatz für die Mahd und Verbißversuche	39
13.7 Versuchsaufbau	40
13.8 Parameter des Wachstumverlaufs	41
13.9 Zeitpunkt der Behandlung	41
13.10 Ergebnisse	41
13.10.1 Topfversuche Hohenheim	41
13.10.1.1 Längenwachstum des Sproßsystems	41
13.10.1.2 Gesamttrockengewicht	43
13.10.2 Topfversuche Offenburg	44
13.10.2.1 Längenwachstum des Sproßsystems	44

13.10.2.2	Gesamt-trockenmasse	45
13.10.3	Parzellenversuche	46
13.10.3.1	Längenwachstum des Sproßsystems	46
13.10.3.2	Gesamt-trockengewicht	47
13.11	Ergebnisse und ihre kritische Beurteilung	47
14	Konkurrenzversuche	48
14.1	Gedanklicher Hintergrund für die Versuche	48
14.2	Versuchsaufbau	49
14.3	Versuchseinrichtung	50
a)	Topfversuche	50
b)	Parzellenversuche	51
14.4	Ergebnisse	51
14.4.1	Topfversuche Hohenheim	51
14.4.1.1	Vermessung der Sproßlängen	51
14.4.1.2	Bestimmung des Deckungsgrades	52
14.4.2	Topfversuche Offenburg	53
14.4.2.1	Vermessung der Sproßlängen	53
14.4.2.2	Bestimmung des Deckungsgrades	54
14.4.3	Parzellenversuche Offenburg	55
14.4.3.1	Vermessung der Sproßlänge	55
14.4.3.2	Bestimmung des Deckungsgrades	56
14.5	Schlußfolgerungen aus den Ergebnissen	58
15	Überschüttungsversuch	58
15.1	Einleitung	58
15.2	Methode	58
15.3	Ergebnis	58
15.4	Diskussion	59
	Zitierte und weiterführende Literatur	60
	Berichte und Veröffentlichungen	67

1 Einleitung

Seit urgeschichtlicher Zeit waren Ackerbau und Viehzucht mit der Einwanderung nichteinheimischer Pflanzenarten verbunden. Bereits mit den ersten Kulturpflanzen gelangten Unkräuter vielfach unbeabsichtigt als Begleitarten nach Europa. Mindestens 12000 Sippen wurden als Zier- und Nutzpflanzen importiert oder als Transportbegleiter unabsichtlich eingeschleppt. Die ersten großen Einfuhr- und Ausbreitungsschübe fremdländischer Pflanzenarten in Mitteleuropa ereigneten sich in neuerer Zeit im 15./ 16. Jahrhundert. Diese Zeit ist gekennzeichnet durch die großen Landentdeckungen der Europäer. 1492 entdeckte Kolumbus Amerika, was einen verstärkten weltweiten Handel und Reiseverkehr zur Folge hatte. Für viele Pflanzenarten bedeutete dies, daß sie nun mit Hilfe des Menschen über ihre natürlichen Arealgrenzen hinaus verbreitet werden konnten und wurden. Nicht nur der Reiseverkehr zwischen den Kontinenten sondern auch die innerkontinental eingesetzten Verkehrsmittel wie die erstmals im 19. Jahrhundert gebaute Eisenbahn und die Dampfschiffahrt verbesserten die Ausbreitungsbedingungen vieler Pflanzenarten (LOHMEYER & SUKOPP 1992). Mit Hilfe dieser Verkehrsmittel konnten Handelswaren über weite Strecken transportiert werden. Beim Verladen der Waren fielen oftmals Samen, z.B. aus Säcken, auf den Boden. Auch mit Verpackungsmaterial, das nicht selten aus Packheu oder -stroh bestand und somit häufig zahlreiche Unkrautsamen enthielt, wurden viele Arten in neue Gebiete transportiert. Güterbahnhöfe (KREH 1960), aber auch Häfen zeigten daher häufig eine reichhaltige Flora mit den verschiedensten Pflanzenarten aus fernen Ländern. Die meisten Pflanzenarten traten nur kurzfristig z.B. über eine Vegetationsperiode auf und starben im Winter wieder ab. Solche Arten werden als Ephemerophyten bezeichnet, also als Pflanzen, die keine beständigen Populationen aufbauen.

Reynoutria japonica HOUTT., der Japan-Knöterich, und *Reynoutria sachalinensis* (F. SCHMIDT PETROP.) NAKAI, der Sachalin-Knöterich, sind dagegen in der Lage, sich in einigen Ländern Europas, wie z.B. in Deutschland, Großbritannien, den Niederlanden und einigen weiteren selbständig weiterzuerbreiten. Die bei-

den Knöterichgewächse gehören der Familie der Polygonaceen an und stammen - wie ihr Name schon sagt - aus Ostasien. Man bezeichnet sie auch als Neo- oder Agriophyten.

Die Begriffe "Neophyt" oder "Agriophyt" sind jedoch nicht synonym zu verwenden, da man die aus fremden Ländern stammenden (hemerochoren) Pflanzenarten nach ihrer Einwanderungszeit oder ihrem Einbürgerungsgrad in die einheimische Vegetation unterteilen kann. Der Begriff "Neophyt" bezieht sich auf den Zeitraum, in dem die hemerochore Pflanze in ein neues Gebiet gelangt ist. Pflanzenarten, die in vor- oder frühgeschichtlicher Zeit unter der Mitwirkung des Menschen in einen neuen Lebensraum gelangt sind, bezeichnet man als Archaeophyten (griech. *archaios*=alt). Zu dieser Gruppe zählen viele Segetalarten (Begleitarten von Kulturpflanzen), wie z.B. *Bromus secalinus*, die Roggen-trespe oder *Centaurea cyanus*, die Kornblume, die mit dem eingeführten Saatgut der Kulturpflanzen ausgebracht wurden. Den Archaeophyten werden die Neophyten (griech. *neos*=neu) als Pflanzensippen gegenübergestellt, die nach dem Jahr 1500, also nach der Entdeckung Amerikas und der Intensivierung des Reise- und Handelsverkehrs, in ein neues Gebiet gelangt sind. Der Begriff "Agriophyt" bezieht sich dagegen auf den Einbürgerungsgrad der hemerochoren Pflanzenart in die Vegetation des neuen Lebensraums. Agriophyten sind Pflanzenarten, die in die natürliche Vegetation eingebürgert sind und die auch nach Beendigung des direkten menschlichen Einflusses konkurrenzfähig gegenüber der einheimischen Vegetation bleiben (KOWARIK 1985).

Nach LOHMEYER & SUKOPP (1992) werden Agrio- oder Neophyten als Pflanzensippen definiert, die durch die Tätigkeit des Menschen in ein bestimmtes Gebiet gelangt und mittlerweile ein fester Bestandteil der heutigen natürlichen Vegetation sind. Diese Pflanzen sind nicht mehr auf die menschliche Aktivität angewiesen und vermehren sich eigenständig weiter.

Der Japan-Knöterich wurde 1823, der Sachalin-Knöterich 1863 als Zierpflanze nach Europa eingeführt (BAKKER & BOEVE 1985). Einige Zeit später, im Jahr 1846, brachte der Botaniker v. Siebold Japan-Knöterichpflanzen von einer Japan-Reise mit und verkaufte sie als

exotische Garten- und Parkpflanze in seiner Baumschule in Leiden (BAILEY 1990). Neben der Nutzung als Zierpflanze wurde der Japan-Knöterich auch als Viehfutter angebaut (HEGI 1912) oder zur Befestigung sandiger Böschungen angepflanzt. Beispielsweise wird 1882 über den "Japanesischen Knöterich" berichtet: "Sie ist ihrer starken und zahlreichen Ausläufer wegen sehr werthvoll zur Befestigung sandiger Abhänge, Dünen, Eisenbahndämme etc. und ist an den deutschen Küsten, so z.B. auf Helgolander Düne, auf den Sylter Dünen, auch an der Ostseeküste zur Befestigung angepflanzt worden (v. SCHLECHTENDAHL et al. 1882). In den 50er und 60er Jahren dieses Jahrhunderts wurde der Stauden-Knöterich auch zur Wildäsung oder als Deckung für Fasanen im Wald ausgepflanzt (WITTENBERGER 1977). In einer Jagd-Zeitschrift des Jahres 1987 wurde das Anpflanzen des Sachalin-Knöterichs zur Verblendung von Pirscheinsteigen und Kanzeln noch empfohlen (WEIS 1987).

Bis zur heutigen Zeit haben sich die beiden Knöterichgewächse sehr stark verbreitet. Man findet sie schwerpunktmäßig entlang von Bach- und Flußläufen (vgl. auch BAUER 1995). Hier wachsen neben dem Knöterich häufig noch einige weitere Neophyten, wie beispielsweise die Kanadische und Späte Goldrute oder das Indische Springkraut. Eine wichtige Ursache für das Vorkommen von Neophyten gerade in diesen Bereichen ist die große, natürlicherweise auftretende Dynamik an den Flußufern. Durch schwankende Wasserstände z.B. bei Hochwasser oder bei Wellengang werden streckenweise Uferbereiche abgetragen und der Boden freigelegt. Die vegetationsfreien Flächen, die entlang eines Fließgewässers immer wieder entstehen, stellen Nischen dar, die von verschiedenen Neophyten zur Besiedlung genutzt werden. Der Japanische Stauden-Knöterich, aber auch der wesentlich seltener vorkommende Sachalin-Staudenknöterich (vgl. SEBALD et al. 1990; HAEUPLER & SCHÖNFELDER 1988) kann an Fließgewässern zu Problemen ökologischer wie auch unterhaltungstechnischer Art führen.

Die *Reynoutria*-Arten haben kräftige, feiwurzelarmer Rhizome, mit denen sie den Boden in einem groben Geflecht durchziehen. Die Pflanzen bilden Sproßkolonien (Polykormone) aus, die häufig so dicht sind, daß die meisten anderen Pflanzenarten hier nicht mehr wachsen

können. Sogar Gehölzjungwuchs von Erlen-, Weiden- oder Pappelarten, die in der Sukzessionsfolge natürlicherweise den Hochstauden folgen würden, kommen durch den Lichtmangel nicht auf (LOHMEYER 1969). Das heißt also, daß der Knöterich durch seine sehr effiziente Wachstumsstrategie vielen angestammten Pflanzenarten den Lebensraum streitig macht. BRANDES (1981) bezeichnet den Japanischen Stauden-Knöterich als einen der unduldsamsten Neophyten.

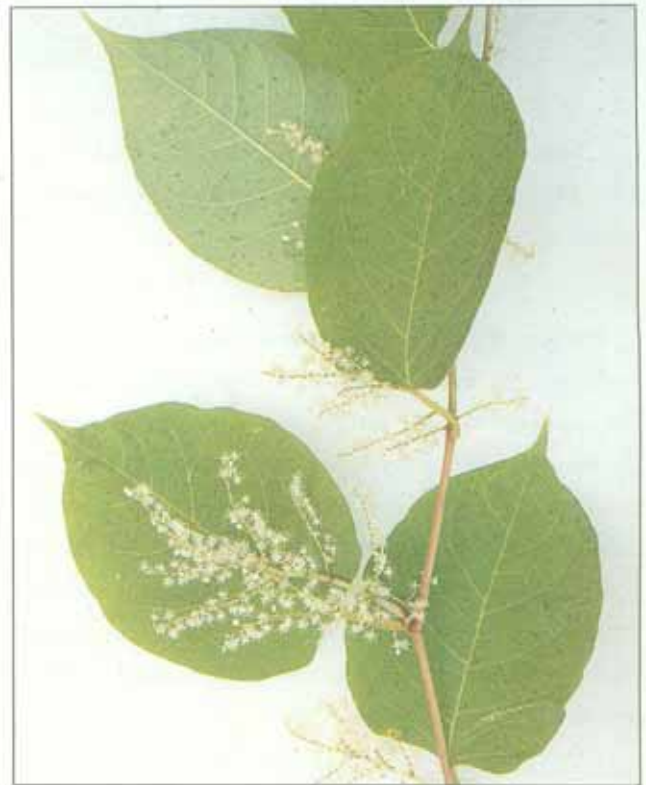


Abb. 1: *Reynoutria japonica* (Japan-Knöterich).

Ökonomische Schäden an Fließgewässerrufern, die mit dem ostasiatischen Knöterich bewachsen sind, können im Zusammenhang mit Hochwasserereignissen auftreten. Da die oberirdischen Sproßteile des Knöterichs sehr frostempfindlich sind, sterben sie frühzeitig im Herbst ab. Die kahlen, braunen Sproßtriebe, unter denen meist jegliche andere Vegetation fehlt, bleiben zurück. Kommt es nun während der Wintermonate zu einem Hochwasserereignis, wird der Boden sehr leicht ausgeschwemmt und weggetragen. Bei einem Hochwasser im Jahr 1991 kam es beispielsweise zu schwerwiegenden Schäden am Hochwasserschutzdamm an den Schwarzwaldflüssen Kinzig und Rench. Die Schäden am Damm konnten eindeutig mit dem Vorhandensein des Knöterichs in Verbindung gebracht werden (LfU 1994).



Abb. 2: Über die Wintermonate oberirdisch abgestorbener Bestand von *Reynoutria* an der Nordrach im Frühjahr 1995. Aus den Rhizomen haben junge Sprosse ausgetrieben.

Bedingt durch die vom Japan-Knöterich verursachten Probleme, ist eine Wuchs- bzw. Ausbreitungskontrolle der *Reynoutria*-Arten mancherorts vonnöten. Allerdings ist die Pflanze mittlerweile fester Bestandteil unserer heutigen Vegetation und wird auch durch die verschiedensten Kontrollmaßnahmen nicht mehr völlig zurückgedrängt werden. Man wird sich also auf Dauer auf diese Pflanzenarten und die durch sie möglicherweise auftretenden Probleme einstellen und entsprechend handeln müssen.

2 Systematische Einordnung der neophytischen Knöterich-Arten

Die ostasiatischen Knöterich-Arten gehören zur Familie der Polygonaceen (Knöterich-Gewächse). In der Literatur (STEWART 1930; HESS et al. 1967; SCHACHT & FESSLER 1990; ENCKE 1958) sind im Laufe der Zeit unterschiedliche Gattungs- und Artnamen für Japan- und Sachalin-Knöterich aufgetreten. Folgende Synonyme wurden bislang erwähnt:

Für den Japan-Knöterich:

- *Reynoutria japonica*,
- *Polygonum cuspidatum*,
- *Polygonum Reynoutria*,

- *Polygonum zuccarinii*,
- *Polygonum sieboldii*,
- *Pleuropterus zuccarinii*,
- *Pleuropterus cuspidatus*,
- *Tiniaria japonica*,
- *Fallopia japonica*.

Für den Sachalin-Knöterich sind folgende Synonyme bekannt:

- *Reynoutria sachalinensis*,
- *Polygonum sachalinense*,
- *Tiniaria sachalinensis*,
- *Fallopia sachalinensis*.

Im deutschsprachigen Raum ist "*Reynoutria japonica*" bzw. "*Reynoutria sachalinensis*" der am häufigsten benutzte Name. 1993 wurden Japan- und Sachalin-Knöterich der Gattung *Fallopia* zugeordnet und als *Fallopia japonica* (HOUTT.) RONSE DECRAENE bzw. *Fallopia sachalinensis* (F. SCHMIDT PETROP.) RONSE DECRAENE bezeichnet (ZENTRALSTELLE FÜR FLORISTISCHE KARTIERUNG 1993).

3 Herkunft von Japan- und Sachalin-Knöterich

Reynoutria japonica und *R. sachalinensis* stammen, wie ihr Name schon sagt, aus Japan bzw. von der nördlich von Japan gelegenen Insel Sachalin.

Japan erstreckt sich über 2200 km zwischen dem 30. und 46. Breitengrad. Die Hauptinseln sind sehr gebirgig. Zwischen der Ost- und Westküste, die an den meisten Stellen weniger als 350 km auseinanderliegt, ragen Gebirge bis knapp 3780 m empor. Aufgrund der weiten Erstreckung Japans über 15 Breitengrade reicht das Klima vom winterkalten-gemäßigten Norden bis hin zum subtropischen Süden. Der mittlere jährliche Niederschlag liegt in den meisten Regionen Japans zwischen 1000 und 3000 mm pro Jahr (SCHWIND 1967).

Der Japan-Knöterich ist in Japan in zahlreichen Pflanzengesellschaften und auf vielen verschiedenartigen Standorten anzutreffen. Beispielsweise findet man die

Pflanze als Begleitart in der 40 cm hohen Krautschicht in Uferwäldern auf den Alluvialebenen West-Japans im *Aphenantho - Celtidetum japonicae* (OHNO 1979) oder in der *Ulmus davidiana-, Alnus japonicae-, Sasa senanensis* - Gesellschaft der Uferwälder in einem Flußtal des Iwanazawa (MAKITA et al. 1979). Auch in der 90 cm hoch werdenden Krautschicht an der Meishin-Autobahn (KAMEYAMA 1979) oder als Begleitart im *Quercus acutissima - Quercus serrata*-Wald (MIYAWAKI et al. 1984) ist die Pflanze anzutreffen. SUKOPP & SUKOPP (1988) geben noch einige weitere Pflanzengesellschaften an, in denen der Japan-Knöterich vorkommt. Die Autoren stellen fest, daß die Pflanzenart eine weite ökologische Amplitude besitzt und sowohl auf nassen, nitratreichen Böden wie auch auf trockenen, mageren Kiesböden vorkommt. Auch auf Fels- und Schutthalden, frischen vulkanischen Aschen und auf frischen Lavafeldern ist der Knöterich zu finden (OHBA & SUGAWARA 1979). Auf dem Mt. Fuji besiedelt *Reynoutria japonica* als Pionierpflanze die blanken vulkanischen Basalt-Kiese oberhalb der Waldgrenze auf etwa 2400 bis 2600 m Höhe über dem Meeresspiegel (MARUTA 1983).

Auf der Insel Sakurajima an der Südspitze Kyushus untersuchte TAGÉWA (1964 zit. in YOSHIOKA 1974) die Sukzessionsfolge auf vulkanischem Gestein. Er stellte fest, daß sich ca. 20 Jahre nach der letzten Eruption zunächst Moose und Flechten ansiedeln. Nach weiteren 30 Jahren, also 50 Jahre nach dem letzten Vulkanausbruch, folgen diesen die ersten krautigen Pflanzen, zu denen auch *Reynoutria japonica* gehört. Nach abermals 50 Jahren werden die Krautigen durch die ersten Sträucher wie z.B. *Alnus firma* oder *Rhododendron kaempferi* verdrängt, die ihrerseits später Bäumen wie *Machilus thunbergii* oder *Cyclobalanopsis glauca* weichen.

Auch der Sachalin-Knöterich ist in Japan anzutreffen. Nach Angaben von SUKOPP & STARFINGER (1995) findet man ihn auf den japanischen Inseln Hokkaido und Honshu. Auf Honshu tritt der Sachalin-Knöterich nur auf der nordwestlichen Seite nördlich des Distrikts Chubu auf.

Wie der Japan-Knöterich kommt *Reynoutria sachalinensis* auf vulkanischem Gestein vor. Beispielsweise findet man ihn in der ca. 1 m hoch werdenden Strauch-

schicht von Pionierwäldern, die sich auf den Vulkanen ansiedeln. Auf dem Mt. Komagatake, der 1929 zum letztenmal ausbrach und große Mengen an Bimsstein erupierte, wurden bereits nach vier Jahren die ersten Sämlinge des Sachalin-Knöterichs gefunden (YOSHIOKA 1974). Neben den Wuchsorten auf den Vulkanen wurde der Sachalin-Knöterich auf Geröllhalden und Kliffs der Küsten Japans gefunden (ISHIZUKA 1974).

Der Knöterich kommt in seinem Heimatland also auf sehr vielen unterschiedlichen Standorten vor. Auffällig ist jedoch, daß der Japan-Knöterich in Japan wesentlich kleiner bleibt als hier in Europa. *Reynoutria sachalinensis* wird dagegen in Ostasien vergleichbar groß wie in seiner neuen Heimat in Europa (SUKOPP & STARFINGER 1995).

4 Verbreitung von *R. japonica* und *R. sachalinensis* in Europa

Reynoutria japonica und *R. sachalinensis* sind in ganz Mitteleuropa und in Teilen Südosteuropas fest in die einheimische Vegetation eingebürgert. Hauptsächlich werden Ufer von Fließgewässern besiedelt aber auch auf Schuttplätzen, an Bahndämmen, auf Abraumhalden (SEBALD et al. 1990) und Straßenrändern ist die Pflanze vorzufinden. Selbst in relativ schattigen Laubwäldern kann der Knöterich Bestände ausbilden.

Der Sachalin-Knöterich kommt in Deutschland wesentlich seltener vor als der Japan-Knöterich. Nach Angaben von HARTMANN et al. (1995) kommt *Reynoutria sachalinensis* in Baden-Württemberg in 56 von 297 Meßtischblättern vor, während *R. japonica* bereits in 217 zu finden ist.



Abb. 3: *Reynoutria japonica* am Oberlauf der Wolfach. Der Japan-Knöterich dominiert hier weite Teile des Flußtales.



Abb. 5: *Reynoutria sachalinensis* an einem Zufluß der Gutach bei Triberg (Juli 1994).



Abb. 4: *Reynoutria sachalinensis* (im Vordergrund des Bildes) an der Wolfach bei Untertal. Der Polykormon ist wesentlich lockerer aufgebaut als der des Japan-Knöterichs im Hintergrund, Juli 1993.

Der Sachalin-Knöterich ist ebenso wie *Reynoutria japonica* in der Lage, sehr großflächige Bestände auszubilden, wie beispielsweise am Oberlauf des Schwarzwaldflusses Wolfach, dessen Uferböschungen in weiten Teilen vom Sachalin-Knöterich dominiert werden (vgl. LFU 1994). Dieser Stauden-Knöterich besiedelt in Südwestdeutschland ähnliche Standorte wie der Japan-Knöterich. Beide Arten kommen meistens vergesellschaftet vor. Zeitweilig findet man den Sachalin-Knöterich auch im Wald, was wahrscheinlich darauf zurückzuführen ist, daß die

Pflanze aus jagdlichen Gründen angepflanzt wurde oder z.B. beim Wegebau mit antransportiertem Erdreich unbeußt eingebracht wurde.

5 Gründe für die rapide Verbreitung

Der Japan-Knöterich wurde 1823 nach Europa eingeführt (BAKKER & BOEVE 1985). Von SCHLECHTENDAHL et al. berichten 1882 von der Einbürgerung des "Japanesischen Stauden-Knöterichs" in die einheimische Vegetation. Von rapider Ausbreitung wurde jedoch erst an einem späteren Zeitpunkt berichtet. OBERDORFER (1956) erwähnt, daß sich der Japan-Knöterich im Schwarzwald besonders an der Wolfach stark ausgebreitet hat und die einheimische Auenvegetation verdrängt.

Für die Region des Erzgebirgsvorlandes wird eine erste starke Ausbreitung von *Reynoutria japonica* auf die Zeit zwischen 1960 und 1970 datiert (KOSMALE 1981). Die Gründe für die zunehmende Verbreitung sind vielfältig. Eine wichtige Rolle spielt zunächst einmal die Ausbreitungsstrategie der Pflanze. Der Stauden-Knöterich verbreitet sich in Europa vornehmlich vegetativ mit Hilfe abgerissener Pflanzenteile. Bei Hochwasserereignissen werden häufig Rhizomteile oder Sprosse abgerissen und an anderer Stelle wieder angespült. Gelangen diese Pflanzenteile auf einen geeigneten Standort, können sie aus den am Rhizom angelegten Knospen wieder austreiben

bzw. an den Sprossen Adventivwurzeln (sproßbürtige Wurzeln) ausbilden und sich so im Boden verankern (vgl. auch KOPECKY 1967; BROCK & WADE 1992, LfU 1994).



Abb. 6: Adventivwurzeln an einem Sproß von *Reynoutria japonica*. Mit Hilfe dieser Wurzeln können auch aus verdrifteten und aufgelandeten Sprossen unter geeigneten Wachstumsbedingungen neue Knöterich-Polykormone entstehen.

Eine weitere Möglichkeit der Ausbreitung ist die, daß die Pflanzen unterirdische Ausläufer bilden und mit diesen andere Pflanzenbestände unterwachsen. Aus den Knospen des eingewachsenen Rhizoms können im Folgejahr unter geeigneten Bedingungen junge Sprosse austreiben. Diese erreichen im ersten Jahr zunächst noch nicht die volle Sproßgröße des Polykormonkerns (bei einigen Pflanzen bis zu 4,5 m). Erst im Laufe mehrerer Jahre erreichen sie die Maximalgröße, vorausgesetzt, die Triebe erhalten genügend Licht und Nährstoffe. Durch das starke Längenwachstum und das zeitig im Jahr einsetzende Sproßwachstum (die Hauptwachstumszeit dauert - je nach Witterung - etwa von Mitte April bis Ende Mai) ist der Knöterich vielen einheimischen Arten überlegen.

Das Verhalten des Menschen spielt bei der Vermehrung des Knöterichs in mehrfacher Hinsicht eine bedeutende Rolle. In gestörte oder zerstörte natürliche Pflanzengesellschaften können Neophyten verhältnismäßig leicht eindringen. Hierauf deuten Ergebnisse verschiedener Autoren hin. KUNICK (1974) und TREPL (1983) konnten beispielsweise eine positive Korrelation zwischen dem Störungsgrad und dem Anteil an hemerocho-



Abb. 7: Vom Hochwasser abgerissene und verdriftete Rhizom- und Sproßteile des Stauden-Knöterichs an der Kinzig bei Offenburg (Juni 1995). Gelangen diese Pflanzenteile auf einen geeigneten Standort, können hieraus neue Knöterich-Bestände hervorgehen.



Abb. 8: Polykormon des Japan-Knöterichs mit Ausläufersprossen am Rand des Bestandes. Mit Hilfe derartiger Sprosse unterwächst der Knöterich andere Pflanzenbestände und verdrängt diese später durch Nahrungs- und Lichtkonkurrenz.



Abb. 9: Japan-Knöterich-Rhizomstück.

ren (fremdländischen) Arten feststellen. BEERLING (1991) fand in England heraus, daß in Gebieten mit natürlicher bzw. halbnatürlicher Vegetation der Anteil an Flächen mit *R. japonica* wesentlich geringer war als in Gebieten, in denen der natürliche Bewuchs zerstört wurde. Dadurch, daß also vom Menschen die natürlich vorkommende Vegetation wie z.B. Auenwälder zerstört wurden, bietet sich dem neophytischen Stauden-Knöterich also verstärkt die Möglichkeit, sich auszubreiten (ebenso BAUER, M. 1994).



Abb. 10: Ausgeräumte Flußlandschaft an der Kinzig bei Offenburg im August 1995. An den Flußufern sind *Reynoutria*-Arten weit verbreitet. Die Knöterich-Bestände werden regelmäßig gemäht.

Auch der Anstieg des Ruderalflächenanteils z.B. nach dem 2. Weltkrieg, die Zunahme ungenutzter Fabrik- oder Bahngelände oder die weniger intensive Nutzung von Hausgärten usw. ermöglichte es vielen Neophyten, sich relativ ungestört zu verbreiten. In Dresden trugen beispielsweise innerstädtische Bahn- und Nachkriegsbrachen kurzfristig zur Etablierung großer *Reynoutria*-Bestände bei.

Die wohl wichtigste Rolle bei der Verbreitung des neophytischen Knöterichs spielten bzw. spielen heute die großen Erdbewegungen, z.B. bei Flußbauarbeiten, im Straßenbau oder sonstigen Baumaßnahmen. Mit Hilfe von Maschinen können große Mengen von Erdreich leicht abgetragen und an anderer Stelle zur Auffüllung genutzt werden. Sind in dem transportierten Boden Rhizome enthalten, können diese unter geeigneten Bedingungen wieder austreiben und einen neuen Polykormon

begründen. Dem Rhizomtransport mit Erdreich kommt bei der Massenverbreitung des Knöterichs wahrscheinlich die größte Bedeutung von allen hier erwähnten Verbreitungsweisen zu.



Abb. 11: *Reynoutria japonica* auf einer Erdhalde in Stuttgart-Möhringen. Das Erdreich wurde auf der Fläche abgeladen und enthielt vitale Rhizome des Japan-Knöterichs (Mai 1993).

6 Cytologische Untersuchungen

Bei eingehender Beschäftigung mit den *Reynoutria*-Arten läßt sich feststellen, daß sich verschiedene Knöterich-Polykormone morphologisch voneinander unterscheiden können. Einige Bestände haben herabhängende Blätter, andere eher aufgerichtete; manche haben größere, andere wiederum kleinere Blätter oder sie unterscheiden sich in ihrer Blattform. Um zu klären, welche Ursachen dieser Vielfaltigkeit an Formen zugrunde liegen, erhielt das Institut für Landschafts- und Pflanzenökologie der Universität Hohenheim von der Landesanstalt für Umweltschutz im Auftrag des Umweltministeriums den Auftrag, die Biologie und Ökologie des Japan-Knöterichs zu untersuchen. Dieses Projekt wurde begleitend zu den bereits am damaligen Amt für Wasserwirtschaft und Bodenschutz in Offenburg angelaufenen Versuchen zur Bekämpfung des Japan-Knöterichs an Fließgewässern durchgeführt (LfU 1994).

1993 und 1994 wurden morphologische und cytologische Untersuchungen an verschiedenen *Reynoutria*-Pflanzen vorgenommen. Es sollte der Frage nachgegan-

gen werden, ob sich im Untersuchungsgebiet unterschiedliche *Reynoutria*-Typen verbreiten, die möglicherweise ein verschiedenes hohes Verbreitungspotential aufweisen.

6.1 Das Untersuchungsgebiet

Die cytologischen und morphologischen Untersuchungen haben in der Ortenau, vornehmlich im Raum Offenburg stattgefunden. Die Ortenau liegt westlich des nördlichen und mittleren Schwarzwaldes und zieht sich bis zur Rheinebene hin. Einige Flußufer in dieser Gegend sind von beinahe durchgehenden Knöterichbeständen bewachsen, wie beispielsweise an der Wolfach. Untersucht wurden Pflanzen der Wolfach, der Kinzig bei Offenburg und der Rench bei Oberkirch. Einen Überblick über das Untersuchungsgebiet vermittelt die Karte in Abbildung 12.



Abb. 12: Geographischer Überblick über die Lage des Untersuchungsgebietes. Die cytologischen und morphologischen Untersuchungen haben in den gekennzeichneten Gebieten stattgefunden.

6.2 Untersuchungsmethode

Für die Chromosomenuntersuchungen wurden Rhizome im Untersuchungsgebiet ausgegraben und im Gewächshaus in Plastikschaalen ausgelegt und gewässert. Innerhalb weniger Tage bildeten sich junge Wurzeln, die abgeschnitten und nach der Methode von BAILEY &

STACE (1992) behandelt wurden. Die Chromosomenanzahl wurde in den Wurzelspitzen mit Hilfe eines Lichtmikroskopes bestimmt.



Abb. 13: In eine Plastikschaale ausgelegtes Rhizom von *Reynoutria*. Aus dem Rhizom sind Wurzeln ausgetrieben, in deren Spitzen die Chromosomen bestimmt werden können.

6.3 Ergebnis der Chromosomenuntersuchungen

Die Untersuchungen haben gezeigt, daß entlang der Flüsse Wolfach, Kinzig und Rench unterschiedliche Knöterich-Sippen mit verschiedenen Chromosomenanzahlen auftreten. Anhand morphologischer Merkmale und dem Vergleich mit der Literatur (BAILEY & STACE 1992) ergibt sich, daß in der Ortenau

- a) *Reynoutria japonica* mit $2n = 88$ Chromosomen,
- b) *Reynoutria sachalinensis* mit $2n = 44$ Chromosomen
und
- c) *Reynoutria x bohemica* mit $2n = 66$ Chromosomen
vorkommen.

Bei *Reynoutria x bohemica* handelt es sich um eine Hybride zwischen Japan- und Sachalin-Knöterich. CHRTEK & CHRTEKOVÁ wiesen 1983 ihr Vorkommen in Böhmen nach und gaben der Pflanze den Namen *Reynoutria x bohemica*. Nach Angaben von BAILEY und

STACE (1992) kommt diese Hybride (*R. japonica* var. *japonica* x *R. sachalinensis*) in England vor. Die Autoren bestimmten die Chromosomenanzahl der Hybride auf $2n = 66$. Auch die *R. x bohémica*-Hybriden auf den untersuchten Flächen in Südwestdeutschland haben 66 Körperchromosomen.

Die Hybride steht mit dieser Chromosomenanzahl zwischen den beiden Elternarten. Sie läßt sich aber nicht nur durch die unterschiedlichen Chromosomenanzahlen sondern auch durch morphologische Unterschiede von den beiden anderen Arten unterscheiden.

7 Morphologie

7.1 Morphologie von Japan- und Sachalin-Knöterich

Die *Reynoutria*-Arten sind ausdauernde Hochstauden, deren aufrechte, hohle Sprosse aus kräftigen Rhizomen entspringen. Haupt- und Seitenachsen sind untergliedert in Nodien (Knoten) und die dazwischen liegenden Internodien. Die Verzweigung der Hauptachse beginnt bereits nach den ersten drei bis vier Knoten. Japan- und Sachalin-Knöterich gehören zu den größten krautigen Knöterichgewächsen der Erde. Sie erreichen Sproßlängen bis etwa 3 m (*R. japonica*) und 4 m (*R. sachalinensis*). Einzelne Exemplare der Hybride *R. x bohémica* werden sogar 4,50 m groß. Während der Hauptwachstumszeit im Frühjahr wachsen manche kräftige Sprosse des Japan-Knöterichs bis zu 15 cm am Tag in die Höhe. Diese stellte 1919 bereits VOGG bei seinen Studienversuchen am Japan-Knöterich fest. Die neophytischen Knöterichpflanzen sind diözisch (zweihäusig), d.h. es gibt Pflanzen, die männliche und solche, die weibliche Blüten tragen. Weibliche Pflanzen besitzen in ihren Blüten einen grünen, dreieckigen Fruchtknoten mit weißlicher, dreilappiger Narbe und rudimentäre (in Rückbildung begriffene) Staubblätter mit kurzen Filamenten (Staubfäden). Die männlichen Pflanzen zeigen einen rudimentären fahl-weißen Fruchtknoten mit zurückgebildeter Narbe und acht relativ großen Antheren (Staubgefäßen) auf langen Filamenten. Die Infloreszenzen (Blüten) sind Pleiothyrsen, was bedeutet, daß die Blüten in Wickeln in den Achsen wechselständiger Tragblätter stehen. Die Einzel-

blüten weiblicher Pflanzen sind ca. 5 mm, die der männlichen ca. 9 mm lang und haben 5 weibliche Blütenblätter, die an ihrer Basis zu einer Röhre verwachsen sind.

Die Blätter des Japan-Knöterichs sind im Umriß rundlich bis breit oval und werden maximal 18 cm lang und bis 13 cm breit. Sie sind am Blattgrund gestutzt und haben i.d.R. eine kurze ausgezogene Spitze. Die Konsistenz des Blattes ist hart-lederartig.



Abb. 14: Blattmorphologie von Japan- (links) und Sachalin-Knöterich (rechts).

Die Laubblätter des Sachalin-Knöterichs werden deutlich größer als die des Japan-Knöterichs. Eine Länge von 43 cm und eine Breite von 27 cm ist bei den Hauptsproßblättern dieses Knöterichs keine Seltenheit. Allerdings werden nur die Blätter des Hauptsprosses so groß - die der Seitenzweige bleiben wesentlich kleiner (vgl. SUKOPP & SCHICK 1992). Der Blattgrund der weichen, eiförmig-länglichen Blätter ist tief herzförmig eingeschnitten. Junge Blätter haben oft auch einen gestutzten Blattgrund. Auffällig ist beim Sachalin-Knöterich die starke Blattbehaarung. Hauptsächlich auf den Blattadern der Blattunterseite sind deutlich sichtbare ca. 1 mm lange grau-weiße Trichome (Blatthaare) zu erkennen (Abb. 15).



Abb. 15: Das Bild zeigt die mehrzelligen, etwa 1 mm langen Blatthaare (Trichome) des Sachalin-Knöterichs. Die Trichome sind mit bloßem Auge deutlich zu erkennen.



Abb. 16: Blattadern mit einzelligen Trichomen auf der Blattunterseite von *Reynoutria japonica*.

Reynoutria japonica besitzt dagegen sehr kurze, einzellige Trichome, die nur bei manchen Pflanzen mit bloßem Auge zu erkennen sind. Ohne Lupe erscheinen die Blattadern normalerweise kahl.

7.1.1 Blütenmorphologie von Japan- und Sachalin-Knöterich

Die Einzelblüten des Sachalin-Knöterichs sind ähnlich aufgebaut wie die des Japan-Knöterichs (siehe Kapitel 7.1). CONOLLY (1977) und SCHWABE & KRATOCHWIL (1991) berichten zusätzlich noch von hermaphroditen (zwitterigen) Blüten neben den rein weiblichen und männlichen Blüten. Die Blütenstände

von Japan- und Sachalin-Knöterich sind unterschiedlich in ihrem Habitus. Sie lassen sich durch die verschieden aussehenden Blütenstände leicht voneinander abgrenzen (vgl. ALBERTERNST et al. 1995a).



Abb. 17: Blüten des weiblichen Japan-Knöterichs. Die Seitenäste des Blütenstandes ragen gestreckt zu allen Seiten hervor.

Die Blütenstände von weiblichen und männlichen Pflanzen der jeweiligen Art zeigen einen Dimorphismus. Die weiblichen Japan-Knöterich-Pflanzen haben locker aufgebaute Blütenstände, bei denen von einer geraden Blütenmittellachse die Seitenzweige zu allen Seiten herausragen. An diesen Verzweigungen sitzen die meist zu viert aus einem Nodium des Blütenstandes entspringenden Einzelblüten.

Die Blütenstände des männlichen Japan-Knöterichs sind denen der weiblichen Pflanzen recht ähnlich. Allerdings ist ihre Infloreszenzmittellachse normalerweise etwas länger und ragt gerade dem Licht entgegen. Die Seitenverzweigungen des Blütenstandes stehen mehr oder weniger aufrecht nach oben.



Abb. 18: Blüten des männlichen Japan-Knöterichs an der Wolfach. Die Seitenverzweigungen des Blütenstandes ragen mehr oder weniger aufrecht dem Licht entgegen.

Die Blütenstände des weiblichen Sachalin-Knöterichs erscheinen viel dichter als die der weiblichen *R. japonica*-Pflanzen. Von einer im unteren Teil geraden Blütenmittellachse zweigen die Seitenästchen des Blütenstandes ab. Diese hängen bogig nach unten über. Die "männlichen" Blütenstände des Sachalin-Knöterichs haben eine deutlich von den "weiblichen" Blütenständen verschiedene Physiognomie. Ihre Blütenachse und die Seitenästchen ragen aufrecht nach oben dem Licht entgegen.



Abb. 19: Blüten des weiblichen Sachalin-Knöterichs an der Wolfach. Die Verzweigungen des Blütenstandes hängen bogig über. Die Blütenstände erscheinen dadurch sehr dicht.



Abb. 20: Blüten des männlichen Sachalin-Knöterichs an der Wolfach. Die Blütenstände sind größer als die der weiblichen Pflanzen und ragen aufrecht dem Licht entgegen.

7.2 Morphologie von *Reynoutria x bohemica*

Die Hybride *Reynoutria x bohemica* nimmt in vielen Merkmalen eine Zwischenstellung zwischen den Elternarten - nicht nur in ihrer Chromosomenanzahl - ein. Die Blätter werden bis etwa 25 cm lang und 18 cm breit, wobei die Blätter der Hauptspießachse wesentlich größer werden als die der Seitenäste. Blattgröße und -form verschiedener Polykormone auf unterschiedlichen Standorten variieren. Auf einigen Standorten ähnelt die Hybride eher *R. sachalinensis*, auf anderen eher *R. japonica*. Die Blätter der Hauptspießachse einer ausgewachsenen Pflanze sind am Grund i.d.R. leicht herzförmig vertieft; die Blätter der Seitenachsen oder sehr junge Blätter zeigen meistens einen gestutzten Blattgrund. Zur Unterscheidung der verschiedenen Knöterich-Pflanzen sollten daher immer nur die Hauptspießblätter herangezogen werden. Manche Hybrid-Pflanzen zeigen rundliche Blätter mit stark herzförmigem Blattgrund, andere haben eher dreieckig-spitze Blätter mit gestutztem, sehr schwach herzförmigem Blattgrund. Die Blattform variiert also recht stark.

Die Blätter sind hauptsächlich auf den Blattadern der Blattunterseite behaart.



Abb. 21: Trichome (ca. 0,5 mm lang) von *R. x bohémica*.

Die Trichomlänge beträgt bei der Hybride ca. 0,5 mm und zeigt somit eine Länge, die zwischen der der Blatthaare der beiden Elternarten liegt. Die Blatthaare sind nicht immer sofort mit bloßem Auge zu erkennen, so daß zeitweilig der Einsatz einer Lupe erforderlich wird. Die Blattbehaarung variiert zwischen verschiedenen Polykormonen. Es wurde festgestellt, daß Pflanzen, denen während ihrer Wachstumszeit wenig Wasser zur Verfügung stand, weniger bzw. kürzere Trichome ausgebildet haben als Pflanzen, die unter feuchteren Wuchsbedingungen herangewachsen sind. Vermutlich ist dieses darauf zurückzuführen, daß die Pflanzen unter trockenen Wuchsbedingungen ihre aktive Verdunstungsfläche

so gering wie möglich halten, um sich vor Wasserverlust zu schützen. Die Blattbehaarung nimmt innerhalb einer Pflanze von den oberen, jungen zu den älteren Blättern zu.

Da die Blattbehaarung bei *R. japonica*, *R. sachalinensis* und *R. x bohémica* unterschiedlich ist, lassen sich die Arten bzw. die Hybride anhand dieses Merkmals recht leicht unterscheiden. Die Unterschiede bei der Blattbehaarung sind deshalb in Abbildung 22 zur Verdeutlichung noch einmal zeichnerisch dargestellt. Die Blattstruktur liegt in ihrer Ausprägung zwischen der der Elternarten. Die Blätter sind weniger lederartig als die des Japan-Knöterichs.

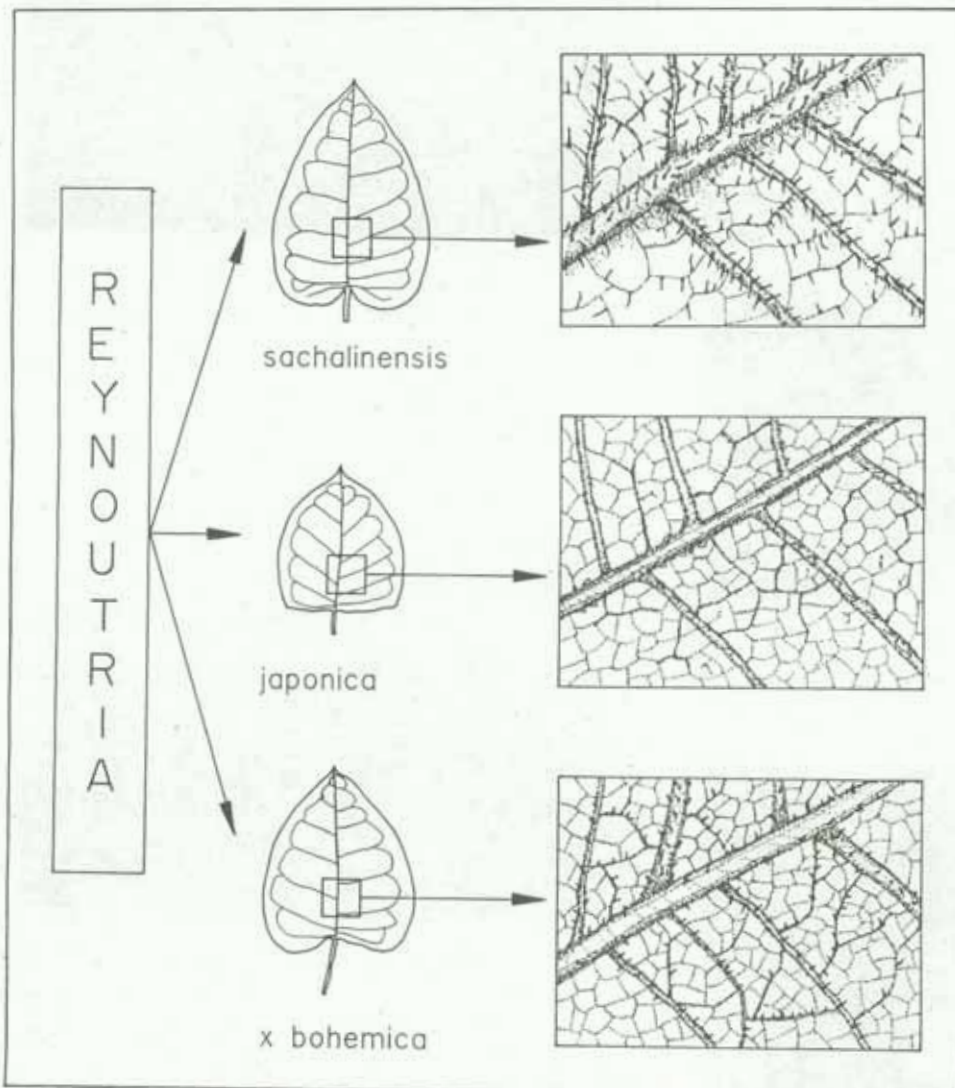


Abb. 22: Zeichnerische Darstellung der Blatthaare. Anhand der unterschiedlichen Blattbehaarung lassen sich die drei Knöterich-Typen relativ gut unterscheiden.

Allerdings dürfen nur Blätter von Polykormonen verglichen werden, die auf vergleichbar feuchten Standorten herangewachsen sind, denn je trockener ein Standort ist, desto fester ist normalerweise auch die Blattstruktur. Aufgrund der weichereren Blattstruktur wirkt ein Bestand der Hybriden "abgerundeter" als ein Polykormon des Japan-Knöterichs. Bereits im zeitigen Frühjahr, wenn die Knöterich-Bestände noch nicht ausgewachsen sind, lassen sich Japan-Knöterich und die Hybride allein aufgrund ihres Erscheinungsbildes voneinander unterscheiden. *Reynoutria japonica* bildet nach dem Austrieb kräftige zunächst seitenastlose Sprosse aus. Die dem Trieb ansitzenden Blätter sind über relativ lange Zeit recht klein (Abb. 23). Vergleicht man zunächst *R. sachalinensis* mit *R. japonica*, fällt auf, daß der Sachalin-Knöterich auch an sehr jungen Sprossen verhältnismäßig große Blätter trägt (Abb. 24).



Abb. 23: Sproß von *R. japonica* an der Wolfach im Mai 1995. Die ersten Laubblätter sind verhältnismäßig klein.



Abb. 24: Junger Sproß von *R. sachalinensis* an der Wolfach im Mai 1995. Die ersten Laubblätter sind im Vergleich zu denen des Japan-Knöterichs relativ groß.

R. x bohemica verhält sich beim Sproßaustrieb eher wie der Sachalin-Knöterich. Sie bildet relativ frühzeitig große Blätter aus, wodurch die Bestände im Frühjahr wesentlich dichter erscheinen als die der gleichaltrigen *R. japonica*-Bestände. Ob den Hybriden hieraus gegenüber *R. japonica* ein Konkurrenzvorteil entsteht, weil ihnen um einige Zeit früher eine größere Assimilationsfläche zur Verfügung steht, bleibt noch zu klären.



Abb. 25: Sprosse von *Reynoutria japonica* an der Kinzig bei Ortenberg im Frühjahr 1995. Ein gerade ausgetriebener Bestand des Japan-Knöterichs wirkt durch die kleinen Blätter relativ schütter.



Abb. 26: Sprosse von *Reynoutria x bohemica* an der Kinzig bei Ortenberg im Frühjahr 1995. Im Vergleich zu den Japan-Knöterichbeständen erscheinen die der Hybriden recht dicht.

7.2.1 Blütenmorphologie von *Reynoutria x bohemica*

Die Blütenstände von *R. x bohemica* unterscheiden sich von denen beider Elternarten. Die Blütenstände weiblicher Hybriden sind in lockerer Anordnung aufgebaut. Von einer im unteren Bereich aufrechten Infloreszenzmittelachse zweigen die teils gestreckten teils bogig überhängenden Seitenachsen ab. (Abb. 27).



Abb. 27: Weiblicher Blütenstand von *R. x bohemica* an der Wolfach. Die Blütenstände sind in ihrem Aufbau intermediär zu den Elternarten und haben Seitenverzweigungen, die teils gestreckt und teils bogig überhängen.

Die Blütenstände von Hybrid-Pflanzen mit männlichen oder hermaphroditen Blüten haben die für die männlichen *Reynoutria*-Pflanzen typische aufrechte Blütenstandsform (Abb. 28).



Abb. 28: Blütenstand einer männlichen *R. x bohemica*-Pflanze an der Wolfach. Die Blütenstände ragen aufrecht dem Licht entgegen.

Die Seitenästchen der Infloreszenzen stehen mit einem Abgangswinkel von etwa 70° bis beinahe 0° fast senkrecht zum Licht. Die Blütenstände sind dichter als die des männlichen Japan-Knöterichs und entsprechen im Aussehen annähernd denen des Sachalin-Knöterichs. Im Vergleich zu diesen sind sie jedoch filigraner aufgebaut und ähneln hier eher *Reynoutria japonica*.

Die Blüten entspringen zu dritt oder viert aus den Nodien des Blütenstandes. Sie sind an ihrem Fuß von einer kleinen braunen Ochrea (Blatthäutchen) umschlossen.

7.3 Sproßaufbau

Die drei Knöterich-Typen *Reynoutria japonica*, *R. sachalinensis* und *R. x bohemica* unterscheiden sich durch ihren Wuchs. Der Sachalin-Knöterich ist größer und kräftiger als *R. japonica*, bildet aber etwas lockerer erscheinende Sproßkolonien aus. Die beiden Arten verzweigen sich unterschiedlich stark. Während der Sachalin-Knöterich hauptsächlich Seitenäste 1. Ordnung, selten auch Äste 2. Ordnung ausbildet, sind bei *R. japonica* Äste 1. und 2. Ordnung die Regel. Manchmal Treten beim Japan-Knöterich auch Äste 3. Ordnung auf. *Reynoutria x bohemica* nimmt auch bezüglich dieses Merkmals eine Zwischenstellung ein. Manche Polykormone gleichen jedoch mehr dem Japan-Knöterich, andere mehr dem Sachalin-Knöterich. Die Seitenzweige der *Reynoutria*-Arten sind - wie anfangs bereits erwähnt - untergliedert in Nodien und Internodien. Mißt man die Längen der Internodien, zeigt sich, daß die Äste von Japan- und Sachalin-Knöterich unterschiedlich aufgebaut sind (SUKOPP & SCHICK 1993). Durch Aufzeichnen von Internodienkurven werden die Verschiedenheiten deutlich.

7.4 Erstellung von Internodienkurven

Aus Polykormonen ausgewachsener Knöterich-Pflanzen von *Reynoutria japonica*, *R. sachalinensis* und *R. x bohemica* werden zufällig Äste erster Ordnung zwischen 40 cm und 100 cm entnommen. Die Astlänge wird gemessen und die Zweige in Klassen von 41-50 cm, 51-60 cm, 61-70 cm, 71-80 cm, 81-90 cm und 91-100 cm ein-

geordnet. Jeder Klasse werden vier Äste zugeteilt und die Internodien vermessen. Das erste an der Hauptachse sitzende Internodium wird mit der Ordnungszahl 1, jedes nachfolgende mit der vorhergegangenen Ziffer +1 bezeichnet. Aus den Meßwerten wird pro Ordnungszahl der Mittelwert aus allen vermessenen Ästen errechnet (siehe Berechnungsbeispiel Tab. 1) und als Internodienkurve dargestellt.

7.4.1 Internodienkurven aus dem Jahr 1993

Im Jahr 1993 wurden Internodienkurven von *R. japonica* und *R. sachalinensis* von der Wolfach bei Untertal und von zwei Hybridpflanzen, einer weiblichen von der Kinzig bei Offenburg, die auf der Luftseite des Hochwasserdamms im Graben in Angrenzung an ein Gebüsch stand, und einer männlichen von der Wolfach bei Oberwolfach, die auf Flußschotter fußte, erstellt.

Die Internodienkurven zeigten folgendes Bild:

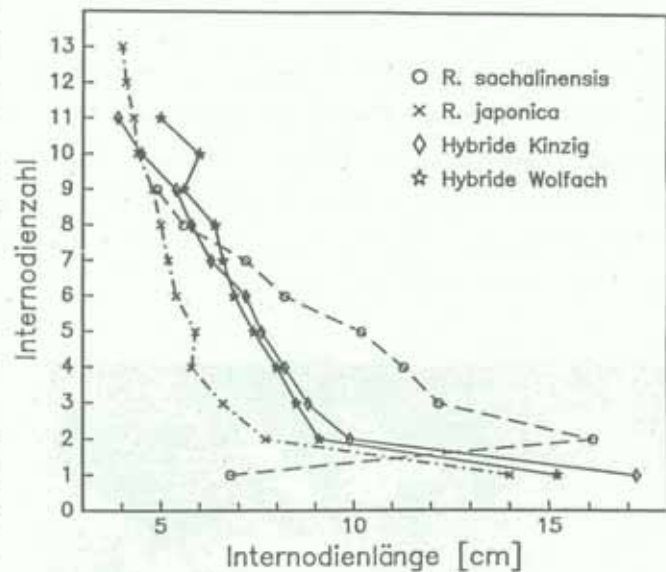


Abb. 29: Internodienkurven von Japan- und Sachalin-Knöterich und zwei Hybrid-Pflanzen von Kinzig und Wolfach, 1993.

Tab. 1: Berechnungsbeispiel für Internodienkurven am Beispiel von *R. x bohemica*

Klasse	Sproßlänge	Internodienzahl													
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
41-50	42	15	7,5	7	6,5	4	2								
	48	14	9	8	8	6	2,5								
	49	14	14	9	7,5	4									
	49	8	6,5	6,5	6	6	6	6	4						
51-60	58	11,5	6,5	6	6	6	6,5	6	5	4,5					
	53	17	8,5	8,5	8,5	6,5	4								
	59	18,5	8	8	8	7,5	5,5	3							
	57	18,5	11	11,5	8,5	7									
61-70	60	8,5	7,5	7	6,5	6	6	5,5	4,5	4,5	4				
	64	14	6,5	6	5	5,5	5,5	5,5	4,5	4	3	4			
	70	17,5	10,5	8,5	8	8	7,5	6	3,5						
	67	15	8	8	7	7	7	6,5	5,5	3					
71-80	78	11,5	9	7,5	6,5	6	5	5,5	5,5	6	6	5,5	4		
	71	13	6,5	6	5,5	6	5,5	5	5	4,5	4	4	4	2	
	73	15	7	6	5	6	5	5	4	5	4	4	4	3	
	72	14	7	5	4	6	5	6	6	6	5	4	3	1	
81-90	82	16	8	7	5,5	6	5,5	6	5,5	5,5	5	4,5	4	3	
	84	16	8	7	7	8	7	7	7	6	5	4	2		
	83	17	9,5	7,5	7	6	6	5,5	6	7	6	5			
	89	17,5	10	8	6	6	6	5	5	5	5	4,5	4	4	3
91-100	92	15	9	8	6,5	6	5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5	4
	94	18	10	9	9	8,5	8	7,5	7	6,5	6	4			
	100	16	10	9	8	7	7	7,5	7,5	7	7	6	5	3	
	98	17	9	9,5	8,5	8	6,5	6	6	6	5	5,5	5	3	3
Mittel		14,90	8,60	7,65	6,83	6,38	5,64	5,79	5,39	5,38	5,04	4,65	4,05	3,00	3,33

7.4.1.1 Ergebnis

Die Internodien des Japanischen Stauden-Knöterichs sind deutlich kürzer als die des Sachalin-Knöterichs. Sie erreichen in den mittleren Internodienklassen nur 50 bis 60 % der Internodienlänge des Sachalin-Knöterichs. Die Kurvenverläufe unterscheiden sich deutlich voneinander. Während die Internodienkurve des Japan-Knöterichs nach dem zweiten Nodium einen steilen Kurvenanstieg zeigt, verläuft die Internodienkur-

ve des Sachalin-Knöterichs flacher. Dieses ist darauf zurückzuführen, daß die Internodienlänge von *R. japonica* ab dem zweiten Internodium etwa konstant bleibt bzw. nur noch relativ wenig abnimmt. Die Internodienlänge des Sachalin-Knöterichs nimmt dagegen kontinuierlich bis zu einer Minimallänge ab. Vor dem ersten Nodium besitzt der Sachalin-Knöterich ein kurzes Internodium, das man als "Hypopodium" bezeichnet (vgl. SUKOPP & SCHICK 1993).

Beide Internodienkurven der Hybriden liegen zwischen den Kurven der Elternarten. Sie sind, obwohl sie von zwei unterschiedlichen Pflanzen von verschiedenen Standorten stammen, über weite Strecken fast identisch.

7.4.2 Internodienkurven aus dem Jahr 1995

Anfang August 1995 wurden weitere Internodienkurven von den drei Knöterich-Typen erstellt, um zu überprüfen, ob sich die *Reynoutria*-Pflanzen in diesem Jahr ähnlich verhalten wie zwei Jahre zuvor. Untersucht wurden Japan- und Sachalin-Knöterich und *R. x bohemica* von der Wolfach bei Bad Rippoldsau.

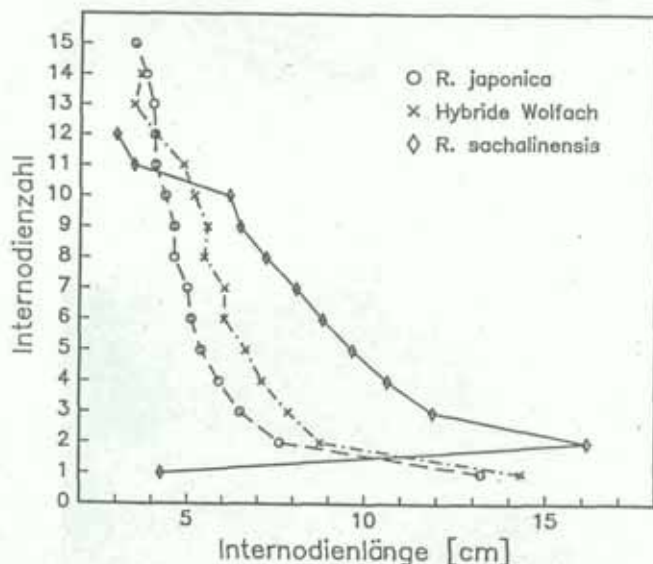


Abb. 30: Internodienkurve von Japan- und Sachalin-Knöterich und *Reynoutria x bohemica* von der Wolfach bei Bad Rippoldsau, 1995.

7.4.2.1 Ergebnis

Im Jahr 1995 ergeben sich sehr ähnliche Internodienkurven wie bei der Untersuchung im Jahr 1993. *Reynoutria sachalinensis* zeigt auch in diesem Jahr die längsten Internodien von allen untersuchten Pflanzen. Einem kurzen Hypopodium schließt sich ein langes erstes Internodium an. Die nachfolgenden nehmen langsam in ihrer Länge ab. *R. japonica* hat als erstes ein recht langes Internodium. Das diesem folgende ist wesentlich kürzer und die sich anschließenden Internodien nehmen nur noch relativ wenig in der Internodienlänge ab. Die Hybrid-Pflanze verhält sich - wie auch im Sommer 1993 - intermediär zu den beiden Elternarten.

Die Maximallänge der Internodien ist genetisch festgelegt (SUKOPP & SCHICK 1993). Trotz unterschiedlicher Witterungsverhältnisse und verschiedener Polykormone von unterschiedlichen Standorten, haben die Pflanzen einen sehr ähnlichen Astaufbau wie zwei Jahre zuvor.

8 Vorkommen verwandter Knötericharten in Südwestdeutschland

Neben Japan- und Sachalin-Knöterich und der Hybriden *Reynoutria x bohemica* kommen in Südwestdeutschland noch zwei verwandte Knötericharten verwildert vor. In Gernsbach (bei Baden-Baden) wurde von REINHARD (1995, pers. Mitteil.) *Reynoutria japonica* var. *compacta* HIYAMA (vgl. SUKOPP & SUKOPP 1988; Synonym *Polygonum compactum* HOOK.) gefunden. Weiterhin kommt in Südwestdeutschland auf verschiedenen Wuchsorten wie z.B. im Glottertal (HARTMANN et al. 1995) oder in Gernsbach (REINHARD, pers. Mitteil.) *Polygonum polystachyum* WALLICH ex MEISNER, der Himalaya-Knöterich, verwildert vor (vgl. LFU 1994).

8.1 Morphologie von *Reynoutria japonica* var. *compacta*

Reynoutria japonica var. *compacta* wird in der Systematik teils als Varietät des Japan-Knöterichs (*R. japonica* var. *japonica*) teils als eigene Art (s.o.) aufgeführt. Diese Polygonacee erreicht Sproßlängen bis ca. 1,80 m. Meistens bleiben die Pflanzen jedoch kleiner. Die Blätter sind breit-eiförmig und werden bis zu 11 cm lang und bis zu 10 cm breit. Die Spitze ist meistens schwach ausgezogen. Der Blattgrund ist gestutzt und i.d.R. an den Rändern abgerundet. Die Blätter sind ledrig-hart.

Die Blüten sind ähnlich aufgebaut wie die des Japan-Knöterichs. Einige Pflanzen haben auffällig dunkelrot unterlaufene Blüten andere gelb-bräunliche. Die Blütenstände sind aufrecht und sehr dicht mit den Einzelblüten besetzt.



Abb. 31: *Reynoutria japonica* var. *compacta* in Gernsbach, Juli 1995.

8.2 Morphologie von *Polygonum polystachyum*

Der Himalaya-Knöterich bildet Bestände bis ca. 2 m Höhe. Die Pflanze hat bis zu 38 cm lange und bis 13 cm breite lanzettliche Blätter. Auf der Blattunterseite sind diese mit kurzen weißlichen Trichomen besetzt, die meist nur mit einer Lupe gesehen werden können. Der Blattgrund ist herz- oder pfeilförmig. Dieser Knöterich hat weiße, hermaphrodite Blüten mit dreigeteilter Narbe und

blau-violetten Antheren. Die Blütenstände sind end- und seitenständig, locker angeordnet und aufrecht.



Abb. 32: *Polygonum polystachyum* in der Nähe von Neuenbürg, September 1995.



Abb. 33: *Polygonum polystachyum* an der Glotter, August 1994.



Abb. 34: *Polygonum polystachyum* bei Straubenhardt (Enzkreis), 1995.

9 Identifikationsschlüssel für die untersuchten Knöterich-Typen



Abb. 35: Einzelblattaufnahme *Reynoutria japonica*.

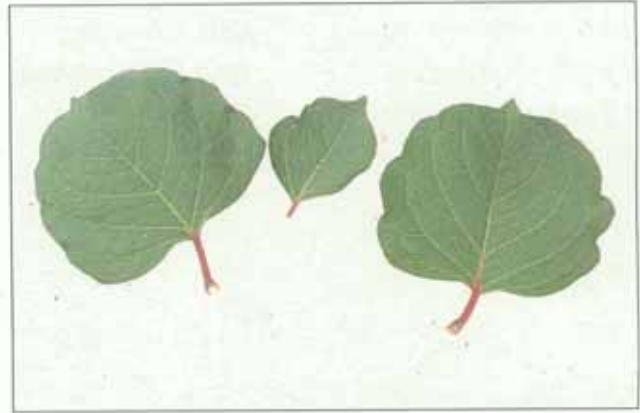


Abb. 38: Einzelblattaufnahme *Reynoutria* var. *compacta*.



Abb. 36: Einzelblattaufnahme *Reynoutria sachalinensis*.

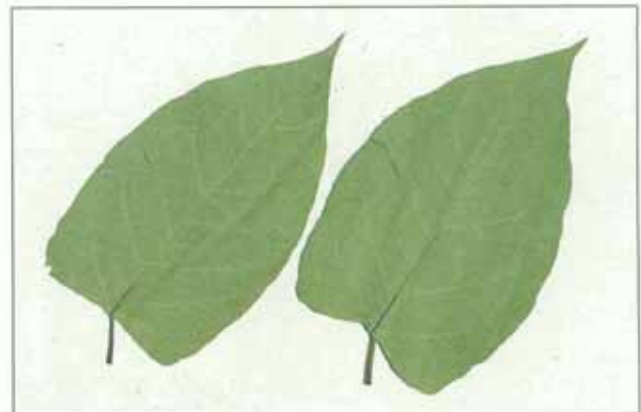


Abb. 39: Einzelblattaufnahme *Reynoutria* x *bohemica* (*R. japonica* x *R. sachalinensis*).



Abb. 37: Einzelblattaufnahme *Polygonum polystachyum*.

Reynoutria japonica, männlich

Sproßlänge:	Ca. 3 m
Blattgröße:	Max. 18 cm lang und 13 cm breit
Blattgrund:	Gestutzt
Blattstruktur:	Hart, lederartig
Blattbehaarung	Einzellige Trichome; mit bloßem Auge kaum zu sehen
Chromosomenzahl:	$2n = 88$

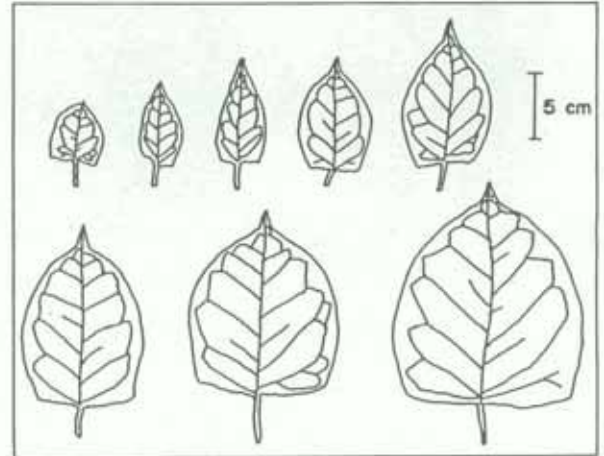


Abb. 40: Blattmorphologie von *Reynoutria japonica*.

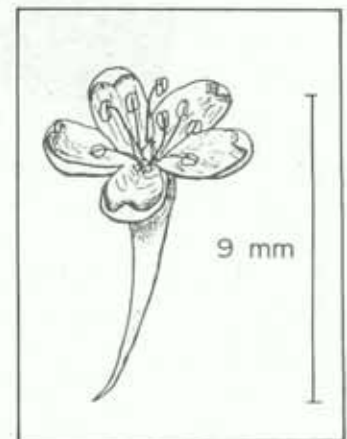


Abb. 41: Staminate Blüte von *Reynoutria japonica*.

Reynoutria japonica, weiblich



Abb. 42: Polykormon von *Reynoutria japonica* an der Wolfach.

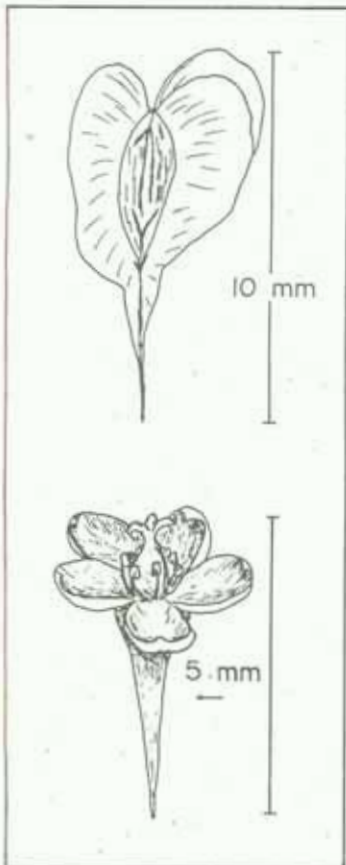
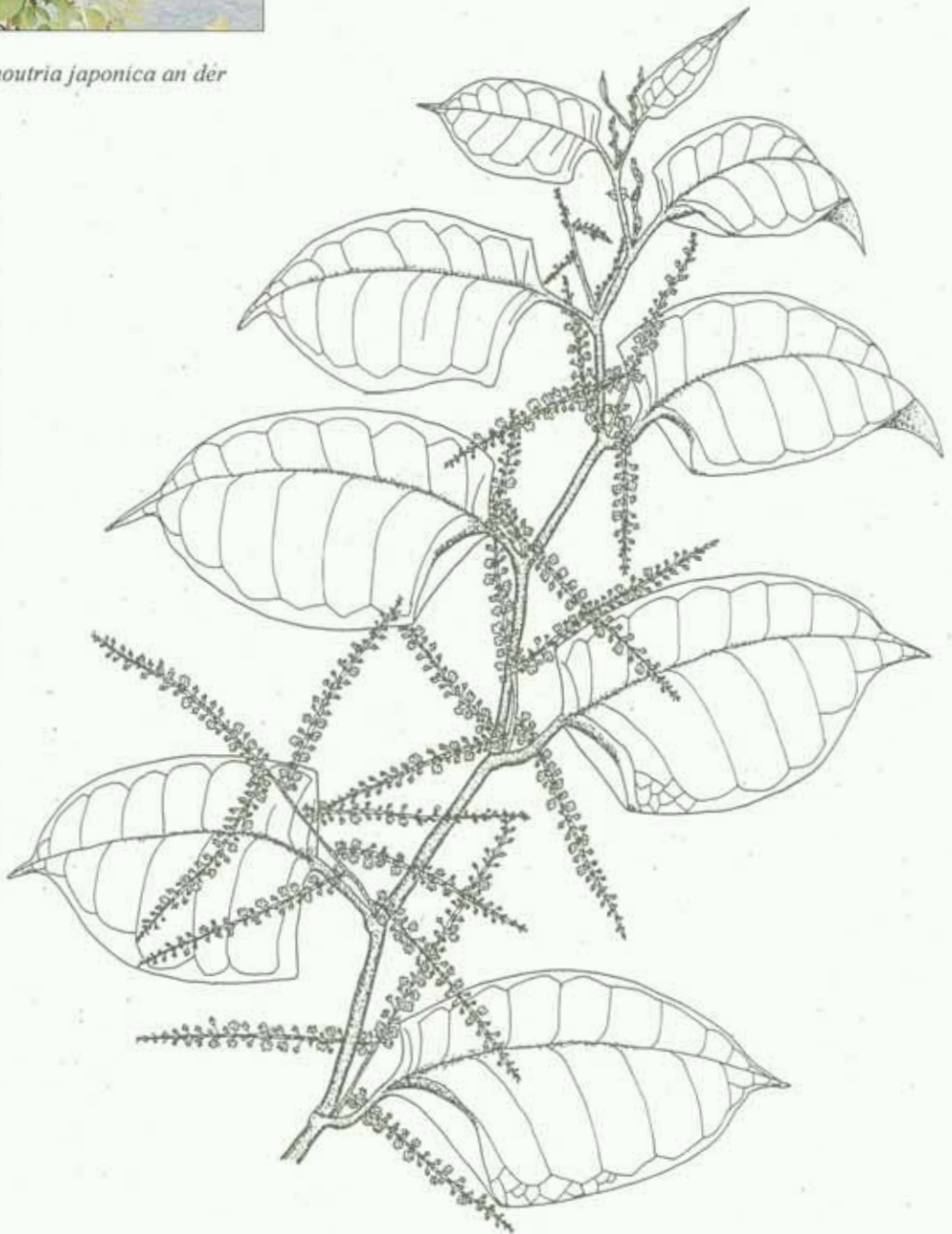


Abb. 43: Blüte und Frucht von *Reynoutria japonica*.



Reynoutria sachalinensis, männlich

<i>Sproßlänge:</i>	Ca. 4 m
<i>Blattgröße:</i>	Max. 43 cm lang und 27 cm breit
<i>Blattgrund:</i>	Herzförmig
<i>Blattstruktur:</i>	Weich
<i>Blattbehaarung</i>	Ca. 1 mm lange Trichome
<i>Chromosomenzahl:</i>	$2n = 44$

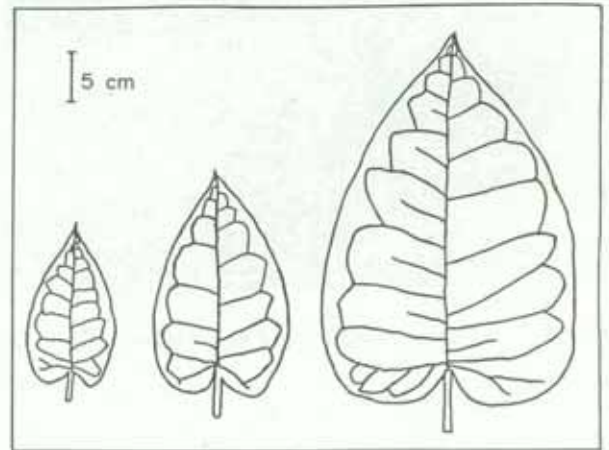


Abb. 44: Blattmorphologie von *Reynoutria sachalinensis*.

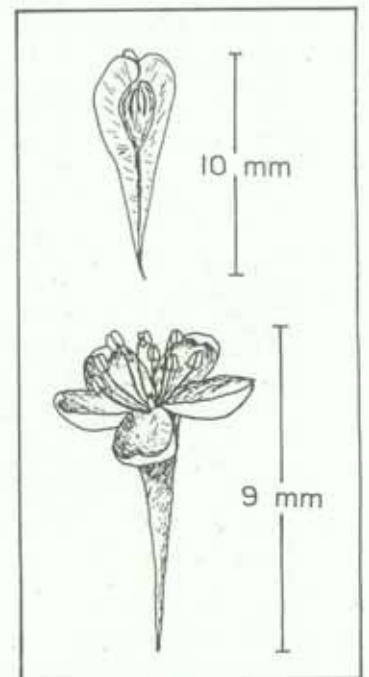
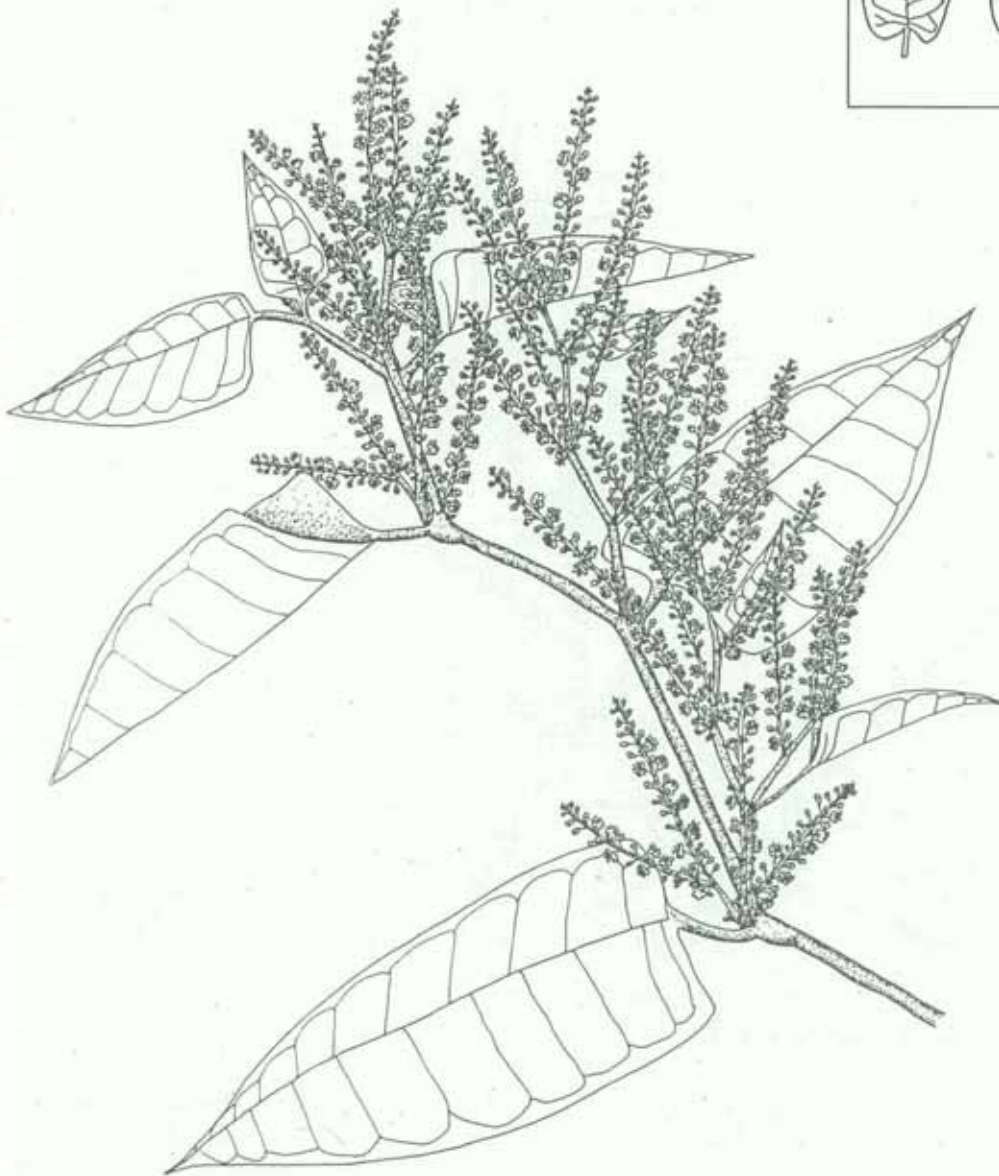


Abb. 45: Staminate Blüte von *Reynoutria sachalinensis*.

Reynoutria sachalinensis, weiblich



Abb. 46: Polykormon von *Reynoutria sachalinensis* (weiblich) an der Wolfach.

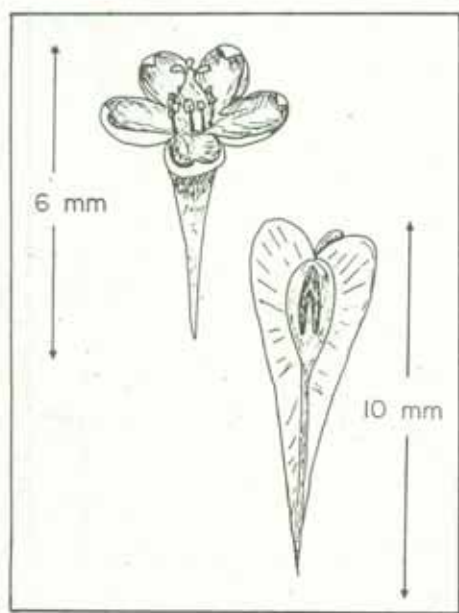
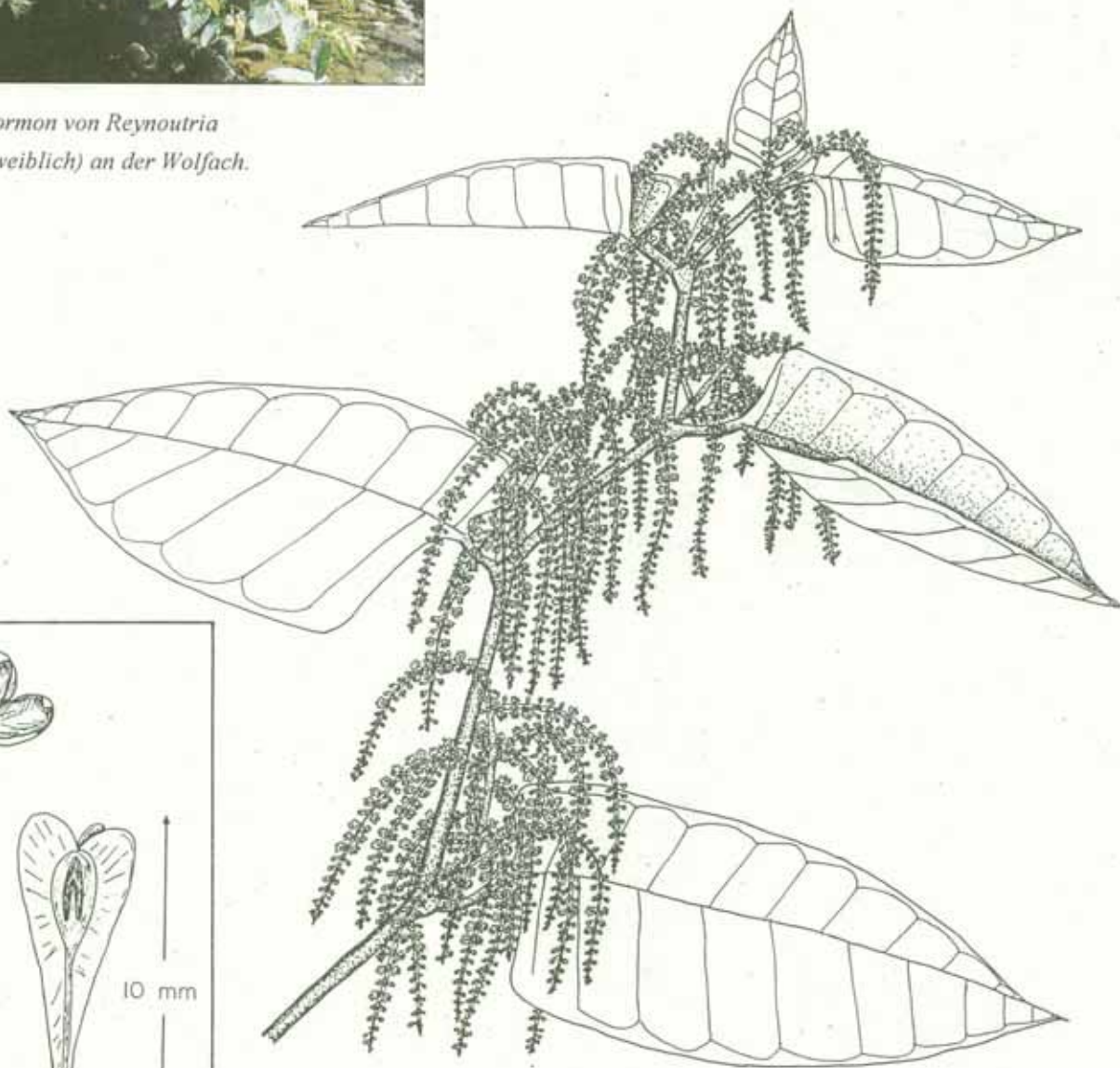


Abb. 47: Karpellate Blüte und Frucht von *Reynoutria sachalinensis*.



Reynoutria x bohemica, männlich**(Reynoutria japonica x R. sachalinensis)**

<i>Sproßlänge:</i>	Bis 4,5 m
<i>Blattgröße:</i>	Max. 25 cm lang und 18 cm breit
<i>Blattgrund:</i>	Gestutzt bis schwach herzförmig
<i>Blattstruktur:</i>	Mäßig weich (zwischen R. japonica u. R. sachalinensis)
<i>Blattbehaarung:</i>	Ca. 0,5 mm lange Trichome
<i>Chromosomenzahl:</i>	2n = 66

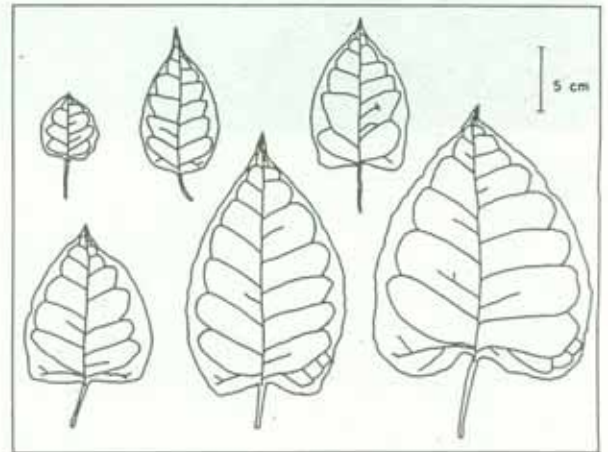


Abb. 48: Blattmorphologie der Hybride *Reynoutria x bohemica*.

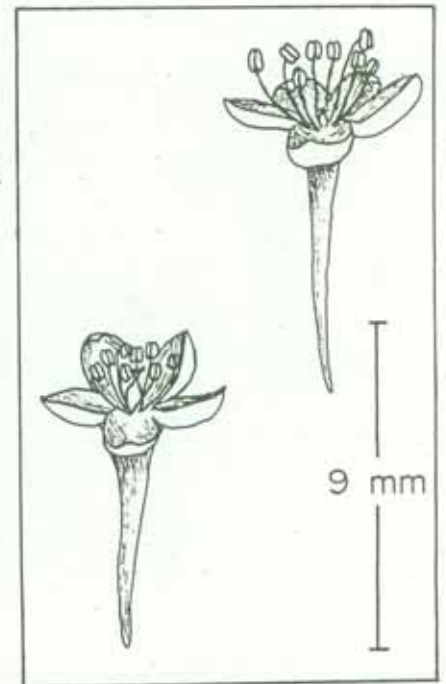


Abb. 49: Stamine (oben) und hermaphrodite Blüte von *R. x bohemica*.

Reynoutria x bohemica, weiblich



Abb. 50: Polykormon von *Reynoutria x bohemica* (hier männliche Blüten!)

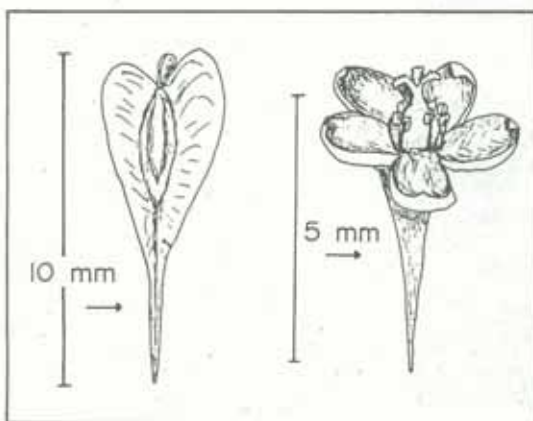
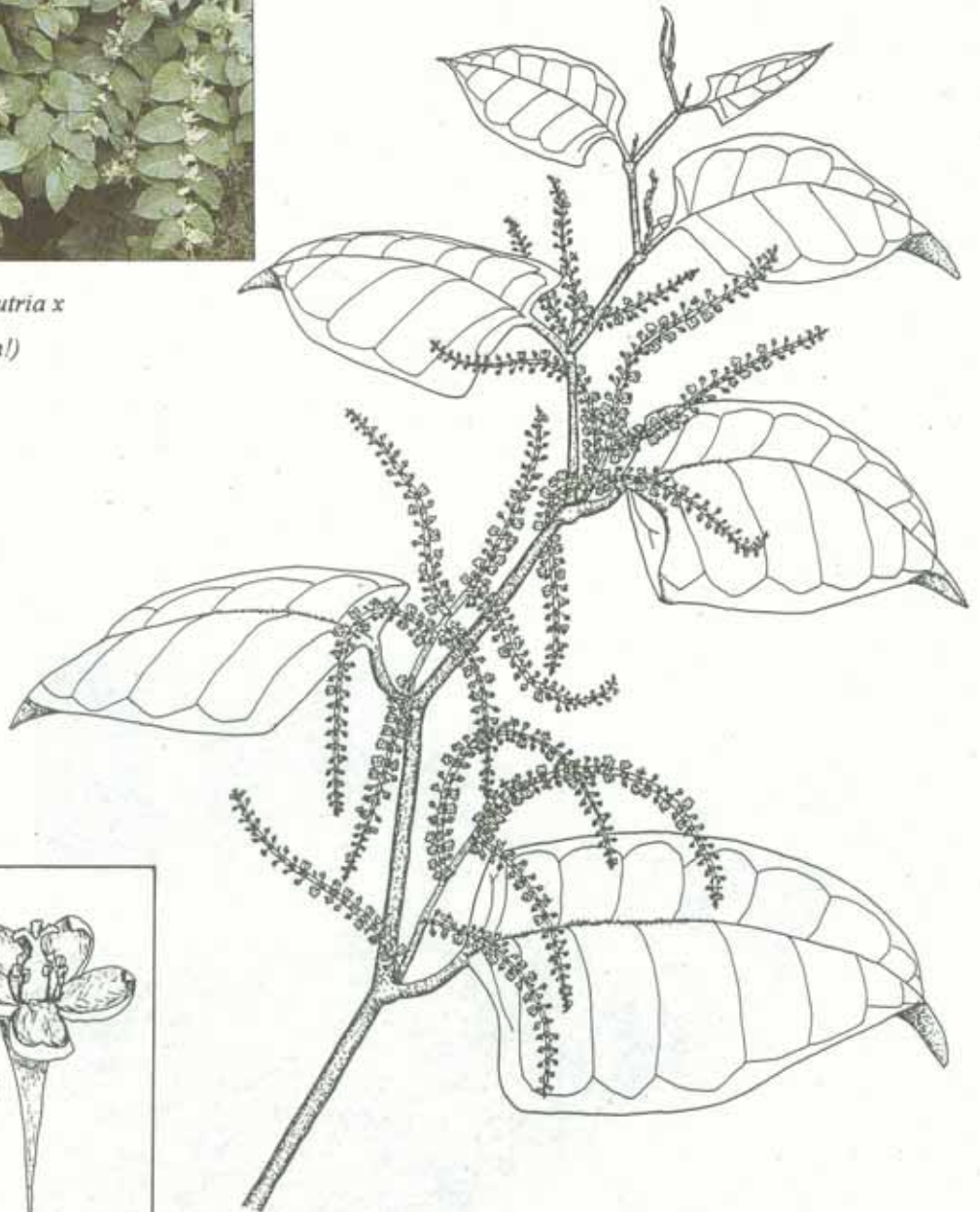


Abb. 51: Karpellate Blüte und Frucht von *Reynoutria x bohemica*.

Reynoutria japonica var. compacta

<i>Sproßlänge:</i>	Max. 180 cm, meist kleiner
<i>Blattgröße:</i>	Max. 11 cm lang und 10 cm breit
<i>Blattgrund:</i>	Gestutzt, abgerundet
<i>Blattstruktur:</i>	Sehr hart, lederartig
<i>Blattbehaarung:</i>	Einzellige Trichome hauptsächlich auf Blattadern

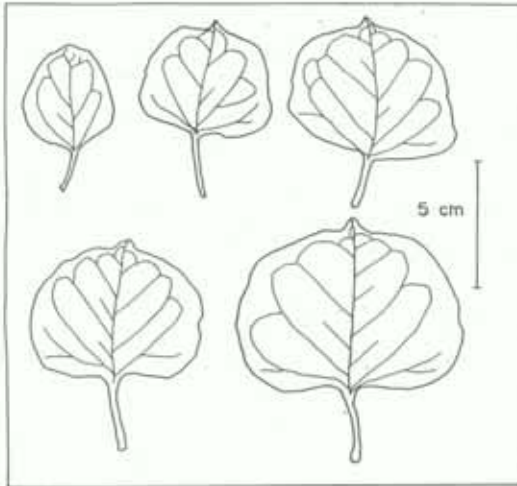


Abb. 52: Blattmorphologie von *R. japonica* var. *compacta*.



Abb. 53: Polykormon von *R. japonica* var. *compacta*.

Polygonum polystachyum

<i>Sproßlänge:</i>	Bis 200 cm
<i>Blattgröße:</i>	Max. 38 cm lang und max. 13 cm breit
<i>Blattgrund:</i>	Gestutzt
<i>Blattstruktur:</i>	Sehr hart, lederartig
<i>Blattbehaarung:</i>	Kurze Trichome auf Blattunterseite

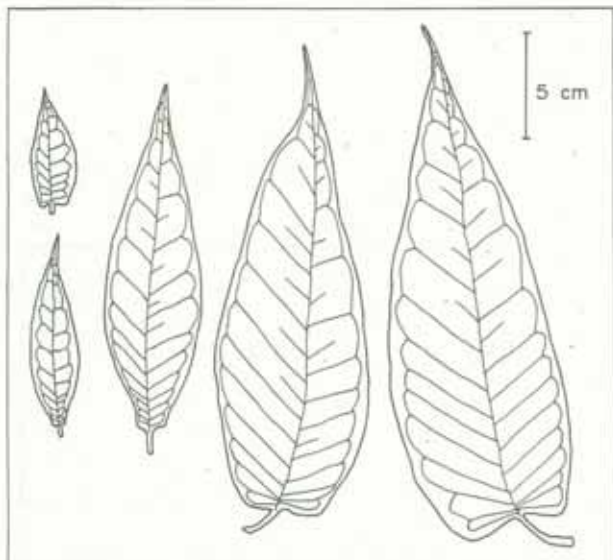


Abb. 54: Blattmorphologie von *Polygonum polystachyum*.



Abb. 55: Polykormon von *Polygonum polystachyum*.

10 Zusammenfassung

Nachdem im Untersuchungsgebiet in der Ortenau (Raum Offenburg/ Schwarzwald) festgestellt wurde, daß sich hier morphologisch unterschiedlich aussehende *Reynoutria*-Typen verbreiten, wurden cytologische Untersuchungen durchgeführt, um zu prüfen, ob sich die Pflanzen in der Anzahl ihrer Chromosomen unterscheiden.

Hierbei wurde herausgefunden, daß neben *Reynoutria japonica* mit $2n = 88$ und *R. sachalinensis* mit $2n = 44$ *Reynoutria x bohémica* mit $2n = 66$ auftritt. Die beiden Knöterich-Arten und die Hybride unterscheiden sich durch morphologische Merkmale, die in der folgenden Übersichtstabelle noch einmal zusammengestellt sind.

Tab. 2: Überblick über die Chromosomenzahlen und die morphologischen Charakteristika der untersuchten *Reynoutria*-Pflanzen in der Ortenau

Merkmal	<i>R. japonica</i>	<i>R. sachalinensis</i>	<i>R. x bohémica</i>	<i>P. compactum</i>	<i>P. polystachyum</i>
Chromosomenzahl	$2n = 88$	$2n = 44$	$2n = 66$	keine Untersuchung	keine Untersuchung
Sproßlänge	3 m	4 m	3,5 m	1,8 m	2 m
Blattgröße	max. 18 cm x 13 cm	max. 43 cm x 27 cm	max. 25 cm x 18 cm	max. 11 cm x 10 cm	max. 38 cm x 13 cm
Blattgrund	gestutzt	herzförmig	gestutzt-herzförmig	gestutzt, abgerundet	herz- od. pfeilförmig
Blattstruktur	ledrig-hart	weich	mittelmäßig	sehr hart	weich
Blattbehaarung	einzellige Trichome	ca. 1 mm lange Trichome	kurze Trichome	einzellige-Trichome	kurze Trichome
Blütenstand, weibl.	gestreckt-locker	bogig überhängend	gestreckt bis bogig	aufrecht	aufrecht
männl.	halb-aufrecht, locker	aufrecht	aufrecht	?	(Blüten hermaphrodit)

11 Untersuchungen zur Blütenbiologie

Wie anfangs bereits erwähnt, sind die *Reynoutria*-Arten zweihäusig. Es treten also Pflanzen mit männlichen und solche mit weiblichen Blüten auf. Bisher ist bekannt, daß es bei *Reynoutria sachalinensis* auch Pflanzen mit hermaphroditen Blüten gibt (CONOLLY 1977, SCHWABE & KRATOCHWIL 1991).

Im September 1994 wurden Untersuchungen zur Blütenbiologie an der Hybride *R. x bohemica* vorgenommen. Auch bei diesen Pflanzen treten unterschiedliche Blüten auf. Weibliche (karpellate) Blüten sind ca. 5 mm lang und haben fünf weibliche Kronblätter. Der dreieckige, grüne Fruchtknoten und die dreilappige Narbe sind vollständig ausgebildet. Die weiblichen Pflanzen haben acht oder neun rudimentäre Antheren, die auf kurzen Filamenten sitzen. Die männlichen (staminate) Blüten sind mit ca. 9 mm größer als die weiblichen. Auch sie weisen fünf Kronblätter und acht Antheren auf. Die Antheren sind kräftig ausgebildet und fußen auf langen Filamenten. Die Staubbeutel ragen über die Blütenhülle hinaus. Fruchtknoten und Narbe sind bei den männlichen Pflanzen rudimentär und haben eine fahl weißliche Farbe. Neben den "rein" weiblichen und "rein" männlichen Blüten treten verschieden aufgebaute hermaphrodite Blüten auf. Es wurden folgende Blütentypen gefunden:

- a) Circa 9 mm große Blüten mit einem großen, grünen Fruchtknoten und gut entwickelter Narbe, großen Antheren auf langen Filamenten;
- b) circa 9 mm lange Blüten mit großem, grünen Fruchtknoten, großen Antheren auf mittellangen Filamenten;
- c) circa 6 mm große Blüten mit großem, grünen Fruchtknoten, mittelgroßen Antheren und kurzen Filamenten;
- d) circa 9 mm große Blüten mit großen Antheren auf langen Filamenten und kleinem, grünen Fruchtknoten und dreilappiger, mittelmäßig entwickelter Narbe.

Neben diesen Blüten treten verschieden aufgebaute, mutierte Blüten auf. Diese Blüten können aus bis zu vier verwachsenen Einzelblüten bestehen. Von der Ausbildung der Antheren und dem Fruchtknoten entsprechen sie einem der oben beschriebenen Blütentypen.



Abb. 56: Verschiedene Blütentypen von *Reynoutria x bohemica*: Rechts weibliche Blüten, links männliche. In der Bildmitte sind unterschiedliche hermaphrodite Blüten zu sehen.

Anhand des Auftretens dieser zahlreichen unterschiedlich aufgebauten Blüten läßt sich die evolutive Entwicklung der Blüten nachvollziehen. Im Verlauf der Evolution wurden eher Pflanzenorgane zurückgebildet, als daß neue angelegt wurden. Da in männlichen Blüten große Antheren auf langen Filamenten und in weiblichen Blüten ein großer, grüner Fruchtknoten mit weiblicher, dreilappiger Narbe vorhanden ist, ist als "Urblüte", von der die Entwicklung zu weiblichen oder männlichen Blüten ausgegangen ist, sehr wahrscheinlich eine zwittrige Blüte mit langen Filamenten, großen Antheren und großem, grünen Fruchtknoten vorhanden gewesen. Verwandte Arten wie *Polygonum polystachyum* oder *Polygonum baldschuanica* weisen beispielsweise derartige hermaphrodite Blütenformen auf.

Eine Blüte, die der Urblüte entsprechen haben dürfte, wurde an einer *R. x bohemica*-Pflanze mit aufrechten Blütenständen gefunden. Von dieser Urblüte haben sich aller Wahrscheinlichkeit nach bei der Entwicklung zu den weiblichen Blüten die Filamente und die Antheren zurückgebildet. Bei der Entwicklung zu den männlichen Blüten haben sich Fruchtknoten und Narbe zurückgebil-

det. Abbildung 56 zeigt, wie die evolutive Blütenentwicklung bei dem Stauden-Knöterich abgelaufen sein könnte. Die dargestellten Blüten wurden alle an ein- und derselben Pflanze gefunden (vgl. ALBERTERNST et al. 1995b).

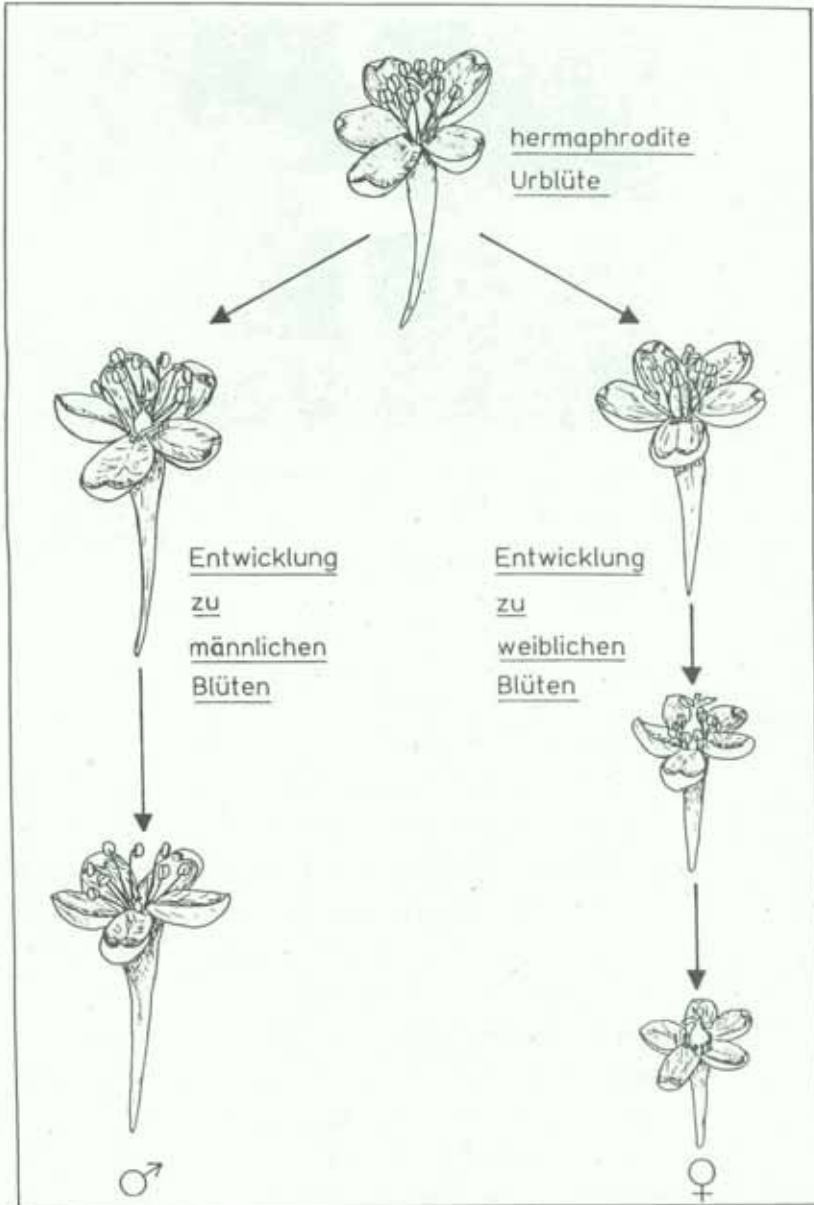


Abb. 57: Schematische Darstellung der Blütenentwicklung von hermaphroditen Blüten zu eingeschlechtlichen Blüten bei Hybriden des Typs *R. x bohemica*.

12 Keimungsversuche

In der Literatur finden sich bisher nur wenige Hinweise auf eine generative Vermehrung des Japan-Knöterichs in Europa. SCHWABE & KRATOCHWIL (1991)

und ADLER (1991) berichten von einigen *Reynoutria*-Sämlingen an der Wolfach im Schwarzwald. Über die Sämlingsetablierung ist bislang wenig bekannt.

Bei morphologischen Untersuchungen an Knöterich-Pflanzen im Uferbereich der Wolfach, konnte festgestellt werden, daß die Variabilität im Blatt- und Blütenaussehen groß ist. Diese Unterschiede können einerseits auf verschiedene Standortbedingungen und andererseits auf genetische Variabilität zurückzuführen sein. Da *R. x bohemica*-Hybriden mit unterschiedlicher Morphologie an manchen Orten dicht nebeneinander vorkommen, liegt der Schluß nahe, daß die Unterschiede im Habitus auf genetische Ursachen zurückzuführen sind. Diese wiederum könnten daher rühren, daß bereits Hybriden unterschiedlicher Herkunft aus dem Heimatland eingeführt wurden oder daß die Pflanzen aus Artkreuzungen zwischen Japan- und Sachalin-Knöterich im Untersuchungsgebiet entstanden sind.

Im August 1993 begannen die *Reynoutria*-Arten an der Wolfach zu blühen und produzierten im Herbst große Mengen an Früchten. An einem einzigen mittelgroßen Fruchtstand von *R. japonica* wurden beispielsweise 700 Samen gezählt. Die Anzahl der pro Pflanze gebildeten Samen war in den Jahren 1993 und 1994 sehr groß. Anhand von Ansaatversuchen im Jahr 1994 sollte überprüft werden, ob die Samen in der Lage sind zu keimen und welchem Knöterich-Typ die Sämlinge zuzuordnen sind.

Im Herbst 1993 wurden daher Früchte verschiedener *Reynoutria*-Pflanzen an der Wolfach gesammelt und es wurde die Art der Mutterpflanze notiert. Die Samen wurden den Winter über kühl und trocken aufbewahrt und am 13.5.94 sowie am 11.6.95 in Pflanschalen ausgelegt. Nach Versuchen von BAILEY (1994) in England sind *Reynoutria*-Samen bereits nach der Aus-

reife im selben Jahr keimfähig. Eine Stratifikation ist nicht erforderlich. Als Bodensubstrat für die Keimungsversuche wurde feiner, nicht sterilisierter Flußsand verwendet, der in flache Pflanzschalen gefüllt wurde. Das Saatgut stammte von:

- a) weiblichem Japan-Knöterich, der direkt neben *Reynoutria sachalinensis* gewachsen ist,
- b) weiblichem Japan-Knöterich, der neben einem Bestand von *Polygonum baldschuanica* in einem Hausgarten stand und
- c) weiblichem Sachalin-Knöterich, der direkt neben männlichen Pflanzen derselben Art wuchs.

Die ersten Keimlinge erschienen 13 Tage nach der Ansaat. Sie besitzen zwei ca. 0,7 cm lange und etwa 2 mm breite, grüne Keimblättchen.



Abb. 58: Fruchtstand von *Reynoutria japonica* von der Wolfach im Herbst 1993.

Im weiteren Wachstumsverlauf bildeten sich je nach Biotyp meist dunkelrot gefärbte erste Laubblätter aus. Die Keimungsrate lag 40 Tage nach der Ansaat zwischen drei und zehn Prozent. Vergleicht man diese Werte mit denen von BAILEY (1994), der Keimungsraten bis zu 100 % erreichte, so sind die Keimungsraten hier sehr niedrig. Bei diesen Versuchen wurden Pflanzschalen ohne Abdeckung verwendet, um verhältnismäßig naturnahe Bedingungen zu haben. Eine mögliche Ursache dafür, daß die Keimungsrate bei diesen Versuchen im Vergleich zu denen von BAILEY (1994) so gering war, könnte in

den unterschiedlichen Versuchsbedingungen zu finden sein.

Die Sämlinge wurden pikiert und in Plastiktöpfen, die mit Blumenerde gefüllt wurden, weiterkultiviert. Im Oktober hatte ein Großteil der Sämlinge eine Sproßlänge von 50 cm erreicht. Die Sämlinge wurden auf ihre Blattform und -größe sowie ihre Blattbehaarung untersucht. Anhand dieser morphologischen Bestimmungen handelt es sich sehr wahrscheinlich (es wurden keine Chromosomenzählungen vorgenommen) bei den Keimlingen von *R. japonica*, die neben *R. sachalinensis* gewachsen ist, um *R. x bohemica*-Hybriden. Bei Sämlingen von weiblicher *R. sachalinensis*, die neben männlichen Pflanzen derselben Art wuchsen, zeigen die Sämlinge die für den Sachalin-Knöterich typische Blattform und Blattbehaarung.



Abb. 59: Acht Wochen alter Sämling einer weiblichen *R. sachalinensis*-Pflanze. Aufgrund morphologischer Merkmale wie Blattbehaarung und Blattform handelt es sich bei dem Keimling sehr wahrscheinlich um "echten" Sachalin-Knöterich.

Aus einigen Samen einer weiblichen Japan-Knöterich-Pflanze, die neben *P. baldschuanica* gewachsen ist, entwickelten sich Sämlinge mit sehr viel schmalere Blättchen, als die, die an *R. x bohemica* und *R. sachalinensis*-Keimlingen gefunden wurden. Die Pflanzen sind im Vergleich zu den anderen kleiner und zarter. Vermutlich handelt es sich hier um eine Kreuzung zwischen *R. japonica* und *P. baldschuanica*. Derartige Hybriden wurden bereits von BAILEY (1988) aus England

beschrieben. Seine Beschreibung stimmt mit den hier gefundenen Pflanzen überein.



Abb. 60: Im Gewächshaus angezogene *Reynoutria*-Sämlinge im Juli 1994. Links: *Reynoutria sachalinensis*, rechts: *R. x bohemica*. In der Mitte Sämling einer Japan-Knöterich-Pflanze, die in direkter Nachbarschaft zu *Polygonum baldschuanica* gewachsen ist. Die Blattmorphologie deutet darauf hin, daß diese Pflanze eine Hybride zwischen *R. japonica* und *Polygonum baldschuanica* ist (vgl. BAILEY 1988).



Abb. 61: *Reynoutria*-Sämling in einem Waldstück an der Wolfach im August 1994.

12.1 Diskussion

Angesichts des großen Fruchtansatzes von *Reynoutria*-Pflanzen stellt sich die Frage nach der generativen Vermehrung des Knöterichs. *Reynoutria sachalinensis* und *R. japonica*, von denen beide Geschlechter im Untersuchungsgebiet vorkommen, sind - wie die Keimungsversuche zeigen - potentiell in der Lage, fertile Samen auszubilden. Unter kontrollierten Bedingungen im Gewächshaus wachsen aus den Samen neue *Reynoutria*-Pflanzen heran. Bisher ist wenig darüber bekannt, wie sich der Knöterich diesbezüglich im Freiland verhält. Im August 1994 wurden an der Wolfach bei Bad Rippoldsau zahlreiche *Reynoutria*-Sämlinge beobachtet. Die Pflanzen wuchsen entlang eines Schotterweges in einem kleinen Waldstück hauptsächlich dort, wo sie keine Konkurrenz durch andere Arten hatten. Im August 1995 - an gleicher Stelle wurden wieder zahlreiche Sämlinge desselben Jahres gefunden - zeigte sich, daß ein Sämling des Jahres 1994 den Winter an einer relativ geschützten Stelle überlebt hatte und wieder ausgetrieben war. Diese Beobachtung macht deutlich, daß eine generative Vermehrung unter bestimmten Bedingungen auch in der Ortenau möglich ist. Die generative Vermehrung dürfte für die Massenausbreitung des Knöterichs allerdings nur eine untergeordnete Rolle spielen. Eine Bedeutung könnte ihr aber dadurch zukommen, daß bei den Hybridisierungen Pflanzen entstehen könnten, deren Eigenschaften und Konkurrenzverhalten anders ist als das der Elternarten und die unterschiedlich auf Kontrollmaßnahmen reagieren könnten.



Abb. 62: Einjähriger Sämling von *Reynoutria x bohemica* im Freiland, Wolfach bei Bad Rippoldsau, 1995.

13 Mahd- und Verbißversuche

Das mancherorts massive Auftreten der Reynoutria-Arten kann in einigen dieser Gebiete zu derart großen Problemen führen (s. Kap. 1), daß eine Kontrolle des Knöterichs notwendig wird. Prinzipiell bestehen folgende Möglichkeiten, vorhandene Knöterich-Polykormone in ihrem Wuchs zu kontrollieren bzw. zu bekämpfen:

- a) mechanische Bekämpfung,
- b) chemische Bekämpfung,
- c) Kontrolle mit Hilfe natürlicher Gegenspieler,
- d) Einflußnahme über den Standort.

13.1 Mechanische Bekämpfung

Unter "mechanischer Bekämpfung" des Knöterichs werden all diejenigen Maßnahmen verstanden, bei denen Teile der Pflanzen entfernt werden. Hierzu gehören Maßnahmen wie die Mahd der oberirdischen Triebe, Beweidung z.B. durch Schafe oder Rinder, das Ausgraben von Rhizomen oder das häufige Herausziehen der Sprosse von Hand. Die beiden letztgenannten Verfahren sind sehr arbeits- und zeitaufwendig und können nur auf kleinen Flächen durchgeführt werden. Verbleiben beim Ausgraben der Rhizome auch nur geringe Teile der Verankerungsorgane mit vitalen Knospen im Boden, ist der Grundstein für die Bildung eines neuen Polykormons bereits gelegt.

13.2 Chemische Bekämpfung

Neben der Möglichkeit, die Pflanzen durch Abschlagen etc. im Wachstum zu kontrollieren, lassen sich die Knöterich-Pflanzen auch chemisch mit Hilfe von Herbiziden bekämpfen. Da die Reynoutria-Arten aber überwiegend direkt an Gewässeruferrn vorkommen, ist die Auswahl an einsetzbaren Herbiziden eingeschränkt. Nach Angaben der WELSH DEVELOPMENT AGENCY (1991) sind Mittel, die die Wirkstoffe Glyphosat oder 2,4-D enthalten, die erfolgversprechendsten. Problematisch beim Einsatz dieser Mittel ist, daß jegliche Vegeta-

tion, die mit Glyphosat in Berührung kommt, abstirbt. 2,4-D-haltige Mittel schonen Gräser; die übrigen Dikotyledonen (Zweikeimblättrige) auf der behandelten Fläche jedoch werden durch die Verbindung getötet. Glyphosat ist giftig für Algen, Fische und Fischnährtiere und darf in Deutschland, ähnlich wie 2,4-D-haltige Präparate, nicht auf Flächen ausgebracht werden, von denen die Gefahr einer Abschwemmung in Gewässer ausgeht.

13.3 Biologische Bekämpfung

Unter biologischer Bekämpfung mit Hilfe natürlicher Gegenspieler werden Maßnahmen verstanden, bei denen pflanzliche oder tierische Organismen eingesetzt werden, um die Knöterichbestände zu dezimieren. Natürliche Gegenspieler können verschiedene Organismen sein. SCHWABE & KRATOCHWIL (1991) berichten z.B. von Schmetterlingsraupen aus der Familie der Wurzelbohrer, die die Reynoutria-Rhizome in Japan befallen. Dieses Insekt ist dort so häufig, daß Angler die Rhizome ausgraben, um die Larven als Köder zum Fischen zu erhalten. Natürliche Gegenspieler können aber auch Organismen wie z.B. Pilze sein, die auf den Reynoutria-Pflanzen parasitieren und diese schwächen oder zum Absterben bringen. Forschungen hierzu werden derzeit am Institut für Pflanzenschutz der Universität Hohenheim durchgeführt (DIAZ BUSCHMANN & HURLE 1995). Natürliche Gegenspieler einer Art können entweder aus dem Heimatland eingeführt, oder aber in der neuen Heimat gesucht und gezielt ausgebracht werden.

Die Einführung natürlicher Gegenspieler aus dem Heimatland ist jedoch mit einigen Risiken verbunden. Vor der Einführung eines solchen Organismus sind viele Untersuchungen und Absicherungen notwendig, um sicherzustellen, daß dieser Gegenspieler keinen Schaden im neuen Ökosystem anrichtet.

13.4 Einflußnahme über den Standort

Die Reynoutria-Arten zeigen bei voller Besonnung die größten Wachstumsraten - eine gute Wasser- und Nährstoffversorgung vorausgesetzt. Vertreter der Gattung *Reynoutria* kommen zwar auch im Wald, bei ent-

sprechend großer Beschattung vor, wachsen hier aber deutlich schütterer.



Abb. 63: Schütterer Bestand von *Reynoutria japonica* im Wald bei Stuttgart-Vaihingen im Juli 1995.

LOHMEYER (1969/ 1971) nahm daher an, daß die Errichtung eines Galeriewaldes die *Reynoutria*-Bestände schwächen oder verdrängen könnte. In diesem Zusammenhang wurde von SEIGER & MERCHANT (1991) ein Pflanzversuch mit Rhizomstücken durchgeführt. Die Rhizome wurden teils im Wald und teils an offenen Flußufern ausgebracht. Die Überlebensrate der im Wald gepflanzten Polygonaceen war mit 24 % im zweiten Jahr nach der Pflanzung deutlich geringer als die der Pflanzen auf den besonnten Uferstandorten. Nahrungs- und Lichtkonkurrenz wirken sich also negativ auf das Knöterichwachstum aus. Eine Kombination aus Beschattungs- und Nahrungskonkurrenz z.B. durch Weidenspreitlagen an Uferbefestigungen kann den Knöterich in seinem Wuchs bremsen, wie Untersuchungen der LfU (1994) und von WALSER (1995) zeigen.

Möchte man aus ökologischen oder anderweitigen Gründen auf eine chemische Bekämpfung verzichten, erscheinen Mahd oder Beweidung als die erfolgversprechendsten Methoden, dem Knöterich in seinem Wachstum Einhalt zu gebieten. Die Kontrolle des Stauden-Knöterichs durch diese mechanischen Methoden ist jedoch arbeits- und zeitaufwendig. Bei einem Mahd-Versuch von BAKER (1988) im Ely Valley in Großbritannien wurde beispielsweise *Reynoutria japonica* innerhalb von 2 Jahren bei annähernd 14-täglicher Mahd während der Wachstumszeit verdrängt. CHILD et al. (1992) empfehlen zur Kontrolle des Japan-Knöterichs eine zweimalige Mahd pro Jahr. Nach ihren Angaben sollte die erste Mahd im Frühjahr (Mai-Juni) und die zweite im Spätsommer (September), bevor die Pflanzen oberirdisch absterben, stattfinden. Die Mahd sollte über mehrere Jahre hinweg durchgeführt werden, solange, bis keine neuen Sprosse mehr erscheinen. SCHULDES & KÜBLER (1990) raten zu einer mindestens vier- bis fünfmaligen Mahd pro Jahr über mehrere Jahre hinweg, um den Knöterich erfolgreich zu verdrängen. Eine geringere Mahdfrequenz führt nach ihren Angaben bestenfalls zu einer Stagnation des Flächenzuwachses. Nach Untersuchungen des Amtes für Wasserwirtschaft und Bodenschutz Offenburg (LfU, 1994) ist eine drei- bis viermalige Mahd pro Jahr für die Kontrolle noch nicht ausreichend. Nach diesen Erkenntnissen ist es wichtig, die Wuchshöhe des Knöterichs bei der Festlegung des Mahdtermins zu beachten. Setzt man beispielsweise die Mindesthöhe der Sprosse bei 40 cm fest, kann die Mahdhäufigkeit im ersten Behandlungsjahr bei bis zu acht Mal liegen. Die Mahd sollte über mehrere Jahre hinweg erfolgen.

Die Kontrolle des Knöterichs durch Beweidung findet in der Literatur wesentlich weniger Beachtung als die durch Mahd. Möglicherweise hängt dieses auch mit dem größeren organisatorischen Aufwand z.B. durch Beschaffung und Haltung der Tiere zusammen. Nach Angaben von PALMER (1990) wurde auf einigen Weiden, in die *Reynoutria* eingewandert ist, deren Kontrolle durch die Weidetiere bewirkt. Beweidung wurde von ihm zwar nicht gezielt als Kontrollmethode angewendet, doch zeigte sich, daß das Abweiden stark mit Knöterich durchsetzter Weideflächen während der Hauptwachs-

tumszeit (Mai bis Juli) zur Verbreitungsminderung beiträgt.

Nach BEERLING (1991) werden die jungen *R. japonica*-Triebe von Schafen und Rindern gefressen, wodurch das Aufwachsen des Knöterichs verhindert wird. Da Schafe und Ziegen die jungen Sprosse des Knöterichs bevorzugen (EMERY 1983), sollten ältere Triebe auf der Weidefläche abgemäht werden, um sicherzustellen, daß junge Sprosse als Futter zur Verfügung stehen. Die Mahd verhindert außerdem, daß die Sprosse so hoch werden, daß die Tiere sie nicht mehr vollständig erreichen können. Bei intensiver Beweidung kann dann nach einiger Zeit vermutlich auf die Nachmahd verzichtet werden.

Bei Beweidungsversuchen mit Heidschnucken machte man auf einer stark mit *Reynoutria* bewachsenen Fläche positive Erfahrungen. Die Tiere fraßen den Knöterich in kurzer Zeit kahl (LfU 1994).

13.5 Wirkungen von Mahd und Beweidung auf die Vegetation

Mahd und Beweidung wirken in unterschiedlichem Maße auf die Vegetation der behandelten Fläche ein. Die Mahd führt zum schlagartigen Verlust der Sprosse und des Blattapparates, so daß die Assimilation (Stoffaufbau durch Photosynthese) fast vollständig unterbunden wird. Von dieser Maßnahme sind fast alle Pflanzen gleichermaßen betroffen mit Ausnahme der Rosettenpflanzen, die dem Boden so flach anliegen, daß sie vom Mähwerk nicht erfaßt werden. Die Rosettenpflanzen werden durch die Mahd in ihrem Wachstum sogar gefördert (erhöhter Lichtgenuß nach der Maßnahme etc.).

Bei der Beweidung einer Fläche erfolgt die Entblätterung der Pflanzen nicht gleichzeitig. Die Sprosse verschiedener Pflanzen werden i.d.R. nicht gleich stark von den Tieren verbissen, und die Assimilation wird normalerweise nicht vollständig unterbunden. Bei der Beweidung tritt eine Selektion der Pflanzen auf. Diese ist abhängig von verschiedenen Faktoren, wie der Tierart, dem Alter der Pflanzen, der Pflanzenart, der Schmackhaftigkeit und der Seltenheit der Futterpflanzen. Treibt man die Tiere frühzeitig auf eine andere Fläche um, kann der

Selektion entgegengewirkt werden (KLAPP 1965; VOIGTLÄNDER & JAKOB 1987).

Bei der Beweidung hat der Tritt der Tiere Einfluß auf die Vegetationszusammensetzung und den Boden. Während einige Arten sehr empfindlich auf das Zertreten reagieren wie beispielsweise der Wiesen- oder der Wald-Storchenschnabel (*Geranium pratense* bzw. *G. sylvaticum*) sind andere diesbezüglich toleranter (z.B. Wegegrich-Arten) und regenerieren sich schnell wieder. Auch der Tritt kann also einen Einfluß auf die Zusammensetzung der Pflanzengesellschaften auf der Weide ausüben. Die Trittwirkung ihrerseits ist abhängig von der Intensität der Beweidung und den Bodenverhältnissen. Auf leichten Böden kann eine Überbeweidung beispielsweise offene Sandflächen zur Folge haben.

Auch die Exkremate der Tiere können Einfluß auf die Vegetation der beweideten Fläche haben. Mit den Exkrementen werden Nährstoffe zugeführt, die das Wachstum einiger Pflanzenarten auf der beweideten Fläche besonders fördern können. Rhizomgeophyten wie z.B. der Stumpfbältrige Ampfer (*Rumex obtusifolius*) werden durch Nährstoffzufuhr im Wachstum gefördert (DIETL 1982).

Die Unterschiede zwischen Mahd- und Weidewirkung verringern sich mit steigender Nutzungshäufigkeit (KLAPP 1971). Die Frequenz der Nutzung übt also einen entscheidenden Einfluß auf die Zusammensetzung des Grünlandes aus.

13.6 Versuchsansatz für die Mahd und Verbißversuche

Nachdem bei Beweidungsversuchen des ehemaligen Amts für Wasserwirtschaft und Bodenschutz in Offenburg (vgl. LfU 1994) beobachtet worden war, daß der Stauden-Knöterich von Heidschnucken sehr gerne verzehrt wird, sollte mit einer Versuchsreihe unter kontrollierten Bedingungen festgestellt werden, wie groß die Schwächung von *Reynoutria*-Versuchspflanzen durch Verbiß im Vergleich zur Mahd ist. Anhand von Topf- und Parzellenversuchen bei denen gepflanztes Rhizommaterial verwendet wurde, sollte die Reaktion des Stau-

den-Knöterichs auf Mahd und Verbiß beobachtet werden. Die "Mahd" wurde durch regelmäßiges Schneiden der Pflanzen mit Hilfe einer Schere, der "Verbiß" durch Abknipsen der Blätter von Hand nachgeahmt. Der Einfluß durch Tritt, Exkrememente und Selektion blieb bei der Variante "Verbiß" unberücksichtigt. Mit Hilfe der Versuche sollte folgenden Fragen nachgegangen werden:

- Wie reagiert *Reynoutria* in ihrem Wuchsverhalten auf Mahd und Verbiß?
- Welche Schwächung erfährt sie durch eine der durchgeführten Maßnahmen?
- Reagieren die beiden untersuchten *Reynoutria*-Typen (*R. japonica* und *R. x bohemica*) unterschiedlich auf die Behandlungen?

13.7 Versuchsaufbau

Die Mahd- und Verbißversuche wurden als Topf- und Parzellenversuche an zwei Standorten in Hohenheim und in Offenburg angelegt. Für diese Versuchsreihe wurden Kunststofftöpfe mit einem Durchmesser von 50 cm verwendet. Als Bodensubstrat diente eine Mischung aus 50 % Rheinsand und 50 % des Kultursubstrats "Culti-Fibre-MT plus". Um Schäden durch Hitze und Kälte im Wurzelbereich zu vermeiden, wurden die Töpfe bis unter den Rand in den Boden eingegraben. Untersucht wurden zwölf Pflanzen pro Variante, von denen jeweils zwei in einem Topf wuchsen.

Tab. 3: Versuchsaufbau der Mahd- und Verbißversuche

Standort	Hohenheim	Offenburg	Offenburg
	Topfversuch	Topfversuch	Parzellenversuch
<i>Reynoutria</i> -Typ	<i>R. x bohemica</i> (ab 1993)	<i>R. x bohemica</i> (ab 1994)	<i>R. x bohemica</i> u. <i>R. japonica</i> (ab 1993/ 1994)
Substrat/ Boden	Töpfe 50 cm, eingegraben 50 % Rheinsand + 50 % Kultursubstrat		1 m ² große Parzellen; gewachsener Boden
Wiederholungen	6 Töpfe mit je 2 Pflanzen		8 Parzellen mit je 2 Pflanzen

Die Parzellenversuche wurden auf einer Fläche im Überschwemmungsbereich der Kinzig bei Offenburg eingerichtet. Die Fläche lag auf einer leichten Anhöhe ca. 30 m vom Kinzigufer entfernt in relativ überschwemmungssicherer Lage. Auf der Fläche selbst konnte kein Knöterichvorkommen festgestellt werden, obwohl auf den naheliegenden Wiesen ausgedehnte Bestände vorhanden sind. Die Parzellen, die eine Größe von 1 m x 1 m haben, wurden vor dem ersten Frost im Herbst 1992 gefräst. Die Grasnarbe an den Parzellenrändern wurde mit dem Spaten abgestochen. Bei den Parzellenversuchen wurden, im Gegensatz zu den Topfversuchen, acht Parallelen pro Variante vorgesehen. Aufgrund der weniger gut kontrollierbaren Bedingungen (möglicherweise Auftreten von Fraßschäden usw.) können Ausfälle durch die höhere Zahl von Wiederholungen kompensiert werden. Die Bodenart auf der Versuchsfläche ist lehmiger Sand.

Hintergrund für die Aufspaltung der Untersuchung in Topf- und Parzellenversuche war, daß die Verwendung von Töpfen die Möglichkeit bietet, homogene Bodenbedingungen zu schaffen und die Konkurrenz durch andere Pflanzen weitestgehend auszuschließen. Im Gegensatz hierzu entspricht die Pflanzung in den gewachsenen Böden des Kinzig-Vorlandes annähernd den natürlichen Bedingungen, denen die Rhizome bei der natürlichen Anlandung ausgesetzt sind.

Die Bepflanzung der Versuchseinheiten erfolgte im April 1993. Verwendet wurden Rhizome, die an der Kinzig bei Offenburg und an der Rench bei Oberkirch ausgegraben wurden. Das Rhizommaterial wurde so gut wie möglich gewaschen, von totem Material der Vorjahre befreit und in ca. 10 cm lange und 0,8 bis 1,5 cm dicke Stücke geschnitten. Jedes Rhizom wurde gewogen, um zu gewährleisten, daß das Frischgewicht der einzelnen Rhizomfrag-

mente in etwa gleich groß war. Das Frischgewicht lag bei durchschnittlich 27 g.

13.8 Parameter des Wachstumverlaufs

Im Verlauf der Vegetationsperiode wurden pro Pflanze folgende Parameter des Wachstumverlaufes aufgenommen:

- Blattanzahl und Deckungsgrad,
- Sproßdurchmesser,
- Gesamtsproßlänge,
- Trockengewicht der oberirdischen Biomasse.

13.9 Zeitpunkt der Behandlung

Die Behandlungen sollten zu einem Zeitpunkt stattfinden, an dem sich die Pflanzen vom Pflanzstreß erholt hatten und sich mitten im stärksten Wachstum befanden. Als weiteres mußte bedacht werden, daß genügend Biomasse für eine sich lohnende Beweidung oder Mahd vorhanden war. Die Behandlung "Mahd" erfolgte als Schnitt knapp über dem Boden.

Tab. 4: Zeitlicher Verlauf der Behandlungsmaßnahmen bei den Mähd- und Verbißversuchen von 1993 bis 1995.

Standort	Behandlungsjahr	Pflanzung	1. Ernte	2. Ernte	Versuchsabschluß
Töpfe Hohenheim	1993	16.4.	17.6.	29.7.	20.9.
	1994		21.5.	1.8.	26.9.
	1995		19.5.	25.7.	11.9.
Töpfe Offenburg	1993	14.4.	9.6.	4.8.	22.9.
	1994	10.4.	29.6.	14.9.	7.10.
	1995		13.6.	8.8.	
Parzellen Offenburg <i>R. japonica</i>	1993	8./26.4.	11.8.	-	30.9.
	1994	10.4.	29.6.	14.9.	7.10.
	1995		13.6.	8.8.	
Parzellen Offenburg <i>R. x bohemica</i>	1993	8./26.4.	15.7.	-	26.8.
	1994	10.4.	29.6.	14.9.	7.10.
	1995		13.6.	8.8.	

Bei der Behandlung "Verbiß" wurden sämtliche Blätter mit circa einem Drittel des Blattstiels sowie die Sproßspitzen entfernt, wie es dem bei Heidschnucken beobachteten Fraßbild entspricht. Bei jeder Ernte wurde das Trockengewicht von Stengeln und Blättern erfaßt.

13.10 Ergebnisse

13.10.1 Topfversuche Hohenheim

13.10.1.1 Längenwachstum des Sproßsystems

Zur Ermittlung des Längenwachstums wurden in regelmäßigen Abständen die Länge aller ausgetriebenen Sprosse und der Seitenzweige gemessen. Die Meßwerte wurden aufsummiert und ergeben den Wert für die Gesamtsproßlänge der Pflanzen. Die Kontroll-Pflanzen der Topfversuche in Hohenheim im Jahr 1993 zeigten eine typisch sigmoide Wachstumskurve. Nach anfänglich schwachem Wuchs setzte die Hauptwachstumsphase ein, die im Verlauf der Vegetationszeit allmählich in eine Stagnation überging. Die durch Mahd und Verbiß behandelten Pflanzen zeigten dagegen keine Abnahme des Längenwachstums. Durch die vorgenommenen Maßnahmen wurden die Pflanzen angeregt, neue Sprosse oder Seitenäste auszubilden und sich dadurch zu regenerieren. Nach Addition der gesamten, in einer Vegetationsperiode gebildeten Sproßlängen, hatten am Ende des

Jahres 1993 die Pflanzen der Variante "Mahd" das kleinste und die der Kontrolle das größte Sproßsystem ausgebildet. Die gemähten Pflanzen regenerierten sich nach jeder Behandlung aus den Reserven des Rhizomsystems. Ihnen blieb nach jeder Behandlung nur verhältnismäßig wenig Zeit, um die ver-

brauchten Reservestoffe in ihren Rhizomen wieder auf-

zufüllen. Der Behandlungseinfluß des Jahres 1993 machte sich bereits beim Sproßaustrieb im Frühjahr 1994 bemerkbar. Ende Mai hatte der Knöterich der Variante "Mahd" erst ein Drittel der Gesamtsproßlänge der Kontrolle erreicht. Die Pflanzen der Variante "Verbiß" erreichten vor der ersten Behandlung etwa zwei Drittel der Gesamtsproßlänge der Kontrolle. Ende Mai 1994 fand die erste Behandlung mit Mahd und Verbiß bei den Hybrid-Pflanzen der Topfversuche Hohenheim statt. Auf diese Maßnahme reagierten die "verbissenen" Pflanzen, wie auch im vergangenen Jahr, durch einen gesteigerten Längenwuchs. Aus den Vegetationspunkten des Sprosses trieben zahlreiche dünne und kurze Seitenäste aus, an denen sich kleine Blätter bildeten. Auch nach der zweiten Behandlung im August entwickelten sich erneut Seitenäste. Zu Versuchsende hatten die Knöterich-Pflanzen dieser Variante, wie auch 1993, ein deutlich größeres Sproßsystem entwickelt als die Kontrolle.

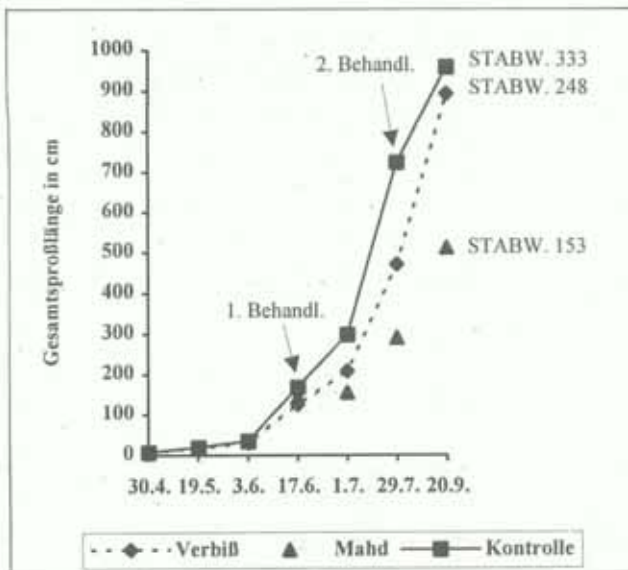


Abb. 64: Gesamtsproßlänge von *Reynoutria x bohemica*, Topfversuch Hohenheim 1993.

Nach der Mahd der Hybriden trieben zahlreiche neue Sprosse aus dem Rhizom und den Basalknospen der abgeschnittenen Triebe aus. Die in der gesamten Vegetationszeit 1994 entwickelte Gesamtsproßlänge dieser Variante war deutlich kürzer als die der Kontroll-Pflanzen und der "verbissenen" Hybriden.

Die Gesamtsproßlängen der untersuchten Knöterich-Pflanzen in den drei Vegetationsperioden von 1993 bis 1995 sind in den Abbildungen 64, 65 und 66 dargestellt.

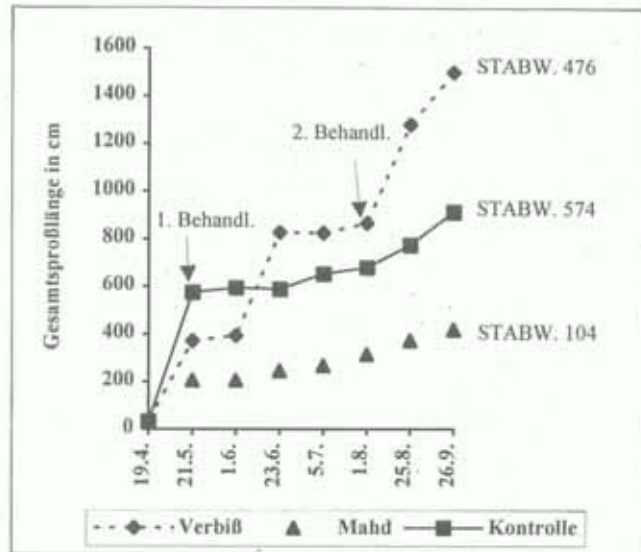


Abb. 65: Gesamtsproßlänge von *Reynoutria x bohemica*, Topfversuch Hohenheim 1994.

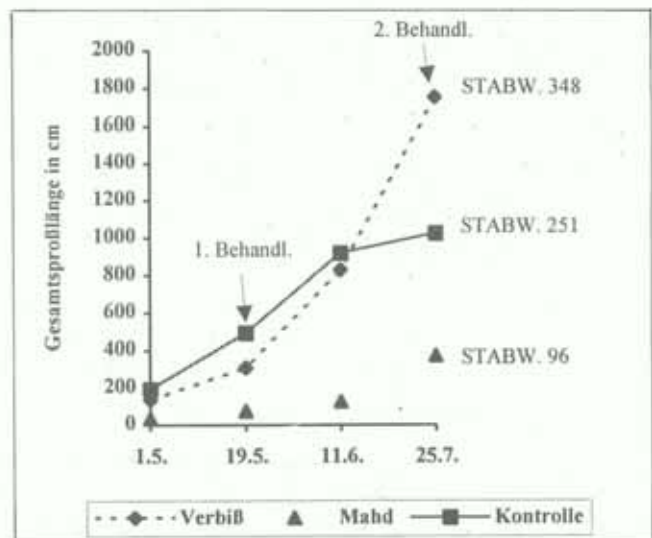


Abb. 66: Gesamtsproßlänge von *Reynoutria x bohemica*, Topfversuch Hohenheim 1995.

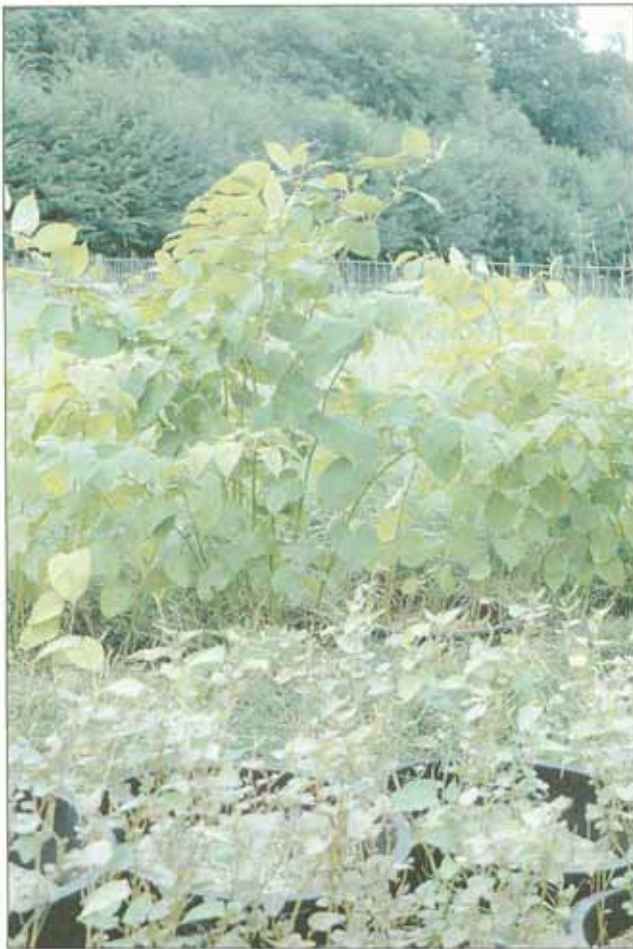


Abb. 67: Versuchspflanzen der Topfversuche in Hohenheim. Das Bild zeigt im Vordergrund die "verbissenen" Pflanzen. Im Hintergrund sind die Kontroll-Pflanzen zu sehen (August 1994).

13.10.1.2 Gesamttrockengewicht

Um einen Überblick zu bekommen, wie groß die gebildete Biomasse der einzelnen Varianten in den jeweiligen Vegetationsperioden war, wurde nach jeder Behandlung durch Mahd oder Verbiß das geerntete Pflanzenmaterial bei 105 °C im Trockenschrank getrocknet und anschließend gewogen. Aus den Wägedaten wurden die Mittelwerte der verschiedenen Varianten errechnet. Das Ergebnis für die Topfversuche in Hohenheim im Jahr 1993 zeigt Abbildung 68.

Die Kontroll-Pflanzen produzierten über die Versuchszeit eine etwa doppelt so große Trockenmasse wie die "verbissenen" Pflanzen, die ihrerseits eine größere

Trockensubstanzproduktion hatten als die Pflanzen der Variante "Mahd".

Im Verlauf der Versuchszeit 1994 wurden die gemähten Pflanzen wiederum deutlich gegenüber der Kontrolle geschwächt. In den Abbildungen 68 bis 70 sind die Trockengewichte der verschiedenen Varianten über die drei Vegetationszeiten zu sehen.

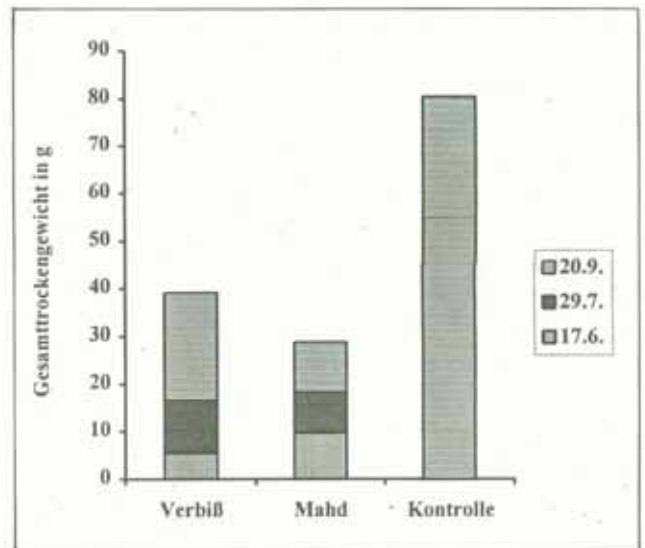


Abb. 68: Aufsummierte Trockengewichte von Stengeln und Blättern der Hybriden nach Versuchsabschluß 1993, Topfversuche Hohenheim.

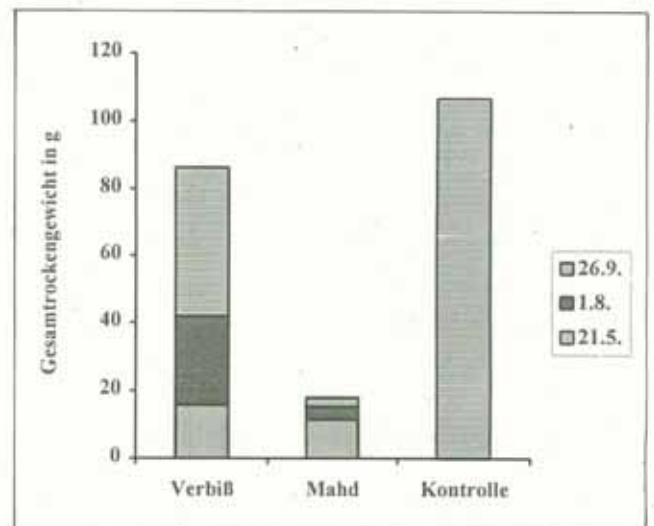


Abb. 69: Aufsummierte Trockengewichte von Stengeln und Blättern der Hybriden, Topfversuche Hohenheim 1994.

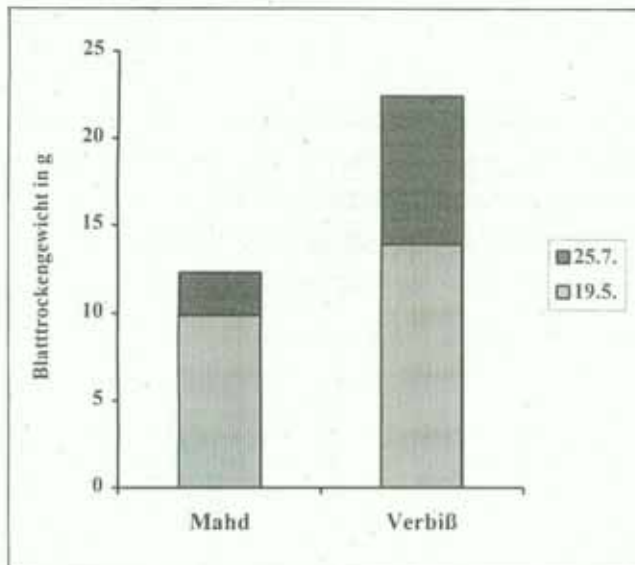


Abb. 70: Blattrockenmasse der Hybriden, Topfversuche Hohenheim 1995 (bei Redaktionsschluß waren die Versuche noch nicht abgeschlossen).

Die Schwächung der behandelten Pflanzen gegenüber der Kontrolle wird deutlich, wenn man die oberirdisch gebildete Trockenmasse der Kontrolle gleich 100 % setzt. Drückt man den Wert für die Biomasse der Untersuchungsvarianten prozentual hierzu aus, zeigt sich, daß die Pflanzen der Variante "Verbiß" 1993 63 %, die der Variante "Mahd" 41 % der Trockenmasse der Kontrolle produziert haben. 1994 lagen die Werte für die Variante "Verbiß" bei 81 %, die der Variante "Mahd" bei 18 % der Trockensubstanz der Kontrolle. Von 1993 bis 1994 haben sich die Werte für die Schwächung der Behandlungsvarianten gegenüber der Kontrolle verschoben. Während die Schwächung gegenüber der Kontrolle bei den "verbissenen" Pflanzen nicht mehr ganz so stark war wie im ersten Versuchsjahr, hat sie sich bei den gemähten Pflanzen deutlich verstärkt.

13.10.2 Topfversuche Offenburg

Parallel zu den Topfversuchen wurden 1993 die vorne beschriebenen (s. Kap. 6) cytologischen Untersuchungen vorgenommen. Hierbei fand man heraus, daß im Untersuchungsgebiet in der Ortenau *Reynoutria japonica* und *R. x bohemica* vorkommen. Erst diese Versuche haben gezeigt, daß beide Polygonaceen sehr häufig vergesellschaftet an einem Wuchsort anzutreffen sind.

Zu Versuchsbeginn ging man davon aus, daß die *Reynoutria*-Sprosse an einem Wuchsort mit hoher Wahrscheinlichkeit durch das Polykormonwachstum einer einzigen Pflanze zuzuordnen sind. Da dieses nach den Erkenntnissen durch die cytologischen und morphologischen Untersuchungen nicht der Fall ist, stellte sich während der Topfversuche in Offenburg und der Parzellenversuche heraus, daß die behandelten Pflanzen nicht homogen einem einzigen Biotyp angehörten. Die Versuchspflanzen in den Töpfen in Offenburg (überwiegend *R. japonica*) wurden im Frühjahr 1994 durch *R. x bohemica* vom Ufer der Kinzig ersetzt, da die Hybride wuchskräftiger zu sein scheint als der Japan-Knöterich.

13.10.2.1 Längenwachstum des Sproßsystems

Nach der Pflanzung im April 1994 zeigten die Knöterich-Pflanzen zunächst ein langsames Anfangswachstum. Ende Juni konnte die erste Behandlung an den Versuchsvarianten "Verbiß" und "Mahd" durchgeführt werden. Auf die Maßnahme reagierten sowohl die gemähten wie auch die "verbissenen" Pflanzen mit einem gesteigerten Längenwachstum, das bei beiden Varianten knapp über dem der Kontrolle lag. Die zweite Behandlung wurde erst sehr spät im Jahr, im September, vorgenommen, da sich die Pflanzen, bedingt durch Trockenheit und Wärme im Juli/ August 1994, erst sehr langsam regeneriert hatten. Auf diese Maßnahme reagierten die Pflanzen nicht mehr durch Sproßwachstum.

Im regenreichen Frühjahr 1995 wuchsen die Pflanzen relativ gut und konnten Mitte Juni der ersten Behandlung unterzogen werden. Die Pflanzen der Variante "Verbiß" reagierten auf die Maßnahmen wieder durch ein gesteigertes Längenwachstum und hatten Anfang August bereits ein größeres Sproßsystem entwickelt als die Kontrolle. Die gemähten Pflanzen wurden durch die Behandlung ebenfalls in ihrem Längenwachstum angeregt. Am Ende der Versuchszeit blieben sie aber in ihrem Längenwachstum hinter den anderen beiden Untersuchungsvarianten zurück.

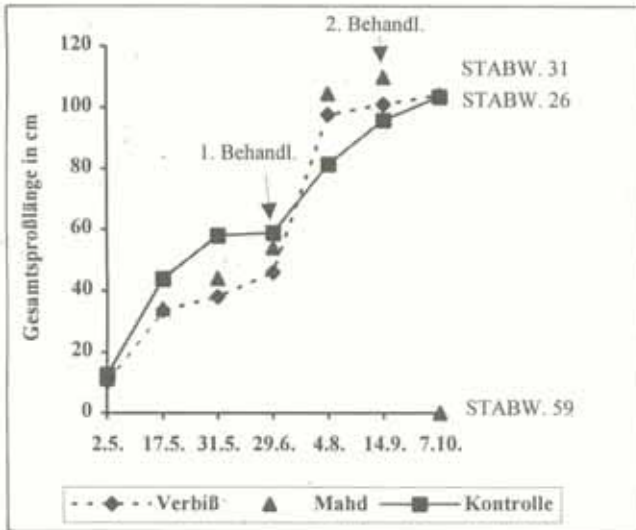


Abb. 71: Gesamtsproßlänge der Hybriden, Topfversuche Offenburg 1994.

Bezüglich des Gesamttrockengewichts konnten im Jahr 1994 keine wesentlichen Unterschiede zwischen den Untersuchungsvarianten festgestellt werden. Die eine "wirksame" Behandlung im Juni hat scheinbar nicht ausgereicht, um im ersten Versuchsjahr eine Schwächung gegenüber der Kontrolle hervorzurufen.

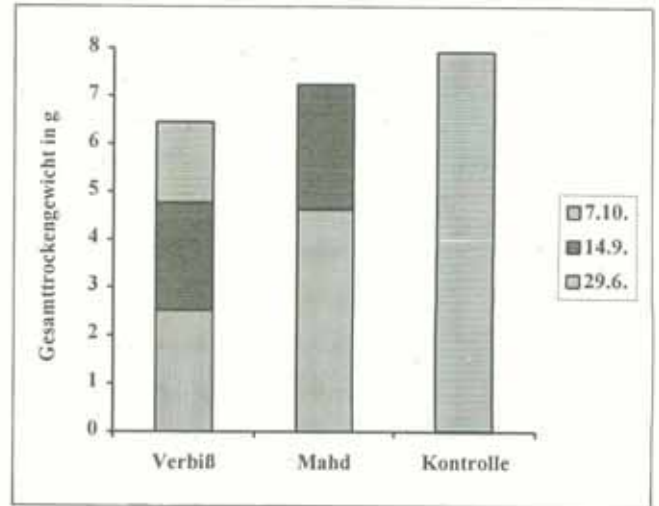


Abb. 73: Gesamttrockenmasse der Hybriden, Topfversuche Offenburg 1994.

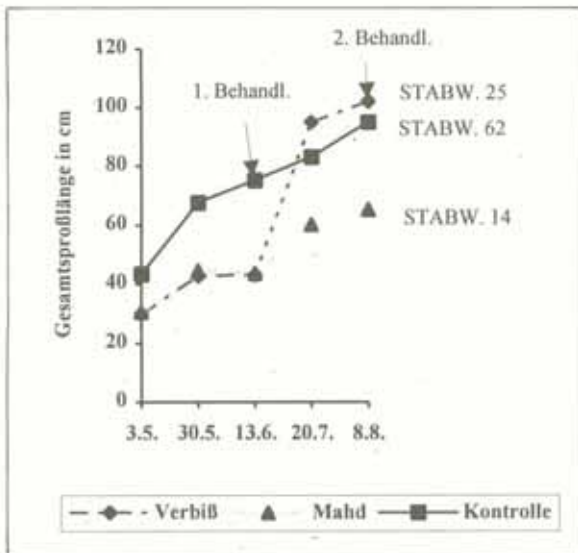


Abb. 72: Gesamtsproßlänge der Hybriden, Topfversuche Offenburg 1995.

13.10.2.2 Gesamttrockenmasse

Nach der Pflanzung im April 1994 benötigten die Pflanzen einige Zeit, um sich in den Töpfen zu etablieren. Die Pflanzen wuchsen zunächst relativ langsam und regenerierten sich nach den Maßnahmen im trockenen und heißen Sommer 1994 nur zögerlich. Die durchschnittliche Gesamttrockenmasse der Versuchspflanzen war, bedingt durch den Trockenstreß, mit 8 g sehr gering.

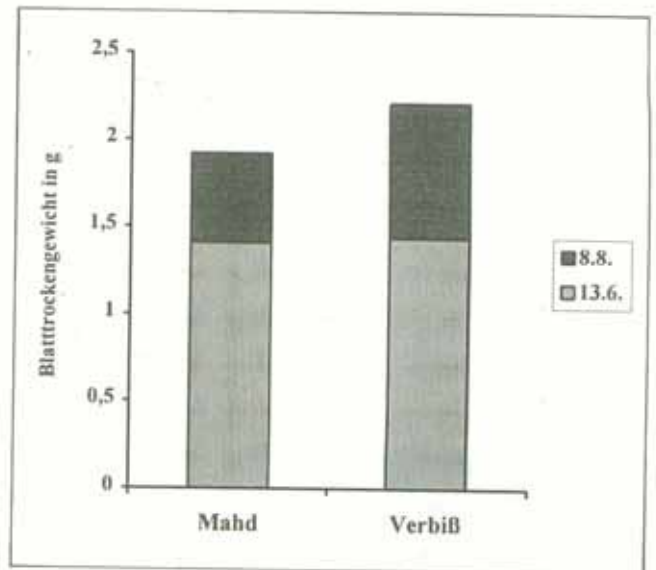


Abb. 74: Blatttrockenmasse der Hybriden nach der 2. Ernte 1995.

Im August 1995 ließen sich keine Unterschiede in der Blatttrockenmasse zwischen beiden Varianten feststellen. Die Pflanzen sind im Sommer jedoch bedingt durch Hitze und geringe Niederschläge extrem schlecht gewachsen. Die Blatttrockenmasse lag Ende August bei durchschnittlich nur ca. 2 g pro Pflanze. Der Einfluß durch Hitze und Trockenheit ist vermutlich wesentlich größer gewesen als der durch die Behandlung.

13.10.3 Parzellenversuche

Wie bei den Topfversuchen in Offenburg zeigte sich auch bei den Parzellenversuchen im Jahr 1993, daß das verwendete Rhizommaterial nicht völlig homogen war (Gründe siehe oben). Eine Bestimmung nach morphologischen Merkmalen ergab jedoch, daß die Durchmischung nicht sehr stark war. Im Frühjahr 1994 wurden einige Pflanzen der Hybride *R. x bohemica* nachgepflanzt. Dabei wurden Rhizomstücke so ausgewählt, daß sie in Größe und Gewicht den entnommenen entsprachen. Korrekterweise hätten alle Versuchspflanzen neu gepflanzt werden müssen. Um aber den Einfluß der Behandlung des letzten Jahres herauszufinden und die Ergebnisse nicht zu verlieren, wurde der beschriebene Kompromiß eingegangen. Am Ende des Versuches wurden von den ursprünglich 16 Versuchspflanzen nur 10 in die Berechnung einbezogen, so daß der Versuchsfehler, der durch das Nachpflanzen hervorgerufen wird, als relativ gering einzustufen ist.

13.10.3.1 Längenwachstum des Sproßsystems

Die Gesamtsproßlänge wurde - wie bei den Topfversuchen - aus der Summe aller gebildeten Sprosse und Seitentriebe errechnet. Im Frühjahr 1994 entwickelten die Versuchspflanzen auf den Parzellen kräftige neue Triebe. Mitte April, als die Sprosse etwa 20 cm lang waren, gab es einen Frost, dem die kalteempfindlichen jungen Triebe zum Opfer fielen. Der Knöterich regenerierte sein Sproßsystem daraufhin durch einen erneuten Austrieb aus dem Rhizom. Ende Mai/ Anfang Juni, einem Zeitpunkt, an dem die erste Behandlung geplant war, waren die Pflanzen noch so klein, daß die Maßnahme auf Ende Juni verschoben wurde. Durch eine Hitzeperiode im Juli regenerierten sich die Pflanzen nach der Behand-

lung nur recht zögerlich. Die zweite Ernte fand im September statt. Auf diese Maßnahme reagierten die Versuchspflanzen nicht mehr durch einen Neuaustrieb aus dem Rhizom bzw. aus dem Sproß. Am Ende des Versuchsjahres 1994 läßt sich feststellen, daß die Hybriden bei allen drei Varianten stärker gewachsen sind als der Japan-Knöterich. Die gemähten Pflanzen entwickelten ein geringeres Sproßsystem als die "verbissenen" und die Kontroll-Pflanzen.

Zwischen den Varianten des Japan-Knöterichs lassen sich kaum Unterschiede im Längenwachstum feststellen.

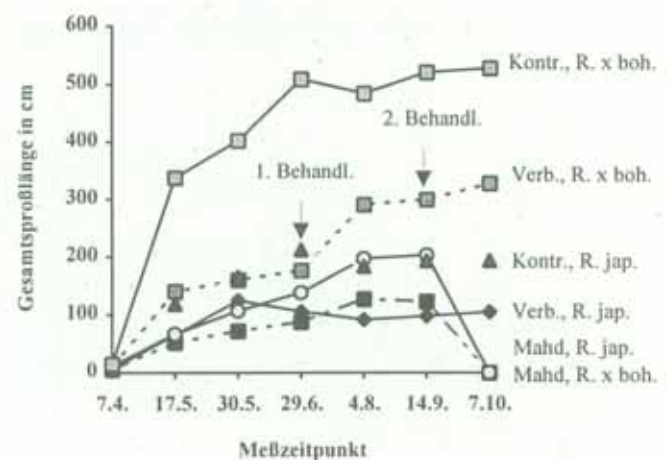


Abb. 75: Gesamtsproßlängen von *Reynoutria japonica* und *R. x bohemica*, Parzellenversuch Offenburg 1994. (Verb. = Verbiß; Kontr. = Kontrolle; *R. x boh.* = *Reynoutria x bohemica*; *R. jap.* = *Reynoutria japonica*)

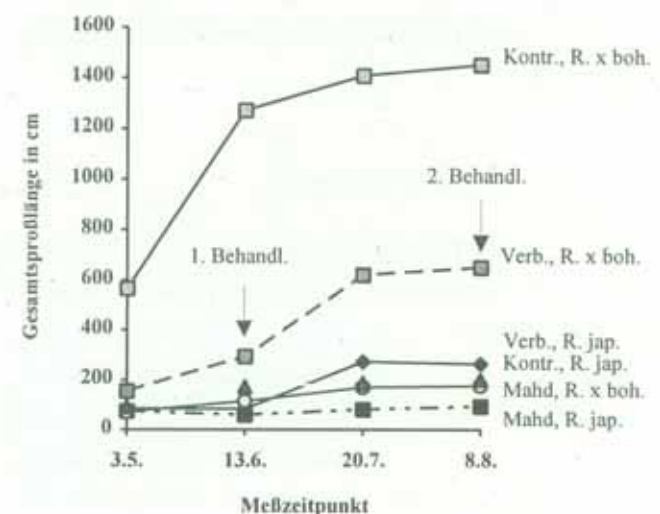


Abb. 76: Gesamtsproßlänge von *Reynoutria japonica* und *R. x bohemica*, Parzellenversuch Offenburg 1995.

Im Jahr 1995 wurde die erste Behandlung durch Mahd und Verbiß am 13. Juni vorgenommen. Zu diesem Zeitpunkt hatten die Kontrollen bereits ihre beinahe vollständige Bestandeshöhe erreicht. Auf die Maßnahme reagierten beide Varianten mit gesteigertem Längenwachstum. Die Hybriden haben bei allen drei Varianten eine größere oberirdische Biomasse entwickelt als der Japan-Knöterich. Anfang August zeigte sich ein ähnliches Bild wie im Jahr zuvor: Die Kontrolle der Hybriden bildeten das größte Sproßsystem, gefolgt von der Variante "Verbiß" der Hybriden. Die Variante "Mahd" der Hybriden wurde im Vergleich zum Vorjahr stärker geschwächt. Zwischen den Varianten des Japan-Knöterichs lassen sich 1994 nur unwesentliche Unterschiede im Längenwachstum des Sproßsystems feststellen.

13.10.3.2 Gesamttrockengewicht

Nach der Ernte im Oktober 1994 wurde das Gesamttrockengewicht aller sechs Versuchsreihen ermittelt. Abbildung 77 zeigt das Ergebnis.

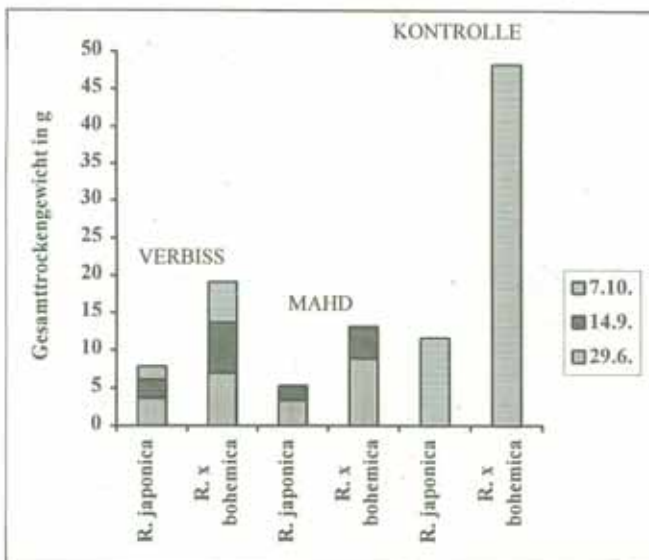


Abb. 77: Gesamttrockengewicht von Japan-Knöterich und R. x bohemica, Parzellenversuch Offenburg 1994.

Der Japan-Knöterich hat bei allen drei Varianten eine geringere oberirdische Biomasse produziert als die Hybriden. Die Variante "Mahd" ist etwas stärker geschwächt worden als die Variante "Verbiß". Die über die Vegetationsperiode gebildete Biomasse pro Pflanze war insgesamt sehr gering.

1995 ergibt sich nach der Ermittlung des Blatttrockengewichts, daß R. x bohemica wieder eine größere Blattmasse gebildet hat als R. japonica. Bei der Variante "Verbiß" liegt das Trockengewicht über dem der Varian-

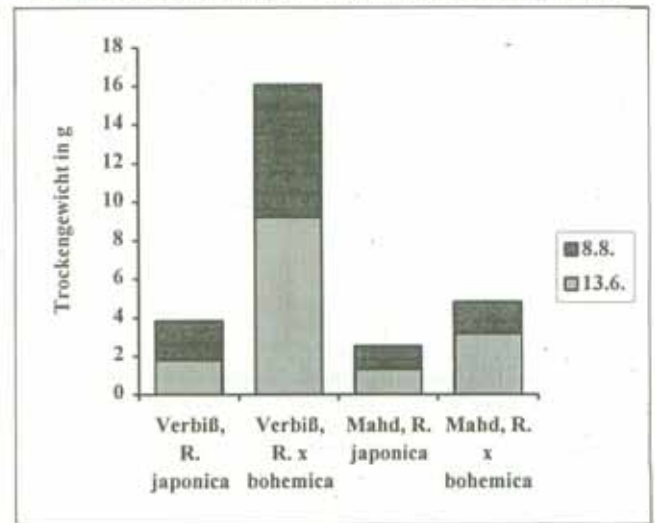


Abb. 78: Blatttrockengewicht von Reynoutria japonica und R. x bohemica, Parzellenversuch Offenburg 1995.

13.11 Ergebnisse und ihre kritische Beurteilung

Die Knöterich-Pflanzen in den Töpfen und auf den Parzellen blieben im Verlauf der Versuchszeit kleiner als die Pflanzen im Freiland. Der niedrige Wuchs ist einerseits bedingt durch die nur relativ kleinen Rhizomstücke, die im Pflanzjahr 1993 eingepflanzt wurden, und andererseits haben die Frühjahrstrockenheit 1993 und die trocken-heißen Sommer 1994 und 1995 das Wachstum der Pflanzen erschwert. Die Ergebnisse der Versuche können aber auf das Ereignis einer Neuansiedlung des Stauden-Knöterichs übertragen werden, da sich die Ausgangssituationen für eine Etablierung ähneln. Wie sich die Behandlungen durch "Mahd" oder "Verbiß" auf etablierte Reynoutria-Bestände auswirkt, läßt sich mit Hilfe dieser Versuche schwer abschätzen.

Auf die Mahd reagierten R. japonica und R. x bohemica mit Neuaustrieb aus dem Rhizom oder den Basalknospen der zuvor geschnittenen Sprosse. Die Pflanzen bildeten viele junge Triebe mit geringem Sproßdurchmesser aus. Nach der Behandlung durch den simulierten Verbiß trieben die Pflanzen zahlreiche dünne

Seitenzweige aus den Vegetationspunkten des Sproßsystems aus.

Am Ende der drei Vegetationsperioden dauernden Behandlung muß festgestellt werden, daß nur zwei Rhizome nach der ersten Behandlung im Frühjahr 1995 auf den Parzellen in Offenburg keine neuen Sprosse mehr ausgebildet haben. Die Werte für die Schwächung der Versuchsvariante gegenüber der Kontrolle gehen aus Tabelle 5 hervor.

Tab. 5: Schwächung der durch Mahd und Verbiß behandelten Pflanzen gegenüber der Kontrolle.

Typ	Standort	Behandlung	Minderung gegenüber Kontrolle	
			1993	1994
R. x bohe- mica	Töpfe Hohenheim	Verbiß	37%	19%
		Mahd	59%	82%
	Töpfe Offenburg	Verbiß	keine	keine
		Mahd	keine	9%
	Parzellen Offenburg	Verbiß	16%	60%
		Mahd	26%	73%
R. japo- nica	Parzellen Offenburg	Verbiß	29%	33%
		Mahd	35%	54%

Allgemein läßt sich nach Abschluß der Versuche sagen, daß die Mahd die Pflanzen stärker schwächt als der Verbiß. Eine zweimalige Mahd pro Jahr während der Versuchszeit reichte jedoch nicht aus, um alle Knöterich-Pflanzen, die aus kleinen, durchschnittlich 27 g schweren Rhizomstücken hervorgegangen waren, abzutöten.

Vergleicht man das Wachstum der Versuchspflanzen in Hohenheim und Offenburg, zeigt sich, daß die Pflanzen der Topfversuche in Offenburg wesentlich kleiner geblieben sind und weniger Trockenmasse gebildet haben als die vergleichbar alten in Hohenheim. Die Hauptursache hierfür ist in den wesentlich trockeneren Standortbedingungen in Offenburg zu suchen.

Die Ergebnisse der Parzellenversuche stimmen mit denen der Topfversuche Hohenheim recht gut überein. Die Mahd schwächt den Knöterich stärker als der Verbiß.

Die Trockensubstanzproduktion der Hybriden war bei den Parzellenversuchen bei allen Varianten höher als die

des Japan-Knöterichs. Betrachtet man dagegen die Schwächung des Knöterichs im Vergleich zur Kontrolle, so ist die relative Wachstumsminde- rung größer als beim Japan-Knöterich.

Möchte man Reynoutria-Pflanzen bekämpfen, reicht eine zweimalige Mahd oder Entblätterung selbst bei Pflanzen mit kleinem Rhizom und entsprechend kleinem Reservestoffspeicher nicht aus, um die Pflanze vollständig zu verdrängen.

Die Ergebnisse der Mahd- und Verbißversuche bestätigen tendenziell die Angaben in der Literatur, nach denen die Beweidung den Knöterich vermutlich nicht vollständig verdrängt, sondern ihn nur an einer weiteren Ausbreitung hindert oder zurückdrängen kann (CHILD et al. 1992). Bei den Versuchen wurde allerdings nur ein einziger Einflußfaktor der Beweidung - die Reduktion der Assimilationsfläche - berücksichtigt. Über die Wirkung von Tritt oder düngendem Einfluß der Exkremente auf diese Pflanzen wurden in der Literatur keine Angaben gefunden.

14 Konkurrenzversuche

14.1 Gedanklicher Hintergrund für die Versuche

Wie aus der Literatur zu entnehmen ist (s. Kap. 3) bereiten Japan- und Sachalin-Knöterich in ihren Heimatländern in Ostasien keine Probleme in der Sukzessionsfolge. Bei der primären Sukzession auf frischen Vulkan- und Lavafeldern werden sie im Laufe der Zeit durch andere Arten verdrängt. In Europa scheint dagegen die einheimische Vegetation diesen Neophyten mit ihrem raschen Frühjahrswachstum und den dichten, beschattenden Sproßkolonien nicht ganz gewachsen zu sein. Allerdings trifft man den Knöterich überwiegend auf gestörten Standorten an, auf denen die natürliche Vegetation nicht mehr vorhanden ist. In relativ ungestörten Pflanzengesellschaften scheint er weniger schnell vorzudringen (vgl. BEERLING 1991).

Würden in Europa einheimische Pflanzenarten gefunden, deren Konkurrenzkraft ausreicht, um eine Neuan siedlung oder eine weitere Ausbreitung von *Reynoutria*-Arten zu unterbinden, wäre damit eine biologische und ökologisch vorteilhafte Eindämmung des Knöterichs möglich. Diese Konkurrenzarten könnten gezielt ausgepflanzt oder angesät werden. Die Methode läßt sich zwar nicht auf allen Standorten, die mit dem Knöterich bewachsen sind, oder solchen, auf denen sich die *Polygonaceae* ansiedeln könnte, z.B. auch aus Hochwasserschutzgründen anwenden, aber sie käme diesen Orten indirekt durch einen geringeren Ansiedlungsdruck zugute. Vor diesem Hintergrund wurden Konkurrenzversuche mit Pflanzen, die natürlicherweise an Fließgewässern vorkommen, durchgeführt. Ausgewählt wurden Pflanzenarten, die mutmaßlich eine ähnliche Wachstums- und Ausbreitungsstrategie besitzen wie die *Reynoutria*-Arten, oder die, wie die Gehölze, als natürliche Vegetation die Ufer dominieren würden. Als Konkurrenzarten wurden ausgewählt:

1. *Phalaris arundinacea* (Rohrglanzgras),
2. *Phragmites australis* (Schilf),
3. *Salix purpurea* (Purpurweide),
4. *Alnus glutinosa* (Schwarzerle),
5. *Carex acutiformis* (Sumpfschilf),
6. *Petasites hybridus* (Gewöhnliche Pestwurz).

Diese Arten haben bezüglich ihrer Standortansprüche eine relativ weite ökologische Amplitude. Sumpfschilf, Schilf, Pestwurz und Rohrglanzgras können über Rhizomwachstum flächendeckende Reinbestände bilden - haben also eine recht große Konkurrenzkraft gegenüber anderen Arten.

Mancherorts läßt sich beobachten, daß sich die Pestwurz gegen den Knöterich behaupten kann. Das Foto in Abbildung 79 zeigt einen Pestwurzbestand zwischen ausgewachsenen Polykormonen von *Reynoutria japonica* an der Wolfach.



Abb. 79: Pestwurzbestand zwischen ausgewachsenen Polykormonen von *Reynoutria japonica* an der Wolfach im Juli 1993.

14.2 Versuchsaufbau

Die Konkurrenzversuche wurden über drei Vegetationsperioden von 1993 bis 1995 als Topf- und Parzellenversuche durchgeführt. Als Versuchspflanzen diente Pflanzenmaterial vom Ufer der Kinzig bei Offenburg und der Rench bei Oberkirch. Die Knöterich-Typen und die Konkurrenzpflanzen wurden nach dem Schema in Tabelle 6 zusammengestellt. Zu den beiden Knöterich-Typen pflanzte man die mit "+" gekennzeichneten Pflanzenarten hinzu. Die Topfversuche haben an zwei Standorten in Hohenheim und in Offenburg stattgefunden. Für die Versuche wurden Kunststofföpfe mit einem Durchmesser von 60 cm und einem Fassungsvermögen von 90 l verwendet. In den Boden der Töpfe wurden zur Drainage jeweils acht Löcher mit 12 mm Durchmesser gebohrt. Um den Wurzelraum vor Witterungseinflüssen wie Frost oder Hitze zu schützen, wurden die Behälter bis zum Rand in Erde eingegraben. Als Bodenmaterial wurden 80 kg Substratmischung aus 50 % Rheinsand und 50 % Kultursubstrat (Culti-Fibre-MT-plus) verwendet. Jede Variante der Topfversuche wurde sechs mal wiederholt. Die Parzellenversuche haben auf einer Versuchsfläche bei Offenburg im Überschwemmungsbereich der Kinzig stattgefunden (Näheres zur Fläche s. Kap. 13.7).

Tab. 6: Versuchsaufbau der Konkurrenzversuche

	HOHENHEIM <i>Topfversuch</i>	OFFENBURG <i>Topfversuch</i>	OFFENBURG <i>Parzellenversuch</i>
Reynoutria x bohemica			
<i>Variante</i>			
1	+ Pestwurz	+ Pestwurz	+ Pestwurz
2	+ Rohrglanzgras	+ Rohrglanzgras	+ Rohrglanzgras
3	+ Sumpfschilf	+ Sumpfschilf	+ Sumpfschilf
4	+ Purpurweide	+ Purpurweide	+ Purpurweide
5	+ Schilf	+ Schilf	+ Schilf
6	+ Schwarzerle	+ Schwarzerle	+ Schwarzerle
Reynoutria japonica			
7	+ Pestwurz	+ Pestwurz	+ Pestwurz
8	+ Rohrglanzgras	+ Rohrglanzgras	+ Rohrglanzgras
9	+ Purpurweide	+ Purpurweide	+ Purpurweide
10	Kontr.; R. x bohemica	Kontr.; R. x bohemica	Kontr.; R. x bohemica
11	Kontr.; R. japonica	Kontr.; R. japonica	Kontr.; R. japonica

pflanzen vermessen und bonitiert. Meßparameter war die Sproßlänge, der Sproßdurchmesser, der Dekungsgrad und die Blattanzahl. Bei der Abschätzung der Konkurrenzkraft des Knöterichs wurde eine nicht-destruktive Methode gewählt, um den Wachstumsverlauf der Knöterich-Pflanzen unter den geschaffenen Kon-

kurrenzbedingungen über die ganze Vegetationsperiode bzw. über mehrere Vegetationszeiten zu erfassen. Aus dem Wachstumsverlauf der Pflanzen lassen sich Rückschlüsse z.B. auf den Einfluß der Konkurrenzart auf das Knöterichwachstum ziehen.

14.3 Versuchseinrichtung

a) Topfversuche

Im Frühjahr 1993 wurden die Konkurrenzpflanzen in der Ortenau und in der Umgebung von Hohenheim ihrem natürlichen Standort an Gewässern und Gräben entnommen und in den Töpfen eingepflanzt. Dabei wurde so vorgegangen, daß bei den Gräsern und Kräutern der Topf optisch halbiert und die Konkurrenzpflanzen in einer Reihe an die Grenze der beiden Topfhälften gesetzt wurden. Diese Pflanzanordnung sollte die Grenze eines geschlossenen Bestandes simulieren. Es wurden so viele Pflanzen (Pestwurz, Rohrglanzgras, Sumpfschilf) eingesetzt, daß 30 bis 40 % dieser Topfhälfte überdeckt waren. Bei der Variante "Schilf" wurden Rhizome mit sieben bis acht jungen Triebspitzen gesetzt, und es wurde jeweils eine Erle bzw. Weide in der Topfmitte plaziert. Die Reynoutria-Rhizome wurden an der Kinzig bei Offenburg und an der Rench bei Oberkirch Anfang April ausgegraben. Alle Rhizome wurden gewaschen, in kleine 4 cm lange Stücke mit vitalen Sprossen zerschnitten und gewogen. In einen Topf wurden zwei Rhizomstücke mit jeweils einem austriebsfähigen Sproß zwischen dem 8. und 26. April 1993 eingepflanzt. Über die Vegetationszeit hinweg wurden Knöterich- und Konkurrenz-



Abb. 80: Versuchsvariante Pestwurz, Topfversuche Hohenheim, August 1993.



Abb. 81: Versuchsvariante Rohrglanzgras, Topfversuche Hohenheim, August 1993.

b) Parzellenversuche

Die Versuchseinrichtung der Parzellenversuche im Jahr 1993 wurde auf dieselbe Weise durchgeführt wie die der Topfversuche (s.o.). Aufgrund der im Vergleich zur Topffläche größeren Parzellenfläche wurden drei Knöterich-Pflanzen eingepflanzt. Zwei Reynoutria-Rhizome wurden direkt an die Grenze zur Parzellenhälfte der Konkurrenzpflanzen gesetzt. Bei den Varianten "Erle" und "Weide" wurden die Knöterich-Pflanzen gleichmäßig verteilt um die Konkurrenzpflanzen herumgepflanzt. Vermessen wurden nur die Knöterich-Pflanzen, die direkt am "Bestandesrand" der Konkurrenzpflanzen wuchsen, da hier der Konkurrenzeinfluß am größten war. Der dritte Knöterich diente hauptsächlich dazu, den "Knöterichbestand" auf der Parzelle zu verdichten, da auch in den Knöterich-Polykormonen im Freiland die Anzahl Sprosse pro Flächeneinheit hoch ist.

14.4 Ergebnisse

14.4.1 Topfversuche Hohenheim

14.4.1.1 Vermessung der Sproßlängen

Die Sproßlängen der Reynoutria-Pflanzen wurde über drei Vegetationsperioden von 1993 bis 1995 gemessen. Aufgenommen wurde die jeweilige "Bestandeshöhe" einer Pflanze. Den Abbildungen 82 bis 84 sind die Sproßlängenmittelwerte, errechnet aus je zwölf Einzelwerten,

von *R. x bohemica* und *R. japonica* der Topfversuche Hohenheim zu entnehmen.

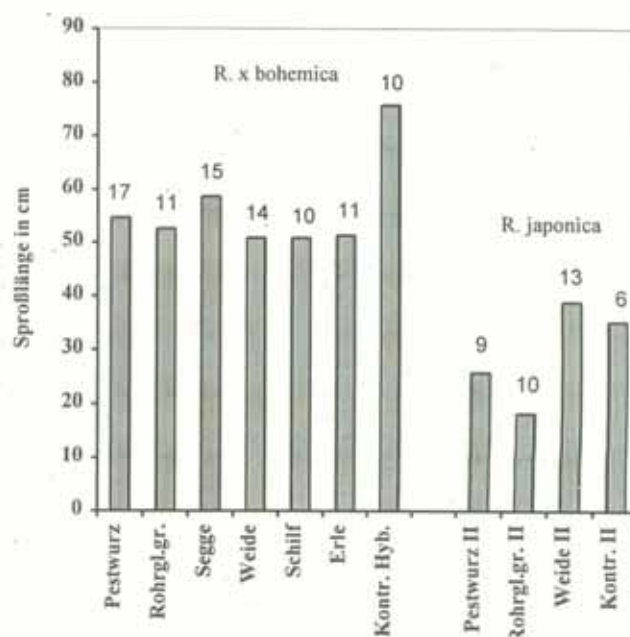


Abb. 82: Sproßlängenmittelwerte (ermittelt aus 12 Einzelwerten) von *Reynoutria x bohemica* und *R. japonica*, Topfversuche Hohenheim, September 1993. Die Zahl über den Säulen gibt die Standardabweichung an.

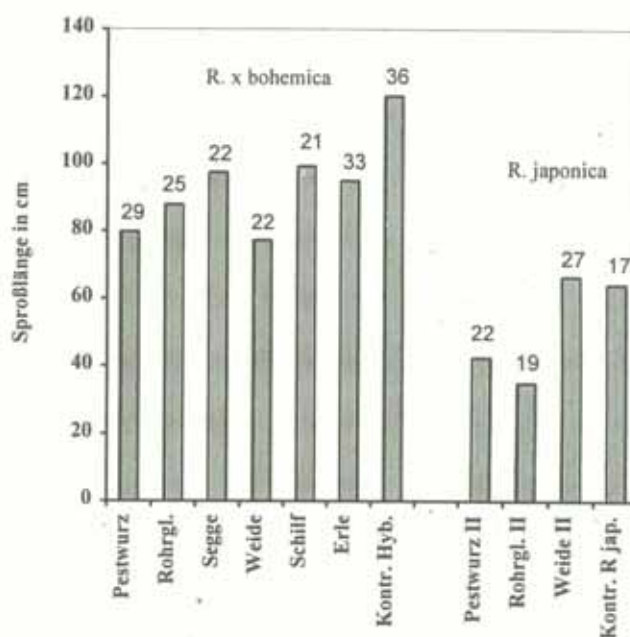


Abb. 83: Sproßlängenmittelwerte von *Reynoutria x bohemica* und *R. japonica* Topfversuche Hohenheim, September 1994. Die Zahl über den Säulen gibt die Standardabweichung an.

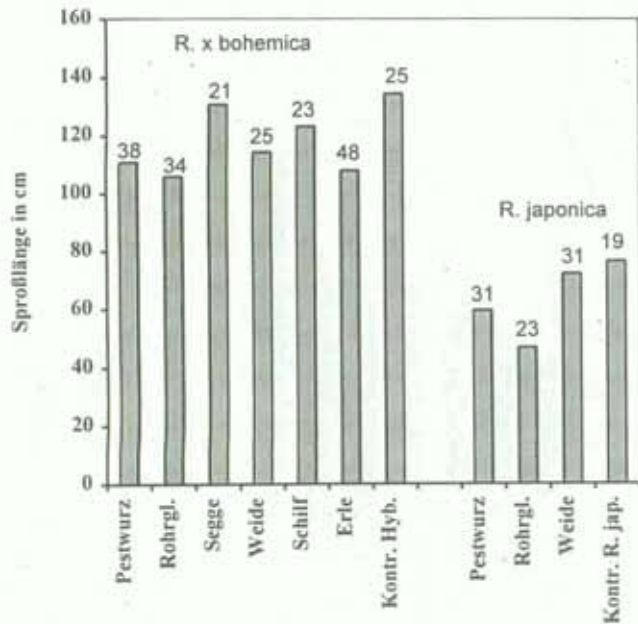


Abb. 84: Sproßlängenmittelwerte von *Reynoutria x bohemica* und *R. japonica* Topfversuche Hohenheim, August 1995. Die Zahl über den Säulen gibt die Standardabweichung an.

Interpretation

Betrachtet man die Sproßlängen über die drei Vegetationsperioden hinweg, zeigt sich zu Versuchsende jeweils das gleiche Bild. Die Hybrid-Pflanzen (sieben Säulen auf der linken Seite) sind in allen drei Jahren kräftiger gewachsen als der Japan-Knöterich. Zwischen den Versuchsvarianten der Hybriden lassen sich kaum Unterschiede im Wachstum feststellen. Im Versuchsjahr 1995 zeigt sich im Längenwachstum nur bei den Varianten "Rohrglanzgras" und "Erle" eine geringe Einschränkung im Längenwachstum. Beim Japan-Knöterich hat das Rohrglanzgras diesen Knöterich am stärksten im Längenwuchs beeinträchtigt.

14.4.1.2 Bestimmung des Deckungsgrades

Als Maß für die Wuchsentwicklung wurde der Deckungsgrad der Knöterich-Pflanzen geschätzt. Bei dieser Methode wurde die Grundfläche als Bezugsgröße gleich 100 % gesetzt und anschließend bei senkrechter Projektion geschätzt, wieviel Prozent dieser Fläche von jeder einzelnen Knöterich-Pflanze überdeckt wurde. Bei der

Schätzung wurde nur die Bodenüberdeckung der Gesamtpflanze betrachtet. Die Deckung der einzelnen, sich überlappenden Blattschichten wurde außer acht gelassen. Die Schätzungsabstufungen lagen bei 5 %.

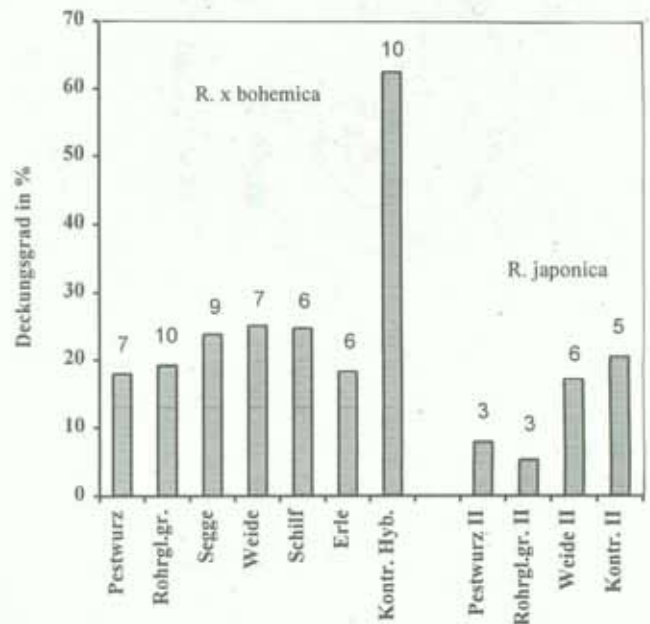


Abb. 85: Deckungsgrad (Mittelwert von 12 Versuchspflanzen) von *Reynoutria x bohemica* und *R. japonica*, Topfversuche Hohenheim, September 1993 (Zahl über Säulen = Standardabweichung).

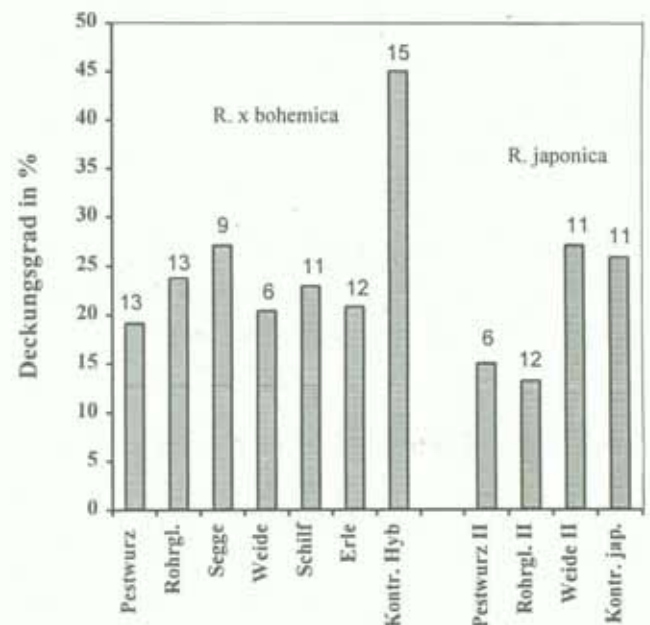


Abb. 86: Deckungsgrad von *Reynoutria x bohemica* und *R. japonica*, Topfversuche Hohenheim, September 1994 (Zahl über Säulen = Standardabweichung).

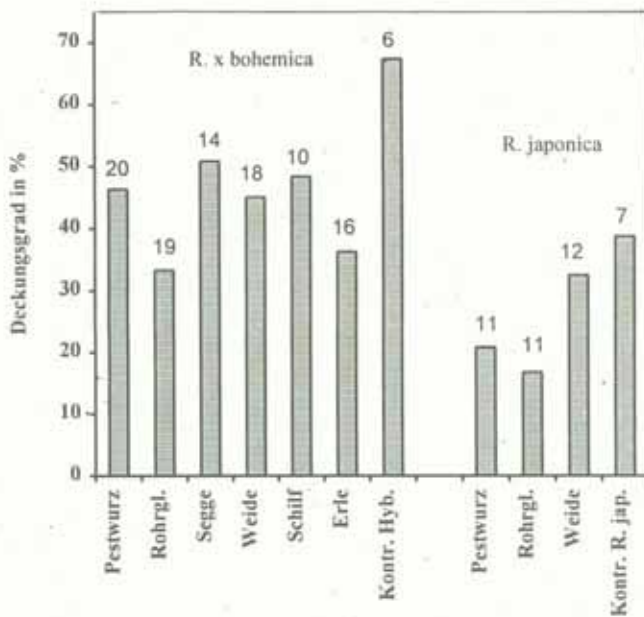


Abb. 87: Deckungsgrad von *Reynoutria x bohemica* und *R. japonica*, Topfversuche Hohenheim, August 1995 (Zahl über Säulen = Standardabweichung).

Am Ende der drei Versuchszeiträume zeigte sich auch bei den Deckungsgraden, daß der Japan-Knöterich durchschnittlich eine wesentlich kleinere Fläche überdeckte als *R. x bohemica*. Zwischen den Varianten der Hybriden ließen sich im Herbst 1994, wie auch bei den Sproßlängen, kaum Unterschiede feststellen. 1995 konnte man bei den Varianten "Rohrglanzgras" und "Erlen" eine leichte Wuchsschwächung erkennen. Der Japan-Knöterich wird durch Konkurrenz-Pflanzen wie das Rohrglanzgras stärker im Wachstum beeinträchtigt als *R. x bohemica*. Das zeigt auch das Merkmal "Deckungsgrad".

14.4.2 Topfversuche Offenburg

14.4.2.1 Vermessung der Sproßlängen

Wie bei den Mahd- und Verbißversuchen (s. Kap. 13) zeigte sich bei den Topfversuchen in Offenburg vor dem Hintergrund der cytologischen Untersuchungen im Verlauf des Jahres 1993 eine Durchmischung der *Reynoutria*-Versuchspflanzen. Daher wurden im Frühjahr 1994 die Pflanzen der ersten Versuchsreihe (vordere sieben Säulen im Diagramm) aus den Töpfen entnommen und

durch *R. x bohemica* von der Kinzig ersetzt. Die zweite Versuchsreihe bestand einheitlich aus *R. japonica*. Diese Pflanzen wurden deshalb in den Töpfen belassen. Bei der Interpretation der Abbildungen 88 und 89 sollte das unterschiedliche Pflanzdatum bedacht werden.

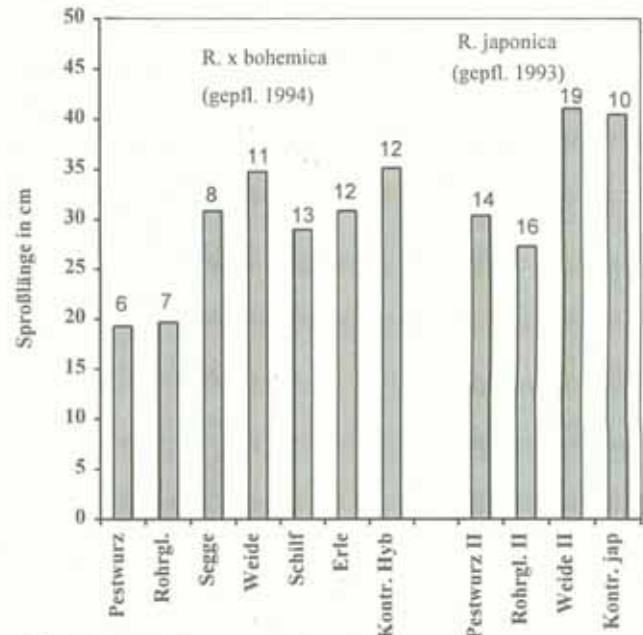


Abb. 88: Sproßlängen (Mittelwert von 12 Pflanzen) von *Reynoutria x bohemica* und *R. japonica*, Topfversuche Offenburg, Oktober 1994 (Zahl über Säule = Standardabweichung).

Interpretation

Betrachtet man die Sproßlängenmittelwerte der Hybriden im Jahr 1994, erkennt man leichte Unterschiede zwischen den Varianten. Die Knöterich-Pflanzen, die mit Pestwurz und Rohrglanzgras zusammengepflanzt wurden, sind etwas schwächer gewachsen als die übrigen Varianten. Die Versuchspflanzen sind jedoch insgesamt relativ klein geblieben.

Bei den Untersuchungsvarianten des Japan-Knöterichs ergibt sich 1994 dieselbe Sproßlängenverteilung zwischen den Varianten wie sie auch bei den Topfversuchen in Hohenheim und den Parzellenversuchen beobachtet werden kann: Tendenziell schwächt das Rohrglanzgras den Japan-Knöterich am stärksten im Längenwachstum.

Im Versuchsjahr 1995 wuchsen die Knöterich-Pflanzen in den Töpfen in Offenburg wieder verhältnismäßig schwach. Sie erreichten nur Sproßlängen bis etwa 40 cm (*R. x bohemica*) bzw. 70 cm (*R. japonica*). Wie auch im Vorjahr sind die Unterschiede in der Sproßlängenverteilung zwischen den Varianten der Hybriden recht gering. Die Knöterich-Pflanzen, die mit der Pestwurz zusammen wuchsen, hatten eine etwas geringere durchschnittliche Sproßlänge entwickelt als die übrigen Knöterich-Pflanzen. Bei der Variante Rohrglanzgras war die Sproßlänge des Japan-Knöterichs geringer als bei den anderen beiden Untersuchungsvarianten.

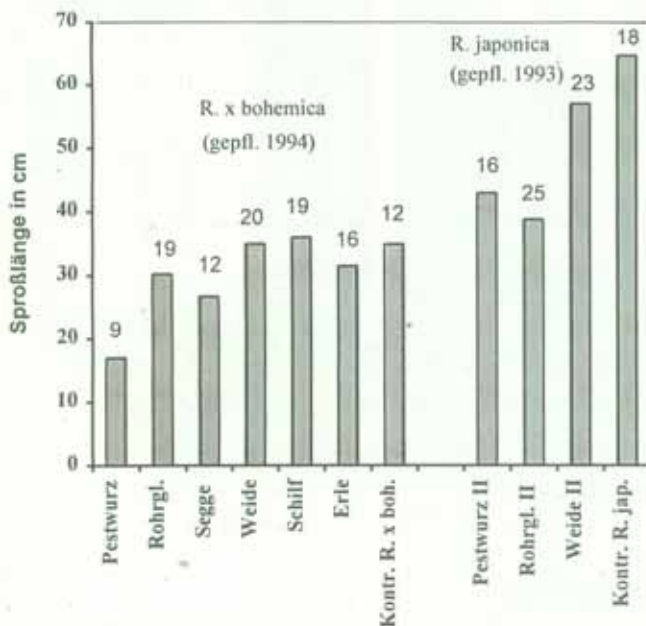


Abb. 89: Sproßlängen von *Reynoutria x bohemica* und *R. japonica*, Topfversuche Offenburg, August 1995 (Zahl über Säule = Standardabweichung).

14.4.2.2 Bestimmung des Deckungsgrades

Die Deckungsgrade bei den Topfversuchen in Offenburg waren 1994 mit Schätzwerten von bis zu 15 % (bei *R. x bohemica*) bzw. 25 % (bei *R. japonica*) Überdeckung der Topffläche sehr gering. Zwischen den Varianten der Hybriden ließen sich nur geringe Unterschiede feststellen. Der Knöterich, der mit den Erlen zusammengepflanzt wurde, hatte die geringsten Deckungsgrade.

Zwischen den Varianten des Japan-Knöterichs sind die Pflanzen, die unter dem Einfluß des Rohrglanzgrases gestanden haben, am meisten in ihrer Sproß- und Blattentwicklung zurückgeblieben.

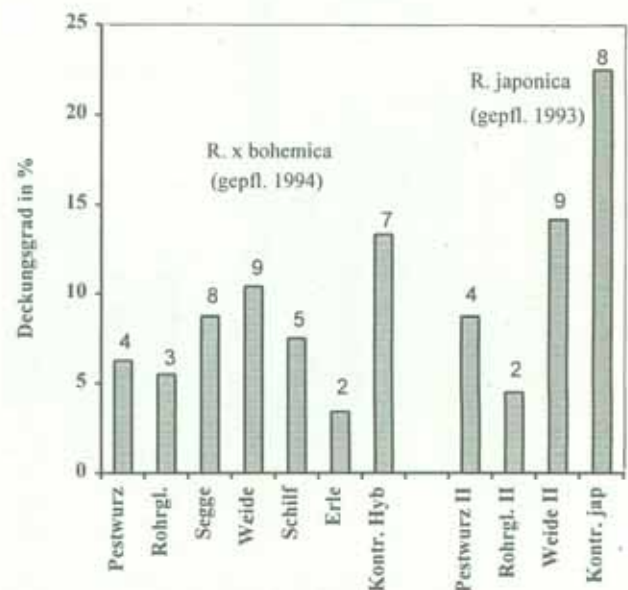


Abb. 90: Deckungsgrad (Mittelwert von 16 Pflanzen) von *Reynoutria x bohemica* und *R. japonica*, Topfversuche Offenburg, Oktober 1994 (Zahl über Säule = Standardabweichung).

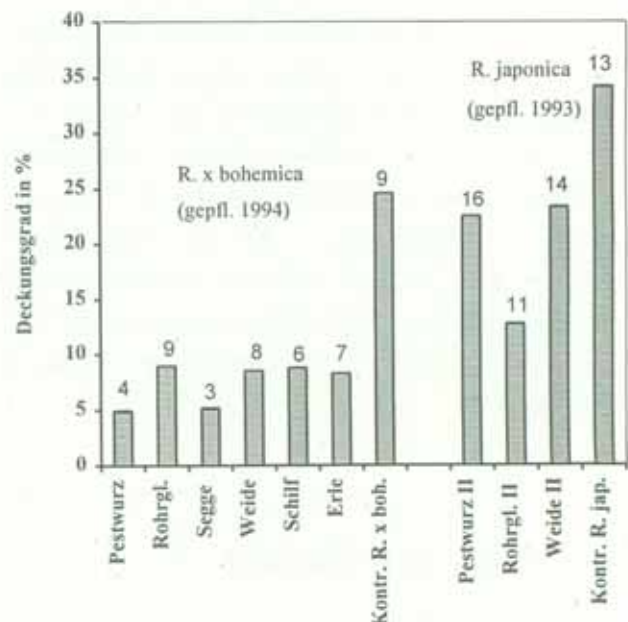


Abb. 91: Deckungsgrad von *Reynoutria x bohemica* und *R. japonica*, Topfversuche Offenburg, September 1995 (Zahl über Säule = Standardabweichung).

In den Untersuchungszeiträumen 1994 und 1995 wuchsen die Versuchspflanzen nur sehr langsam. Während sie 1994 nur geringe Deckungsgrade entwickelten (s.o.) lagen diese mit 25 % bei der Kontrolle der Hybri-

den und 35 % bei der Kontrolle von *R. japonica* 1995 nur unwesentlich höher.

Bei den Hybriden sind - wie auch beim Merkmal Sproßlänge - keine großen Unterschiede im Deckungsgrad zwischen den Untersuchungsvarianten festzustellen. Der Japan-Knöterich entwickelte unter dem Einfluß des Rohrglanzgrases die geringsten Deckungsgrade.

14.4.3 Parzellenversuche Offenburg

14.4.3.1 Vermessung der Sproßlängen

Nach der Pflanzung im April 1993 begannen die Knöterich-Pflanzen bedingt durch fröhsummerliche Wärme und Trockenheit nur langsam auszutreiben und zu wachsen. Am Ende der ersten Vegetationsperiode hatten die größten Pflanzen Sproßlängen von etwa 50 cm erreicht (vgl. Abb. 92). Betrachtet man die mittleren Sproßlängen, wird deutlich, daß zwischen den Varianten der Hybriden auch bei dieser Versuchsreihe nur geringe Unterschiede festzustellen sind. Die Kontroll-Pflanzen blieben wider Erwarten am kleinsten. Eine Ursache hierfür könnte in der fehlenden Bodenbeschattung zu finden sein. Um den Einfluß der Konkurrenzart auf den Knöterich herauszufinden, mußte der Boden möglichst unkrautfrei gehalten werden. Ein Nebeneffekt dieser Maßnahme war, daß die Evaporation (Verdunstung über die Bodenoberfläche) durch das Fehlen der beschattenden Blätter relativ groß war. Die Konkurrenzpflanzen, die völlig frei auf der Fläche gestanden haben, hat dieser Effekt bei der vorherrschenden Wärme und Trockenheit im Frühjahr und Sommer wahrscheinlich stärker getroffen als die Pflanzen, die durch die Konkurrenzpflanzen beschattet wurden. Die Trockenheit scheint auf den Parzellen einen größeren Einfluß auf den Längenwuchs der Pflanzen gehabt zu haben als der Konkurrenzeinfluß. Der Japan-Knöterich ist auf den Parzellen im Jahr 1993 kleiner geblieben als die Hybriden. Bei der Variante "Rohrglanzgras" erkennt man eine leichte Wuchsdepression im Vergleich zu den anderen Untersuchungsvarianten.

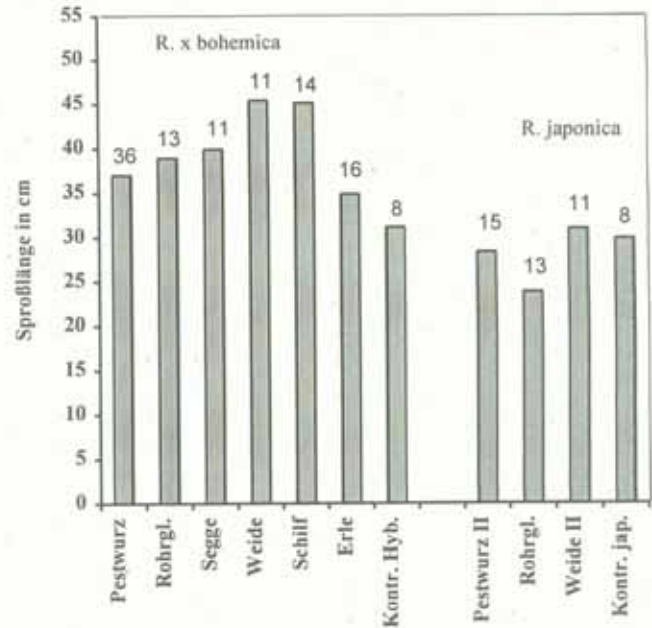


Abb. 92: Sproßlängen (Mittelwert von 16 Pflanzen) von *Reynoutria x bohemica* und *R. japonica*, Parzellenversuche Offenburg, September 1993. Die Zahl über den Säulen gibt die Standardabweichung an.

Im Frühjahr 1994 wurden die Konkurrenzversuche wieder aufgenommen. Gleich zu Beginn der Vegetationsperiode Mitte April, als der Knöterich etwa 20 cm groß war, gab es einen Frost. Der größte Teil der Versuchspflanzen wurde sehr stark geschädigt und trieb neue Sprosse aus den Rhizomen aus. Am Ende der Vegetationszeit ergab sich nach der Messung der Sproßlängen, daß, wie im Jahr zuvor, keine großen Unterschiede im Längenwachstum zwischen den Varianten der Hybriden zu erkennen waren (Abb. 93).

Der Japan-Knöterich blieb 1994 wieder kleiner als die Hybriden. Das Rohrglanzgras beeinträchtigte den Knöterich dieser Variante am stärksten in seinem Längenwachstum.

Im Untersuchungsjahr 1995 wuchsen die Pflanzen auf den Parzellen kräftig. Fast alle Versuchsvarianten der Hybriden erreichten im Mittel eine Sproßlänge von 150 cm. Auch 1995 lassen sich kaum Unterschiede zwischen den Varianten der Hybriden erkennen (Abb. 94). Der Japan-Knöterich blieb in diesem Jahr bezüglich der Sproßlänge weiter hinter den Hybriden zurück als in den beiden vergangenen Jahren.

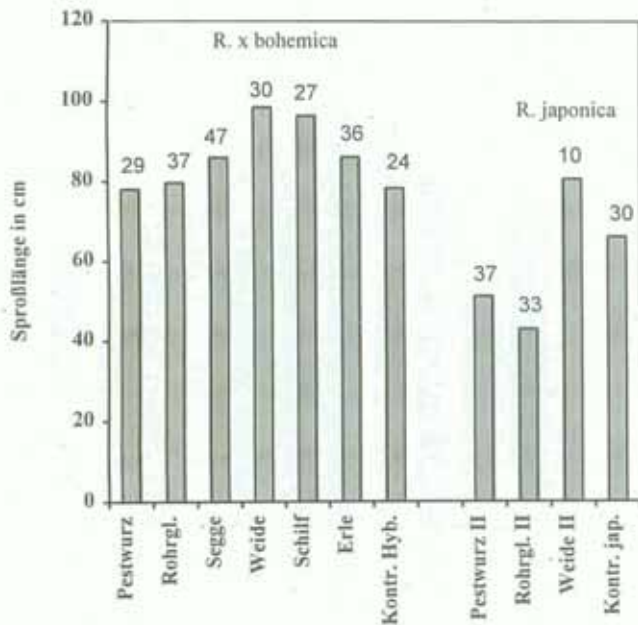


Abb. 93: Sproßlängen (Mittelwert von 16 Pflanzen) von *Reynoutria x bohemica* und *R. japonica*, Parzellenversuche Offenburg, Oktober 1994 (Zahl über den Säulen = Standardabweichung).

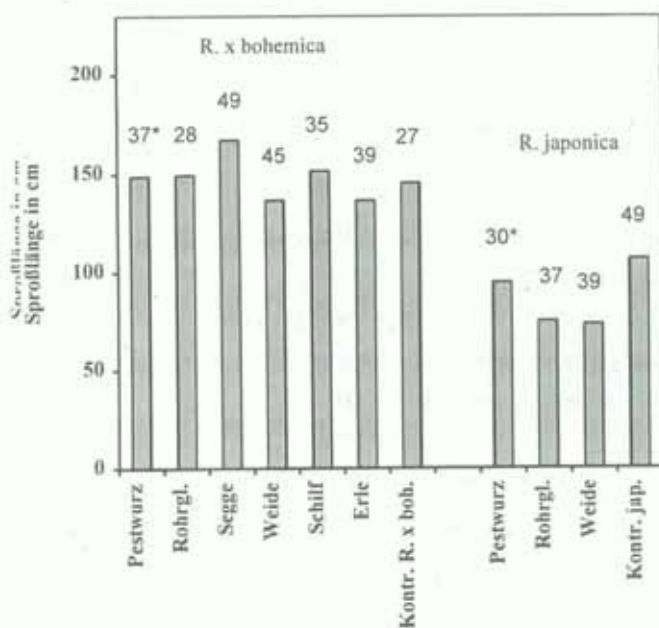


Abb. 94: Sproßlängen von *Reynoutria x bohemica* und *R. japonica*, Parzellenversuche Offenburg, August 1995. * Die Pestwurz ist im Sommer 1995 abgestorben (Zahl über den Säulen = Standardabweichung).

14.4.3.2 Bestimmung des Deckungsgrades

Ende August 1993 ergab sich nach Schätzung des Deckungsgrades der Knöterich-Pflanzen auf den Parzellen in Offenburg, daß die Unterschiede zwischen den Varianten nur bis zu ca. 7 % betragen. Das bedeutet, daß auch bzgl. des Deckungsgrades nur unwesentliche Unterschiede zwischen den Varianten der Hybriden auftreten (Abb. 95). Der Japan-Knöterich entwickelte etwas geringere Deckungsgrade als die Hybrid-Pflanzen.

Im Jahr 1994 wuchsen die Versuchspflanzen auf den Parzellen stärker als im Vorjahr und erreichten durchschnittlich um etwa 10 % höhere Deckungsgrade. Die Hybrid-Pflanzen der Variante "Rohrglanzgras" zeigten am Ende der Vegetationsperiode deutlich geringere Deckungsgrade als die übrigen Varianten (Abb. 96). Der Japan-Knöterich deckte, wie im Jahr zuvor, eine geringere Parzellenfläche ab als die Hybriden. Unter dem Einfluß des Rohrglanzgrases blieben die Japan-Knöterich-Pflanzen deutlich in ihrer Deckungsgradentwicklung zurück.

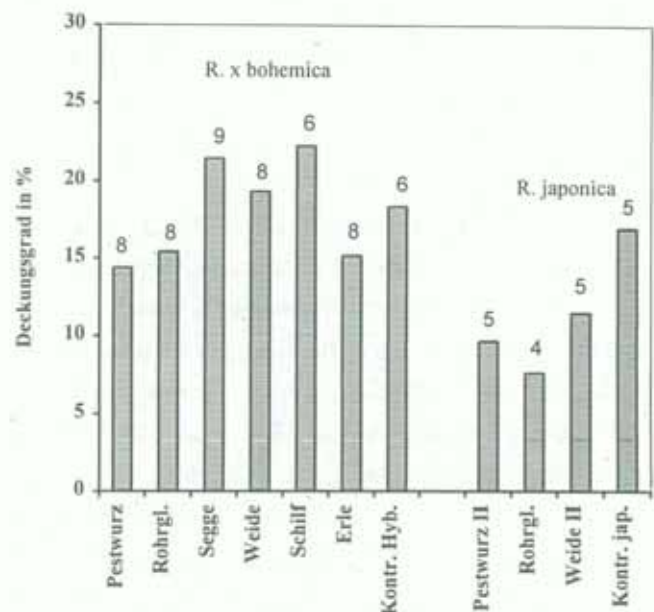


Abb. 95: Deckungsgrad (Mittelwert von 16 Pflanzen) von *Reynoutria japonica* und *R. x bohemica*, Parzellenversuche Offenburg, September 1993 (Zahl über den Säulen = Standardabweichung).

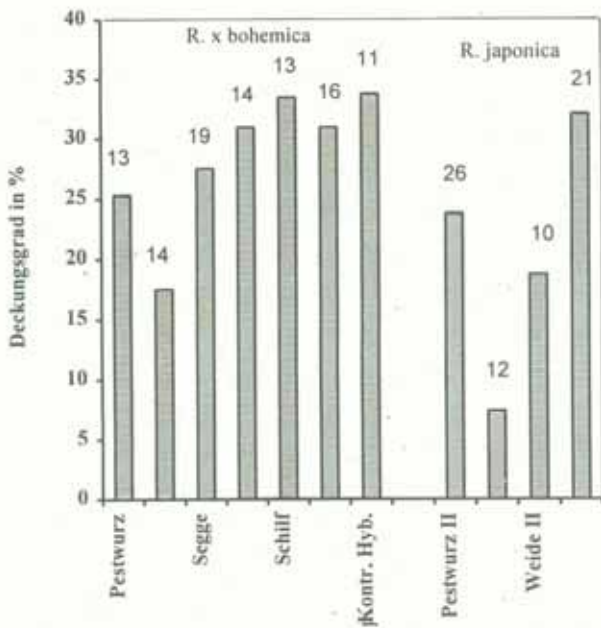


Abb. 96: Deckungsgrad von Reynoutria japonica und R. x bohemica, Parzellenversuche Offenburg, Oktober 1994 (Zahl über den Säulen = Standardabweichung).

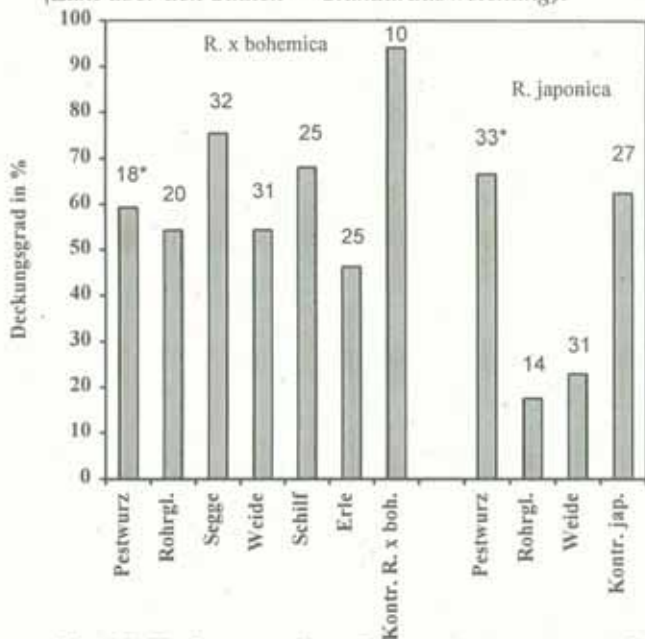


Abb. 97: Deckungsgrad von Reynoutria japonica und R. x bohemica, Parzellenversuche Offenburg, September 1995. * Die Pestwurz ist im Sommer 1995 abgestorben (Zahl über den Säulen = Standardabweichung).

Die Schätzung der Bodenüberdeckung im September 1995 ergab, daß die Pflanzen durchschnittlich mehr als 50 % der Parzellenfläche bedeckten. Die Kontrolle der Hybriden zeigte im dritten Versuchsjahr erstmalig einen deutlich größeren Deckungsgrad als die übrigen Untersu-

chungsvarianten. Der Knöterich, der mit den Sumpfsiegen und dem Schilf zusammengepflanzt wurde, deckte eine relativ große Parzellenfläche ab.

Beim Japan-Knöterich waren die Deckungsgrade, mit Ausnahme der Variante "Pestwurz," niedriger als die vergleichbaren der Hybriden. Unter dem Einfluß von Rohrglanzgras und Weiden blieben die Japan-Knöterich-Pflanzen am schüttersten.

Die Abbildung 98 zeigt die Deckungsgrade der Konkurrenzpflanzen auf den Parzellen in Offenburg. Die Pestwurz ist größtenteils im Frühjahr 1995 nicht wieder ausgetrieben, da diesen Pflanzen die Trockenheit im Sommer 1994 auf der Versuchsfläche sehr stark zugesetzt hat. Die restlichen Pflanzen überstanden, bis auf einige wenige, die Wärme und Trockenheit im Verlauf des Sommers 1995 nicht. Nicht nur die Pestwurz, sondern auch das Schilf hat die trockenen Standortbedingungen auf der Versuchsfläche nicht vertragen. Das Schilf bildete durchschnittliche Deckungsgrade von etwa 30 % aus.

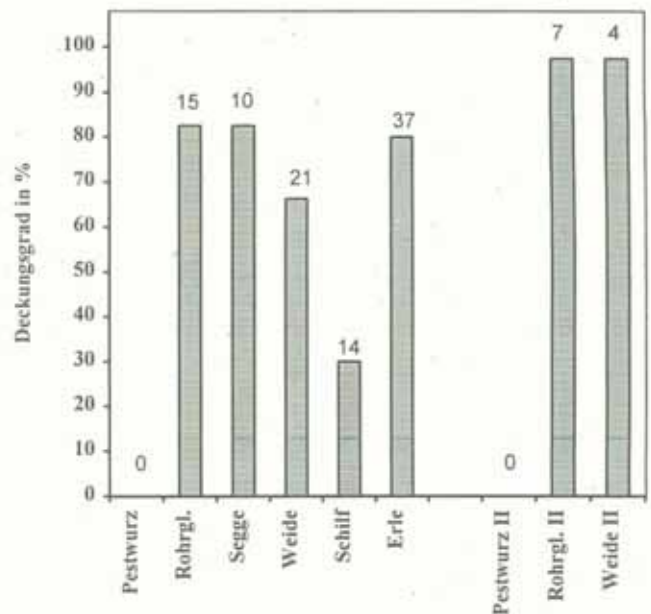


Abb. 98: Deckungsgrad (Mittelwert von 16 Pflanzen bzw. "Pflanzenbeständen") der Konkurrenzpflanzen auf den Parzellen in Offenburg, August 1995.

14.5 Schlußfolgerungen aus den Ergebnissen

In den drei Versuchsjahren wurde festgestellt, daß die Hybride *R. x bohemica* ein kräftigeres Wachstum zeigt als der Japan-Knöterich. Die Hybride läßt sich weniger in ihrem Wuchs durch die Konkurrenzpflanzen beeinträchtigen als *R. japonica*. Nicht nur bei den Konkurrenzversuchen sondern auch bei den weiter vorne beschriebenen Mahd- und Verbißversuchen, wird das kräftigere Wachstum der Hybriden erkennbar. Die Hybride scheint sich unter Trockenstreßbedingungen entweder besser etablieren oder besser wachsen zu können als der Japan-Knöterich. Das stärkere Wachstum bzw. die größere Konkurrenzkraft der Hybriden könnte auf dem Heterosis-Effekt beruhen. Heterosis bedeutet, daß die aus einer Hybridisierung hervorgegangene Filialgeneration eine bessere Wüchsigkeit und Produktivität aufweist. Dieser Effekt ist auf die additive Wirkung wachstumsfördernder Faktoren im Genom (chromosomale Erbinformation), der Bildung leistungsfähigerer "Hybrid-Enzyme", sowie bessere Pufferkapazität gegenüber der Umwelt durch Koordination zweier mehr oder weniger verschiedener Genome bei Heterozygoten zurückzuführen (STRASBURGER et al. 1983).

An allen drei Standorten zeigt sich während der gesamten Versuchszeit, daß das Rohrglanzgras den Japan-Knöterich am stärksten in seinem Wuchs behindert. Die Knöterich-Pflanzen dieser Variante blieben in allen drei Versuchsjahren deutlich kleiner bzw. hatten einen geringeren Deckungsgrad als die übrigen.

Bei den Hybriden muß am Ende der dritten Vegetationsperiode festgestellt werden, daß keine der eingesetzten Pflanzenarten den Knöterich stark am Wachstum gehindert bzw. verdrängt hat. Allerdings ist der Knöterich unter dem Einfluß der Konkurrenzpflanzen schwächer gewachsen als ohne diese, wie die Meß- bzw. Schätzwerte der Kontrolle zeigen.

15 Überschüttungsversuch

15.1 Einleitung

Bei einigen Maßnahmen zur Wuchskontrolle des Knöterichs fallen große Mengen an Rhizomen an. Am ehemaligen Amt für Wasservirtschaft und Bodenschutz wurde beispielsweise auf Flächen, die stark mit Knöterich bewachsen waren, große Mengen an Oberboden abgetragen und mit Hilfe von Maschinen durchgesiebt. Bei diesen Maßnahmen sind zahlreiche, teilweise armdicke, *Reynoutria*-Rhizome angefallen und es stellte sich die Frage nach einer sicheren "Entsorgung" der Pflanzenteile. Unter "Entsorgung" ist in diesem Fall eine Maßnahme zu verstehen, bei der die Rhizome so behandelt werden, daß sie nicht wieder austreiben und neue Knöterich-Bestände begründen können. Eine Möglichkeit die Knöterich-Rhizome am Austreiben zu hindern ist die, die Pflanzenteile tief im Erdreich einzugraben. Dabei sollte die Vergrabungstiefe so gewählt werden, daß keine lebendigen Triebe die Erdoberfläche erreichen. Die WELSH DEVELOPMENT AGENCY (1991) riet beispielsweise Rhizommateriale 10 m tief zu vergraben.

Im Zusammenhang mit der Frage, wie mit ausgegrabenen *Reynoutria*-Rhizomen zu verfahren ist, wurden im Sommer 1993 Überdeckungsversuche mit Knöterich-Rhizomen von den Ufern von Kinzig und Rench durchgeführt.

15.2 Methode

Auf einer Versuchsfläche an der Kinzig bei Offenburg wurden drei Beton-Röhren mit einem Innendurchmesser von 60 cm und einer Länge von 3 m senkrecht 2,5 m tief in den Boden eingegraben. Mitte April wurden in jede Röhre drei Rhizomstücke zwischen 40 g und 190 g Frischgewicht eingesetzt und mit *Reynoutria*-freiem Aushub aus der Kinzig überdeckt. Bei dem Boden handelte es sich um sandigen Lehm. Zwei der Röhren wurden mit einer Bodenhöhe von 2 m, eine mit 1,5 m bedeckt.

15.3 Ergebnis

Ende September wurde der Versuch abgeschlossen und die Röhren wurden wieder ausgegraben. Hierbei

ging man so vor, daß die Röhre auf einer Seite freigegeben, anschließend waagrecht umgelegt und herausgezogen wurde. Die verfüllte Erde fiel dabei nach und nach heraus. Beim Herausschütteln der Erde zerbrachen jedoch auch die spröden Sproßtriebe, so daß es schwierig war, die gesamte Biomasse wiederzufinden. Es zeigte sich folgendes Bild: In Röhre 1, in der die Rhizomstücke mit einer 2 m mächtigen Bodenschicht bedeckt waren, fanden sich keine lebendigen Pflanzenteile. Der Boden, der die Rhizome umgab, war grau und hatte einen fauli-

schicht von der beschriebenen Mächtigkeit nicht ausreicht, um kleine 40 g bis 190 g schwere Rhizomfragmente sicher am Durchwachsen zu hindern. Sollen Rhizomstücke durch Überdeckung mit Erdreich sicher "entsorgt" werden, sollte die überdeckende Schicht in jedem Falle deutlich mehr als 2 m betragen, zumal bei Kontrollmaßnahmen wie oben beschrieben wesentlich größere und dickere Rhizome mit mehr Reservestoffen anfallen.

Tab. 7: Aufbau des Überschüttungsversuches.

	Röhre 1	Röhre 2	Röhre 3
Überdeckungshöhe	2 m	1,5 m	2 m
Reynoutria-Typ	Rhizome von der Kinzig	Rhizome von der Kinzig	Rhizome von der Rench
Rhizomgewichte in g	a:146; b:42; c:60	a:132; b:71; c:43	a:185; b:121; c:41
Rhizomdicken in cm	a:2,4; b:1,4 c:1,6	a:2,1; b:2,0, c:1,4	a:2,0; b:1,7; c:1,3

gen Geruch. Hier hatten sauerstoffarme, reduzierende Bedingungen geherrscht und die Rhizome zum Absterben gebracht.

In Röhre 2, mit 1,5 m Bodenüberdeckung, hatte Ende August ein zarter Sproß mit zwei Blättchen bis ans Licht durchgetrieben. Bis zum Ende des Versuches bildeten sich fünf Blätter aus, die jedoch von Insekten stark zerfressen wurden. Ein zweites Rhizomstück hatte keinen längeren Trieb sondern nur Wurzeln entwickelt, das dritte war tot.

In Röhre 3, in die Bodenmaterial von 2 m Mächtigkeit gefüllt wurde, fanden sich viele lebendige Triebstücke, von denen einige bis ca. 40 cm unter die Oberfläche gewachsen waren. Die Rhizomstücke lagen in Röhre 3 knapp oberhalb des Reduktionshorizontes.

15.4 Diskussion

Auch wenn das Durchwachsen der Rhizome durch eine Erdschicht von 1,5 bis 2 m nicht sehr stark war, so muß doch festgestellt werden, daß eine Erdüberdeckungs-

Zitierte und weiterführende Literatur

- ADLER, CH.:** Zur Strategie und Vergesellschaftung des Neophyten *Polygonum cuspidatum* unter besonderer Berücksichtigung der Mahd. Diplomarbeit, Albert-Ludwigs-Universität Freiburg i. Br., Lehrstuhl Geobotanik, 1991, 105 S.
- AID** (Auswertungs- und Informationsdienst für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, Hrsg.): Biotop pflegen mit Schafen. Bonn, 1992, H. 1197.
- ALBERTERNST, B., BAUER, M., BÖCKER, R. & W. KONOLD:** Reynoutria-Arten in Baden-Württemberg - Schlüssel zur Bestimmung und ihre Verbreitung entlang von Fließgewässern. Florist. Rdb. 29, 1995, H. 2, S. 113-124.
- BAILEY, J.P.:** The sauent characters of *Reynoutria japonica*. In: BOTANICAL SOCIETY OF THE BRITISH ISLES/RICH, T.C.G. & M.D.B. RICH: Plant Crib. 1988, hier. S. 66-68.
- BAILEY, J.P.:** Putative *Reynoutria japonica* HOUTT. x *Fallopia baldschuanica* (Regel) HOLUB Hybrids discovered in Britain. *Watsonia* 17, 1988, S. 163-164.
- BAILEY, J.P.:** Cytology and breeding of giant alien *Polygonum* species in Britain. Ph.D. Thesis, Leicester University, 1989.
- BAILEY, J.P.:** Breeding behaviour and seed production in alien giant knotweed in the British Isles. Biology and control of invasive plants. Conference Industrial Ecology Group, British Ecological Society, 1990, S. 110-120.
- BAILEY, J.P.:** Reproductive Biology and Fertility of *Fallopia japonica* (Japanese Knotweed) and its Hybrids in the British Isles. In: DE WAAL, L.C., CHILD, L.H., WADE, P.M. & J.H. BROCK (Ed.): Ecology and Management of Invasive Riverside Plants. 1994.
- BAILEY, J.P. & A.P. CONOLLY:** Chromosome numbers of some alien *Reynoutria* species in the British isles. *Watsonia* 15, 1988, S. 270-271.
- BAILEY, J.P. & C.A. STACE:** Chromosome number, morphology, pairing, and DNA values of species and hybrids in the genus *Fallopia* (Polygonaceae). *Pl.Syst.Evol.* 180, 1992, S. 29-52.
- BAKER, R.M.:** Mechanical control of Japanese knotweed in an S.S.S.I. *Aspects of Applied Biology* 16, 1988, S. 189-192.
- BAKKER, P. & E. BOEVE:** Stinzenpflanzen. Terra, Zutphen 1985, 168 S.
- BAUER, M.:** Verbreitung neophytischer Knötericharten an Fließgewässern in Baden-Württemberg. Symposium „Neophyten - Gefahr für die Natur?“, Offenburg 1994 (im Druck).
- BEERLING, D.J.:** The use of non-persistent herbicides to control riparian stands of Japanese Knotweed (*Reynoutria japonica* Houtt.). In: The biology and control of invasive plants. Conference Industrial Ecology Group, British Ecological Society, 1990, S. 121-130.
- BEERLING, D.J.:** Technical note: The testing of cellular concrete revetment blocks resistant to growth of *Reynoutria japonica* Houtt. (Japanese Knotweed). *Water Research* 25, 1991, H. 4, S. 495-498.
- BEERLING, D.J.:** The effect of riparian land use on the occurrence and abundance of Japanese Knotweed *Reynoutria japonica* on selected rivers in South Wales. *Biological Conservation* 55, 1991, S. 329-337.
- BEERLING, D.J.:** Mündl. Mitt. an CHILD et al., 1992.
- BOLKHOVSKIKH, Z., GRIF, V., MATREJEVA, T. & O. ZAKHAREYEVA:** Chromosome numbers of flowering plants. Leningrad 1969, Academy of Science U.S.S.R.
- BRANDES, D.:** Hinweis auf Verwilderungen von *Polygonum polystachyum* WALL. ex MEISN. *Florist. Rundbr.* 23, 1989, H. 1, S. 183-211.
- BRANDES, D.:** Neophytengesellschaften der Klasse Artemisietea im südöstlichen Niedersachsen. *Braunsch. Naturkundl. Schr.* 1, 1981, S. 183-211.
- BROCK, J.H.:** Standing crop of *Reynoutria japonica* in the autumn of 1991 for stands in Leicestershire and Wales. Interim Report: International Centre of Landscape Ecology. Geography Department, Loughborough University. 1990.
- BROCK, J. & M. WADE:** Regeneration of Japanese Knotweed (*Fallopia japonica*) from rhizome and stems: Observations from greenhouse trials. IXeme Colloque International sur la Biologie des Mauvaises Herbes 1992, S. 85-94.
- BRYX, A. & J. JANECKI:** Community of *Polygonum cuspidatum* Sieb. et Zucc. - *Reynoutria japonica* Houtt. in spontaneous greenery of the city of Warsaw. *Annals of Warsaw Agricultural University SGGW-AR, Horticulture*, 15, 1989, S. 29-33.
- CHILD, L.E., DE WAAL, L.C. & P.M. WADE:** Control and management of *Reynoutria* species (knotweed). *Aspects of Applied Biology* 29, 1992, S. 295-307.
- CHRTEK, J. & A. CHRTKOVA:** *Reynoutria* x *bohemica*, eine neue Hybride aus der Fam. der Polygonaceae. *Casopis narodniho muzea v Praze* 152, 1983, H. 2, S. 120.
- CONOLLY, A.P.:** The distribution and history in the British Isles of some alien species of *Polygonum* and *Reynoutria*. *Watsonia* 11, 1977, S. 291-311.

- DIAZ BUSCHMANN, M. & K. HURLE:** Am Japanknöterich vorkommende Pilze und ihr Potential für seine Bekämpfung. Tagungsheft, Symposium „Neophyten - Gefahr für die Natur?“ der Akademie für Natur- und Umweltschutz Baden-Württemberg.
- DIAZ BUSCHMANN, M., VOGELGSANG, S. & B. WAGENER:** Biologie und Bekämpfung des Japanknöterichs (*Fallopia japonica* HOUTT.). Lit.studie u. Mat.samm. (unveröff.), Univ. Hohenheim, Inst. f. Phytomedizin, Fachgeb. Herbologie. 1993. 26 S.
- DIERSCHKE, H., OTTE, A. & H. NORDMANN:** Die Ufervegetation der Fließgewässer des Westharzes und seines Vorlandes. Nat.sch. u. La.pfl. Nieders., Beih. Nr.4, 1983.
- DIETL, W.:** Die Pflanzenbestände der Dauerwiesen bei intensiver Bewirtschaftung. Mitt. für die Schweizerische Landwirtschaft 28, 1980, H. 5, S. 101-113.
- DIETL, W.:** Ökologie und Wachstum von Futterpflanzen und Unkräutern des Graslandes. Schweizerische Landwirtschaftliche Forschung 21, 1982, H. 1/2, S. 843-847.
- DIETL, W.:** Standort, Pflanzenbestand und Grenzen der Nutzungsintensität von Dauerwiesen. Bayerisches Landwirtschaftliches Jahrbuch 63, 1986, S. 843-847.
- DOIDA, Y.:** Cytological studies in *Polygonum* and related genera I. Bot. Mag. Tokyo 37, 1960, S. 337-340.
- DUFNER, J., JENSEN, U. & E. SCHUMACHER:** Statistik mit SAS. Stuttgart 1992.
- EBERHARD, G.:** Grünland nicht abrasieren. Bayerisches Landwirtschaftliches Wochenblatt 20, 1992, S. 34-36.
- EMERY, M.J.:** The ecology of Japanese Knotweed, its herbivores and pathogens and their potential as biological control agents. Msc. Thesis, University of Wales, 1983.
- ENCKE, F.:** Pareys Blumengärtnerei. Berlin/Hamburg 1958.
- FERRAZZI, P. & F. MARLETTO:** Bee value of *Reynoutria japonica* Houtt. Apiculture Moderno 81, 1990, H. 2, S. 71-76.
- FIGUEROA, P.F.:** Japanese Knotweed herbicide screening trial applied as a roadside spray. Proceedings of the Western Society of Weeds Science 42, 1989, S. 288-298.
- FOWLER, S.V., HOLDEN, A.N.G. & D. SCHROEDER:** The possibilities for classical biological control of weeds of industrial and amenity land in the U.K. using introduced insect herbivores or plant pathogens. Proceedings of the Brighton Crop Protection Conference of Weeds 3, 1991, S. 1173-1180.
- FUCHS, CH.:** Sur le developpement des structures de l'appareil souterrain du *Polygonum cuspidatum* SIEB. et ZUCC. Bulletin de la Societe Botanique de France 104, 1957, S.141-147.
- GALLE, P.:** Untersuchungen zur Blütenentwicklung der Polygonaceen. Botan. Jahrb. Syst., Pfl.gesch., Pfl.geogr. 98,1977, S.141-145.
- GEISLER, P.:** Pflanzenbau. Berlin und Hamburg 1988, 2. Aufl.
- GEOGRAPHISCH-KARTOGRAPHISCHES INSTITUT MEYER** unt. Leit **Hanle A.:** Meyers Enzyklopädisches Lexikon, Bd. 27, Weltatlas. Mannheim, Wien, Zürich 1974.
- GEYER, O.F. & M.P. GWINNER:** Geologie von Baden-Württemberg. Stuttgart 1991.
- GOTTSCHALK, W.:** Allgemeine Genetik. Stuttgart 1989.
- GRAHAM, S.A. & C.E. WOOD:** The genera of Polygonaceae in the Southeastern United States. J. of the Arnold Arboretum 46, 1965, H. 2, S. 91-121.
- HAEUPLER, H. & P. SCHÖNFELDER (Hrsg.):** Atlas der Farn- und Blütenpflanzen der Bundesrepublik Deutschland. Stuttgart 1988.
- HARALDSON, K.:** Anatomy and taxonomy in Polygonaceae subfam. Polygonoidea Meisn. Emend. Jaretsky Acta Universitatis Upsaliensis Symbolae Botanicae Upsaliensis XXII 1978, H. 2, S. 6-93.
- HAJDUK, J.:** Geographic Distribution of the *Pleuropteris cuspidatus* Species in the Western Carpathians on the Territory of Slovakia. Zbornik Slovenskeho Narodneho Muzea Prirodne Vedy 16, 1970, H. 2, S. 3-7.
- HARLEY, K.L.S. & I.W. FORNO:** Biological Control of Weeds, a handbook for practioners and students. Inkata Press, Melbourne/Sydney 1992.
- HARPER, C.W. & K.G. STOTT:** Chemical control of Japanese Knotweed. Proceedings of the 8th British Weed Control Conference 1966, S. 511-515.
- HARTMANN, E., SCHULDES, H., KÜBLER, R. & W. KONOLD:** Neophyten. Biologie, Verbreitung und Kontrolle ausgewählter Arten. Landsberg, 1995.
- HEGI, G.:** Illustrierte Flora von Mitteleuropa. Bd. III, Teil 1, 1. Aufl., München, o.J.
- HESS, H.E., LANDOLT, E. & R. HIRZEL:** Flora der Schweiz und angrenzender Gebiete. Bd.I. Basel/Stuttgart 1976. 2. Aufl., 858 S.
- HIROSE, T.:** Nitrogen use efficiency in growth of *Polygonum cuspidatum* Sieb. et Zucc. Annals of Botany 54, 1984, H. 5, S. 695-704.

- HIROSE, T. & K. KITAJIMA:** Nitrogen uptake and plant growth. I. Effect of nitrogen removal on growth of *Polygonum cuspidatum*. *Annals of Botany* 58, 1986, H. 4, S. 479-486.
- HIROSE, T. & M. TATENO:** Soil nitrogen patterns induced by colonization of *Polygonum cuspidatum* on Mt. Fuji (Japan). *Oecologia* 61, 1984, H. 2, S. 218-223.
- INDUSTRIAL ECOLOGY GROUP OF THE BRITISH ECOLOGICAL SOCIETY AT THE UNIVERSITY OF WALES COLLEGE OF CARDIFF:** Conference on the Biology and Control of Invasive Plants. Cardiff 1990. 137 S.
- ISHIZUKA** in **NUMATA, N.** (Hrsg.): The flora and vegetation of Japan. Amsterdam, London, New York, Tokyo 1974.
- IZCO, J.:** *Reynoutria japonica* in Spain. *Boletín de la Real Sociedad Espanola de Historia Natural, Sección Biológica*, 72, 1974, S. 25-28.
- JARETZKY, R.:** Histologische und karyologische Studien an *Polygonaceen*. *Jahrb. wiss. Bot.* 69, 1928, S. 357-490.
- JENNINGS, V.M. & R.S. FAWCETT:** Weed control: Japanese polygonum (*Polygonum cuspidatum* Sieb. and Zucc.). PM Iowa-State University of Science and Technology, AmesCooperative Extension Service 762, 1977, 2 S.
- KÄDING, H.:** Einfluß der Schnitthöhe auf Ertrag, Leistungsdauer und Inhaltsstoffe verschiedener Grasarten. *Das wirtschaftseigene Futter* 36, 1990, H. 1, S. 31-40.
- KAMEYAMA, A.:** Zur Entwicklung von Vegetation an Böschungen an Autobahnen in Japan. *Vegetation und Landschaft Japans. Bull. Yokohama Phytosoc. Soc.* 16, 1979, S. 439-450.
- KIMURA, Y., OHMINAMI, H., OKUDA, H., BABA, K., KOZAWA, M. & S. ARICHI:** Effects of stilbene components of roots of *Polygonum* ssp. on liver injury in peroxidized oilfed rats. *Planta-Medica* 49, 1983, H. 1, S. 51-54.
- KLAPP, E.:** Grünlandvegetation und Standort. Berlin und Hamburg 1965.
- KLAPP, E.:** Wiesen und Weiden. Berlin und Hamburg 1971.
- KÖHLER, W., SCHACHTEL, G. & P. VOLESKE:** Biostatistik. Einführung in die Biometrie für Biologen und Agrarwissenschaftler. Berlin, Heidelberg, New York, London, Paris, Tokyo, Hongkong, Barcelona, Budapest 1992.
- KOPECKY, K.:** Die fließbegleitende Neophytengesellschaft *Impatiens-Solidaginetum* in Mittelmähren. *Preslia (Praha)* 39, 1967, S. 151-166.
- KOSMALE, S.:** Die Wechselbeziehungen zwischen Gärten, Parkanlagen und der Flora der Umgebung im westlichen Erzgebirgsvorland. *Hercynia N.F. Leipzig* 18, 1981, H. 4, S. 441-452.
- KOWARIK, I.:** Einführung und Ausbreitung nichteinheimischer Gehölzarten in Berlin und Brandenburg. *Verh. Bot. Ver. Berlin Brandenburg, Beih.* 3, 1992.
- KOWARIK, I.:** Time-Lags in Biological Invasions with regard to the Success and Failure of Species. - Plant Invasions. International Workshop, Institute of Applied Ecology, Kostelec nad Cernými lesy. Abstracts 1993.
- KOWARIK, I.:** Zum Begriff "Wildpflanzen" und zu den Bedingungen und Auswirkungen der Einbürgerung hemerochorer Arten. *Publicaties van het Natuurhistorisch Genootschap in Limburg*, 25, 1985, H. 3-4, S. 8-25.
- KOWARIK, I.:** Ökologische Risiken der Einführung nichtheimischer Pflanzen und Möglichkeiten ihrer Prognose. In: **STUDIER, A.** (Hrsg.): *Biotechnologie: Mittel gegen den Welt Hunger? Schriften des Deutschen Übersee-Instituts Hamburg*, Bd. 8, 1991, S. 121-131.
- KOWARIK, I. & H. SUKOPP:** Ökologische Folgen der Einführung neuer Pflanzenarten. *Gentechnologie* 10, 1986, S. 111-135.
- KRAAS, S.:** Untersuchungen an *Reynoutria japonica*. A. Vergleichende Phänometrie, B. Bekämpfung durch Mahd und Verbiß. Diplomarbeit Univ. Hohenheim (unveröff.).
- KRAUSE, ?:** *J. Sturms Flora von Deutschland. Band 4*, Stuttgart 1905.
- KRAUSE, ? (1921)** in: **SEBALD, O., SEYBOLD, S. & G. PHILIPPI:** Die Farn- und Blütenpflanzen Baden-Württemberg. Bd. 1, 1990.
- KRETZ, M.:** Neophyten insbesondere Japanknöterich (*Polygonum cuspidatum*) an der Kinzig und den Zuflüssen Nordrach und Wolf. Amt für Wasserwirtschaft und Bodenschutz Offenburg, 1990, Situationsbericht, unveröffentlicht.
- KUBO, M., KIMURA, Y., SHIN, H., HANEDA, T., TANI, T. & K. NAMBA:** Studies on the anti fungal substance of crude drug 2. on the roots of *Polygonum cuspidatum* *Polygonaceae. Shoyakugaku Zasshi* 35, 1981, H. 1, S. 58-61.
- KUBOTA, K., NISHIZONO, H., SUZUKI, S. & F. ISHII:** A copper-binding protein in root cytoplasm of *Polygonum cuspidatum* growing in a metalliferous habitat. *Plant and Cell Physiology* 29, 1988, H. 6, S. 1029-1033.
- KUDO, Y.:** Über die Pflanzengeographie Nordjapans (die Inseln Kurilen eingeschlossen) und der Insel Sachalin. *Österr. Bot. Zs.* 76, 1927, S. 306-311.
- KUNICK, W.:** Veränderungen von Flora und Vegetation einer Großstadt, dargestellt am Beispiel von Berlin (West). *Diss. TU Berlin*, 1974.

- LANDESANSTALT FÜR UMWELTSCHUTZ BADEN-WÜRTTEMBERG/LfU (Hrsg.): Kontrolle des Japan-Knöterichs an Fließgewässern. I. Erprobung ausgewählter Methoden. Handbuch Wasser 2, H. 10.
- LOCANDRO, R.R.: The distribution of *Polygonum cuspidatum* Sieb. et Zucc. in Western Europe. Comptes Rendues du 7. Colloque International sur l'Ecologie, la Biologie et la Systematique des Mauvaises Herbes. Comunité Francaise de Lutte contre les Mauvaises Herbes, Paris. European Weed Research Society 1, 1984, S.133-137.
- LOHMEYER, W.: Über einige bach- und fließbegleitende nitrophile Stauden und Staudengesellschaften in Westdeutschland und ihre Bedeutung für den Uferschutz. Natur und Landschaft 10, 1969, S. 271-273.
- LOHMEYER, W.: Über einige Neophyten als Bestandsglieder der bach- und fließbegleitenden nitrophilen Staudenfluren in Westdeutschland. Natur und Landschaft 46, 1971, H. 6, S.166-168.
- LOHMEYER, W. & H. SUKOPP: Agriophyten in der Vegetation Mitteleuropas. Schr.R. Veg.kde. 25, 1992. Bonn-Bad Godesberg.
- MACPHERSON, E.L.S. & P. MACPHERSON: Alien *Polygonum* spp. Glasgow Naturalist 19, 1975, H. 3, S. 203-204.
- MAKITA, H., MIYAGI, T., MIURA, O. & T. KIKUCHI: A study of an elder forest and an elm forest with special reference to their geomorphological conditions in a small tributary basin. Vegetation u. Landschaft Japans. Bull. Yokohama, Phytosoc. Soc. 16, 1979, S. 237-245.
- MARUTA, E.: Seedlings establishment of *Polygonum cuspidatum* on Mt. Fuji. Japan Journal of Ecology 26, 1976, H. 2, S. 101-105.
- MARUTA, E.: Size structure in *Polygonum cuspidatum* on Mt. Fuji. Japanese Journal of Ecology 31, 1981, H. 4, S. 441-445.
- MARUTA, E.: Growth and survival of current-year seedlings of *Polygonum cuspidatum* at the upper distribution limit on Mt. Fuji (Japan). Oecologica 60, 1983, H. 3, S. 316-320.
- MARUTA, E. & T. SAEKI: Transpiration and leaf temperature of *Polygonum cuspidatum* on Mt. Fuji. Japan Journal of Ecology 26, 1976, H. 2, S. 25-35.
- MATSUDA, K.: Flavoids as Feeding Stimulants of the Beetles Attacking the Polygonaceous Plants. Tohoku Journal of Agricultural Research 27, 1976, H. 3-4, S. 115-121.
- MICHNA, R.: Die Ortenau. In: BORCHERDT, CH. (Hrsg.): Geographische Landeskunde von Baden-Württemberg. Stuttgart 1983, S. 109-119.
- MIYAWAKI, A., NAKAMURA, Y., FUJIWARA, K. & Y. MURAKAMI: Die potentielle natürliche Vegetation in der Stadt Fuji. Tokyo 1984.
- MOTT, N.: Nachmahd auf der Weide. Mitt. der DLG 24, 1974, S. 694-696.
- NASHIKI, M., NOMOTO, T., MEGURO, R. & K. SATO: Effect of Natural Conditions and Management of Pastures on Weed Invasion in Cooperative Livestock Farms in Japan. Weed-Research Japan 31, 1986, H. 3, S. 221-227.
- NATORI, T. & T. TOTSUKA: An evaluation of high resistance in *Polygonum cuspidatum* to sulfur dioxide. Japanese Journal of Ecology 34, 1984, H. 2, S. 153-159.
- NEAL, J.C.: Weeds in landscape: Japanese Knotweed or Mexican bamboo. Long-Island horticulture news. 1990, S.6.
- NISHIZONO, H., KUBOTA, K., SUZUKI, S. & F. ISHII: Accumulation of heavy metals in cell walls of *Polygonum cuspidatum* roots from metalliferous habitats. Plant and Cell Physiology 30, 1989, H. 4, S. 595-598.
- NUMATA, N. (Hrsg.): The flora and vegetation of Japan. Amsterdam, London, New York, Tokyo 1974.
- OBERDORFER, E.: Botanische Neufunde aus Baden (und angrenzenden Gebieten). Mitt. Bad. Landesver. Naturkde. u. Nat.sch. N.F. 6/4, 1956, S. 278-284.
- OBERDORFER, E.: Pflanzensoziologische Exkursionsflora. Stuttgart 1979
- OHBA, T.: Über die *Polygonum cuspidatum* var. *terminale-Carex doenitzii* var. *okuboi*- Ass. ass. nov. mit einer Bemerkung über den Ursprung der speziellen Flora der Izu-Inseln Japans. Bull. Kanagawa Pref. 8, 1975, S. 91-101.
- OHBA, T. & H. SUGAWARA: Bemerkung über die japanischen Vorwald-Gesellschaften. Vegetation und Landschaft Japans. Bull. Yokohama, Phytosoc. Soc. 16, 1979, S. 267-279.
- OHNO, K.: Phytocoenologische Studien über die Uferwälder auf den Alluvialebenen in W.-Japan. Vegetation und Landschaft Japans. Bull. Yokohama, Phytosoc. Soc. 16, 1979, S. 227-236.
- OHWI, J. (MEYER, F.G., WALKER, E.H. - Hrsg.): Flora of Japan. Washington 1984.
- PALMER, J.P.: The biology and control of invasive plants: Japanese Knotweed (*Reynoutria japonica*) in Wales. Conference Industrial Ecology Group of the British Ecological Society 1990, S. 96-109.
- PALMER, C.P., REID, D.F. & S.J. GODDING: A review of forestry trials with a formulation of triclopyr, dicamba and 2,4-D. Aspects of Applied Biology 16, 1988, S. 207-214.

- PATTERSON, D.:** The history and distribution of five exotic weeds in North Carolina. *Castanea* 42, 1976, H. 2, S. 177-180.
- REIDL, K.:** Flora und Vegetation als Grundlage für den Naturschutz in der Stadt. *Naturschutz und Landschaftsplanung* 24, 1992, H. 4, S. 136-141.
- RICHARDS, MOOREHEAD & LAING LTD./WELSH DE-VELOPMENT AGENCY:** Japanese Knotweed (*Reynoutria japonica*) in Wales, Vol.I (Main Text), 1990, 83 S.
- ROBLIN, E.:** Chemical control of Japanese Knotweed (*Reynoutria japonica*) on river banks in South Wales. *Aspects of Applied Biology* 16, 1988, S. 201-206.
- RUDGARD, S.A.:** Biological Control of Japanese Knotweed in the U.K. Memorandum 1990. Wallingford.
- SCHACHT, W. & A. FESSLER:** Die Freiland-Schmuckstauden. Stuttgart 1990.
- SCHLECHTENDAHL, D.F.L.v., LANGETHAL, L.E., SCHENK, E. & E. HALLIER:** Flora von Mitteldeutschland. 1882.
- SCHMITZ, J. & K.J. STRANK:** Zur Soziologie der Reynoutria-Sippen (Polygonaceae) im Aachener Stadtwald. *Decheniana* 139, 1986 a, S. 141-147.
- SCHMITZ, J. & K.J. STRANK:** The sociology of reynoutria taxa Polygonaceae in the Municipal Forest of Aachen, West Germany. *Decheniana* 139, 1986 b, H. 0, S. 141-147.
- SCHMITZ, J. & K.J. STRANK:** Nachtrag zu "Die drei Reynoutria-Sippen (Polygonaceae) des Aachener Stadtwaldes. *Göttinger Floristische Rundbriefe* 20, 1986 c, H. 1, S. 77.
- SCHROEDER, D.:** Biologische Unkrautbekämpfung - Möglichkeiten und Begrenzungen. *Z. Pfl.krankh. Pfl.schutz, Sonderheft XII*, 1990, S. 19-41.
- SCHUBERT, R.:** Bioindikation in terrestrischen Ökosystemen. Jena/Halle 1991.
- SCHULDES, H. & R. KÜBLER:** Ökologie und Vergesellschaftung von *Solidago canadensis* et *gigantea*, *Reynoutria japonica* et *sachalinense*, *Impatiens glandulifera*, *Helianthus tuberosus*, *Heracleum mantegazzianum*. Ihre Verbreitung in Baden-Württemberg sowie Notwendigkeit und Möglichkeiten ihrer Bekämpfung. Studie i.A. des Min. f. Umw. Ba.-Wü. 1990. 129 S.
- SCHUSTER, W. & J. LOCHOW:** Anlage und Auswertung von Feldversuchen. Anl. und Beispiele f.d. Praxis der Versuchsarb. Frankfurt, 1979.
- SCHWABE, A.:** Fluß- und bachbegleitende Pflanzengesellschaften und Vegetationskomplexe im Schwarzwald. *Dissertationes Botanicae*, Band 102, 1987, Berlin & Stuttgart.
- SCHWABE, A. & A. KRATOCHWIL:** Gewässer-begleitende Neophyten und ihre Beurteilung aus Naturschutz-Sicht unter besonderer Berücksichtigung Südwestdeutschlands. *Norddt. Naturschutzakademie, Hof Möhr, NNA-Berichte* 4, H. 1, 1991, 27 S. (Sonderdruck).
- SCHWABE-KRATOCHWIL, A.:** Naturnahe Vegetation als Grundlage für die Ufergestaltung von Fließgewässern. 20. Weiterbildungslehrgang 1986. Min. f. Ern., Landw., Umw. und Forsten Ba.-Wü./Wasserwirtschaftsverw., S. 123-148.
- SCHWIND, M.:** Das japanische Inselreich. Bd. 1. Berlin 1967.
- SCOTT, R. & R.H. MARRS:** Impact of Japanese Knotweed and methods of control. *Aspects of Applied Biology* 5, 1984, S. 291-296.
- SEBALD, O., SEYBOLD, S. & G. PHILIPPI:** Die Farn und Blütenpflanzen Baden-Württembergs. Band 1. Stuttgart 1990. 613 S.
- SEIGER, L.A. & H.C. MERCHANT:** The ecology and control of *Polygonum cuspidatum*. *Bulletin of the Ecological Society of America* 72 (2. Suppl.), 1990, S. 322.
- SEIGER, L.A. & H.C. MERCHANT:** Effects of site on survivorship and size of *Polygonum cuspidatum*. *Bulletin of the Ecological Society of America* 72 (2. Suppl.), 1991, S. 247.
- SIEBENEICHER, G.E. (Hrsg.):** Neues großes Gartenlexikon. München 1973.
- STACE, C.:** New Flora of the British Isles. 1991.
- STEVENS, W. & T. REYNOLDS:** Plant virus inhibitors from members of the Polygonaceae. *Biomedical letters* 47, 1992, S. 269-273.
- STEWART, A.N.:** The Polygoneae of Eastern Asia. *Contributions Gray Herbarium* 88, 1930, S. 1-129.
- STRASBURGER, E. (Begr.):** Lehrbuch der Botanik. Stuttgart, Jena, New York 1991, 33. Aufl.
- STYPINSKI, P.:** New localities of *Polygonum sachalinense* Schum. and *Polygonum cuspidatum* Sieb. et Zucc. in Warmia and Masuria. *Fragmenta floristica et Geobotanica Ploska Akademie Nauk Institut Botanica* 23, 1977, H. 1, S. 3-16.
- SUGIURA, T.:** A list of chromosome numbers in angiospermous plants. *Bot. Mag. (Tokyo)* 45, 1931, S. 353-355.
- SUKOPP, H.:** Neophyten in natürlichen Pflanzengesellschaften Mitteleuropas. *Ber. dtsh. bot. Ges.* 75, 1962, S. 193-205.
- SUKOPP, H.:** Der Einfluß des Menschen auf die Vegetation. *Vegetatio (Acta Geobotanica) Separatum* Vol. XVII, 1969, S. 360-371.

- SUKOPP, H.:** Dynamik und Konstanz in der Flora der Bundesrepublik Deutschland. *Schr.R. Veg.kde.* 10, 1976, S. 9-26.
- SUKOPP, H. & I. KOWARIK:** Ökologische Folgen der Einführung neuer Pflanzenarten. *Gentechnologie* 10, 1986, S. 111-135.
- SUKOPP, H. & I. KOWARIK:** Berücksichtigung von Neophyten in Roten Listen gefährdeter Arten. Schriftenreihe für Vegetationskunde, Münster 1986, 18, Rote Listen von Pflanzengesellschaften, S. 105-113
- SUKOPP, H. & B. SCHICK:** Zur Biologie neophytischer Reynoutria-Arten in Mitteleuropa. I. Über Floral- und Extrafloralnektarien. *Verh. Bot. Ver. Berlin Brandenburg* 124, 1991, S. 31-42.
- SUKOPP, H. & B. SCHICK:** Zur Biologie neophytischer Reynoutria-Arten in Mitteleuropa. II. Morphometrie der Sproßsysteme. *Diss. Bot., Festschrift Zoller*, 196, 1993, S. 163-174.
- SUKOPP, H. & B. SCHICK:** Zur Biologie neophytischer Reynoutria-Arten in Mitteleuropa. III. Morphometrie der Laubblätter. *Natur und Landschaft* 67, 1992, S. 31-42.
- SUKOPP, H. & U. STARFINGER:** *Reynoutria sachalinensis* in Europe and in the Far East: A Comparison of the Species Ecology in its Native and Adventive Distribution Range. In: PYSEK, P., PRACH, K., REJMANEK, M. & M. WADE (Ed.): *Plant Invasions - General aspects and Special Problems*. 1995, S. 151-159.
- SUKOPP, H. & U. SUKOPP:** *Reynoutria japonica* HOUTT. in Japan und in Europa. *Veröff. Geobot. Inst. ETH, Stiftung Rübel, Zürich* 98, 1988, S. 354-372.
- TATENO, M.:** Growth and turnover of microbial biomass during the decomposition of organic matter *Polygonum cuspidatum* in vitro. *Ecological Research* 2, 1988, H. 2, S. 113-120.
- TREPL, L.:** Zum Gebrauch von Pflanzenarten als Indikatoren der Umweltanalytik. *S.ber. Ges. Naturforsch. Freunde Berlin. N.F.* 1983, 23, S.151-171.
- TRINAJSTIC, L.:** Contribution to the knowledge about spreading of the species *Reynoutria japonica* Houtt. (Polygonaceae) in Yugoslavia. *Fragmenta herbológica Jugoslavica* 19, 1990, H. 2, S. 139-143.
- UNIVERSITÄT HOHENHEIM:** Untersuchungen zur umweltverträglichen Bekämpfung des Japan-Knöterichs (*Reynoutria japonica*) an Fließgewässern in Baden-Württemberg: Wissenschaftliches Begleitprogramm zur Biologie und Ökologie. *Inst. f. Landsch.- u. Pfl.ökol.*, 1994 (Abschlußbericht).
- VOGEL, G. & H. ANGERMANN:** DTV-Atlas zur Biologie. Bd. 1. München 1983.
- VOGG, ?:** *Polygonum cuspidatum* Siebold und Zucc. Ein Studienversuch zur Pflanzenbiologie. *Beiträge des Naturwiss. Vereins Augsburg* 42, 1919, S. 175-181.
- VOIGTLÄNDER, G. & H. JACOB:** Grünlandwirtschaft und Futterbau. Stuttgart 1987.
- WALSER, B.:** Praktische Umsetzung der Bekämpfung des Japanknöterichs im Rahmen der Gewässerunterhaltung beim WBA Offenburg. *Tagungsheft, Symposium „Neophyten - Gefahr für die Natur?“ der Akademie für Natur- und Umweltschutz Baden-Württemberg*, 1994.
- WALTER, E.:** Zur Ausbreitung der beiden fernöstlichen Staudenknöteriche (*Reynoutria japonica* und *R. sachalinensis*) in Oberfranken. *LXIV. Bericht Naturforsch. Ges. Bamberg*, 1989, S. 1-17.
- WBA (Wasserwirtschafts- und Bodenschutzamt) OFFENBURG:** Gewässermorphologische Bewertung der Kinzig und ihrer Nebengewässer im Ortenaukreis. 1991, unveröff.
- WBA (Wasserwirtschafts- und Bodenschutzamt) OFFENBURG:** Naturgemäße Bauweisen zur Ufer- und Böschungssicherung. 1992, unveröff.
- WCISLO, H.:** Chromosome Numbers in the Genus *Polygonum* Sensu-Lato in Poland. *Acta Biologica Cracoviensia Series Botanica* 20, 1977, H. 1-2, S.153-166.
- WEBER, E. & B. SCHMID:** Das Neophytenproblem. *Diss. Bot., Festschrift Zoller*, 196, 1993, S. 209-227.
- WEIS, G.-B.:** Der Jäger als Bauer (II), Deckung - für wen, gegen wen? *Die Pirsch* 13, 1987, S.34-37.
- WELSH DEVELOPMENT AGENCY:** Guidelines for the Control of Japanese Knotweed (*Reynoutria japonica*). Cardiff 1991, 29 S.
- WITTENBERGER, W.:** Zur Ausbreitung des Staudenknöterichs im Raum Offenbach am Main. *Ber. Offenb. Ver. Naturkde.* 80, 1977, S. 31-34.
- WITTIG, R.:** Untersuchungen zur Verbreitung einiger Neophyten im Fichtelgebirge. *Ber. Bayer. Bot. ges.* 52, 1981, S. 71-81.
- WOLF, F.T.:** The growth rate of *Polygonum cuspidatum*. *Journal of the Tennessee Academy of Science* 46, 1971, H. 2, S.80.
- YOSHIOKA, K. in NUMATA, M. (Ed.):** The flora and vegetation of Japan. Amsterdam, London, New York, Tokyo 1974.
- YOUNG, R.G., BALOGH, R.A., SITLER, T.R. & E.C. AHARRAH:** An investigation of Japanese fleecflower (*Polygonum cuspidatum*) planted on strip mines in Clarion and Venango countries, Pennsylvania *Proceedings, Office of Engi-*

neering Serv.; College of Engineering, University of Kentucky, Lexington, USA; 1982, S. 143-152.

ZEH, H.: Ingenieurbiologische Bauweisen. Bern 1986.

ZIMMERMANN, K. & W. TOPP: Anpassungserscheinungen von Insekten an Neophyten der Gattung Reynoutria (Polygonaceae) in Zentraleuropa. Zool. Jahrbücher Abteilung für Systematik, Ökologie und Geographie der Tiere 118, 1991, H. 4, S. 377-391.

ZWOELFER, H.: Possibilities and Limitations in Biological Control of Weeds. OEPP/EPPA Bulletin 3, 1973, H. 3, S. 19-30

ZENTRALSTELLE FÜR FLORISTISCHE KARTIERUNG DER BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND (NORD): Standardliste der Farn- und Blütenpflanzen der Bundesrepublik Deutschland (vorl. Fass.). Flor. Rundbr. Beih. 3, 1993, S.208

Handbuch Wasserbau Baden-Württemberg

Herausgeber: Umweltministerium Baden-Württemberg

<i>Band</i>	<i>Titel</i>	<i>Jahr der Herausgabe</i>	<i>Preis (falls lieferbar)</i>
1	Gewässerausbau Wasserbaumerkblatt* Beschreibung ausgewählter Gewässerstrecken	1986	vergriffen
2	Naturnahe Umgestaltung von Fließgewässern Teil I: Leitfaden Teil II : Dokumentation ausgewählter Projekte	1992	25,- DM
3	Naturgemäße Gestaltung von Fließgewässern Kolloquium am 3. Mai 1990 in Karlsruhe	1990	vergriffen
4	Methodologische Untersuchungen zur Feuchteindikation von Biotopen auf der Basis von Bodenkäfergesellschaften	1990	20,- DM
5	Naturgemäße Bauweisen Ufer- und Böschungssicherungen	1993	20,- DM
6	Gehölze an Fließgewässern Gehölzverwendung für die Entwicklung naturnaher Ufergehölzsäume	1994	25,- DM

*) derzeit in Neubearbeitung

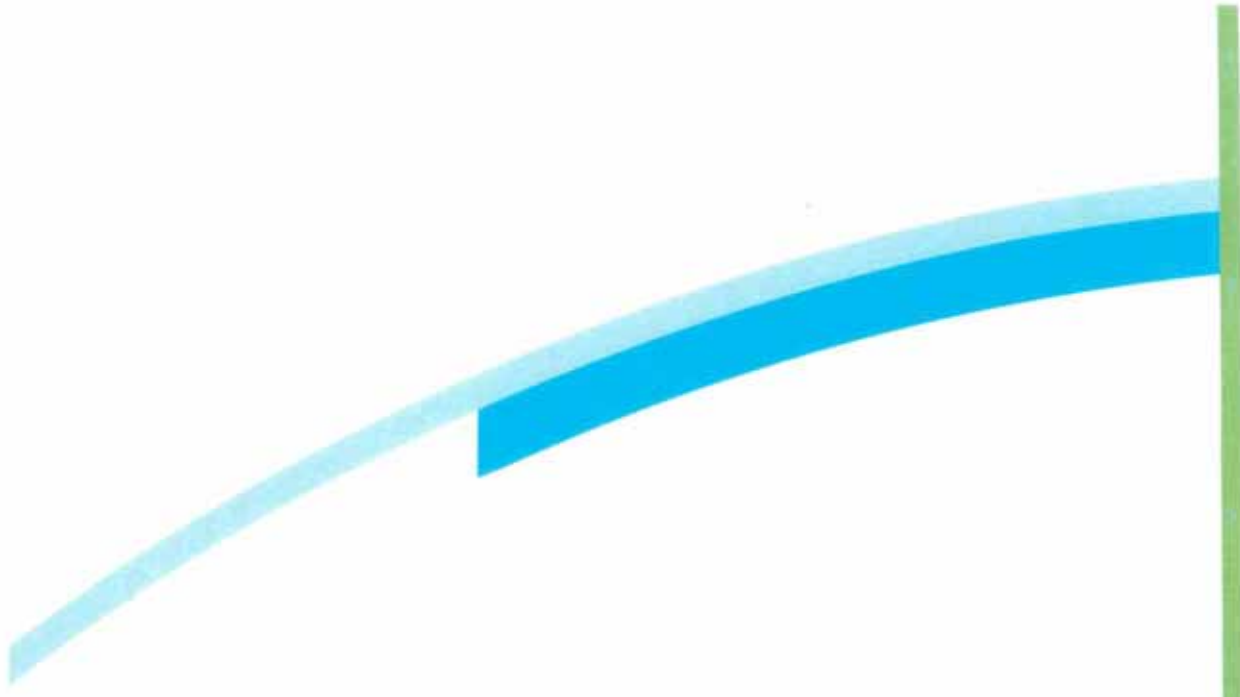
Diese Reihe wird fortgeführt als Veröffentlichungen des Zentralen Fachdienstes Wasser-Boden-Abfall-Altlasten bei der Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg/Handbuch Wasser 2.

Handbuch Wasser 2

Veröffentlichungen des Zentralen Fachdienstes Wasser-Boden-Abfall-Altlasten bei der Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg (ISSN 0941-780X), Handbuch Wasser 2 (ISSN 0946-0675)

<i>Band</i>	<i>Titel</i>	<i>Jahr der Herausgabe</i>	<i>Preis (falls lieferbar)</i>
1	Gewässerkundliche Beschreibung Abflußjahr 1990	1991	30,- DM
2	Bauweisen des naturnahen Wasserbaus Umgestaltung der Enz in Pforzheim	1991	30,- DM
3	Gewässerentwicklungsplanung - Leitlinien -	1992	30,- DM
4	Übersichtskartierung der morphologischen Naturnähe von Fließgewässern - Vorinformation -	1992	vergriffen
5	Regionalisierung hydrologischer Parameter für N-A-Berechnungen - Grundlagenbericht - - Programmdiskette -	1992	50,- DM 40,- DM

6	Ökologie der Fließgewässer Niedrigwasser 1991	1992	40,- DM
7	Biologisch-ökologische Gewässeruntersuchung - Arbeitsanleitung - - Programmdiskette -	1993	50,- DM 40,- DM
8	Verkrautung von Fließgewässern Einflußfaktoren, Wechselwirkungen, Kontrollmaßnahmen	1993	21,- DM
9	Gewässerkundliche Beschreibung Abflußjahr 1992	1993	30,- DM
10	Kontrolle des Japan-Knöterichs an Fließgewässern I. Erprobung ausgewählter Methoden	1994	30,- DM
11	Gewässerrandstreifen Voraussetzung für die naturnahe Entwicklung der Gewässer	1994	30,- DM
12	Gewässerkundliche Beschreibung Hochwasser Dezember 1993	1994	25,- DM
13	Handbuch der stehenden Gewässer in Baden-Württemberg Regierungsbezirke Freiburg, Karlsruhe und Stuttgart	1994	25,- DM
14	Handbuch der stehenden Gewässer in Baden-Württemberg Regierungsbezirk Tübingen	1994	25,- DM
15	Übersichtskartierung des morphologischen Zustands der Fließgewässer in Baden-Württemberg 1992/93	1994	25,- DM
16	Umweltverträglichkeitsprüfung bei Wasserbauvorhaben nach § 31 WHG. Leitfaden Teil I: Verfahren	1994	25,- DM
17	Morphologischer Zustand der Fließgewässer in Baden-Württemberg Auswertung und Interpretation der Ergebnisse der Übersichtskartierung 1992/93	1995	25,- DM
18	Kontrolle des Japan-Knöterichs an Fließgewässern II. Untersuchungen zu Biologie und Ökologie der neophytischen Knöterich-Arten	1995	30,- DM
19	Gesamtkonzept Naturnahe Unterhaltung von Fließgewässern Möglichkeiten, Techniken, Perspektiven	1995	15,- DM
20	Naturnahe Umgestaltung von Fließgewässern Teil III Dokumentation der Entwicklung ausgewählter Pilotvorhaben - Erste Zwischenergebnisse der Erfolgskontrolle -	1995	30,- DM



LANDESANSTALT FÜR
UMWELTSCHUTZ
BADEN-WÜRTTEMBERG