

4.7 Paulownie (*Paulownia tomentosa* (THUNB. ex MURRAY) STEUD.)

(Autoren: *Bernd Stimm, Steffi Heinrichs, Reinhard Mosandl*)

4.7.1 Nomenklatur und Systematik

Familie: Paulowniaceae (Blauglockenbaumgewächse)

Gattung: *Paulownia* SIEBOLD & ZUCC. (Blauglockenbaum)

Art: *Paulownia tomentosa*, Blauglockenbaum, Kiri-Baum, Kaiser-Paulownie

4.7.2 Gesamtbewertung der Invasivität und der Anbauwürdigkeit

Die Paulownie (*Paulownia tomentosa*) ist in ihrer Invasivität in Wäldern und im Offenland wegen ihrer hohen Lichtbedürftigkeit unterschiedlich zu beurteilen. Zwar besitzt sie ein hohes Reproduktions- und ein deutliches Ausbreitungspotenzial, die sie aber nur bei ausreichendem Lichtangebot auf Ruderalflächen, Bahngeländen, Industrie- und Gewerbebrachen sowie in Siedlungen bedingt umsetzen kann. Im Wald unterliegt sie der Konkurrenz heimischer Waldbaumarten und ist somit nicht als invasiv anzusehen. Im Offenlandbereich dagegen zeigen sich Anzeichen für eine mögliche Invasivität.

Die Paulownie wurde in Europa zunächst vorrangig als Zier- und Parkbaum gepflanzt. In Wäldern ist sie nur eingeschränkt als anbauwürdig anzusehen. Aufgrund eines vergleichsweise späten Blattaustriebs der Sämlinge auf Waldstandorten kommt es häufig zum Unterliegen gegenüber der Konkurrenz der Begleitvegetation. Eine Mischung mit heimischen Baumarten und eine ökologische Integration in natürliche oder naturnahe Waldökosysteme sind fraglich. Auf Agrarflächen laufen zurzeit Versuche zur Nutzbarkeit der schnellwüchsigen Art in Kurzumtriebsplantagen zur Energie- und Wertholzerzeugung (Agro-Forstwirtschaft). Bei Anpflanzungen im Offenland sollten die Vorteile der Paulownie als trockenheitstolerante Art mit den genannten Nachteilen abgewogen werden. In Nordamerika wandert sie bereits ausgehend von solchen Wertholzplantagen in Wälder ein, allerdings nur nach großflächigen Störungen.

4.7.3 Vorkommen

4.7.3.1 Natürliches Vorkommen

4.7.3.1.1 Geographische und höhenzonale Verbreitung

Das natürliche Verbreitungsgebiet der Paulownie ist hauptsächlich Zentral- bis West-China (28 ° - 40 ° n. Br., 105 ° - 123 ° ö. L.), vor allem in folgenden Provinzen: Liaoning, Shanxi, Henan, Shaanxi, Gansu, Sichuan, Hubei sowie Jiangxi (Abb. 14). Sie kommt dort in Höhenlagen von 500 bis 1800 m ü. NN vor (Hecker und Weisgerber 2003). Aufgrund einer weit verbreiteten Kultivierung der Art auch in anderen Ländern Süd- und Ostasiens (Korea, Japan) ist die genaue Definition des natürlichen Verbreitungsgebiets schwierig (eFloras 2014).



Abb. 14. Karte des natürlichen Verbreitungsgebiets von *Paulownia tomentosa*.
Verändert nach: Hecker und Weisgerber (2003)

4.7.3.1.2 Klima, Böden, Waldgesellschaften

Im natürlichen Verbreitungsgebiet toleriert *P. tomentosa* erhebliche Temperaturspannen. Als absolute Minimumtemperatur werden Werte zwischen -25 und -18 °C angegeben, wobei jüngere Pflanzenteile frostgefährdeter sind und lediglich Temperaturen von ca. -10 °C tolerieren (Richter und Böcker 2001, CABI 2014). Die Paulownie kann Temperaturen bis über 40 °C ertragen, als mittlere Maximaltemperaturen im heißesten Monat werden Temperaturen zwischen 26 und 33 °C angegeben. Die Jahresmitteltemperaturen im natürlichen Verbreitungsgebiet liegen zwischen 10 und 16 °C; das Wärmeoptimum liegt bei 24 bis 29 °C mit Niederschlägen um die 1000 mm. Aber auch hinsichtlich der Niederschlagssumme zeigt die Baumart eine hohe Plastizität mit tolerierten Werten zwischen 500 und 2500 mm (Kiermeier 1977, CABI 2014).

P. tomentosa bevorzugt basenreiche, tiefgründige, gut drainierte Böden. Untersuchungen aus den USA zeigen, dass die Baumart insbesondere von sandigen Böden profitiert, während sie durch einen hohen Tongehalt eher benachteiligt ist (Johnson et al. 2003, Ehrenfeld 2008). *P. tomentosa* ist aber auch zur Besiedelung von Rohböden befähigt und gedeiht bei pH-Werten zwischen unter $4,0$ bis $8,5$ (Zhu et al. 1986, Richter und Böcker 2001, CABI 2014). Bei pH-Werten um $3,0$ zeigten Sämlinge kein Wachstum (Melhuish et al. 1990).

Die Paulownie ist ausgesprochen lichtliebend und kommt daher im natürlichen Verbreitungsgebiet in offenen Laub- und Mischwäldern vor und seltener auch in Sekundärwäldern (Abb. 15, Richter und Böcker 2001, CABI 2014).



Abb. 15. *Paulownia tomentosa* (im Bild rechts) im natürlichen Verbreitungsgebiet in China neben *Phyllostachis edulis*, *Cunninghamia lanceolata* und *Miscanthus sinensis* (Foto: T. Vor)

4.7.3.1.3 Genetische Differenzierung und Provenienzen

Die Gattung *Paulownia* weist 7 Arten auf (eFloras 2014). Die Flora von China unterteilt die Art *P. tomentosa* in 2 Varietäten im natürlichen Verbreitungsgebiet (*P. tomentosa* var. *tomentosa* und var. *tsinlingensis*), die sich in der Behaarung und im Anbaugesbiet unterscheiden. Die Blätter von *P. tomentosa* var. *tomentosa* sind im Gegensatz zu var. *tsinlingensis* abaxial stark behaart. Des Weiteren wird diese Variante in größeren Höhenlagen kultiviert (eFloras 2014). Jiang (1988, zitiert nach CABI 2014) unterscheidet drei Varietäten, die sich hinsichtlich ihrer Verbreitung unterscheiden: *P. tomentosa* var. *lucida* ist danach hauptsächlich im Norden Chinas verbreitet, var. *lanata* in der nördlichen Jangtse-Region und var. *tsinlingensis* in Zentral- und Südwest-China.

Im Hauptwuchsgebiet der Paulownie in China werden verschiedene Versuche mit unterschiedlichen Provenienzen durchgeführt, um die Herkünfte mit dem bestem Wachstum sowie Resistenzen gegen die Hexenbesen-Krankheit und Frost zu identifizieren und in Großplantagen anzubauen. Verschiedene chinesische Forschungsstationen sind an diesen Versuchen beteiligt (CABI 2014).

4.7.3.2 Vorkommen in Europa

4.7.3.2.1 Anbaugeschichte, Anbauerfahrungen, Anbauumfang

1834 wurde die Art als Zierbaum nach Europa (Frankreich) eingeführt (Hu 1961). In Deutschland wurde ein erstes verwildertes Vorkommen 1925 entdeckt (Kiermeier 1977). Heute gilt die Baumart als etabliert in Deutschland, Frankreich, Großbritannien, Italien, Österreich, der Schweiz und Spanien (siehe DAISIE 2014).

Vermehrte verwilderte Vorkommen in Deutschland gibt es jedoch erst seit den 1970er- und 1980er-Jahren, die sich auf die wärmsten Regionen in Rheinland-Pfalz und Baden-Württemberg beschränkten (Kiermeier 1977). Etabliert ist die Art heute insbesondere im städtischen Bereich, sowie entlang von Bahnstrecken, wo sie sich auch rasant ausbreitet, und in stadtnahen Industriebrachen (Richter und Böcker 2001, Schmid 2005). In anderen Regionen wurde die Art erst später (ab 1987) verwildert gefunden, selbst in Gebieten, in denen sie bereits seit Jahrzehnten angepflanzt wurde, wie z.B. in der Ruhr-Niederung (Keil und Loos 2004). Aktuell zeigt sie dort jedoch Ausbreitungstendenzen in größeren Städten und entlang von Bahnschienen. Tendenziell eingebürgert ist sie heute in Baden-Württemberg, Hessen, Nordrhein-Westfalen und Sachsen, unbeständige Vorkommen werden für die Bundesländer Berlin, Bayern, Niedersachsen und Rheinland-Pfalz genannt (Buttler et al. 2014). In anderen europäischen Ländern konnte eine ähnliche Entwicklung beobachtet werden mit einigen spontanen Vorkommen im urbanen Bereich und einer Ausbreitung in diesen Gebieten seit den 80er Jahren (zusammengefasst in Essl 2007).

Aufgrund des hochwertigen Holzes der Paulownie, welches als Bau- und Möbelholz, zur Isolation oder zum Bau von Musikinstrumenten genutzt werden kann, gibt es seit Herbst 2011 koordiniert von der TU München einen Anbauversuch verschiedener *Paulownia*-Arten und Herkünfte entlang eines Klimagradienten, der Erkenntnisse darüber liefern soll, ob ein Anbau zur Wertholzproduktion auch in Deutschland möglich ist (Stimm et al. 2013).

4.7.3.2.2 Genetische Differenzierung und Provenienzen

In Deutschland wird neben *P. tomentosa* u. a. die Art *P. elongata* kultiviert, die höhere Wuchsleistungen erwarten lässt. Besonders von letzterer werden selektierte Kultivare bzw. Sorten, z.T. auch Hybride mit anderen *Paulownia*-Arten, im Handel angeboten (Stimm et al. 2013).

4.7.4 Ökologische und biologische Eigenschaften

4.7.4.1 Standortansprüche und Einfluss auf den Standort

P. tomentosa bevorzugt nährstoffreiche, ausreichend feuchte, gut drainierte Böden mit pH-Werten zwischen 4,0 und 8,5. Für hochproduktive Plantagen wird z.B. fruchtbarer Ackerboden benötigt (CABI 2014). Die Art ist lichtliebend und kommt daher im natürlichen Verbreitungsgebiet nur in offenen Wäldern z.B. nach Störungen vor (s.o.). Sie gilt als Pionierart. Trotz dieser Standortansprüche beschränkt sich das spontane Vorkommen in Europa jedoch auf trockene Grenzstandorte im urbanen Bereich (Fugen, Mauerritzen, trockene Ruderalstandorte, Bahndämme), wo die Art Rohboden besiedeln kann (Richter und Böcker 2001, Essl 2007). An diesen Standorten ist die Paulownie äußerst tolerant gegenüber Tritt, hohen Sommertemperaturen (bis 60 °C, Richter und Böcker 2001) und Trockenheit und bildet häufig Reinbestände. In naturnäheren Vegetationstypen, z.B. in Waldlichtungen oder auch in Auen, tritt die Baumart bisher in Europa kaum auf (Essl 2007). Anders ist dies in Nordamerika, wo anthropogene und natürliche Störungen die Einwanderung der Paulownie in Wälder massiv fördern (Williams 1983, 1993). In der Regel ist die Art jedoch wenig konkurrenzkräftig gegenüber mittel- und spätsukzessionalen Arten. Gelingt es ihr jedoch über

1,5 m hinauszuwachsen, kann sie mit ihrem dichten Blätterdach jegliche Bodenvegetation ausschließen (Beckjord et al 1983, zitiert nach Innes 2009).

Die Paulownie kann, u.a. aufgrund der Größe der Blätter mit bis zu 40 cm Länge und bis 20 cm Breite, große Mengen an Blattstreu produzieren, die die Etablierung anderer Arten, aber auch der Paulownie selbst behindern kann. Aufgrund der schlechten thermischen Eigenschaften der Paulownie, führt die Materialakkumulation jedoch nicht zu einer Erhöhung des Feuerrisikos (Innes 2009). Die Blätter enthalten hohe Stickstoffkonzentrationen (ca. 3 %), so dass sich die Zersetzung der Laubstreu auch auf die Nährstoffverfügbarkeit des Standorts auswirken kann (CABI 2014).

4.7.4.2 Verjüngung

Der Blütenstand der Paulownie ist ein aufrechter, bis 35 cm langer Thyrsus (Hecker und Weisgerber 2003). Die zwittrigen Blüten werden durch verschiedene Pollen- und Nektar fressende Insekten bestäubt. Die Baumart fruchtet bereits ab einem Alter von 4 bis 5 Jahren (manchmal auch 3 Jahren oder 8 bis 10 Jahren im natürlichen Verbreitungsgebiet; Innes 2009) und produziert eine große Menge leichter, geflügelter Samen (z.T. über 2000 pro Samenkapsel und 20 Millionen pro Baum und Jahr, CABI 2014), die durch Wind und Wasser leicht über große Distanzen ausgebreitet werden können, wobei die meisten Jungpflanzen bis zu einer Entfernung von 200 m vom Mutterbaum auftreten (Richter und Böcker 2001). In den USA wurden aber auch Sämlinge in 3 km Entfernung vom Mutterbaum gefunden (Innes 2009). Die Samen können sofort nach der Ausbreitung (ab Oktober) keimen, aber auch einige Jahre lebensfähig im Boden verbleiben, wobei Studien auf eine Überlebensdauer der Samen von 2 bis 3 Jahren hindeuten (Innes 2009). Eine Untersuchung zur Ausbildung von Samenbanken in einem nordamerikanischen Laubwald zeigte, dass die Paulownie zu den drei häufigsten Arten in der Samenbank gehörte (Hyatt und Casper 2000).

Freiland-Untersuchungen in Nord-Amerika belegen, dass die Keimungsrate entlang eines Lichtgradienten generell gering ist (15 %) und fast ausschließlich unter hoher Lichtverfügbarkeit auf einem Kahlschlag erfolgte (Longbrake 2001). Des Weiteren verhindert eine dichte Laubstreu die Keimung (Kuppinger 2008). Eine Untersuchung in Süd-Osteuropa ergab außerdem, dass die Temperaturen und die Lichtverfügbarkeit zur Zeit der Samenausbreitung in Europa limitierend wirken und das geringe Vorkommen verwilderter Exemplare erklären können. Lediglich starke Temperaturschwankungen, wie sie an Grenzstandorten in Städten, die bereits jetzt von *P. tomentosa* besiedelt werden, auftreten, können die Keimung induzieren, so dass sich die Baumart dort halten kann (Grubišić und Konjević 1992).

Nach erfolgreicher Etablierung ist das Wachstum des Keimlings im ersten Jahr gering, da die Energie in unterirdisches Wachstum investiert wird. Danach erfolgt eine Allokation in oberirdische Pflanzenteile (Longbrake 2001). Außerdem sorgen Spätfröste, Trockenheit, Herbivorie und Konkurrenz von begleitender Vegetation häufig zu geringen Überlebensraten der Keimlinge. Das Wachstum der Keimlinge ist außerdem abhängig von den Strahlungsverhältnissen, mit höheren Wachstumsraten unter hoher Lichtverfügbarkeit im Vergleich zu geschlossenen Wäldern (Longbrake 2001).

Neben der großen Samenproduktion ist *P. tomentosa* auch in der Lage, sich vegetativ über Adventivknospen am Stamm und an den Wurzeln zu vermehren und auszubreiten. Je nach Größe des Wurzelstocks ist der Stockausschlag mit bis zu 5 m pro Jahr zu einem sehr schnellen Wachstum in der Lage, so dass die Art auch für Kurzumtriebsplantagen genutzt wird. Sämlinge sind bereits 4 Wochen nach der Keimung in der Lage Stockausschläge zu bilden, selbst unter geringer Lichtverfügbarkeit (Innes 2009). Verantwortlich dafür ist die anfängliche Allokation der Ressourcen in unterirdische Pflanzenteile, die es der Art erlaubt sich früh vegetativ zu vermehren, so dass sie sich auch unter schlechter werdenden Bedingungen an einem Standort halten kann (Longbrake und McCarthy 2001).

4.7.4.3 Wachstum

Die Paulownie gilt als Pionierbaum, die insbesondere unter hoher Lichtverfügbarkeit in der Jugend sehr rasch wächst (> 1 m pro Jahr bzw. vegetativ bis zu 5 m pro Jahr; s.o.). Die höchste Wuchskraft erreicht die Baumart mit 20 bis 30 Jahren. Sie kann in Einzelfällen Höhen bis 30 m erreichen und Durchmesser von 1 bis 2 m. Die Art neigt zu starker Verzweigung, wenn sie unter guten Lichtbedingungen wächst. Sie kann im Wald aber auch einen geraden Stamm hervorbringen. Die Paulownie ist jedoch sehr kurzlebig; im Alter von 60 bis 70 Jahren sterben die meisten Bäume ab (Innes 2009).

P. tomentosa hat ein gut entwickeltes, weitreichendes Wurzelsystem, das jedoch je nach Bodenbedingung variiert. Eine dominierende Hauptwurzel fehlt meist; geotrop orientierte, teils gekrümmte Wurzeln erschließen jedoch Bodentiefen von 0,8 bis 1,0 m. Die oberflächennahen Wurzeln wachsen sehr dicht in einem Radius bis etwa 0,5 m, teilweise bis 4 m; in tieferen Bodenbereichen ab ca. 0,4 m können plagiotrope Seitenwurzeln deutlich über die Kronenprojektion hinausreichen (Hecker und Weisgerber 2003).

4.7.5 Waldbauliche Behandlung

Aufgrund der geringen Schattentoleranz der Paulownie ist eine Einbringung in geschlossene Wälder in Mitteleuropa nur nach größeren Störungen möglich. Alternative Anbaumöglichkeiten ergeben sich jedoch in Form von Wertholz- oder Kurzumtriebsplantagen bzw. im agroforstlichen Anbau, wobei entweder Reinkulturen oder Mischungen mit Feldfrüchten wie Weizen oder Raps gepflanzt werden können (CABI 2014).

Die hohe Wuchsleistung der Jungpflanzen ist dabei insbesondere für die Biomasseproduktion interessant. Durch die sympodiale Verzweigung der Paulownie ist die Wertholzerzeugung jedoch mit hohem Pflegeaufwand verbunden (Stimm et al. 2013). Da das Überleben von Sämlingen vor allem nach Bodenstörung sehr hoch ist, sollte der Boden vor einer Plantagenbegründung bearbeitet werden (Innes 2009).

Über die natürliche Variabilität von *P. tomentosa* liegen keine genauen Informationen vor. Die Art unterliegt nicht dem Forstvermehrungsgutgesetz.

4.7.6 Gefährdungen in verschiedenen Entwicklungsstadien

4.7.6.1 Biotische Risiken

Der Hauptschädling in China ist die blattfressende Mottenart *Eumeta variegata*. In Plantagen ist die Hexenbesen-Krankheit besonders häufig, die durch Phytoplasmen verursacht wird und beträchtliche Zuwachsverluste hervorrufen kann, besonders bei jungen Bäumen. Die Krankheit wird im natürlichen Verbreitungsgebiet durch *Halymorpha picus* verbreitet. Eine andere Art dieser Gattung konnte auch in Europa nachgewiesen werden (Wermelinger et al. 2008). Bei der Brennfleckenkrankheit (Anthraknose) werden Blätter und Triebe von Sämlingen befallen. Es kommt zu vorzeitigem Blattfall und Triebsterben (CABI 2014). Eine Entwertung des Holzes findet durch *Thylactus simulans* (Cerambycidae) statt. Als Herbivore werden die Imagines von *Anomala antiqua* und *A. corpulenta* (Scarabaeidae) genannt. Die Raupen von *Agrotis ypsilon* und *A. toxionis* (Noctuidae) befallen Keimlinge und Jungpflanzen. Jungpflanzen können an Keimlings- und Wurzelfäulen erkranken. Auch *Sphaceloma paulowniae* verursacht an jungen Sämlingen und ebenso an mehrjährigen Pflanzen Blatt- und Tribschäden (CABI 2014, Hecker und Weisgerber 2003).

Auch Säugetiere (u.a. Weißwedelhirsche) verbeißen die Blätter der Paulownie gern. Aufgrund der Fähigkeit zum raschen Wiederaustrieb kann die Art jedoch auch bei hoher Wilddichte überleben (Longbrake 2001, Longbrake und McCarthy 2001).

4.7.6.2 Abiotische Risiken

Die Paulownie toleriert diverse Standortsbedingungen. So wächst die Art zwar auf nährstoffreichen, wenig verdichteten und feuchten Böden am besten, sie wächst jedoch auch auf nährstoffarmen, sauren und trockenen Böden. Sehr saure (pH < 4,0) und trockene Böden behindern jedoch die Samenkeimung und das ober- und unterirdische Wachstum der Keimlinge (zusammengefasst in Innes 2009). Auch ein hoher Tonanteil wirkt sich negativ auf das Überleben von Jungpflanzen aus (Johnson et al. 2003).

Sowohl für die Samenkeimung als auch für das Wachstum ist eine ausreichende Lichtverfügbarkeit erforderlich. Die Paulownie gilt als Pionierart, die leicht von umgebender Vegetation überwachsen werden kann (Innes 2009).

Ein weiterer limitierender Faktor für *P. tomentosa* ist die Minimumtemperatur im Winter. Ältere Bäume können Temperaturen unter -20 °C überstehen. Noch nicht ausgereifte Pflanzenteile und Jungpflanzen können jedoch durch Frühfröste und Neuaustriebe im Frühling durch Spätfröste geschädigt werden. Im Zusammenhang mit tiefen Temperaturen wirken sich auch windexponierte Lagen negativ auf das Wachstum von *P. tomentosa* aus (Richter und Böcker 2001). Im Vergleich zu anderen Arten der Gattung *Paulownia* besitzt *P. tomentosa* eine größere Winter- und Frosthärte (Stimm et al. 2013).

Durch Feuer werden oberirdische Pflanzenteile meist abgetötet, die Wurzeln bleiben jedoch intakt, so dass sich die Baumart nach Feuer leicht vegetativ regenerieren kann. Die Samen der Paulownie können größere Hitze (> 100 °C) ebenfalls nicht überstehen, allerdings schaffen großflächige Brände optimale Ausgangsbedingung für die Keimung anfliegender Samen der Paulownie aus der Nachbarschaft. So zeigt die Baumart in den USA insbesondere nach

größeren Feuerereignissen eine hohe Invasivität (Langdon und Johnson 1994, Innes 2009). Bei Immissionsuntersuchungen erwies sich *P. tomentosa* gegenüber Schwefeldioxid und Ozon als weitgehend tolerant im Vergleich zu anderen Baumarten (Hecker und Weisgerber 2003). Empfindlich ist die Paulownie gegen Sonnenbrand; südliche Expositionen sollten daher vermieden werden (Stimm et al. 2013).

4.7.7 Naturschutzfachliche Bewertung

4.7.7.1 Ökologische Integration

In Europa ist die Paulownie meist auf urbane Bereiche beschränkt, wo der Baumart durch ihre auffälligen Blüten eine wichtige ästhetische Rolle zukommt. Die Blüten dienen jedoch auch einer Reihe von Pollen und Nektar fressenden Insekten als Nahrung (Innes 2009). Die Blüten und Blätter zeichnen sich durch einen hohen Zuckergehalt aus, der in Nord-Amerika auch von Säugetieren geschätzt wird (Innes 2009). Untersuchungen in Ohio zeigten hohe Verbissraten an der Paulownie (Longbrake 2001).

Aufgrund des Pioniercharakters der Art wird sie auch im Rahmen von Rekultivierungsmaßnahmen ehemaliger Tagebauflächen genannt. Da die Paulownie in der Konkurrenz mit anderen Arten jedoch langfristig unterliegt, wird der Einsatz der Art für die Rekultivierung degradiertes Standort jedoch stark eingeschränkt (Innes 2009).

Gelingt es der Paulownie sich gegenüber anderen Arten zu behaupten, so kann ihr dichtes Blätterdach jegliche weitere Bodenvegetation ausschließen, wie Untersuchungen in den USA zeigten (Beckjord et al. 1983, zitiert nach Innes 2009). Die dichte Blattstreu kann darüber hinaus die Keimung anderer Arten und der Paulownie selbst unterdrücken. Dass sie auch in Europa überwiegend in Reinbeständen wächst, lässt sich jedoch meist auf die extremen Standorte zurückführen, an denen die Paulownie vorkommt und die von nur wenigen anderen Arten besiedelt werden können (Essl 2007).

4.7.7.2 Prädation und Herbivorie

Der hohe Zuckergehalt der Blätter und Blüten führten dazu, dass die Art in China als wertvolles Viehfutter genutzt wurde (Zhu et al. 1986). Aus den USA ist bekannt, dass die Paulownie auch von Säugetieren gern verbissen wird (s.o.). Insbesondere im natürlichen Verbreitungsgebiet gibt es einige Schädlinge an der Paulownie (s.o.). Samenprädation scheint jedoch minimal zu sein (Longbrake 2001).

Insbesondere in jungen Pflanzenteilen und in Reproduktionsorganen konnten Kobayashi et al. (2008) verschiedene Strukturen zum Schutz gegen Herbivore nachweisen.

4.7.7.3 Interspezifische Konkurrenz

P. tomentosa gilt als reine früh-sukzessionale Art, die im weiteren Verlauf der Sukzession anderen Arten unterlegen ist. Aufgrund ihrer großen Zahl an Samen und dem schnellen Wachstum der Keimlinge kann die Art insbesondere gestörte Standorte, z.B. nach Feuer, aber auch Erdbeben und Stürmen, schnell besiedeln. Im weiteren Verlauf wird sie jedoch meist

von später auftretenden, Schatten toleranteren Arten verdrängt, so dass die Paulownie kaum den Kronenraum erreicht und unterdrückt in der Bodenvegetation verbleibt (Kuppinger et al. 2010). Da die Art auf offenen Boden zur Keimung angewiesen ist, kann sie sich in einem geschlossenen Bestand auch nicht mehr regenerativ verjüngen (Innes 2009). Die geringe Konkurrenzkraft der Paulownie zeigt sich auch durch Untersuchungen, bei denen erst die Entfernung der Nachbarvegetation durch Herbizide das Überleben und das Wachstum von *Paulownia*-Sämlingen förderte (Innes 2009).

Auf trockenen und nährstoffarmen Standorten kann die Paulownie sich jedoch behaupten, da die dort herrschenden Standortbedingungen die meisten anderen Pflanzen ausschließen. An diesen Standorten kann es auch zu einer Verdrängung einheimischer Arten kommen (Simberloff 2000, Kuppinger 2008).

4.7.7.4 Hybridisierung

Hybridisierungen sind aus dem natürlichen Verbreitungsgebiet bekannt. Dort wurde auch ein Hybrid zur weiteren Kultivierung gefördert, der ein erhöhtes Wachstum und Resistenz gegen starke Winde zeigte (CABI 2014). Auch ein Anbauversuch der TU München nutzt neben verschiedenen *Paulownia*-Arten einen Hybriden aus *P. tomentosa* und *P. fortunei* (Stimm et al. 2013).

4.7.7.5 Krankheits- und Organismenübertragung

Wermelinger et al. (2008) berichten über erste Funde der invasiven Wanzenart *Halyomorpha halys*, die aus Ostasien stammt und auch die Paulownie als Nahrung nutzt.

4.7.7.6 Gefährdung der Biodiversität, Invasivität

Obwohl die Paulownie seit den 1970er-Jahren deutliche Ausbreitungstendenzen zeigt, beschränkt sich ihr Vorkommen in Mitteleuropa weiterhin auf Ruderalstandorte im urbanen Bereichen, die neben der Paulownie nur noch von Ruderalarten oder anderen Neophyten besiedelt werden können, so dass naturnahe Ökosysteme bisher nicht beeinträchtigt werden (Essl 2007). Lediglich aus der Schweiz wird über die Besiedlung von Waldlichtungen und Niederwäldern durch die Paulownie berichtet (Landolt 1993, Richter und Böcker 2001). Über eine Verdrängung einheimischer Arten ist jedoch nichts bekannt.

Dies steht im Gegensatz zu Nord-Amerika, wo die Baumart vor allem nach großflächigen Störungen als stark invasiv gilt, insbesondere im Südosten der USA. Auf mittleren Standorten mit einer ausreichenden Wasser- und Nährstoffversorgung wird die Paulownie jedoch schnell von einheimischen Arten verdrängt, so dass keine Artenverluste zu erwarten sind. Anders ist dies jedoch auf trockenen und nährstoffarmen Standorten, die sonnenexponiert und flachgründig sind. An diesen Standorten verdrängte die Paulownie z.B. im Great Smokey Mountains National Park zwei geschützte Pflanzenarten (*Liatris helleri* und *Hudsonia montana*), die an diese Grenzstandorte gebunden sind (Kuppinger 2008, Innes 2009). Aufgrund der Fähigkeit zur vegetativen Vermehrung und der schnellen Samenkeimung nach Feuer war

die Paulownie im gleichen Nationalpark auch gegenüber einheimischen feuerangepassten Kiefernarten im Vorteil (Simberloff 2000).

Die größere Invasivität in Nord-Amerika im Vergleich zu Mitteleuropa wird auch auf die größere Anbaufläche der Art in den USA zurückgeführt, wo *P. tomentosa* zur Wertholzproduktion in den 1970er- und 1980er-Jahren vermehrt angebaut wurde (Innes 2009). In Mitteleuropa dagegen beschränkte sich der Anbau bisher auf Zierbäume in Städten, so dass sich auch die Diasporenverfügbarkeit auf städtische Bereiche beschränkt (Taylor und Irwin 2004, zitiert nach Essl 2007). Eine Erweiterung der Anbaufläche in Mitteleuropa könnte möglicherweise den Druck auf naturnähere Artengemeinschaften, insbesondere an Grenzstandorten, erhöhen, wie dies bei einer Reihe fremdländischer Arten beobachtet worden ist (Kowarik 2003, Lockwood et al. 2005). Die Toleranz der Paulownie gegenüber Trockenheit und extremen Sommertemperaturen, sowie die Abhängigkeit der Samenkeimung von hohen Temperaturen und von größeren Temperaturschwankungen, deuten daraufhin, dass die Baumart auch vom Klimawandel profitieren kann. Bestehende Populationen und zukünftige Anbauten sollte daher beobachtet werden, um eine weitere spontane Ausbreitung und mögliche Gefährdung naturnaher Ökosysteme abschätzen zu können.

4.7.7.7 Andere ökosystemare Auswirkungen

Aufgrund der Pioniereigenschaften der Paulownie wurde sie auch zur Rekultivierung von Tagebauflächen genutzt, wo die Art möglicherweise durch die stickstoffreiche Laubstreu auch den Standort verbessern kann (s.o.).

Aufgrund des schnell wachsenden Wurzelsystems, besonders im 1. Jahr, kann die Art auch als Erosionsschutz gepflanzt werden. In Städten kann sie insbesondere auf sehr trockenen Standorten eine wichtige Begrünungsfunktion einnehmen (CABI 2014).

4.7.7.8 Möglichkeiten der Kontrolle

Aufgrund der geringen Konkurrenzkraft der Baumart gegenüber schattentoleranteren Pflanzenarten, wird die Art auf den meisten Standorten auf natürliche Weise im Zuge der Sukzession zurückgedrängt. Auf Standorten, auf denen sie sich jedoch dauerhaft etablieren und einheimische Arten verdrängen kann, kann ein kombiniertes Management aus Ringeln zur Verhinderung der Samenproduktion, regelmäßiges Zurückschneiden des Stockausschlags sowie eine anschließende Herbizidbehandlung der Schnittflächen erfolgreich sein (Innes 2009).

Eine Studie aus den USA zeigte außerdem, dass die Einbringung von Samen einheimischer Arten den Erfolg der Paulownie auf gestörten Standorten ebenfalls verringern kann. Die Keimungsraten von *Liquidambar styraciflua* (Amberbaum) und *Platanus occidentalis* (Platane) lagen deutlich höher als die der Paulownie, so dass beide einheimischen Arten einen Wachstumsvorsprung hatten und die Paulownie ausdunkeln konnten (Moore und Lacey 2009).

4.7.8 Literatur

Buttler, K.P., Thieme, M. et al. 2012. Florenliste von Deutschland - Gefäßpflanzen. Version 5 (Juli 2013). <http://www.kp-buttler.de/florenliste/index.htm>, [24. März 2014]

- CABI 2014 *Paulownia tomentosa*. In: Forestry Compendium. Wallingford, UK: CAB International. www.cabi.org/fc, [24. März 2014]
- DAISIE 2014 *Paulownia tomentosa*.
<http://www.europe-aliens.org/speciesFactsheet.do?speciesId=18222#>, [24. März 2014].
- eFloras 2014 *Paulownia*. In: Flora of China
http://www.efloras.org/florataxon.aspx?flora_id=2&taxon_id=124177, [24. März 2014],
 Missouri Botanical Garden, St. Louis, MO & Harvard University Herbaria, Cambridge, MA
- Ehrenfeld, J.G. 2008. Exotic invasive species in urban wetlands: environmental correlates and implications for wetland management. *Journal of Applied Ecology* 45, 1160-1169
- Grubišić, D., Konjević, R. 1992. Light and temperature action in germination of seeds of the empress tree (*Paulownia tomentosa*). *Physologia Plantarum* 86, 479-483
- Hecker, U., Weisgerber, H. 2003. *Paulownia tomentosa* (Thunb. ex Murray) Steud. In: Schütt, P.; Weisgerber, H.; Schuck, H.-J.; Lang, U.; Roloff, A. (Hrsg.): Enzyklopädie der Holzgewächse, ecomed-Verlag, Landsberg/Lech - München, 32. Erg.Lfg. 06/03
- Hu, S. Y. 1961. The economic botany of the Paulownias. *Economic Botany* 15, 11-27
- Hyatt, L.A., Casper, B.B. 2000. Seed bank formation during early secondary succession in a temperate deciduous forest. *Journal of Ecology* 88, 516-527
- Innes, R.J. 2009. *Paulownia tomentosa*. In: Fire Effects Information System, [Online]. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station, Fire Sciences Laboratory (Producer). <http://www.fs.fed.us/database/feis/> [2014, December 22]
- Johnson, J.E., Mitchem, D. O., Kreh, R.E. 2003. Establishing royal paulownia on the Virginia Piedmont. *New Forests* 25, 11-23
- Keil, P., Loos, G.H. 2004. Ergasiophyten auf Industriebrachen des Ruhrgebietes. *Flor. Rundbr.* 38, 1-2, 101-112
- Kiermeier, P. 1977. Erfahrungen mit *Paulownia tomentosa* (Thunb.) Steud. im Rheingau. *Mitt. Dtsch. Dendrol. Ges.* 69, 11-22
- Kobayashi, S., Asai, T., Fujimoto, Y., Kohshima, S. 2008. Anti-herbivore structures of *Paulownia tomentosa*: morphology, distribution, chemical constituents and changes during shoot and leaf development. *Annals of Botany* 101, 1035-1047
- Kowarik, I. 2003. Human agency in biological invasions: secondary releases foster naturalization and population expansion of alien plant species. *Biological Invasions* 5, 281-300
- Kuppinger, D.M. 2008. Post-fire vegetation dynamics and the invasion of *Paulownia tomentosa* in the southern Appalachians. Dissertation University of North Carolina at Chapel Hill
- Kuppinger, D.M., Jenkins, M.A., White, P.S. 2010. Predicting the post-fire establishment and persistence of an invasive tree species across a complex landscape. *Biological Invasions* 12, 3473-3484
- Landolt, E. 1993. Über Pflanzenarten, die sich in den letzten 150 Jahren in der Stadt Zürich stark ausgebreitet haben. *Phytocoenologia* 23, 651-663
- Langdon, K.R., Johnson, K.D. 1994. Additional notes on invasiveness of *Paulownia tomentosa* in natural areas. *Natural Areas Journal* 14, 139-140
- Lockwood, J.L., Cassey, P., Blackburn, T. 2005. The role of propagule pressure in explaining species invasions. *Trends in Ecology and Evolution* 20, 223-228
- Longbrake, A.C.W. 2001. Ecology and invasive potential of *Paulownia tomentosa* (Scrophulariaceae) in a hardwood forest landscape. Dissertation Ohio University
- Longbrake, A.C.W., McCarthy, B.C. 2001. Biomass allocation and resprouting ability of princess tree (*Paulownia tomentosa*: Scrophulariaceae) across a light gradient. *The American Naturalist* 146, 388-403

- Melhuish, J.H. jr., Gentry, C.E., Beckjord, P.R. 1990. *Paulownia tomentosa* seedling growth at differing levels of pH, nitrogen, and phosphorus. *Journal of Environmental Horticulture* 8, 205-207
- MonumentalTrees, 2014: Monumentale Bäume.
<http://www.monumentaltrees.com/de/weltweit-paulowniatomentosa/>;
<http://www.monumentaltrees.com/de/baeume/paulowniatomentosa/rekorde/>, [24. März 2014]
- Moore, J. E., Lacey, E.P. 2009. A comparison of germination and early growth of four early successional tree species of the southeastern United States in different soil and water regimes. *The American Midland Naturalist* 162, 388-394
- Richter, M., Böcker, R., 2001. Städtisches Vorkommen und Verbreitungstendenzen des Blauglockenbaumes (*Paulownia tomentosa*) in Südwestdeutschland. *Mitt. Dtsch. Dendrol. Ges.* 86, 125-132
- Schmid, M. 2005. Untersuchungen zur neophytischen Gehölzflora im Stuttgarter Stadtgebiet. *Jahreshefte der Gesellschaft für Naturkunde in Württemberg* 161, 187-257
- Simberloff, D. 2000. Global climate change and introduced species in United States forests. *The Science of the Total Environment* 262, 253-261
- Stimm, B., Stiegler, J., Genser, C., Wittkopf, S., Mosandl, R. 2013. *Paulownia* – Hoffnungsträger aus Fernost? Eine schnellwachsende Baumart aus China in Bayern auf dem Prüfstand. *LWF aktuell* 96, 18-21
- Wermelinger, B., Wyniger, D., Forster, B. 2008. First records of an invasive bug in Europe: *Halymorpha halys* Stål (Heteroptera: Pentatomidae), a new pest on woody ornamentals and fruit trees? *Mitteilungen der Schweizerischen Entomologischen Gesellschaft* 81, 1-8
- Williams, C.E. 1983. The exotic empress tree, *Paulownia tomentosa*: an invasive pest of forests. *Natural Areas Journal* 13, 221-222
- Williams, C.E. 1993. Age structure and importance of naturalized *Paulownia tomentosa* in a central Virginia streamside forest. *Castanea* 58, 243-249
- Zhu, Zhao-Hua, Chao, Ching-Ju, Lu, Xin-Yu, Xiong, Yao Gao 1986. *Paulownia* in China: Cultivation and Utilization. *Chin. Acad. Forestry, Beijing. Publ. Asian Network for Biological Sciences & International Development Research Centre*