
Institut for Skovbrug og Skovøkologi i Tempererede Zoner
Fakultet for Skovvidenskab og Skovøkologi

Risici og muligheder ved dyrkning af paulownia under centraleuropæiske forhold

Afhandling

for at opnå doktorgraden: Doctor forestalium (Dr. forest.)

Det Skovvidenskabelige Fakultet og Skovøkologi

ved Georg-August Universitetet i Göttingen

præsenteret af

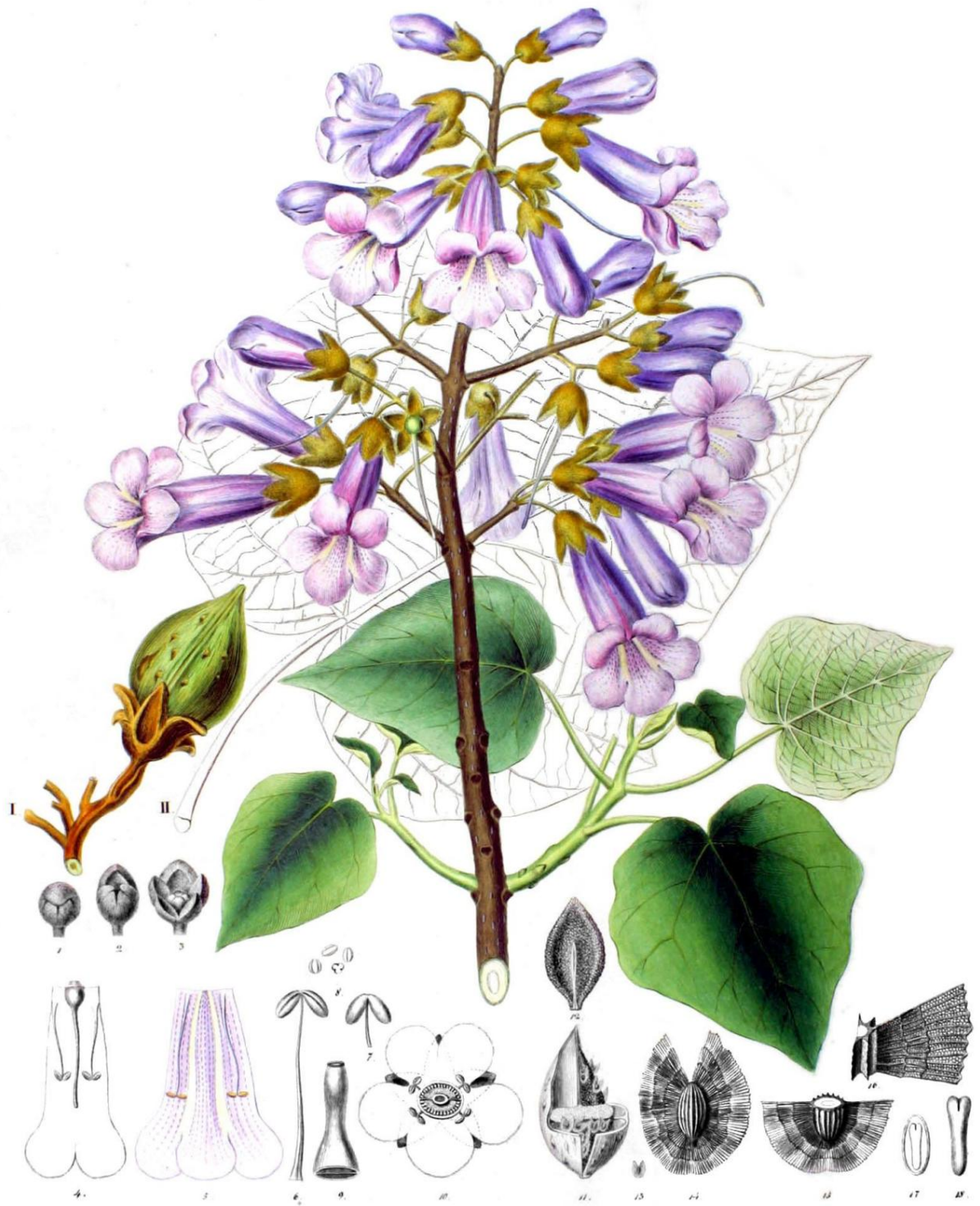
cand.mag. Ray Wollenzien

født den 17. januar 1984 i Rathenow

Göttingen i marts 2021

1. Anmelder: Prof. Dr. Achim Dohrenbusch
Institut for Skovbrug og Skovøkologi i Tempererede Zoner
Fakultet for Skovvidenskab og Skovøkologi
Georg-August-Universitetet Göttingen
2. Anmelder: Prof. dr. dr. Norbert Lamersdorf
Institut for Økopedologi af Tempererede Zoner
Fakultet for Skovvidenskab og Skovøkologi
Georg-August-Universitetet Göttingen

Dag for den mundtlige eksamen: Fredag den 27. august 2021



PAULOWNIA imperialis.

P. Montagne del.

W. Siebold sc.

Fig. 1: Paulownia imperialis, billedkilde: https://deacademic.com/pictures/dewiki/80/Paulowni_imperialis_SZ10.jpg

forord

At skrive en monografi er forståeligt nok en langvarig proces i mit tilfælde har den allerede overskredet syv år. Billedet af en stejl, stenet og frem for alt ukendt sti er let for alle at forstå, fordi det måske er den mest brugte.

Det er nok kerneopgaven i en doktorgrad eller denne livsfase at følge denne vej og nærværende manuskript er kun et lille, men ikke ubetydeligt næstsidste skridt på rejsen?!

Jeg mener, efter min erfaring, at vi på universiteterne ikke har en særlig udtalt fejlkultur. Det ville netop have været de øjeblikke, hvor den første snublen kom, den store tøven begyndte, usikkerheden tog over, og problemerne i starten virkede uoverkommelige og derefter måske ikke løst, men i det mindste på en eller anden måde undgået - netop om disse punkter og de

meget individuelle løsninger og veje, der åbnede sig - disse bliver alt for ofte fortiet og rapporteret alt for sjældent.

Vi skal have modet til at tale om det, så andre kan lære af det, og vi kan hjælpe hinanden. Og ikke kun for at forbedre os, men også for at forbedre videnskaben for den brede offentlighed ved at bruge den gør det mere forståeligt og humant.

Så jeg vil bruge den unikke mulighed, jeg har fået her (det er bestemt den første og sidste afhandling, jeg nogensinde har tænkt mig at skrive) og åbent indrømme, at fra den oprindelige idé til hele doktorgraden måske kun følte, at 10% af de har modtaget kerneemnet til slutningen. Et videnskabeligt støttet samarbejde med en privat virksomhed blev engang overvejet, og plantedele skulle nedfryses og deres overlevelsesrate bestemmes. Desværre kunne den kølekammerkapacitet, der kræves til dette, aldrig tilvejebringes. Så alt håb lå i feltforsøgene, som så inden for få år mærkede naturens fulde hårdhed og var præget af uventet høje antal fejl, hvilket i høj grad reducerede dataudbyttet. Et supplerende drivhusforsøg viste heller ikke de ønskede planterreaktioner, så jeg måtte nøjes med kun få ting og havde håbet, endda forventet, så meget.

Den tidligere præsident for universitetet, Prof. Dr. Ulrike Beisiegel spurgte mig engang tilfældigt i en samtale, om jeg nogensinde kunne være tilfreds med mit Lavede min doktorgrad kun halvvejs og ved siden af, fordi den anden halvdel, faktisk den største del af dagen, skulle helliges arbejdet som foredragsholder. Og skulle jeg ikke hellere lade det være helt og hellige mig arbejdet med science management?

Jeg gav hende ikke et klart svar på det tidspunkt, og hendes ord havde en varig effekt på mig. Nå næsten for enden af vejen efter mange søvnløse nætter og en masse tvivl på sig selv, er et svar relativt nemt for mig. Grundlæggende er jeg meget tilfreds med, hvad jeg kunne i den tid, der var tilbage af dagen, og med det, jeg har kunnet nå indtil nu – og det synes jeg er meget.

At være gået den lange vej fra start til slut, at snuble, at falde på ansigtet utallige gange og så at vælte igen og igen viser enten et stykke livskunst eller i hvert fald en helvedes stædighed. Uanset hvad, det fik mig så langt, og jeg kunne bestemt ikke have gjort det på egen hånd

For jeg har lært utrolig meget med alt det her, og frem for alt med og gennem de mange fantastiske mennesker, jeg mødte undervejs, og som altid har beriget mig med deres ideer og hele deres væsen. For eksempel fik jeg lov til at vejlede næsten to dusin afhandlinger i denne tid, og en stor del af dem var med til at forme det fundament, som dette manuskript er bygget på.

Men før jeg prøver at takke disse mennesker og på samme tid

Jeg håber ikke, jeg glemmer for mange - et par sidste ord om det aktuelle emne:

Dyrkningspotentialer for slægten Paulownia under centraleuropæiske klimaforhold er kun langsomt ved at blive afsløret for forskning, hvilket generelt efter min mening skyldes alt for få forsøg i forbindelse med nye træarter. I de kommende år og årtier vil det videnskabelige samfund efterspørge nye, bedre og frem for alt hurtigere løsninger til at bevare skovene under de klimaforandringer, der er ved at blive synlige. Forhåbentlig finder en ny tankegang ikke sin vej for sent, og måske vil dette manuskript endda give et lille bidrag til det?!

taksigelse

Først og fremmest vil jeg gerne takke Prof. Dr. Achim Dohrenbusch for hans idé om dette emne tak, fordi det var udgangspunktet for min rejse. I alle disse år havde vi en række diskussioner sammen, for det meste meget intensive, hvor han blev ved med at give mig værdifulde forslag, som jeg så gennemførte så vidt muligt.

Det havde ikke været så nemt, hvis han ikke fra første dag havde udvist et så åbent og venligt gemyt, som gjorde det muligt for mig at arbejde sammen med ham i hverdagen (jeg som foredragsholder - han som chef) og på det tekniske område (jeg som "fritidsdoktorand" - han som chef) for at kunne have en konstant udveksling næsten i øjenhøjde. Jeg gjorde det bestemt ikke altid nemt for ham – men det gjorde han heller ikke for mig. Og han ved ikke engang, hvor ofte han har været et forbillede for mig i så mange situationer gennem årene og altid vil være det. I den forstand er jeg for ham

så taknemmelig.

Min professionelle rejse begyndte med den håndgribelige støtte fra min første bachelorstuderende, Laura Nobis. Sammen vovede vi os til Brandenburg til den første paulownia-plantage og nærmede os emnet for første gang. Trods mindre tilbageslag lod vi os ikke afskrækkes og gik et stykke af vejen sammen.

Sammen med Raphael Göller oprettede jeg testanlægget på den smukke ø Föhr, på hans families grund. Hans konstante lyst til at arbejde, hans enorm gæstfrihed, hele hans menneskelige natur har fascineret mig hele vejen igennem. Hvor kold er Vesterhavskysten og hvor god er en varmende komfur og en konstant, uendelig forsyning af kold hop spritzer i forbindelse med vidunderligt dybtgående samtaler og blidt melodisk friesisk rockradio. Jeg oprettede både testanlægget i Göttingen og i Brandenburg sammen med Florian Büker. Han er blevet en rigtig ven for mig gennem årene som jeg ikke vil gå glip af mere. Jeg var så meget desto mere glad for, at han beskæftigede sig med mine planter i sin bachelorafhandling og lagde et vigtigt grundlag for dette manuskript her.

Jeg vil gerne takke Franziska Dannenberg og David Runge, som begge dedikerede deres kandidatafhandling til Paulownia, for den hidtil usete mængde arbejde, der er involveret i at opsætte drivhuseksperimenterne.

En dag kom prof. Dohrenbusch ind på mit kontor med et alvorligt udtryk og spurgte, om jeg virkelig havde kigget Fritz Hofheinz' bachelor-afhandling igennem, inden den blev afleveret? For at være ærlig har jeg selvfølgelig altid forsøgt at tage vejledningen af specialer seriøst og lægge de nødvendige timer på ethvert tidspunkt af dagen eller natten, især hen mod slutningen, hvor alle altid er lidt stramme. Men trods al beskedenhed er jeg ikke skyld i, at Fritz' bachelorafhandling var en af de bedste, professor Dohrenbusch efter eget udsagn nogensinde havde læst. Så nogle af Fritz' geniale tankeprocesser kom også ind i dette

Manuskript indirekte fundet. Og så selvfølgelig er jeg ham taknemmelig for mere end blot et godt samarbejde, der gik langt ud over DT, WG og andre kældre.

I slutningen af den første vækstsæson havde jeg akut brug for hjælp til at høste drivhusplanternes biomasse, og jeg er glad for, at Anne Wortmeier støttede mig i så mange timer, og at selvom kun en lille del af det skulle danne datagrundlaget for hendes BSc. arbejde. Jeg ærgrer mig dog stadig lidt over, at hun udnyttede lidt skødesløshed fra min side til at løse det åh-så-store mysterium om min fødselsdato. Jeg var kun i stand til at forsikre mig selv om deres evige stilhed med et personligt postkort fra det afrikanske kontinent

køb dyrt ;-)

I drivhusforsøgenes andet år var der så meget arbejde, at jeg aldrig ville have kunnet klare mig uden hjælp fra Corinna Hoffmann og Daniel Eckardt, udover min fulde arbejdsbyrde gennem 75% lektorstillingen. Vi var virkelig en fantastisk trio, og de to af dem en top duo og nok det sjove, som vores arbejde sammen gav os, kunne høres langt ud over drivhusområdet. Corinna havde i øvrigt modet til at dedikere både sine BSc- og MSc-afhandlinger til Paulownia, og mange af den grafik, hun designede, har en eller anden statistisk betydning

travl nattetime. En stor tak til jer begge for så meget livsglæde i den hjemmedyrkede jungle!

Vejledningen og bedømmelsen af Kai Thielens kandidatafhandling gav mig mulighed for at tage en tur og få et indblik i det nærliggende landbrugsfakultet. Så jeg kunne deltage i et mundtligt forsvar fra den anden side af skrivebordet, hvilket også har sin charme. Kai hjalp mig rigtig meget med mange tanker om praksis, hvilket jeg er ham meget taknemmelig for.

Til sidst skal jeg nævne Lang Langs (alias Jan Wieting) kandidatafhandling om emnet vejledning. Det har måske ikke noget at gøre med mit manuskript tematisk, men Lang Lang lærte mig, at livsglæde, intelligens og lidt pres, når tiden er knap, nogle gange kan skabe små diamanter. Tak for den gamle dreng.

Alt mit arbejde, både i marken og i drivhuset, ville selvfølgelig ikke have været muligt uden den alsidige faglige og tekniske støtte fra min elskede skovafdeling. Som repræsentant går min tak til især Michael Unger, som altid havde det samme svar klar til mig til enhver tid og uanset hvad mit spørgsmål var: "naayyyhhhhhhh".

Jeg har meget mere tilfælles med Manuel Punzet end blot det faktum, at han var doktorand hos prof. Dohrenbusch på samme tid som jeg. Ud over de mange timers faglig udveksling har vi altid givet hinanden håndgribelig støtte. Det være sig, at jeg holdt hans sikkerhedsreb, eller han forvaltede og vedligeholdt mit tekniske udstyr. Vi kedede os aldrig, og derfor kunne vi få meget ud af hinanden i disse lærerige timer.

Uventet, men med en masse nysgerrighed, fik jeg snart lov til at dele kontoret med Jessica Rebola Lichtenberg og Maximilian Rößner. Jeg tog virkelig jer begge til mit hjerte, og det var ikke kun på grund af de mange overfyldte mandag morgen samtaler, hvor Gud og verden aldrig var nok for os tematisk. Vi havde altid et par trøstende ord klar til hinanden, når hverdagen på universitetet med jævne mellemrum drev hver af os til vanvid. Især med den alt for sjældne "Mariaspring" I samtaler med Max kredsede vi om livets store spørgsmål, og forhåbentlig vil mindet om dette altid forblive en kilde til varig fysisk og mental sundhed.

Liane Neudam fandt hurtigt vej ind i vores skovbrugsteam. I de sidste par måneder og uger har hun altid været en kær samtalepartner, som jeg kunne sige et eller to ord til om emnet – stenet vej og sådan. Desværre var jeg ikke altid i stand til at implementere hendes gode råd med det samme, men jeg forsøgte altid at fange et par solrige, desværre alt for korte øjeblikke uden for mit selvvalgte kælderfangehul, efter hendes råd.

Jeg skal absolut sige en stor tak til Dominik Seidel, som jeg kunne genere med mine spørgsmål og kommentarer, når jeg havde lyst, selvom det nogle gange blot var en anmodning om en kort snak. Hans ekspertise, hans humor og frem for alt hans hjertevarme, menneskelige natur har altid løftet mig op og hjulpet mig til at fortsætte min vej.

Udover det daglige arbejde som foredragsholder og fritiden som ph.d.-studerende, var det altid en overraskelse for mig, når det allerede var onsdag aften og tid til endnu en øvelse med jagthornsorkestret af skovfakultetet. Pludselig var mit hoved frit igen, og lige fortabt i de dybe tåger af nogle statistiske analyser, kunne jeg skyde op igen og læse noder og hengive sig til den melodiske sekvens af fransk jagtmusik. På vegne af hele truppen skal jeg takke dirigenten af koret Andreas Buck-Gramcko og min ven Robert Grenzdörffer for denne flugt ind i en anden, så melodøs verden (som jeg til enhver tid vil anbefale til enhver). Robert brugte især mange private timer på at udvikle min rudimentære forståelse af musik. Og om det virkelig opnåede noget er stadig tvivlsomt? Nå, i det mindste var der aldrig nogen klager ved de snesevis og snesevis af disputationfejring, som vi så regelmæssigt blæste sammen.

Jeg har Gaby Jürgens at takke for, at der ikke er for mange stavfejl i dette manuskript. Hun har virkelig formået at navigere gennem de mange sider på få timer, som jeg brugte dage på,

hvis det ikke havde taget uger at grave igennem og finde hvert eneste manglende komma. Så jeg skal sige en stor tak til hende for så meget sjov at finde og røde markere mine mangler.

Næsten siden begyndelsen af min tid i Göttingen har jeg altid været i stand til at stole på min ven Falk Müller-Brauns visdom. Han stod mig bi i så mange svære situationer væk fra hverdagen på universitetet, hvilket selvfølgelig ikke altid var nemt for ham, men som stadig betød så meget for mig. Jeg takker dig for, at du trods mine dumheder kun sjældent, men fortjent, kørte mig over Jordan og efterlod mig igen.

I alle disse mange år har jeg altid haft en stor grad af moralsk støtte, min altid parate dårlige samvittighed blev repræsenteret ad persona af min gamle skolekammerat Jörg Heise. Hvert år mødtes vi igen samme sted, til vores "børnenes ferie" (hans datter Lina = mit fadderbarn), og han stillede mig de samme spørgsmål hvert år: "Og? Hvad har du opnået? Hvor skal vi tage hen? Hvor lang tid vil du have, at det skal tage?". En ofte smertefuld opgørelse, men altid en klar, gavnlig linje. Tiden gik og stien blev længere, men det gjorde Jörg i bund og grund

fortsatte med at tro på mig - han var altid på Team-Rays side, og det kan jeg ikke takke ham nok for.

Mod slutningen vil jeg selvfølgelig ikke glemme det vigtigste – min familie. Først og fremmest min elskede svigerinde Caterina Rönnert. Hun lyttede til mine bekymringer om tilværelsen i så mange timer og havde altid gode råd klar til mig,

og jeg var ikke på et tab for det ene eller det andet for hende.

Kære familie, hvilke bekymringer, strabadser, hovedpine og søvnløse nætter har du givet mig gennem årene?!

Jeg er så uendeligt taknemmelig for, at jeg har dig.

For helt ærligt, hvor ville jeg være uden dig!

Og så er der to sådanne vidunderlige væsener - min veninde Anica og vores hund Ida - som kom til min verden meget sent, men på det helt rigtige tidspunkt. Hvad glæder jeg mig til at se, hvad fremtiden bringer for os tre.

Jeg er også meget nysgerrig på, hvilken slags person jeg vil være, når denne lange rejse, denne lange, stenede sti er kommet til en ende, og hvordan tingene vil fortsætte derfra. I denne forstand, lad os tage til den nye verden ;-)

Til sidst i mine personlige ord vil jeg tillade mig selv en lille metafor:

Jeg beskrev engang at skrive en afhandling som at bygge en sejlbåd, der dybest set flyder på floden fra dag ét. Kun ingen steder er der en byggeplan, og på et tidspunkt bør den gå ud til det åbne hav, for alle floder ender der før eller siden. Så står der straks og

Går trin for trin til det besværlige, flerårige arbejde.

Men hvordan vil denne båd nogensinde se ud, endsige sødygtig?

Og selvom der er en groft ide, vil den helt sikkert være helt anderledes, som allerede beskrevet i begyndelsen.

Hvor kommer denne sammenligning med bådebyggeri egentlig fra?

Nå, de sidste par måneder og især de sidste par uger har føltes som som om det ene hul efter det andet skulle proppes i skroget. Alt vandet indefra skal på en eller anden måde øses ud igen, hvilket hele tiden vælter ind over skibssiden, som stadig er for kort.

Og konstant denne følelse af at være på randen af at drukne.

Tab ikke humøret nu, bare fortsæt - trin for trin

- en spand vand ad gangen,

næsen er stadig over vandoverfladen - bare fortsæt...

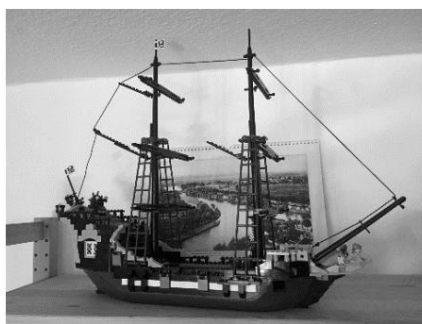
Og så kommer flodmundingen alt for hurtigt til syne.

De første bølgetoppe på det åbne hav kan mærkes.

Er det virkelig så langt?

Er alle hullerne tilstoppet - holder de?

Vil den svømme???



Gud er bølger og vind,
men sejl og ror er dit! 1

1 Det er blevet min visdom og var oprindeligt baseret på ordsproget fra Gorch Fock: "Guds bølger og vind er, men sejl og ror, som du vinder havnen, er dit." (Gorch Fock, faktisk Johannes Kienau, 1880-1916, Lav Tysk historiefortæller, digter, Elben-fisker og marinesoldat, dræbt i slaget ved Skagerrak.)

Resumé

introduktion

Paulownia er en af de ældste træarter, der aktivt dyrkes af mennesker af verden. Den første skriftlige omtale går tilbage til 1000 f.Kr. tilbage (Barton, 2007).

En nøjagtig bestemmelse af den naturlige udbredelse er i dag ikke længere mulig på grund af de forskellige arters århundreder lange, menneskeskabte udbredelse. Men baseret på slægtens økologiske amplitude kan det naturlige udbredelsesområde beskrives fra Indokina gennem Taiwan og Kina til Korea og Japan.

Fra slægten Paulownia har på grund af den geografiske isolation i stærkt forskellige klimatiske egne og de tilhørende naturlige

Tilpasning til forskellige miljøpåvirkninger, forskellige arter udviklede sig. Taksonomien er endnu ikke afklaret uden tvivl, med dannelsen af en separat familie af *Paulowniaceae* i størstedelen af nyere litteratur

(Blåklokkefamilien) og en klassificering i syv arter (eFloras, 2014) er begunstiget.

Træet og med det dets lette og formstabile træ, de hvidlilla blomster og de store blade er dybt forankret i asiatisk mytologi og er forbundet med styrke, renhed og fornyelse (Lacy, 2000).

Omkring 1830 har det første eksemplar af slægten vist sig at have nået Europa.

I dag findes Paulownia træarter i alle lande på kontinentet, hvor træerne sjældent vokser i deres naturlige vegetationstyper som f.eks.

flodsletter og skovlysninger kan findes (Essel, 2007). Men i mange europæiske lande rapporteres naturligt spredte træer, ofte forbundet med eksisterende plantage træer (Essel, 2007).

I tysktalende lande blev den første vilde forekomst (*P. tomentosa*) beskrevet allerede i 1925 (Kiermeier, 1977).

I forbundsstaterne Baden-Württemberg, Hessen og Nordrhein-Westfalen betragtes den nu som naturaliseret (Buttler og Thieme, 2013). I Berlin, Bayern, Niedersachsen og Rheinland-Pfalz har man set andre tidligere ustabile aflejringer, hvoraf de fleste er grænseplaceringer i byområder som jernbanevolde, murrevner mv.

(Keil og Loos, 2004).

Den mest almindelige form for spredning er gennem dyrkning af hybrider på korttroterende høne (Cathaia, 2020). De forskellige arter har også været tilgængelige i plantehandlen i mange år (Stimm et al., 2013) og finder dermed vej ind i tyske forhave og derfra ud i naturen.

spørgsmål

Ved etablering af en kultur er vækstfasen særligt kritisk for planterne. Mange forskellige faktorer er vigtige for vækstsuccesen, såsom træarten, dens herkomst, plantematerialets tilstand mv.

Vejrforholdene på plantningstidspunktet samt i ugerne og månederne efter er af særlig betydning. De sæsonbestemte tørkebegivenheder, der er forekommet hyppigere og hyppigere i de senere år, bringer i stigende grad planternes vækstsucces i fare.

Dette manuskript er dedikeret til at besvare forskellige og komplementære spørgsmål om dette problem ved hjælp af et felteksperiment og et drivhuseksperiment. De tre P.-arter: *P. elongata*, *P. fortunei* og *P. tomentosa* blev udvalgt som undersøgelsesobjekter på grund af deres vækstkarakteristika og den hyppighed, hvormed de dyrkes på verdensplan .

I et treårigt feltforsøg blev vækstreaktionerne af de tre P.-arter observeret under centraleuropæiske klimatiske forhold i sammenligning med hinanden. Det toårige drivhuseksperiment supplerer og udvider dette spørgsmål ved at overveje vækstadfærden under indflydelse af forskellige niveauer af belysning og kunstvanding.

metode

Tre lokaliteter med forskellige jordbunds- og klimaforhold blev udvalgt til eksperimentel udendørs dyrkning, beliggende i det vestlige Brandenburg, i det sydlige Niedersachsen og på Nordsøen Foehr.

Jordbundsforholdene varierede fra brun jord til kalkstensrendzina til sumpjord med podsol par brun jord. Endvidere er både en kontinental og en

Overgangsklima kan kortlægges og suppleres af et barskt, klart atlantisk præget maritimt klima.

Parceller af de tre P.-arter blev plantet i lige store forhold på forsøgsarealerne.

Parcellerne var tidligere opdelt i fire forskellige behandlingsgrupper for at kunne observere en eventuel væksteffekt ved brug af jordtilsætningsstoffet Geohumus eller mykorrhization.

Ud fra de første erfaringer på området blev spørgsmålet suppleret ved hjælp af et drivhusforsøg. Til dette formål blev frøplanter af de tre P.-arter plantet enkeltvis i potter, og deres vækst blev observeret i et overdækket, fuldt glaseret drivhusrum, der var åbent udadtil. Planterne var tidligere opdelt i tre forskellige niveauer af eksponering og vanding, hver med en graduering på 100 til 60 til 40%. I alt var der 27 forskellige behandlingsniveauer (3 plantearter x 3 lysniveauer x 3 vandstande).

Lysgradationer blev realiseret ved hjælp af skyggenet, og kunstvandingen var baseret på den årlige nedbør i Rheinland-Pfalz med dens 100% værdi.

Resultater

Dyrkning af Paulownia er mulig under centraleuropæiske klimatiske forhold, som markforsøg har vist. De unge Paulownia-planter reagerer dog på den stadig hyppigere forårs- og sommertørke med høje fejlprocenter. Vækstsuccesen er følgelig stærk fra de fremherskende

vejrforhold afhængig.

Med hensyn til længdevækst levede de tre P.-arter langt under de forventninger, der generelt er forbundet med denne slægt. Det anderledes

Behandlingstyper med Geohumus og mykorrhisering har ikke haft nogen påviselig effekt på plantevæksten.

I drivhuset reagerede P.-planterne forskelligt på de givne lys- og vandforhold. Både længde og diameter vokser med et fald i lyset. Men forholdet mellem højde og diameter skifter og lange, men tynde planter udvikler sig i kraftig skygge.

Vandtilgængeligheden har ingen påvist effekt på længdevæksten.

Der er dog en sammenhæng mellem den givne vandmængde og udviklingen af plantediameteren.

Et fald i vandtilgængeligheden er forbundet med en reduktion i stængelbiomasse og mindre bladarealer. Der blev heller ikke fundet forskelle mellem de tre P. arter i drivhuset.

Konklusioner

For at sikre en vellykket vækst og holde fejlfrekvensen lav udendørs, er det tilrådeligt at vande afgrøden eller plante ældre, men mere stabile planteindivider (Cathaia, 2020; EnPf, 2021; WeGrow, 2020), hvilket igen ville øge dyrkningsomkostningerne .

For at kunne påvise artstypiske forskelle og en eventuel positiv påvirkning af jordtilsætningsstoffer (Mehrotra, 1996; Mehrotra et al., 1998; Mehrotra, 1997a) i væksten af P.-planter, er der en længere observationsperiode på mere end tre vækstsæsoner vil sandsynligvis være nødvendige.

Spiringen, såvel som den senere modning af frøene til unge planter, kræver intensiv lysnydelse, da der ifølge Zhu et al. (1986) kan selv en skygge på 70% have en dødelig effekt på regenereringen. Den maksimale skygge i drivhuset nåede 60 %, og allerede på dette stadium var der et stort antal fejl i den anden vækstsæson.

På grund af denne lave skyggetolerance virker det mere end tvivlsomt, om Paulownia har potentialet for naturlig udbredelse i centraleuropæiske skove (Bork et al., 2015). Mosandl og Stimm (2015) antager, at det ville blive fortrængt i løbet af naturlige skovfølgeprocesser.

Bortset fra prydtræerne i forhaven og den uønskede spredning i skovene, er de arealudnyttelsessystemer, der i øjeblikket kan tænkes i Tyskland til aktiv dyrkning af Paulownia, kortroterede klipper og agroskovbrugssystemer.

Paulownia-træarter og deres hybrider er blevet dyrket på plantager med kort rotation af klipper (SRC) i Tyskland i mange år (Cathaia, 2020, se også WeGrow, 2020). Slægten har en lang række fordelagtige egenskaber, der især anbefaler den som plantagetæ i kort rotation, som Zhu et al. (1991, 1986) forklarer i detaljer (se også Hofheinz, 2016).

Ved plantering af en Paulownia SRC kræves der ingen ekstra planlægning, fordi den ikke adskiller sig fra andre konventionelle SRC-træer med hensyn til plantemetoder og pleje (Schildbach et al., 2009). En Paulownia KUP har absolut et stort potentiale for at berige landskabet og at opgradere det fra et økologisk synspunkt.

En justering af den juridiske ramme vil dog være tilrådelig for at kunne medtage paulownia på listen over støtteberettigede SRC-træarter (VwG Köln, 2014).

Paulownia-dyrkning i form af agroforestry-systemer (AFS) er blevet praktiseret i Kina i århundreder (Wang og Shogren, 1992; Zhu et al., 1991, 1986). Forskningen i Paulownia i Tyskland er kun blevet intensiveret siden 2010'erne (Bork et al., 2015; Felbermeier et al., 2015; Mosandl og Stimm, 2015; Stimm et al., 2013). Som et resultat er dets brug i AFS endnu ikke særlig kendt, udbredt og udforsket.

Genetableringen af AFS i Tyskland er endnu ikke endeligt afklaret juridisk (Böhm et al., 2017; Chalmin og Möndel, 2009; Zehlius-Eckert, 2018). Dyrkning af Paulownia kan dog give økologisk og økonomisk mening under hensyntagen til vækstproblemerne beskrevet i detaljer i markforsøgene (Möndel et al., 2009).

I et stykke tid har man fundet P.-arter som en selvfølge i Centraleuropas naturlige landskab. Ifølge Nehring et al. (2013) kan ikke blot overføres til centraleuropæiske forhold. Forfatterne Vor et al. (2015)

beskrive fem kriterier for vurdering af en mulig risiko for invasivitet, hvoraf nogle også gælder for Paulownia. Det er derfor ikke overraskende, at fx træarten *P. tomentosa* er klassificeret som uegnet til dyrkning i tyske skove (Vor et al., 2015). Individuelle eksemplarer, der har spredt sig naturligt, vil sandsynligvis blive fortrængt blot ved naturlig succession i centraleuropæiske skove (Mosandl og Stimm, 2015). I modsætning til i skove er dyrkning på landbrugsjord stadig mulig til enhver tid (EnPf, 2021; WeGrow, 2020). Om dette kræver revurdering over tid med hensyn til potentiel invasivitet (Nehring et al., 2013)

medfører og Paulownia muligvis i en lignende form som arten *Robinia pseudoacacia* vurderes (Vor et al., 2015), og den er således klassificeret som "betinget dyrkningsbar", men forbliver tvivlsom.

Resumé

Introduktion

Paulownia er en af de ældste træslægter i verden, som aktivt dyrkes af mennesker. De første skriftlige optegnelser går tilbage til 1000 f.Kr. (Barton, 2007). En nøjagtig bestemmelse af den naturlige fordeling er ikke længere mulig i dag, på grund af den menneskeskabte spredning af de forskellige arter gennem århundreder. Ud fra slægtens økologiske amplitude kan det naturlige udbredelsesområde dog beskrives fra Indokina via Taiwan og Kina til Korea og Japan.

Forskellige arter har udviklet sig fra slægten Paulownia på grund af den geografiske isolation i klimatiske områder, der adskiller sig meget fra hinanden, og den naturlige tilpasning til de forskellige miljømæssige påvirkninger forbundet hermed. Taksonomien er heller ikke endnu blevet afklaret uden tvivl, idet størstedelen af nyere litteratur går ind for dannelsen af en separat familie af Paulowniaceae (på tysk: Blauglockenbaum) og en opdeling i syv arter (eFloras, 2014).

Træet og med det dets lette og formstabile træ, hvidlilla blomster og store blade er dybt forankret i asiatisk mytologi og er forbundet med styrke, renhed og fornyelse (Lacy, 2000).

Omkring 1830 er det første eksemplar af slægten dokumenteret at have nået Europa.

I dag kan Paulownia træarter findes i alle lande på kontinentet, selvom træerne sjældent findes i deres naturlige vegetationstyper, såsom flodsletter og skovlysninger (Essel, 2007). I mange europæiske lande rapporteres der imidlertid om naturligt spredte træer, ofte i forbindelse med eksisterende plantagetræer (Essel, 2007). I tysktalende lande blev den første vilde forekomst (*P.tomentosa*) allerede beskrevet omkring 1925 (Kiermeier, 1977). I forbundsstaterne Baden Württemberg, Hessen, Nordrhein-Westfalen betragtes den nu som naturaliseret (Buttler og Thieme, 2013). I Berlin, Bayern, Niedersachsen og Rheinland-Pfalz har man set andre hidtil ustabile forekomster, hvoraf de fleste er grænsesteder i byområder som jernbanevolde, murrevner osv. (Keil og Loos, 2004).

Den mest almindelige form for spredning er gennem dyrkning af hybrider på plantager med kort omdrift (Cathaia, 2020). De forskellige arter har også været udbudt i plantehandlen i mange år (Stimm et al., 2013) og finder dermed vej ind i tyske forhave og derfra videre ud i naturen.

Problem

I enhver dyrkning er etableringsfasen særligt kritisk for planterne. Mange forskellige faktorer er vigtige for en vellykket etablering, såsom træarten, dens herkomst, plantematerialets tilstand osv. Vejrforholdene på plantningstidspunktet samt i ugerne og månederne efter er dog af særlig betydning. Af særlig betydning er dog vejrforholdene ved udplantningstidspunktet samt i ugerne og månederne efter. Sæsonbestemte tørkehændelser, som er blevet hyppigere i de senere år, bringer i stigende grad succesen med plantevækst i fare.

Dette manuskript er dedikeret til at besvare forskellige og komplementære spørgsmål om dette problem ved hjælp af en mark- og et drivhusforsøgsopstilling. På grund af deres vækstkaraktistika og hyppigheden af deres verdensomspændende dyrkning blev de tre Paulownia-arter: *P. elongata*, *P. fortunei* og *P. tomentosa* udvalgt som undersøgelsesobjekter.

I en treårig feltforsøgsopstilling observeres vækstreaktionerne for de tre Paulownia-arter i sammenligning med hinanden under centraleuropæiske klimatiske forhold. Den toårige eksperimentelle drivhusopstilling supplerer og udvider dette spørgsmål ved at observere vækstadfærden under indflydelse af forskellige lys- og vandingsniveauer.

Metoder

Tre undersøgelsessteder med forskellige jordbunds- og klimatiske forhold blev udvalgt til forsøgsdyrkning i marken. De ligger i det vestlige Brandenburg, i det sydlige Niedersachsen og på Nordsøen Föhr.

Jordbundsforholdene varierede fra en brun jord til en rendzina af kalksten til en sumpet jord med en podsol-parabrun jord. Endvidere vil både et kontinentalt og et overgangsklima kunne kortlægges og suppleres med et barskt, klart atlantisk præget havklima.

Undersøgelingsgrunde af de tre Paulownia-arter blev plantet i lige store forhold. Undersøgelingsparcellerne var på forhånd opdelt i fire forskellige behandlingsgrupper for at kunne observere en mulig væksteffekt ved brug af jordtilsætningsstoffet Geohumus eller mykorrhisation.

Ud fra de første erfaringer på området blev spørgsmålet suppleret ved hjælp af et drivhusforsøgsopstilling. Til dette formål blev frøplanter af de tre Paulownia-arter plantet enkeltvis i pletter, og deres vækst blev observeret i et overdækket, fuldt glaseret drivhusrum, der var åbent udadtil. Planterne var på forhånd opdelt i tre forskellige lyseksponerings- og vandingsniveauer med den respektive graduering på 100 til 60 til 40 %. Dette resulterede i i alt 27 forskellige behandlingsniveauer (3 plantearter x 3 lysniveauer x 3 vandstande). Lysniveauerne blev realiseret ved hjælp af skyggenet, og kunstvandingen blev orienteret med sin 100 % værdi til den årlige nedbør i Rheinland-Pfalz.

Resultater

Dyrkning af Paulownia er mulig under centraleuropæiske klimatiske forhold, som markforsøgene har vist. De unge Paulownia-planter reagerer dog med høje fejlprocenter på de stadig hyppigere forårs- og sommertørker. Vækstsuccesen er derfor stærkt afhængig af de fremherskende vejrforhold.

Med hensyn til længdevækst levede de tre Paulownia-arter langt under de forventninger, der generelt er forbundet med denne slægt. De forskellige behandlinger, ved brug af Geohumus og mykorrhisering, havde ikke nogen påviselig effekt på planternes vækst.

I drivhuset reagerede Paulownia-planterne forskelligt på de givne lys- og vandforhold. Både længde- og diametervækst øges, når lyset reduceres. Men forholdet mellem højde og diameter forskydninger og lange, men tynde planter udvikler sig i tilfælde af stærk skygge.

Vandtilgængeligheden har ingen påviselig effekt på længdevæksten. Der er dog en sammenhæng mellem den givne mængde vand og udviklingen af plantediameteren.

Et fald i vandtilgængeligheden er forbundet med en reduktion i stængelbiomasse og mindre bladarealer. Der blev heller ikke vist forskelle mellem de tre Paulownia-arter i drivhuset.

Konklusioner

For at sikre etableringssucces og holde fejlprocenten lav i marken, anbefales det at vande afgrøden eller plante ældre, men mere stabile planteindivider (Cathaia, 2020; EnPf, 2021; WeGrow, 2020), hvilket igen vil øge dyrkningsomkostningerne.

For at kunne påvise artsspecifikke forskelle og en mulig positiv påvirkning af jordtilsætningsstoffer (Mehrotra, 1996; Mehrotra et al., 1998; Mehrotra, 1997b) i væksten af Paulownia-planter, er der en længere observationsperiode på mere end tre vegetationsperioder sandsynligvis påkrævet.

Spiring, såvel som den senere modning af frøene til unge planter, kræver intensiv lysnydelse, da ifølge Zhu et al. (1986) kan skygge på så lidt som 70 % have en dødelig effekt på regenerering. Den maksimale skygge i drivhuset nåede 60 %, og allerede på dette niveau opstod der høje antal fejl i løbet af den anden vegetationsperiode.

På grund af denne lave skyggetolerance virker det mere end tvivlsomt, om Paulownia har potentialet til at sprede sig naturligt i centraleuropæiske skove (Bork et al., 2015).

Mosandl og Stimm (2015) antager, at det ville blive fortrængt i løbet af skovenes naturlige successionsprocesser.

Bortset fra prydbuske i forhave og den utilsigtede spredning i skove, er de arealanvendelsessystemer, der i øjeblikket kan tænkes i Tyskland til aktiv dyrkning af paulownia, kortroterede plantager og agroskovbrugssystemer.

I mange år er Paulownia-træarter og deres hybrider blevet dyrket på kortrotationsplantager (SRC) i Tyskland (Cathaia, 2020, se også WeGrow, 2020). Slægten besidder en lang række fordelagtige egenskaber, der især anbefaler den som plantaget træ i kort rotation, som Zhu et al. (1991, 1986) forklarer i detaljer (se også Hofheinz, 2016).

Etableringen af en Paulownia SRC-plantage kræver ingen ekstra planlægning, da den ikke adskiller sig fra andre almindelige SRC-træer med hensyn til plantningsmetoder og vedligeholdelse (Schildbach et al., 2009). En Paulownia SRC plantage har et stort potentiale til at berige landskabet og for at øge dets økologiske værdi. Det vil dog være tilrådeligt at tilpasse den retlige ramme til at inkludere Paulownia på listen over støtteberettigede SRC-træarter (VwG Köln, 2014).

Dyrkning af Paulownia i form af agroforestry-systemer (AFS) er blevet praktiseret i Kina i århundreder (Wang og Shogren, 1992; Zhu et al., 1991, 1986). Først siden 2010'erne er forskningen i Paulownia også intensiveret i Tyskland (Bork et al., 2015; Felbermeier et al., 2015; Mosandl og Stimm, 2015; Stimm et al., 2013). Som følge heraf er dets anvendelse i AFS endnu ikke særlig udbredt, udbredt og undersøgt.

Den nye etablering af AFS i Tyskland er endnu ikke endeligt afklaret juridisk (Böhm et al., 2017; Chalmin og Möndel, 2009; Zehlius-Eckert, 2018). Dyrkningen af Paulownia kan dog være økologisk og økonomisk fornuftig under hensyntagen til vækstproblemerne beskrevet detaljeret i markforsøgsopstillingen (Möndel et al., 2009).

Paulownia-arter er i nogen tid blevet fundet i det centraleuropæiske naturlandskab med en vis grad af selvbevis. Men ifølge Nehring et al. (2013) kan de tegn på invasivitet, der er beskrevet for eksempel efter skovbrande i USA, i form af masseudbredelse (Innes, 2009; Remaley, 2005), ikke blot overføres til centraleuropæiske forhold. Forfatterne Vor et al. (2015) beskriver fem kriterier til vurdering af en mulig risiko for invasivitet, hvoraf nogle også er gældende for Paulownia. Det er derfor ikke overraskende, at træarten *P.tomentosa* for eksempel er klassificeret som ikke dyrkningsværdig i tyske skove (Vor et al., 2015).

Enkelte eksemplarer, der har spredt sig naturligt, ville sandsynligvis blive fortrængt af den naturlige rækkefølge af centraleuropæiske skove alene (Mosandl og Stimm, 2015).

Dyrkning på landbrugsjord er, i modsætning til i skove, stadig mulig til enhver tid (EnPf, 2021; WeGrow, 2020). Om dette vil føre til en revurdering af den potentielle invasivitet (Nehring et al., 2013) over tid og om Paulownia vil blive vurderet på samme måde som arten *Robinia pseudoacacia* (Vor et al., 2015) og dermed blive klassificeret som "betinget værd at dyrke" er stadig tvivlsom.

Indholdsfortegnelse:

FORORD	II
Thanksgiving	III
RESUMÉ	VIII
Resumé.....	XI
INDHOLDSFORTEGNELSE	XV
Liste over figurer.....	XXII
Liste over tabeller.....	XXIV
Liste over forkortelser.....	XXV
INTRODUKTION	1
0.1 Specialets opbygning	1
0,2 Prolog	2
0.2.1 For noget tid siden	2
0.2.2 Introduktion til emnet.....	3
0,3 Mål for arbejdet	4
0.3.1 Hovedspørgsmål	4
0.3.2 Uddybning af spørgsmålene	5
0.3.2.1 Foreløbige undersøgelser.....	5
0.3.2.2 Feltforsøg	5
0.3.2.3 Drivhusforsøg	6
0.3.2.4 Yderligere overvejelser	6
KAPITEL I	8
1. PAULOWNIA	8
1.1 Slægten Paulownia	8
1.1.1 Oprindelse og distribution.....	8
1.1.1.1 Navnets oprindelse	8
1.1.1.1.1 Historiske referencer	8
1.1.1.1.2 Oprindelsen af det vestlige navn	9
1.1.1.2 Naturlig fordeling	10
1.1.1.3 Vejen til og gennem Europa	11
1.1.1.4 Distribution i USA	13
1.1.1.4.1 Genintroduktion til Amerika	13
1.1.1.4.2 Dyrkning og invasivtetsproblemer i USA.....	14
1.1.2 Klassificering	15
1.1.2.1 Morfologi og egenskaber	15
1.1.2.1.1 Generel morfologi	15

1.1.2.1.2	Taksonomiske egenskaber til karakterisering	15
1.1.3	Taksonomi.....	16
1.1.3.1	Historisk taksonomi	16
1.1.3.2	Dagens taksonomi	16
1.1.3.3	Artsliste	17
1.1.4	"Hovedtræsarten" P.tomentosa	17
1.1.4.1	Taksonomi og fordeling.....	18
1.1.4.1.1	Taksonomi.....	18
1.1.4.1.2	Naturlig spredning	19
1.1.4.2	Økologi.....	19
1.1.4.2.1	Artstypiske kendetegn	19
1.1.4.2.2	skud, knopper, blade.....	20
1.1.4.2.3	Blomster, frugter og frø.....	20
1.1.4.2.4	Bark, bark og træ	20
1.1.4.2.5	Rod	21
1.1.4.3	Skovdyrkning og udbytterelateret behandling.....	21
1.1.4.3.1	Vækst, udvikling og indtjening	21
1.1.4.3.2	Foryngelse, formering og dyrkning	22
1.1.5	Generel økologi.....	23
1.1.5.1	Økologiske krav.....	23
1.1.5.1.1	Gulv	23
1.1.5.1.2	Nedbør.....	23
1.1.5.1.3	Vind.....	24
1.1.5.1.4	Temperatur	24
1.1.5.1.5	Lys.....	25
1.1.5.2	Vækst.....	26
1.1.5.2.1	Væksthastigheder for forskellige arter	26
1.1.5.2.2	kronevækst	27
1.1.5.2.3	Rodvækst	27
1.1.5.3	Vækst i diameter	28
1.1.5.3.1	Durchmesserwachstum am Bsp. P. elongata.....	28
1.1.5.3.2	Diametervækst ved at bruge eksemplet med <i>P.fortunei</i>	28
1.1.6	Abiotiske risici.....	29
1.1.6.1	Generelle abiotiske risici	29
1.1.7	Biotiske risici.....	29
1.1.7.1	Heksekostsygdom	29
1.1.7.1.1	Symptomer	30
1.1.7.1.2	Infektion	30
1.1.7.1.3	Modforanstaltninger	30
1.1.7.2	Anthraxose sygdom.....	31
1.1.7.2.1	Symptomer	31
1.1.7.2.2	Modforanstaltninger	31
1.1.7.3	Sphaceloma-paulowniae-Hara	32
1.1.7.4	Svækkelsesygdom hos unge planter	32
1.1.7.5	Liste over andre svampesygdomme	32
1.1.7.6	Liste over andre skadedyr	33
1.2	udbredelse.....	34
1.2.1	Generativ udbredelse	34
1.2.1.1	Sammen	34
1.2.1.1.1	Co-ed.....	34
1.2.1.1.2	Forberedelse af frø	35
1.2.1.1.3	Såning udendørs	35
1.2.1.1.4	Dyrkning i plantebeholdere	35

1.2.1.2	Frøplanter.....	36
1.2.1.2.1	Dyrkning af frøplanter fra frø	36
1.2.2	Vegetativ formering.....	36
1.2.2.1	Rodstiklinger	36
1.2.2.1.1	Indhentning af rodstiklinger	36
1.2.2.1.2	Klargøring af plantebedet	37
1.2.2.1.3	Dyrkning af frøplanter fra rodstiklinger	37
1.2.2.2	Indhentning af udløbere	38
1.2.3	Plantning	38
1.2.3.1	Udvælgelse af planteklyngen	39
1.2.3.1.1	Traditionel Planterforening	39
1.2.3.1.2	Generelle planterforeninger	39
1.2.3.2	plantning.....	39
1.2.3.2.1	Plantning af unge planter	39
1.2.3.2.2	Plantning af rodstiklinger	39
1.2.4	Unge planters vækstadfærd	40
1.2.4.1	Vækstfaser for unge planter.....	40
1.2.4.1.1	Anwuchsfase	40
1.2.4.1.2	Vækstfase	40
1.2.4.1.3	Modenhedsfase	41
1.2.4.2	Regenerering af forkrøblede unge planter.....	41
1.2.5	Pleje og støtte	42
1.2.5.1	Generel pleje og ledelse.....	42
1.2.5.1.1	Undgåelse af skader	42
1.2.5.1.2	Kunstvanding	42
1.2.5.1.3	beskæring	42
1.2.5.1.4	Kravl	43
1.2.5.2	Fremme af stammevækst.....	43
1.2.5.2.1	Filialtyper	43
1.2.5.2.2	Plejeskåret i bunden af rodkraven.....	43
1.2.5.2.3	Afpuds i toppen af træet.....	44
1.2.5.2.4	Kronesnit	44
1.3	Paulownia træ	45
1.3.1	Træegenskaber	45
1.3.1.1	træstruktur	45
1.3.1.1.1	Makroskopisk	45
1.3.1.1.2	Mikroskopisk	45
1.3.1.2	trækarakter	45
1.3.1.2.1	Vægt	45
1.3.1.2.2	Træets fugtindhold og træets egenskaber	46
1.3.1.2.3	Modstand mod råd	46
1.3.2	Anvendelse af træ.....	46
1.3.2.1	Brug af træet	46
1.3.2.1.1	byggemateriale	46
1.3.2.1.2	Møbelkonstruktion	47
1.3.2.1.3	Håndværk	47
1.3.2.1.4	Udnyttelse af træfibrene	47
1.3.2.2	Anden anvendelse.....	47
1.3.2.2.1	Hospitalsudstyr.....	47
1.3.2.2.2	Anden anvendelse	48

KAPITEL II	49
2. INVASIVITET, KORT ROTATION OG AGROSKOV	49
2.1 Spørgsmålet om invasivitet.....	49
2.1.1 Om introduktionen af fremmede arter.....	49
2.1.1.1 Historie og terminologi	49
2.1.1.2 Introduktion af neofytter	50
2.1.1.3 Første påvisning af neofytter	51
2.1.1.4 Spredningspotentiale for neofytter i Tyskland	51
2.1.1.4.1 Om introduktionen af ikke-hjemmehørende træarter	52
2.1.2 Lovlige rammer og definitioner	53
2.1.2.1 Internationale aftaler	53
2.1.2.2 Europæisk niveau	53
2.1.2.3 Nationalt niveau	54
2.1.2.3.1 Juridisk definition	54
2.1.2.3.2 Økologisk definition	55
2.1.3 Evalueringskriterier for invasivitet.....	56
2.1.3.1 Evalueringskriterier for naturbevarelse	56
2.1.3.1.1 Kritik fra skovvidenskaberne.....	56
2.1.3.2 Skovvurderingskriterier	57
2.1.4 Vurdering af <i>P.tomentosa</i>s invasivitet.....	58
2.1.4.1 Vurdering af bevaringsinvasivitet	58
2.1.4.1.1 Hovedkriterier for invasivitetsvurderingen	58
2.1.4.1.2 Yderligere kriterier for invasivitetsvurderingen	59
2.1.4.2 Forsøg på en vurdering af skovens invasivitet	59
2.1.4.2.1 Økologisk integration af træarterne.....	59
2.1.4.2.2 Sygdomme og rovdyr	59
2.1.4.2.3 Spredningspotentiale	60
2.1.4.2.4 kontrol mulighed	60
2.1.4.2.5 Konklusion om skovens invasivitetsvurdering	60
2.1.5 Forholdsregler, der skal træffes ved håndtering af fremmede arter.....	61
2.1.5.1 Generelle foranstaltninger	61
2.1.5.1.1 Forebyggelse	61
2.1.5.1.2 Overvågning	61
2.1.5.1.3 Accept.....	62
2.1.5.2 Forholdsregler, der skal træffes ved håndtering af <i>P.tomentosa</i>	62
2.1.5.2.1 Naturlig kontrol	62
2.1.5.2.2 Mekanisk kamp	62
2.1.5.2.3 Kemisk kontrol	63
2.2 Kort omdrejningstopp	64
2.2.1 Definitioner og juridiske rammer	64
2.2.1.1 Udvikling og definition	64
2.2.1.1.1 Kort omdrejningstal i Tyskland	65
2.2.1.1.2 Klimarelaterede potentialer	65
2.2.1.2 Lovlige rammer	66
2.2.2 Etablering af en plantage med kort omdrift	67
2.2.2.1 Planlægning.....	67
2.2.2.1.1 Vedhæftet fil.....	67
2.2.2.1.2 Plantning og vedligeholdelse	67
2.2.2.2 Valg af beliggenhed og træart.....	67
2.2.2.2.1 Generelle krav til træarter	68

2.2.2.2.2	Anlæggets forhold og mål for lederen	68
2.2.2.2.3	Paulownia som en mulig SRC-træart	69
2.2.2.3	Abiotiske og biotiske risikofaktorer	69
2.2.2.3.1	Abiotiske risici	70
2.2.2.3.2	Biotiske risici	70
2.2.3	Ledelse	71
2.2.3.1	Ledelsesstrategier	71
2.2.3.1.1	Materialeanvendelse	71
2.2.3.1.2	Energisk brug	71
2.2.3.1.3	Anden anvendelse	72
2.2.3.2	Økonomi	72
2.2.3.2.1	Høst.....	72
2.2.4	Naturbeskyttelseshensyn	73
2.2.4.1	Sammenligning med skove	73
2.2.4.1.1	Grad af naturlighed versus dyrkningsintensitet	73
2.2.4.1.2	Sammenligning med naturlige og dyrkede skove.....	73
2.2.4.2	Sammenligning med landbrugsafgrøder.....	74
2.2.4.2.1	Påvirkning af vandbalancen	74
2.2.4.2.2	Valg af placering og kilde til råvarer	74
2.3	Agroforst	75
2.3.1	Historiske arealanvendelsessystemer	75
2.3.1.1	Et kig på den historiske udvikling af AFS	75
2.3.1.1.1	Historiske systemer	75
2.3.1.1.2	Historiske systemer og dem, der stadig er i brug	76
2.3.2	Definition og juridiske rammer	76
2.3.2.1	Multifunktionalitet af skovbrugssystemer	76
2.3.2.1.1	Definition af agroforestry	76
2.3.2.1.2	Produktionsformen	77
2.3.2.2	Lovlige rammer	77
2.3.2.2.1	Lovlige rammer - før	77
2.3.2.2.2	Lovlige rammer - i dag	78
2.3.3	Etablering af et agroskovbrugssystem.....	79
2.3.3.1	Planlægning.....	80
2.3.3.1.1	Særlige kendetegn ved agroskovbrugssystemer med værdifuldt tømmer	80
2.3.3.1.2	Områdevalg	80
2.3.3.2	Vedhæftet fil.....	80
2.3.3.2.1	Trærækker og træafstand.....	80
2.3.3.2.2	Udvælgelse af træarter	81
2.3.4	Ledelse	81
2.3.4.1	Ledelsesniveauer	81
2.3.4.1.1	Underjordisk.....	81
2.3.4.1.2	Over jorden.....	82
2.3.4.2	Økonomi	82
2.3.4.2.1	Kontraster i ledelse	82
2.3.5	Naturbeskyttelseshensyn	83
2.3.5.1	Naturbeskyttelsesvurdering	83
2.3.5.2	Muligheder for vurdering	83
2.3.6	Paulownia-Agroforstsysteme i Kina	84
2.3.6.1	Generelle former for blandinger.....	84
2.3.6.2	Miskulturer.....	84
2.3.6.2.1	Primær træproduktion	85
2.3.6.2.2	Træ og afgrøder	85
2.3.6.2.3	Primær afgrødedyrkning	85

KAPITEL III	87
3. UDENDØRS OG DRIVHUS FORSØG	87
3.1 Metode	87
3.1.1 Generel metode	87
3.1.1.1 Litteraturforskning	87
3.1.1.2 Datagrundlag	87
3.1.1.3 Statistisk evaluering	88
3.1.2 Feltforsøg	88
3.1.2.1 Oversigt	88
3.1.2.1.1 Forsøgets formål	89
3.1.2.2 Opbygning af testplotserne.....	89
3.1.2.2.1 Klargøring og plantning	90
3.1.2.2.2 Testområde design	90
3.1.2.2.3 Tilsætningsstoffer til jorden	91
3.1.2.2.4 Erhvervelse af de klimatiske forhold	92
3.1.3 Drivhusforsøg.....	92
3.1.3.1 Oversigt	92
3.1.3.1.1 Forsøgets formål	92
3.1.3.2 Drivhusforsøgenes opbygning	93
3.1.3.2.1 Plantning	93
3.1.3.2.2 Behandlingstyper	94
3.1.3.2.3 Kunstvanding	94
3.1.3.2.4 skygge	95
3.1.3.3 Dataindsamling.....	95
3.1.3.3.1 sensorer.....	96
3.2 Resultater	97
3.2.1 Til udendørs dyrkning.....	97
3.2.1.1 Fejlrate i marken	97
3.2.1.2 Vejrforhold på testområderne	99
3.2.1.3 Ungdomsvækst udendørs	104
3.2.1.3.1 Ungdomsvækst efter behandlingstype	104
3.2.1.4 Forskelle i juvenil vækst af P. arter.....	105
3.2.1.4.1 Brandenburg testområde	106
3.2.1.4.2 Göttingen testområde	107
3.2.2 Til dyrkning i drivhus.....	108
3.2.2.1 Drivhusfejlfrekvens	109
3.2.2.2 Ungdomsvækst på slægtsniveau	110
3.2.2.2.1 vækst i længde	111
3.2.2.2.2 Vækst i diameter	112
3.2.2.2.3 tørstof	114
3.2.2.3 Ungdomsvækst i en sammenligning af arter.....	115
3.2.2.3.1 vækst i længde	116
3.2.2.3.2 Vækst i diameter	117
3.2.2.3.3 tørstof	118
3.2.2.3.4 Bladareal, antal blade og antal skud	120
3.3 Diskussion af resultaterne	122
3.3.1 Udendørs dyrkning.....	122
3.3.1.1 Vejrforhold	122
3.3.1.2 Jordbearbejdning og jordbundsforhold	124

3.3.1.3	Behandlingstype.....	125
3.3.1.4	plantevækst	126
3.3.2	Drivhusforsøg.....	128
3.3.2.1	Fejlrate	128
3.3.2.2	vækst i længde	130
3.3.2.3	Vækst i diameter	130
3.3.2.4	tørstof	131
3.3.2.5	bladareal	132
3.3.3	Resumé.....	133
3.3.3.1	Dyrkbarhed	135
3.3.3.1.1	P. dyrkning på plantager med kort omdrift	135
3.3.3.1.2	P. dyrkning i agroskovbrugssystemer	136
3.3.3.2	Berettigelse til dyrkning vs. invasivitet.....	138
BILAG TIL KAPITEL I		XXVI
BILAG TIL KAPITEL II		XXXV
BILAG TIL KAPITEL III		XXXVI
BIBLIOGRAFIXL
Uafhængighedserklæring		LI
Curriculum vitae		LII

Liste over figurer

FIG. 1: PAULOWNIA IMPERIALIS, BILLEDKILDE: HTTPS://DEACADEMIC.COM/PICTURES/DEWIKI/80/PAULOWNI_IMPERIALIS_SZ10.JPG	-
FIG. 2: PAULOWNIA TRÆER PÅ DEN SYDRE SCHILLERWIESEN I GÖTTINGEN.	7
FIG. 3: NATURLIGE DISTRIBUTIONSOMRÅDER AF PAULOWNIA-ARTER: <i>P.ELONGATA</i> , <i>P.FORTUNEI</i> , <i>P.TOMENTOSA</i> ; MODIFICERET EFTER BARTON (2007).	11
FIG. 4: ØVRE BILLEDE VISER JUBILÆUM PAULOWNIA VILDE VÆKST PÅ GOßLER STR.; BUND BILLEDE VISER EN ÅRGAMM PAULOWNIA VILDE VÆKST PÅ INSTITUTTET FOR Demokrati-FORSKNING I WEENDER-LANDSTR., I GÖTTINGEN.	12
FIG. 5: BLOMSTER OG FRØKAPSLER AF EN PAULOWNIA, I GOßLER-STR., I GÖTTINGEN.	13
FIG. 6. DISTRIBUTIONSOMRÅDE <i>P.TOMENTOSA</i> MODIFICERET EFTER ZHU ET AL. (1991).	19
FIG. 7: ARTKLASSIFIKATIONSBETINGELSER ÆNDRET EFTER NEOBIOTA (2020).	49
FIG. 8: PAULOWNIA KUP MED KUNSTIG VANDNING (SORTE LINIER), NÆR BYEN PREMNITZ, LAND BRANDENBURG.	69
FIG. 9: SAMMENLIGNING AF LEDELSESINTENSITET OG NATURLIGHED AF TRÆ ØKOSYSTEMER, TAGET FRA SCHMIDT & GEROLD (2008) OG MODIFICERET FRA SCHMIDT & GLASER (2009).	73
FIG. 10: SAMMENLIGNING AF SKOV MED AGROSKOVEBRUG SYSTEMER TIL PRODUKTION AF VÆRDIBELT TRÆ, MODIFICERET EFTER CHALMIN & MÖNDEL (2009).	78
FIG. 11: PLACERINGER AF PRØVEOMRÅDERNE, KILDE: EGEN REPRÆSENTATION BASEREDE PÅ GOOGLE 89 KORT.	
FIG. 12: PAULOWNIA ANLÆG OMgivet af ledsagende vækst på forsøgsområdet i GÖTTINGEN.	89
FIG. 13: VONU RADIO VEJRSTATIONER PÅ BRANDENBURGER-, FÖHRER- OG DEN GÖTTINGER FORSØGSOMRÅDE.	90
FIG. 14: GEOHUMUS GRANULES, MODIFICERET EFTER BÜKER (2015).	91
FIG. 15: MYCORRHIZAPILZ KONCENTRAT, MODIFICERET I HENHOLD TIL BÜKER (2015).	91
FIG. 16: SKEMATISK KONSTRUKTION AF PLANTETABELLERNE, OPDELT I 3 P. ARTER (<i>P.ELONGATA</i> , <i>P.FORTUNEI</i> , <i>P.TOMENTOSA</i>), 3 LYSNIVEAUer (100 %, 60 %, 40 %) OG 3 NIVEAUER AF VAND (100 %, 60 %, 40 %).	93
FIG. 17: OPSÆTNING AF PLANTEBORDE I VÆRHUSET; LEVER I FORGRUNDEN BORDET MED 100 % LYS, EFTERFØLGET AF 60 % LYS OG 40 % LYSBORDET OG GENTAGES SÅ IGEN IGEN. 95	
FIG. 18: PLANTEBORDE I DRIFTHUSET - HØST. 96	
FIG. 19: TRÆARTERS SAMLEDE FEJDLAT (1 %) PÅ FORSØGSOMRÅDERNE BRANDENBURG (BB) OG GÖTTINGEN (GÖ), OPDELT I VEGETATIONSPERIODERNE FRA 2015 TIL 2017.	99
FIG. 20: ØVRE GRAFIK BESKRIVER FORdampningstranspirationen I ÅRENE 2015, 2016 OG 2017 AF FORSØGSOMRÅDET BRANDENBURG (BB): VGSLMM = RIGTIG EVAPOTRANSPIRATION AF GRÆS OVER SANDY% SANDY LOAMIL (SANDY% SANDY LOAMIL) MELLEM 0 – 10 CM, BFGSL % = ANVISER DEN BRUGBARE FELKAPACITET OG BESKRIVER JORDFUGT UNDER GRÆS I SANDET LER I EN DYBDE MELLEM 0 – 60 cm; NEDRE GRAF: MÅNEDLIGE REGNVÆRDIER FOR TESTOMRÅDET BRANDENBURG I 1 TIL 10 MM (BLÅ STRØL = VEGETATIONSPERIODE), MÅNEDLIG GENNEMSNITSTEMPERATUR I C° (LILLA LINJE); KILDE: EGEN REPRÆSENTATION BASERET PÅ FRA DWD DATA.	100
FIG. 21: TOP GRAFIK BESKRIVER ÅRENES EVAPOTRANSPIRATION 2015 TIL 2017 TEST OMRÅDE GÖTTINGEN (GÖ): VGSLMM = RIGTIG EVAPOTRANSPIRATION AF GRÆS OVEN SANDELER (AMBAV), BF10% = JORDFUGT UNDER GRÆS I SANDELER I A DYBDE MELLEM 0 – 10 CM, BFGSL% = ANVISER OG BESKRIVER DEN BRUGelige FELKAPACITET JORDFUGT UNDER GRÆS I SANDET LER I EN DYBDE MELLEM 0 – 60 CM;	

NEDERSTE GRAFI: MÅNEDLIGE NEDBÆRDSVÆRDIER AF TESTOMRÅDET GÖTTINGEN I 1 TIL 10 MM (BLÅ STRØL = VEGETATIONSPERIODE), MÅNEDLIG MIDDLESTEMPERATUR I C° (LILLA LINJE); KILDE: EGEN PRESENTATION BASERET PÅ DWD-DATA. 101

- FIG. 22: HØJDEVÆKST AF PAULOWNIA-PLANTER (I CM) FOR VEGETATIONSPERIODERNE (VP) 2015, 2016 OG 2017, FOR FORSØGESOMRÅDERNE BRANDENBURG (BB) OG GÖTTINGEN (GÖ); OPDELT PÅ BEHANDLINGSTYPER: N = UBEHANDLET (NUL OMRÅDE), G = GEOHUMUS, M = MYKORRHISATION, GM = GEOHUMUS + MYKORRHISATION. 105
- FIG. 23: VÆKST I HØJDEN AF PAULOWNIA-ARTERNE (I CM) PÅ FORSØGESOMRÅDET I BRANDENBURG; PE = *P.ELONGATA*; PF = *P.FORTUNEI*; PT = *P.TOMENTOSA* FOR VEGETATIONSPERIODERNE (VP) 2015, 2016 OG 2017 OPDELT EFTER BEHANDLINGSTYPE: N = UBEHANDLET (NUL OMRÅDE), G = GEOHUMUS, M = MYKORRHISATION, GM = GEOHUMUS + MYKORRHISATION. 106
- FIG. 24: VÆKST I HØJDEN AF PAULOWNIA-ARTERNE (I CM) PÅ TESTOMRÅDET I GÖTTINGEN; PE = *P.ELONGATA*; PF = *P.FORTUNEI*; PT = *P.TOMENTOSA* FOR VEGETATIONSPERIODERNE (VP) 2015, 2016 OG 2017 OPDELT EFTER BEHANDLINGSTYPE: N = UBEHANDLET (NUL OMRÅDE), G = GEOHUMUS, M = MYKORRHISATION, GM = GEOHUMUS + MYKORRHISATION. 107
- FIG. 25: SAMMENLIGNING AF ALLE PAULOWNIA-PLANTERS LÆNGDEVÆKST MELLEM FØRSTE OG ANDEN VEGETATIONSPERIODE (VP). VENSTRE GRAFIK BESKRIVER FORSKELLIGE LYSNIVEAUER (100LI, 60LI, 40LI) MED KONSISTENT 100% VANDNING. HØJRE GRAFIK BESKRIVER DET 40 % LYSNIVEAU, NÅR VANDNING FALDES (100WA, 60WA, 40WA). 111
- FIG. 26: SAMMENLIGNING AF ALLE PAULOWNIA-PLANTERS LÆNGDEVÆKST MELLEM FØRSTE OG ANDEN VEGETATIONSPERIODE (VP), MED FALDENDE LYSNIVEAU (100LI, 60LI, 40LI) OG KONSISTENT 40% VANDNING. 112
- FIG. 27: SAMMENLIGNING AF RODHALS-DIAMETER MELLEM FØRSTE OG ANDEN VEGETATIONSPERIODE (VP). VENSTRE GRAFIK BESKRIVER FORSKELLIGE LYSNIVEAUER (100LI, 60LI, 40LI) MED KONSISTENT 100% VANDNING. HØJRE GRAFIK BESKRIVER DET 40 % LYSNIVEAU VED FALDENDE VANDNING (100WA, 60WA, 40WA). 112
- FIG. 28: SAMMENLIGNING AF RODHALS-DIAMETER MELLEM FØRSTE OG ANDEN VEGETATIONSPERIODE (VP) MED OPHOLD 100% LYSNIVEAU OG FALDENDE VANDNING (100WA, 60WA, 40WA). 113
- FIG. 29: HØJDE TIL DIAMETER-FORHOLD I FØRSTE (BLÅ) OG ANDEN (GRØN) VEGETATIONSPERIODE (VP). 113
- FIG. 30: SAMMENLIGNING AF TØRVÆGT (I GRAM) AF ALLE PAULOWNIA-PLANTER MELLEM DEN FØRSTE OG ANDEN VEGETATIONSPERIODE (VP). VENSTRE GRAFIK MED 100% LYS, HØJRE GRAFIK MED 40% LYS MED FORSKELLIG VANDNING (100WA, 60WA, 40WA). 114
- FIG. 31: SAMMENLIGNING AF ALLE PAULOWNIA-PLANTERS TØRVÆGT MELLEM DE FØRSTE OG ANDEN VEGETATIONSPERIODE (VP). VED FORSKELLIGE LYSNIVEAUer (100LI, 60LI, 40LI) OG 40% VANDNING. 114
- FIG. 32: HØJDE TIL VÆGT FORHOLD AF ALLE PAULOWNIA PLANTER SAMMENLIGNET MED FØRSTE (GRØN) TIL ANDEN (BLÅ) VEGETATIONSPERIODE (VP). 115
- FIG. 33: SAMMENLIGNING AF LÆNGDERNE AF PAULOWNIA-ARTER PÅ 40 % LYSNIVEAU OG FORSKELLIG VANDFORSYNING (100WA, 60WA, 40WA). VENSTRE GRAFIK BESKRIVER FØRSTE OG HØJRE GRAFIK ANDEN VEGETATIONSPERIODE. 116
- FIG. 34: SAMMENLIGNING AF LÆNGDER AF PAULOWNIA-ARTER UNDER 100 % VANDNING MEN FORSKELLIGE LYSNIVEAUer (100LI, 60LI, 40LI). VENSTRE GRAFIK BESKRIVER FØRSTE OG HØJRE GRAFIK DEN ANDEN VEGETATIONSPERIODE. 116
- FIG. 35: SAMMENLIGNING AF RODHALS-DIAMETER AF P. ARTER MELLEM FØRST (VENSTRE GRAFIK) OG ANDEN (HØJRE GRAFIK) VEGETATIONSPERIODE. BEGGE GRAFIK VISER 40 % LYSNIVEAU VED FORSKELLIG VANDNING (100WA, 60WA, 40WA). 117

FIG. 36: SAMMENLIGNING AF RODHALS-DIAMETER AF P. ARTER MELLEML FØRST (VENSTRE GRAFIK) OG ANDEN (HØJRE GRAFIK) VEGETATIONSPERIODE. BEGGE GRAFIK VISER 100 % VANDSTAND VED FORSKELLIG LYSFILSYNING (100LI, 60LI, 40LI).	118
FIG. 37: TØRVÆGTSAMMENLIGNING AF PAULOWNIA-ARTER MELLEML DE FØRSTE (Venstre GRAFIK) OG ANDEN (HØJRE GRAFISK) VEGETATIONSPERIODE. HVER MED 100% VANDNING MED FORSKELLIG BELYSNING (100LI, 60LI, 40LI).	119
FIG. 38: SAMMENLIGNING AF TØRVÆGT AF PAULOWNIA-ARTER MELLEML FØRSTE (VENSTRE GRAF) OG ANDEN (HØJRE GRAF) VEGETATIONSPERIODE. HVER MED 100% LYS MED FORSKELLIG VANDNING (100WA, 60WA, 40WA).	119
FIG. 39: SAMMENLIGNING AF TØRVÆGT AF PAULOWNIA-ARTER MELLEML FØRSTE (VENSTRE GRAF) OG ANDEN (HØJRE GRAF) VEGETATIONSPERIODE. HVER MED 40% VANDNING MED FORSKELLIG LYS TILSYN (100LI, 60LI, 40LI).	120
FIG. 40: ANTAL LOVE PR. PLANTE OPDELT PÅ BEHANDLINGSNIVEAU (LYS OG VAND) OG OPDELT AF PAULOWNIA-ARTER.	120
FIG. 41: BLADAREAL PR. PLANTE I CM ² OPDELT PÅ BEHANDLINGSNIVEAU (LYS OG VAND) OG OPDELT AF PAULOWNIA-ARTER.	121
FIG. 42: GENNEMSNITLIGT ANTAL SKUD PR. PLANTE FORDELET PÅ BEHANDLINGSNIVEAUER (LYS OG VAND) OG FORDELING EFTER PAULOWNIA-ARTER.	121
FIG. 43: VITALITETSNIVEAUER I HENHOLD TIL VISNJIC (2006), VLNR: NIVEAU 1 = VITAL PLANTE, NIVEAU 2 = MODERAT VITAL PLANTE, NIVEAU 3 = LAV VITAL PLANTE, NIVEAU 4 = TØRRET PLANTE; MODIFICERET I HENHOLD TIL BÜKER (2015).	123
FIG. 44: KLEDNING AF PAULOWNIA-BLADE VED TØR STRESS PÅ FORSØGSPLOTET I BRANDENBURG.	124
FIG. 45: PAULOWNIA ANLÆG MED EN HØJDE PÅ 45 CM I EN 6 MÅNEDERS ALDER PÅ FORSØGSOMRÅDET I BRANDENBURG.	127
FIG. 46: PAULOWNIA STENGLE HØSTET FRA DRIVHUS; RØRTS Tværsnit KAN GENKENDELES.	131
FIG. 47: ET TIDLIGT HOVED AF EN <i>P.ELONGATA</i> I EN PRIVAT FORHÅND I LEONARD NELSON STR., I GÖTTINGEN.	139
FIG. 48: BEVARINGSINVASIVITETSVURDERING AF <i>P.TOMENTOSA</i> , TAGET OG MODIFICERET FRA NEHRING ET AL. (2013).	XXXV
FIG. 49: INFORMATIONSBLAD OM JORDSTOFFET: GEOHUMUS.	XXXVI
FIG. 50: INFORMATIONSBLAD OM MYCORRHIZAPILZ KONCENTRAT.	XXXVII
FIG. 51: KORT OVER FORSØGSOMRÅDERNE I BRANDENBURG, FÖHR OG GÖTTINGEN.	XXXVII

Liste over tabeller

TAB. 1: SAMMENLIGNING AF PAULOWNIA-ARTER BASERET PÅ DISTRIBUTIONSOMRÅDE, TEMPERATUR, NEDBØR OG JORDFORHOLD ÆNDREDES EFTER ZHU ET AL. (1986), s. 22.	23
TAB. 2: SAMMENLIGNING AF VÆKST AF 5-ÅR GAMLE TRÆER AF ART <i>P.ELONGATA</i> , <i>P.TOMENTOSA</i> , <i>P.FORTUNEI</i> , <i>P.GLABRATA</i> FRA WU GUENG-REGIONEN (SYD FOR YANGTZE-FLODEN, LAT. N34°23' LANG. E107°42'), MODIFICERT I HENHOLD TIL ZHU ET AL. (1986), s. 15.	26
TAB. 3: NUVÆRENDE ANTAL NEOBIOTA I TYSKLAND SOM 2015.	50
TAB. 4: VANDMÆNGDER I DE TRE VANDINGSETAPIER.	94
TAB. 5: SAMMENLIGNING AF DEN MÅNEDLIGE TEMPERATUR OG NEDBØRSUDVIKLING FOR ÅRENE 2015 TIL 2017 PÅ TESTOMRÅDERNE I BRANDENBURG (BB) OG GÖTTINGEN (GÖ) MED DEN LANGSIGTIGE GENNEMSNITTSVÆRDI FOR ÅRENE 20:1801. BASEREDE PÅ DWD-DATA.	98
TAB. 6: OVERSICHT I OVERSICHT OVER JORDFORHOLD PÅ FORSØGSOMRÅDERNE I BRANDENBURG, FÖHR OG GÖTTINGEN. KILDE: EGEN PRESENTATION VED HJÆLP AF GEOVIEWER OG DWD-DATA. 103	

TAB. 7: FEJLSAT FOR PAULOWNIA-PLANTER (1 %) FORDELING PÅ BEHANDLINGSNIVEAU (LYS OG VAND) OG OPDELT I FØRSTE OG ANDEN VEGETATIONSPERIODER OG EFTER ART (<i>P.ELONGATA</i> (PE), <i>P.FORTUNEI</i> (PF), <i>P.TOMENTOSA</i> (PT)).	109
TAB. 8: IDENTIFIKATIONSØGLE FOR PAULOWNIA-ARTER I DIREKTE SAMMENLIGNING, MODIFICERET NACH ZHU ET AL. (1986), S. 9.	XXVI
TAB. 9: OVERSIGT OVER DE ARTER OG HYBRIDER KENDT I PAULOWNIA VIA INTERNATIONALT PLANTENAVNEINDEKS (2020):	XXVII
TAB. 10: TABEL OVER SVAMPE OG LORDPODER LEVERET TIL PULVE PAULOWNIA. DET FØLGENDE OVERSIGT ER BLEVET ACCEPETERET OG MODIFICERET FRA HAO ET AL. (2004):	XXVIII
TAB. 11: VURDERING AF TRÆARTERS INVASIVITET SOM Skovvidenskabelige PERSPEKTIV, TAGET OG MODIFICERET FRA VOR ET AL. (2015).	XXXIV
TAB. 12: TABEL OVER TRÆGENSKABER I FORSKELLIGE PAULOWNIA ARTER UDTAGET OG MODIFICERET EFTER ZHU ET AL. (1986), s. 59.	XXXIV
TAB. 13: TABELOVERSIGT OVER BETYDNINGERNE (SAMMENLIGNING AF GENNEMSNITSVÆRDIER) MELLEM DE FORSKELLIGE TRÆARTER OG BEHANDLINGSTYPER, OPDELT PÅ VEGETATIONSPERIODERNE 2015, 2016 OG 2017 OG BRANDEN (BRANDEN) OG GOETTINGEN (GÖ). TOMME FELTER VISER INGEN BETYDNING. MÆRKE GRÅ FELTER MANGLER DATA PÅ GRUND AF HØJE FEJLSATSER.	XXXIX

Liste over forkortelser

AFS	Agroforstsystem
HVAD	American Paulownia Association
BfN	Forbundsstyrelsen for Naturbeskyttelse
Ltd	Diameter i brysthøjde, målt trædiameter ved 1,3 m højde
BNatSchG	Federal Nature Conservation Act
BSc	Bachelor of Science
BWaldG	Bundeswaldgesetz
CO ²	carbondioxid
EU	europæiske Union
ha	Hektar
KOP	kort rotationsplantage
lx	Lux = enhed for belysningsstyrke
m over havets overflade	NN meter over havets overflade
mm	millimeter som længdeenhed
mm	Millimeter som en enhed for nedbør, 1 mm = 1 liter regn på en kvadratmeter jord
MSc	Master of Science
n.Br.	nordlig bredde
o.L.	østlig længde
O ³	Ozon
P.	Paulownia
godt	Per år
VP	vækstsæson
µm	Mikrometer som længdeenhed, 1 µm = 0,001 mm

introduktion

0.1 Arbejdets opbygning

Som det allerede fremgår af indholdsfortegnelsen, følger dette manuskript ikke en klassisk struktur. I stedet blev der lavet en underopdeling i tre hovedkapitler for en bedre præsentation af det overordnede emne. Disse kapitler bygger på hinanden argumentativt, men kan også læses hver for sig.

Nummereringen af overskrifterne følger kapitelnumrene, hvilket skulle gøre orienteringen lettere. Af denne grund begynder introduktionen med tallet 0,1, da den går forud for det egentlige overordnede emne.

Introduktion:

Paulownia-slægten introduceres med en prolog og et første overblik over hele emnet muliggøres. Derefter stilles hovedspørgsmålene formuleret, som danner grundlag for forsøgene. Ved at uddybe dette Spørgsmål gives et kronologisk overblik over testopsætningerne og rammerne for den senere diskussion dannes.

Kapitel I:

Hele det første kapitel er dedikeret til slægten Paulownia og forklarer dens udbredelse, taksonomi, økologi og abiotiske og biotiske risici. Yderligere tematiske omdrejningspunkter er udbredelsen af træarten og egenskaberne samt brugen af træet.

Kapitel II:

Andet kapitel indledes med en oversigt over spørgsmålet om invasivitet ved introduktion af ikke-hjemmehørende arter og beskriver kriterier for vurdering og muligheder for at håndtere træarterne.

Dette efterfølges af forklaringer af kortrotationsplantager og agroskovbrugssystemer for at præsentere mulige dyrkningsmetoder for Paulownia i Tyskland.

Fokus er her på de juridiske rammer, etablering og forvaltning af sådanne arealanvendelsessystemer samt naturbeskyttelseshensyn for dyrkning af Paulownia i det fri.

Kapitel III:

Hele tredje kapitel er dedikeret til den detaljerede præsentation af forsøgene i marken og i drivhuset, i den rækkefølge, som de er anført i indledningen. Kapitlet afsluttes med en detaljeret diskussion af spørgsmålene formuleret i indledningen og udvider denne ramme til at omfatte arealanvendelsessystemerne beskrevet i kapitel II og det tilhørende problem med invasivitet.

0.2 Prolog

0.2.1 For noget tid siden ...

»For nogen tid siden modtog jeg et fremmed frø, som gav et træ. Dette træ holdt jeg to år i varmekamret, fordi jeg kun havde et enkelt eksemplar, og jeg var bange for at miste det. Men kort efter at have fundet ud af, at shelteret ikke passede til dets vaner, plantede jeg det i det fri. Der fandt den en temperatur svarende til den i sit hjemland. Det udviklede sig hurtigt med stor overdådighed. Bladene blev mindst ti gange større end i det varme hus, som nok var for varmt til det. Her viste den hurtigt sin blomst og frugt og var i virkeligheden det fine træ fra Japan, som botanikerne siden har givet navnet . Paulownia imperialis Jeg ønsker langt fra at prale af at have naturaliseret eller akklimatiseret den, da vi ikke kan sige, at dens natur har ændret sig, eller at den i begyndelsen ikke ville have stået med den største facilitet i vores klima. Men vi kan sige, at den i Paris finder næsten samme temperatur som i Japan, og at den trives rigtig godt her.»

Denne beskrivelse er skrevet af Joseph Henri Francois Neumann, botaniker og ansvarlig for drivhusene i Jardin des Plantes i Paris. Den blev oversat fra fransk til engelsk af Andrew Jackson Downing og offentliggjort i *The Horticulturalist and Journal of Rural Art and Rural Taste* i 1846 (David, 2012).

Denne beskrivelse henviser til, hvad der menes at være det første træ af slægten Paulownia i Europa, som betragtes som modertræet for alle Paulownias i Frankrig på det tidspunkt. Browne (1851) beskriver i sin bog "Trees of America" visningen af denne paulownia i den parisiske have Jardin des Plantes. Træet er på det tidspunkt med en givet en diameter på to fod2 gange en højde på tyve fod, og i beskrivelsen syntes det værd at nævne, at den havde udstået den hårde vinter 1838-39 overlevede uden dækning.

Paulownia-træarten har ikke kun fået mange kæledyrsnavne såsom kejserinde (kejserinde) eller prinsesse (prinsesse) på grund af dens verdensomspændende udbredelse, som har udviklet sig i mere end 200 år (Snow, 2015).

Træet er også til stede i mange hverdagsformer. For eksempel er en P. blomsterstand afbildet på 500 yen mønten i Japan. Ydermere pryder "5-7-5 Paulownia", som det er uofficielt kendt, det oprindelige våbenskjold fra Ashikaga-prinsernes familie, som i dag svarer til den japanske premierministers eller regerings våbenskjold.

Træarten spiller også en ledende rolle i bogen "Romanov Prophecy", en New York Times bestseller fra 2005 (Berry, 2005).

2 fod = forskelligt brugt længdemål, 1 fod svarer til mellem 28 og 32 cm.

Hun har endda en lille cameo-optræden i filmen "Rocky" fra 1976, når hun viser gaderne i Philadelphia (Benjamin Franklin Parkway) og hovedpersonen energisk til sangen "Gonna Fly Now" af Bill Conti, de sidste trin til "Philadelphia". Museum of Art", er paulownia-træer i baggrunden af billedet utvivlsomt genkendelige for den træede iagttager (se også David, 2012; Lacy, 2000).

Paulownia synes næsten allestedsnærværende i hverdagen og alligevel går så ofte ubemærket hen. Formålet med nærværende manuskript er at give en dybere indsigt og øge bevidstheden om fremtidens opfattelse af paulownia-træer i umiddelbar nærhed.

0.2.2 Introduktion til emnet

Mennesker har evnen til at forme omgivelserne omkring dem. Hvorvidt denne kreative vilje er aktiv og målorienteret, eller om den passivt repræsenterer en form for skødesløshed, er for den udløste eller foranderlige,

naturlige processer er irrelevante.

Allerede før overgangen fra en jæger-samlerkultur til en hyrde- og bondekultur – en tid, som vi retrospektivt kalder yngre stenalder (neolitikum, ca. 9.500 – 1.900 f.Kr.) – blev plantearter gennem menneskelig migration overført til nye levesteder. Den efterfølgende domesticering af planter, der er nyttige for mennesker, fortsætter den dag i dag.

Slægten Paulownia er en af de længste aktivt dyrkede træarter i verden, hvis første skriftlige omtale går tilbage til før 1000 f.Kr. falder (Barton, 2007). Det er en hurtigtvoksende træart, og dens frø kan trives på de mest ugæstfrie steder (Remaley, 2005; Snow, 2015).

Det har været tilgængeligt i byggemarkeder i mange år og vokser derfor ofte som prydræ i tyske haver, selvom dets naturlige spredningspotentiale (se invasivitet, kapitel II) under centraleuropæiske klimatiske forhold stadig ikke er endeligt afklaret.

Den har brug for meget lys, især som ung, og kan kun producere store mængder biomasse inden for få år, hvis der er tilstrækkelig vandforsyning.

Det er derfor ikke overraskende, at træarten også udnyttes økonomisk i form af kortroterende hønseshaker (Cathaia, 2020).

Men for at kunne etablere en ny art uden for dens naturlige udbredelsesområde kræves en forståelse af en hel række af plantebehov. Abiotiske³ og biotiske⁴ miljøfaktorer påvirker dette på en række forskellige måder. De kan i et vist omfang påvirkes, fx af valg af lokation og ledelse.

De biotiske miljøfaktorer er kun marginalt genstand for yderligere overvejelser (se kapitel I).

³ abiotisk: (græsk = ikke-levende), henviser til alle miljøfaktorer, som levende væsener ikke er involveret i, såsom temperatur, lys, klima osv. ⁴ biotiske: alle miljøfaktorer, som levende væsener er involveret i.

Ved abiotiske miljøfaktorer er det derimod fremherskende klima i dyrkningsområdet af større betydning. De økologiske parametre som lys og vand påvirker planternes vækst direkte. De første vækstsæsoner bestemmer både vækstsuccesen og planternes videre udvikling. Derfor er denne tidsperiode videnskabeligt diskuteret mere detaljeret nedenfor.

De tre mest almindeligt dyrkede P.-arter på verdensplan blev udvalgt som undersøgelsesobjekter:

Arten *P. tomentosa* er bedst kendt, fordi den er beskrevet mest omfattende i faglitteraturen. Den foretrakkes til dyrkning i Centraleuropa på grund af dens lige vækst og frem for alt på grund af dens frosthårdhed.

P. elongata viser den hurtigste vækst af slægten og bruges derfor ofte til avl eller hybridisering. Den er dog kun moderat hårdfør.

P. fortunei kan groft opdeles mellem *P. tomentosa* og *P. elongata* med hensyn til væksthastighed og tolerance over for *minusgrader*

klassificere På grund af sin gode vækstadfærd, som normalt ikke kræver beskæring, dyrkes den også verden over.

0.3 Mål for arbejdet

Det første og andet kapitel er dedikeret til beskrivelsen af slægten *Paulownia*, dens anvendelse og både problemerne og mulighederne for dens dyrkning. For at runde det overordnede billede af beskrives to komplementære testopstillinger i tredje kapitel. Spørgsmålene til disse test er forklaret mere detaljeret nedenfor:

0.3.1 Hovedspørgsmål

De tre P.-arter blev udvalgt som undersøgelsesobjekter på grund af deres vækstkaraktistika og den hyppighed, hvormed de dyrkes på verdensplan. Deres vækstadfærd i den første vækstsæson både udendørs og i drivhuset var genstand for de videnskabelige observationer, der præsenteres her. Følgende spørgsmål ledsagede disse undersøgelser:

Angående udendørs dyrkning:

- Hvilke vækstreaktioner viser de tre P. arter i sammenligning med en Udendørs dyrkning under centraleuropæiske klimaforhold?
- Er der forskelle i vækstforløbet i forhold til det naturlige Artens udbredelsesområde?

Vedrørende forsøgene i drivhuset:

- Hvordan ændres vækstadfærden under forskellige lys- og vandforhold?
- Er der forskel på udviklingen, når man sammenligner de tre P. art?

0.3.2 Uddybning af spørgsmålene

Følgende undersøgelser og eksperimenter blev udført for at uddybe disse spørgsmål og blev understøttet af en række BSc- og MSc-grader:

0.3.2.1 Forundersøgelser

Udover det sædvanlige litteraturstudie er der samtidig også gennemført forundersøgelser for at indsnævre fagområdet og for at videreudvikle spørgsmålene.

I 2014 blev en privat gård i Brandenburg besøgt og deres paulownia-dyrkning fra *P.superelongata* (en krydsning mellem *P.elongata* og *P.fortunei*) på 2,7 ha ved hjælp af en bachelorafhandling: -

"Dyrkningsmuligheder og risici ved Paulownia spec." (Nobis, 2014)

I den efterfølgende vegetationsperiode blev de første drivhusforsøg udført i Göttingen med arterne *P.elongata*, *P.fortunei* og *P.tomentosa* vækstadfærd og tørkeresistens. Der har fundet en bedømmelse sted i form af en bachelorafhandling:

- "Ungdomsvækst og tørkeresistens hos forskellige Paulownia-arter" (Buker, 2015).

0.3.2.2 Feltforsøg

På baggrund af disse forundersøgelser blev der i foråret 2015 i Brandenburg, i Göttingen og på Nordsøen Föhr etableret flerårige feltforsøg med arterne *P.elongata*, *P.fortunei* og *P.tomentosa*. Vækstadfærden under de klimatiske og lokale forhold og under påvirkning af forskellige jordsubstrater såsom Geohumus og ved hjælp af kunstig mykorrhisering bør analyseres

at blive overvåget. Følgende antagelser blev overvejet mere detaljeret:

De klimatiske og stedets forhold har direkte indflydelse

- både vækstadfærden og
- P.-planternes længdevækst.

Vedrørende de forskellige behandlingstyper: - Brugen

- af Geohumus fører til en forbedring af længdevæksten af planterne og reducerer fejlprocenten.
- En mykorrhisering af plantehullet øger længdevæksten af Plante.

P. arterne viser:

- Artstypiske forskelle (forlængelse) i reaktionen på klimatiske og lokale forhold.
- Disse artstypiske reaktioner vil fortsætte med at intensivere fra vækstsæson til vækstsæson.

0.3.2.3 Drivhusforsøg

Ud over markforsøgene blev der i foråret 2016 etableret et afgrødeforsøg planlagt for to vegetationsperioder i Göttingen. Her burde vækstadfærden for arterne *P. elongata*, *P. fortunei* og *P. tomentosa* under forskellige niveauer af skygge og kunstvanding kan observeres.

Følgende antagelser bør undersøges nærmere:

Det kan antages, at ved at reducere lyset: - øges planternes længdevækst, - væksten i diameter aftager i forhold hertil, - dannes der mindre biomasse.

En reduktion i vandindtaget vil:

- Negativt påvirke vækst i længde og
- både stigningen i diameter, - og dannelsen af biomasse.

P. arterne bliver:

- Forskelligt stærke reaktioner på de forskellige skygge og Vis vandingsniveauer.
- Når man sammenligner den første med den anden vækstsæson, er forstærke planternes typiske reaktioner.

I teknisk samspil med de forskellige drivhusforsøg følgende afhandlinger blev lavet:

BSc.-afhandlinger:

- "Responser af toårige paulownia-rørdbrud på differentiell vandforsyning" (Hoffmann, 2017).
- "Biomasseudvikling af Paulownia elongata, fortunei og tomentosa ved forskellige vandingsniveauer" (Wortmeier, 2017).
- "Responser fra toårige skud af arten Paulownia elongata, fortunei og tomentosa på forskellig skygge" (Eckardt, 2018).

MSc.-værker: -

- "Ungdomsobservation af Paulownia elongata, fortunei og tomentosa bei forskellige lysintensiteter" (Dannenberg, 2016).
- "Biomassevækst af unge planter af arterne Paulownia elongata, Paulownia fortunei og Paulownia tomentosa under modificerede stedforhold" (Hoffmann, 2019).

0.3.2.4 Yderligere overvejelser

I videre overvejelser rejser der sig spørgsmål om, hvorvidt træarterne er værd at dyrke, og om de kan dyrkes. De arealanvendelsessystemer, der i øjeblikket kan tænkes til dette i Tyskland, er plantager med kort omdrift og skovbrugssystemer (f.eks. på permanente græsarealer). I forbindelse med disse overvejelser blev følgende afhandlinger ledsaget og medtaget tematisk:

BSc-afhandlinger:

- "Betydningen af håndtering af høns i udvalgte lande Europas" (Meyerhof, 2014).
- "Rotationstider for plantager med kort omdrift" (Hofheinz, 2016).
- "Coppice konvertering / - overførsel ved hjælp af eksemplet med SIEGLÄNDER Hauberge" (Setzer, 2019)

MSc.-afhandling:

- "Paulownia tomentosa - det blå klokke træ i sekundær landbrugsbrug på permanent græsareal - en prøveberegning" (Thielen, 2019).

Yderligere overvejelser om træartens dyrkningsværdighed og dyrkningsmulighed kan findes i kapitel II og kapitel III i dette manuskript.



Fig. 2: Paulownia-træer på den sydlige Schillerwiesen i Göttingen.

Kapitel I

1. Paulownia

1.1 Slægten Paulownia

Slægten Paulownia og med den verdens mest kendte, fordi den mest dyrkede repræsentant af sin art, *P. tomentosa* er en af de vigtigste træarter i Kina med over en milliard plantagetræer, der producerer omkring 3 millioner kubikmeter træ. årligt, hvilket er en værdistigning på 55 millioner USD (Cabi, 2019).

Ud over dets økonomiske betydning har dets evne til hurtigt at øge tømmer haft en dyb social indvirkning på det kinesiske folk og traditioner gennem historien. Dengang som nu bruges træarten på en række forskellige måder i kinesisk medicin og har fundet vej til adskillige mystiske historier.

En vurdering af deres indflydelse på deres miljø og især på de skovsamfund, de befolker, er meget forskellig rundt om i verden og er det fortsat.

i overgang. Vurderingerne er stærkt præget af de gældende naturbeskyttelsesbestemmelser (invasivitetsspørgsmål) i det respektive land og afhænger i direkte sammenhæng med den aktive dyrkning, fx i form af plantager eller med den indirekte forbundne naturlige spredning af arten og dens konsekvenser.

1.1.1 Oprindelse og distribution

1.1.1.1 Navn Oprindelse

1.1.1.1.1 Historiske omtaler Træet er dybt forankret i asiatisk mytologi - formentlig på grund af dets Udseende, dets hårdførhed og dets evne til at producere et stort antal frø, der kan spredes meget hurtigt (op til 9,7 km ifølge Remaley (2005); se også Snow (2015)). Så det er ikke overraskende, at træet i både Kina og Japan er forbundet med styrke, renhed og fornyelse (Lacy, 2000).

"Monograph of Paulownia" skrevet af forfatteren Chen Chu (1061 - 982 f.Kr.) er den første skriftlige optegnelse over træarterne i Asien

(Barton, 2007). Den beskriver dyrkningen og brugen af træet og de mange detaljer, der nævnes inden for dyrkning af unge planter, genplantning af skov og skovdrift er stadig af stor værdi for nutidens forskning selv efter så lang tid (Zhu et al., 1986).

For eksempel er der en gammel legende, ifølge hvilken den kinesiske konge Yui (ca. 600 f.Kr.) blev begravet med en kiste lavet af 3 "cuen" (gammel kinesisk måleenhed, 1 cuen = 3 cm) tykt paulownia træstamme.

Også bemærkelsesværdig er en tidlig omtale af træet i "Erya", en forhistorisk kinesisk encyklopædi, som sandsynligvis startede med sit hovedværk mellem det fjerde og andet århundrede f.Kr. opstod (Barton 2007).

I "Zhuangzi - The True Book of the Southern Blossom Land", som blev udgivet omkring 300 f.Kr. Skrevet af den kinesiske filosof og digter *Zhuang Zhou* og betragtet som et af daoismens hovedværker, beskriver den, hvordan fønix-fuglen, der dør i et hav af flammer og rejser sig fra sin egen aske, flyver fra syd til Nordsøen, kun at møde de hellige træer (paulownia) hviler.

I det gamle Japan er der en lignende historie om dette, efter at Ho-o, et væsen, der ligner fønix, også boede i dette træ (citeret fra Meyer, 2012). Disse myter har formentlig den egentlige baggrund, at træet, efter det er fældet, hurtigt spirer igen – bogstaveligt talt

kan genopstå.

Den første oprettelse af en plantage er dateret til år 221 f.Kr. dateret til det første dynasti i Kinas Qin-imperium (221 - 207 f.Kr.) (Barton, 2007). Dette går hånd i hånd med en omtale i "Book of Documents - Shang Shu", som blev udgivet omkring 300 f.Kr. blev skrevet og beskriver, hvordan bønderne i provinsen regelmæssigt forsynede deres konge med paulownia-træ.

I "De krigsførende staters tid" ("Zhànguó Shídài" 475 - 211 f.Kr.) blev bogen "Mencius" skrevet, hvori de første former for dyrkning af træer i Kina beskrives. Den indeholder reglen om, at en god landmand kun er én, der altid planter en paulownia og en *catalpa ovata* (gult trompettræ). (Zhu et al., 1986)

Træarten siges at have store helbredende kræfter i både Kina og Japan.

For eksempel siges en blanding af bladene at hjælpe mod feber, vorter og også mod skaldethed, og blomsterne lover at lindre leverproblemer. (Foster og Duke, 2000)

Selv i dag er der tradition i Japan, at flere Paulownia planter, når en datter bliver født. Når datteren er gammel nok til at gifte sig, er træerne modne, og deres træ bliver brugt som medgift (Zhu et al., 1986).

Men der er også historiske omtaler i nyere tid ud over det asiatiske kontinent. For eksempel blev P. fossiler fundet i en lang række amerikanske stater, som geologisk kan henføres til tertiærperioden (2,6 - 66 millioner år siden). Det menes, at slægten oprindeligt var fordelt over hele den nordlige halvkugle (dagens Alaska, Nordamerika og Europa) og først uddøde som følge af forskellige på hinanden følgende istider. (Smiley, 1961)

1.1.1.1.2 Oprindelsen af det vestlige navn

Det var først med introduktionen af træarten på den vestlige halvkugle, at den fik sit efterhånden velkendte kongelige kaldenavn: Kejserinde eller Prinsesse (Snow, 2015).

Karl Thunberg, en svensk botaniker, nævnte først træarten i europæisk litteratur efter sit besøg i Japan i 1770 (Lacy, 2000).

Navnet Paulownia stammer oprindeligt fra den hollandske udtale af russisk prinsesse Anna Pavlovna (1795-1865), barnebarn af kejserinde Katarina den Store (1729-1796) og datter af zar Paul I (1754-1801). I 1816 giftede hun sig med kong Vilhelm II (1792-1849) af Holland og har siden været kendt som Anna Paulowna.

I begyndelsen af 1800-tallet blev en polder på den nordvestlige kyst af det daværende Holland drænet og opkaldt efter hende, og den er i dag hjemsted for verdens største sammenhængende blomstermark.

Oprindeligt var Paulownia-slægten i *Scrophulariaceae*-familien (pigwort), hvilket stadig sker i dag (Cabi, 2019).

Nyere molekylærbiologiske undersøgelsesmetoder førte imidlertid til dannelsen af en uafhængig familie af blåklokkefamilien (*Paulowniaceae*) (APG III, 2009). *Paulowniaceae*-familien blev første gang nævnt i 1949 af den japanske botaniker Takenoshin Nakai (1882-1952) i en artikel i "Journal of Japanes Botany" (Nakai, 1949).

1.1.1.2 Naturlig spredning

På grund af den påviselige årtusinder lange brug af træarterne i Kina og den tilhørende menneskeskabte spredning af de forskellige arter, nøjagtig bestemmelse af den naturlige fordeling ikke længere mulig. Den økologiske amplitude giver dog et godt grundlag for at beskrive de yderpunkter, som træarten trives i, og giver dermed mulighed for at drage konklusioner om den naturlige udbredelse.

Paulownia-slægten strækker sig fra sin naturlige udbredelse fra Indokina gennem Taiwan og Kina til Korea og Japan (fig. 3).

Zhu et al. (1986) beskrev ni arter er alle begrænset til det kinesiske fastland, med undtagelse af *P.fortunei*, som også vokser i Laos og Vietnam og *P.tomentosa*, som også findes på tværs af Japan og Korea. I nord er træarten begrænset til områder syd for Liaoning, Beijing, Taiyuan, Yianan og Pinglian. I øst strækker deres udbredelse sig fra Gansu gennem Szechuan til Taiwan og i syd fra Kwangtung til Kwangsi og i sydvest til Yunnan-områderne. Den når højder på 1.900 m i det vestlige Honan op til 2.400 m i det sydlige Kina og de bjergrige områder i sydvest. (Zhu et al., 1986)

I den midterste strækning af Yangtze-floden, fra den vestlige Hupeh-provins til Three Gorges-regionen i det østlige Szechuan, overlapper rækkerne af de fleste arter, hvilket er grunden til, at Zhu et al. (1986) antager, at dette er et af artens oprindelige områder. Kun *P.catalpifolia* og *P.taiwaniana* er de eneste to arter, der ikke findes der.

I dette formodede oprindelsesområde dannes et stort antal naturlige hybrider, hvilket gør deres præcise identifikation meget vanskeligere. Det kan dog antages, at dette ikke er det eneste center for artens udbredelse, da de fleste træarter tilpasser sig de forskellige miljøforhold i løbet af deres naturlige ekspansion og dermed kan danne en lang række variationer inden for en art. Et eksempel er *P.tomentosa* i Sheng Long Jia-bjergregionen (Hupeh-provinsen), som har udviklet et stort spektrum af variationer der. (Zhu et al., 1986)

Fund af paulownia-fossiler i amerikanske stater tyder også på, at arten var mange gange mere udbredt før de sidste istider, end det ser ud til at være tilfældet i dag (Smiley, 1961). Zhu et al. (1986)

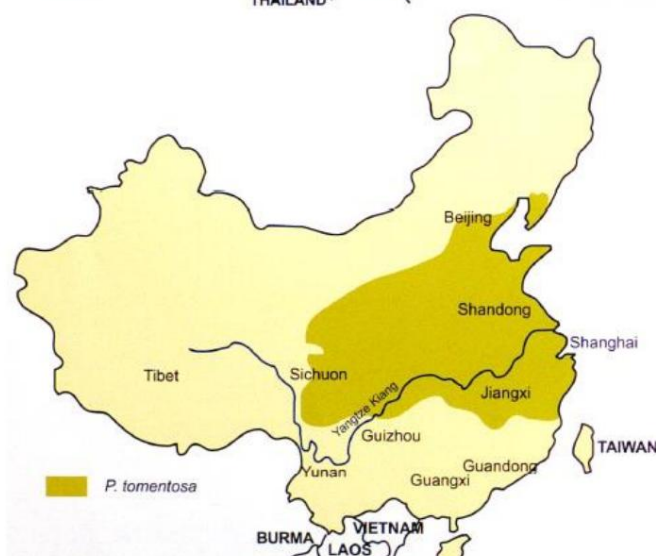
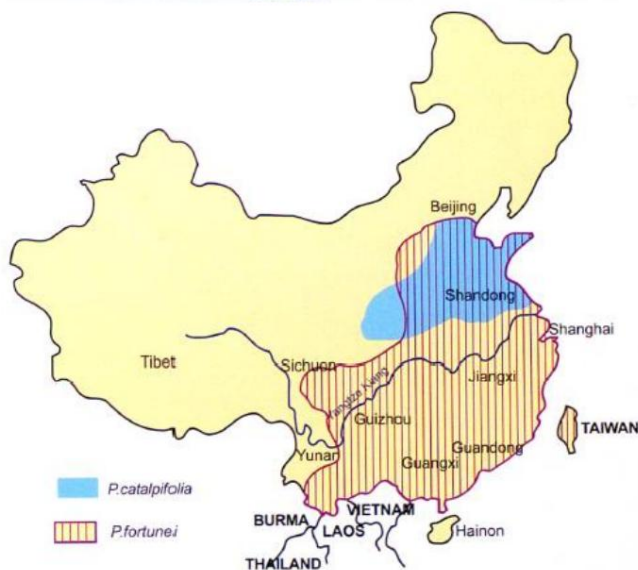
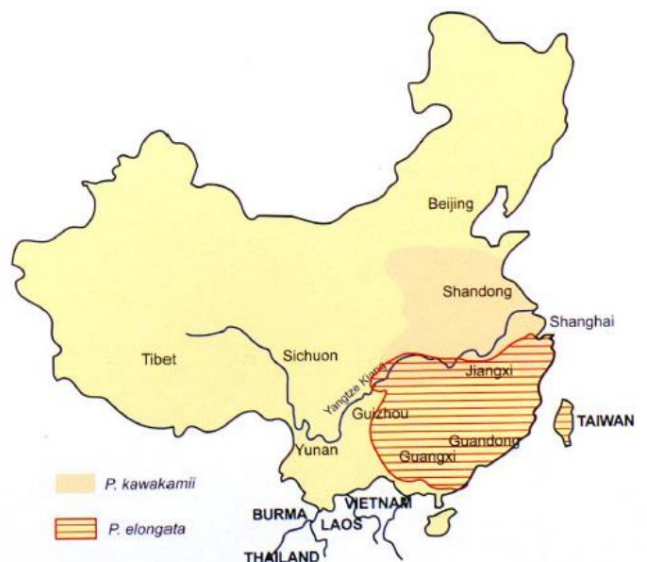


Fig. 3: Naturlige områder af Paulownia-arter: *P. elongata*, *P. fortunei*, *P. tomentosa*; modificeret efter Barton (2007).

påpege i en tidligere publikation i 1980, at Paulownia også har karakteristika for subtropiske og tropiske arter og forklarer således udbredelsen af alle arter syd for Yangtze-floden i sydlige tropiske klimaer med undtagelse af *P. australis*, *P. fortunei* og *P. kawakamii* derudover også stadig i

tropisk klima kan trives.

1.1.1.3 Vejen til og gennem Europa

Paulownia kom til Europa og først og fremmest til Frankrig omkring 1830 af Philipp Franz von Siebold (1796-1866), hvor hun blev nævnt ved navn i "Flora Japonica, Sectio Prima (Textband I) (1835)".

Von Siebold var en bayersk læge og passioneret

Etnolog og botaniker og i begyndelsen af 1800-tallet i det hollandske Ostindiske Kompagni (hollandsk: VOC, Vereenigde

Oostindische

Compagnie) i Japan, som på det tidspunkt stadig var meget isoleret fra fremmede påvirkninger.

Baseret på hans medicinske viden og hans

Interesseret i den japanske fauna og deres anvendelse i lokal medicinsk medicin samlede han et stort antal planter, som han sendte til Europa.

(David, 2012)

Paulownia har været udbredt i hele Europa i årtier, og det men indtil videre kun sjældent i vegetationstyper, der er naturlige for dem, som f.eks flodsletter og skovlysninger (Essel, 2007), selvom det har været dyrket i Italien, for eksempel siden 1989 i form af plantager og som læhegn (Mezzalira og Colonna, 2002). De vilde, synantropiske⁵ forekomster i Italien er blevet klassificeret og anses for etablerede (Wilhelm et al., 2002).

I Schweiz er arten også klassificeret som etableret for Basel, da den mange steder i byen kan findes som vilde individer, der ikke udvikler sig til store træer (Brodbeck et al., 1999). For Zürich er de første spredninger blevet rapporteret siden 1985, og arten har siden spredt sig hurtigt (Landolt, 1993).

Observationer rapporteres fra andre europæiske lande, ofte i forbindelse med allerede eksisterende plantagetræer (Essel, 2007).

I tysktalende lande blev den første vilde forekomst (*P. tomentosa*) beskrevet i 1925. I de varmere områder i Baden-Württemberg og Rheinland-Pfalz er der rapporteret om yderligere vilde forekomster siden 1970'erne og 80'erne

(Kiermeier, 1977). Få flere observationer af vilde individer blev rapporteret i 1990'erne (Adolphi, 1997; Keil og Loos, 2004).

Ifølge Buttler & Thieme (2013) er arten nu naturaliseret i delstaterne Baden-Württemberg, Hessen og Nordrhein-Westfalen.

Andre aflejringer, der stadig er ustabile, er blevet observeret i Berlin, Bayern, Niedersachsen og Rheinland-Pfalz. Det er for det meste grænseplaceringer i byområder som f.eks

Jernbanevolde, murrevner osv. (Keil og Loos, 2004) (Fig. 4).

Dens tørkemedstand er fordelagtig for arten at den oven i købet kan modstå de høje temperaturer, der normalt kan opstå på udsatte steder om sommeren. Hecker & Weisgerber (2014)

tale i denne sammenhæng om en "kakkelovneffekt", der endda er gavnlige for planten.

En af de mest almindelige former for udbredelse er gennem kortrotationsplantager på tysk agerjord, og *P. tomentosa* og *P. elongata* er særligt foretrukne (Cathaia, 2020). Men andre *P.*-arter og talrige hybrider tilbydes i stigende grad i plantehandlen (Stimm et al., 2013) og kan findes i tyske haver.



Fig. 4: Øverste billede viser en år gammel Paulownia vild vækst i Goßler st; Billedet nedenfor viser en år gammel vild vækst af Paulownia ved Institut for Demokratiforskning på Weender Landstrasse i Göttingen.

⁵ Synantropi w [fra græsk synanthropein = at leve med mennesker; *Adj. synanthrop*], forekomst af organismer (hemerofile, kulturelle efterfølgere) mere eller mindre fast bundet til det snævrere bosættelsesområde for mennesker. Kilde: LexBio (2020)

1.1.1.4 Distribution i USA

1.1.1.4.1 Genintroduktion til Amerika

Træartens genkomst på det amerikanske kontinent, efter at arten formentlig allerede var til stede i tertiært (Smiley, 1961), er givet af Shiu-Ying (1961) med årstallet 1844, hvorved bladet "The American Agriculturalist" fra August 1843 allerede en første omtale, med henvisning til "Parson's Nursery" i Queens, kan bevises.

Det antages dog, at P. frø nåede langt tidligere til USA, da frøkaplerne (fig. 5) ofte blev brugt som emballage til transport af varer fra Kina. (David, 2012)

Denne tidlige, ukontrollerede form for introduktion af en fremmed art i USA ud over de programmer, staten gentagne gange har lanceret med henblik på genplantning af skov eller for at forhindre progressiv jorderosion eller blot af hensyn til byforskønnelse (se også David, 2012; Lacy, 2000), er ingen undtagelse, men svarer snarere til reglen, ligesom Snow (2015) henkastet bemærket.

Den amerikanske træindustri bruger Paulownia og foretrækker *P. elongata* siden 1970 (Sne, 2015), selvom meningene om træarterne har varieret meget fra dengang til nu. Den væsentligste udløsende faktor for denne udvikling var det japanske træmarked, som på det tidspunkt ikke kunne dække sit træforbrug med indenlandsk produktion, hvilket igen drev prisen på P. træ kraftigt op (Kays, 1996).

Derudover var der f.eks. orkanen Camille i Virginia, hvis storstilede vindkast blev genbeplantet med *P. tomentosa* af skovejerne (Williams, 1993).

På det tidspunkt blev jordejere i USA aktivt informeret om overlegenheden af denne "magic-tree" træart gennem reklamebrochurer for at fremme dens dyrkning. Der blev dog hurtigt rejst uenige røster, som ikke ønskede at tro på, at vækst ville være mulig hvor som helst, at der ikke var træsygdomme hos denne nye art, og at selv træplejeforanstaltninger ikke var nødvendige.

På trods af dette udviklede arten sig i 70'erne til det nye Trend træarter og allerede 10 år senere var det ikke længere så klart, som Snow (2015) nævner, om de foretagne investeringer ville betale sig, eller om de enden kunne få en

Andre lande som Kina, Australien og Brasilien begyndte dog også aktivt at dyrke træarterne til handel med Japan omkring 1970 i form af plantager (DMN, 1975).



Fig. 5: Blomsterstande og frøstande af en Paulownia, i Goßler-Strasse, i Göttingen.

1.1.1.4.2 Dyrkning og invasivitetproblemer i USA

I maj 1983 blev et tømmerstyveri i Philadelphia (Pennsylvania) døbt "Fairmount Park Chainsaw Massacre" af medierne, hvilket igen satte gang i hypen omkring træarterne. Prisen på tømmer på det japanske marked på det tidspunkt havde oversteg \$1.000 for en 10-fods bjælke, og adskillige tyve ransagede parkerne i Delaware, New York City, New York og Wilmington på jagt efter paulownia-træer. (Lacy, 2000)

Så det er ikke overraskende, at der blev skabt adskillige plantager på det tidspunkt, hvor *P.elongata* blev brugt hyppigst, og hybride avlsforsøg blev gjort med det formål at muliggøre endnu hurtigere vækst og større robusthed i koldt vejr (Hall, 2008). I løbet af dette blev "American Paulownia Association" (APA) grundlagt i 1991 for at netværke plantageejere og udveksle dyrkningserfaringer. På det tidspunkt var tre fjerdedele af al japansk træimport paulownia. (APA, 1991)

Snow (2015) beskriver indledende problemer med den invasive spredning af specifikt *P.tomentosa* i USA i 1940'erne, hvilket forårsagede et skift i dyrkningen mere mod *P.elongata*.

Executive Order 13112 (1999), underskrevet af daværende præsident Bill Clinton, etablerede National Invasive Species Council for at afgøre, om paulownia er en fremmed invasiv art. Udbredelsen af *P.tomentosa* på det tidspunkt strakte sig til over 27 stater fra Maine til Texas (Beasley og Pijut, 2010).

Staterne Connecticut, Georgia, Kentucky, Louisiana, Maryland, North Carolina, New Jersey, Oregon, Pennsylvania, Tennessee, Virginia, Indiana og West Virginia erklærede efterfølgende *P.tomentosa* for invasiv på grund af, at træarterne blev udsat for børstebrende, *bulldozing*, og direkte Den overlever skæring uden problemer og kun den direkte brug af glyphosat eller triklopi på stubben forhindrer den i at spire igen (Remaley, 2005).

Naturlige og menneskeskabte forstyrrelser, såsom store brandhændelser, fremmer spredningen af *P.* i skove. Innes (2009) nævner brugen af paulownia til genvinding af åbne miner og hurtig genopretning af store brændte områder med post-initial forvaltning af arten

Implementering og selvudbredelse beskrives som ekstremt vanskelig.

På grund af sin hurtige højdevækst kan den fra en minimumshøjde på 1,5 m formår de omkringliggende arter med sin krone af blade og dermed i alvorlig grad hæmme regenereringen af et naturligt skovsamfund. (Innes, 2009)

1.1.2 Klassifikation

1.1.2.1 Morfologi og egenskaber

1.1.2.1.1 Generel morfologi

Paulownia bark varierer i farve fra brun til grå til lys

Sort. Den er glat i unge træer og forsynet med linser over hele stammen. I ældre træer kommer det fra de hurtigt fremadskridende

Vækst til langsgående revner i barken.

Kronen kan antage en blyantlignende til paraplylignende form og fremstår ret let på grund af de få men store blade. Med undtagelse af de ældre grene er alle bladrigde dele af kronen dækket af fine hår.

I løbet af væksten fra den unge plante til træet og stærkt afhængigt af placeringen og tilgængeligheden af lys, adskiller bladene sig i form og størrelse fra hinanden.

Blomsten er forholdsvis stor og kommer i et farvespektrum fra hvid til lilla.

Frøene er belagt i to lag og har dermed et vingelignende lag af væv, der er anvendeligt til hurtigere spredning i vinden. De udvikler sig i brune, til at begynde med bløde og senere træagtige frugtkapsler, som er dækket af klistrede hår på ydersiden. (Zhu et al., 1986)

1.1.2.1.2 Taksonomiske egenskaber til karakterisering

I løbet af Paulownias årtusinder lange udviklingshistorie forekom geografisk isolation igen og igen i meget forskellige klimatiske områder. Slægten har tilpasset sig naturligt til de forskellige miljøpåvirkninger, og forskellige arter har udviklet sig.

Den nemmeste måde at identificere disse arter i ældre træer er ved størrelsen af blade, blomsternes farve og hårdækslets tæthed.

Som stabile egenskaber og som grundlag for artsbestemmelse⁶ har Zhu et al. (1986) rapporterede længden af blomsterstanden, med eller uden pedunculus (blomsterstilk), dybden af bægeret, formen på blomsten og frøstanden, tykkelsen af pericarp (frugtvæggen) og formen af moderkagen .

Andre definerende træk, som de mener bør behandles med lidt forsigtighed, er størrelsen af frugten og blomsten, formen og størrelsen af den panikulære blomsterstand og formen af de modne blade på ældre træer.

Med træernes alder varierer dækningen af bladene med hår i de forskellige sektioner af kronen. Bælgebladene og behåringen af bladene viser variation inden for en art og bør derfor kun bruges sidst til identifikation. (Zhu et al., 1986)

⁶ En identifikationsnøgle med systematisk billedstøtte er inkluderet i bilaget til kapitel I (Tab. 8); taget og modificeret ifølge Zhu et al. (1986).

1.1.3 Taksonomi

1.1.3.1 Historisk taksonomi

Den første detaljerede beskrivelse af artens morfologiske karakteristika kan findes i "Monography of Paulownia" af Chen Chu (1061 - 982 f.Kr.) (Zhu et al., 1986). I bogen "Die Flora Japans" fra 1781 omtales træarten af den svenske botaniker Karl Thunberg og slægten *Bignoniaceae*

tildelt, med fremhævelse af arten *Bignonia tomentosa*, som svarer til det nuværende navn *P. tomentosa*.

Den bayerske botaniker Joseph G. Zuccarini (1797 - 1848) og den bayerske læge, etnolog og botaniker Philipp Franz von Siebold (1796 - 1866) studerede træarten nærmere og tildelte den for første gang slægten *Scrophulariaceae* i 1835 (Flora Japan, 1835).

Det følgende århundredes tekniske litteratur er fuld af forskellige nye arter og navne, hvoraf de fleste viser sig at være synonyme ved nærmere eftersyn. Først med monografien af Hu (1959) er en del af navneforvirringen løst, og der er en opgave, der omfatter seks arter.

Til dato er videnskabelige stridigheder om den korrekte klassificering af arten og tildeling til familierne *Bignoniaceae* eller *Scrophulariaceae* ikke blevet fuldstændig løst (Cabi, 2019). Den seneste litteratur går dog ind for dannelsen af en separat familie af *Paulowniaceae* (blåklokke-træer) og en klassificering i syv arter (eFloras, 2014).

1.1.3.2 Nutidens taksonomi

Taksonomitræet ifølge Cabi (2019) kan bruges til at visualisere nutidens taksonomi lettere:

Domæne: Ekaryota

Kongerige: Planter

Fylde: Spermatophyta

Subfylum: Angiospermer

Klasse: Tokimbladede

Bestilling: Scrophulariales

Familie: Scrophulariaceae (oder *Paulowniaceae*)

Slægt: Paulownia

Arter: ...

Ifølge Hecker og Weisgerber (2014) og eFloras (2014) bør de syv-arter slægten Paulownia systematiseres som følger:

<i>P. catalpifolia</i>	T.Gong ex DYHong
<i>P. elongata</i>	SYHu
<i>P. fargesii</i>	Franchet
<i>P. fortunei</i>	(Seemann) Hemsley
<i>P. kawakamii</i>	Onkel

<i>P. taiwaniana</i>	TWHu & HJChang – Synonym: <i>P. australis</i> Gong Tong naturlig hybrid mellem <i>P. fortunei</i> og <i>P. kawakamii</i> (Wang et al. 1994)
<i>P. tomentosa</i>	Thunb. Steudel – (Bluebell Tree, Emperor Paulownia) med sorterne: <i>P. tomentosa</i> var. <i>tomentosa</i>
	Thunb. Steudel
	<i>P. tomentosa</i> var. <i>Tsinlingensis</i>
	Pai Gong Tong
	Ifølge Cabi (2019) er også sorterne:
	<i>P. tomentosa</i> var. <i>klar</i>
	<i>P. tomentosa</i> var. <i>fløde</i>

Zhu et al. (1986) tilføjer arten *P. albipholea* til dette system og skelner mellem *P. taiwaniana* og *P. australis* som uafhængige arter.

Ydermere har forfatterne Zhu et al. (1986) understreger vigtigheden af at skelne mellem arter for både kommerciel dyrkning og videnskabelig forskning og peger på målet om at skelne frøplanter på et tidligt tidspunkt, selvom de hævder at variere meget i udseende, når de vokser gang.

1.1.3.3 Artsliste

Websitet International Plant Names Index (2020) viser 32 arter og hybrider af Paulownia-slægten. Systemet præsenteret ovenfor bør her kun suppleres ved hjælp af en opregning i bilaget til kapitel I (**tabel 9**) som en generel oversigt.

Arten er først anført i alfabetisk rækkefølge, derefter er kilden til dens første omtale angivet i forkortet form, efterfulgt af udgivelsesåret i parentes.

1.1.4 "Hovedtræarten" *P. tomentosa*

Den mest udbredte og derfor bedst undersøgte og mest kontroversielle *P.*-art er *P. tomentosa*. Det vil blive beskrevet mere detaljeret nedenfor som et eksempel for alle andre typer.

Det forveksles ofte med træer af familien *Bignoniaceae* (trompettræ) og gerne med *Catalpa speciosa* (storslået trompettræ). Både træstørrelsen og bladene og blomsterne er meget ens, men skelnen med hensyn til form og antal frugter er meget let.

For catalpa-træer er der tale om tynde, ca. 20-50 cm lange bælg, og i tilfælde af paulownia små bundtede kapsler (fig. 5) (Cabi, 2019)

1.1.4.1 Taksonomi og fordeling

1.1.4.1.1 Taksonomi

Den ekstra term "*tomentosa*" refererer til de filtede hår på begge sider af bladene, blomsterstandene og de stadig unge skud (Hecker og Weisgerber, 2014). Varieteterne kan skelnes på baggrund af behåringen, da fx *P. tomentosa* var. *tomentosa*, i sammenligning med var. *tsinlingensis*, har meget behårede blade, der er vendt væk fra skudaksen (abaksial) (Vor et al., 2015).

Følgende taksonomi er baseret på Cabi (2019) og Vor et al. (2015):

Familie: Paulowniaceae (Blåklokkefamilien) (tidligere familie Scrophulariaceae - Figwort-familien)
 Slægt: Paulownia—Siebold et Zucc. (blåklokke træ)
 Kunst: *P. tomentosa* (Thunb. ex Murray) Steud. (1841)
 Sorter: *P. tomentosa* f. *pallida* Rehd.
P. tomentosa var. *lanata* (Dode) Schneid.
P. tomentosa var. *lucida* ZX Chang & SL Shi
P. tomentosa var. *tomentosa*
P. tomentosa var. *tsinlingensis* (Pai) Gong Tong

Andre videnskabelige (historiske) navne:

Bignonia tomentosa Thunb. (JA Murray, Syst. veg. udg. 14:563. 1784 maj-juni (Fl. jap. 252. 1784 aug))
Incarvillea tomentosa (Thunb.) Spreng.
P. grandifolia Hort. eks konkurrence
P. imperialis Siebold & Zucc.
P. recurva Rehd.
P. tomentosa (Thunb.) Siebold & Zucc. ex Steud.

Almindelige internationale navne:

Kina: Maopaotong, Ribenpaotong, Rongmaopaotong, Zihuapaotong, Zitong
 Tyskland: Kaiser Paulownia, Bluebell Tree
 Storbritannien: kinesisk kejserindetræ, prinsesse træ, kejserindetræ Paulownia, Foxglove træ, Karri træ
 Frankrig: Paulownia (de Chine), Paulownia impérial, Paulownia tomentose, træ af anna paulownia
 Italien: Pauls
 Japan: Hud
 Holland: Anna-paulownaboom

1.1.4.1.2 naturlig spredning

P. tomentosa var tidligere inkluderet i figenurt-familien og var den eneste trælige art. I dag er den dog tildelt den selvstændige familie af *Paulowniaceae* (blåklokke-træplanter). Naturligt udbredelsesområde (fig. 6) er i det centrale Kina og dele af det vestlige Kina med et formlidat omkring 28°-40° n.Br. op til 105°-123 ö.L. (Bean, 1973; Lee, 1983).

Den kan findes i højder på 500 - 1.800 meter over havets overflade og er derfor mere almindelig i provinserne Gansu, Henan, Hubei, Jiangxi, Liaoning, Shaanxi og Shanxi, med meget kraftige plantager i det østlige Gansu og i det større Beijing (Beijing) (Bean, 1973).

Fordi arten har varieret i løbet af de sidste to tusinde år velopdragen i landene i Syd og Østasien blev dyrket og især i Japan og Korea er en præcis beskrivelse af den naturlige fordeling mulig (eFloras, 2014).



Fig. 6. Udbredelsesområde for *P. tomentosa* modificeret fra Zhu et al. (1991).

1.1.4.2 Økologi

Store temperaturforskelle fra -20 °C til +40 °C tolereres af træarten. *P. tomentosa* er den mest frostbestandige af alle arter, selvom den også kun kan opnå sin optimale vækst i lange perioder med varmt vejr, hvor daglige gennemsnitsværdier mellem 24 – 29 °C er ideelle.

Den foretrækker fuld sol, vindbeskyttede steder og dyb sandet muldjord frem for veldrænet muldjord. Vækstpotentialet kan ikke udvikles fuldt ud på jorde med højt lerindhold, som forsøg i USA har vist (Johnson et al., 2003). Som et pionertræ kan *P. tomentosa* trives i rå jord med en pH mellem 4,0 og 8,5. I naturlige blandingskove socialiserer den som lyselskende art kun med arter, der har samme væksthastighed eller er underlegne i vækst, og den koloniserer områder med årlig nedbør på 500 til 1.500 mm. (Zhu et al., 1986)

1.1.4.2.1 Karakteristika, der er typiske for arten

P. tomentosa når en gennemsnitlig højde på 12 - 15 m, selvom der kendes eksemplarer på op til 25 m. Fra en stammehøjde på ca 2 m begynder forgrening over nogle få hovedgrene, som fortsætter i etager og gentages inde i kronen ved gentagelseskud⁷ og karakteriserer således den samlede krones løse udseende. (Dening, 1937)

⁷ Gentagelse refererer til udviklingen af skud fra prøvende knopper (sovende knopper), kilde: (Bartels, 1993)

1.1.4.2.2 Skud, knopper, blade

De grønne, fillignende unge skud har store linser. Den overvejende hvide marv kan være hul på skuddene, hvilket også i højere grad kan observeres på de modne træer.

Der mangler en endeknop, hvor sideknopper forekommer hyppigere på de unge skud. Vinterknopperne står over de elliptiske eller cirkulære bladar.

I modsætning til hvad der er sædvanligt for centraleuropæiske træarter, viser *P. tomentosa* ingen misfarvning af bladene om efteråret. I stedet bliver de hængende på grenene indtil den første frost. (Hecker og Weisgerber, 2014)

Størrelsen på bladene varierer meget under udviklingen fra ung plante (mere end 50 cm i længden og bredden) til træet og når i gennemsnit 12 - 30 cm i længden og bredden med en 15 - 20 cm lang bladstilk. Nerver og fildede, gråbrune, flergrenede hår (træhår "dendritiske forgrenede trichomer" (Hoppe, 2020)) kan ses på undersiden. (Hecker og Weisgerber, 2014)

1.1.4.2.3 blomster, frugter og frø

P. tomentosa blomstrer normalt i det andet år, hvilket er meget tidligt sammenlignet med de andre arter, som normalt først blomstrer i det femte eller sjette år. Blomstringstiden er meget forskellig hos arten i begyndelsen af vegetationsperioden og forekommer forholdsvis sent i *P. tomentosa*, selv før bladene spirer i slutningen af maj. Entomophilia⁸-blomsternes knopper dannes af træet året før. (Zhu et al., 1986)

Nedbørs- og temperaturforholdene i sensommeren i månederne august til september er afgørende for knoppens udvikling, da antallet af knopper på træet reduceres med tørkens begyndelse. Disse udstråler en intens duft og bestøves af bier.

De ægformede frugtkapsler er cirka 3 - 4 cm lange, behårede, til at begynde med læderagtige og klistrede ved kontakt og bliver først senere lignificerede. Frøene, der vokser til omkring 2000 - Der er 3.200 i hver kapsel, er cirka 4 mm lange og er anemochor (vindbårne). Et modent træ producerer i gennemsnit op til 20 millioner frø om året (Cabi, 2019). Et kilo frø indeholder anslået 4 - 6 millioner frø, med en gennemsnitlig tusind frø vægt på omkring 0,17 - 0,25 g. Sprængningen af kapslerne er tydeligt hørbar og finder først sted i begyndelsen af januar, når vejret er tørt og frem for alt solrigt. (Hecker og Weisgerber, 2014)

Den kan spredes over længere afstande, op til 3 km fra moderplanten, med både vind og vand. Hvis frøene ikke spirer med det samme, kan de forblive spiredygtige i jorden i mellem 2 og 3 år.

(Innes, 2009)

1.1.4.2.4 bark, bark og træ

Med 0,3 g/cm³ er træet af *P. tomentosa* en af de letteste træsorter i Kina og krymper kun med op til 8,5% (Mayr, 1906). Det lysebrune kerneveds tydeligt genkendelige vækstringsgrænser er omgivet af et tyndt lysegrå splintved, som efterfølges af den gråbrune bark og bark.

⁸ entomophil bzw. Entomogamie w [von entomo-, græsk gamos = ægteskab], entomofili, insektbestøvning, insektblomstring, overførsel af pollen fra en blomst til stigmatisering af en anden blomst af samme art af insekter. Kilde: LexBio (2020)

Næsten alle træstammer har et cylindrisk hulrum, der løber gennem stammen. Generelt er kvistene og grene i risiko for læhegn, som kan øges ved rig frugtsætning. De resulterende sår viser kun moderat ardannelse, og der er kun let hævelse. (Hecker og Weisgerber, 2014)

1.1.4.2.5 rod

P. tomentosa har et veludviklet rodsystem, som er dannet af flere siderødder af forskellig styrke, i stedet for en pælerod .

De løber normalt lodret nedad og kan strække sig langt ud over det overfladiske fremspring af kronen med siderødderne udgående fra dem. De overfladenære rødder, der løber i en radius på cirka 0,5 - 4 m omkring midten af stammen, er tæt forgrenede. (Zhu et al., 1986)

P. tomentosa indgår i en symbiose med *endomycorrhiza* , som kan have stor indflydelse på højde, diameter og dermed biomassevækst (Büker, 2015; Mehrotra, 1996; Mehrotra et al., 1998; Mehrotra, 1997b).

1.1.4.3 Skovdyrkning og udbytterelateret behandling

På grund af den meget lave skyggetolerance vil en introduktion af træarterne i Mellemeuropas skovsamfund først kunne tænkes efter større forstyrrende begivenheder, såsom efter storstillede brande eller vindkast. Det er ikke underlagt lov om formeringsmateriale, og der er ingen oplysninger om naturlig variabilitet (Vor et al., 2015).

Dyrkning i form af værdifuldt tømmer eller kortroterede klippeplantager på agerjord er meget almindelig (Cathaia, 2020; Thielen, 2019). Som en komplementær træart i agroforestry-systemer bruges den i kombination med afgrøder eller som en ren kultur. (Cabi, 2019)

1.1.4.3.1 vækst, udvikling og udbytte

Længdevækst af *P. tomentosa* kan stige op til 5 cm om dagen i juli – august, hvilket forklarer, hvorfor en årlig stigning i højden på 4 m er mulig med en BHD-stigning på 5,5 cm. Denne vækst fortsætter indtil begyndelsen af efteråret, hvilket betyder, at de yngre skudafsnit ikke længere modnes og fryser tilbage eller dør af i løbet af vinteren. (Zhu et al., 1986)

Den gennemsnitlige opnåelige træalder er generelt angivet til 60-70 år, under meget gode forhold som 100 år, med vækstkraft, der kulminerer mellem 20-30 år (Innes, 2009; Kiermeier, 1977). Denne forholdsvis korte levetid kombineret med hurtig vækst, stor frøproduktion og et stort behov for lys er klare kendetegn ved et pionertræ (Kiermeier, 1977).

I Kina dyrkes omkring 1,5 millioner ha *P.*-arter i agroforestry-produktionsformer i kombination med hirse, majs, raps, hvede og forskellige typer grøntsager (Hecker og Weisgerber, 2014).

Fordelene er den løse og derfor meget gennemskinnelige krone, den forholdsvis sene bladspiring og den eneste lave konkurrence med de andre nytteplanter i jordens overfladenære rodgennemtrængningsområde.

Andre abiotiske og biotiske aspekter såsom forbedring af de mikroklimatiske forhold og frost- og vindbeskyttelse ved rækkebeplantninger har en positiv effekt på udbyttet. (Kiermeier, 1977)

Det er derfor ikke overraskende, at der opnås større vækst i blandede kulturer, som producerer gennemsnitlige BHD'er på mellem 35 - 40 cm og en træmasse på 0,5 - 1,5 m³ pr. Kornudbyttet kan også øges med op til 23 % på disse arealer. (Zhu et al., 1991)

Hvis der også skal produceres værdifuldt træ i stedet for eksklusiv biomasse, kræves øget vedligeholdelse på grund af den sympodiale forgrening (se også 1.1.5.2.2 Kronevækst) (Stimm et al., 2013).

1.1.4.3.2 regenerering, formering og dyrkning

Naturlig foryngelse kan kun finde sted i åbne rum uden konkurrence fra ledsagende vækst eller skygge fra andre arter, da frøplanterne er afhængige af et højt lysniveau.

Generelt er spiringens varighed stærkt afhængig af gennemsnitstemperaturen over dage. Hecker og Weisgerber (2014) angiver en varighed på 9 dage ved 30 °C, som kan forlænges til tre uger ved lavere temperaturer. Det forklarer, hvorfor *P. tomentosa*-kimplanter ofte findes mellem belægningssten og sprækker i klippen, da der her opnås højere temperaturer på grund af den såkaldte flisebelagte åben-effekt, som igen holder konkurrencen fra andre planter lav.

Frøene kan opbevares på køl i to til tre år og opnår stadig en spiringsgrad på mellem 70 og 90 % (Zhu et al., 1986). For at fremskynde spiringen anbefales behandling i vandbad i 10 minutter ved 40 °C og yderligere iblødsætning ved stuetemperatur i 24 timer (Hecker og Weisgerber, 2014).

Allerede et til to år gamle frøplanter er velegnede til vegetativ formering.

Her skæres rodstykker med en længde på 15 - 18 cm og en bredde på mellem 1 - 4 cm. Disse stilles så oprejst om foråret, cirka en centimeter under jordoverfladen. Hurtig rodvækst finder sted i de første uger, og den efterfølgende forsinkede skududvikling kræver yderligere plejeforanstaltninger, fx udknivning (fjernelse af skud i bladaksen) uønskede sideskud. (Zhu et al., 1986)

Hecker og Weisgerber (2014) nævner også gode formeringsresultater med forskellige in vitro metoder.

1.1.5 Generel økologi

1.1.5.1 Økologiske krav

1.1.5.1.1 etage

Det faktum, at paulownia kan findes i hele Kina, er et tegn på, at den kan trives i en lang række forskellige jordtyper.

Tolerance over for forskellige pH-niveauer varierer mellem arter fra 4,5 til 8,5. Uden for dette område kan slægten overleve, men trives derefter kun med stærkt begrænset vækst. Jord med et saltindhold på mere end 1 % viser også vækstforstyrrelser. (Zhu et al., 1986)

Paulownia kan også opnå gode vækstrater på meget dårlig jord, selvom en bedre tilførsel af næringsstoffer naturligvis kan sikre markante stigninger. Zhu et al. (1986) nævner forsøg med yderligere gødning og anbefaler substrater med højt indhold af nitrogen, fosfat og kalium.

For god og hurtig vækst har Paulownia brug for et veludviklet rodsystem og foretrækker derfor dyb, løs, fugtig og godt gennemluftet jord. Derfor findes den oftest på sand- og lerjord. Den foretrækker en jordporøsitet i området 10-50 % og en jordbeluftning på over 30 %, med en bulkdensitet på mellem 1,03 og 1,3 g/cm³. Træarten kan kun trives på jord, hvor grundvandet er dybere end 1,5 m, da det er følsomt over for vandladning og truer med at dø efter blot 3-4 dage.

(Zhu et al., 1986)

Faneblad 1: Sammenligning af Paulownia-arter baseret på udbredelsesområde, temperatur, nedbør og jordbundsforhold, modificeret fra Zhu et al. (1986), s. 22.

Species	Distribution			Temperature			Rainfall		Soil	
	LAT	LONG	ALT	Max	Min	Mean	AN mm	Dry months	pH	Texture
<i>P. tomentosa</i>	N28-40	E105-128	1500	40°C	-20°C	17-11°C	1500-500	3-9	5-8.5	light clay-sandy
<i>P. elongata</i>	N28-36	E112-120	1200	40°C	-15°C	17-12°C	1500-600	3-9	5-8.5	heavy loam-sandy
<i>P. catalpifolia</i>	N32-36	E113-120	800	38°C	-15°C	15-12°C	1300-700	4-8	6-8.0	light clay-sandy
<i>P. fortunei</i>	N18-30	E105-122	1100	40°C	-10°C	23-15°C	2500-1200	2-3	4.5-7.5	light clay-sandy
<i>P. taiwaniana</i>	N22-25	E120-122	1000	39°C	2°C	20-23°C	2300-1800	2-3	4.5-7.0	light clay-sandy
<i>P. albiphloea</i>	N28-30	E100-110	600	41°C	-3°C	18-20°C	900-1400	3-4	4.5-7.5	medium clay-sandy
<i>P. australis</i>	N22-30	E110-122	700	38°C	-6°C	14-20°C	900-2100	2-3	4.5-7.0	light clay-sandy
<i>P. kawakamii</i>	N22-30	E110-122	800	38°C	-8°C	14-20°C	1100-2200	2-4	4.5-7.5	medium clay-sandy
<i>P. fargesii</i>	N23-31	E100-110	2000	34°C	-11°C	13-18°C	1200-1900	1-2	4.5-6.5	medium clay-sandy

1.1.5.1.2 nedbør

Ifølge Zhu et al. (1986) af største betydning. For at gøre dette muligt udvikler træet en stor mængde jord ved at udvikle et omfattende og dybt rodsystem (Longbrake, 2001) og danner et stort bladarealindeks med forholdsvis få blade.

Den nedbørsmængde, som Paulownia tolererer, er mellem 500 og 3000 mm om året (pa). Ifølge Zhu et al.

(1986), at det meste af nedbøren falder i den varme periode, det vil sige tidspunktet for den største vækstrate for paulownia.

Slægten viser ingen øget følsomhed over for fugt, som forsøg i Sha Che-provinsen (Sinkiang Uighur-regionen) med kunstig kunstvanding og en gennemsnitlig daglig luftfugtighed på 52 % har vist. (Zhu et al., 1986)

1.1.5.1.3 Vind

På grund af de store blade kan vinden udøve stærke mekaniske kræfter på planten eller træet, hvilket nemt kan resultere i skader som knækkede grene på frøplanter, unge træer og endda modne træer.

Men vinden spiller en afgørende rolle i spredningen af P. frø.

Disse produceres i stort antal fra træet. De er små, lette og dækket af et lag væv, der fungerer som vinger, så frøene kan blæses overalt fra 0,5-1 km fra modertræet. (Zhu et al., 1986)

1.1.5.1.4 Temperatur

Paulownia begynder at vokse ved en temperatur på 8 °C. Den er meget afhængig af den daglige middeltemperatur, hvilket ifølge Zhu et al. (1986) ligger i det optimale område mellem 24 - 29 °C, og jo længere tid dette optimum nås, jo bedre er den samlede vækst.

Som det er sædvanligt med andre træarter, har paulowniaen i løbet af sin udvikling udviklet forskellige muligheder for at forhindre overophedning af vævsoverfladen ved kraftige temperaturudsving. For eksempel er blomsterknopperne pakket ind i tykke, kødfulde bægerblade, der har et højt indhold af stivelse og sukker, hvilket gør dem isolerende. Derudover er der en skede med fine hår og skæl. Bladene er desuden dækket af hår på begge sider, hvilket skaber små luftlommer på overfladen af epidermis, som virker isolerende. (Zhu et al., 1986)

Arterne afslutter deres højdestigning i slutningen af vækstsæsonen ved forskellige temperaturer og dermed på forskellige tidspunkter af året. I Kina er det blevet observeret, at *P.tomentosa* ophører med dette allerede i september ved mindre end 20 °C. *P.elongata* stopper ved 18 °C i begyndelsen af oktober og *P.fortunei* lidt senere, omkring midten af oktober til begyndelsen af november. Kun *P.kawakamii* reagerer kun ved at standse højdevæksten, når den daglige gennemsnitstemperatur er under 15 °C. I forhold hertil er væksten i tykkelsen forholdsvis ens for alle arter og stopper først, når bladene falder. (Zhu et al., 1986)

Som tabel 1 viser, varierer arternes kuldemodstand meget fra hinanden.

Generelt beskrives *P.tomentosa* som den mest hårdføre, der tåler temperaturer ned til -20°C.

P.elongata (ligner *P.catalpifolia*) tåler mellem -

15 til -18 °C og *P.fortunei* (såsom *P.australis*, *P.kawakamii* og *P.fargesii*) forlænger stadig temperaturer fra -5 til -10 °C. (Zhu et al., 1986)

I et feltforsøg i foråret 1976 blev alle tilgængelige arter af Paulownia plantet i Beijing (Peking), og virkningerne af den efterfølgende vinterperiode, med en lav temperatur på $-16\text{ }^{\circ}\text{C}$, ville blive observeret. Som forventet havde *P. tomentosa* ingen skade overhovedet. *P. elongata* (ligner *P. catalpifolia*) viste kun små frostskaeder på de solrige steder. *P. fortunei* herkomst fra Guangzhou/Hongzhou ($22\text{-}30^{\circ}\text{N}$) områderne viste en dødelighed på 100 %,

der henviser til, at herkomsten af Nanjing-regionen ($32\text{ }^{\circ}\text{N}$) overlevede med alvorlige frostskaeder. Særligt bemærkelsesværdigt er observationen, at alle *P. fargesii*-frøplanter også døde, på trods af at denne art er vant til meget kolde og våde klimaer i højere bjergområder. Det er mistanke om, at den kolde og især tørre vinter i det nordlige centrale Kina, som arten ikke var i stand til at tilpasse sig til, har bidraget til denne høje dødelighed. (Zhu et al., 1986)

De terminale knopper af *P. fortunei* er særligt følsomme, fordi de i modsætning til alle andre *P.*-arter ikke har nogen frostbeskyttelse. Som følge heraf dør de fleste knopper hen over vinteren, og de overlevende udvikler stærkt forgrenede grene i det kommende forår (Zhu et al., 1986), hvilket igen medfører øgede vedligeholdelsesomkostninger til dyrkning af knastfrit stammeved.

Naturligvis er de unge planter med deres endnu ikke lignificerede stængler hårdest ramt af frost. Den resulterende skade vil være

hovedsageligt forårsaget af de store temperaturforskelle mellem dag og nat og er ikke kun en konsekvens af de lave temperaturer om natten. Der udvikles råd på de beskadigede områder, og svampesporer trænger ind i stoffet, hvilket har stor indflydelse på træernes vækst og efterfølgende trækvalitet. For at forhindre dette er det sædvanligt i Kina først at belægge stammerne med våd kalk eller at pakke dem ind i et græsbind. (Zhu et al., 1986)

1.1.5.1.5 lys

Træartens lyskompensationspunkt er omkring 2.000 lx^9 . Eksperimenter med *P. elongata* og *P. taiwaniana* har vist, at mætningspunktet er omkring 60.000 lx er nået. *P.* arterne viser forskellige skyggetolerancer, med *P. fortunei* (ligner *P. fargesii*) er den mest skygge-intolerante, hvilket fremgår af det faktum, at regenerering kun kan opstå i åben jord. (Zhu et al., 1986)

I skovbevoksninger findes Paulownia normalt kun som en enkelt stamme på udsatte steder med masser af lys, såsom langs floder eller åbne dale. Naturligt dannede *P.* skovbevoksninger er derfor sjældne og kloge

kun et lille antal stammer eller en lav grad af rorpind. Optræder træarten i blanding med andre arter, er den mindst samme størrelse eller større end den øvrige træart i forhold til kronehøjden.

Både spiringen og modningen af frøene til unge planter kræver intensiv lysnydelse. Ifølge Zhu et al. (1986) har forsøg med skyggetolerance for frøplanter vist, at så lidt som 70% skygge kan være dødelig for regenerering. Heraf konkluderer forfatterne, at Paulownia er en lyselskende art, hvilket er grundlaget for dens hurtige vækst.

⁹ lx = lux, enhed for belysningsstyrke.

Det er derfor uegnet til blandinger med andre træarter, som vist ved et forsøg i Wu Gueng (Shensi-provinsen), hvor en blanding af *P. tomentosa* og *Populus nigra* blev plantet ved hjælp af en planteklynge på 3 x 2 m. *P. tomentosa* viste dårlig vækst gennem hele sin udvikling og havde en dødelighed på ca. 20% i sit sjette år efter plantning.

Zhu et al. (1986) kommer derfor til den konklusion, at Paulownia er en pionertræart og ikke kan regenerere naturligt i skove, men altid kræver brakjord, rydnings- eller tidligere skovbrandsarealer.

1.1.5.2 Vækst

I Kina er der et ordsprog om *P.*-dyrkning: "Det ligner en stang på et år, en paraply på tre år og kan saves til brædder på fem år!" (Zhu et al., 1986, s.14). Her lægges vægten på den hurtige vækst og den tilhørende tidlige tilgængelighed af stammetræ. Faktisk når træarten sin højeste vækstrate mellem 20 og 30 års alderen og kan i enkelte tilfælde nå en diameter på 1 til 2 m og en højde på op til 30 m (Vor et al., 2015). Under naturlige vækstforhold, det vil sige i åbne skovsamfund, når de fleste træer en alder på mellem 60 og 70 år, hvorfor arten beskrives som ret kortlivet (Innes, 2009; Kiermeier, 1977).

1.1.5.2.1 Væksthastigheder for forskellige arter

Der er forskellige væksthastigheder mellem *P.* arterne under samme stedsforhold. Forholdsvis de hurtigste dyrkere er *P. elongata*, *P. fortunei* og *P. tomentosa*, med underarten *P. tomentosa* var. *tsinlingensis* beskrevet som den langsomst voksende.

I Kina har regeringen i årtier anbefalet, at landbefolkningen planter *P. fortunei* på de "fire vigtige sider", da dette er bedst egnet i nærheden af bygninger, omkring landsbyer og langs veje og kanaler for at trives. Zhu et al. (1986) opregner talrige eksempler på vækst, hvoraf tabel 2 giver et overblik.

Fane 2: Sammenligning af væksten af 5 år gamle træer af arten *P. elongata*, *P. tomentosa*, *P. fortunei*, *P. glabrata* fra Wu Gueng-regionen (syd for Yangtze-floden, lat. N34°23' Lange. E107°42'), modificeret efter Zhu et al. (1986), s. 15.

Species	d.b.h. (cm)		Height (m)		Timber volume		Percentage disease affected (%)	
	Average	Annual increment	Average	Annual increment	Average (m ³)	Increase (%) Index (<i>P. glabrata</i> = 100)	Witches' broom disease	Sunscald
<i>P. elongata</i>	18.0	3.6	11.1	2.2	0.1191	275	10	0
<i>P. tomentosa</i>	15.3	3.0	9.5	1.9	0.0716	165	30	10
<i>P. fortunei</i>	14.7	2.9	9.3	1.9	0.0696	161	0	0
<i>P. glabrata</i>	12.9	2.6	7.9	1.6	0.0433	100	50	40

1.1.5.2.2 krone vækst

Kronen på et træ er summen af grenenes årlige vækst. I det første år af plantningen udvikler paulownia kun en krone, der i gennemsnit er omkring 1 m høj, da størstedelen af vækstkraften investeres i udviklingen af det underjordiske rodsystem (Longbrake, 2001).

Træarten når tidligst fra anden vegetationsperiode en gennemsnitlig højdevækst på 1,5 til 2 m om året. Det er først fra tredje eller fjerde år, at der dannes grene af de laterale stængelknopper, som igen danner yderligere sidegrene i samme vegetationsperiode og dermed skaber en to-etagers krone. Dette forgreningsmønster kan også findes i ældre træer. (Zhu et al., 1986)

De apikale og sædvanligvis også den anden og tredje aksillære (i bladaksen) knopper lider, afhængig af det område, træet vokser i, frostbetingede skader, hvorved kun den fjerde eller femte aksillære knop modner til de nye grene.

Knopperne for det næste år dannes så på disse grene, hvoraf de øverste sandsynligvis også vil blive beskadiget, og så gentages vækstsekvensen i grenene år efter år. Zhu et al. (1986) anbefaler, baseret på denne observation, at bestemme træets alder ved blot at tælle antallet af grene.

Kronen på Paulownia er sympodial¹⁰, selvom den ser monopodial ud¹¹ på grund af den hurtige vækst i højden og de forholdsvis langsomt udviklende sidegrene.

1.1.5.2.3 rodvækst

Rodsystemets vækst er væsentligt påvirket af jordens egenskaber, de tilgængelige næringsstoffer og den dybde, hvori grundvandet er til stede.

Træet udvikler dybder på 0,8 - 1,0 m gennem geotropisk orienterede rødder, hvorved der ikke dannes hovedrod. (Vor et al., 2015)

Forfatterne Zhu et al. (1986) bruger et voksent *P.elongata*-træ som eksempel til at beskrive, hvordan omkring 70-85 % af dets absorberende rødder er fordelt i en radius på 40-100 cm rundt om træet. De peger på, hvor fordelagtig en sådan naturlig rodudvikling er for dyrkningen af træarten i agroforestry-systemer (intercropping). I et andet eksperiment fra Honan-provinsen blev hele rodsystemet af en *P.elongata* blotlagt, og rødderne viste sig at strække sig over et areal på 29,5 x 28,1 m, hvilket er 2,8 gange kronedækningen svarede. (Zhu et al., 1986)

¹⁰ Sympodial eller Sympodium s [af sym-, græsk podion = små fødder; Adj. *sympodial*], *tilsyneladende akse*, betegnelse for stammer, grene og kviste, der ikke er et resultat af fremmet vækst af den respektive moderakse, men fordi en sidegren fortsætter med at vokse og overskrider oprindelseslinjen, halter oprindelseslinjen igen bagud i væksten. Det resulterende forgreningssystem kaldes *monochasium*. Sådanne sympodier kan i høj grad ligne en ægte hovedakse - især når den tilsyneladende akse blot fortsætter aksevæksten, og den undertrykte afstammingsakse skubbes sidelæns. Kilde: LexBio (2020).

¹¹ eller monochasium s [af monosympodielle skudsystemer (hovedaksler) med sidegrene] for en ifølge i monopodie nedstigningsaksen (lateral akse). I modsætning til *dikasium* fortsætter kun 1 sidegren forgreningen i monochasium. Derved overgår den sin nedstigningsakse (telomteori), og der udvikles et forgreningssystem med en tilsyneladende akse (sympodium), som er bygget op af sideskud af forskellig orden. Hvis denne tilsyneladende akse viser lige vækst, fordi enderne af de respektive slægtsakser, der holder op med at udvikle sig, skubbes til siden og dermed simulerer sidegrene, så kan dette sympodiale system næppe skelnes fra et monopodiet (monopodium) system. Kilde: LexBio (2020)

1.1.5.3 Diametervækst

Siden 1970'erne har der været en række videnskabeligt overvågede *P.*-dyrkninger i Kina. På grund af deres vækstkarakteristika blev arterne *P.elongata* og *P.fortunei* plantet hyppigst. (Hecker og Weisgerber, 2014; Hu, 1959; Zhu et al., 1991, 1986)

1.1.5.3.1 Durchmesserwachstum am Bsp. *P. elongata*

Kronen på *P.elongata* udvikler sig først fra den anden eller tredje vækstsæson. Hvert andet til fjerde år opstår vækstspring i stammen, som resulterer i uregelmæssig vækst i højden og fra tid til anden er lavere.

Øgningen i diameter når sin kulmination mellem 8 og 13 år

Punkt. Dette kan allerede observeres i træer fra vegetativ formering (rodstiklinger) mellem 4 og 8 år. Den årlige trævækst er stærkt afhængig af jordbundsforholdene og aftager ved moderate forhold fra 14 - 15 års alderen og ved gode forhold først fra omkring 20 år. (Zhu et al., 1986)

Forfatterne Zhu et al. (1986) analyserede en række *P.elongata*-afgrøder og var i stand til at etablere følgende principper:

- Stammens trævolumen svarer til omkring 70 % af totalen træets træmasse.
- Den første vækstspurt af stammen udgør omkring 23 % af den samlede trævolumen, mens den anden spurt kun genererer 4 % af trævolumen.

Da mere end 90 % af træets samlede trævolumen udvikler sig fra basisstammen og den første vækstspurt, råder forfatterne til at være særlig forsigtig, når man plejer træarten i dens unge stadie.

1.1.5.3.2 Diametervækst ved at bruge eksemplet med *P.fortunei*

P.fortunei udvikler normalt kun to pseudo-dikotome¹² grene meget tidligt. Kronen udvikler sig videre fra den stærkeste af de to grene. Højdestigningen er i starten meget kraftig, løber jævnt fra år til år og foregår langs en hovedgren. Kulminationen af trævækst sker senere end i *P.elongata* og nås ofte først efter omkring 15 år.

Ved samme BHD er volumen af stamcellerne ved *P.fortunei* ca. 18 – 36 % større end i *P.elongata*. (Zhu et al., 1986)

Generelt viser plantaget træer en væsentlig hurtigere trævækst end naturlige eksemplarer dyrket i skove. Generativt opformerede træer viser et langt senere kulminationspunkt i trævækst end vegetative, og faldet i denne vækst strækker sig over en meget længere periode.

(Zhu et al., 1986)

¹² dikotom = forgrening af skudaksen i to næsten lige store dele.

1.1.6 Abiotiske risici

1.1.6.1 Generelle abiotiske risici

Slægten Paulownia kan trives under en lang række forskellige stedforhold. Frøspiring er dog alvorligt hæmmet i tørre og meget sure jorde med en pH-værdi under 4,0 (Innes, 2009).

En høj andel af ler reducerer også levedygtigheden af unge planter (Johnson et al., 2003).

Gamle træer kan modstå lave temperaturer på under – 20 °C uden skader.

På den anden side er unge planter og skud, der endnu ikke er forkuldet, truet af tidlig eller sen frost og kan dø. Af de forskellige P. arter, *P.tomentosa* den største frost og vinterhårdhed, som ifølge Stimm et al. (2013) bidrog væsentligt til udbredelsen i Europa.

På grund af de store blade er der risiko for gensidige mekaniske skader på vindudsatte steder. Dette begrænser også væksten (Richter og Böcker, 2001) og gør det sværere at dyrke lige og langskafede stammer og dermed produktionen af værdifuldt træ.

Ifølge Innes (2009) dræber ild plantedelene over jorden, og frøene kan ikke modstå temperaturer over 100 °C. Men efter store brandhændelser, som dem der findes i Nordamerika, udvikles der ideelle vækstbetingelser og dermed et højt invasivt potentiale for træarterne (Innes, 2009; Johnson et al., 2003).

Konkurrencen med hurtigt udviklende ledsagende vegetation om tilgængeligheden af lys kan føre til vækstbegrænsninger eller kimplanternes død (Innes, 2009). Men når de unge planter har etableret sig, er de friske blade i starten stadig følsomme over for solskoldning (Stimm et al., 2013; Zhu et al., 1986).

1.1.7 Biotiske risici

Selvfølgelig er Paulownia-slægten jævnlige angrebet af f.eks. spætter og skælinsekter. Intensiteten af angrebet med patogener og andre sygdomme afhænger dog af regionen og dermed af klimaet.

I det sydlige Kina angribes træerne hovedsageligt af bladædende insekter og barkbiller såsom langhornsbillen (*Cerambycidae*). I nord er bladædende insekter også meget almindelige, men heksekostsygdommen er langt mere problematisk. (Moreotra, 1997b; Zhu et al., 1986)

1.1.7.1 Heksekostsygdom

En af de mest alvorlige sygdomme i Paulownia er Paulownia heksekost (PWB - heksekostsygdommen). I Kina findes den hovedsageligt i de nordlige provinser, men breder sig længere og længere mod syd med dyrkning af plantager. Det er forårsaget af phytoplasma og påvirker kraftigt træernes vækst og har en dødelig effekt på både frøplanter og unge planter. (Cabi, 2019; Zhu et al., 1986)

1.1.7.1.1 symptomer

Antallet og sværhedsgraden af symptomer på denne sygdom varierer mellem arter og findes oftest på grene, stammer, blomster og rødder.

Et stort antal knopper spirer fra inficerede grene og danner bundter af grene, hvis udseende giver anledning til navnet på sygdommen. Grenene falder ikke fra træet om vinteren, men de kan tørre ud eller dø inden for et år eller to.

Bladene, der dannes, er små og tynde og viser et gult bladblad.

Deres tæthed af klorofyl og proteiner reduceres med op til 30-40%.

Generelt fører sygdommen til stofskifteforstyrrelser i den fysiologiske cyklus af stoffer, hvilket fører til underforsyning af hele sektioner af kronen og i sidste ende til træets død. (Zhu et al., 1986)

I gennemsnit er kun omkring 5 % af frøplanterne berørt. Hos unge planter kan sygdommen ramme omkring 5-30% og hos unge træer mellem 4-5 år kan angrebsraten stige til omkring 50-80%. Da inficerede træer udvikler væsentligt kortere rødder, er væksten af unge træer alvorligt beskadiget, og den for ældre træer reduceres med omkring 20-25 % i gennemsnit. (Zhu et al., 1986)

1.1.7.1.2 Infektion

Sygdommen spredes hovedsageligt af *stinkbugs* (*Halymorpha picus*) (Vor et al., 2015), men andre insekter som *Empoasca flavescens* (slægt: bladhoppere, familie: *Cicadellidae*, underfamilie: *Typhlocybinae*) bidrager også.

Hovedspredningen sker dog gennem forurenede plantemateriale (rodstiklinger) eller ved podning (podning) af ældre træer. Så vidt vides er frø fra angrebne træer ikke påvirket af sygdommen og kan uden begrænsninger anvendes til det tilsigtede formål. (Zhu et al., 1986)

1.1.7.1.3 modforanstaltninger

Som den enkleste måde at forhindre videre spredning af sygdommen på, har Zhu et al. (1986) fjernelse af stærkt angrebne træer og bortskaffelse heraf i form af forbrænding.

Hvis kun enkelte grene er ramt, skal disse skæres af og sårstedet belægges med en salve lavet af Terramycin (antibiotikum, gruppe: tetracykliner) og vaseline (i forholdet 1 til 9). Salven hjælper med sårheling og forsegler patogenet i træet, hvilket reducerer yderligere spredning.

Beskæringsforanstaltningen bør udføres om sommeren eller det tidlige efterår, hvor kronens hovedvækst finder sted, for at reducere migrationen af patogenet i træets materialekredsløb. (Zhu et al., 1986)

Da sygdommen hovedsageligt spredes via kontaminerede rodstiklinger, har Zhu et al. (1986) anbefalede en hel række af beskyttelsesforanstaltninger.

Stiklingerne kan nedsænkes i et vandbad ved 45 – 48 °C i cirka 20 minutter for at desinficere dem. En opløsning af antibiotika kan også bruges i stedet for vand.

Dyp rodstiklingerne i 6 - 12 timer i en opløsning af bor (0,01 - 0,5%), natriumthiosulfat (2%), natriumsulfat (1%) og zinksulfat (0,1%) og tør derefter i solen for en til to dage før plantning.

1.1.7.2 Antraknosesygdom

Anthracoze (fokal plet) påvirker skud og blade på frøplanter mest alvorligt, hvilket får dem til at dø eller falde af (Cabi, 2019). Deres fordeling er stærkt bestemt af klimatiske forhold - hyppighed af nedbørshændelser, fugtighed osv. Sygdommen udløses af et patogen i jorden, i dette tilfælde en ascomycete (sæksvamp) (Butin, 2011).

Ved cirka 25 °C og en luftfugtighed på 90 - 100 % er det optimale for spiring af Paulownia frø. Smittehyppigheden stiger dog desto mere, hvis frøplanterne plantes for tæt på hinanden, de skygges for meget, deres tilførsel af frisk luft er utilstrækkelig, eller plantesubstratet er permanent for vådt, eller frøene er for små eller for svage. . (Zhu et al., 1986)

1.1.7.2.1 symptomer

Tegn på sygdommen findes både på bladene, bladstilkene og på frøplanternes friske skud. Der dannes omkring 1 mm store, i begyndelsen blege pletter på bladene, som senere bliver brune og derefter omgives af gulgrøn bladmasse. Disse blade, som er de første, der bliver ramt, tabes fra træet for tidligt, og efterfølgerne viser tydelige deformationer langs bladbladet.

Til at begynde med findes små, lysebrune pletter på bladstænglerne og skuddene, som bliver elliptiske i form, efterhånden som de udvikler sig og breder sig lodret henover plantedelene. Især efter kraftig nedbør eller i et meget fugtigt klima opstår der efter kort tid konidier (svampesporer) i form af røde og nogle gange sorte prikker. (Zhu et al., 1986)

1.1.7.2.2 modforanstaltninger

Omkring tre til fem dage før såning, Zhu et al. (1986) behandlede planteskolejorden med 8 g pentachlornitrobenzen (benzenderivat, ikke godkendt som plantebeskyttelsesmiddel i EU) pr. m² og jernsulfat. Frøene skal også nedsænkes i et 0,2 % phenylkviksvølvacetat (organisk kviksvølvforbindelse, ikke godkendt som desinfektionsmiddel i EU) i 30 minutter i forvejen. Det har også vist sig at være meget nyttigt at sprøjte Bordeaux-blandingen (kobbersulfat + læsket kalk) regelmæssigt (to gange om måneden) i den første halvdel af vækstsæsonen.

Generelt bør planteskoler holde en minimumsafstand til plantager og lukkes efter sygdommens udbrud. Såtidspunktet må heller ikke overlape regntiden, og der bør kun bruges stærke, store frø. (Zhu et al., 1986)

1.1.7.3 Sphaceloma-paulowniae-Hara

Denne meget almindelige sygdom rammer både frøplanter og unge træer, og i lighed med anthracnosesygdom er dens forekomst og spredning stærkt påvirket af klimatiske forhold (Zhu et al., 1986). Blad- og skudskader opstår, hvilket resulterer i betydelige væksttab og kan endda føre til at hele planten dør (Cabi, 2019; Hecker og Weisgerber, 2014).

Brune pletter med gule kanter udvikles på bladene og nogle gange på de unge stængler, som senere udvikler sig til huller. Blade, der først udvikler sig efter infektion, viser alvorlig deformation.

Hullerne udvider sig i form af strimler og fører dermed til krølle skud, der dør af ved udtørring ved kraftigt angreb. Bekæmpelsesforanstaltningerne ligner dem ved antraknosesygdom. (Zhu et al., 1986)

1.1.7.4 Svækkelsesygdom hos unge planter

Symptomerne på denne sygdom, som hovedsageligt kun rammer unge planter, er rod-, stængel-, blad- og knopråd. De vigtigste patogener er *Rhizoctonia solani* (ukønnet form af *Thanatephorus cucumeris* (søjlesvamp)) og *Fusarium spec.* (fatningssvamp).

Patogenerne overlever uden for vegetationsperioden på dele af planter i jorden og begynder at sprede sig, så snart tøen sætter ind. Afhængigt af jordens egenskaber og spredningsformen er sværhedsgraden af infektioner forskellig. (Zhu et al., 1986)

Zhu et al. (1986), omkring en uge før såning, anbefalede at behandle såbedet med 3% jernsulfat i en mængde på 4,5 kg/m². En regelmæssig påføring af Bordeaux-blandingen bør også finde sted her med intervaller på cirka 10 - 15 dage.

1.1.7.5 Liste over andre svampesygdomme

I Kina kan Paulownia blive angrebet af en lang række andre svampesygdomme:

- *Phyllactinia imperialis* Miyabe - (Erysiphaceae, meldugsvamp)
- *Uncinula clintonii* Peck - *Cercospora* (Erysiphaceae, meldugsvamp)
- *paulowniae* Hori - *Mycosphaerella* (Ascomycota, sækkesvamp)
- *paulowniae* Shirai et Hara (Ascomycota, Schlauchpilz)
- *Walsa paulowniae* Miyabe og hemmi (Ascomycota, Schlauchpilz)
- *Septobasidium tanake* (Miyabe) Boed et Steinm. (Basidiomycota, søjlesvamp)

Ifølge Zhu et al. (1986) kan hyppigheden af forekomsten og sværhedsgraden af infektioner reduceres ved udelukkende at bruge sunde og kraftigt voksende træer til skovrejsning.

1.1.7.6 Liste over andre skadedyr

Skaderne forårsaget af insekter varierer meget afhængigt af dyrkningsregionen i Kina. Ifølge Zhu et al. (1986):

- *Agrotis ipsilon* (Rott.) (Noctuidae, Eulenfalter)
- *Agrotis toxionis* Butler (Noctuidae, Eulenfalter)
Agrotis'ens forestillinger spiser frøplanterne og angriber også unge planter og kan dermed føre til rodråd (Cabi, 2019).
- *Euxoa egetum* Schiff (Noctuidae, uglemøl)
- *Clavigralla serica* Dolling (*Serica orientalis* Matsch), (Coreidae, Randwanze)

- *Anomala corpulenta* Matsch (Scarabaeidae, Blatthornkäfer)
- *Anomala ypsilon* (Scarabaeidae, Blatthornkäfer)
- *Holotrichia diomphalia* - (Scarabaeidae, Blatthornkäfer)
- Gryllotalpa unispina* Saussure (Gryllotalpidae, muldvarp cricket)
- *Gryllotalpa africana* palisot de Beauvois (Gryllotalpidae, Maulwurfgrille)
- *Empoasca flavescens* (Fabricius) (Cicadellidae, Zikade)
- *Cicadalla virdis* L. (Cicadellidae, Zikade)
- *Cryptotothlea variegata* Snellen
- *Psilogram menephron* Cramer - (Sphingidae, Høgmøl)
- Basiprionota bisignata* Boh. (Chrysomelidae, Blattkäfer)
- *Batocera horsfieldi* Hope - (Cerambycidae, Bockkäfer)
- Megopis sinica* White - (Cerambycidae, Bockkäfer)
- Thylactus simulans* (Cerambycidae, langhornsbiller)
Angreb med langhornsbiller (*Thylactus*) fører til alvorlig trænedbrydning (Cabi, 2019).

To arter af slægten *Loranthaceae* (mistelten) *Loranthus parasiticus* (Linn.) Merr. og *Loranthus yadoriki* sigte. (koreansk mistelten) forårsager skade på træstammerne (Zhu et al., 1986).

Der er også dokumenteret bid af hvidhalehjort i Nordamerika. Træarten hæmmes derved i sin vækst, men er ikke truet på grund af dens hurtige genvækst. (Lang bremse, 2001)

Bogen "Invasive Plants of Asian Origin Etableret i USA og deres naturlige fjender, bind 1" af Hao et al. (2004) opregner andre svampe og leddyr, der har vist sig at kolonisere Paulownia. Ovenstående liste bør her kun suppleres ved hjælp af en tabel i bilaget til kapitel I (Tab. 10) som en generel oversigt.

1.2 Reproduktion

Da paulownia er en let træart, kan den ikke formere sig i lukkede skove og kan derfor kun findes i naturen i åbne landområder eller langs floder. Denne naturlige udbredelsesform fører til isolering af bestande og dermed over tid til udvikling af forskellige arter, der viser forskellige former for tilpasning til de givne miljøforhold.

Zhu et al. (1986) rapporterer om en undersøgelse af en naturlig *P.fortunei*-population, hvor enkelte træer viste op til 40% mere vedvækst og derfor blev høstet som frøtræer for at kunne fortsætte med at yngle med deres genetik.

Generelt beskrives slægten Paulownia som meget velegnet til både generativ og vegetativ formering. For eksempel viser afkom efter krydsninger mellem *P.tomentosa* og *P.fortunei* begge arters ønskede fordele, såsom hurtig vækst med høj frostbestandighed på samme tid.

Ved yngle mellem arterne er den afgørende faktor blomstringstiden, som begynder tidligere på året i varme områder og varer i forskellig tid. For eksempel er *P.fortunei* allerede falmet i april, før blomsterne af *P.tomentosa* åbner i maj.

Det er derfor nødvendigt at høste pollenet, som kan opbevares i seks måneder ved stuetemperatur (15 – 20 °C) og stadig kan bruges et år senere, hvis det opbevares under 0 °C. Generelt sker formering via frø, rodstiklinger, der skæres fra rødderne eller via grene eller

Stængelskæring muligt. (Zhu et al., 1986)

1.2.1 Generativ udbredelse

1.2.1.1 Sammen

Antallet af meget små frø pr. frugtkapsel varierer meget, fra nogle få hundrede til flere tusinde. Cirka et kilogram friskhøstede frø indeholder 4 - 6 millioner frø (ca. 1000 stykker vejer mellem 0,17 - 0,25 g).

Da frøplanterne viser meget hurtig vækst, kan de transplanteres fra planteskolen til det åbne land samme år, som de sås. Derudover giver generativ formering fordele som dannelsen af et stærkere rodnet, mindre modtagelighed for sygdomme og de unge planter vokser normalt hurtigere. (Zhu et al., 1986)

1.2.1.1.1 Samme køn

Forfatterne Zhu et al. (1986) anbefaler kun at høste træer, der er mere end 8 år gamle, har udviklet en lige stamme, viser god vækst og ingen sygdomme og er desuden tilpasset de eksisterende klimatiske forhold.

Modningen af frugterne er forskellig mellem arterne og sker for eksempel i slutningen af september for *P.elongata* og i slutningen af oktober for *P.fortunei*. Høstes for tidligt, er spirehastigheden for lav, og høstes for sent, går for mange frø tabt gennem de allerede åbne frugtkapsler.

De opsamlede frø skal lufttørres i solen i cirka fem dage og kan derefter pakkes i poser og opbevares på et køligt, tørt og godt ventileret sted.

Efter et års korrekt opbevaring er spireevnen mellem 70 - 90% og falder til 30 - 90% efter tre år, hvilket afhænger af træarten.

1.2.1.1.2 frø forberedelse

Zhu et al. (1986) anbefaler at fugte frøene og lægge dem i blød i varmt vand ved 40 °C i 10 minutter som forberedelse til såning. De skal derefter dækkes med stuevarmt vand i 24 timer og derefter lades tørre i en til to timer. Efter ca. fire timers tørretid ved 25 - 35 °C åbner frøskallen sig, og radiklen udvikles. Efter yderligere fem til seks dage er frøene klar til såning.

En gennemsnitstemperatur på omkring 25 °C og en luftfugtighed på 90 – 100 % er det optimale til at spire paulownia-frøene.

1.2.1.1.3 Såning udendørs

For hver kvadratmeter åbent jordareal, der er til rådighed til såning, anbefales det at bruge 0,6 g frø, hvilket svarer til cirka 2.000 - 3.500 korn.

Så tidligt som muligt for at undgå sen frostskafer, når frøene vokser. Derudover øger dette frøplanternes væksttid, forbedrer indirekte kvaliteten og mindsker risikoen for solskoldning, da der er mere tid til at tilpasse sig den udendørs stråling. Afdækning med plastfolie øger temperaturen og forhindrer spredning af patogener. (Zhu et al., 1986)

1.2.1.1.4 Dyrkning i plantebeholdere At

dyrke frøplanter i plantebeholdere har en række fordele.

Ved at dække beholderne med folie eller placere dem i drivhuse kan såningen i gennemsnit ske 4 - 8 uger tidligere end udendørs. Denne vækstfordel fører til væsentligt mere stabile og bedrevoksende planter, som også nemmere kan bekæmpes for opståede sygdomme. (Zhu et al., 1986)

Afhængigt af størrelsen på beholderen og vækstsuccesen kan planterne, forbliv i denne beholder indtil plantning eller flyttes igen til et åbent rum. Dog skal jordtemperaturen tages i betragtning, da denne har stor indflydelse på plantevæksthastigheden. Zhu et al. (1986)

anbefaler kun at træne planterne udendørs fra en gennemsnitlig dagstemperatur på 16 - 18 °C og en jordtemperatur på 18 °C i en jorddybde på 5 - 10 cm.

For at undgå sygdomme anbefaler forfatterne anvendelsen af Bordeaux-blandingen (1.1.7 Biotiske risici) med regelmæssige intervaller på 10-15 dage. Mekanisk skade på planterne bør også for enhver pris undgås, og beskadigede planter bør sorteres fra.

1.2.1.2 Frøplanter

Da Paulownia har tendens til at udvikle pseudo-dikotom forgrening, bør man ved dyrkning af frøplanter være opmærksom på at udvælge eksemplarer, der er særligt stærke, fordi denne første del af stammen producerer størstedelen af træet og dermed værdistigningen i de følgende år .

1.2.1.2.1 Dyrkning af frøplanter fra frø

Under normale vækstbetingelser, ifølge Zhu et al. (1986) vigtig for udvælgelsen af frøplanter i det første vækstår: - Stammen skal være lige, stabil og lignificeret.

- Der skal udvikles et ensartet rodsystem, der er så stort som muligt.
- Der må ikke være tegn på sygdom eller mekaniske skader.
- Forholdet mellem plantehøjde og rodhalsdiameter (H/D-forhold) bør være i intervallet 60 - 70 (for *P.fortunei* omkring 60).

Den gennemsnitlige plantehøjde på ca. 4 m og middeldiameteren på ca. 6 cm, som forfatterne krævede, er også omtrentlige vejledende værdier.

Disse anbefalinger suppleres med en henvisning til de vanskeligere vækstbetingelser i bjergområder.

På grund af de vanskelige transportveje dertil, er det tilrådeligt at bruge mindre planter og at skære dem ned til jorden efter det første vækstår, så grundstammen kan blive så lang og lige som muligt i det følgende år.

1.2.2 Vegetativ formering

1.2.2.1 Rodstiklinger

En af de mest almindelige metoder til formering af paulownia i Kina er formering via rodstiklinger, der tidligere er taget fra 1-2 år gamle planter eller modne træer.

Ifølge forfatterne Zhu et al. (1986) kan en år gammel frøplante give mellem 25-30 rodstiklinger. I en planteskole, der planter omkring 6000 frøplanter pr. hektar, kan der således opnås omkring 150.000 – 180.000 rodstiklinger pr. hektar om året.

Disse rodstiklinger er nemme at få, har en høj overlevelsesrate og Væksthastighed og viser en høj konstant plantevækst.

1.2.2.1.1 Udvinning af rodstiklinger

Den nemmeste måde at tage stiklinger på er fra rødderne af et til to år gamle planter, når vegetationen er i dvale. Rødderne skal være cirka 1 - 4 cm tykke og forhåndssorterede ud fra denne diameter og generelt skåret i en længde på 15 - 18 cm.

Jo tykkere rodkæringen er, jo højere levedygtighed og efterfølgende plantevækst. For at muliggøre god vækstadfærd bør stiklingerne ikke transplanteres på hovedet.

Inden roddelene opbevares under fugtige og kølige forhold (gennemsnitstemperatur i området mellem 0 – 10 °C) hen over vinteren, bør de stå til tørre i en til to dage.

For at tillade rodepidermis at bryde op naturligt og nye rodspidser at udvikle sig, bør den omgivende temperatur hæves til 12-18°C i omkring en uge før transplantation.

Stiklingerne kan tages fra en jordtemperatur på mindst 5 °C, hvor en højere temperatur viser væsentlig hurtigere vækst. (Zhu et al., 1986)

1.2.2.1.2 Klargøring af plantebedet

Plantebedet skal beskyttes mod stærk vind, men tillade fuld sollys. Jorden skal være så frugtbar som muligt, godt beluftet, dyb og drænet, og grundvandet bør ikke samle sig i en dybde på mere end 1,5 m.

Foreløbig pløjning af jorden til en minimumsdybde på 40 cm giver mulighed for god luftning og udvikling af rodsystemet.

For at undgå risiko for smitte med sygdomme bør plantebedet være så langt væk fra modertræer som muligt, og arealet bør kun bruges én gang til formering af Paulownia. (Zhu et al., 1986)

Ifølge Zhu et al. (1986) foretrækker to former for plantebede, hvor den mest almindelige variant er det klassiske fladbed.

Den anden form er et aflangt højbed omkring 20 cm højt og 1 m bredt. Det giver den fordel, at jorden opvarmes hurtigere, og enhver kunstig indført gødning kan koncentreres på dette mindre areal.

Forsøg har vist, at planterne alt andet lige blev i gennemsnit 7 % højere og op til 21 % tykkere ved rodhalsens diameter.

Ulemper er dog den øgede modtagelighed for vind, den højere risiko for binding af syrer (alkalinitet) i jorden og en mulig øget vandbelastning for planterne på grund af solstråling.

1.2.2.1.3 Formering af frøplanter fra rodstiklinger

For at opnå den højest mulige vækstrate har forfatterne Zhu et al. (1986) planter kun rodstiklinger om foråret fra en gennemsnitlig jordtemperatur på 4 – 8 °C (sandsynligvis i slutningen af maj).

Stiklingerne skal stikkes lodret ned i jorden, med den tykkere ende opad, til ca. 1 cm under overfladen. Der skal så hældes lidt jord over i en højde af 5 – 7 cm, hvilket øger jordtemperaturen og fremmer fugt. At dække et stort område med en film opnår eller forstærker disse ønskede effekter.

For høj plantetæthed har en negativ effekt på overlevelsesraten, da planterne konkurrerer om vand og lys og kan forårsage mekaniske skader på hinanden, for eksempel gennem vind. Planteklynger på 1 x 0,8 m (12.600 planter pr. hektar) eller 1 x 1 m (10.000 planter pr. hektar) har vist sig at være passende med en forventet højdestigning på 5 - 6 m i den første vegetationsperiode. (Zhu et al., 1986)

Når man graver frøplanterne op fra træplanteskolen og før de transporteres til skovrejsningsområdet, kan nogle af rødderne bevidst blive i jorden og give nye frøplanter i det kommende forår. Disse rodstykker skal have en diameter på mindst 1,5 cm og fordeles så jævnt som muligt over overfladen. Denne omkostnings- og arbejdsbesparende metode er almindelig i Kina, men har den ulempe, at sygdomme kan spredes hurtigere. (Zhu et al., 1986)

1.2.2.2 Indhentning af stiklinger

Ifølge Zhu et al. (1986) er det muligt at få udløbere fra stængelafsnit af frøplanter samt fra grene af flerårige planter. Sammenlignet med rodstiklinger er denne form for vegetativ forering klassificeret som langt mere kompleks og mindre vellykket i forhold til vækstadfærd og anbefales derfor kun i undtagelsestilfælde, hvor der fx ikke er tilstrækkeligt godt rodmateriale til rådighed.

Når du vælger stamme- eller grenstykker, skal du sørge for tilstrækkelig tykkelse, længde og tilstedeværelsen af så mange knudepunkter som muligt. Rodknopper kan så meget let dannes på stængelafsnittene eller grenstykkerne, som udvikler sig til utilsigtede rødder.

Væksthastigheden for grenstykker er dog forholdsvis lav, og indsatsen anbefales derfor kun til hurtig udvinding og udvælgelse af særligt hurtigtvoksende kloner. (Zhu et al., 1986)

1.2.3 Beplantning

Paulownia har mange karakteristika af en pionertræart og kan derfor vokse på ekstreme steder. Den trives dog bedst på frugtbar, dyb, løs, sandet lerjord eller på ren lerjord, hvis grundvandet er dybere end 1,5 m. Evnen til at tilpasse sig og vokse varierer mellem arter, men væksten er generelt stærkt nedsat på meget leret, tør eller dårlig jord. Vintertemperaturer under $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$, høje niveauer af grundvand og meget vindudsatte steder er også ufordelagtige på grund af de store blade. (Zhu et al., 1986)

1.2.3.1 Valg af planteforening

1.2.3.1.1 Traditionel Planteforening

Rent traditionelt foregår dyrkningen i Kina til befolkningens selvforsyning med træ på de "fire sider". Det er omgivelserne ved ens eget hus, områderne omkring landsbyen og skuldrene langs veje og floder, der for det meste består af dyb, frugtbar og letdyrket jord. Ifølge Zhu et al. (1986) bør træerne plantes i nærheden af huse og landsbyer i strimler eller i grupper med en planteklynge på 5 x 5 m eller 5 x 6 m. Uddynding sker så i den femte eller sjette vegetationsperiode for at halvere antallet af træer og dermed øge vækstrummet for de resterende træer

dobbelt.

1.2.3.1.2 Almindelige planteforeninger

Til etablering af plantager har Zhu et al. (1986) en fleksibel tilpasning til stedets forhold, hvor planteklynger med 6 x 6 m (278 planter/ha), 5 x 5 m (400 planter/ha) og 5 x 4 m (500 planter/ha) har vist sig. Generelt bør individuel træudtynding eller skematisk fjernelse af hver anden række finde sted i det femte eller sjette år efter plantning. Som følge heraf øges grupperne til 6 x 12 m, 5 x 10 m og 5 x 8 m, og vækstrummet pr. enkelt træ øges til 72 m², 50 m² og 40 m². Afhængig af den diameterforøgelse, der stadig kan forventes, kan der ske yderligere uddynding.

1.2.3.2 Beplantning

1.2.3.2.1 plantning af unge planter

Plantning med planter fra samme år bør ske om efteråret, når højdevæksten er færdig, men bladene endnu ikke er faldet.

Hvis det er muligt, bør jordtemperaturen stadig være høj på dette tidspunkt, så der kan dannes nye rodender, som igen vil gøre det nemmere at overkomme plantningschokket i det kommende forår.

Zhu et al. (1986) anbefaler at sortere planterne efter højde på forhånd. Generelt bør store planter ikke transplanteres til dårlig jord og steder med høj vindmodtagelighed. Rodsystemet skal bevares så meget som muligt, når planten fjernes fra plantebedet.

1.2.3.2.2 Plantning af rodstiklinger

Plantning af rodstiklinger i stedet for planter har en række fordele, såsom behovet for en træplanteskole til at udføre arbejdet på forhånd, og dermed undgå et plantningschok og planterne

trives lige fra starten, lige hvor det er meningen, de skal være. Ulemper er dog den sværere styring og ujævnhederne i højdeudviklingen.

Det er derfor tilrådeligt at klippe planterne af igen efter den første vækstsæson, så de kan spire kraftigere i det andet år. (Zhu et al., 1986)

Denne evne hos paulowniaen til at spire igen efter træet er blevet fældet, bruges i Kina i den foretrukne forvaltningsform af den kortroterede hønseplantage.

Denne simpleste form for indirekte genplantning har dog den ulempe, at sygdomme kan spredes hurtigt over store arealer og anbefales derfor kun i få generationer. (Zhu et al., 1986)

1.2.4 Unge planters vækstadfærd

For at fremme planternes vækstadfærd har Zhu et al. (1986) for at være særlig opmærksom på følgende tre aspekter:

- Da både størrelsen og antallet af blade bestemmer den samlede fotosynteseydelse og dermed direkte plantens vækst, bør ingen af bladene om muligt beskadiges eller fjernes, før bladene falder naturligt.
- Regelmæssig overvågning af unge planter for at forhindre spredning af sygdomme som anthracnose (1.1.7 Biotiske risici) og for at reducere angreb med larver og bladædende insekter.
- Vandlidende eller permanent mættet jord fører til, at planterne dør inden for tre til fire dage og bør derfor for enhver pris undgås eller afværges ved at grave drængrøfter.

1.2.4.1 Unge planters vækststadier

Vækstadfærden for alle unge planter er ens i den første vegetationsperiode og kan groft inddeles i tre faser: initial vækst, vækst og modenhed.

1.2.4.1.1 Anwuchsfase

I vækstfasen investerer planten sin energi i at etablere rodsystemet og de spirende skud vokser kun meget langsomt (Longbrake, 2001). Både ved plantning fra frø og endnu mere ved plantning fra rodstiklinger dannes der altid flere knopper. For at lede plantens vækstenergi til et stærkt hovedskud bør de svagere skud knibes af fra 5 cm højde. Evnen til at danne skud blev observeret hos frøplanterne efter ca. 4 uger fra spiring (Longbrake, 2001). Så snart planterne har nået en højde på 10 cm, kan der foretages yderligere vanding, uden at man skal regne med større skader på de stadig skrøbelige dele af planten. (Zhu et al., 1986)

1.2.4.1.2 Vækstfase Den

primære vækstfase sker cirka i månederne fra slutningen af juni til midten af august, hvor dagtemperaturerne er på det højeste. Denne fase er afgørende for planternes kvalitet og kvantitet, da omkring 75-80 % af stigningen i højden over hele vegetationsperioden sker i denne tid.

Rodsystemet har etableret sig og fortsætter med at gro, men planten leder i stigende grad sin energi ind på at øge bladarealindekset. Både den gennemsnitlige stigning i højde og diameter pr. dag når deres maksimum.

(Zhu et al., 1986)

Ved særligt hurtigtvoksende planter er der risiko for, at de vælter eller vælter.

Krümmens og derfor Zhu et al. (1986) for at stable yderligere jord op i bunden af stammen for at fremme udviklingen af siderødder. Regelmæssig brug af hurtigvirkende gødning og ekstra vanding for at fremme vækst anbefales også.

Da for eksempel *P.fortunei* (ligner *P.catalpifolia*) har tendens til at danne sidegrene det første år, bør disse fjernes for at bevare en grenfri stængel, der er så lang som muligt.

1.2.4.1.3 modenhedsfase

Planterne begynder at modnes omkring slutningen af august, når den gennemsnitlige daglige temperatur falder til under 20°C. Denne fase er kendetegnet ved, at højdestigningen aftager meget hurtigt og stopper helt i midten af september. Til sammenligning aftager tykkelsesvæksten kun langsomt og slutter først sent, ca. midten af oktober med bladfald.

I denne fase bør der ikke ske yderligere kunstvanding eller gødskning, da dette ville være kontraproduktivt for den naturlige lignificering af skuddene, der nu starter. Skud, der ikke længere er lignificeret i tide, dør i dvale, afhængigt af dybden og varigheden af vintertemperaturerne, og kan spire igen i bunden af stammen næste forår. (Zhu et al., 1986)

1.2.4.2 Regenerering af undergroede unge planter

Hvis individuelle unge planter har udviklet sig utilstrækkeligt i planteskolen i modsætning til andre eksemplarer af samme alder, så Zhu et al. (1986)

den rene beskæring af hovedskuddet op til rodhalsen. Dette bør gøres under dvale om vinteren eller foråret før knopskydning.

Da rodsystemet stort set har etableret sig i den første vegetationsperiode (Longbrake, 2001), er en stærkere og tidligt (op til en måned)

forventet spiring af planten. Væksthastigheden svarer til nyplantede rodstiklinger, med den forskel, at lignificering begynder omkring 14 dage tidligere i slutningen af vækstsæsonen, hvilket resulterer i færre vinterskader. (Zhu et al., 1986)

1.2.5 Vedligeholdelse og promovring

1.2.5.1 Generel pleje og ledelse

Intensiv pleje af de unge planter er af stor betydning i de første tre-fire år for at muliggøre en optimal vækst med stammen så lige som muligt.

1.2.5.1.1 undgåelse af skade

Da planterne stadig er meget følsomme, især i de første to år, kan stærk vind og pludselige regnskyl skade løvet eller i værste fald få stammerne til at knække. I dette tilfælde kan det være tilrådeligt at skære planten tilbage til niveau med dens rodbund i slutningen af vegetationsperioden og at dyrke et nyt stærkt skud i det kommende forår.

Barken er i starten meget tynd og skader spredes kun langsomt og dårligt og har bestemt betydning for den senere kvalitet af træet. Derfor skal enhver form for skade undgås, fx ved at indhegne området for at forhindre browsing eller afskalning. Risikoen for frostskafer og solskoldning kan minimeres ved at pakke stammen ind med græsbundter eller ved at male barken med kalk. (Zhu et al., 1986)

1.2.5.1.2 vanding

Paulowniaen kan uden problemer overleve længere perioder med tørke. Men da det efter kort tid reagerer ved at tabe bladene, reduceres træets vækst følgelig. For at undgå sådanne tørre faser har Zhu et al. (1986) regelmæssig, ugentlig kunstig kunstvanding. Der må under ingen omstændigheder forekomme vandfyldning, da dette kan føre til, at de unge planter dør efter blot 3 - 4 dage.

1.2.5.1.3 beskæring

Afhængigt af væksten af de unge træer kan beskæringen begynde i det tredje eller fjerde år efter plantning, i begyndelsen af vinterdvalen.

For eksempel var *P.elongata* på det tidspunkt, som viser den hurtigste vækst af alle arter, allerede begyndt at udvikle sidekronen.

For at få en stammesektion, der er så knastfri som muligt, bør alle grene fjernes fra stammen op til begyndelsen af hovedkronen. For at minimere kronetab ved den første beskæring og reducere risikoen for stængelråd, har Zhu et al. (1986) i første omgang kun at fjerne de svagere og bevare de tykkere

sidegrene.

1.2.5.1.4 kravle

Vækstforløbet direkte og beplantningens tæthed bestemmer indirekte tidspunktet for den første udtynding. Så snart træernes grene begynder at røre hinanden, er det ugunstigt for væksten, da de da også skygger for hinanden. Dette er det seneste tidspunkt for den første udtynding, som kan ske skematisk i rækker eller ved individuelle træer, hvis der er tale om kortroterende høns. Udtynding bør foretages i alderen 5 til 6 år for at fremme de særligt langstilkede, høj kvalitets og stabile træer.

(Zhu et al., 1986)

1.2.5.2 Fremme af stængelvækst

1.2.5.2.1 grentyper

Hvis en del af det terminale skud fryser tilbage om vinteren, vil paulownia skyde ved hjælp af sideknopper i det kommende forår. Den danner en pseudo-dikotom forgrening, hvis styrke og forgrening er forskellig mellem arterne.

Zhu et al. (1986) karakteriserer tre væksttyper, der bør behandles forskelligt for at tillade optimal diametervækst:

- Hos *P. fortunei* (også *P. albiphloea*, *P. taiwaniana*, *P. catalpifolia*) udvikles et par grene i spidsen af endeskudet, hvorfra den stærkere gren udvikler sig til det nye endeskud, og den anden, svagere gren på skrå eller .forsætter med at vokse vandret. Dette skaber naturligvis en lige, stærk stamme og kræver ingen yderligere pleje.
- *P. elongata* (også *P. fargesii*, *P. australis*) viser på den anden side uregelmæssig forgrening af grenene, som fortsætter med at vokse med forskellig hastighed. Fra tredje eller fjerde år efter plantning bør den stærkeste og mest lige hovedgren tilskyndes ved at fjerne sidegrenen.
- *P. tomentosa* (også *P. kawakamii*, *P. tomentosa* var. *tsinlingensis*) udvikler en forgrening, hvor grenene normalt hæmmer hinandens udvikling. Vedligeholdelsesindsatsen med nedskæring af uønskede grene er størst her.

1.2.5.2.2 Plejeskåret i bunden af rodkraven

Hvis planternes vækst ikke er overbevisende i den første vegetationsperiode efter plantning eller er sket skader, så er der mulighed for at skære dem helt tilbage ned til rodhalsen.

Dette har den fordel, at planterne var i stand til at etablere et rodnet på forhånd og derefter i den anden vegetationsperiode med stærke og lige endeskud kan spire igen. Eventuelle mindre sideskud, der opstår, bør fjernes omgående, i begyndelsen af vegetationsperioden eller i efteråret samme år. (Zhu et al., 1986)

1.2.5.2.3 Vedligeholdelsessnit i trætoppen

For at skabe en stammesektion, der er så lige og lang som muligt, er det tilrådeligt at lave afpudsninger i toppen af træet i anden eller tredje vækstsæson.

En mulighed er at save hele kronen af under hovedgrenen. En stærk gren vil udvikle sig fra de øverste knopper i den næste vegetationsperiode, hvilket bør fremmes ved yderligere beskæring.

Alternativt kan blot alle de øverste grene fjernes, og kun den stærkeste gren, der allerede er til stede, er tilbage og danner forlængelsen af stammen i den næste vækstsæson.

Resten af kronen under dette afsnit forbliver også på træet og understøtter næste års vækst med sit bladareal. (Zhu et al., 1986)

Generelt er en sådan stammeudvidelse gennem udvælgelse af knopper let at implementere og har ingen negativ indvirkning på trækvaliteten på et så tidligt stadium af træudviklingen. Den promoverede knop bør dog absolut bestå af et af de tre øverste par. Alle svagere sidegrene, der stræber opad, bør også fjernes helt og de resterende vandret udviklende sidegrene til støtte skal også beskæres i spidsen, når de er ca 20 – 30 cm lange og fjernes helt året efter.

De resulterende grensår vokser normalt til inden for to til tre år og bør belægges med vådt ler for at forhindre tegn på udtørring og indtrængning af svampesporer. (Zhu et al., 1986)

1.2.5.2.4 kroneskæringer

Hvis planterne i det tredje eller fjerde år stadig ikke har udviklet en tilstrækkelig stor stamme, og der heller ikke er egnede grene til beskæring i toppen af træet, så er beskæring af hele kronen mulig og kan være nødvendig.

På hovedstammen skal en øvre, stærk, stadig sovende knop vælges om foråret cirka to uger før knopskydningen begynder. Et snit skal skære omkring to tredjedele af vejen ned langs stilken en tomme eller deromkring over denne knop, hvilket vil hjælpe med at nære knoppen og fremskynde dens vækst.

De dele af kronen, der stadig er i live, kan fjernes i den kommende dvale. Mindre grene under det nye endeskud, der er udviklet fra den promoverede knop, bør forblive på træet i et ekstra år for at strække hele kroneområdet af afstand over to vækstsæsoner.

Generelt bør man ved en så kraftig beskæring af kronen både tage hensyn til træets individuelle udvikling og til de lokale forhold som f.eks. modtagelighed for vind for at holde den negative påvirkning af den samlede vækst så lav som muligt over tid. (Zhu et al., 1986)

1.3 Paulownia træ

1.3.1 Træegenskaber

En tabeloversigt over træegenskaberne for *P.*-arterne: *P.elongata*, *P.fortunei*, *P.tomentosa*, *P.tomentosa* var. *tsinlingensis*, *P.catalpifolia* og *P.colorsii* adopteret og modificeret fra ZH Zhu et al. (1986) findes i bilaget til kapitel I (tabel 12).

1.3.1.1 Træstruktur

1.3.1.1.1 makroskopisk

Træets tekstur varierer fra fin til groft og farven varierer fra let gullig til rødlig. Den er lugtfri, let og blød og fremstår skinnende efter at være høvlet. Træet kan nemt høvles, savnes eller bearbejdes med udskæringsværktøj uden at splintre. Splintvedet består normalt af en til to årringe, og overgangen til kernevedet er sløret.

Afhængig af hastigheden af diametertilvæksten kan kernevedet bestå af brede årringe, der ikke altid kan adskilles tydeligt fra hinanden. Klassifikationen varierer mellem semiring- og ringporer. Både træstrålerne og træporerne er ikke synlige med det blotte øje. (Zhu et al., 1986)

1.3.1.1.2 Mikroskopisk

Kanalernes diametre viser forskelle i tidligt til sent træ i forholdet 3 til 5 og i undtagelsestilfælde endda 1 til 10. De er runde eller elliptiske i form og er mere tilbøjelige til at blive fundet individuelt i vævet. Thyleringen sker mere i det tidlige ved end i det sene ved.

Træstrålerne er for det meste homogene og kun lejlighedsvis heterogene, hvilket f.eks. ofte findes i *P.fortunei*. De består normalt af 1-50 celler i højden og 1-8 celler i bredden.

Træparenkymet findes normalt i bundter og er stærkt udviklet. Den løber parallelt med luftrørene i en ringlignende form. Det findes oftest omkring sentræets kanaler.

Træfibrene er meget ensartede i størrelse og cellevæggen er omkring 3 μm tynd og omkring 550-1.700 μm lang. (Zhu et al., 1986)

1.3.1.2 Trækarakter

1.3.1.2.1 vægt

P. træ er karakteriseret ved meget lav vægt, med *P.fargesii* og *P.elongata* danne det letteste træ i forhold til træmassen.

Tætheden varierer mellem arterne og afhænger også i høj grad af stedets egenskaber, men er cirka 0,26 – 0,33 g/cm³ for lufttørret træ (fugtindhold cirka 15 %).

Det meget fleksible træ har kun lav styrke og kan derfor ikke bruges som bærende element til eksempelvis husbygning. Imidlertid er styrke-til-vægt-forholdet forholdsvis højt. Anvendelse er derfor mere hensigtsmæssig i anvendelsesområder for blødt, men relativt fast træ. (Zhu et al., 1986)

1.3.1.2.2 Træets fugtindhold og træets egenskaber

Træfugtigheden kan sammenlignes med andre almindeligt anvendte træarter. Zhu et al. (1986) rapporterer, at produkter fremstillet af dette træ kun er lidt modtagelige for høj luftfugtighed og insekter af enhver art, fordi træet kan tørre inden for 25 dage ved normal stuetemperatur til omkring 10% træfugtindhold.

Paulownia træprodukter revner, forvrider og vrider sig meget lidt, hvilket er en af de største fordele. Den gennemsnitlige træsvindskoefficient er omkring 0,27 – 0,37 %.

Den termiske ledningsevne er meget lav og er omkring 0,063 – 0,086 Kcal m⁻¹ hr⁻¹ °C⁻¹ . Dermed er træet særdeles velegnet til isolering, for eksempel i husbyggeri. (Zhu et al., 1986)

1.3.1.2.3 Modstand mod råd Forfatterne

Zhu et al. (1986) rapporterer, at der stadig ikke er tilstrækkelige videnskabelige undersøgelser af træets holdbarhed mod rådpatogener i Kina. Der er dog en række observationer, at selv flerårig råd på træet kun forekommer overfladisk. For eksempel i et forsøg i Hong Ya, hvor et stort antal træer af forskellige arter blev fældet til sammenligning, og træet blev efterladt i skoven, fandt man efter omkring 15-16 år, at rådden kun trængte ind omkring 1 cm. ind i Paulownia-skoven var stammerne rykket frem. Der er også mange rapporter om, at paulownia-kister er særligt holdbare og viser kun få tegn på forringelse selv efter 30 år (se også 1.1.1.1 Historiske omtaler). (Zhu et al., 1986)

1.3.2 Brug af træ

1.3.2.1 Brug af træet

1.3.2.1.1 byggemateriale

Træets styrke er kun lav, og derfor er en lang række anvendelsesmuligheder udelukket. På trods af dette foretrækkes paulownia-træ i traditionelt husbyggeri, for eksempel til tagbjælker og bjælker (vandrette bjælker i tagkonstruktionen), fordi det er let og formstabilt. Der er også forsket i moderne brug i form af spånplader (Michaelis, 2013). Andre anvendelsesmuligheder er fx konstruktion af døre, vinduesrammer, rumdelere og til beklædning af rumlofter.

I landdistrikterne i Kina bruges udhulede stammer til vandrør eller som tagrender. (Hecker og Weisgerber, 2014; Zhu et al., 1986)

1.3.2.1.2 møbelfremstilling

Ved fremstilling af møbler bruges træet til borde og stole, da det kun angribes lidt af insekter og takket være sin formstabilitet endda muliggør næsten lufttæt lukning af fx skabe, kasser og kasser af enhver art.

Langsomt voksende og derfor finkornet træ foretrækkes til konstruktion af olie-, vin- og øltønder, te- og frugtkasser. Men der laves også redningsflåder, slæder og surfbrætter af det.

En særlig anvendelse af træets gode isoleringsegenskaber og lave varmeledningsevne vedrører konstruktion af bistader (bistader). (Hecker og Weisgerber, 2014; Zhu et al., 1986)

1.3.2.1.3 kunsthåndværk

Inden for kunsthåndværk er der en række anvendelsesmuligheder såsom udskåret Blomstervaser, til Buddha statuer, træfisk osv. hvor barken bruges til farvning.

I den gamle kinesiske tradition bliver farveblyanter stadig lavet af trækullet eller knust til sortkrudt, der skal bruges i fyrværkeri. (Zhu et al., 1986)

Kays (1996) påpeger, at japanerne foretrækker at bruge træet til musikinstrumenter, udskæringer, skåle, skeer, spadsrestokke, pagajer, møbler og især til medgiften (stammekisten). Mens amerikanerne foretrækker træet til udskæring af blokke, træfløjter til at tiltrække kalkuner, guitarer, kister osv.

Brug kister og ski.

1.3.2.1.4 Brug af træfibrene

Da træet er omkring 40 % lettere per volumen med andre træer, bruges det stadig i dag til at bygge både og tidligere også til at bygge fly.

(Hecker og Weisgerber, 2014; Zhu et al., 1986)

Ved brug af træulden som fyldmateriale til transportkasser kan kassernes samlede vægt indirekte øges. Meget ofte bruges træstrøelsen også til kostald eller fjerkræfarme. På det seneste er træfibrene blevet brugt til fremstilling af papirmasse og dermed til papirproduktion.

Krydsfinerplader kan udmærket fremstilles af det stort set knastfrie træ efter bearbejdning. Finer kan høvles ned til en tykkelse på ca 0,25 mm uden at rive fibrene. Den alsidige brug af disse udgangsmaterialer i andre produktgrupper forklarer, hvorfor paulownia er et af de vigtigste træer i den kinesiske træindustri. (Zhu et al., 1986)

1.3.2.2 Anden anvendelse

1.3.2.2.1 hospitalsudstyr

Ifølge Zhu et al. (1986) har farmaceutiske eksperimenter vist, at ekstrakter fra frugterne af paulownia i form af tabletter eller injektioner kan lindre både hoste og astmaanfald og bruges til at reducere forhøjet blodtryk.

I gammel kinesisk medicin siges det at opløse blade og frugter i vand og massere denne opløsning ind i hovedbunden dagligt at fremme hårvækst og siges at gøre gråt hår tilbage til sort. Den samme løsning kan dog også bruges til behandling af hævede fødder. (Zhu et al., 1986)

1.3.2.2.2 Andre anvendelser

Blomsterne og bladene kan bruges som foder til grise, får og kaniner på grund af deres forholdsvis høje indhold af vegetabilsk fedt, sukker og protein blive brugt. Det praktiseres også ofte at indarbejde bladstrøelsen i jorden som en ekstra gødning.

Traditionelt er musikinstrumenter lavet af paulownia-træ i Kina. Træets gode resonanseegenskaber er særligt tydelige i strengeinstrumenter og deres klangbund. (Hecker og Weisgerber, 2014; Zhu et al., 1986)

I den stærkt forurenede by Chengdou (Szechuan-provinsen) dyrkes paulownia til luftrensning på grund af dets store behårede blade. Observationer har vist, at træarten også vokser i forurenede egne, hvor andre arter holder op med at vokse eller dør ud. (Zhu et al., 1986)

Kapitel II

2. Invasivitet, kortrotation af klipper og agroskovbrug

2.1 Spørgsmålet om invasivitet

2.1.1 Om indførelse af fremmede arter

2.1.1.1 historie og terminologi

Året 1492, hvor Christopher Columbus (ital. Cristoforo Colombo), en italiensk navigatør i castiliansk tjeneste, nåede en ø på Bahamas, er gået over i historiebøgerne som opdagelsen af Amerika. Denne dato, der er vigtig i mange henseender, markerer et officielt vendepunkt i klassificeringen og dermed indirekte i betegnelsen af hjemmehørende og ikke-hjemmehørende arter.

Alle arter, der er fremmede for området og blev introduceret før 1492, hvad enten det er bevidst eller utilsigtet, gennem menneskelige aktiviteter, fx gennem romernes store handelsruter, omtales som archaeobiota (arkæofytter = "gamle planter", achaeozoa = "gamle dyr"). Hvis fremmede arter blev introduceret efter 1492, omtales de som neobiota (neofytter = "nye planter", neozoa = "nye dyr"). Disse arter

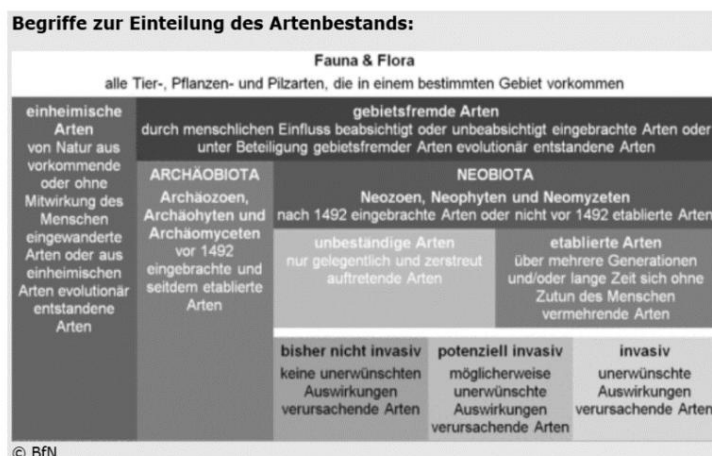


Fig. 7: Begreber brugt til at klassificere artspopulationen, ændret i henhold til Neobiota (2020).

anses for etablerede, hvis de kan opretholdes i flere generationer uden menneskelig indflydelse. Disse typer vil

sprogligt afgrænset fra de indfødte (*oprindelige*) og som agrofytter

(planter) eller Agriozoa (dyr) (fig. 7).

(Neobiota, 2020)

Hvis disse fremmede arter har uønskede virkninger på hjemmehørende arter eller deres samfund eller biotoper, er de klassificeret som invasive af naturbeskyttelse (Neobiota, 2020).

Udtrykket "invasive arter" er juridisk defineret i artikel § 7, stk. 2, nr. 9 BNatSchG. En fremmed art kan derfor udpeges som invasiv, hvis der er en væsentlig trussel mod den biologiske mangfoldighed. (BNatSchG, 2009)

Ifølge Kowarik (2010) er en invasion videnskabeligt korrekt at betyde en overordnet proces, hvor en fremmed organisme koloniserer et nyt område. Det er irrelevant, om dette er ledsaget af uønskede virkninger.

Tab. 3 giver en oversigt over det nuværende antal neobiota¹³ i Tyskland bestemt af Federal Agency for Nature Conservation og deres naturbeskyttelsesinvasivitetsvurdering (ifølge BfN, ifølge Nehring et al., 2010, 2013, 2015 & Rabitsch et al. , 2013):

Faneblad 3: Aktuelt antal neobiota i Tyskland, fra 2015.

Gruppe	Status	Anzahl wild lebender Neobiota-Arten in Deutschland ¹⁾	Naturschutzfachliche Invasivitätsbewertungen ²⁾	
			Invasive Arten	Potenziell invasive Arten
Pflanzen				
Samenpflanzen	Etabliert	432	37	35
	Unbeständig	~ 1.600		
Farne	Etabliert	1	1	
	Unbeständig	2		
Moose	Etabliert	8	1	
	Unbeständig	3		
Wirbeltiere				
Fische	Etabliert	16	4	7
	Unbeständig	21		
Amphibien	Etabliert	2	2	
	Unbeständig	8		
Reptilien	Etabliert	0	1	3
	Unbeständig	10		
Vögel	Etabliert	17	3	8
	Unbeständig	55		
Säugetiere	Etabliert	11	5	3
	Unbeständig	6		

Naturbeskyttelsens hovedansvar er bevarelsen af biodiversiteten. At nå dette mål kræver klare principper og kriterier, der kan bruges til at identificere potentielle trusler fra fremmede arter. Disse vil blive forklaret mere detaljeret nedenfor.

2.1.1.2 Introduktion af neofytter

Neofytter er blevet og bliver spredt på meget forskellige måder, hvor 95 % af de vilde invasive karplanter i Tyskland er bevidst indført af mennesker (Nehring et al., 2013).

Havebrug anses for at være den vigtigste importvektor og normalt forekommer flere importvektorer på samme tid. I kombination med naturaliseringen af pryddplanter fra botaniske haver er gartneri således i fællesskab ansvarlig for to tredjedele af introduktionen af invasive og potentielt invasive karplanter i Tyskland.

Andre vigtige vektorer er kæledyrshandelen (f.eks. plantning af akvarier eller havedamme) og skovbrug. (Nehring et al., 2013)

¹³ Stand 30.04.2015.

Omkring 48% af de invasive og potentielt invasive arter kommer fra nordamerikansk oprindelse. Det antages, at disse arters invasivitetspotentiale bestemmes af de tilsvarende klimatiske forhold sammenlignet med deres oprindelige udbredelsesområde. At der ikke findes invasive arter fra det tropiske Asien i Tyskland er formentlig også afhængig af klimaet. (Nehring et al., 2013)

2.1.1.3 Første påvisning af neofytter

Det kan tage mange år eller endda årtier, fra en neofyt introduceres for første gang, til den først opdages. Dette hænger naturligvis direkte sammen med formidling af viden om artskendskabet og indsatsen for floristisk kortlægning i de respektive områder. Gennem århundreder har denne viden og indsats varieret og er også gentagne gange blevet hæmmet af krigshandlinger, fx Første og Anden Verdenskrig.

Derudover går der normalt flere år, før viden fra fagtidsskrifter bliver offentligt tilgængelig og finder vej ud i praksis. (Nehring et al., 2013)

Inden for invasionsøkologi antager Pyšek & Jarošík (2005), at sandsynligheden for, at en art spreder sig, stiger med varigheden af tilstedeværelsen af en art i det respektive område. Denne spredning kan dog blive væsentligt forsinket, hvilket ifølge Nehring et al. (2013) omtales som "tidsforsinkelse".

I gennemsnit er denne "tidsforsinkelse" for ikke-hjemmehørende karplanter i Tyskland 129 år. For træarters vedkommende er tiden fra deres første introduktion til deres naturlige udbredelse i gennemsnit forsinket med 170 år (Nehring et al., 2013). Ifølge Kowarik (1995) skyldes det de langsommere generationscyklusser af træagtige planter sammenlignet med for eksempel buske (131 år).

I BfN script 352 (vurderinger af naturbevarende invasivitet for ikke-hjemmehørende karplanter, der lever vildt i Tyskland; Nehring et al., 2013) beskrives det, at "tidsforsinkelsen" for invasive (74 år) og potentielt invasive neofytter (99 år) er lavere end for alle andre arter (135 år), for hvilke data er tilgængelige. Denne observation er begrundet i den store tilpasningsevne hos invasive neofytter, deres øgede spredningspotentiale gennem luftbårne frø med en samtidig høj frøproduktion.

2.1.1.4 Spredningspotentiale for neofytter i Tyskland

I halvdelen af alle invasive karplanter i Tyskland, i de sidste 5 – 10 år har der været en stærk spredning, men der mangler information herom, selv for mange invasive og potentielt invasive arter. Forfatterne af BfN script 352 (Nehring et al., 2013) henviser derfor til § 40 (2) i BNatSchG-es og behovet for at overvåge populationsudviklingen af disse arter.

Det antages, at omkring to tredjedele af de invasive karplanter har spredt sig over et stort område i Tyskland. For at minimere den negative påvirkning af disse arter synes lokal forvaltning at give mest mening (se også § 40, stk. 3, punkt 2 BNatSchG). (Nehring et al., 2013)

Det faktiske spredningspotentiale kan estimeres af Rauer et al. (2000), som antager, at omkring 50.000 plantearter, hvoraf de fleste er ikke-hjemmehørende, dyrkes i Tysklands botaniske haver. Ifølge Kowarik (2010) vokser omkring 3.150 forskellige træarter alene i tyske parker og haver. Af disse er mere end 2.400 ikke-hjemmehørende arter, der lever vildt i Tyskland, blevet identificeret (BfN, 2012). 432 ikke-hjemmehørende arter anses for etablerede (BfN, 2012), hvilket ud fra den samlede flora af terrestriske og vandlevende karplanter svarer til en artsandel på 11 % (Nehring et al., 2013).

2.1.1.4.1 Til introduktion af fremmede træarter

Siden 1500-tallet har der i Centraleuropa været en tilbagevendende mangel på det elementære råmateriale træ, som er forskellig i sværhedsgrad fra sted til sted. Der er forskellige diskussioner i litteraturen om, hvornår denne mangel først blev synlig (se König & Radkau, 2013). Denne fase, der i faglitteraturen ofte omtales som "perioden med træmangel", nåede midten af det 18.

Det kulminerede i 1800-tallet og går hånd i hånd med sociale tendenser som romantikkens "naturkult" og fremkomsten af miljøbevægelsen, som stadig er aktiv i dag (Radkau, 2007).

For at afhjælpe denne elendighed og for igen at stabilisere de plyndrede tyske skove (Radkau, 2007), påbegyndte træplanteskoleejer John Booth det første systematiske forsøg på at dyrke fremmede træarter i 1880 (Vor et al., 2015). For eksempel bør det undersøges, om de indførte arter kan producere mere masse eller værdi på sammenlignelige steder, og hvor høj deres modstandsdygtighed over for ekstreme vejforhold er. Kort tid efter etablerede de tyske skovforskningsinstitutter lignende forsøgsopstillinger, hvorfra de fik en masse viden, men kunne ikke endelig afklare et af hovedspørgsmålene om udlandets dyrkningsværdighed.

Som følge heraf blev der bygget nye, større eksperimentelle udvidelser, og det videnskabelige spørgsmål blev tilpasset. Resultaterne fra dem bruges i nutidens vurderinger af en lang række udenlandske træarters dyrkningsmuligheder. (Vor et al., 2015)

Både potentialet og risiciene ved indførelse af ikke-hjemmehørende træarter har været omstridt siden i hvert fald de første dyrkningsforsøg i slutningen af det 19. århundrede. Men som forfatterne Vor et al. (2015) fastslår, at "dyrkningen af indførte træarter [...] handlede aldrig om at ændre den geologisk forårsagede artsfattigdom i Centraleuropa markant, men blot om at berige den snævre række af træarter med nogle få træarter, der er dyrkningsværdige, under hensyntagen til de juridiske rammer Spændingen mellem naturpleje og skovdrift, der opstår, kræver gensidige kompromiser, således at dyrkning af ikke-invasive træarter accepteres, og naturbeskyttelsesinteresser tages i tilstrækkelig grad.

Invasive arter, der bringer hjemmehørende arter i fare i henhold til § 7 BNatSchG, deres biotoper eller endda økosystemer vurderes af både naturbevarelse og skovbrug som ikke dyrkningsværdige. (Vor et al., 2015)

2.1.2 Juridiske rammer og definitioner

2.1.2.1 Internationale aftaler

Konventionen om international handel med truede arter af vilde dyr og planter, Washington-konventionen fra 1973 om international handel med truede arter af vilde dyr og planter (CITES), danner det verdensomspændende kontraktlige grundlag for international handel med beskyttede dyre- og plantearter. CITES-aftalen har dog ingen direkte lovgivende myndighed, og det er derfor op til hvert enkelt medlemsland at implementere indholdet lovligt. (CITES.org, 2020)

På FN's konference om miljø og udvikling i Rio i 1992 blev konventionen om biologisk mangfoldighed (CBD = Convention on Biological Diversity) underskrevet.

For første gang fastlægger CBD naturbeskyttelsens mål og opgaver som bindende i henhold til international lov, hvilket også omfatter forebyggelse, kontrol og kontrol af invasive arter i § 8 (CBD-sekretariatet (FN), 2020).

På en opfølgende FN-konference i 2000 forpligtede de deltagende stater sig til at udvikle nationale strategier baseret på CBD. Ved den 6

På partskonferencen i 2002 blev der vedtaget et katalog over foranstaltninger, der skulle tjene som model for implementeringen af nationale strategier (se også "Guiding Principles on Invasive Alien Species", CBD-sekretariatet (FN), 2002).

2.1.2.2 Europæisk niveau

Washington-konventionen om beskyttelse af arter blev implementeret af Den Europæiske Union (EU) ved hjælp af artsbeskyttelsesforordningen (EG 338 / 97). Det gør det muligt for de europæiske stater at indføre importrestriktioner for arter, der udgør en økologisk trussel mod hjemmehørende dyre- og plantearter (se art. 3, stk. 2 d). (BfN, 2020a)

Den første konvention om bevarelse af europæiske vilde planter og dyr og deres naturlige levesteder (Bern-konventionen = konventionen om bevarelse af europæiske vilde dyr og naturtyper) blev vedtaget som en international traktat af Europarådet i 1979 (BfN, 2020b).

Fauna-Flora-Habitat-direktivet (FFH-direktivet, 1992) blev vedtaget for at implementere konventionen. Den regulerer udviklingen af et netværk af beskyttede områder af særlig betydning (se også Natura 2000).

Den europæiske strategi for håndtering af invasive arter blev udviklet i 2003 inden for rammerne af Bern-konventionen og udgivet af Europarådet året efter (BfN, 2020b).

I 2011 præsenterede Europa-Kommissionen EU's biodiversitetsstrategi for 2020, hvori punkt 5 omhandler kampen mod invasive fremmede arter (EU Biodiversity Strategy, 2011; se også Vor et al., 2015).

På baggrund af dette blev EU-forordning nr. 1143/2014 om forebyggelse og håndtering af indførsel og spredning af invasive fremmede arter vedtaget i 2014. Formålet med denne forordning er at liste arter af EU-betydning (unionslisten). Foranstaltninger som forebyggelse, tidlig opdagelse, reaktion og kontrol er også fastlagt i den.

2.1.2.3 Nationalt niveau

Implementeringen af de førnævnte europæiske direktiver i national ret sker via den føderale naturbeskyttelseslov (BNatSchG, 2009).

Ikrafttrædelsen af loven om gennemførelse af forordning (EU) nr. 1143 / 2014 i september 2017 resulterede i en ny forordning om emnet invasive arter i BNatSchG (se afsnit 7 og afsnit 40a BNatSchG).

På grundlag af BNatSchG blev den føderale artsbeskyttelsesforordning (BArtSchV, 2020) udstedt for at beskytte vilde dyre- og plantearter. Den er baseret på den europæiske forordning (EG) nr. 338 / 97 (artsbeskyttelsesforordningen) og indeholder en liste over beskyttede planter og dyr i bilag 1, som ikke må forveksles med rødlisten, som udgives af forbundsagenturet for Naturbeskyttelse (BfN).

er udstedt.

Andre love, der omhandler invasive eller ikke-hjemmehørende arter på nationalt plan, er: - Federal Hunting Act (se § 28, stk. 3 om bosættelse af fremmede dyr i naturen)

- Lov om plantesortsbeskyttelse (frøforordning)
- Plantebeskyttelsesloven
- Dyresygdomsloven -
- Dyrebeskyttelsesloven

2.1.2.3.1 Juridisk definition

BNatSchG (2009) definerer begrebet "invasive arter" i § 7 (2) nr. 9 og kræver, at de to elementer af lovovertrædelsen undersøges i form af en individuel sagsvurdering:

- Om arten forekommer uden for sit naturlige udbredelsesområde og
- om af denne type er et betydeligt farepotentiale for hjemmet økosystemer, biotoper og arter.

Forfatterne Vor et al. (2015) bemærker, at begreberne "betydeligt" og "risikopotentiale" ikke er forklaret nærmere i loven.

De antager også, at begrebet "potentiell fare" ikke betyder, at der generelt er sket skade, men at muligheden for skade er tilstrækkelig. I den videre lovtekst nævnes de retlige interesser (økosystemer, biotoper og arter), der ville være truet ved en eventuel skade.

Det kan antages, at lovgiver har brugt udtrykket "betydeligt"

har bevidst indbygget en yderligere stigning, og derfor er ikke ethvert risikopotentiale tilstrækkeligt til at opfylde lovovertrædelsens element.

Da der ikke kan findes en ensartet definition af "betydning", der omfatter alle love, har Vor et al. (2015) "[...] at udfylde udtrykket [...] ved at overveje andre passager i BNatSchG ved at bruge den relevante kommentarlitteratur." [juridiske] varer", og at der er behov for fortolkning af udtrykket "relevans." Til sidst opstillede de følgende definition:

"En art er invasiv, hvis den kun muligvis bringer de beskyttede økosystemer, biotoper eller arter i fare ved at forekomme uden for dens oprindelige udbredelsesområde, men hvis den forekommer, kan den mærkbart bringe den i fare og i hvert fald i en vis periode. Dette er tilfældet, når hjemmehørende arter ikke længere er i stand til at gøre sig gældende på lang sigt, eller økosystemer eller biotoper ændrer sig negativt på lang sigt eller endda forsvinder." (Vor et al., 2015)

Hvis en dyre- eller planteart opfylder de to ovennævnte kriterier, giver BNatSchG følgende juridiske konsekvenser (se § 40a BNatSchG):

- I tilfælde af farer, iværksættelse af passende foranstaltninger (§ 40a BNatSchG og § 48a BNatSchG).
- Pligt til at overvåge arter, der viser tegn på invasivitet (§ 40b BNatSchG).

- Eliminationsforanstaltninger (§ 40a, stk. 3, paragraf 1 BNatSchG).
- Foranstaltninger til at reducere påvirkningen af invasive arter (§ 40d BNatSchG).

Når det drejer sig om dyrkning af planter i jord- og skovbrug, gælder de førnævnte fjernelses- og reduktionsforanstaltninger dog ikke (§ 40, stk. 1 S. 1 BNatSchG). Ifølge § 40a, stk. 3, BNatSchG kan der kun udstedes et fjernelsespåbud, hvis den invasive art utilsigtet spreder sig i naturen, og der er risiko (se også Vor et al., 2015).

2.1.2.3.2 Økologisk definition

Definitioner i naturvidenskaben adskiller sig fra lovtekster og naturbeskyttelseslitteratur ved, at de for det meste er fri for vurderinger. Så det er ikke overraskende, at begreberne "invasion" og "invasive arter" bruges meget forskelligt i økologi.

En ret negativ notation af begrebet invasion kan findes så tidligt som i 1958 i artiklen af Elton et al. (1958).

I det mindste siden Rio-konferencen om miljø i 1992 har der været en opfordring til at bekæmpe invasive arter, da de kan udgøre en trussel mod den biologiske mangfoldighed. På det seneste er der også tilføjet overvejelser om sundhedsmæssige og økonomiske konsekvenser af invasivitet. Eksempelvis definerer Weber & Broennimann (2013) invasive arter i form af hurtigt spredte vilde arter, der har tendens til at forekomme i stort antal, hvilket igen kan have negative effekter på mennesker og miljø har konsekvenser. I BfN Script 213 (Hubo et al., 2007) er begreberne "invasion" og "invasive arter" diskuteret meget detaljeret.

En af de mest almindeligt anvendte definitioner i litteraturen er Kowarik (2010) hvorefter invasion betyder følgende: "Invasion: [er en] menneskeskabt proces med reproduktion og spredning af organismer i områder, som de ikke har nået naturligt." Vor et al. (2015) bemærker, at ifølge denne definition bør næsten alle hjemmehørende træarter også betragtes som invasive.

2.1.3 Vurderingskriterier for invasivitet

2.1.3.1 Vurderingskriterier for naturbeskyttelse

I undersøgelsen af Nehring et al. (2015) skabte "Methodology of the nature conservation invasiveness assessment for non-native species", er følgende fem hovedkriterier navngivet, efter hvilke en mulig trussel mod naturlig biodiversitet kan skelnes: - Interspecifik konkurrence

- Negative økosystemiske effekter -
- Hybridisering - Overførsel af sygdomme og organismer
- Predation og planteædende

Invasive karplanters trussel mod indfødte arter skyldes hovedsageligt de to første kriterier, interspecifik konkurrence og negative økosystemeffekter. Disse hovedfaktorer, som normalt forekommer sammen, fører også til udviklingen af dominerende populationer af invasive arter. (Nehring et al., 2013)

Hybridiseringer kan også forekomme mellem hjemmehørende og ikke-hjemmehørende arter, hvilket resulterer i frugtbare hybrider. Forfatterne Nehring et al. (2013) mistanke om, at dette kriterium har et langt større risikopotentiale, end man tidligere har kendt, da det ifølge Schmitz et al. (2008) er virkningerne af sådanne hybridiseringer på den native flora hidtil kun blevet overvejet utilstrækkeligt.

På grund af de sidste to kriterier for sygdoms- og organismeoverførsel og prædation og planteædende er der hidtil ikke blevet identificeret nogen væsentlige trusler mod naturlig biodiversitet fra ikke-hjemmehørende arter (Nehring et al., 2013).

Igangværende klimaændringer fremmer størstedelen af invasive og potentielt invasive karplanter. Ifølge forfatterne Nehring et al. (2013)

Det kan antages, at neofytter vil sprede sig stærkere fra økosystemerne i menneskelige storbyområder til landdistrikterne. Men for omkring en tredjedel af de invasive arter er det ikke muligt at vurdere den fremme forårsaget af klimaændringer på grund af manglende data.

2.1.3.1.1 Kritik fra skovvidenskaberne

Forbunds naturbeskyttelsesloven danner den juridiske ramme for naturbeskyttelse og landskabsforvaltning i Forbundsrepublikken Tyskland. § 40 regulerer udsætning af planter og dyr "[...], hvis arter ikke forekommer i naturen i det pågældende område eller ikke har forekommet i mere end 100 år [...]", og er derfor betinget af godkendelse pr. den kompetente myndighed.

Landbrug og skovbrug er i dyrkning af planter fra "[...]
Bortset fra kravene i en tilladelse [...]"

BNatSchG bevæger sig inden for de større juridiske rammer, som er specificeret af EU og dermed EU-forordning (EU) nr. 1143 / 2014 fra Europa-Parlamentet og Rådet til forebyggelse og håndtering af introduktion og spredning af invasive ikke-resident Arter og artikel 22 i direktiv 92 / 43 / EØF skal overholdes. (BNatSchG, 2009)

Forbundsstyrelsen for Naturbeskyttelse (BfN) er underlagt Forbundsministeriet for Miljø, Naturbeskyttelse og Nuklear Sikkerhed (BMU) og støtter og rådgiver det i spørgsmål om landskabsforvaltning, naturbeskyttelse og internationalt samarbejde (BfN, 2020a).

I november 2013 offentliggjorde BfN scriptet 352 "Invasivitetsvurderinger for naturbevarelse for ikke-hjemmehørende karplanter, der lever vildt i Tyskland" (Nehring et al., 2013). Det har til formål at overvåge ikke-hjemmehørende arter med hensyn til deres udbredelse, yderligere bestandsudvikling og den deraf følgende potentielle trussel mod den biologiske mangfoldighed. Enhver handling mod disse fremmede arter bør bidrage til at minimere deres negative indvirkning på det oprindelige økosystem.

Gennem den tyske sammenslutning af skovforskningsinstitutter (DVFFA, 2020) 21 skovforskere udtrykte tvivl om invasivitetsvurderingen i BfN script 352 (Vor et al., 2015) i et åbent brev (Ammer et al., 2014).

Du kritiserer:

- valg af skadesindikatorer,
- Utilstrækkelig hensyntagen til spredningsbiologiske egenskaber,
- klassificering af invasivitet for træarter,
- Ufuldstændig gennemgang af faglitteraturen,
- Generalisering af lokale trusler mod biodiversiteten

og den "[...] ensidige overvejelse af årsags- og virkningsforhold i fare for arter." En separat vurdering blev derefter annonceret af underskriverne af brevet, som fokuserer på foranstaltninger til at kontrollere og begrænse spredningen af fremmede arter .

2.1.3.2 Skovvurderingskriterier

Ifølge Ammer et al. (2014) skal en art vurderes som invasiv, hvis truslen, den udgør, er reel og verificerbar og ikke kan kontrolleres af skovdyrkning eller andre muligheder, eller hvis disse muligheder er fuldstændig fraværende eller ville være for dyre.

Ifølge Vor et al. (2015) finder kun sted

hvis der tages hensyn til de populationsbiologiske egenskaber, der stammer fra arten, såsom spredning, konkurrence- og reproduktionsadfærd og deres effekt på lokaliteten. Et af de vigtigste kriterier her er forvaltning, hvilket vil sige målrettet bekæmpelse af artens spredning.

Forfatterne Vor et al. (2015) beskriver fem kriterier for vurdering af invasivitet, under hensyntagen til både økologiske regenererings- og økosystemaspekter:

- Negativ påvirkning af beliggenhed = negativ påvirkning af kolonisering og levevilkår for hjemmehørende arter.
- Højt reproduktionspotentiale = tidlig og stærk generativ eller vegetativ formering og etablering af levedygtige unge bevoksninger.
- Højt spredningspotentiale = evne til hurtigt og omfattende kolonisering af levesteder, stærkt afhængig af reproduktionspotentiale.

- Evne til at undertrykke arter = dannelse af rene bevoksninger på grund af høj konkurrenceevne og dårlige blandingsmuligheder med hjemmehørende træarter.

- Begrænsede kontrolmuligheder = effektiv, økologisk forsvarlig og økonomisk bæredygtig regulering på biologisk, mekanisk eller kemisk plan.

Først når alle kriterier tages i betragtning, kan der gives oplysninger om en arts invasivitet, hvor spredningspotentialet i kombination med evnen til at fortrænge arter er særligt vigtigt. Især muligheden for bekæmpelse er dog afgørende for opdyrkningen af en ikke-hjemmehørende art i tyske skove. (Vor et al., 2015)

2.1.4 Evaluering af invasiviteten af *P.tomentosa*

En ensartet invasivitetsvurdering af slægten *Paulownia* er ikke mulig, da de enkelte arter er meget forskellige, fx med hensyn til spredningspotentialet og begyndende regenerering.

Da arten *P. tomentosa* er den mest udbredte på verdensplan og også dyrkes hyppigst, synes en vurdering af denne art at give mest mening både ud fra et naturbevarings- og skovbrugssynspunkt (1.1.4 "Hovedtræarten" *P tomentosa*).

2.1.4.1 Vurdering af naturbevarende invasivitet

BfN Script 352 (Nehring et al., 2013) er dedikeret til halvanden side af den naturbevarende invasivitetsvurdering af *P. tomentosa*, som er inkluderet i bilaget til kapitel II (Fig. 48:

Naturbeskyttelsesinvasivitetsvurdering af *P. tomentosa*, taget og modificeret fra Nehring et al (2013), og uddrag diskuteres mere detaljeret nedenfor.

2.1.4.1.1 Hovedkriterier for vurdering af invasivitet

En trussel mod biodiversiteten inden for interspecifik konkurrence er klassificeret som ukendt, da erfaringer fra USA ikke blot kan overføres til Tyskland. Ifølge Remaley (2005) konkurrerer *Paulownia* og de hjemmehørende arter i amerikanske skove efter forstyrrelser som storstillede brande om ny kolonisering af biotopen.

I tilfælde af hybridisering såvel som ved overførsel af sygdomme og organismer afvises en trussel mod hjemmehørende arter, og en trussel fra prædation og planteædende kan ikke vurderes. Mulige negative økosystemeffekter vurderes også som ukendte. (Nehring et al., 2013)

2.1.4.1.2 Yderligere kriterier for invasivitetsvurderingen

Den nuværende fordeling i Tyskland beskrives som småskala (Essel, 2007; Keil & Loos, 2004; Richter & Böcker, 2001), og både mekanisk og kemisk kontrol synes mulig (Remaley, 2005).

Forekomsten af paulownia "[...] i naturlige, semi-naturlige og andre naturtyper, der er værdifulde i forhold til naturbevarelse" bekræftes, hvorved ifølge Essel (2007)

disse kan kun observeres meget sjældent, f.eks. på flodbredder og i skovlysninger.

Det reproduktionspotentiale (Remaley, 2005) og det tilhørende spredningspotentiale klassificeres som højt og den nuværende spredningsproces som ekspansivt (Essel, 2007; Keil & Loos, 2004).

Det antages, at de igangværende klimaændringer øger risikoen for invasion af træarterne (Essel, 2007). Der er behov for yderligere forskning for at lukke videnshullerne vedrørende "langsigtede invasivetsrisici i nær-naturlige levesteder". (Nehring et al., 2013; se også Hubo et al., 2007)

2.1.4.2 Forsøg på en vurdering af skovens invasivitet

2.1.4.2.1 Økologisk integration af træarterne

På grund af blomsternes størrelse, skønhed og variation er træarten blevet fundet i mange haver i årtier. Så det er ikke overraskende, at mange forskellige insektarter, der spiser pollen og nektar, bruger blomsterne til at skaffe føde. (Innes, 2009)

Blomsterne og bladene bruges ofte som dyrefoder i Kina på grund af deres høje sukkerindhold (Zhu et al., 1986). Dette fører dog også til browsing-skader af forskellige pattedyrarter, som undersøgelser fra Nordamerika har vist (Innes, 2009).

Kobayashi et al. (2008) var i stand til at bevise, at arten *P.tomentosa* har en lang række mekanismer til at forsvare sig mod planteædere. For eksempel er der fine hår på deres blade, stængler og blomster, der indeholder glycerider, og som insekter klæber til. Ekstraflorale nektarier på blomsterknopperne danner et sukkerholdigt sekret, der bruges af myrer, som igen afværger skadelige insekter.

2.1.4.2.2 sygdomme og rovdyr

Der findes en lang række sygdomme og skadedyr i træartens naturlige udbredelse (**Tab. 10**).

Disse er især tydelige i storskalaplantninger som træplanteskoler og plantager, og deres udbredelse eller reproduktion kan reduceres gennem forbedret forvaltning ved dyrkning af arten. (Zhu et al., 1986)

Invasive arter som *insektarten Halyomorpha halys*, der oprindeligt kommer fra Østasien, bruger også paulownia-planter plantet i Europa som fødekilde (Wermelinger et al., 2008).

2.1.4.2.3 sprede potentiale

I Nordamerika, hvor paulownia anses for at være meget invasiv efter storstilede forstyrrelser såsom brand, bliver beskyttede hjemmehørende plantearter allerede fortrængt på næringsfattige og tørre lokaliteter (Innes, 2009). Dette øget invasivt tryk skyldes sandsynligvis den storstilede dyrkning af paulownia i 1970'erne og 80'erne til træproduktion (Innes, 2009; Zhu et al., 1986).

I Centraleuropa breder træarten sig under naturlige forhold, gerne på ekstreme steder, der kun kan koloniseres af få andre hjemmehørende arter. Derfor er nær-naturlige økosystemer ifølge Essel (2007) indtil videre ikke blevet påvirket af spredningen.

Richter & Böcker (2001) rapporterer derimod om observationer fra Schweiz, hvorefter arten breder sig i høns og skovlysninger.

Det kan tænkes, at semi-naturlige økosystemer i Centraleuropa også vil komme under et større pres i fremtiden, da arealet under dyrkning vil stige markant fra enkeltræer, der oprindeligt kun fandtes i haver og parker til storskala plantager i form af SRC og agroforestry (Cathaia, 2020; Essel, 2007; Thielen, 2019).

Paulownia tolererer den øgede tørke forårsaget af klimændringer og de højere sommertemperaturer, eller sidstnævnte er endda befordrende for vækst. Dette kan resultere i et øget spredningspotentiale og dermed fare eller fortrængning af hjemmehørende arter. (Vor et al., 2015)

2.1.4.2.4 kontrol mulighed

P.tomentosa er en tidlig successionsart, der hurtigt fortrænges af senere, meget mere skyggetolerante arter (Vor et al., 2015).

Arten er på grund af sin pioner karakter og høje væksthastighed velegnet til gendyrkning af tidligere åbne mineområder, hvor den tjener til at beskytte mod erosion og kan bidrage til jordforbedring på grund af det høje kvælstofindhold i løvstrøelsen.

Som allerede forklaret i kapitel I (1.1.1.2 Naturlig fordeling) kendes et stort antal hybridiseringer fra det naturlige område. Derudover er der andre racer til at tilpasse sig til centraleuropæiske vækstbetingelser. (Cabi, 2019; Stimm et al., 2013)

P.tomentosa er også forholdsvis svag i konkurrence som ung plante andre arter, hvis den ikke formår at mørklægge den omkringliggende jordvegetation tidligt med sit kronetag. Deres bladstrøelse reducerer endda andre arters spireevne. I lukkede bevoksninger kan den ikke længere regenerere, da den er afhængig af åbent jordsubstrat uden affald for at spire. (Innes, 2009)

2.1.4.2.5 Konklusion på skovens invasivitetsvurdering

I tilfælde af *P. tomentosa* er en klar udtalelse om invasiviteten ikke mulig. Der er tegn på invasiv adfærd som i USA (Innes, 2009; Remaley, 2005), som dog ikke uden videre kan overføres til centraleuropæiske forhold (Nehring et al., 2013).

Forfatterne Vor et al. (2015) konkluderer, at træarten ikke er dyrkningsværdig i tyske skove og advarer om, at hvis den dyrkes på landbrugsplantager med kort omdrift, "vil der ikke forekomme uønsket spredning til tilstødende områder." En sammenligning af *P. tomentosa* med honninggræshoppe (*Gleditsia triacanthos*), eddiketræ (*Rhus typhina*) og sort græshoppe (*Robinia pseudoacacia*) viser en lignende eller identisk klassificering baseret på kriterierne ifølge Vor et al. (2015) (Tabel 11). Disse tre arter får dog en anden eller mere differentieret invasivitetsvurdering end tilfældet er for *P. tomentosa*.

For eksempel viser almindelig græshoppe og eddike kun invasive tendenser i "[...] åbne landsteder [...]" og kan ikke etablere sig i lukkede skove på grund af deres behov for lys og anses derfor for uværdige til dyrkning på tysk skove. Græshoppe beskrives derimod som dyrkningsværdig "[...] på fattige, tørre skovpladser og i plantager med kort omdrift i det subkontinentale område [...]", selvom den minder om *P. tomentosa* med hensyn til invasivitetskriterier (ligesom honninggræshopper). Kontrol over en eventuel uønsket spredning skal dog også sikres med robinia. (Vor et al., 2015)

2.1.5 Foranstaltninger i forhold til fremmede arter

2.1.5.1 Generelle foranstaltninger

Forbundsstyrelsen for Naturbeskyttelse opdeler sine anbefalinger og foranstaltninger til håndtering af fremmede arter i tre niveauer: forsigtighed, overvågning (tidlig opdagelse og øjeblikkelige foranstaltninger) og accept (kontrol og eliminering). (Neobiota, 2020).

2.1.5.1.1 forebyggelse

Når det kommer til forebyggelse, er det vigtigste uddannelse og den dertil hørende bevidstgørelse, da private som regel udviser en for ubevidst omgang med ikke-hjemmehørende arter.

Anvendelsen af hjemmehørende arter bør også fremmes, f.eks. i land- og skovbrug, og utilsigtet spredning bør så vidt muligt forhindres. De scripts, der er udgivet af Federal Agency for Nature Conservation med de juridisk ikke-bindende "grå" og "sorte" lister og naturbevarende invasivitetsvurderinger af ikke-hjemmehørende arter er nyttige til dette (se (Nehring et al., 2013; Neobiota, 2020).

2.1.5.1.2 Overvågning

For at kunne gennemføre rettidig bekæmpelse eller bekæmpelse, som reguleret i BNatSchG § 40a, kræves konstant observation af bestandsudviklingen af ikke-hjemmehørende arter og tidlig påvisning i tilfælde af uønsket spredning.

BfN anbefaler derfor, at der etableres et tidligt varslingsystem med hjælp fra eksperter, videnskabsmænd og lægfolk. Dette gør det muligt at træffe foranstaltninger på et tidligt tidspunkt (§ 40e BNatSchG), og skader på den oprindelige flora og fauna kan forhindres. Generelt, "[...] jo længere du venter eller jo mere udbredt de er, jo sværere og dyrere er det at begrænse truslen fra invasive arter." (Neobiota, 2020)

2.1.5.1.3 accept

BfN går ind for at acceptere flertallet af ikke-hjemmehørende arter i Tyskland, da de for længst har etableret sig som en del af den lokale flora og fauna og ikke længere kan udryddes. Af denne grund bør bekæmpelse kun ske "i berettigede enkelttilfælde", hvor der for eksempel må forventes en "trussel mod sjældne eller truede arter eller levesteder eller særligt negative effekter på økosystemet, menneskers sundhed eller økonomiske aktiviteter". For at holde det tilknyttede økonomiske udlæg lavt og begrænse skader på andre arter bør du:

- langsigtet bevarelse af det levested, der skal beskyttes, skal sikres
 - alle foranstaltninger er i overensstemmelse med beskyttelsesmålene og -forholdene på stedet,
 - sikres, at foranstaltningerne ikke gør det "modsigende billede af naturbeskyttelse" fremkommer,
 - stilles de nødvendige midler til rådighed for gennemførelsen af foranstaltningerne og en efterfølgende observation af resultaterne af tiltagene finder sted.
- (Neobiota, 2020)

2.1.5.2 Forholdsregler, der skal træffes ved håndtering af *P.tomentosa*

2.1.5.2.1 Naturlig kamp

P.tomentosa er en let træart og har ringe konkurrenceevne over for skyggetolerante arter. Det bliver derfor skubbet tilbage på de fleste steder som følge af naturlig succession. (Vor et al., 2015)

Ifølge Moore & Lacey (2009) kan tilsætning af frø fra hjemmehørende arter, der har en højere spiringshastighed, understøtte denne successionsproces ved at give de hjemmehørende arter et forspring i væksten og dermed sløre paulownia.

Ifølge Remaley (2005) er den mest effektive naturlige kontrolforanstaltning reklame for at forhindre forsætlig og utilsigtet udgivelse.

2.1.5.2.2 Mekanisk styring Afhængig af

plantens eller træets størrelse er en lang række mekaniske tiltag tænkelige, som frit kan kombineres med hinanden.

Når det kommer til frøplanter eller enårige planter, er det den nemmeste metode at trække dem op af jorden med hånden. Det kan man med fordel gøre efter et regnskyl, for så er jorden løsere og rødderne løsner lettere.

Man skal også sørge for, at alle dele af roden om muligt fjernes, for ellers må der forventes fornyet knopskydning. (Johnson, 2005)

Større planter, fra andet år, kan ringmærkes eller saves af i bunden af stammen. Planten vil med stor sandsynlighed spire igen i samme eller næste vegetationsperiode ved hjælp af talrige skud. Ringning eller savning for første gang er kun begyndelsen på en hel række af tiltag og skal formentlig gentages flere gange eller suppleres med kemisk bekæmpelse. Johnson (2005) anbefaler at save planten eller træet af efter blomstringen er startet, fordi der er brugt meget energi på blomstring og dermed svækkes nyvækst og generelt forhindres frøproduktion.

På grund af Paulownias høje evne til at spire fraråder Remaley (2005) tiltag som beskæring og ringmærkning og beskriver kun rydning med samtidig fjernelse af rødderne som den mest effektive bekæmpelsesforanstaltning.

I modsætning hertil anbefaler Innes (2009) en kombineret håndtering af regelmæssig beskæring, ringmærkning og efterfølgende herbicidbehandling af stokke på steder, hvor paulownia er blevet permanent etableret ved at fortrænge hjemmehørende arter for at reducere både frøproduktion og stokknopper for at minimere.

2.1.5.2.3 Kemisk bekæmpelse I

Tyskland er brugen af herbicider ledsaget af en hel række regler for at forhindre ukorrekt brug og generelt for at minimere brugen af toksiner i miljøet så vidt muligt. Der findes en række produkter på verdensmarkedet, og deres tilgængelighed og anvendelse varierer også mellem landbrugs- og skovbrugssteder

fra land til land.

Kemisk bekæmpelse af paulownia med herbicider er mulig, men bør kun anvendes i individuelle tilfælde eller for at eliminere storstillede forstyrrelser på grund af truslen mod den oprindelige flora og fauna (Remaley, 2005).

Ifølge Johnson (2005) synes det tilrådeligt kun at bruge et middel, der tillader både frøplanter og unge træer at vokse med en bouillon af vand, 0,5 % nonionisk overfladeaktivt stof og 2 % glyphosat (f.eks. Roundup) eller triclopyr (en pyridincarboxylsyre, f.eks. Garlon) kan dræbes ved at sprøjte alle bladene.

Ældre træer, der er savet af på forhånd, og hvor ny vækst skal forhindres, kan efterfølges ved at behandle stubben med en bouillon af 50 % glyphosat (eller triclopyr) og vand. Det er vigtigt, at hele stubben og især dens ydre ring bliver fugtet, og at påføringen ikke sker i frost. (Johnson, 2005)

2.2 Kortrotation af klippeplanter

Træarterne af slægten *Paulownia* er blevet dyrket i forskellige arealanvendelsessystemer verden over i temmelig lang tid. I Tyskland er systemet med kortrotations høne (SRC) ideelt til kommerciel P.-dyrkning, hvormed den traditionelle adskillelse af landbrug og skovbrug kan overvindes.

Grundlæggende handler det om produktion af træ på landbrugsjord, hvor en bred vifte af produktionssystemer udvikler sig over tid der adskiller sig meget med hensyn til skabelse, dyrkning og høst af produkter, og som har flere indvirkninger på naturen og landskabet (Reeg et al., 2009a). En oversigt over dette er givet nedenfor

2.2.1 Definitioner og juridiske rammer

2.2.1.1 Udvikling og definition

Med den første dyrkning af hybrider fra europæiske (*Populus nigra* L.) og canadiske (*Populus deltoides* L.) sorte poppel for mere end 100 år siden, blev nutidens moderne form for SRC etableret i Centraleuropa (Dickmann, 2006).

Siden da er poppelhybridiseringer blevet avlet med det formål at opnå et højt biomasseudbytte samtidig med, at de er modstandsdygtige over for skadelige faktorer og, afhængigt af udformningen af SRC, anvendes til både energitræ og industriel træproduktion. Den næsthyppigste træart for Centraleuropæisk SRC er pilen, og især hybriderne af kurv-pilen (*Salix viminalis* L.), som fortrinsvis dyrkes til produktion af flis, hvis omdriftsperioden er ret kort. (Moendel et al., 2009)

SRC sammenlignes ofte med de historisk udviklede klippesystemer (Dickmann, 2006), fordi der er ligheder i de anvendte træarter, hvad angår stilkens vækstkapalet og produktionsmålet om at maksimere træudbyttet. Der kan dog findes større forskelle i dyrkningsintensiteten, hvilket fx kan ses i definitionen af afgrøder med kort omdrift ifølge Drew et al. (1987), som lyder: "Et skovdyrkningsystem [...] er [baseret] på korte rydningscyklusser på for det meste et til 15 år, ved brug af intensive dyrkningsteknikker såsom gødning, kunstvanding og ukrudtsbekæmpelse såvel som genetisk overlegent plantemateriale." (tilpasset og modificeret fra Drew et al., 1987; se

Crushed, 2009)

Historiske klippeskove bestod derimod af hjemmehørende træarter, som ikke var blevet ændret ved yngle, såsom avnbøg, hassel osv., og som normalt blev høstet med 15 til 30 års mellemrum (Hofmann, 2007). Hertil kommer det økonomisk relevante skovoverdrev som en form for sekundær anvendelse (Möndel et al., 2009).

SRC er derimod et system, der er stærkere påvirket af landbruget end af skovbruget, da de har en forholdsvis høj forvaltningsintensitet, som normalt er skabt geometrisk fra kun én klon af plantegrupper, og gødning og pesticider kan også bruges (Möndel et al., 2009).

En hyppigt anvendt definition i den ældre litteratur, som grundlæggende refererer til dyrkning af grantræ, er ifølge Thomasius (1991): "Træplantager er plantager, der tjener til produktion af specielle skovprodukter og er indrettet efter geometriske principper eller varianter. på lokaliteter, der er meget produktive af natur eller gennem kunstig præparation, som med tilstrækkelig beskyttelse og passende pleje giver udbytter, der er over det naturlige niveau med hensyn til mængde og/eller kvalitet inden for korte produktionsperioder." For nylig er definitionen iflg. til Knust (2009) håndhævet, ifølge hvilke SRC'er er: "[...] intensive produktionssystemer til træproduktion i korte perioder [..., med] meget produktive træarter opdrættet til dette formål, en høj plantetæthed og fuldt mekaniseret høst med intervaller af nogle år".

2.2.1.1.1 Kortroterede klippeplantager i Tyskland

Indførelsen af en ny form for arealanvendelse, der kombinerer mange aspekter af landbrug og skovbrug, udgør en udfordring, om ikke andet på grund af den traditionelle adskillelse af jobprofilerne i skovbrug og landbrug, lovgivningen og de administrative strukturer i Tyskland.

I forbindelse med debatten om forsyningssikkerheden af indenlandske råvarer, udløst af oliekriserne i 1973 og 1979/80, blev dyrkningen af hurtigtvoksende træarter med det formål at producere biomasse for første gang vigtigere. I begyndelsen af 1990'erne var der en debat om at anvende landbrugsarealer, der ikke er nødvendige til fødevarerproduktion, til en fornuftig anvendelse. (Moendel et al., 2009)

På grund af spørgsmålet om klimabeskyttelse, som i stigende grad blev diskuteret i 2000'erne, steg presset for at bruge vedvarende energikilder og dermed også for at producere energi uden kuldioxid (CO²)-emissioner, fx fra biomasse (SRU, 2007). På det seneste har rammebetingelserne for etablering af SRC'er ændret sig igen.

De pludselige prisstigninger på landbrugsprodukter, udløst af den økonomiske verdenskrise i 2008/09, konkurrerer med den føderale regerings incitamentsprogrammer for opførelse af f.eks. biogasanlæg og biomassekraftvarmeanlæg. Dette resulterer i en spænding mellem accepten og viljen til at etablere SRC'er i Tyskland.

2.2.1.1.2 Klimarelaterede potentialer

Den progressive globale opvarmning, som i øjeblikket er mere end 1°C (Lenssen et al., 2019), varierer meget fra et lokalt perspektiv. Klimafaktorer, der er meget vigtige for plantevækst, er nedbør, temperatur og koncentrationen af CO² og ozon (O³) i luften. Hvordan disse faktorer varierer ud over deres naturlige sæsonvariabilitet, kan i væsentlig grad påvirke biomasseproduktionen af SRC'er (for yderligere analyse se Rock et al. (2009).

En af de største farer er tørken i sommermånederne, som kan have meget negative konsekvenser, især på det tidspunkt, hvor et nyt SRC etableres. I modsætning hertil kan kraftige regnhændelser, der er begrænset i tid og sted, også give problemer med områdernes trafikbarhed.

Effekterne af den langsomt stigende koncentration af CO² og O³ udligner formentlig hinanden, hvorved gødningseffekten på grund af det øgede CO²-indtag vurderes som positiv. (Rock et al., 2009)

Ved at sammenligne Rock et al. (2009) udførte udbyttesimuleringer ved brug af forskellige klimamodeller viser en væsentlig stærkere påvirkning af lokalitetssegenskaberne på lavudbyttepladser end de forventede klimaændringer.

2.2.1.2 Juridiske rammer

SRC'er er støtteberettigede i henhold til EU's landbrugsfinansieringslovgivning og kan klassificeres som økologiske prioriterede områder (Nitsch et al., 2016) eller er værdig til anerkendelse af forbundsstaterne i form af kulturlandskabsprogrammer (KULAP).

I henhold til Forbundsskovloven (BWaldG) § 2, stk. 2, nr. 1: "Arealer, hvor træarter plantes med det formål at høste træ snart, og hvis bestande har en omløbsperiode på højst 20 år (kort rotationsplantager).) [...]" er ikke skove i lovens forstand (BMEL, 2017). Da status som landbrugsjord bevares, kræves der ingen skovrejsningstilladelse (Unselde et al., 2014).

Naturbeskyttelseslovgivningen af SRC er baseret på BNatSchG og på den respektive forbundsstats lovbestemmelser. Føderalismereformen af 2006 giver forbundsstaterne en ret til fravigelse (Art. 74 Para. 1 nr. 29 Grundloven (GG) på områderne naturbeskyttelse og landskabsbevaring gennem den konkurrerende lovgivning. Som følge heraf har nogle forbundsstater har deres egne statslige naturbeskyttelseslove (f.eks. Bayern, Bremen osv.) eller gennemførelseslove til BNatSchG (f.eks. Hamborg, Niedersachsen osv.) (DB, 2017)

For den juridiske klassificering af SRC og deres buske som permanente afgrøder, Böhm et al. (2017). Disse omfatter for eksempel træer og buske i plantager med kort omdrejning, [...]. For at træagtige planter kan anerkendes som permanent afgrøde, skal forskellige rammebetingelser være opfyldt. Disse omfatter en maksimal omdriftsperiode på 20 år, en minimumsarealstørrelse på 0,3 ha (da hvert træagtige permanente afgrødeareal skal repræsentere en selvstændig mark, og denne minimumsstørrelse gælder for dem i de fleste føderale stater) og begrænsningen til visse træarter, der er egnede til kort omdrift (flere træarter i et område er ikke tilladt).

Træer og buske med permanent afgrødestatus er støtteberettigede, altså hele deres areal er anerkendt som en del af landbrugsarealet og er derfor berettiget til grundpræmier."

2.2.2 Etablering af en plantage med kort omdrift

2.2.2.1 Planlægning

2.2.2.1.1 vedhæftet fil

Installationen af en SRC kræver en detaljeret planlægning, hvor der om muligt tages højde for alle sted-, træfysiologiske og andre rammebetingelser for at nå lederens mål.

Hele høstlogistikken bør planlægges på forhånd, så aspekter som helårstrafik, hældning og lagerarealer bør tages i betragtning.

Afhængigt af målproduktet (stammer, industritræ, energitræ) er de to plantesystemer med enkelt- og dobbeltrækker blevet etableret. Plantetæthederne varierer fra 200 - 11.000 planter/ha i plantegrupper mellem 7 x 7 m (som enkeltrække) og 0,75 / 1,6 x 0,8 m (som dobbeltrække). Fuld jordbearbejdning, såsom pløjning om efteråret og finkultivatorer om foråret, er almindelig. (Schildbach et al., 2009)

2.2.2.1.2 plantning og pleje

Det tidlige forår (marts til midten af maj) er det foretrukne tidspunkt for plantning af høj kvalitets plantemateriale så omhyggeligt som muligt. Forårstørke kan dermed nemmere overkommes og planterne har hele vækstsæsonen til at etablere sig. Efterårsplantning er også mulig og udføres helst med rodfæstede pinde eller barrodsplanter.

Manuel plantning er velegnet til arealer op til tre hektar. Det er normalt mere komplekst, men alle typer plantemateriale kan bruges. Mekanisk beplantning giver den fordel, at modificerede landbrugs- eller skovplantningsmaskiner kan anvendes.

Særlig pleje er påkrævet i de første to år af væksten, indtil plantagen er etableret. Mulige farer, hvor aktiv indgriben er nødvendig, er for eksempel langvarig tørke, som kan gøre kunstig vanding nødvendig, eller plejeforanstaltninger til at regulere den medfølgende vækst.

Da frisklavede KUP'er er et attraktivt græsningsareal for kronvildt, og feje- og skrælningskader også kan give store økonomiske skader i senere år, er aktiv vildtpleje eller hegn nødvendig. (Schildbach et al., 2009)

2.2.2.2 Valg af beliggenhed og træart

Generelt gælder der andre krav til valg af træart for SRC end til skovtræer. For eksempel er egenskaber som en jævn vækstringstruktur, fine knaster, rethed etc. vigtige for kvaliteten af træ fra skove, men de er nogle gange irrelevante for SRC, afhængig af forvaltningsmålene.

2.2.2.2.1 Generelle krav til træarter

Ud over Schildbach et al.

(2009) og Hofheinz (2016): -

- Let at formere og høj vækstsikkerhed: Dette er af stigende betydning, især i de tørre år, der må forventes hyppigere på grund af klimaændringer.
- Ungdomsdensitetskompatibilitet: Dette favoriserer høj biomasseproduktion med en forholdsvis kort rotationsperiode.
- Hurtig ungdomsvækst: Dette findes normalt hos lette træarter med pioner karakter, hvis primære vækstfase giver mulighed for en kort omdriftsperiode på grund af den tidlige kulmination af igangværende vækst.
- Høj biomasseproduktion: Dette er afgørende for rentabiliteten af et SRC, hvor kvalitetskrav som dem, der gælder for træ fra skove, er ubetydelige.
- Lav modtagelighed for abiotisk og biotisk skade: Da der ofte kun bruges en enkelt klon til at etablere en komplet SRC, skal der sikres høj resistens under avl.
- Stokkespireevne: Med korte omdriftstider og dermed hyppige høst kan dyrkningsomkostninger spares på denne måde.

Andre egenskaber såsom vandlidende tolerance, tørkemodstand osv. kan være påkrævet afhængigt af forvaltningsmålene og især placeringen.

2.2.2.2.2 Lokalitetsforhold og mål for forvalteren SRC'er dyrkes

hovedsageligt i Tyskland på mineralområder uden grundvandspåvirkning og med lav til middel næringsstofforsyning. Det rigtige valg af træarter er afgørende for plantens succes, da arterne er forskellige med hensyn til deres placeringskrav (lys, næringsstoffer, vand, ...).

(Schildbach et al., 2009)

Hofheinz (2016) tilføjer passende: "Af denne grund er det først vigtigt at afklare, hvilke forhold der hersker i området for at sammenligne dem med de økologiske steds amplituder af de alternativer, der kommer på tale.

[...] Afhængig af placeringsfaktorer som klima (temperatur og nedbør), jordbund, vandbalance, men også for eksempel eksponering, skal træarten udvælges."

Målet ved plantning af SRC er det andet vigtige punkt, når man skal vælge den rigtige træart. Schildbach et al. (2009) skelner mellem:

- Produktrelateret formål: Her henvender sig produkterne energitræ (flis) eller industri-/stammetræ. - Økonomisk målsætning: Økonomiske hensyn som f.eks.

lave investeringsomkostninger, et hurtigt investeringsafkast (korte omsætningstider) og det højeste mulige afkast er afgørende.
- Forvaltningsrelateret målsætning: For at ændre forvaltningen af et område, fx hvis stedet er for lille eller for tørt, kan det give mening at oprette en SRC.

2.2.2.3 Paulownia som en mulig SRC træart

Nehring et al. (2013) klassificerer *P. tomentosa* som potentielt invasiv (2.1.4 Vurdering af invasiviteten af *P. tomentosa*). Det kan dog antages, at denne tidlige successionsart hurtigt vil blive fortrængt af senere, meget mere skyggetolerante arter på grund af dens høje lyskrav (Moore og Lacey, 2009; Vor et al., 2015).

Paulownia har alle de relevante karakteristika for en SRC-træart, som er meget fordelagtige for potentiel dyrkning (fig. 8): - Nem generativ og vegetativ forering og en høj

Stick rebound-evne (Zhu et al., 1986)

- Høj tørketolerance efter vellykket vækst (Cabi, 2019)
- Meget stærk ungdomsvækst med et tidligt kulminationspunkt (Stimm et al., 2013)
- Meget høj biomasseydelse (Cabi, 2019; Zhu et al., 1986)

som ret ufordelagtige skal nævnes:

- Kun lav kompatibilitet med unge tætte bevoksninger: derfor er store plantegrupper eller tidlig udtynding nødvendig (Cathaia, 2020; WeGrow, 2020)
- Modtagelighed for en række biotiske skader er til stede, men kræver yderligere undersøgelse (Hao et al., 2004)

I 2014 afviste den administrative domstol i Köln et privatretligt søgsmål om optagelse af *P. tomentosa* på listen over SRC-træarter (VwG Cologne, 2014). En succes med denne retssag ville have været den nødvendige forudsætning for økonomisk støtte til denne træart inden for rammerne af landbruget

fra

at opretholde permanente kulturer.

På trods af dette bruges denne træart i mange

Dele af Tyskland om landbrug

Områder, både individuelle træer og store plantager, er blevet bygget op i årevis (se Cathaia, 2020; WeGrow, 2020).



Fig. 8: Paulownia KUP med kunstig Kunstvanding (sorte linjer), nær byen Premnitz, Brandenburg.

2.2.2.3 Abiotiske og biotiske risikofaktorer

De økonomiske aspekter af den præstationsorienterede produktion af dendromasse er afgørende ved plantning af en SRC og kan stadig være stærkt påvirket af den mulige forekomst af skadelige faktorer. Den forholdsvis korte omdrejningsperiode kan have en positiv effekt på de negative effekter af nogle skadelige faktorer, men samtidig forkortes kompensationsperioden for at kompensere for eventuelle tab ved dannelsen af dendromassen.

Risikofaktorer påvirker hinanden både positivt og negativt, og det er først, når de opstår i kombination, at den største risiko for økonomisk succes opstår. Eller som Helbig & Müller (2009) beskriver det: "Jo længere stedforholdene er fra det optimale for en kultivar eller træart, jo større er sandsynligheden for, at skader og patogener opstår, og jo lavere er plantens evne til at afværge dem eller at beskytte dem tolerere. Desuden er området omkring en plantage af stor betydning som oprindelsen af patogener." (Helbig og Müller, 2009)

2.2.2.3.1 Abiotiske risici

Mulighederne for at påvirke abiotiske risici er kun små, og de bliver først skadelige, når de opstår på en ekstrem måde.

På grund af de hurtigere fremadskridende klimaændringer må den hyppigere forekomst af tørre måneder og år forventes. Kunstige kunstvandingstiltag i det første år efter plantning af en SRC kan give et middel, og planterne,

på grund af deres bedre udviklede rodsystem, styrke til fremtidige tørre perioder. Plantetidspunktet bør også være så tidligt som muligt på året, så planterne kan danne deres første rødder inden den eventuelle forårstørke.

Frostskader på SRC er normalt forårsaget af sen frost fra april til maj eller af for milde vintre, og planterne spirer for tidligt som følge heraf. Den økonomiske skade kan være meget høj og ifølge Friedrich (1999) for eksempel nå op til 50 % fejl eller ydelsestab, når poppel vokser.

Gennem valg af placering eller dyrkning af hække og læhegn eller den aktivt kantdesign, kan vindens negative indflydelse på en plantage minimeres meget. (Helbig og Muller, 2009)

2.2.2.3.2 Biotiske risici

Da SRC'er er karakteriseret ved lav genetisk diversitet og rumlig homogenitet, er der stor sandsynlighed for skader fra svampe, bakterier, vira, insektmasseproliferation osv.

Tidlige udeladelser eller mangler i planlægningen af plantagen øger risikoen for biotiske skader, som kun i begrænset omfang kan modvirkes med modforanstaltninger som f.eks.

Pesticider kan kompenseres og forårsage betydelige meromkostninger. (Helbig og Muller, 2009)

I de første par år efter plantning af SRC kan ledsagende vegetation skabe så kraftig skygge, at lette træarter hæmmer væksten eller taber sig.

Fejl kan forekomme, og mekanisk eller kemisk (herbicider) ledsagende vækstregulering er nødvendig for at undgå dette. Clay & Dixon (1997) rapporterer undersøgelser af ukrudtspopler og piletræer, der viste en 60-90% lavere skudvægt end ukrudtsfri sammenligningsplanter.

Ved at undgå omfattende jordvegetation kan dannelsen af større musebestande og dermed skader forårsaget af gnav eller gnav i jorden reduceres.
reducere rodskader.

For at minimere forekomsten af sygdomme forårsaget af bakterier, svampe og vira eller for at bremse deres udvikling og spredning, er det tilrådeligt at dyrke flere træarter eller sorter på et plantageområde. Ifølge McCracken & Dawson (1997) er mindst tre forskellige varianter med forskellige modtageligheder nødvendige.

Ifølge Helbig & Müller (2009) giver sortsblandinger i kombination med et stedstilpasset områdedesign også muligheder for forebyggende skadedyrsbekæmpelse. Generelt giver SRC'er gode udviklingsbetingelser for skadedyr på grund af deres høje andel af næringsrigt bladstof (Helbig og Müller, 2008).

Derudover tilbyder de ifølge Bergström & Guillet (2002) høj kvalitetsgræsning til vildt og er derfor særligt udsatte for at blive bidt, hvilket kan føre til buskads eller planters død (Friedrich, 1999). Feje- eller skrælningskader kan også give alvorlige lokale skader, hvis der er en høj tæthed af vildt. Mindre SRC, omkring to hektar, bør derfor altid være indhegnet, hvilket er relativt dyrt i forhold til store SRC-dyrkninger, hvor påvirkningen af vildt normalt er reduceret. (Helbig og Muller, 2009)

2.2.3 Ledelse

2.2.3.1 Ledelsesstrategier

Den tidligere fastlagte dyrknings- og brugsstrategi bestemmer direkte ledelsesstrategien. Ud over materialeanvendelse kan slutprodukter også bruges til at generere energi, selvom brugspræferencer kan ændre sig afhængigt af markedsudviklingen. (Gerold et al., 2009)

2.2.3.1.1 Materialeanvendelse

Materialeanvendelse tjener til at "[...] levere fiberråmateriale til papirproduktion og materiale til spånplade- og fiberpladeindustrien" (Gerold et al., 2009). Kun et lille antal planter er nødvendige for at plante en sådan SRC (1.000 – 2.000 planter / ha), hvilket reducerer omkostningerne betydeligt. Endvidere kan der anvendes typiske tømmerhøstemetoder fra landbruget eller skovbruget til høsten. Det lange kapitaltilsagn er dog ufordelagtigt på grund af den lange rotationsperiode (normalt 15 - 20 år). Biomasseproduktionen er også i forhold til energiforbrug med et gennemsnit på cirka 9 tdm ha⁻¹ a

-1 geringer¹⁴ . (Gerold et al., 2009)

2.2.3.1.2 Energisk brug

Målet med den energiske brug af en SRC er så høj en biomasse som muligt produktion, som ifølge Boelcke (2007) er mindre end 10 tatro ha⁻¹ a og på gode steder over 20 tatro ha⁻¹ a

-1 nået.

Gerald et al. (2009) antager derfor et gennemsnitligt udbytte på 8 til 12 tdm ha⁻¹ a ud. Det betyder, at klassiske kvalitetstræk som fine knaster, rethed osv., som kan have betydning, når de bruges som materiale, er ubetydelige, når de bruges til energi.

¹⁴ tatro ha⁻¹ a⁻¹ = ton atro (= måleenhed for et ton absolut tørt træ) pr. hektar og pr. År.

Selvom der kræves et betydeligt større antal planter (8.000 - 10.000 planter/ha), hvilket øger investeringsomkostningerne ved SRC, giver den kortere omdriftsperiode (hvert andet til femte år) et hurtigere afkast af investeringen. På den anden side er ulempen den ekstra, ikke-landbrugs- eller skovbrugstypiske teknologi, som mest bruges til høsten og medfører ekstra omkostninger (Scholz et al., 2004). (Gerold et al., 2009)

2.2.3.1.3 Andre anvendelser

Naturligvis kan andre anvendelser eller andre produkter også tænkes, selvom disse mest betragtes som nicheprodukter. Salicin kan fx fås ved at dyrke piletræer, og stængerne kan også bruges til landskabspleje. (Gerold et al., 2009)

Dyrkning af f.eks. robinia med mellemlang rotation muliggør også produktion af hegnspælesortimenter (Landgraf et al., 2005).

2.2.3.2 Økonomi

Strukturen af et SRC adskiller sig i forhold til klassiske landbrugsafgrøder ved, at der kræves store investeringer for at etablere et SRC. Derudover er der en lang produktionsperiode, som gennemgående er præget af uregelmæssige pengestrømme.

Det er vanskeligt at vurdere, i hvilket omfang SRC kan konkurrere økonomisk med markbrug, da landbrugspriserne er udsat for stigende volatilitet.

Men mange landbrugsbedrifter har arealer, der kun er betinget egnede til intensiv agerbrug, og hvor etablering af et SRC ville være mulig og fornuftigt. Derudover kan ledelsen af en SRC være nyttig at reducere gårdens arbejdsspidsere, der opstår hen over året. (Wagner et al., 2009)

2.2.3.2.1 høst

Da høstteknologien har en væsentlig indflydelse på produktionsomkostningerne, bør den planlægges inden første plantning, "da valget blandt andet afhænger af sort, rotationsinterval, række- og planteafstand" (Scholz & Lücke, 2007). .

Ifølge Scholz & Lücke (2007) kan høstmetoderne grundlæggende opdeles i følgende tre områder:

- Stamtræslinjer: Materialeanvendelse til produktion af stammesektioner
- Bundle lines: energisk brug til fremstilling af løse eller bundne bundter

- Træflisligner: energisk brug til produktion af træflis

Efter sidste høst konverteres arealet normalt tilbage. Området beplantet med træer er fuldstændig omdannet til konventionelt landbrugsjord ved hjælp af rydningsteknologi (f.eks. roterende jordfræsere). Udviklingen af nye skud fra de rodstykker, der stadig er i jorden, kan undertrykkes ved yderligere jordbearbejdningsforanstaltninger eller ved at så en efterfølgende afgrøde. (Scholz et al., 2009)

2.2.4 Naturbeskyttelsehensyn

2.2.4.1 Sammenligning med skove

2.2.4.1.1 Grad af naturlighed kontra ledelsesintensitet

Ved sammenligning af træagtige økosystemer¹⁵ (fig. 9) kan SRC beskrives som træbevoksninger med delvis segregation (delvis afblanding).

På grund af træproduktionens primære mål kan deres naturlighedsgrad betragtes som lav, idet styringsintensiteten er forholdsvis høj. Ny skov, for eksempel på ager- eller minearealer, er lokalt sammenlignelig med en SRC og ligner i starten også meget naturligt, men forvaltningsintensiteten er væsentlig lavere, da den udvikler sig til en erhvervsskov.

2.2.4.1.2 Sammenligning med naturlige og dyrkede skove

En sammenligning af SRC med naturlige eller dyrkede skove, som udført af Schmidt & Gerold (2008), viser en uforenelighed med målene for naturbevarelse, såsom mere naturlighed i dyrkede landskaber eller fremme af biodiversitet mv.

Ifølge Schmidt & Glaser er KUP'er

(2009): "Kunstigt etablerede bestande, overvejende [...] rene bestande af spirende, ikke-hjemmehørende eller ikke-hjemmehørende træarter (arter, hybrider) eller udvalgte sorter eller kloner. Dette skaber nye

som økosystemer i landskabet med karakteristika, der forekommer uforenelige med naturbeskyttelse [...]"

Siden SRC'er, men ikke i skove

er skabt, er en sådan sammenligning mindre nyttig, og landbrugslandskaber og deres biotoper bør tjene som referencesystemer.



Fig. 9: Sammenligning af forvaltningsintensitet og graden af naturlighed af træagtige økosystemer, tilpasset fra Schmidt & Gerold (2008) og modificeret fra Schmidt & Glaser (2009).

¹⁵ Integration = økologisk orienteret eller nær-naturlig skovdrift på størstedelen af skovarealet; Delvis adskillelse af områder (prioritet til beskyttelse), hvorpå økosystemerne er overladt til selvregulering og forvaltning er derfor undladt (naturlig skovforyngelse i beskyttede områder under naturbeskyttelse og skovlovgivning), delvis adskillelse af områder med prioritet til træproduktion v.h.t. mere intensiv forvaltning (SRC) landbrugsjord. Baseret på Schmidt & Gerold (2008), overtaget og modificeret fra Schmidt & Glaser (2009).

2.2.4.2 Sammenligning med landbrugsafgrøder

Den indsats, der kræves for at forvalte et SRC, er forholdsvis lavere end for enårig eller flerårige markafgrøder (energi, foder, fødeplanter) og tillader derfor en mere positiv vurdering fra et landskabsøkologisk synspunkt.

Denne vurdering kræver naturligvis, at man ser nærmere på de forskellige faser i det overordnede SRC-system (såsom etablering, bevoksningsafslutning, høst osv.) i forhold til landbrugsafgrødernes biotop- og habitatforhold. (Schmidt & Glaser, 2009)

2.2.4.2.1 Påvirkning af vandbalancen

Vejret og vandtilgængeligheden inden for en vækstsæson styrer indirekte transpirationshastigheden af en SRC. De dyrkede træarter bestemmer niveauet af aflytningstab gennem deres kronearkitektur (afstrømning på stamme og grene) og bladarealindekset. Petzold et al. (2009) antager, at for eksempel poppel og pil har en tendens til at forbruge mere vand på samme sted end sammenlignelig dyrkning af landbrugsafgrøder. Den årlige hastighed af nedrivningsvand falder (Murach et al., 2007), hvilket kan føre til problemer med grundvandsgenopladning (Wahren et al., 2007). Den reducerede overfladeafstrømning har dog den modsatte effekt af at reducere jorderosion.

SRC som en form for ændring af arealanvendelse har "[...] potentialet til at forsinke afstrømningsspidsbølger under små til mellemstore regnhændelser", hvilket bidrager til beskyttelse mod oversvømmelser (Petzold et al., 2009). Jordens indtrængning i dæmninger og den deraf følgende dannelse af sediment reduceres også.

2.2.4.2.2 Stedvalg og råvarekilde

Ved udvælgelse af et egnet sted til et SRC kan der være et stort potentiale for konflikt mellem naturplejemålene og forvalterens interesser. Samtidig kan den biologiske mangfoldighed dog fremmes ved et målrettet og overskueligt valg af placering, installation og anvendelse af et SRC under hensyntagen til regionale modeller og naturplejemål.

Afhængigt af et landskabs natur og skønhed kan det beriges med de rumlige strukturer i et SRC, og biologisk mangfoldighed kan fremmes. (Schmidt og Glaser, 2009)

Hvis råstoffet træ, som er cyklisk fornybart på SRC'er, bruges som alternativ energikilde, kan dette bidrage til substitution af fossile brændsler og dermed være med til at beskytte klimaet. Derudover ville denne biomasse fra marken være en indirekte, men "[...] vigtig tilføjelse til træpotentialet fra skoven [...]" (Schmidt og Glaser, 2009).

2.3 Agroforst

Agroforestry-systemer er blevet fundet i det tyske landskab i århundreder, og de er let genkendelige selv i dag i form af levende hegn, engplantager og skovoverdrev (Eichhorn et al., 2006; Herzog, 1997).

Udløst af industrialiseringen skete der i slutningen af 1800-tallet og især begyndelsen af 1900-tallet en øget specialisering i landbruget og dermed en adskillelse i brugen, som oprindeligt skete på et og samme areal. Dette har resulteret i et stort tab af AFS og først for nylig er AFS langsomt ved at blive genopdaget og er med til at nedbryde den traditionelle skel mellem landbrug og skovbrug.

2.3.1 Historiske arealanvendelsessystemer

2.3.1.1 Et kig på den historiske udvikling af AFS

I historien er der et stort antal AFS, med forskellig intensiv brug, hvilket resulterede i et meget forskelligartet arrangement af træer og buske af enhver art. Adskillelsen af landbrug og skovbrug har ført til et stort tab af disse brugssystemer. (Konold og Reeg, 2009)

2.3.1.1.1 historiske systemer

En af de ældste og stadig sporadisk brugte AFS er Schneitelwirtschaft. Formodentlig har mennesket ikke kun grebet aktivt ind i landskabet siden yngre stenalder (ny stenalder), hvor man begyndte at dyrke afgrøder og holde husdyr. Udvindingen af blade (stiklinger) med det formål at fodre kvæget førte dog til en storstilet ændring af levestedet, og samtidig opstod der bizarre træformer, som inspirerede folkets legender og myter. I Centraleuropa blev ask, elm, bjerg- og markahorn ofte brugt til udskæring.

En anden og i dag næsten glemt AFS er Zeidelwesen eller Zeidlerei, som har været brugt til at beskrive udvindingen af vild honning siden det 13. århundrede. Til dette formål blev huler udhugget i såkaldte byttefyre for at tilbyde bikoloniernes opholdsrum. Ud over fyrretræ blev der sjældent brugt gran, lind, eg og poppel. Heden blev opdyrket omkring byttefyrene, hvilket resulterede i et stort set åbent, meget rummeligt landskab.

De såkaldte træenge er en anden ældgammel kombination af aktivt dyrkede træbestande til træproduktion og samtidig bruge engene til foder i form af hø. Afhængig af beliggenheden blev der brugt træarter som bøg, ask, røn, eg, gran, hassel, platan, fyr og birk. Konold & Reeg (2009) citerer Gradmann (1950) med ordene: "Sådan blev der skabt parklandskaber, hvorfra anlægsgartneren kan tage en model". Denne udtalelse understreger, hvordan AFS's geometriske former formede landskabet i fortiden og opmuntrede til efterligning i for eksempel senere byhaver. (Konold og Reeg, 2009)

2.3.1.1.2 Historiske og stadig brugte systemer

Andre historiske AFS er f.eks. pile- eller hovedvedsøkonomiens kultur, som ofte ligner snegleøkonomien og formentlig allerede blev brugt i sin oprindelige form af romerne. Piletræer blev "afhugget" i en tilbagevendende brugsperiode på sædvanligvis tre til seks år, og de opnåede pilestænger blev f.eks. brugt som fletmateriale til pilefaskiner, som blev brugt til vandbygning indtil 1800-tallet.

Den form for AFS, der stadig er mest almindelig i dag, er frugtplantager.

Samtidig spillede frugtavl med høje stængler en stadig vigtigere rolle i design, især i klostre, og bidrog med sine mange geometriske former til den ordning af landskabet, som stadig er genkendelig mange steder i dag.

Set i det overordnede billede er det ikke overraskende, at den kongelige saksiske overskovofficer Heinrich Cotta (Cotta (1819), citeret fra Konold & Reeg, 2009) beskæftiger sig meget detaljeret med AFS i sin bog "Die Baumfeldwirtschaft" og kommer til at konkludere: at i ordnede skove skal individet være underordnet helheden og derfor skal "hver enkelt del af jorden bruges på den mest hensigtsmæssige måde". På den måde kunne man "give det mindste rum [...] den træsort, der passer til det" og dermed "bringe mange forskellige træsorter ved siden af hinanden".

Så man erkendte meget tidligt, hvordan det nyttige kan kombineres med det smukke, og en lang række af tidens argumenter er stadig gældende i dag og bliver igen vigtigere og opmuntrer dermed til plantning af træer uden for den typiske skov. (Konold og Reeg, 2009)

2.3.2 Definition og retlige rammer

2.3.2.1 Multifunktionalitet af agroforestry-systemer

På grund af deres multifunktionalitet har skovbrugssystemer potentiale til at tilfredsstille nutidens krav til arealanvendelse både fra et økonomisk og økologisk synspunkt. Dermed udvider de sortimentet af landbrugsprodukter med træserier af høj kvalitet og har samtidig en positiv indvirkning på dem omkring dem

abiotisk og biotisk miljø.

Grünwald & Reeg (2009) understøtter disse udsagn med en række litteratur, ved at nævne følgende positive virkninger af skovbrugssystemer:

- Højere og bæredygtigt sikret udbytte
- Højere biodiversitet
- Forbedret mikroklima
- Beskyttelse mod erosion
- Næringsstofomfordeling fra dybere jordlag ved hjælp af løvstrøelse
- Reduktion af sygdomme, skadedyr og klimatisk stress
- Positive effekter på græssende dyr

2.3.2.1.1 Definition af agroforestry

Agroforestry forstås i dag som en form for arealanvendelse: "[...] hvor dyrkning af flerårige træagtige planter kombineres med dyrkning af etårige planter eller brug af græsarealer på samme areal.

Gennem det målrettede valg af det rumlige arrangement og den kronologiske rækkefølge af de forskellige elementer [...] kan positive økonomiske og økologiske interaktioner mellem træer og buske på den ene side og landbrugsafgrøder og husdyr på den anden side fremmes" (Grünewald og Reeg, 2009)).

2.3.2.1.2 Produktionsformen

Der skelnes grundlæggende mellem to produktionsformer i agroforestry.

Værdifuld træproduktion tjener til at producere træsortimenter af høj kvalitet, hvor der plantes isolerede træer på landbrugsjord med omdriftsperioder på omkring 50 - 70 år. (Gruenewald og Reeg, 2009)

Lyskrævende arter, der er sjældne eller ikke af tilstrækkelig kvalitet i skovene, foretrækkes.

Fordelene her er de lave investeringsomkostninger, den tidsbegrænsede vedligeholdelsesindsats og de høje diameterforøgelse, der nemt kan opnås. (Brix et al., 2009)

I energitræproduktionen plantes hurtigtvoksende træer med en omdriftstid på omkring 10 år i strimler i det såkaldte gydeafgrødesystem med markafgrøder imellem, hvilket er et supplement til kortomdriftsplantagen. diskuteret ovenfor (Grünewald og Reeg, 2009).

I kombinationen af begge produktionsformer anvendes markstriben til biomasseproduktion ved hjælp af hurtigtvoksende træarter, og i gydekultursystemet plantes træer i strimler til tømmerproduktion (Grünewald og Reeg, 2009).

Dette to-rækkede system, med to standlag adskilt efter højde og alder, kræver mere skovbrugsmæssig viden end til installation af en SRC. Det senere vækstrum for det værdifulde træ skal tages i betragtning i planlægningsfasen. Målinger på testarealer har vist, at kvalitetstræerne ikke reducerer lysindfaldet for de hurtigtvoksende træsorter. Dette dyrkningssystem kan dog kun vise sine økonomiske fordele sammenlignet med ren SRC på ret dårlige steder. (Unsel, 2009)

2.3.2.2 Lovlige rammer

2.3.2.2.1 Lovlige rammer - tidligere

Agroforestry-systemer har været en del af landskabet i mange århundreder, og deres udbredelse har altid været afhængig af de juridiske rammer, der var gældende på det tidspunkt, hvilket fremgår af en stor mængde overlevende beviser.

For eksempel blev græsning i skoven allerede i det 10. århundrede tilladt og derefter forbudt igen (Dirlmeier, 1982). I det 16. århundrede opfordrede adelen til dyrkning af frugttræer på enge og marker for at forbedre ernæringen af deres undersåtter. Af samme grund blev engplantagen den mest udbredte AFS i 1700- og 1800-tallet (Rösler, 2003).

Men fra 1951 til 2000 var der et fald på mere end 70 % i de tyske frugtplantagebestande (BLfL, 2003). Intensiveringen og tilhørende mekanisering af tysk landbrug siden Anden Verdenskrig har ført til en fiksering på udbytte pr. hektar (Gordon et al., 2018) og fremmet den rumlige adskillelse af skov og landbrugsjord (Stuber og Bürgi, 2002). Denne tendens blev støttet af EU fra 1965 til 1974 med en rydningspræmie for høje frugttræer (Herzog, 1998).

2.3.2.2.2 Lovlige rammer - i dag

Den mest udbredte AFS i Tyskland i dag er engplantagen (Rösler, 2003), som er udelukket fra skovbegrebet i henhold til § 2, stk. 1, i Forbundsskovloven (BMEL, 2017) og derfor behandles efter landbrugsloven.

Produktion af skovprodukter i form af værdifuldt tømmer eller korte rotationsstrimler på landbrugsjord er reguleret adskilt fra klassisk landbrugsproduktion på føderalt og statsligt niveau (Chalmin og Möndel, 2009).

Et juridisk spørgsmål, der har været meget diskuteret i litteraturen, omhandler produktion af værdifuldt træ i agroforestry-systemer, og om dette eventuelt kunne være skov. For præcisering har Chalmin & Möndel (2009) udarbejdet følgende tabel med argumenter for og imod at tildele skovbrugsarealer til skov (fig. 10):

Kriterien zur Bestimmung der Waldeigenschaft	Zutreffend?	Kommentar
Verwendung von Forstpflanzen	ja und nein	Es werden Forstpflanzen und veredelte Obstbäume verwendet.
Ausgenommen vom Waldbegriff sind kleinere Flächen in der Flur mit einzelnen Baumreihen.	ja und nein	Hier ist die Gesetzgebung nicht präzise genug, um eine abschließende Antwort zu ermöglichen.
Die Holzproduktion überwiegt.	nein	Die landwirtschaftliche Nutzung überwiegt deutlich.
Kronenschluss	nein	Die Pflanzabstände zwischen den einzelnen Werthölzern erlauben keinen Kronenschluss. Kronenschluss ist zudem wegen der starken Beschattung nicht im Interesse der Landwirtschaft.
Gefahr der Sukzession	nein	Die Fläche wird, abgesehen von den Baumstreifen, landwirtschaftlich genutzt.

Fig. 10: Sammenligning af skov med agroforestry-systemer til produktion af værdifuldt træ, tilpasset fra Chalmin & Möndel (2009).

Installationen af AFS relaterer sig mindre til skovret og mere til landbrugsretlige problemstillinger og problemer, såsom (se Zehlius-Eckert, 2018): - En minimumsstørrelse på 0,3 ha og en minimum sidelængde på 10 m ved installation af AFS, hvilket hindrer etableringen af små strøg.

- Udvalget af tilgængelige træarter er begrænset af en liste, hvilket reducerer den mulige mangfoldighed i dyrkningen.
- Der er i øjeblikket ingen finansiering til AFS i Tyskland, hvilket også skyldes manglende implementering i GAK -rammeplanen¹⁶.
- AFS kan ikke anerkendes som en grønne foranstaltning, fordi der ikke er finansiering til det.
- Der er ingen særskilt kodning for AFS i henhold til det europæiske kodningssystem, til EU-finansiering.

Der er et væld af regler, der unødigt komplicerer eller begrænser den mulige etablering af AFS. Talrige initiativer, også på statsniveau (Brandenburg og Bayern), forsøger at afhjælpe dette (Böhm et al., 2017).

Ifølge Zehlius-Eckert (2018) er andre relevante lovbestemmelser f.eks.

- Lov om skovformeringsmateriale: Sorter skal "testes" før plantning, hvilket kan føre til mangel på frøplanter. Det er tvivlsomt, i hvilket omfang dette stadig vil give anledning til bekymring i fremtiden.
- Nabolov: minimumsafstande til naboejendomme - Vejtrafikregler: minimumsafstande til veje

Ifølge Chalmin & Möndel (2009) kan AFS tiltrækningskraft øges: "[...] for politik, samfund og landbrug, hvis regionalt tilpassede naturplejetjenester [f.eks. omfattende forvaltning af træstrimler] og ved at belønne bedrifterne med en tidligere indkomst fra agroskovbrugstræer".

Zehlius-Eckert (2018) ser den nuværende juridiske usikkerhed som kontraproduktiv og håber på ændringen i landbrugsstøtten udløst af Brexit og den medfølgende juridiske ramme.

2.3.3 Etablering af et agroskovbrugssystem

Agroforestry-systemer med værdifuld træproduktion producerer knastfrit træ (finerkvalitet) med en stor stammediameter. Chalmin (2009) omtaler dem som "levende opsparingskonti". Selvom træpriserne afhænger af markedet, kan landmanden reagere på dette ved at vælge høsttidspunkt og ved diversificering, det vil sige dyrkning af forskellige træarter. Træets kvalitet, fx knasternes renhed og skaftets dimension bestemmes af hyppigheden og omfanget af plejeindgrebene og rotationsperioden. Heraf kan en groft produktionsramme udledes som følger: - Oplagsperiode cirka 50 til 70 år

- Knudefri skaftlængde ved cirka 1/3 af træhøjden ved høsttidspunkt
- BHD over 55 cm (Brix et al., 2009)

¹⁶ GAK = fælles opgave til forbedring af landbrugsstrukturen og kystbeskyttelsen, er et finansieringsinstrument fra Forbundsrepublikken Tyskland til støtte for landbrug og skovbrug.

2.3.3.1 Planlægning

2.3.3.1.1 Egenskaber ved agroskovbrugssystemer ædle træsorter

Da der holdes store afstande ved plantning af de unge træer, og der i de følgende år ikke sker en udtynding, der ellers er sædvanlig i skoven, da antallet af træer er for lille hertil, skal der lægges særlig vægt på plantematerialet og beplantningen. sig selv.

Indretningen og afstanden mellem træækkerne samt afstandene mellem træerne har indflydelse på landbrugets anvendelsesmuligheder.

Træerne vokser op næsten uden konkurrence på kroneområdet, hvorfor der ikke er naturlig grenrensning og kunstig beskæring er nødvendig. På grund af trækoglernes uhindrede udvidelse efter sidste beskæring kan der forventes høje årlige stigninger i diameter, hvilket forklarer, hvorfor den ønskede måldiameter kan nås langt tidligere end med træer i skove. (Brix et al., 2009)

2.3.3.1.2 ansigtsvalg

Ved udvælgelsen af området bør der tages hensyn til den langsigtede rentabilitet af hele systemet. Hver ekstra træække reducerer pladsen til landbrugsprodukter og reducerer dermed det klassiske årlige udbytte, i hvert fald i første omgang. Derfor vil de fleste bedrifter være tilbøjelige til at foretrække lokaliteter med lavt landbrugsudbytte, hvilket dog kan have en negativ indvirkning på træets kvalitet. (Chalmin, 2009)

I modsætning hertil kan antallet af træækker på højtydende lokaliteter reduceres, hvilket reducerer landbrugets udbyttetab på kort sigt.

Derudover er der en reduktion i kanteffekten af træækkekanterne, som kan konkurrere med landbrugets anvendelse (Palma et al., 2005).

2.3.3.2 Vedhæftning

2.3.3.2.1 Træækker og træafstand

Skyggen af trætoppene stiger løbende med træernes udviklingsgrad og har betydning for de umiddelbare omgivelser. Det er derfor tilrådeligt at plante træækkerne i nord-syd-orientering for at opnå en jævn fordeling af skyggedannelsen på begge sider af træækken, når solen bevæger sig i løbet af dagen. (Chalmin, 2009)

Der skal tages hensyn til de individuelle lokalitetskarakteristika ved bestemmelse af række- og træafstanden. Større rækkeafstand kan især være nyttig i tørre områder, da træernes generelle vandforbrug er lavere, og deres vindbremsende og fordampningsreducerende effekt stadig kan bruges (Young, 1997).

På særligt vindudsatte og erosionsudsatte lokaliteter kan der dannes en naturlig læhegn ved at plante buske under træækkerne (Chalmin, 2009), hvilket reducerer jorderosion (Palma et al., 2005).

Brandle et al. (2004) anbefaler større afstande for at sikre god ventilation, selv på fugtige steder. Oftest er det dog arbejdsbredden på landbrugsmaskiner, der bestemmer afstanden mellem træækkerne (Chalmin, 2009).

2.3.3.2.2 udvælgelse af træarter

For at holde konkurrencen med landbrugsafgrøder så lav som muligt og skabe positive effekter på mellemlang og lang sigt, er valget af træarter af stor betydning.

Generelt er det tilrådeligt at plante dybtrodede arter med en gennemskinnelig krone (Chalmin, 2009), hvis sene knopskydning er gavnlig for væksten af vinterafgrøder om foråret (Härtel, 2007).

Ifølge Young (1997) bør træernes vandforbrug altid tages i betragtning for at undgå øget tørkestress på steder, der allerede er tørre.

De anvendte træarter bør heller ikke være foderplanter eller mellemværter for landbrugspatogener (Wojtkowski, 2002) såsom sort johannesbrød med blommeskæl-insektet eller, i tilfælde af vilde frugter, brandskimmel (Chalmin, 2009). Biokemiske interaktioner bør også tages i betragtning, da de fx forekommer med sorte og valnødder, som kan virke kimhæmmende på naboplanter (Poetsch, 2001).

2.3.4 Ledelse

Hovedmålet i forvaltningen af agroskovbrugssystemer er at fremme positive effekter og undgå negative effekter. Mens træer i første omgang har brug for beskyttelse mod konkurrencen fra landbrugsafgrøder, vender denne effekt over tid. (Brix et al., 2009; Chalmin, 2009)

I et silvopastoralt agroskovbrugssystem, som kombinerer dyrehold på græsarealer med plantning af træækker og sigter mod at producere værdifuldt træ, er yderligere træbeskyttelse uundværlig. Sammensætningen af de græssende dyrearter er direkte relateret til typen og omfanget af de ellers forventede træskader (Machatschek, 2002).

2.3.4.1 Ledelsesniveauer

2.3.4.1.1 Underjordisk

Direkte konkurrence mellem træet og nabolandbrugsplanter om næringsstoffer og frem for alt vand undgås ved årligt tilbagevendende jordbearbejdning (pløjning). Trærødder stimuleres derfor til at udforske dybere jordlag og ressourcer, der er utilgængelige for markafgrøder. Efterårsbladene arbejdes ind i muldjorden som humus ved jordbearbejdning og virker dermed ikke længere formørkende eller fungerer som grobund for mulige svampesygdomme i det kommende forår (Machatschek, 2002).

På græsarealer derimod udøver det allerede eksisterende rodnet tilstrækkeligt konkurrencepres på de stadig unge træerødder, selv uden jordbearbejdning, så de udvikler sig dybere (Machatschek, 2002).

2.3.4.1.2 over jorden

Efterhånden som trækrone vokser, øges skyggen af afgrøderne i kanterne (se også Palma et al., 2005). Væksten af plantearter, der kan bruge høje strålingsintensiteter, såsom C4-

Plant majs, kan blive negativt påvirket af det. I andre mere skygetolerante arter, der har et lavere lysmætningspunkt, såsom C3-

Hvis der plantes raps og hvede, ses en reduktion i udbyttet først med væsentligt ældre træer efter omkring det 30. år (Härtel, 2007).

Denne skyggeeffekt kan dog reduceres over tid ved beskæringstiltag, der også forbedrer trækvaliteten (Chalmin, 2009).

2.3.4.2 Økonomi

Et agroskovbrugssystem er en kombination af landbrugsafgrøder med et årligt udbytte og en skovbrugskomponent, der tager år eller år at vokse.

Årtier giver for det meste kun én høst.

Det er et meget dynamisk system forårsaget af trævækst, fordi kroneudvikling konstant ændrer vækst- og udbyttebetingelser for landbrugsafgrøder.

Agroforestry værdi træproduktion er en ret simpel produktionsproces, som fx ikke kræver specielle maskiner. Hurtigtvoksende træarter til produktion af energitræ kan høstes efter tre til fem år, hvorimod værdifuldt træ har en måldiameter > 55 cm BHD med en produktionsperiode på 40 - 70 år. (Moendel et al., 2009)

2.3.4.2.1 modsætninger i ledelsen

Da overgangen mellem landbrug og skovbrug normalt er flydende, afhænger den økonomiske vurdering af observatørens perspektiv.

Fra et skovbrugsmæssigt synspunkt plantes der kun lige så mange træer, som der høstes, hvilket holder vedligeholdelses- og uddannelsesomkostningerne lave. Endvidere er der ingen tidligere anvendelse i ren værdifuld træproduktion, men kun høsten som slutanvendelse.

Rent landbrugsmæssigt er det vigtigste det årlige udbytte fra markafgrøderne. Træerne genererer plante- og plejeomkostninger, forårsager udbyttetab på grund af arealtab og senere skygge, og indtægter kan kun forventes i fremtiden. (Moendel et al., 2009)

Chalmin (2009) opsummerer denne ambivalens som følger: "Agroforestry-systemer er kun interessante som et alternativ, hvis de tilbyder højere arealudbytter eller andre fordele sammenlignet med en monokultur. Et højere arealudbytte er muligt, hvis markafgrøder og træer optager forskellige nicher med hensyn til tid eller rum og undgår unødigt konkurrence. Det betyder, at eksisterende ressourcer kan bruges mere effektivt."

2.3.5 Naturbeskyttelseshensyn

Agroforestry-systemer er en strukturel berigelse på landbrugsjord, som fx ofte er ledsaget af en stigning i biodiversiteten. På intensivt brugt landbrugsjord ses de endda af naturbeskyttelse som en opgradering af jorden. De behøver ikke nødvendigvis at have en positiv effekt på floraen og påvirke faunaen. Men på grund af systemets store variation giver de en bred vifte af muligheder for at gennemføre en lang række naturbeskyttelsesforanstaltninger. (Reeg et al., 2009b)

2.3.5.1 Naturfredningsvurdering

En lang række aspekter skal tages i betragtning ved en naturbevaringsvurdering af AFS (Reeg et al., 2009b): - Fastlæggelse af vurderingsstandarder: Prioritering af naturplejemålene (f.eks. større biodiversitet, fremme af truede arter eller indikator). arter, ...), der er tildelt af den føderale stat, kan være forskellige.

- Betragtning af det omgivende landskab ud fra et naturbeskyttelsesperspektiv: er der tale om landbrugsgrænseplaceringer eller intensivt dyrkede områder; hvor tæt er det på biotoper mv.
- Systemets mangfoldighed: AFS kan have meget forskellige egenskaber og karakteristika (afhængigt af forvaltningsmålet), hvilket kan være gavnligt for en lang række naturbevarende foranstaltninger.
- Dynamik i udviklingen af systemet: habitatets karakteristika ændres i takt med at træerne vokser, hvilket medfører ændringer i miljøet.

2.3.5.2 Evalueringsmuligheder

Fra et naturbeskyttelsessynspunkt bør nye arealanvendelsessystemer løse problemer i arealanvendelsen. Dog kan plantning af træerækker på græsarealer forårsage forstyrrelse eller forskydning af den eksisterende fauna, fordi levesteder skæres op. På den anden side, på intensivt forvaltet landbrugsjord, kan en AFS forbedre levevilkårene for mange arter gennem sine strukturelle elementer.

(Reeg et al., 2009b)

Et områdes økologiske begyndelsesstatus bør danne grundlag for vurdering af en AFS, for kun hvis biotopværdien stiger eller ikke falder, er disse af interesse for naturbeskyttelsen. Synergieffekter mellem naturbeskyttelse og arealanvendelse er mulige til enhver tid. Til biologisk bekæmpelse af skadedyr, for eksempel, har gavnlige insekter brug for mere komplekse levesteder end skadedyr (Keller og Häni, 2000).

Til en kvalitativ naturbeskyttelsesvurdering skal der tages hensyn til de enkelte artsgruppers lokale risikosituation. (Reeg et al., 2009b)

2.3.6 Paulownia-Agroforstsysteme i Kina

Siden 1950'erne og intensiveret i 1960'erne er der etableret et system af grønne bæltter i Huanghe- og Huaihe-floddalene i Kina. Det har til formål at reducere skader fra sandstorme, tørke, kraftig monsunregn og vinterfrost, samtidig med at den lokale befolknings behov for tømmer og brænde dækkes.

Træarter som poppel, elm og selvfølgelig paulownia blev brugt hyppigst til dette formål. Disse beskyttelsesstriber varierer i deres udstrækning (maskestørrelse) mellem 6 og 17 hektar og dækkede allerede i midten af 1980'erne et landbrugsareal på omkring 8,7 millioner hektar. (Zhu et al., 1986)

2.3.6.1 Generelle former for blandinger

Da paulownia er en let træart, har forfatterne Zhu et al. (1986) fra en Blanding med en anden træart, der også er hurtigtvoksende, såsom *Populus tomentosa*, *Salix*, *Ulmus*, *Robinia*, *Ailanthus altissima* (gudetræ), *Camptotheca acuminata* (kinesisk lykketræ) og *Pterocarya stenoptera* (vinget valnød).

En kombination af Paulownia med fødeplanter (intercropping) virker derimod fornuftig. En plantetæthed på 5 x 10 m (200 træer pr. ha) bør opretholdes, og den første udtynding bør finde sted efter 6 - 7 år. Hvis rækkerne er arrangeret i øst-vestlig retning, mindskes påvirkningen af fødeplanternes skygge ved trætoppene.

Meget gode resultater er også opnået med en kombination af Paulownia og *Pylostachy pubescens* (bambus). På grund af bambusens skyggetolerance og dens mere lavvandede rodsystem trives den meget godt, og den udvikler sig endda forholdsvis hurtigere end mono bambuskulturer.

Andre blandinger, der ofte dyrkes i Kina, ville være mulige, for eksempel med: *Fraxinus chinensis*, *Morus sp.* (morbær), *Poncirus trifoliata* (bitter appelsin), *Trachycarpus fortunei* (kinesisk hampepalme) og *Lonicera japonica* (japansk kaprifolie).

Urter af kinesisk medicin er også plantet under Paulownia, som f.eks *Paeonia spp.* (Pæon), Cobra Lily (*Arisaema heterophyllum*), *Codonopsis pilosula* (Dang Shen, Dune Flange), *Ophiopogon japonicus* (japansk snegl), *Chrysanthemum*, *Mentha piperita* og *Ligusticum wallichii* (Szechuan hummer). (Zhu et al., 1986)

2.3.6.2 Miskulturer

I 1980'erne blev omkring 1,5 millioner hektar landbrugsjord blandet med P.-arter dyrket i Kina. Dette forbedrede beviseligt mikroklimaet på jorden, reducerede skaderne forårsaget af naturkatastrofer (tørke, storme) og forbedrede bøndernes forsyning og indkomst gennem indtægterne fra træet eller brug som brænde.

Ifølge Zhu et al. (1986) skelner mellem tre dyrkningsvarianter baseret på Paulownia-planteklasserne og forvaltningen af markagrøderne afledt heraf, hvorved omdriften i høsten af træerne altid er 10 år.

2.3.6.2.1 Primær logning

Hvis produktion af træ er det primære mål, og dyrkning af afgrøder kun er tilfældig, så kan der vælges en planteklynge på 5 x 5 m eller 5 x 10 m, hvilket svarer til mellem 200 - 400 træer pr.

Undersøgelser har vist, at i de første tre år udvikler afgrøderne sig ganske normalt og lider ikke tab af udbytte pr. arealenhed på grund af plantningen af træerne.

Efter 4-6 år er der stadig ingen effekt med sommerafgrøder, men udbyttet med efterårsafgrøder er væsentligt reduceret.

Efter 6 - 10 år kan omkring 80 % af det udbytte, der ellers genereres under udendørs forhold, opnås til både sommer- og efterårsafgrøder. Vedvolumenet af Paulownia-træerne, der er vokset efter 10 år, er i gennemsnit 80 – 140 m³/ha.

2.3.6.2.2 træ og afgrøder

Hvis dyrkning af træ og afgrøder tvinges i lige dele, så skal der vælges en større planteklynge til træerne i intervallet mellem 5 x 5 til 15 m, hvilket svarer til et antal på 80 - 133 træer/ha.

I de første 5 år efter plantning øges afgrødeudbyttet i forhold til udendørs dyrkning.

Mellem 5. og 10. år stiger udbyttet af sommerafgrøder i forhold til efterårsafgrødernes efterår. Over hele perioden på 10 år er udbyttet af afgrøderne forblevet det samme, og stigningen i træmasse er 36 - 53 m³/ha.

2.3.6.2.3 Primær afgrødedyrkning I den

mest almindelige dyrkningsvariant er der fokus på de miljømæssige fordele ved at blande med træer, og trægevinsten er sekundær. Dette resulterer i planteklynger på 5 x 30 til 50 m, hvilket igen svarer til 40 - 67 træer/ha. Denne variant anvendes af Zhu et al. (1986) meget detaljeret, og de udleder følgende resultater fra en lang række undersøgelser: Slægten Paulownia har meget dybe rødder og omkring 76 % af dens rodmasse findes i en dybde på 40 - 100 cm og kun omkring 12 % i jorddybden, som er vigtig for markafgrøder, er mellem 0 – 40 cm. Som følge heraf er der ringe vand- og næringsstoffkonkurrence mellem træarterne og afgrøderne.

Når træer vokser, falder andelen af stråling, der falder gennem kronen til jorden. I en alder af 7 - 8 år passerer omkring 40 - 50% af den udendørs stråling gennem kronen. Selv med en fuldt udviklet og fuldt bladet krone kommer omkring 20-40 % af lyset stadig igennem kronen, hvilket er forholdsvis omkring 20 % højere end hos *Populus tomentosa* og 38 % højere end hos *Robinia pseudoacacia*.

Paulownia spirer meget sent i vækstsæsonen og beholder sine blade meget lang, hvilket i første omgang er gavnligt til dyrkning af sommerafgrøder og senere kan beskytte selv efterårsafgrøder mod frostskafer.

Fra et økonomisk perspektiv skaber den kombinerede forvaltning af træer og afgrøder, fx gennem gødsning, bedre vækstbetingelser for Paulownia, hvilket kan måles ved øget diameter og trævækst sammenlignet med plantagetræer. Derudover producerer en Paulownia mellem 8 og 10 år omkring 100 kg frisk bladmateriale årligt, hvilket svarer til omkring 28 kg tørt materiale og kan bruges som dyrefoder eller gødning til markerne. Med en rotation på 10 år byder et træ ikke kun på cirka 0,4 - 0,5 m³ stammeved i gennemsnit, men også 350 - 400 kg grenmateriale, som lokalbefolkningen kan bruge som brænde. (Zhu et al., 1986)

Kapitel III

3. Mark- og drivhusforsøg

3.1 Metode

3.1.1 Generel metode

3.1.1.1 Litteraturforskning

Den her anvendte litteratur, især i kapitel I og II, har til formål at give et overblik og ved hjælp af eksperimenterne i kapitel III at udvide viden inden for fagområdet (Boote og Beile, 2005; Cook et al., 1997).

En stor del af den historiske såvel som aktuelle ikke-europæiske litteratur om dette emne er kun utilstrækkeligt tilgængelig i form af engelsksprogede abstracts eller resuméer tilgængelige. Det er svært at vurdere, hvor meget litteratur eller kilder, der udelukkende er skrevet på kinesisk (mandarin, standardkinesisk) eller japansk og derfor kun i begrænset omfang eller slet ikke er tilgængelige fra den vestlige halvkugle.

Antallet af vestlige litteraturkilder er dog steget markant i de sidste 40 år, hvilket afspejler den øgede trang til at forske i denne træart i forskellige lande (1.1.1.4.1 genintroduktion på det amerikanske kontinent).

De anvendte kilder kommer fra forskellige samlinger og elektroniske Databaser og biblioteker, såsom Forestry Compendium fra CABI.org. Kun følgende blev brugt som søgemaskiner: Ecosia, DuckduckGo, Google og især GoogleScholar. Hjemmesiderne for forskellige virksomheder såsom WeGrow (2020) eller Cathaia (2020) blev også tilgået og tilstrækkeligt citeret fra dem.

3.1.1.2 Datagrundlag

Dataindsamling danner generelt grundlag for efterfølgende statistisk analyse (Bourier, 2013). Afhængig af forsøget eller

Undersøgelsen er udført på forskellige tidspunkter og ved brug af forskellige måleinstrumenter. Målene var forsynet med et tidsstempel og alle data blev gemt i Excel-tabeller og gemt som såkaldte "originaltabeller" og digitalt vedhæftet dette manuskript.

De generelt tilgængelige data fra klimaarkivet blev brugt til at evaluere klimadata. Dette arkiv leveres af Forbundsrepublikken Tysklands civile meteorologiske tjeneste, Deutscher Wetterdienst (DWD). Den har et nationalt, relativt tæt netværk af meteorologiske måleører, og de data, der til enhver tid er tilgængelige, betyder, at de evalueringer, der er foretaget i dette arbejde, til enhver tid kan kontrolleres.

3.1.1.3 Statistisk evaluering

Udover en målrettet dataevaluering for at besvare det respektive spørgsmål, blev der igen og igen valgt en eksplorativ tilgang med håbet om at få lidt mere information og sammenhænge ud af dataene. Dette afslørede dog også hurtigt grænserne og mulighederne for de indsamlede data, som desværre ikke altid var tilstrækkelige til enhver ønsket evaluering.

Hvis der henvises til resultaterne af bachelor- og kandidatafhandlingen, nævnes dette særskilt og kilden angives. Ellers er alle præsenterede resultater selvberegnet på baggrund af de tilgængelige data, og deres præsentation og konklusioner skal betragtes som fuldstændig uafhængige af det respektive speciale.

Regnearksprogrammet MS Excel fra Microsoft, version 14.0 (Excel2011) blev brugt til at indsamle, registrere og opbevare alle data.

Datapakkerne fra Deutscher Wetterdienst blev behandlet ved hjælp af denne software for lettere tilgængelighed og kompatibilitet, og både grafik og tabeller blev oprettet med den.

En privat licens til den statistiske software IBM SPSS Statistics, version 19, blev brugt til yderligere databehandling og analyse.

Alle datasæt blev tidligere kontrolleret for normalfordeling. Dette blev gjort både visuelt ved hjælp af histogrammer og normalfordelingskurver og ved hjælp af QQ-diagrammer eller trendjusterede QQ-diagrammer, såvel som matematisk ved at kontrollere skævheden og kurtosis (værdier tæt på nul), og ved hjælp af Kolmogorov-Smirnov-tests og Shapiro-Wilk tests (Verifikation af signifikans). En maksimal sandsynlighed for fejl (signifikansniveau) på 0,05 blev fastsat på forhånd for alle anvendte statistiske test.

Med hensyn til drivhusforsøgene blev data sorteret efter de resultater, der skulle præsenteres, og om nødvendigt blev planter, der var knækket eller svigtet i vækstprocessen, kun statistisk set op til den pågældende begivenhed. Som følge heraf ændres stikprøvestørrelsen i løbet af observationsperioden og i den respektive præsentation af resultater.

3.1.2 Feltforsøg

3.1.2.1 Oversigt

I maj 2015 blev der oprettet tre testområder i delstaterne Brandenburg, Niedersachsen og Slesvig-Holsten (fig. 11). Områderne blev udvalgt på en sådan måde, at det bredest mulige spektrum af forskellige jordbund og klimatiske forhold kunne repræsenteres.

Placeringen af Brandenburg-testområdet (herefter benævnt Brandenburg (BB)) er karakteriseret ved pleistocæn sand (tabel 6), og der hersker et tørt kontinentalt klima.

Testområdet på øen Föhr i Nordsøen er dannet af sumpjord og et fugtigt, atlantisk klima med forholdsvis høje mængder nedbør.

På testområdet i Göttingen (herefter kun benævnt Göttingen (Gö)) er der et ret atlantisk/kontinentalt overgangsklima og med lavvandet kalksten som geologisk moderbjergart.

På alle tre prøvefelter

samtidig arterne: *P. elongata*, *P. fortunei*, *P. tomentosa*, plantet i lige mange. Da arealet i Brandenburg er dobbelt så stort som på Föhr og i Göttingen, er antallet af planter her og dermed også

prøvestørrelsen kan fordobles. Alle udendørs dyrket P.-

Planter kommer fra en planteskole, der er

specialiseret i slægten *Paulownia* (Cathaia, 2020).

Planterne blev dyrket der fra frø i foråret 2015 og købt til forsøget og leveret til Göttingen, hvorfra de blev spredt på forsøgsarealerne



Fig. 11: Placeringer af testområderne, kilde: egen repræsentation baseret på Google Maps.

blev til.

3.1.2.1.1 Forsøgets mål

I disse forsøg, der varede flere år, skulle vækstreaktionerne for de tre P. arter observeres under centraleuropæiske klimatiske forhold. Forudsætningerne bør kontrolleres for, om de klimatiske og stedlige forhold påvirker planternes vækstadfærd og længdevæksten. Desuden var

opdelt planterne i fire forskellige behandlingstyper for at kontrollere, om jordtilsætningsstoffer som Geohumus eller mykorrhisering havde betydning for væksten i længden og

Endvidere måtte det antages, at

Forskelle i vækstforløbet i

sammenligning med artens naturlige udbredelsesområde.

Artstypiske forskelle i vækst vil også udvikle sig og stige fra vækstsæson til vækstsæson.



Fig. 12: Paulownia-plante omgivet af ledsagende vækst på teststedet i Göttingen.

3.1.2.2 Prøveområdernes opbygning

Alle testområderne blev sat op og beplantet inden for få dage i maj 2015 i følgende rækkefølge – først i Göttingen, derefter i Brandenburg og til sidst i Föhr (fig. 13).

Arealerne i Göttingen og Föhr måler hver 20 x 50 m og er derfor 1.000 kvadratmeter store. På 2.000 kvadratmeter har Brandenburgs testområde dobbelt størrelse og dobbelt så mange parceller og planter.

Alle områder var indhegnet med et 1,8 m højt standard skovhegn (knudemaske 180/16/15) for at beskytte mod dyreliv og menneskelig indblanding.

3.1.2.2.1 Klargøring og beplantning .



Forsøgsområderne i Göttingen og på Föhr er enge med lukkede græstørv. En fuldstændig væltning blev undgået, i stedet blev plantehullerne gravet ud over et stort område, for eksempel for at forhindre konkurrence fra rodtryk eller medfølgende vækst i hvert fald i starten.

Brandenburg-området var året før blevet dyrket som agerland med rug og vinterbyg, så der skulle heller ikke her foretages yderligere jordforberedelser.

Beplantningen i rækkeformatet er udført professionelt af en uddannet og instrueret skovfoged. Der blev gennemført regelmæssige dyrkningsplejeforanstaltninger på alle arealer over hele observationsperioden for at minimere den mulige påvirkning af ledsagende vækst (fig. 12). på



3.1.2.2.2 Design af testområde

I alt 24 Paulownia-parceller blev plantet i rækker pr. testområde (det dobbelte antal i Brandenburg). Disse var på forhånd opdelt i følgende fire behandlingsgrupper:

N = ubehandlet (nul overflade) uden
tilsætningsstoffer af jordtilsætningsstoffer,
G = Geohumus, tilsæt 100 ml
Geohumus granulat i plantehullet

M = mykorrhiza, tilsæt 100 ml
Mykorrhizakoncentrat

GM = tilsætning af 100 ml Geohumus
granulat og 100 ml
mykorrhizasvampekonzentrat.



Fig. 13: Vonu trådløse vejrstationer på Brandenburg, Föhrer og Göttingen testområder.

For at undgå systematiske fejl blev plottene fordelt tilfældigt over arealet (fig. 51). Hvert parcel er plantet af fire planter af samme træart dannet, som blev plantet i grupper på 2 x 2 m og behandlet på nøjagtig samme måde. Planterne på en grund har altid en minimumsafstand på 2 m til naboplanterne.

Disse parceller kunne plantes to gange på Föhr og i Göttingen og fire gange i Brandenburg.

3.1.2.2.3 jordtilsætningsstoffer

Det granulerede substrat Geohumus har en størrelse på 0,5 - 7 mm og har både kvældende og krympende egenskaber. Når det kommer i kontakt med vand, reagerer granulatet som en svamp og frigiver vandet jævnt under krympningsprocessen. Navnet Geohumus er et ikke-beskyttet udtryk valgt af producenten som produkt navn ("Datablad geohumus.pdf," nd) (fig. 49).

Ifølge producenten øger jordtilsætningsstoffet jordens og substraternes vandholdende kapacitet, idet svulmen og krympningen af granulatet forbedrer lufttilførslen til rødderne.

Doseringen er 10 ml granulat pr. liter jordvolumen, som er tilpasset størrelsen på plantehullerne. Substratet er sammensat af pulveriseret lavasten, lerminerale, bentonit og sand samt: 5,8% magnesiumoxid (MgO)

2,8 % total calciumoxid (CaO)

1 % total nitrogen (N)

0,72 % total kaliumoxid (K₂O)

0,42% totalt fosfat (P₂O₅)

Den indeholder et vandopløseligt polyacrylat (en polymer fremstillet af estere af akrylsyre), som fungerer som en superabsorber (fig. 14).

Vandoptagelsesevnen svarer til 40 ml pr. gram Geohumus, når det svulmer frit, hvor mere end 95 % af vandet er tilgængeligt for planter. Med et plantehul på 10 liter jordvolumen, som er beriget med 100 ml granulat, skulle det svare til en ekstra vandopbevaringskapacitet på op til 4 liter vand.

Producenten lover på sin hjemmeside, at planterne skal vandes op til 30 % mindre end normalt ved at bruge granulatet (Geohumus, 2020).

Som undersøgelser af Mehrotra et al. (1998) har vist, at P.-planter kunstigt inficeret med endomycorrhiza øges i højde, diameter og dermed biomassevækst. Denne symbiose siges også at øge overlevelsesraten for frøplanter (Moreotra, 1996).



Fig. 14: Geohumus granulat, modificeret fra Büker (2015).



Fig. 15: Mykorrhizasvamp-Koncentrat, modificeret fra Büker (2015).

For at kunne kontrollere disse resultater blev der udarbejdet en behandlingsgruppe med et mykorrhizasvampekonzentrat fra BioMyc™-Environment GmbH (fig. 15).

Den består af ca 2 - 4 mm store kugler af ekspanderet ler, som er blevet podet med svampesporer af slægten Glomus (rækkefølge: åg trøffelagtig = Glomerales, klasse: arbuskulære mykorrhizasvampe). Ifølge producentens oplysninger anbefales en dosering på 10 ml koncentrat pr. liter jordsubstrat, som blev fulgt.

3.1.2.2.4 Registrering af de klimatiske forhold

For at registrere det lokale klima blev hvert testområde udstyret med en "Vantage Pro2" trådløs vejrstation. Dette omfatter jordfugtighedssensorer, generelle temperatursonder og blad-/jordfugtighed –

Sender.

Disse vejrstationer viste dog en høj modtagelighed for fejl og det hyppige tab af data, hvilket kun kunne kompenseres for utilstrækkeligt.

Således blev kun de frit tilgængelige klimadata fra den tyske vejrteneste brugt til yderligere evaluering af klimaforholdene. Fordelen ved dette er, at det forenkler sammenligneligheden af klimatiske forhold, da standardiserede data er tilgængelige.

De vejrstationer for DWD, der er relevante for evalueringen, er Genthin i Sachsen-Anhalt (stationsnummer: 1605), Göttingen i Niedersachsen (SN: 1691) og List on Sild i Schleswig-Holstein (SN: 3032), da de er alle geografisk tættest på af det respektive testområde.

3.1.3 Drivhusforsøg

3.1.3.1 Oversigt

På baggrund af de første erfaringer fra feltforsøgene og for at supplere spørgsmålene blev der i foråret 2016 designet et drivhusforsøg på Georg August Universitetet i Göttingen, Fakultet for Skovvidenskab og Skovøkologi, Institut for Skovbrug og Skovøkologi i det tempererede. Zoner.

Vækstadfærden for de tre *P.* arter: *P.elongata*, *P.fortunei* og *P.tomentosa* bør observeres ved forskellige niveauer af skygge og vanding. Til dette formål blev der udtaget prøver af i alt 540 *P.*-planter, fordelt på 3 arter, 3 vand- og 3 lysniveauer i løbet af to vækstsæsoner.

3.1.3.1.1 Forsøgets mål

Forudsætningerne bør kontrolleres om længdevæksten stiger med en reduktion i lyset, væksten i diameter falder og der samtidig dannes mindre biomasse. Endvidere skulle det antages, at en reduktion i vandforsyningen ville medføre en reduktion i lineær vækst, diameter og biomasse.

P. arten ville efter al sandsynlighed være anderledes på de forskellige

Behandlingstyper og niveauer reagerer, og disse forskelle vil stige fra den første til den anden vækstsæson.

3.1.3.2 Opbygning af drivhusforsøgene

Forsøgenes periode forlængede

fra april 2016 til oktober 2017. En overdækket, fuldt glaseret, men udadtil åben drivhusafdeling af Göttingen Universitet blev brugt til implementeringen. På den måde kunne de naturlige vejrforhold som temperatur, luftfugtighed og total solstråling uhindret nå planterne.

Enhver påvirkning af nedbør blev udelukket, og i stedet blev der gennemført en kontrolleret vandforsyning.

Artsrenhed kan garanteres for alle P.-planter brugt i forsøget, da de kommer fra en planteskole specialiseret i slægten *Paulownia* (Cathaia, 2020). Planterne blev dyrket der af frø i foråret 2016 og købt til forsøget.

Efter afslutningen af den første vegetationsperiode blev den overjordiske stængelbiomasse høstet, og planterne blev sat på pinden. På den ene side er denne metode almindelig ved dyrkning af planterne i form af kortrotationsplantager (Zhu et al., 1991).

og på den anden side muliggør dette yderligere opnåelse af videnskabelige data vedrørende den første vækstsæson.

Udendørs bør planterne etablere sig på stedet det første år. det op

plantning af stokken før starten af den anden vækstsæson giver mulighed for fremkomsten af et nyt terminalskud, som ifølge Stimm et al. (2013) udviklede sig stærkere og mere ligetil.

3.1.3.2.1 plantning

Planterne blev leveret i beholdere og, med rodklumpen dækket af planteskolejorden, transplanteret til et ensartet substrat (standardjord, EUROHUM). Alle gryder måler 13,7 x 13,7 x 23 cm og har en bundvolumen på 3 liter.

For at kompensere for tabet af næringsstoffer i jordsubstratet fra den første vegetationsperiode blev alle planter i begyndelsen af andet år gødet med den samme mængde GEPAC LZD langtidsgødning fra Gebr. Patzer GmbH & Co KG.

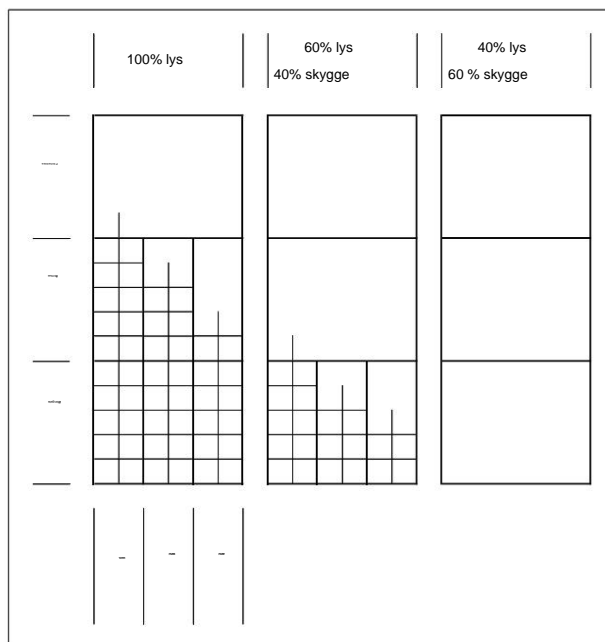


Fig. 16: Skematisk struktur af plantetabellerne, Underinddeling i 3 P. arter (*P.elongata*, *P.fortunei*, *P.tomentosa*), 3 lysniveauer (100%, 60%, 40%) og 3 vandniveauer (100%, 60%, 40%).

3.1.3.2.2 Behandlingstyper Til den

grundlæggende opsætning af forsøget blev 270 planter arrangeret jævnt på 3 borde i rækker af 6 x 15 potter. Der er altid 30 planter af samme P.-art (*P.elongata*, *P.fortunei*, *P.tomentosa*) på hvert bord, hvilket giver op til 90 planter pr. bord.

Desuden var alle planter opdelt i tre forskellige typer vanding og skygge, hvor gradueringerne altid var fra 100 % til 60 % til 40 %. Hver tabel svarer til et eksponeringsniveau, men alle tre vandingsniveauer bruges altid pr. bord. Som følge heraf blev 10 planter af en art pr. bord udsat for samme vandingsniveau (fig. 16).

For at øge stikprøvestørrelsen og undgå skematiske fejl blev antallet af tabeller fordoblet til 6 og antallet af planter øget til 540.

I alt 20 planter blev således altid udsat for en og samme behandlingsvariant med i alt 27 forskellige behandlingsvarianter (3 plantetyper x 3 lysniveauer x 3 vandstande).

3.1.3.2.3 vanding

Den samme vandingsplan blev brugt i begge vækstsæsoner. I den hvilende bevoksningsperiode sikrede regelmæssige kontroller, at jordsubstratet ikke tørrede ud og samtidig ikke blev for fugtigt til at forhindre, at plantestubbene døde.

Klassificeringen af vandingsniveauerne er baseret på de reelle nedbørsforhold i to forskellige vækstregioner i Tyskland.

100 % vandingsniveauet svarer til Rheinland-Pfalz-regionen, som ifølge Mosandl & Stimm (2015) er særdeles velegnet til P.-dyrkning på grund af sit vindyrkningsklima, da den både har høj årlig nedbør i vækstsæsonen og en varmt klima.

Til sammenligning svarer mængden af nedbør i delstaten Brandenburg til omkring 60 % af Rheinland-Pfalz værdien og ligger derfor på andenpladsen

anvendt vandingsniveau.

For yderligere at øge ekstremterne for P.-planterne og undersøge dem for eksempel for mulige konsekvenser af fremrykkende klimænderinger, blev det sidste vandingsniveau reduceret til 40 % af den årlige nedbør i Rheinland-Pfalz.

Den årlige nedbør¹⁷ var baseret på data fra den tyske vejrteneste

(DWD, 2020). Til dette formål blev den udendørs årlige nedbør fra 1981 til 2010 beregnet som gennemsnit, og værdien af millimeter pr. kvadratmeter blev til sidst omregnet til det faktiske overfladeareal i potten og til milliliter som volumen.

Faneblad 4: Vandmængder i de tre vandingsniveauer.

Måned	vandmængde i mm		
	100 %	60 %	40 %
april/maj	135	80	50
juni juli	150	90	60
august/september	145	85	55
Samlet mængde pr.	833	500	333

¹⁷ Nedbør angives i millimeter pr. kvadratmeter. For eksempel svarer 833 mm/a til en nedbør på 833 liter på et areal på en kvadratmeter i et helt år.

Variationen i nedbør i løbet af vegetationsperioden blev taget i betragtning og vandingsmængden justeret i overensstemmelse hermed (Tab. 4). For at undgå fejl og for at forenkle implementeringen af hældeprocessen blev værdierne afrundet til 5 ml.

Antallet af regnhændelser om måneden varierer også meget og blev til sidst fastsat til to vandinger om ugen, hvilket også bedst matcher markforholdene.

3.1.3.2.4 Skygge Skygge

blev opdelt i tre niveauer for at gøre det nemmere at sammenligne, ligesom med kunstvanding. Afgrænsningen mellem lysniveauerne blev realiseret ved hjælp af skyggenet, som man normalt bruger i træplanteskoler. Nettene var spændt ud over en tynd træramme, fastgjort til loftet i midten og omsluttende således bordene til alle sider.

Det første bord var ikke udstyret med net og har en lysværdi på 100%, hvilket er det samlede lys, der falder gennem drivhusets glastag.

svarer til solstråling. Ved det andet bord svarer lysværdien på 60 % til 40 % skygge og blev muliggjort af et relativt groft net (fig. 17).



Det tredje bord blev reduceret til en lysværdi på 40 % ved hjælp af et meget finmasket net, hvilket svarer til 60 % skygge.

Ved at fordoble antallet af borde og planter var der altid to i drivhuset

Borde med samme lys el

skyggeniveau.

Fig. 17: Opstilling af plantebordene i drivhuset; til venstre i forgrunden tabellen med 100% lys, efterfulgt af 60% lys og 40% lys tabellen og derefter gentaget igen.

3.1.3.3 Dataindsamling

Planternes længdevækst blev målt med en tommestok eller et målebånd til en halv centimeters afstand fra jorden til spidsen af endeskudet.

Planternes bladtal blev bestemt ved blot at tælle de stadig levende, uvisnede blade på planten.

Rodkravens diameter (WHD) blev bestemt med en elektronisk skydelære, cirka 5 cm over jordsubstratet med en nøjagtighed på 1/10 mm. Dette blev gjort i form af krydsklemning, da stænglerne på P.-planterne har en let oval vækstform.

De to målinger blev taget vinkelret på hinanden og blev derefter gennemsnittet. Generelt blev plantediameteren i slutningen af vegetationsperioden målt i højder på 5, 10, 20 cm og derefter med intervaller på 20 cm.

fortsatte med at blive optaget indtil slutningen af terminaldrevet.

Efter afslutningen af vegetationsperioden blev hele den overjordiske biomasse, med undtagelse af de nedfaldne blade, høstet eller placeret på stilken cirka en centimeter over rodkravens diameter (WHD) (Röhle, 2013).

(Abb. 18).

Plantematerialet var

papirposer typisk for et laboratorium og behandlet i et tørreskab ved 105 °C i to dage.

Vægten blev derefter bestemt med en nøjagtighed på 10-3 g for at undgå mulige luftbevægelser i en vægkasse.



Fig. 18: Planteborde i drivhuset - høstet.

I slutningen af den anden vækstsæson blev der gennemført en fuldstændig undersøgelse af alle levende blade. Dette skete før planterne naturligt fældede deres blade. Derved blev længden, bredden og stilken på hvert blad bestemt måle.

Længden blev målt fra spidsen af bladet til bunden af stilken ved hjælp af et målebånd. En imaginær vandret linje blev placeret i midten af arket, og arkets bredde blev registreret på det.

En prøve på 60 blade blev derefter høstet og scannet. Overfladearealet af de scannede blade blev bestemt med billedredigerings- og billedbehandlingsprogrammet "ImageJ". Baseret på disse data blev der udført adskillige regressionsanalyser, som viser, at bladdiameter er direkte relateret til bladareal.

3.1.3.3.1 sensorer

For at kontrollere de klimatiske forhold for planterne i drivhuset var bordene udstyret med målesensorer.

Tre HOBO Micro Station dataloggere blev brugt til dette. Du skal se dataene for

- lys (fotosyntese) sensorer (PAR-stråling), -
- jordfugtighedssensorer (jordvandsindhold), -
- jordtemperatursensorer og - temperatur-/fugtighedssensorer.

Holdbarheden af dataloggerne viste sig at være utilfredsstillende, og utilstrækkelige data kunne registreres på grund af deres mange fejl.

Drivhusplanterne blev løbende udsat for de normale klimatiske forhold i det åbne land, og kun påvirkning af naturlig nedbør blev undgået. Den nøjagtige mængde vand til kunstvanding blev også registreret hele tiden.

Af denne grund vil data fra loggerne ikke blive brugt i det videre forløb, og der vil kun blive henvist til frit tilgængelige vejrdata fra den tyske vejrtjeneste (DWD, 2020).

3.2 Resultater

Planternes vækstfase er særlig kritisk for enhver kulturvirksomhed. Planterne skal overvinde det såkaldte plantechok og udvikle jorden med deres rødder, så de hurtigst muligt trænger ind i de dybere, vådere jordlag. I de senere år er denne kritiske fase blevet endnu mere akut på grund af den stadig hyppigere forekomst af sæsonbetingede tørkehændelser.

De to testgrupper i marken og i drivhuset svarer på forskellige og komplementære spørgsmål om dette problem. Frem for alt kan de naturlige økologiske forhold, der bestemmer denne vækstfase, undersøges meget godt i marken. I denne henseende er dette afsnit indledt.

3.2.1 Til udendørs dyrkning

En lang række faktorer er afgørende for vækstsuccesen, som f.eks. Træarter, deres herkomst, plantematerialet og planternes tilstand eller deres transport og opbevaring, for blot at nævne nogle få. Vejrforholdene på det tidspunkt, hvor afgrøden blev etableret og i ugerne eller månederne derefter, er dog særligt vigtige.

I det følgende sammenlignes de tre forskellige arter af slægten Paulownia (*P.elongata*, *P.fortunei* og *P.tomentosa*). Selve plantematerialet kommer fra en planteskole, der er specialiseret i denne træart (Cathaia, 2020) og var derfor meget homogen og viste derfor ingen større variationer. Selve plantningen med en perforeret spade blev udført identisk for alle varianter af en uddannet skovfoged. I den grad kom variabelen økologisk

Rammeforhold, bestående af vejr, jordbundsforhold og her i særdeleshed den brugbare vandkapacitet, er af største betydning for beplantningens succes til.

3.2.1.1 Udendørs fejlrate

Årtiet fra 2010 til 2020 var det varmeste på verdensplan, siden vejrrekorder begyndte, som er blevet udført ensartet i Tyskland siden 1881. Fordelingen af nedbør har også ændret sig og afveg lokalt meget fra langtidsgennemsnittet.

I det følgende gennemgås nedbørs- og temperaturdata for årene 2015 til 2017 på testområderne i Brandenburg og det sydlige Niedersachsen (Göttingen). Referenceperioden fra 1981 til 2010 blev medtaget som referenceværdi.

Inden for de observerede vegetationsperioder var der store udsving i temperatur (98-106%) og årlig nedbør (74-141%) omkring langtidsmiddelværdien (Tab. 5). I de fleste tilfælde kunne der observeres en forårstørke, som lå mellem 53 - 72 % af den normale nedbør, der kunne forventes.

Denne tørke blev derefter erstattet af individuelle, men kraftigt regnede måneder midt i vækstsæsonen, med nedbør på mellem 120 - 218 % i forhold til referenceperioden.

Foråret 2016 var kun en undtagelse i Brandenburg, hvor det regnede 21 % mere end langtidsgennemsnittet ellers ville have været. Dette blev dog efterfulgt af en meget tør sommer med kun 50 % af den forventede nedbør.

Faneblad 5: Sammenligning af den månedlige temperatur- og nedbørsudvikling fra 2015 til 2017 på testområderne i Brandenburg (BB) og Göttingen (Gö) med langtidsgennemsnittet for årene 1981 - 2010. Kilde: Egen repræsentation baseret på DWD Data.

	månedlige gennemsnit												vækstsæson i %									
	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dec	Apr-Maj	Jun-Aug	Sep-Okt	å						
for BB																						
1981-2010	1	1	5	9	14	17	19	18	14	9			5	1	9,4	100	100	100	100			
2015	3		1	6	9	12	16	19	21	13			8	8	7	10,3	93	104	89	98		
2016	0	4	4	8	15	19	20	18	17				9	3	3	10,0	102	106	111	106		
2017	-1		2	7	8	15	18	18	18	14	12		6	4	10,1	102	101	111	103			
for Go																						
1981-2010	1	1	5	9	13	16	18	18	14	10			5	2	9,2	100	100	100	100			
2015	3		2	5	8	12	15	19	20	13			9	8	8	10,1	94	106	93	100		
2016	2	4	4	8	14	17	19	18	17	20	17	-2	9	4	3	9,9	14	17	102	106	111	106
2017			3	8	18	18	13	12	4	9,8					6				99	104	107	104
for BB																						
1981-2010	39	32	39	28	57	57	59	60	50	36	43	46	54	6		100	100	100	100			
2015	55	14	28	21	31	38	91	109	50	59	69	27	59	2		62	135	126	115			
2016	34	44	27	20	83	36	29	23	24	44	26	33	42	2		121	50	79	74			
2017	34	43	42	16	35	115	97	41	26	63	59	40	61	2		60	144	104	113			
for Go																						
1981-2010	52	39	52	41	65	66	66	58	56	46	54	56	65	1		100	100	100	100			
2015	43	22	58	47	30	23	91	114	46	37	95	21	62	1		72	120	82	97			
2016	42	47	32	28	41	113	42	41	35	72	34	16	54	1		66	103	105	94			
2017	33	35	35	27	29	125	202	87	41	49	66	49	77	1		53	218	87	141			

Disse kraftige klimaudsving har haft en negativ indvirkning på overlevelsesraten for de unge planter i deres kritiske vækstfase og forklarer de høje fejlratene nedenfor.

Alle P. planter er plantet i maj 2015. I slutningen af den første vækstsæson blev de transplanteret, som det anbefales for denne art, hvorfor væksten for 2016 er helt ny vækst.

Fejlraten blev bestemt ved at tælle alle de planter, der spirede igen i begyndelsen af næste vegetationsperiode, altså året efter.

Forskellige antal planter gik tabt i observationsårene, idet fordelingen var meget forskellig mellem vegetationsperioderne og de to teststeder.¹⁸

¹⁸ Testområdet på Nordsøen Föhr stod under vand i flere uger midt i vækstsæsonen 2015, fordi de grøfter, der skulle lade regnvandet løbe af, ikke blev ryddet af den ansvarlige kommune som planlagt. P.-planter tåler vandledning meget dårligt og dør efter blot tre dage.

I begyndelsen af 2016 kunne der ikke findes flere planter. Föhrer-forsøgsområdet måtte opgives før tid og tages derfor ikke med i den videre præsentation af resultaterne.

3.2.1.2 Vejrforhold på testområderne

De høje fejlprocenter på testparcellerne er en konsekvens af de ugunstige vejrforhold for *P.* planterne.

Udløst af de lave nedbørsniveauer i foråret 2015 var fejlraten i Brandenburg med kun 62 % næsten dobbelt så høj på alle anlæg sammenlignet med Göttingen med 72 % nedbør. En lignende effekt, kun vendt med hensyn til placeringerne, kan observeres igen for foråret 2017 med næsten 60 % nedbør i Brandenburg og kun 53 % i Göttingen. Hvilket forklarer den særligt høje fejlrate i Göttingen i denne vækstsæson.

Hvis foråret som følge heraf viser sig at være omkring 30 % tørrere end langtidsgennemsnittet, kan der observeres en fejlrate for *P.*-planter i intervallet 20 – 30 % (fig. 19).

Hvis foråret derimod viser sig at være 40 % tørrere end normalt, svinger det

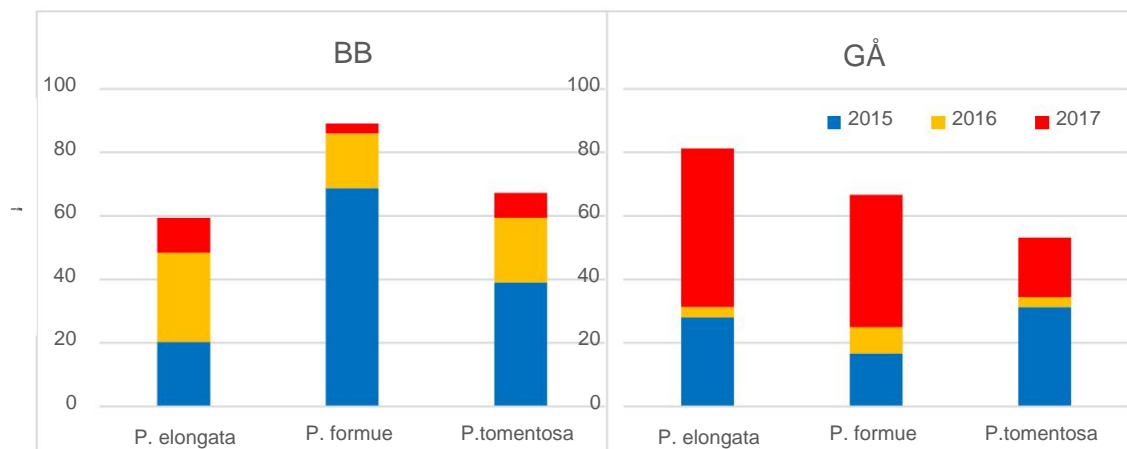


Fig. 19: Samlet tabsrate for træarter (i %) på testpladserne i Brandenburg (BB) og Göttingen (GÖ), opdelt i vegetationsperioderne fra 2015 til 2017.

Fejlprocent afhængig af *P.* arten omkring 20 - 70%.

Træarten *P. elongata* ser ud til at overleve den indledende tørke i 2015 i Brandenburg bedst. I summen af begge lokationer er *P. fortunei* at registrere de største tab over alle tre vækstsæsoner. I modsætning hertil ser *P. tomentosa* ud til at være den mest robuste i denne *henseende*.

Selv en forholdsvis regnfuld sommer, i månederne juni til august, som den herskede i årene 2015 og 2017 på begge teststeder med værdier på 120 - 218 %, kommer for sent for mange *P.* planter og kan tørke og de tilhørende udviklingsforsinkelser i de første måneder af vegetationen. Også her henvises til det meget tørre forår 2017 i Göttingen, hvor den samlede nedbør i vækstsæsonen udgør over 140 % af den sædvanlige værdi. Denne nedbør

men koncentrerede sig udelukkende om sommermånederne fra juni til august og kunne ikke længere udnyttes optimalt af *P.*-planterne.

Både forårs- og sommertørkene blev forværret af den for det meste lave vandoplagringskapacitet i jorden på forsøgsarealerne. Jordenes tilstand er opsummeret i en oversigtstabel for lettere sammenlignelighed (Tab. 6).

Forsøgsområdet i Brandenburg er en tidligere markplads med brunjords-podsol lavet af næringsfattigt sand med lav vandlagringskapacitet, og i Göttingen er det et antropologisk (tidligere lagerområde for byggebrokker) stærkt belastet rendzina lavet af kalksten afvekslende med lavvandet. brun jord.

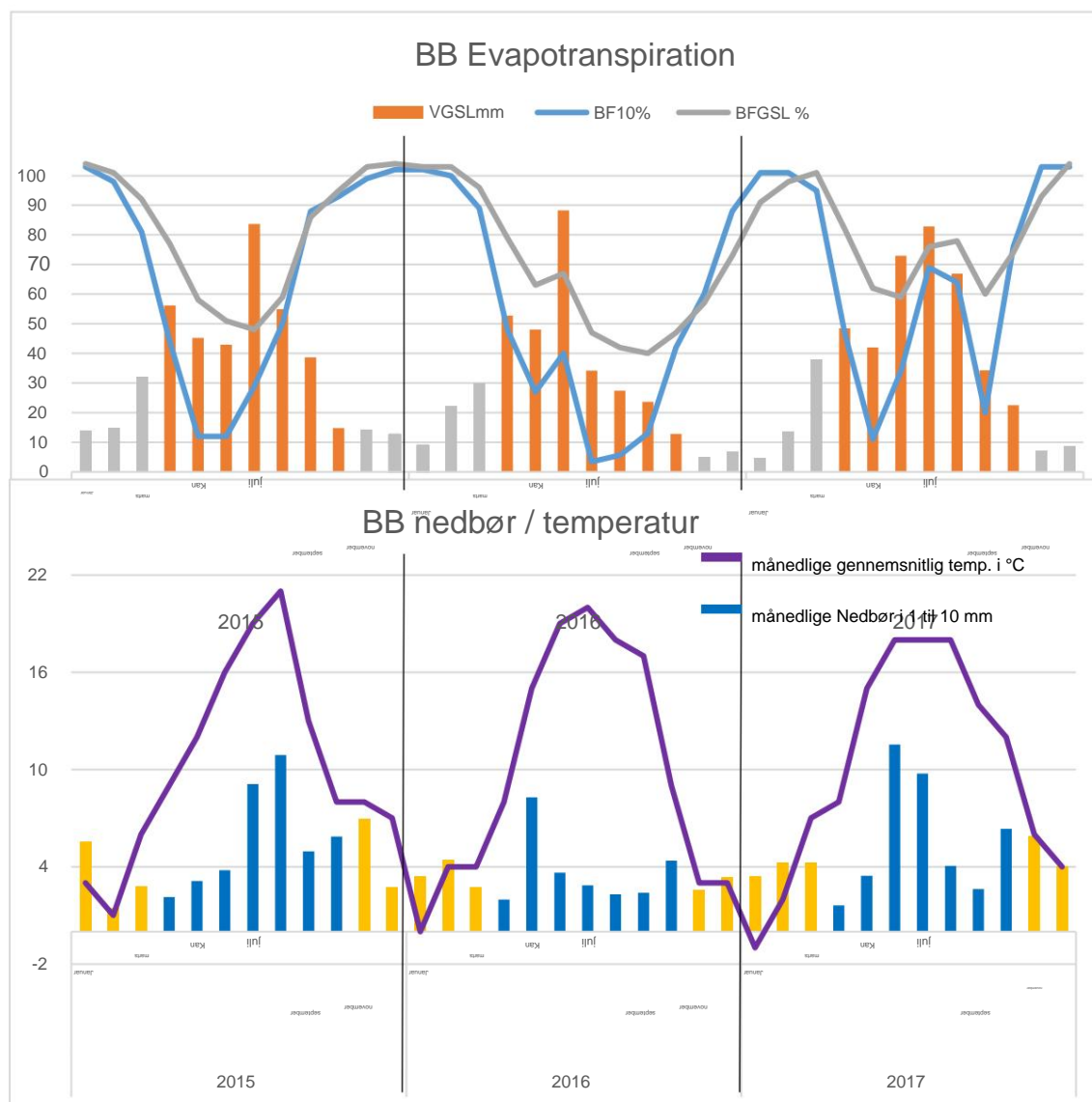


Fig. 20: Øverste grafik beskriver evapotranspirationen i årene 2015, 2016 og 2017 af testområdet Brandenburg (BB): VGSLmm = reel evapotranspiration af græs over sandet muldjord (AMBAV), BF10% = jordfugtighed under græs med sandjord kl. en dybde mellem 0 -

10 cm, BFGSL% = angiver den anvendelige markkapacitet og beskriver jordfugtigheden under græs med sandet muldjord i en dybde mellem 0 - 60 cm; Nederste grafik: månedlige nedbørsværdier for testområdet Brandenburg i 1 til 10 mm (blå søjle = vegetationsperiode), månedlig gennemsnitstemperatur i °C (lilla linje); Kilde: Egen repræsentation baseret på DWD-data.

Fordampningen¹⁹, vist i grafikken som VGSLmm ved hjælp af orange søjler, karakteriserer planternes vandforbrug i de respektive måneder.

Dette forbrug er så meget desto højere, jo mere vand der er tilgængeligt for planterne gennem nedbør (fig. 20 og fig. 21).

¹⁹ Evapotranspiration (meteorologisk variabel): refererer til summen af direkte fordampning (fra jord- og vandoverflader = fordampning) og frigivelse fra planter og dyr (= transpiration).

Derudover giver den anvendelige markkapacitet, vist i grafikken som en BFGSL%-værdi ved hjælp af den grå linje, indirekte information om planternes tørkestress.

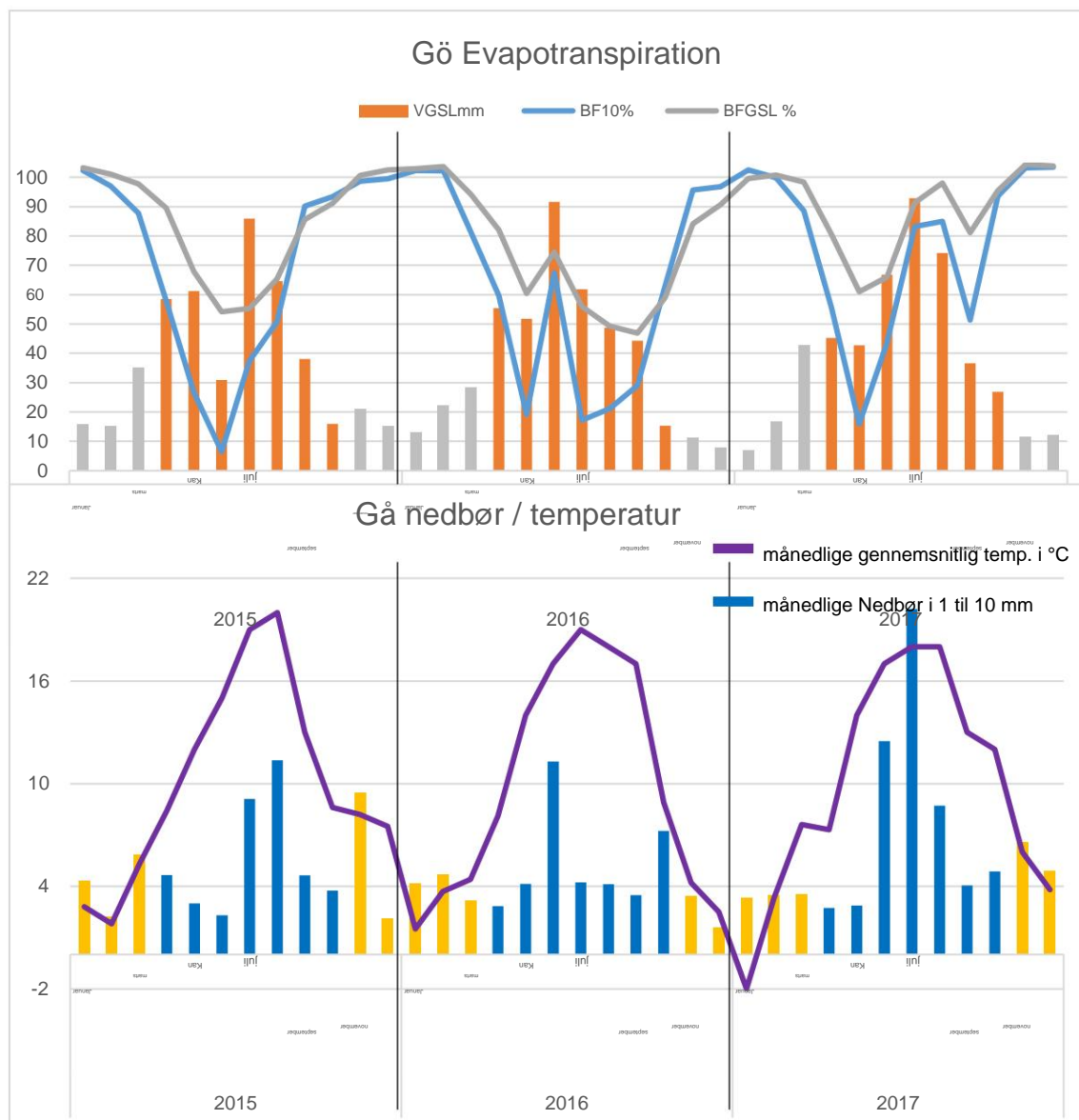


Fig. 21: Øverste grafik beskriver evapotranspirationen i årene 2015 til 2017 af testområdet Göttingen (Gö): VGSLmm = reel evapotranspiration af græs over sandet muldjord (AMBAV), BF10% = jordfugtighed under græs med sandet muldjord i en dybde mellem 0 - 10 cm, BFGSL% = angiver den anvendelige markkapacitet og beskriver jordfugtigheden under græs med sandet muldjord i en dybde mellem 0 - 60 cm; Nederste grafik: månedlige nedbørsværdier for testområdet i Göttingen i 1 til 10 mm (blå søjler = vegetationsperiode), månedlig gennemsnitstemperatur i °C (lilla linje); Kilde: Egen repræsentation baseret på DWD-data.

Den anvendelige markkapacitet²⁰ af det effektive rodrum er et vigtigt kriterium for vurdering af en lokalitets vandbalance. Denne værdi beskriver en jords kapacitet til at opbevare vand på en måde, der er tilgængelig for planter.

²⁰ Den anvendelige feltkapacitet af det effektive rodrum er produktet af den anvendelige feltkapacitet (normalt angivet som nFK i mm eller dm) og den effektive roddybde.

I tilfælde af fig. 20 fig. BFGSL%-værdien angivet i afsnit 21 er kun en gennemsnitsværdi ved en jorddybde på 0 – 60 cm. BF10%-værdien (blå linje) er derimod mere meningsfuld som en indikation af jordfugtigheden, i området mellem 0 - 10 cm, når planterne vokser, da de endnu ikke har et udtalt rodsystem. i starten og er afhængige af fugten i muldjorden.

Da den brugbare markkapacitet altid opbruges først i muldjorden, kan månederne med lav vandtilgængelighed bestemmes ud fra forskellen mellem BFGSL% og BF10% værdien.

På grund af det rodsystem, der stadig skal udvikles, har de unge planter ingen forbindelse til grundvandet og kan derfor kun bruge vandet som er tilgængelig i jorden og genopfyldes af de uregelmæssige nedbørshændelser. Hvis den brugbare markkapacitet i jorden er opbrugt på grund af langvarig mangel på nedbør, lider de unge planter af tørkestress.

Fejlraten i Brandenburg er markant højere end i Göttingen i vækstsæsonen 2015, hvilket er et resultat af de ekstremt tørre måneder i maj og juni, som det kan ses af BF10% værdien, som er godt 10% for perioden . Til sammenligning blev en sådan tør periode først nået i Göttingen i juni 2015, hvor jordfugtigheden faldt til under 10 % i en dybde på mellem 0 – 10 cm og til omkring 50 % i en dybde på mellem 0 – 60 cm. Dette forklarer

den noget lavere fejlrate i Göttingen.

I de tørre sommermåneder 2016 nås ekstreme værdier og den anvendelige markkapacitet (0 - 60 cm jorddybde) falder til under 40% på testområdet i Brandenburg og jordfugtigheden i området mellem 0 - 10 cm dybden falder til under 5 %.

Den resulterende tørkestress begrænser plantevæksten alvorligt, især i begyndelsen af vækstsæsonen, ved at forsinke knopskydningen. Det resulterende væksttab kan ikke genvindes i løbet af sommeren

kompenseres og fører indirekte til en svækkelse af planten, som ikke er i stand til at udvikle et stort rodsystem og opbevare tilstrækkelige reservestoffer til næste forår. Hvis denne cyklus gentager sig i flere vækstsæsoner i træk, fører denne permanente svækkelse uundgåeligt til plantens død.

I løbet af vegetationsperioden 2018 døde næsten alle de resterende planter på arealerne i Brandenburg og Göttingen. Kun i Brandenburg har omkring 10 % af P.-planterne overlevet de første tre år med vækst og er lukkede

dyrket af unge træer. Deres naturlige højdevækst er dog langt under forventningerne.

På grund af anlæggenes uventede høje fejlrate var der kun et forholdsvis lavt dataudbytte. Alle observationer blev afbrudt tidligt med vækstsæsonen 2017. Derfor er kun data fra de tre vegetationsperioder fra 2015 til 2017 tilgængelige for yderligere analyse af vækstadfærden for slægten Paulownia under centraleuropæiske forhold.

3.2.1.3 Ungdomsvækst udendørs

Fejlraten beskriver kun ét aspekt af planternes vækst i dyrkningsfasen. En sammenligning af arternes højdevækst med hinanden er meget mere meningsfuld.

Den årlige stigning i højden er summen af plantetypens genetiske karakteristika, de dominerende lokalitetskarakteristika såsom jordtype og klimaforhold (nedbør, temperatur osv.), plus indflydelsen af forskellige behandlingstyper (N, G, M, GM).

Hvilken af disse variabler, der påvirkede højdevæksten, blev statistisk testet (multifaktoriel variansanalyse (ANOVA)) og er beskrevet nedenfor.

3.2.1.3.1 Ungdomsvækst efter behandlingstype

I fig. 22 er der lavet en sammenlignende repræsentation af vækstadfærden for alle P.-planter mellem testområderne i Brandenburg (blå) og Göttingen (grøn) ved hjælp af flere bokspotter, opdelt efter vegetationsperioderne 2015, 2016 og 2017 og opdelt efter de forskellige behandlingstyper (N, G, M, GM):

N = ubehandlet (nul overflade) uden tilsætning af jordtilsætningsstoffer,

G = Geohumus, tilsæt 100 ml Geohumus granulat til plantehullet

M = Mykorrhiza, tilsæt 100 ml mykorrhizakoncentrat

GM = tilsætning af 100 ml geohumusgranulat og 100 ml mykorrhizasvampekonzentrat.

I løbet af de tre vækstsæsoner, ingen væsentlig

indflydelse på højdevækst, kan bestemmes (tabel 13).²¹ Forskel, dvs. følgelig ingen

Mykorrhisering og jordtilsætningsstoffet Geohumus havde heller ingen påviselig²² indflydelse på P.-planternes højdevækst. De fire behandlingstyper adskiller sig derfor ikke væsentligt fra hinanden i de første tre vækstsæsoner.

Den eneste statistisk verificerbare forskel, der også er visuelt genkendelig i grafikken, er mellem lokationerne Brandenburg og Göttingen.

Stedets karakteristika forårsagede derfor en signifikant forskel i P.-planternes højdevækst (fig. 22).

21 De forskellige behandlingstypers mulige indflydelse på P.-planternes højdevækst blev testet ved hjælp af flere to-faktor variansanalyser. Der er ingen væsentlig indflydelse af behandlingstyperne på højdevæksten.

22 Efter en F-test (Levene-test) viser behandlingsgrupperne (N, G, M, GM) forskellige varianser. Games-Howell post-hoc-testen anvendt på dette, som tillader ulige prøvestørrelser (forskellige høje fejlrat af planterne) og ulige varianser som forudsætninger, viser ingen som helst betydning mellem de fire behandlingsgrupper, uanset hvilken vegetationsperiode der blev testet.

Spændene af Brandenburg-højderne er betydeligt større end i Göttingen. Det er en konsekvens af, at der er både meget store og meget små anlæg i Brandenburg.

For vegetationsperioden 2015 kan der ikke observeres væsentlig forskel mellem lokaliteterne. Han lader sig

kan først påvises fra vegetationsperioden 2016 og det, selvom højdevæksten i 2016 er en helt ny vækst af planterne efter de blev plantet i slutningen af 2015.

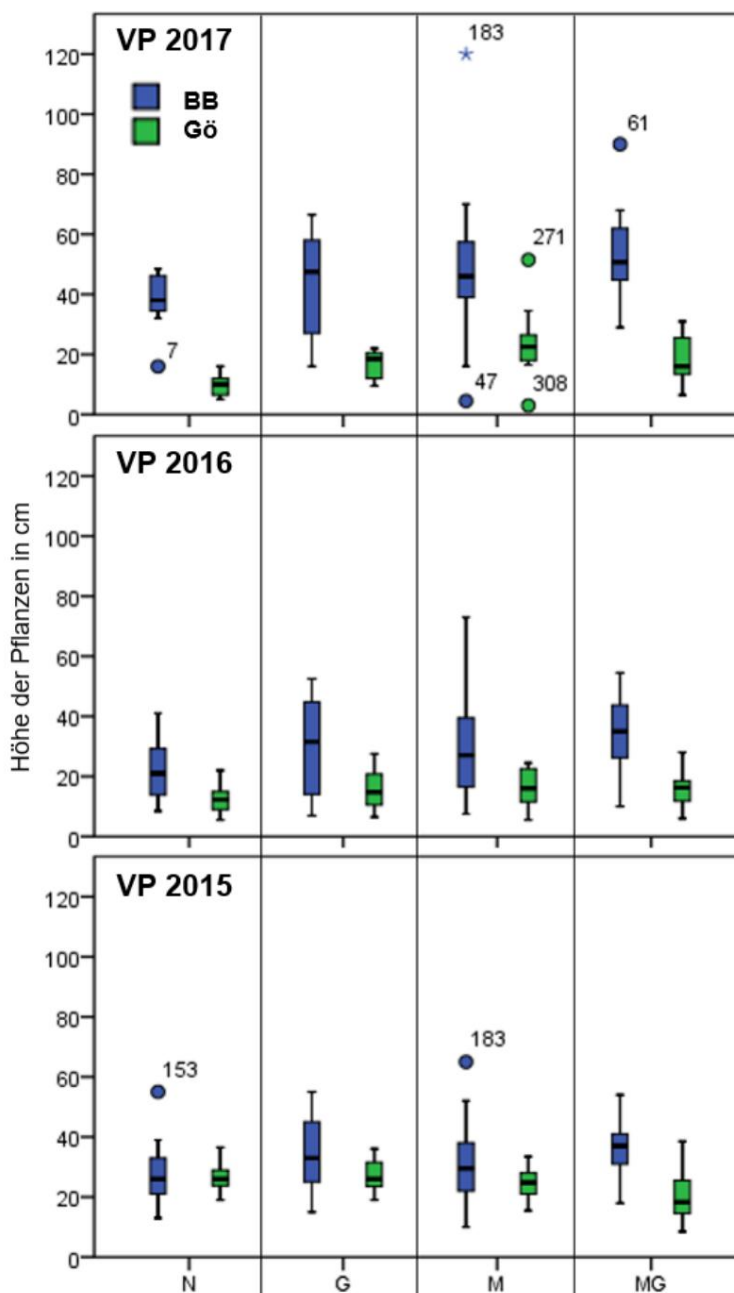


Fig. 22: Højdevækst af paulownia-planterne (i cm) for vækstsæsonerne (VP) 2015, 2016 og 2017, for testområderne Brandenburg (BB) og Göttingen (Gö); underopdelt efter behandlingstyper: N = ubehandlet (nulareal), G = Geohumus, M = mykorrhisering, GM = Geohumus + mykorrhisering.

3.2.1.4 Forskelle i juvenil vækst af P. arter

Selvom der ikke kan påvises indflydelse på planternes højdevækst inden for de første tre vegetationsperioder for behandlingstyperne, kan der godt være forskelle mellem de tre P.-arter. Derfor i

Behandlingstyperne pr. træart behandles mere detaljeret nedenfor.

3.2.1.4.1 Brandenburg testområde

Som det ses på fig. 23, sikrer planternes høje svigrater, ud fra de bokspotter, der kun er angivet som streger, allerede fra anden vegetationsperiode (2016), et begrænset datagrundlag, hvilket reducerer betydningen.

Selv det dobbelte antal parceller og dermed også antallet af planter, som det er tilfældet i Brandenburg i forhold til Göttingen-testområdet, kan ikke kompensere for dette tab af data.

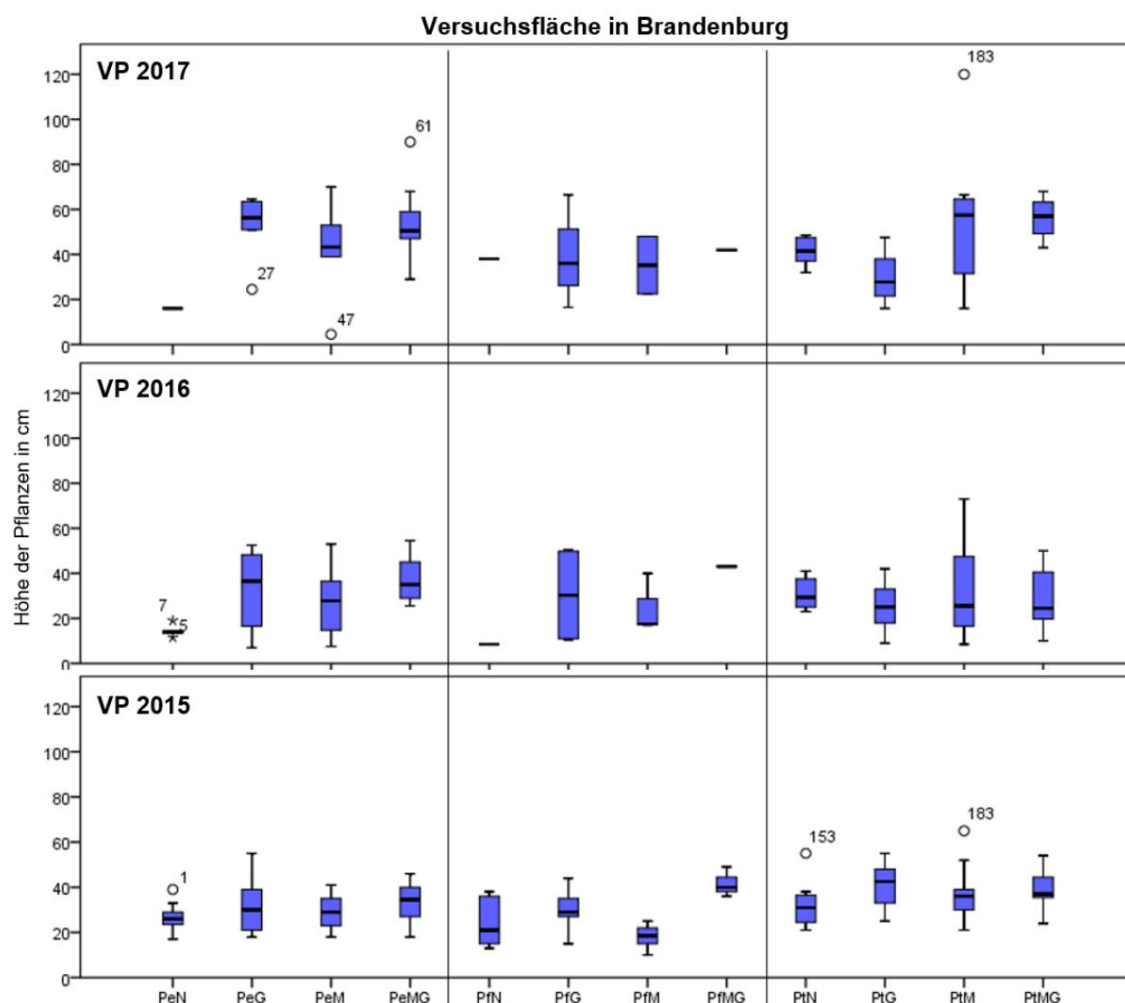


Fig. 23: Højdeforøgelse af Paulownia-arten (i cm) på testområdet i Brandenburg; Pe = *P.elongata*; Pf = *P.fortunei*; Pt = *P.tomentosa* for vækstsæsonerne (VP) 2015, 2016 og 2017 opdelt efter behandlingstyper: N = ubehandlet (nulareal), G = Geohumus, M = mykorrhisering, GM = Geohumus + mykorrhisering.

Spændet i højdevækst, som stiger fra vegetationsperiode til vegetationsperiode, bør fremhæves (fig. 23). Det skyldes, at enkelte planter brunkulerer i slutningen af vegetationsperioden og fortsætter med at vokse det næste forår og dermed bliver større, og andre planter spirer gentagne gange op af jorden i begyndelsen af vegetationsperioden.

De enkelte planter er meget heterogene i forhold til deres højdevækst på Brandenburg testgrunden. Det interval, der er resultatet af disse værdier, har en afgørende indflydelse på de væsentlige forskelle sammenlignet med Göttingen-testområdet.

3.2.1.4.2 Göttingen testområde Når

man sammenligner vækstperioden for *P.* arten i højden fra 2015 til 2016, ses et fald i højden i Göttingen i modsætning til Brandenburg. Dette er en konsekvens af ny vækst af den overlevende *P.*-

Planter i vegetationsperioden 2016, da de blev plantet i slutningen af vegetationsperioden 2015, som det er sædvanligt for denne art (fig. 24).

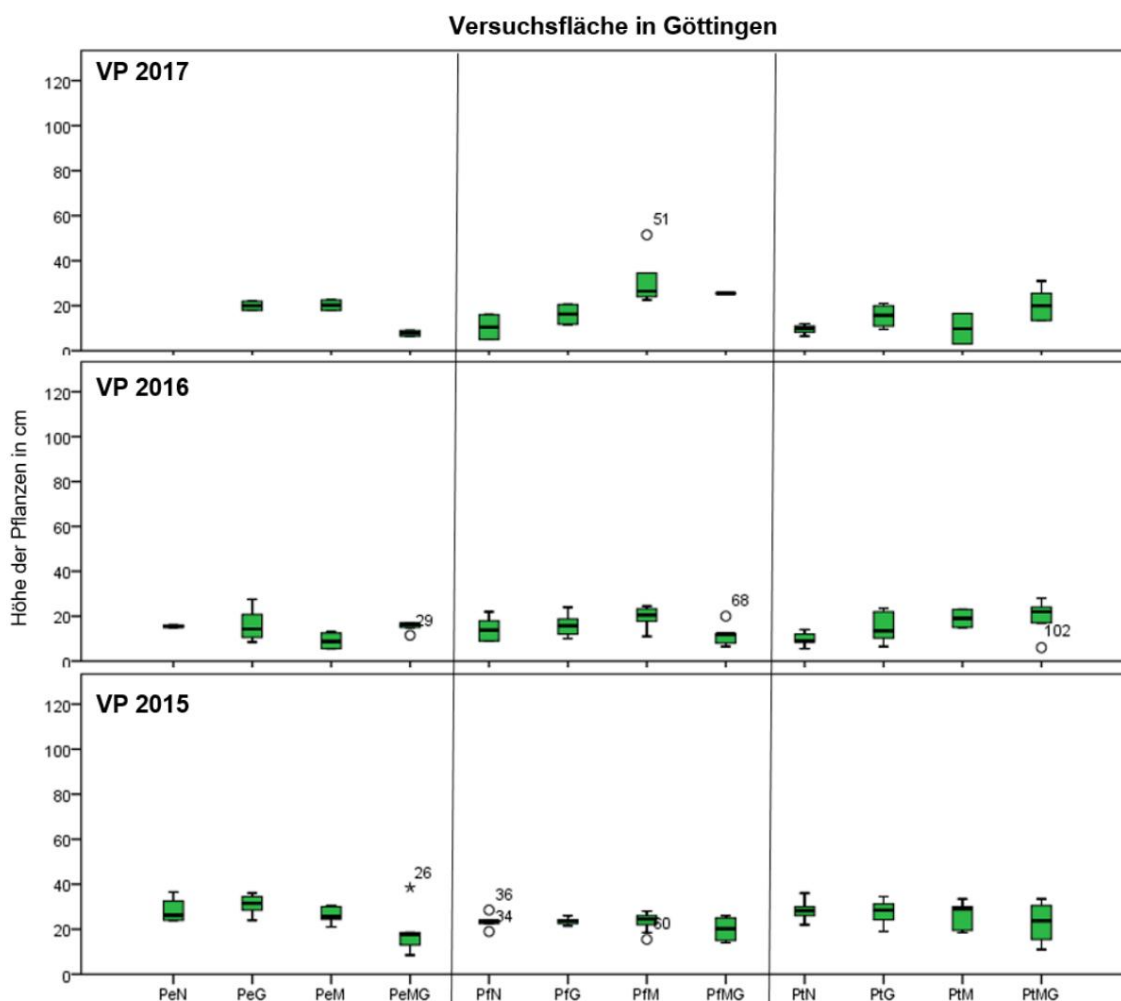


Fig. 24: Vækst i højden af Paulownia-arten (i cm) på teststedet i Göttingen; Pe = *P.elongata*; Pf = *P.fortunei*; Pt = *P.tomentosa* for vækstsæsonerne (VP) 2015, 2016 og 2017 opdelt efter behandlingstyper: N = ubehandlet (nulreal), G = Geohumus, M = mykorrhisering, GM = Geohumus + mykorrhisering.

Den nye vækst, direkte fra jorden, svækker planterne. Det er ledsaget af en indledende lav bladmasse. I forhold til allerede trægtige planter har planterne brug for flere uger med de nye skud for at kompensere for underskuddet i højdevæksten. På grund af den oprindeligt reducerede fotosyntese

Effektivitet, en direkte konsekvens af den lavere bladmasse, producerer også færre reservestoffer, da de investerer al deres energi i længdevækst. De bliver svagere fra år til år og spirer som følge heraf ikke længere igen.

De manglende værdier i grafen, såsom kløften i PeN i vegetationsperioden 2017 (fig. 24) er et resultat af den høje fejlrate på Göttingen-testområdet.

Der kan påvises individuelle betydninger mellem træarterne og de forskellige behandlingstyper både i Brandenburg og i Göttingen, som det fremgår af tabel 13 (se bilag, kapitel III).

Der kan dog ikke udledes tendenser heraf.

Det kan dog ikke udelukkes, at forskelle mellem behandlingstyper og træarter først kan udvikle sig i senere vækstsæsoner. Dette ville dog kræve en større forsøgsopstilling med længere observationsperioder.

3.2.2 Til dyrkning i drivhus

For at kunne undersøge, hvilken indflydelse forskellig belysning og vanding har på P.-planters tidlige vækst, er der designet et forsøg i drivhuset, som omfatter to vækstsæsoner.

Her er interaktionen mellem tre forskellige eksponeringer (100%, 60%, 40% lys) og vandingsniveauer (100%, 60%, 40% vand) på de tre P. arter *P.elongata*, *P.fortunei* og *P. tomentosa* observeret. De resulterende 27 forskellige behandlingsvarianter (3 plantetyper x 3 eksponeringsniveauer x 3 vandingsniveauer = 27) havde hver en prøvestørrelse på 20 planter, hvilket bringer det samlede antal til 540 planter.

Planterne kommer alle frem som frøplanter fra jorden i den første vegetationsperiode og tilbragte de første 4 uger i planteskolen. De blev derefter fordelt ligeligt mellem de respektive eksponerings- og kunstvandingsstadier. Alle planter blev transplanteret i slutningen af både den første og anden vækstsæson for at analysere overjordisk biomasse. Følgelig repræsenterer væksten i den anden vækstsæson et helt nyt skud.

I et første analysetrin beskrives alle observationer på slægtsniveau og med sammenligning af vækstsæsonerne. Behandlingstyperne (lys og vand) og stadier (100%, 60%, 40%) bygger på hinanden i præsentationen af resultater.

Først i et andet trin er vækstmønsteret for de tre P.-arter indbyrdes sammenlignet (3.2.2.3 Juvenil vækst ved sammenligning af arter).

Indflydelsen af forskellig belysning og kunstvanding på vækstforløbet kan beskrives ved vækstens længde og diameter i den første og anden vækstsæson. Ud fra dette kan der også drages konklusioner om planternes vækst via den dyrkede overjordiske biomasse. Begrænsningen af lys og vand havde en negativ indvirkning på overlevelsesraten for unge planter og forklarer de høje fejlrater nedenfor.

3.2.2.1 Fejlrate i drivhus

I løbet af de to undersøgte vegetationsperioder er der sket svigt i alle behandlingsstadier, med undtagelse af 100% lys til 60% vandstadiet i den første vegetationsperiode, som det fremgår af tabel 7.

Allerede i den første vegetationsperiode, med den yderligere reduktion af lystilførslen (fra venstre mod højre i tabellen), kan der i gennemsnit ses en støt stigning i plantetab i intervallet mellem 2 - 10 % på tværs af alle vandstande. . Denne effekt øges i den anden vækstsæson

en fejlrate i et interval på 7 – 49 %.

Et fald i vand (fra top til bund i tabellen) har i starten en tilsvarende svag effekt på fejlprocenten på 5-7%. Først i den anden vegetationsperiode adskiller 40 % vandstanden sig tydeligt fra 60 % og 100 % niveauerne og opnår fejlprocenter på 15 - 61 % afhængig af lysniveauet.

Tab. 7. Fejlrate for Paulownia-planter (i %) opdelt efter behandlingsniveauer (lys og vand) og underopdelt i første og anden vækstsæson og efter art (*P.elongata* (Pe), *P. fortunei* (Pf), *P. tomentosa* (Pt)).

I gennemsnit er kl
et fald på

mængde vand en

Øg fejlprocenten med 16-26 %
på tværs af alle
niveauer af lys,
genkendelige.

Det største tab forekommer i
den første vækstsæson

Planter, med en værdi over 11%,
ved 40% lys og 100% vandstand.

Die Baumart *P.elongata*
påvirker niveauet af dette med et
tab på 30%.

værdi.

Træarten *P. tomentosa* havde det
laveste tab på tværs af alle
behandlingsstadier med 3 %.

I modsætning hertil har
P.elongata en mere end
det dobbelte af den
gennemsnitlige fejlrate på
8%.

		1. vækstsæson										
		100 lys			60 lys			40 Lys				
		% Pe	Pf	Pt	Pe	Pf	Pt	Pe	Pf	Pt	ÿ	
8'2	Den 10										15,0	
	Pf	0			10			0			3,3	
	Pt		0			10			5		5,0	
	ÿ	3,3			8,3			11,7				
0'9	På	0			0			10			3,3	
	Pf	0				15			15		10,0	
	Pt		0			0			5		1,7	
	ÿ	0			5			10				
2'9	Den 10						10			10	10,0	
	Pf	5				5			5		5,0	
	Pt		0			0			15	5,0		
	ÿ	5			5			10				
		ÿ 4,7	1,7	0,5	7,10	3,3	14,3	6,7	8,3			
			2,8			6,1			10,6			
		2. vækstsæson										
8'91	Den 10						10			45	22	
	Pf	5				10			45		20	
	Pt		0				5		45	2,5		
	ÿ	5			8,3			45				
8'91	På	5				10			40		18	
	Pf	0				5			60		22	
	Pt		0				10		25		5	
	ÿ	1,7			8,3			41,7				
8'92	Den 20						20			75	38	
	Pf	25				10			45		27	
	Pt		0				20		65		10	
	ÿ	15			16,7			61,7				
		ÿ 8,3	10	0	11	8,3	12	49	50	45		
			7,2			11,1			49,4			

En sammenligning af vandstandene på tværs af alle lysniveauer resulterer i gennemsnitlige fejlrate på 5 - 7 % og kun et lille område. 100 % vandstanden har den højeste fejlrate på 7 %.

Det er anderledes, når man sammenligner lysniveauerne på tværs af alle vandstande. Dette resulterer i fejlprocenter på 2 – 10 %. Det kan derfor antages at den lavere lystilførsel havde større indflydelse på træarternes fejlprocenter end vandmængden.

I den anden vækstsæson viser 40% lys til 40% vandstand den højeste fejlrate med en værdi på 61%.

En sammenligning af træarterne i denne behandlingsfase viser en række fejlrate fra 45 - 75%.

Med et gennemsnit på 12 % er fejlraten for *P. tomentosa* på tværs af alle behandlingsstadier tredoblet i modsætning til den første vækstsæson.

På trods af dette viser *P.tomentosa* stadig den laveste fejlrate sammenlignet med de andre træarter.

P.elongata udgør det modsatte af dette med en gennemsnitlig fejlrate på 24 %, hvilket er dobbelt så højt.

Ved sammenligning af vandstandene varierer plantetabene fra 16 – 26 % på tværs af alle lysniveauer. I anden vegetationsperiode har 40 % vandstanden i modsætning til den første de højeste tab.

På den anden side opstår der et større spænd, når lysniveauerne på tværs af alle vandstande tages i betragtning. Fejlprocenter på 7 – 49 % er vist her.

Generelt er der mellem 100'erne og 60'erne, uanset om det er vand eller lys, lidt plantetab, ikke over 8%. Kun en yderligere reduktion af både lyset og vandet til 40 % øger fejlraten markant til en værdi på op til 61 %.

I den første vegetationsperiode var lysets større indflydelse i forhold til vand på plantevæksten allerede tydelig, og denne påvirkning kan også i højere grad observeres i den anden vegetationsperiode.

Mellem lysniveauet på 100 % (7,2 %) og 60 % (11,1 %) stiger fejlraten med en faktor på 1,5. En mere mærkbar stigning er dog mellem lysniveauet på 60 % (11,1 %) til 40 % (49,4 %) observeret. Her stiger faktoren til over 4,4.

Generelt med 40 % lys går over 41 % af planterne tabt, uanset hvor meget vand der er til rådighed.

3.2.2.2 Unge vækst på slægtsniveau

Fejlratene på de forskellige behandlingstrin har indirekte indflydelse på præsentationen af resultaterne, fordi middelværdierne primært forskydes som følge af de forkrøplede planters død eller som følge af de mindre stikprøver.

Outliers, som er anført individuelt i boxplot-repræsentationerne som nummerering for det meste i kanten af figurerne, bør ikke forblive unævnte. De findes oftest i den anden vækstsæson og giver information om den faktiske fordeling af plantehøjder, diametre eller tørstof. De er særligt bemærkelsesværdige i området med 40% lysniveau på tværs af alle plantearter.

For at omgå de netop nævnte vanskeligheder blev alle planter i et første trin opdelt efter behandlingstyper (lys og vand) og niveauer (100%, 60%, 40%), uanset hvilken P. art de kom fra. Dette øger den generelle prøvestørrelse til 60 planter pr. vist boxplot, minus de respektive fejl.

3.2.2.2.1 Vækst i længden En

sammenligning af de forskellige behandlingsstadier inden for den første vegetationsperiode (blå i fig. 25) viser ingen signifikant forskel i P.-planternes højdeudvikling.

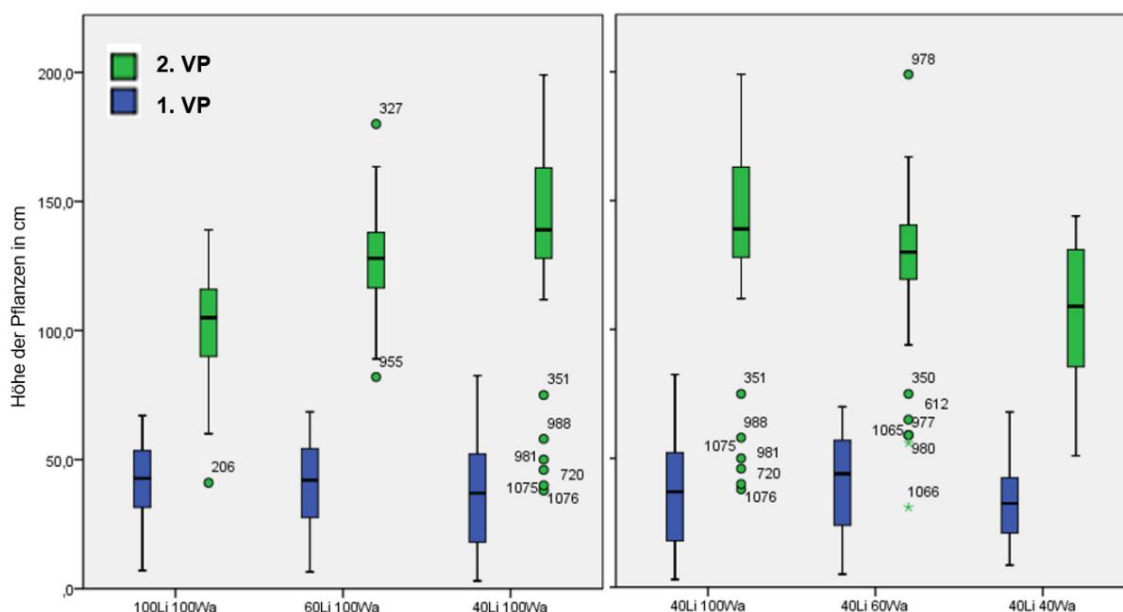


Fig. 25: Sammenligning af væksten i længden af alle Paulownia-planter mellem første og anden vegetationsperiode (VP). Grafikken til venstre beskriver forskellige lysniveauer (100Li, 60Li, 40Li) med konstant 100% vanding. Grafikken til højre beskriver lysniveauer på 40 % med faldende vanding (100Wa, 60Wa, 40Wa).

Først i slutningen af anden vegetationsperiode er væsentlige forskelle mellem behandlingstyperne lys og vand genkendelige. Med faldende lys og konstant høj vandtilgængelighed øges højdeforøgelsen i den anden vækstsæson, mens højdeforøgelsen falder med faldende vandtilgængelighed. I begge vækstsæsoner er der dog et stort spænd i planternes længdevækst inden for behandlingsstadiene.

Dette område er tydeligt synligt, for eksempel ved 40 % lysniveau til 100 % vand.

Nogle af planterne spirede normalt igen i den anden vegetationsperiode, men sakkede bagud i længdevæksten, hvilket betyder, at de falder ud af selve boxplotten og er grafisk vist som outliers.

Som følge heraf udvikles der en slags tolagsbevoksning, hvor planteindivider på den ene side stræber stærkt opad og på den anden side efterladte planter, som overlever, men kun vokser i reduceret omfang i længden.

Det viser sig f.eks

Når lystilførslen falder og vandtilførslen forbliver høj, begynder P. planterne at vokse i længden, hvilket ved 40% lys og 100%

vandforsyning på sit højeste fejler, invester. Derimod er den lavest ved 100 % lys og 40 % vand (fig. 26).

Hvis vandforsyningen bliver ved med at være lav (40%) og lyset yderligere reduceres til 60% og 40%, vil længdevæksten igen stige. Middelværdierne for 60 % og 40 % lys og 40 % vand, både i den første og den anden vegetationsperiode, afviger ikke væsentligt fra hinanden.

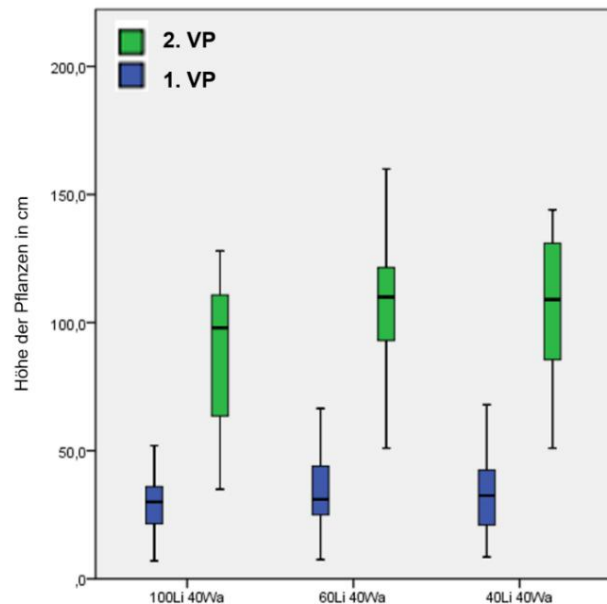


Fig. 26: Sammenligning af væksten i længden af alle Paulownia-planter mellem første og anden vegetationsperiode (VP), med faldende lys (100Li, 60Li, 40Li) og konstant 40 % vanding.

3.2.2.2 diameter vækst

Når man sammenligner den første med den anden vegetationsperiode, stiger gennemsnittet Plantediameter, som er et helt nyt skud.

Denne forøgelse i diameter forekommer dog ikke i samme forhold, som kan observeres i længdeforøgelsen (fig. 27).

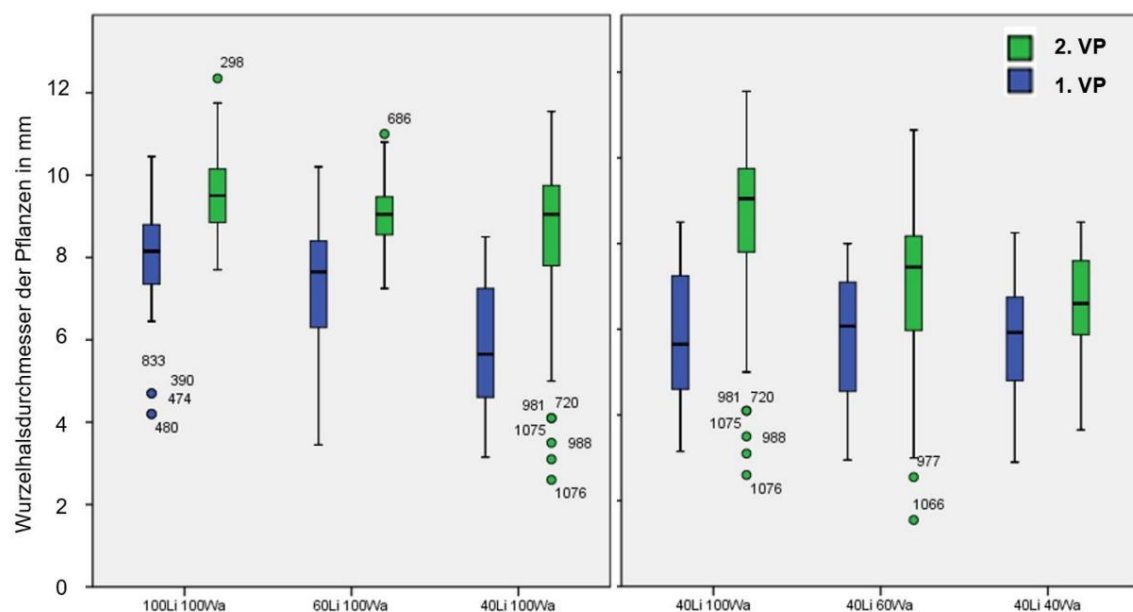


Fig. 27: Sammenligning af rodkravens diameter mellem første og anden vækstsæson (RP). Grafikken til venstre beskriver forskellige lysniveauer (100Li, 60Li, 40Li) med konstant 100% vanding. Grafikken til højre beskriver lysniveauet på 40 % med faldende vanding (100Wa, 60Wa, 40Wa).

Ved 40 % lysniveau viser planterne en større spredning i deres diameterudvikling end ved 100 % lysniveau (Fig. 28). Dette er den samme iagttagelse, som allerede blev gjort i forbindelse med vækst i længden, med hensyn til udviklingen af svage og stærke planteindivider. Denne forskel mellem lysniveauerne

kan også observeres i den anden vækstsæson.

Ved 100 % lysniveau betyder reduktion af vandforsyningen også en reduceret diameter

optjene hvad i begge

vegetationsperioderne er de samme.

Planterne kan derfor bruge det fulde lys til

vækst, og begrænsningen i diametervækst bestemmes af vandforsyningen. I modsætning hertil kan denne effekt med lysniveauet på 40 % kun observeres i den anden vækstsæson. Mængden af indgivet vand virker derfor ikke begrænsende med meget lidt lystilførsel i den første vækstsæson.

H/D-forholdet bruges ofte til at udtale sig om træernes stabilitet. Højden i forhold til

diameter er indstillet, og i anden vegetationsperiode er der en tydelig stigning i H/D-forholdet og en stor spredning af værdierne (fig. 29).

Størstedelen af planterne viser forholdsmæssig vækst i længde og diameter.

Spredningen forklares ved særligt lange og tynde eller korte og tykke plantestængler.

De er en konsekvens af de nye skud og planternes anderledes udvikling.

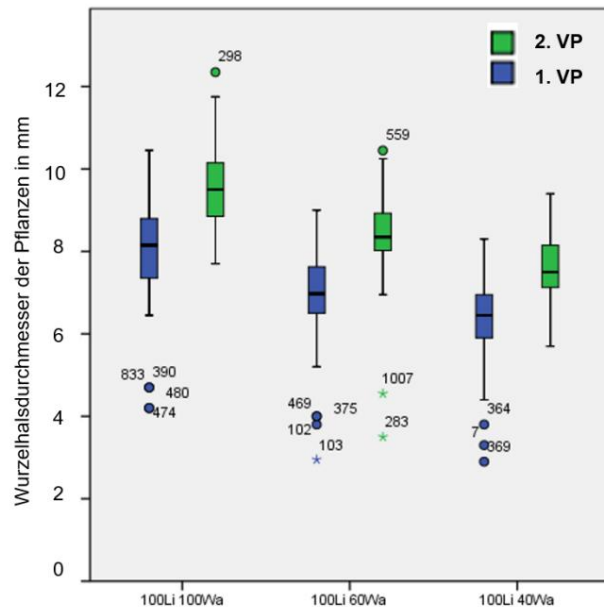


Fig. 28: Sammenligning af rodkravens diameter mellem første og anden vækstsæson (VP) ved konstant 100% lysniveau og faldende vanding (100Wa, 60Wa, 40Wa).

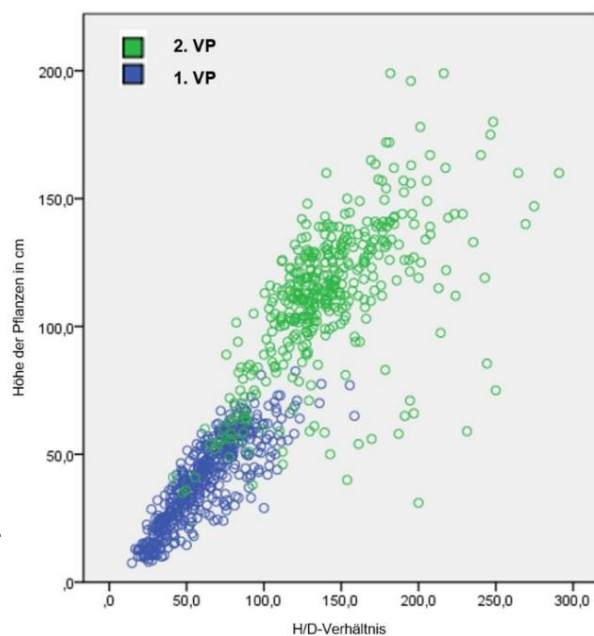


Fig. 29: Forholdet mellem højde og diameter i første (blå) og anden (grøn) vækstsæson (VP).

3.2.2.2.3 tørstof

Ved afslutningen af hver vegetationsperiode blev hele den overjordiske biomasse, det vil sige den resterende plantestilk uden blade, høstet, tørret og vejet. I det følgende vil derfor kun tørstof eller biomasse blive diskuteret.

De tidligere beskrevne observationer af længde- og diametervækst kan også findes i lignende form, når man sammenligner den overjordiske biomasse (stængler uden bladmasse) (fig. 30).

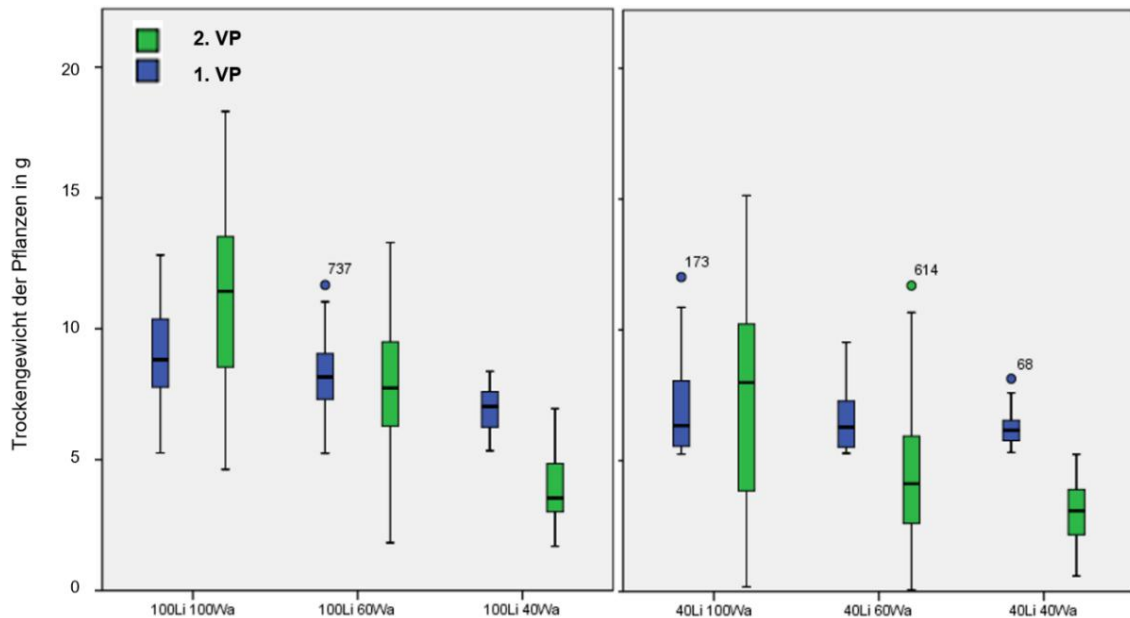


Fig. 30: Sammenligning af tørvægten (i gram) af alle Paulownia-planter mellem første og anden vækstsæson (VP). Venstre grafik med 100% lys, højre grafik med 40% lys med forskellig kunstvanding (100Wa, 60Wa, 40Wa).

Generelt er planternes tørstof større, jo mere vand der er til rådighed, hvorved lysniveauet ikke har påvirket indflydelse.

Med behandlingstrinene på 100 og 60 % lys til 100 og 60 % vand er der ingen signifikant forskel i dannelsen af stænglerne af biomasse mellem den første og

anden vækstsæson.

Som følge heraf fik planterne mindre masse i den anden vækstsæson end forventet på trods af mere udtalt vækst i længde og tykkelse.

Når plantens stilk øges i diameter, dannes et hulrum i dens centrum. Af

Stænglen er derfor uden frø, og dens tværsnit ligner et tykvægget rør. Dette hulrum er stadig tydeligt synligt, når det modne træ høstes.

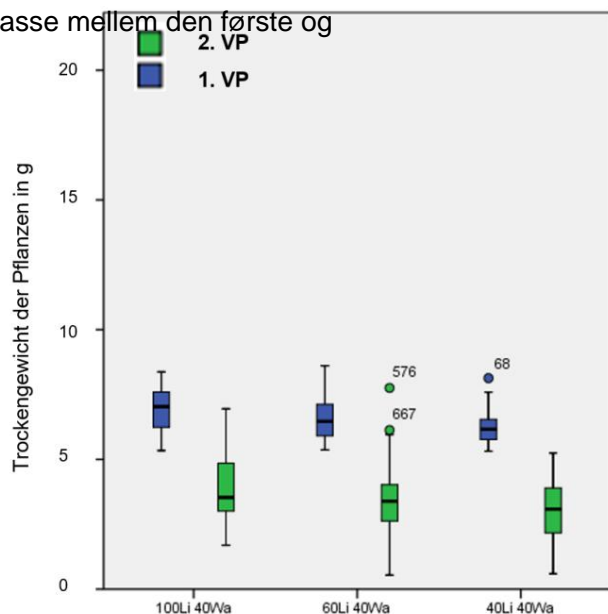


Fig. 31: Sammenligning af tørvægten af alle paulownia-planter mellem første og anden vækstsæson (VP). Ved forskellige lysniveauer (100Li, 60Li, 40Li) og 40% vanding.

Kun ved 40 % vandingsniveauet (Fig. 31) er biomasseopbygningen væsentlig lavere i den anden vegetationsperiode end i den første, idet det respektive lysniveau er ubetydeligt.

Som følge heraf var planterne ikke i stand til at opbygge tilstrækkelige reservestoffer i den første vegetationsperiode på grund af lavere vandingsniveauet, og de opbygger derfor mere biomasse i den anden vegetationsperiode, selvom de udviser væsentlig stærkere vækst i længde og tykkelse .

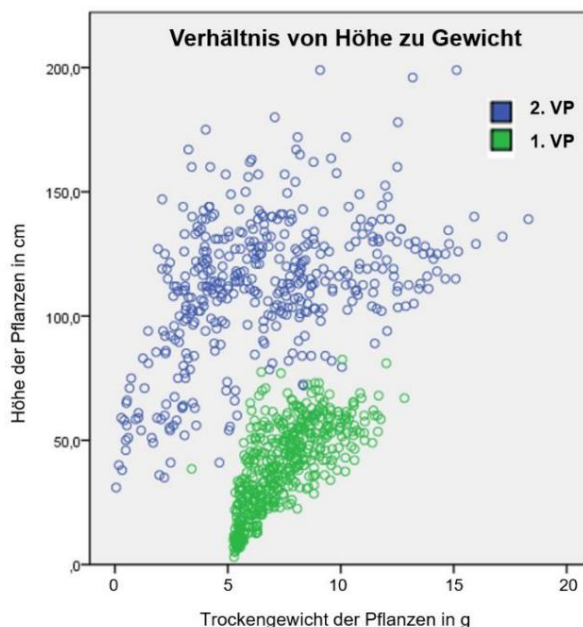


Fig. 32: Forholdet mellem højde og vægt for alle paulownia-planter i sammenligning med den første (grønne) og anden (blå) vegetationsperiode (VP).

For at fuldende det overordnede billede skal du overveje højde versus vægt (fig. 32).

Dette viser et væsentligt større udbredelsesområde i den anden vegetationsperiode (blå i grafikken). Næsten halvdelen af alle planter er i anden vækstsæson, lettere end den første, men stadig næsten dobbelt så lang.

Med udvikling af mindre eller samme mængde stængelbiomasse opnår den enkelte plante en større vækst i længden og en forholdsvis nødvendig forøgelse af tykkelsen.

3.2.2.3 Juvenil vækst sammenlignende arter

Med udgangspunkt i de forskellige behandlingstyper og -niveauer er de tre P.-arter (*P. elongata*, *P. fortunei*, *P. tomentosa*) udvikler forskellige reaktioner, der sjældent adskiller sig væsentligt fra hinanden. Vækstresponserne ligner forhåndsvisningen på slægtsniveau.

I det følgende præsenteres resultaterne på artsniveau, hvor der yderligere skelnes mellem første og anden vegetationsperiode og kun de træarter, der tydeligst udtrykker den effekt, der skal beskrives, fremhæves.

Den viste prøvestørrelse er således reduceret pr. boxplot til maksimalt 20 identisk behandlede planteindivider, minus de respektive fejl (Tab. 7).

3.2.2.3.1 Vækst i længden

Som det allerede ses på slægtsniveau, er der heller ingen væsentlig forskel på P.-planternes længdevækst på artsniveau i slutningen af den første.

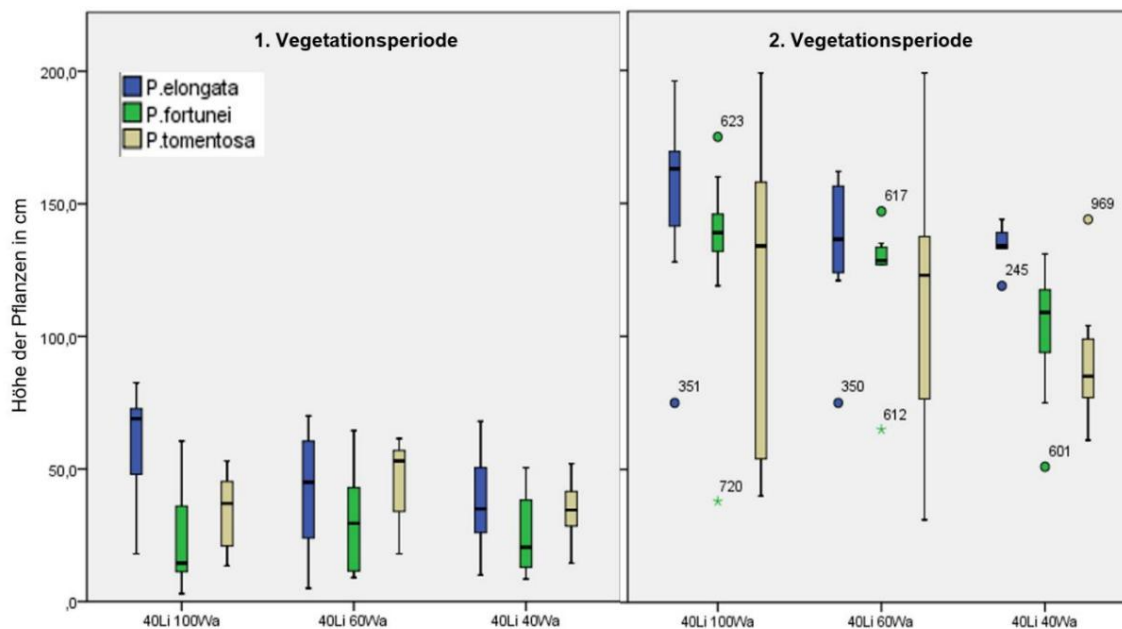


Fig. 33: Sammenligning af væksten i længden af Paulownia-arten ved 40% lysniveau og forskellige vandforsyninger (100Wa, 60Wa, 40Wa). Grafikken til venstre beskriver den første og grafikken til højre den anden vækstsæson.

vækstsæson (fig. 33). Først i anden vegetationsperiode er der en klar differentiering mellem behandlingsstadierne, hvorved arterne for det meste er meget ens og med en gennemgående høj vandforsyning (100%) og med fald i lyset, er der en stigning i længdevæksten.

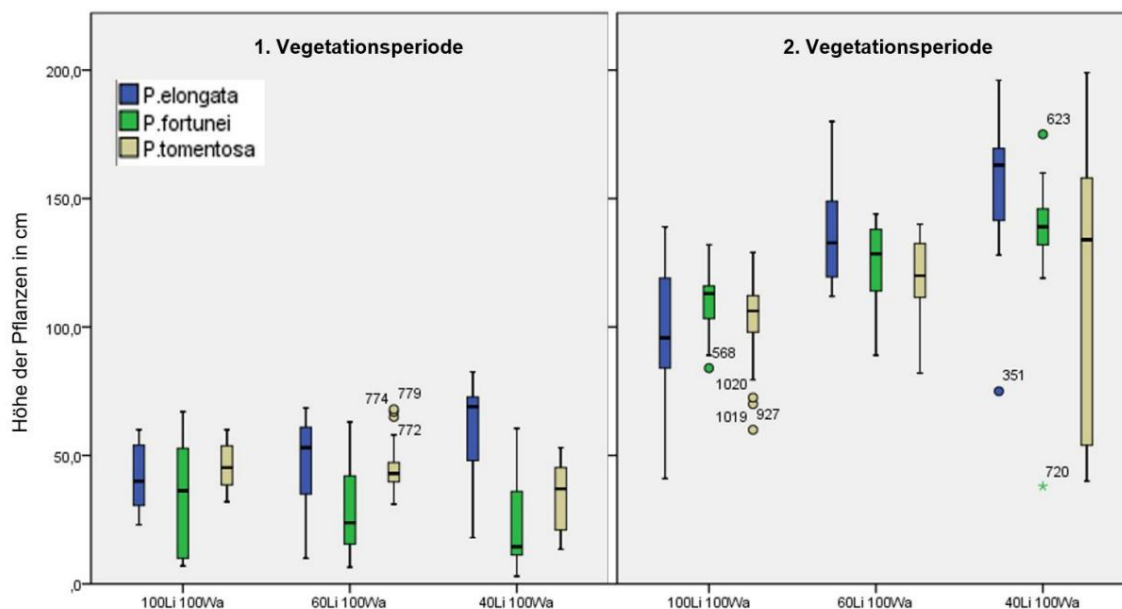


Fig. 34: Sammenligning af væksten i længden af Paulownia-arten med 100% vanding, men forskellige lysniveauer (100Li, 60Li, 40Li). Grafikken til venstre beskriver den første og grafikken til højre den anden vækstsæson.

Ved 40 % lysniveau er differentieringen mellem de tre vandingsniveauer mest udtalt fra den anden vegetationsperiode. Følgelig, hvis vandforsyningen reduceres yderligere i svagt lys (40%), vil væksten i længden også blive reduceret.

Derimod viser alle planter en stigning i længdevæksten, når lystilførslen er reduceret (100 %, 60 %, 40 %, fig. 34), hvilket er stærkest ved 40 % lys og 100 % vand.

P. tomentosa viser det største spænd i længdevækst i den anden vækstsæson sammenlignet med de to andre arter. Det skyldes, at træarten har den forholdsvis laveste fejlrate og dermed også omfatter planteindivider, der viste lidt vækst, men alligevel overlevede.

Med 40 % eksponering og 100 % kunstvanding når *P. elongata* dog den største totallængde med 54 cm i den første og 156,5 cm i den anden vækstsæson.

Generelt er reaktioner på de forskellige behandlingsniveauer tydelige, men der er ingen signifikante forskelle mellem de tre P.-arter.

Betydninger forekommer kun lejlighedsvis mellem behandlingsstadierne.

3.2.2.3.2 diameter vækst

I anden vækstsæson stiger væksten i diameter i forhold til første vækstsæson. Denne mervækst er dog ikke så stærk som for eksempel ved længdevækst.

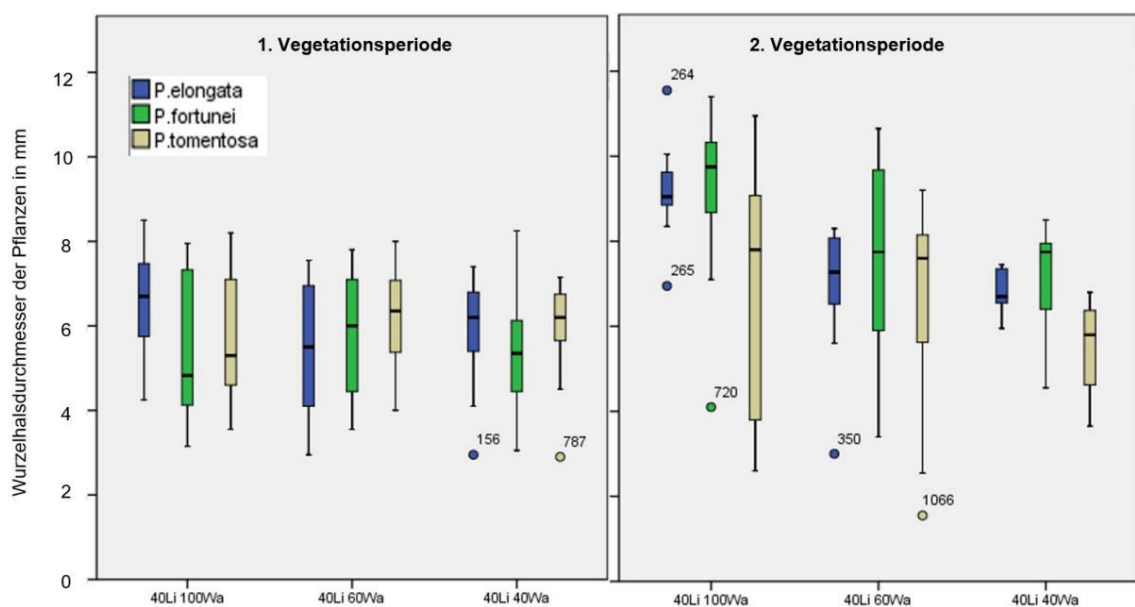


Fig. 35: Sammenligning af rodhalsdiameteren for P. arten mellem den første (venstre grafiske) og anden (højre grafiske) vegetationsperiode. Begge grafikker viser lysniveauet på 40 % med forskellig kunstvanding (100Wa, 60Wa, 40Wa).

Også her viser sig en klar differentiering mellem behandlingsstadierne først i den anden vækstsæson.

I den første vegetationsperiode er der eksempelvis med 40 % lys (Fig. 35) ingen væsentlige forskelle mellem de forskellige vandingsniveauer.

Ved konstant høj vandtilførsel (100%) kan der observeres et fald i diameter i den første vækstsæson i takt med at lyset aftager, men dette er ikke signifikant både mellem stadier og mellem arter og er mindre tydeligt i anden vækstsæson.

Efterhånden som vandtilførslen falder, falder diameteren også fra etape til etape, hvilket tydeligt kan ses i anden vækstsæson.

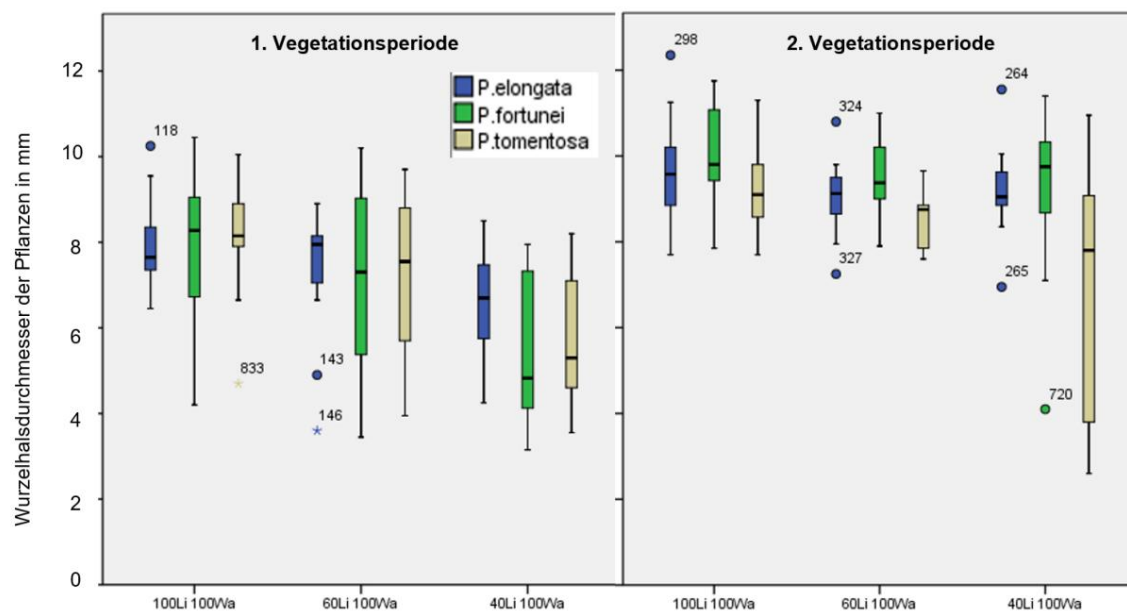


Fig. 36: Sammenligning af rodhalsdiameteren for P. arten mellem den første (venstre grafiske) og anden (højre grafiske) vegetationsperiode. Begge grafikker viser 100% vandstand med forskellige lysindgange (100Li, 60Li, 40Li).

I modsætning til hvad der kan observeres med stigningen i længden, er der ingen stigning i stigningen i diameter, når lyset aftager (fig. 36). Som følge heraf er der et skift i forholdet mellem højde og diameter (H/D-forhold). Plantestilkene bliver længere, efterhånden som lyset aftager (tiltager i længden), men forbliver uændret i diameter. Som et resultat falder deres stabilitet.

Træarternes observerede reaktioner svarer til dem ved vækst i længden.

P. tomentosa viser fortsat det største område i det ekstreme område på 40 % lys. *P. elongata* og *P. fortunei* har lignende reaktioner på behandlingsniveauer.

3.2.2.3.3 tørstof

Også for stængelbiomassen kan der ikke observeres nogen reaktion fra planterne på de forskellige behandlingsstadier i den første vækstsæson. Spændene af P. arterne er de mindste sammenlignet med væksten i længde og diameter i biomassen, hvor de er mindst med begrænset vandforsyning (40%). En differentiering mellem P.-

arten er ikke genkendelig.

I modsætning til vækst i længden falder biomassen med et konstant højt vandingsniveau (100%) med et fald i lystilførslen i den anden vegetationsperiode, selvom denne forskel, som kan ses i grafikken, ikke er signifikant (Fig. 37).

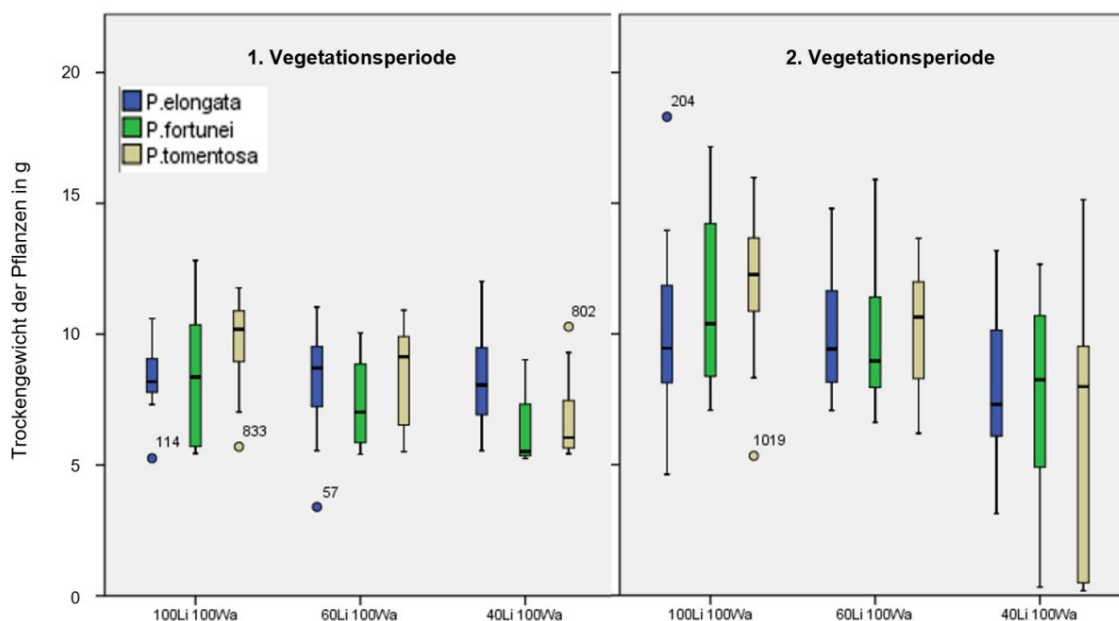


Fig. 37: Sammenligning af tørvægten af Paulownia-arter mellem den første (venstre panel) og anden (højre panel) vegetationsperiode. Hver med 100% vanding ved forskellige eksponeringer (100Li, 60Li, 40Li).

Kun med en kombination af behandlingsstadierne med konsekvent høj lysforsyning (100%) og med et fald i vanding fra 100% til 60% og 40% falder planternes biomasse væsentligt i den anden vegetationsperiode (Fig. 38).

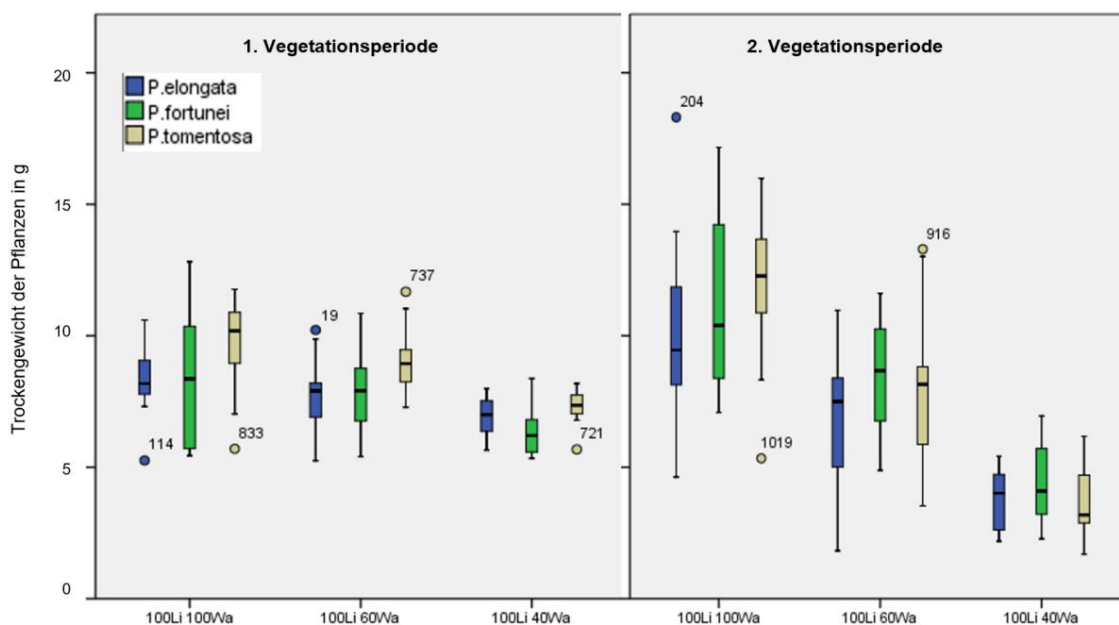


Fig. 38: Sammenligning af tørvægten af Paulownia-arter mellem den første (venstre panel) og anden (højre panel) vegetationsperiode. Hver med 100% lys med forskellig kunstvanding (100Wa, 60Wa, 40Wa).

Med varierende lystilførsel, men kun meget lidt vanding (40 %), dannede planterne i den anden vegetationsperiode væsentlig mindre stængelbiomasse end i den første (fig. 39).

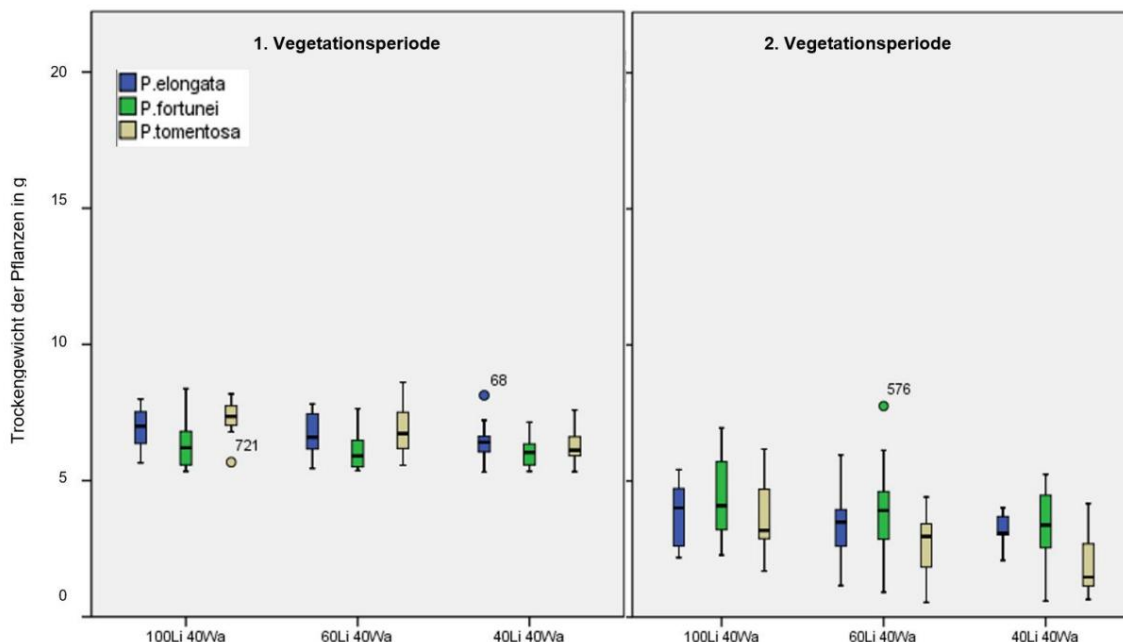


Fig. 39: Sammenligning af tørvægten af Paulownia-arter mellem den første (venstre panel) og anden (højre panel) vegetationsperiode. Hver med 40% vanding med forskellig lysforsyning (100Li, 60Li, 40Li).

Planternes reaktioner i den anden vækstsæson må derfor være en konsekvens af den første vækstsæsons behandlingstrin. Planterne forsøger at overleve i den anden vækstsæson, men er ikke længere i stand til at producere det samme tørstof som i den foregående vækstsæson.

3.2.2.3.4 Bladareal, antal blade og antal skud

Til slutningen af anden vegetationsperiode, før det naturlige bladfald, blev der taget et fuldt billede ved levende planter igennem guidet. I en periode på to uger blev bladene af alle målte planter. Opdelt efter behandlingstype og stadier kan følgende konklusioner drages.

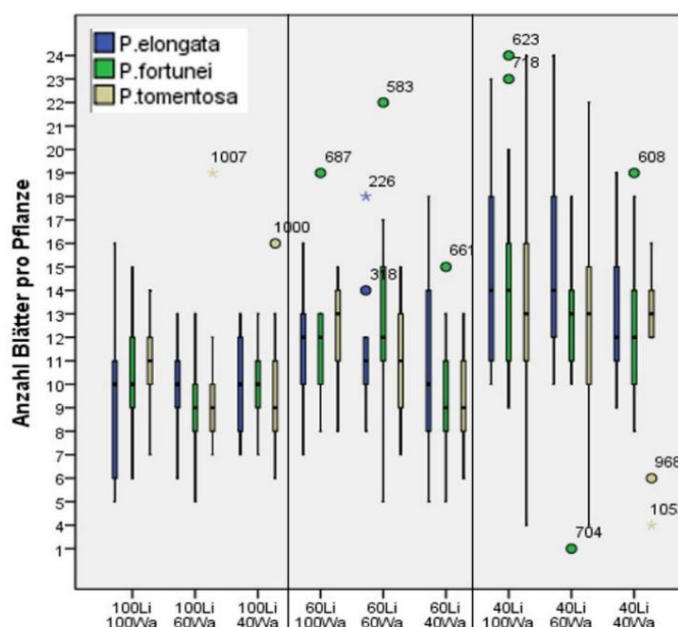


Fig. 40: Antal blade pr. plante divideret med behandlingsniveauer (lys og vand) og fordelt på Paulownia-arter.

Der er signifikante forskelle i bladtal mellem behandlingsniveauer, men ikke mellem *P.* arter

(Fig. 40). Spænderne er for det meste meget store, hvilket betyder, at planteindholdet er meget højt. Ved lysniveauer 100% og 60 % viser ingen signifikante forskelle i bladtal, uanset hvilke vandingsniveauer der tages i betragtning.

Kun ved en meget lav lystilførsel på 40 % danner planterne flere blade eller ikke smide de ældre eksisterende blade. En reduceret lysforsyning medfører derfor et højere antal ark.

For at fuldende billedet skal du overveje det samlede bladareal pr. plante (fig. 41).

Dette viser, at mindre vand som forventet også giver et mindre bladareal pr. plante.

I modsætning hertil dannes der mere bladareal, når en høj mængde vand er tilgængelig (100%), men lystilførslen falder.

Den yderligere udvikling af sideskud (fig. 42) er ret usædvanlig hos de unge planter i de to første vækstsæsoner, da krondannelsen først begynder senere, og planten foretrækker at investere sin energi i et terminalskud i ungdomsfasen.

Ved et lysniveau på 40 % kan det dog observeres, at planterne udvikler yderligere sideskud i den anden vækstsæson for at kompensere for den reducerede lystilførsel. Da lyset er den begrænsende faktor i udviklingen af sideskuddene, er det irrelevant, hvor meget vand der er til rådighed.

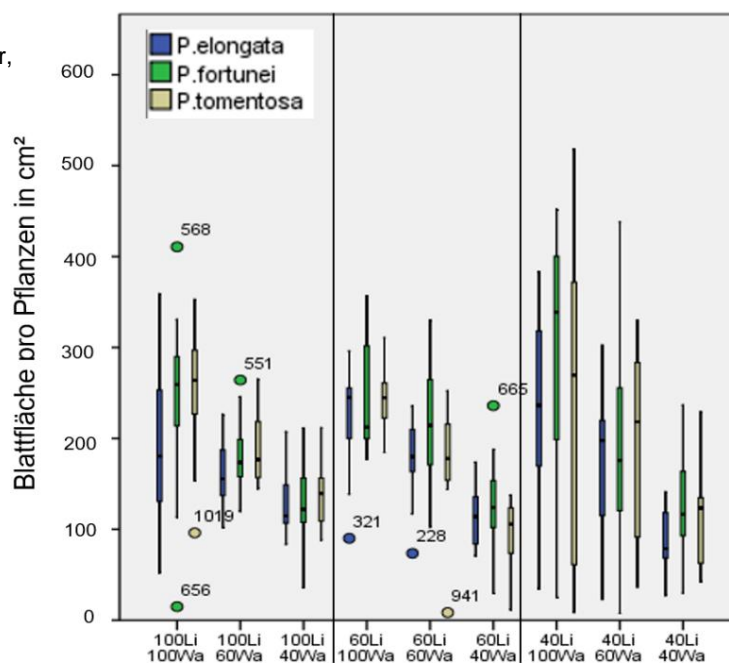


Fig. 41: Bladareal pr. plante i cm² divideret med behandlingsniveauer (lys og vand) og opdelt efter Paulownia-arter.

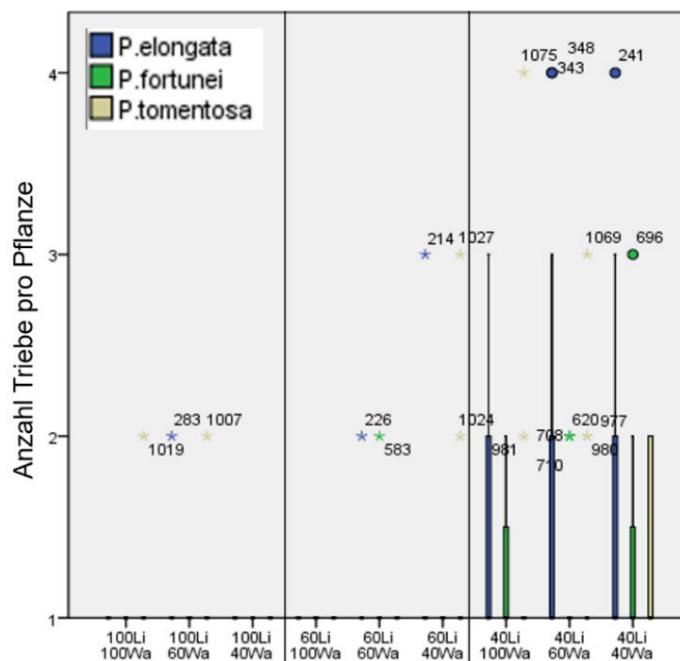


Fig. 42: Gennemsnitligt antal skud pr. plante divideret med behandlingsniveauer (lys og vand) og fordelt på Paulownia-arter.

3.3 Diskussion af resultaterne

3.3.1 Udendørs dyrkning

For at kunne observere *P.*-arternes (*P.elongata*, *P.fortunei* og *P.tomentosa*) vækstreaktioner under centraleuropæiske klimaforhold, blev tre forskellige lokaliteter udvalgt til eksperimentel udendørs dyrkning.

Brandenburg er en brunjords-podsol-jord med tørt og næringsfattigt sand, som tidligere blev dyrket. Det kontinentale klima er fremherskende her og bringer normalt vinterlige, meget kolde luftmasser med sig fra øst. Brandenburg svarer i mange dele til klimaområdet i det nordlige og østlige Kina, hvor næsten alle *P.*-

arter kan vokse. Arter, der er vant til tropiske klimaer, som f.eks

P.elongata viser dog vækstproblemer eller forfrysninger på grund af manglende lignificering (Zhu et al., 1986).

Forsøgsarealet i Göttingen blev i årtier brugt som lagerområde for byggebrokker før forsøgsdyrkingen, men blev til sidst lukket ned og var derefter bevokset med græs i årevis. Med hensyn til jordbundsforhold byder Göttingen-stedet på en rendzina af kalksten, der veksler med lavvandet brun jord. Selvom man her kan tale om en overgang mellem atlantisk og kontinentalt klima, er Göttingen-området meget atlantisk påvirket på grund af dets nærhed til Harzen. En sammenligning med de oprindelige klimaer i paulownia er vanskelig, men svarer nogenlunde til det centrale og østlige Kina. Det var derfor at antage, at *P.*-arten ville trives bedst i Göttingen i forhold til klimaet.

Et barskt, klart atlantisk præget maritimt klima, som det man finder på Nordsøen Foehr, tilbød sig selv som en kontrast eller en forlængelse. Marskjord med podsol-parabraunerde og sandede toplag over kampestenmuld er fremherskende dér. Jordbundsforholdene er i det mindste magen til dem i Brandenburg og skulle muliggøre god vækst af *P.* arten. Klimamæssigt er det svært at lave en sammenligning med Kina, selvom det tydeligvis er en kystnær beliggenhed med kraftig vind, som kan henføres til nordøstkinesiske forhold på grund af det fremherskende klima.

Forsøgsstederne rummer derfor potentiale for meget forskellige vækstreaktioner af de forskellige *P.* arter, hvor klimatiske ligheder med det naturlige udbredelsesområde i Kina er givet og ønsket.

3.3.1.1 Vejrforhold

Som evalueringen af dataene fra den tyske vejrtjeneste viser, afviger fordelingen af nedbør på de enkelte testområder meget fra langtidsgennemsnittet, som i dette tilfælde dækker en referenceperiode på 30 år (1980 - 2010).

I observationsårene fra 2015 til 2017 var der tydeligt genkendelige forårs- og sommertørker inden for vegetationsperioderne, og at selvom den var fordelt over det respektive år, svingede den samlede nedbør i intervallet 74 til 140 % i forhold til langtidsgennemsnittet. Men fordelingen af denne nedbør flytter sig væk fra vækstsæsonen og ind i efterårs- og vintermånederne. Samtidig kan der observeres en temperaturstigning, som i gennemsnit over året ligger mellem 0,6 og 0,9 °C.

Ifølge Zhu et al.

(1986) er mere gavnlige, hvorved det optimale på 24 - 29 °C kun nås på få sommerdage i Tyskland. Sideløbende med dette stiger planternes vandbehov naturligvis også, men det er til gengæld begrænset af nedbørshyppigheden og mængden af nedbør.

Ved hyppigere tørkehændelser i vegetationsperioden og højere gennemsnitstemperaturer øges vandstressen for planterne, hvilket har en negativ effekt på væksten (Fig. 43) (WiBei, 2008). De ugunstige vejrforhold i forsøgsperioden, især i vækstfasen, havde en negativ indvirkning på de unge planters overlevelsesrate og forårsagede dermed høje fejlrate.

Planterne reagerer på en forårstørke ved at forsinke deres spiring, hvilket forkorter deres vegetationsperiode yderligere. Den deraf følgende forsinkelse i væksten kan ikke længere kompenseres for en eventuel stigning i sommernedbør, som det f.eks. var tilfældet for Brandenburg og Göttingen i 2015 og 2017.

En sammenligning af *P.* arterne viser, at *P. elongata* overlever tørken i vækstfasen bedst på begge testarealer og kun har en lav fejlrate. I modsætning hertil reagerer *P. fortunei* på forårstørken med særligt store tab, da den for eksempel forekommer i Göttingen i alle tre testår.

Generelt kan man sige, at hvis foråret er cirka 30 % tørrere end langtidsgennemsnittet, kan der forventes en fejlrate på *P.*-planter i intervallet mellem 20 – 30 %.

Hvis denne tørke intensiveres til mere end 40 % af langtidsgennemsnittet, varierer fejlraten for *P.*-planterne i området fra 20 til 70 %, afhængig af de respektive træarter.



Fig. 43: Vitalitetsniveauer ifølge Visnjic (2006), fra venstre mod højre: niveau 1 = vital plante, niveau 2 = moderat vital plante, niveau 3 = lav vital plante, niveau 4 = visnet plante; modificeret ifølge Büker (2015).

På testpladsen i Brandenburg blev et ret vådt forår efterfulgt af en voldsom sommertørke i 2016, som voldte store problemer for planterne og forklarer det høje antal fejl i slutningen af vækstsæsonen.

Generelt reagerer planterne på en sommertørke først med kraftig visnelse og til sidst med udfald af de gulede blade, i rækkefølgen fra bund til top, altså fra de ældre til de yngre blade (fig. 44). Terminalknoppen forsvinder kun som den allersidste takt. De laterale knopper (sympodisk forgrening), der kan være dannet igen efter en nedbørshændelse, danner blade, der er væsentligt mindre i overfladeareal, end det normalt ville være tilfældet på dette udviklingstrin.



Fig. 44: Visnelse af Paulownia-blade på grund af tørkestress på prøvegrunden i Brandenburg.

Det generelle princip gælder, at kun med den størst mulige fotosyntetisk aktive overflade, det vil sige så mange store blade som muligt, kan den enkelte plante producere store mængder biomasse (Zhu et al., 1986). Da de blade, der kræves hertil af de beskrevne årsager, ikke dannes eller fældes i mellemtiden, halter paulownia bagefter de vækstforventninger, der kendes fra dens hjemegn (se også Bork et al., 2015).

3.3.1.2 Jordbearbejdning og jordbundsforhold

Paulownia-kimplanterne og de unge planter, der udvikler sig fra dem, er forholdsvis svage i konkurrence (Bonner, 1990). De har brug for fuldt udendørs lys for optimal udvikling, da de sænker væksten selv med en lille krone fra konkurrerende vegetation (Cathaia, 2020).

Lignende reaktioner blev observeret ved udendørs dyrkning, selvom der blev udført jordbearbejdning på alle tre forsøgsarealer i form af afskæring og fjernelse af græstørven eller bearbejdning af hele arealet inden plantning. Selv regelmæssig vækstregulering i de følgende år kunne ikke helt forhindre en midlertidig negativ indflydelse på planternes vækst. Bork et al. (2015) gennemførte deres feltforsøg i Bayern

behandlet med tre forskellige plejeniveauer (ingen, middel, høj) og kom til lignende konklusioner.

Udover den anbefalede jordbearbejdning før plantning, har jordtypen og de tilhørende jordegenskaber også indflydelse på vækstens succes. Især jordens vandlagringskapacitet kan her være afgørende.

I tilfældet med Rendzina på kalksten eller den lavvandede brune jord i Göttingen viste det sig, at de unge planter, på grund af den for det meste kun 20 cm jorddybde, havde for lidt vand til rådighed og ikke kunne udvikle tilstrækkelige rødder (Longbrake, 2001). . Det var derfor ikke muligt for dem at få adgang til grundvandet i dybere jordlag ud over naturlig nedbør (50 – 90 mm brugbar markkapacitet).

Zhu et al. (1991) er af den opfattelse, at grundvandet ikke bør være til stede før en dybde på 1,5 m, som planterne normalt når i deres naturlige udbredelse i det første år af deres plantning. Hvis grundvandet er lavere, har dette også en negativ effekt på rodudviklingen.

Et billede, der ligner det i Göttingen, tegnede sig også i Brandenburg, selvom det kunne forventes, at god rodgennemtrængning ville være lettere på Braunerde-Podsol-jorden. Den anvendelige markkapacitet med et centralt areal på 90 - 140 mm i det effektive rodareal var dog ikke tilstrækkelig til, at mange unge planter kunne overleve flere ugers tørkeperioder, især i den følsomme vækstfase.

Planterne reagerer på denne tilbagevendende tørkestress ved at visne og til sidst smide deres blade. Reduktionen af overfladearealet, som har betydning for fotosyntesen, medfører tab, både hvad angår vækst i længden og i udviklingen af rodsystemet, som ikke kan kompenseres for i det videre forløb af vækstsæsonen. Hvis denne cyklus gentager sig, mister planterne gradvist deres styrke og dør til sidst.

Ud over dette kan perspektivet med den tidlige og utilsigtede opgivelse af Föhr-forsøgsdyrkingen flyttes til den helt anden side. Udtalelsen af Zhu et al. (1986) kan bekræftes, hvorefter P.-planterne ikke tåler vandfyldning, og dødsprocessen begynder efter blot tre dage. I det første år af plantningen på Föhr forsøgte samfundet regelmæssigt at rense dræningsgrøfterne, hvorfor planterne blev oversvømmet i flere uger efter en kraftig regnhændelse. Herefter er ingen af planterne spiret frem.

3.3.1.3 Behandlingstype

En plantes vækst påvirkes af en lang række faktorer, for eksempel plantetypen, stedets forhold og den type behandling, der er anvendt i de beskrevne forsøg.

På de tre testområder blev de tre P.-arter opdelt ligeligt i fire forskellige behandlingstyper (se også Mehrotra, 1997, 1996; Mehrotra et al., 1998). Plantehullerne på en fjerdedel af planterne blev behandlet enten med Geohumus (G), med mykorrhizasubstrat (M) eller med en kombination af begge (MG). Den resterende fjerdedel af planterne blev plantet ubehandlet for at opnå en referenceværdi, dvs. en kontrolgruppe (N = nul areal).

De forskellige variable blev testet ved hjælp af en multifaktoriel variansanalyse (ANOVA), og resultatet, baseret på de første tre undersøgte vækstsæsoner, var altid det samme. De forskellige behandlingstyper har ingen statistisk påviselig indflydelse på P.-planternes højdevækst

taget.

En forskel kan først ses mellem lokaliteterne i slutningen af anden vegetationsperiode, men denne får først betydning fra tredje vegetationsperiode og frem.

Flere årsager kan forklare manglen på påviselige reaktioner

om de forskellige behandlingstyper: - Mængden af geohumus

eller mycorrhiza-substrat, der blev tilsat til plantehullerne, var baseret på den dosis, som producenten anbefalede afhængigt af jordvolumen eller plantehullets størrelse.

Ikke desto mindre kan der naturligvis ske forskydninger eller ændringer under plantningsprocessen. Spild af substraterne i dybere jordlag, hvilket betyder, at deres effekt ikke kunne udfolde sig efter hensigten (Visnjic, 2006). Tilplantningerne er dog udført af en professionel skovfoged, hvilket begrænser den faktiske fejlprocent.

- Der er heller ikke tidligere brugt sterilt plantemateriale i forbindelse med mykorrhizasubstratet.

Plantekimplanterne var allerede kommet i kontakt med mykorrhiza i træplanteskolen (Cathaia, 2020) på grund af de herskende forhold i plantebedet, som de så blev transplanteret med. Et tidligere drivhuseksperiment havde påvist tilstedeværelsen af et sådant mykorrhiza-netværk på planterødderne (Büker, 2015). I hvilket omfang en yderligere mykorrhisering af plantehullet så medfører yderligere positive effekter, skal bevises ved hjælp af en yderligere forsøgsopstilling, der er specialiseret til dette formål.

- De væksteffekter, man håbede på gennem brugen af substraterne, kan være blevet sløret eller overlejret af de høje fejlrat. Prøvestørrelserne af de forskellige behandlingstyper er allerede meget forskellige i begyndelsen af anden vegetationsperiode, forårsaget af det høje antal fejl, og består i den tredje vegetationsperiode kun af individuelle planter, hvilket i høj grad svækker en statistisk opgørelse, når man sammenligner værdierne.

- Det er selvfølgelig også muligt, at observationsperioden med i alt tre vegetationsperioder var for kort til at kunne påvise mulige effekter. Dette punkt kan også først endeligt afklares ved et nyt og længere testopsætning (se også Bork et al., 2015).

Det er dog også muligt, at de anvendte substrater simpelthen ikke har den effekt, som producenten har lovet, og derfor ikke har den håbede indflydelse på P.-planternes udvikling (Geohumus, 2020; Mehrotra, 1997a). I drivhuseksperimentet af Büker (2015), som handlede om et lignende spørgsmål, kunne der heller ikke påvises udviklingsmæssige effekter.

3.3.1.4 Plantevækst

Når man dyrker paulownia, er det almindelig praksis at transplantere planterne mod slutningen af den første vækstsæson, for at udvikle en stilk, der er så lige som muligt (Wang og Shogren, 1992; Zhu et al., 1991, 1986). Denne anbefaling blev også fulgt på testparcellerne og længdevæksten i anden vegetationsperiode er derfor et helt nyt skud.

Allerede i slutningen af den første vegetationsperiode kan der gættes på forskelle i længdevækst mellem de to resterende forsøgssteder i Brandenburg og Göttingen. Udbredelsen af Brandenburg-værdierne er betydeligt større end Göttingen, som øges yderligere fra vegetationsperiode til vegetationsperiode.

Årsagen til dette er den store heterogenitet i brandenburgerens længdevækst og den forholdsvis høje homogenitet af Göttingen P.-planterne.

Alle planter i Göttingen spirer op af jorden hvert år og når altid samme højder, hvorfor de ikke adskiller sig meget fra hinanden. Anderledes forholder det sig i Brandenburg, hvor i begyndelsen af tredje vækstsæson en del af P.-planterne fra stænglerne udviklet i anden vækstsæson fortsætter med at vokse og kun få planter spirer op af jorden. (se Bork et al., 2015)

Det kan antages, at foråret 2016, som var 20 % vådere i Brandenburg, gav planterne et forspring vækstmæssigt (fig. 45). På grund af den efterfølgende sommertørke, med kun 50 % af normal nedbør, er antallet af fejl forståeligt nok meget højt. På trods af dette var nogle af de overlevende planter i stand til at brunkulere mod slutningen af vegetationsperioden og klare den kolde vinter uden at fryse tilbage eller fryse.

overleve dehydrering. I det tørre forår 2017 med kun 60 % af den gennemsnitlige nedbør, kunne de så spire igen fra disse plantestilke og udvikle sig til større planter end i sammenligning med Göttingen. Der er altså en højde, hvorfra den enkelte plante ikke længere tørrer tilbage, men fortsætter med at vokse og dermed langsomt vokser ud af skyggetrykket fra konkurrerende vegetation.

Bork et al. (2015) rapporterer bagudfarvende længder af hovedstammen i intervallet 40 – 60 cm, hvilket ofte endda svarede til hele plantehøjden i disse forsøg.



Fig. 45: Paulownia-plante med en højde på 45 cm i en alder af 6 måneder på teststedet i Brandenburg.

En signifikant forskel i væksten af de tre P. arter kunne ikke påvises. På den ene side var datagrundlaget for lille på grund af det høje antal fejl. På den anden side kunne en fænotypisk forskel mellem plantearterne ikke udvikle sig tilstrækkeligt med en så lav vækstrate inden for de tre første vegetationsperioder. Dette ville efter al sandsynlighed have krævet en stærkere vækst eller en længere observationsperiode.

Da den medfølgende vækstregulering blev stoppet i begyndelsen af den fjerde vegetationsperiode, blev paulowniaens lave konkurrenceevne tydelig. På forsøgsområdet i Göttingen døde de sidste planter efter fornyet spiring under pres fra den konkurrerende vegetation. I Brandenburg har enkelte planter udviklet sig til unge træer, hvis antal svarer til mindre end 10 % af den oprindelige beplantning, og de lever fortsat ikke op til forventningerne med hensyn til højdevækst

(se Bork et al., 2015).

3.3.2 Drivhusforsøg

Baseret på feltforsøgene og for at håndtere yderligere problemer, blev et to-årigt drivhusforsøg designet i foråret 2016 i Göttingen. Her skal lys og vands vekselvirkning på den unge vækst - altså overgangen fra frøplante til ung plante - observeres.

180 kimplanter hver af de tre *P.* arter: *P.elongata*, *P.fortunei* og *P. tomentosa* brugt. At sætte paulownia på pinden i slutningen af den første vegetationsperiode gav også mulighed for at høste stængelbiomassen. Denne procedure blev følgelig gentaget i slutningen af den anden vækstsæson.

En graduering af lyset blev opnået med skyggenet i niveauerne 60% og 40%. Her er det 100 % lys baseret på det tilgængelige naturlige udendørs lys, som falder gennem glasset i drivhuskonstruktionen.

Vandingen af planterne blev udført manuelt og opdelt i lige store gradueringer. Vandindholdet på 100 % og antallet af nedbørshændelser er baseret på langtidsgennemsnittet af naturlig nedbør i Rheinland-Pfalz i vækstsæsonen (Tab. 4: Vandmængder i de tre vandsstadier.).

Når man ser på de præsenterede resultater, kan det ses, at der i den første vækstsæson generelt ikke var nogen reaktioner fra planterne på de forskellige behandlingsstadier. Først i slutningen af den anden vegetationsperiode viser sig forskelle ikke kun mellem behandlingsniveauerne (100 %, 60 % og 40 %), men også mellem plantearterne. De forskellige høje fejlrate har indflydelse på præsentationen af resultaterne, hvilket f.eks. især kan ses ved 40% lysniveau fra de mange afvigende værdier.

3.3.2.1 Fejlrate

Under laboratorieforhold og afhængigt af den periode, der er tale om, kan der altid være et naturligt tab af planteindivider. Derudover har behandlingstypen med dens forskellige gradationer naturligvis direkte indflydelse på sandsynligheden for, at planterne overlever.

I forhold til den første vegetationsperiode (1. VP) er de relativt lave fejlprocenter for de to behandlingstyper, lys og vand, ens. I anden vegetationsperiode (2. VP) angives derimod en større effekt af lyset.

Med faldende lys, hvilket svarer til stigende skygge, er der fejlprocenter på 2-10 % i 1. VP og 7-49 % i 2. VP på tværs af alle behandlingsstadier og *P.* arter.

Til sammenligning med faldende vandtilgængelighed svigter mellem 5 - 7 % i 1. VP og 16 - 26 % i 2. VP af planter. En reduktion i lys viser derfor en væsentlig højere fejlrate, end det er tilfældet med en reduktion i vandtilgængeligheden.

Da planterne starter som frøplanter i 1. VP, er deres følsomhed over for skygge og vandmangel i starten lav, eller der er mere tilgængelig, end der er behov for til udvikling på dette tidlige stadie. På trods af dette er øgede fejl, med 40 % skygge, allerede genkendelige i slutningen af 1. VP.

I begyndelsen af anden vegetationsfase vil de unge planter spire igen fra den etablerede grundstamme, og deres udvikling er mærkbart mest begrænset af lyset. Når man ser på kombinationen af 100 % vand og faldende lystilgængelighed i slutningen af 2. VP, ser der ud til at være en tærskel i området mellem 60-40 % skygge, hvorfra sandsynligheden for overlevelse for de unge planter bliver kritisk. Fejlprocenterne summer sig her fra 5 til 45 %. Afhængigt af vandstanden er der endnu mere drastiske fejlrater på 41 - 61 % med 40 % lystilgængelighed.

Hvis der udover dette tages i betragtning den omvendte kombination af 100 % lys og faldende vandtilgængelighed, vises fejlrater på kun 1 - 15 %, dvs. omkring 1/3 lavere end ved sammenlignelige lysværdier. Men også her er der en tærskel i overgangen fra 60 til 40 % vandtilgængelighed, hvilket ser ud til at have en mindre begrænsende effekt end tilfældet er med lys.

Kun i kombinationsstadiet af 100 % lys til 60 % vand er der ingen fejl i 1. VP. Dette er ledsaget af den modsatte observation,

at den højeste fejl er i slutningen af 1. VP med 40 % lys og 100 % vand

angiver. I denne konstellation reagerer *P. elongata* mest følsomt med 30 % tab sammenlignet med *P. fortunei* med 0 %.

I 2. VP er fejlraten som forventet højest med 61 % i kombinationsniveauet 40 % lys og 40 % vand. Her repræsenterer *P. elongata* med 75% og *P. fortunei* med 45% plantesvigt de to modsatte yderpunkter, hvilket er overraskende, da der ifølge Zhu et al. (1986) *P. fortunei* er den mest skygge-intolerante af alle *P.* arter. I naturen kan regenerering af *P. fortunei* kun forekomme i åbent land, da den ikke overlever skygge (Zhu et al., 1986). På tværs af alle behandlingstyper og stadier viser *P. tomentosa* med de laveste gennemsnitlige fejlrater sig dog at være den mest robuste af *P.* arterne under de givne testbetingelser.

Udtalelserne kan dog kun ske med forbehold, da prøveopsætningen på grund af pladmangel skulle indrettes således, at plantekrukkerne stod direkte ved siden af hinanden på bordene. Denne snæverhed betyder, at planterne skygger for hinanden fra en højde på omkring 20 cm.

I den forbindelse kan man dog også tale om en naturlig skyggevirkning, som det sker ved naturlig regenerering udendørs, hvor planterne spirer endnu tættere sammen. Hvor stærk indflydelsen af denne naturlige skygge er på vækstadfærden eller fejlraten for de unge planter, kunne ikke kvantificeres nærmere i drivhusforsøgene.

3.3.2.2 Vækst i længden

Ved slutningen af 1. VP er der stadig ingen signifikant forskel mellem behandlingstyper og -stadier med hensyn til længdevækst. De samme grunde kan anføres som forklaret ovenfor.

Signifikante forskelle kan kun påvises i 2. VP, selvom resultaterne er forbundet med store intervaller. Dette bliver særligt synligt, når man ser på kombinationen af 40 % lys og 100 % vand baseret på de talrige afvigende værdier.

I denne sammenhæng kan man næsten tale om en to-lags struktur. Denne består af planteindivider, der viser kraftig vækst i længden og stræber opad, og andre planter, der halter efter i væksten, bliver derfor kraftigt skyggefulde og vokser kun lidt i længden.

Længdeforøgelsen er stærkest i den allerede nævnte kombination af 40 % lys og 100 % vand og aftager løbende med reduktionen i vandtilgængeligheden til 60 eller 40 %.

Derimod er væksten langsomst med 100 % lys og 40 % vand. Når der er lidt lys, har planterne en tendens til at vokse sig højere, så længe der er nok vand til rådighed. Men hvis forholdet er omvendt, og vand er den begrænsende faktor, vil fuld eksponering for lys ikke resultere i øget vækst.

Generelt kan der kun findes signifikante forskelle mellem behandlingsniveauerne og ikke mellem de tre *P.* arter.

Det er dog værd at bemærke, at fx *P.elongata* viser den største totallængde i kombinationen af 40 % lys til 100 % vand med 54 cm som middelværdi i 1. VP og 156,5 cm i 2. VP. Det skal bemærkes, at med denne let-vand kombination har *P.elongata* en fejlrate på 30 % i 1. VP og 45 % i 2. VP, hvilket resulterer i et skift i middelværdien. Til sammenligning med *P.tomentosa* kan på grund af den lave fejlrate, det store vingefang og en vækst i længden, der er mindre end med *P.elongata*, forklares.

3.3.2.3 Diametervækst

Væksten i diameter er steget i forhold til første til anden vegetationsperiode, selvom der er tale om et nyt skud. Væksten viser sig ikke at være så høj, som den kan observeres, for eksempel ved vækst i længden.

På trods af dette fortsætter væksten i diameter med at være i forhold til

Længde, som vist ved at se på H/D-forholdet (højde til diameter).

H/D-forholdet i 2. VP viser dog væsentligt større værdier og en højere

spredning. På den ene side skyldes det de mange planter, der er sakket bagud med

hensyn til længdevækst og nu skygges og kun vokser lidt i længden, men i stigende grad i diameter.

På den anden side er der også nogle planter, der er blevet forholdsvis meget længere, men deres diameter har ikke udviklet sig proportionalt. For forfatterne Zhu et al. (1986) er det korrekte H/D-forhold et af de fire afgørende kriterier for udvælgelsen af frøplanter i det første vækstår. De anbefaler et generelt H/D-forhold på 60 - 70, eller omkring 60 for *P. fortunei*, da dette garanterer en stabil plante. Med størstedelen af

I drivhusplanter svingede H/D-forholdene i intervallet 20-100 ved slutningen af den første VP og mellem 100-200 efter 2. VP, hvilket tyder på lav stabilitet.

Når man overvejer de forskellige mulige kombinationer af behandlingstrinene, viser det sig, at vandet er den begrænsende faktor i diameterudviklingen og ikke lyset. Først når lystilgængeligheden er lav, fx 40 %, har de forskellige vandstande ikke længere nogen påviselig indflydelse på diameterudviklingen.

I modsætning til hvad man for eksempel kan observere ved vækst i længden, er der ingen signifikant stigning i diameteren, når lyset aftager.

3.3.2.4 Tørstof

Udtrykket tørstof refererer generelt kun til den overjordiske stængelbiomasse uden bladbiomassen, som i dette tilfælde ikke blev betragtet eller registreret. Stængelbiomassen høstet over rodhalsdiameteren blev derefter tørret ved 105 °C og vejret for at kunne sammenligne den.

Når man ser på stænglen, er hulrummet i tværsnittet mærkbart, hvilket tydeligt kan genkendes, selv når det modne træ er høstet (Fig. 46). Stilken er derfor et rør, hvor hullet i midten kun øges marginalt i tværsnit efterhånden som tykkelsen vokser og som udgangspunkt ikke udgør et problem ved brug af den senere stilk.



Fig. 46: Paulownia- stilke høstet fra drivhuset; genkendeligt rørtværsnittet.

Generelt kan der ikke findes forskelle mellem *P.* arterne i dannelsen af stængelbiomasse.

Med behandlingsniveauerne, i kombinationerne af 100 og 60 % lys til 100 og 60 % vand, kan der ikke påvises nogen signifikant forskel mellem de to vegetationsperioder. Mod alle forventninger blev der i 2. VP dannet ikke mere, men en tilsvarende mængde eller endnu mindre stængelbiomasse på trods af stærkere vækst i længde og tykkelse.

Ved kombinationsniveauet på 40 % vand og uafhængigt af lystilførslen blev der dannet væsentlig mindre masse i 2. VP end i 1. VP.

Når man ser på højden i forhold til vægten (svarende til H/D-forholdet), viser 2. VP, at næsten halvdelen af alle planter er dobbelt så høje (langsgående vækst), men er kun halvt så tunge (biomasse).

Med konstant vanding på 100% og med et fald i lystilførslen falder stammebiomassen synligt, men værdierne er ikke signifikante.

Et signifikant fald i 2. VP kan kun måles med en kombination af 100 % lys og en reduktion i vanding.

Samtidig er rækkevidden af P. arterne, sammenlignet med værdierne for længden og diameteren, de mindste for tørstoffet.

De målte værdier er tættest på hinanden ved 40% vandstand. Ved denne tærskel på 40 % er der derfor kun en lille forskel mellem de enkelte planter.

Dette kan være en indikation på, at man i 2. VP på dette behandlingstrin er nået til det punkt, hvor planterne netop overlever og ikke længere kan udvikle yderligere vækspotentiale.

Planternes reaktioner i 2. VP er et direkte resultat af behandlingen fra 1. VP. Som følge heraf ville planterne i 2. VP have haft brug for mere lys og mere vand og dermed indirekte mere vækstplads end forsøgsopstillingen muliggjorde for at kunne generere yderligere vækst i form af biomasse.

En større del af biomasseforøgelsen kunne naturligvis også have været omdannet til yderligere bladbiomasse, men dette blev ikke yderligere registreret i dette forsøgs omfang.

3.3.2.5 Bladareal

For at bestemme antallet af blade og bladareal blev der foretaget en fuldstændig undersøgelse i slutningen af den anden vegetationsperiode, før den naturlige bladfældning, som i dette tilfælde omfattede måling af over 5.000 blade.

Resultatet viser, at der mellem behandlingstyper og -stadier var signifikant større forskelle i bladarealet og mindre i antallet af blade.

Med hensyn til bladarealet kan der påvises væsentlige forskelle mellem behandlingsstadierne, men ikke mellem P. arterne. Også her er intervallerne for målingerne meget store, hvilket indirekte refererer til planteindividernes meget heterogene udvikling i forhold til hinanden.

Ved lysniveauerne 100 og 60 % er forskellene i antallet af blade små, uanset hvor meget vand der er til rådighed. Kun ved en meget lav lystilførsel på kun 40 % udvikler planterne væsentligt flere blade eller fælder ikke de ældre.

Planterne reagerer endnu stærkere på de forskellige vandstande ved at øge eller formindske bladarealet. Generelt betyder mindre vand mindre samlet bladareal pr. plante. Det største bladareal blev dannet af planterne, som kun havde 40 % lys men 100 % vand til rådighed. Der er dog ingen væsentlige forskelle mellem lysniveauerne, kun mellem vandstandene.

Ved et lysniveau på 40 % reagerer planterne på den lave tilgængelighed af lys i den anden vegetationsperiode ved at udvikle yderligere sideskud.

Denne reaktion er ret usædvanlig hos unge planter i de første tre til fire vækstsæsoner, da selve kronedannelsen først begynder i senere år, og planten investerer mere af sin energi i et terminalskud i ungdomsfasen (Zhu et al., 1986). Følgelig er udviklingen af sideskud en direkte reaktion fra planten på den reducerede lystilgængelighed. Der kunne dog ikke bestemmes forskelle mellem P. arterne.

3.3.3 Resumé

Som markforsøgene har vist, kan Paulownia dyrkes under centraleuropæiske klimaforhold. Der må dog forventes store tab, for så vidt der er øget forårs- eller sommerfrost i de første par år af plantningen.

sommerens tørke kommer. Vækstsuccesen er derfor i høj grad afhængig af de fremherskende vejrforhold. Yderligere kunstvanding eller valget af ældre planteindivider (Heister) kan hjælpe her, men vil øge omkostningerne ved dyrkning (Cathaia, 2020; EnPf, 2021; WeGrow, 2020).

Udover vækstsucces er vækst i længden også påvirket af klimatiske og lokale forhold. Forsøgene kunne kun give utilstrækkelige resultater om mulige forskelle i vækstreaktionerne og vækstforløbet mellem de tre P. arter. Planternes reelle vækst var for lav til dette, da den levede langt under de forventninger, der var knyttet til disse træarter

generelt være forbundet, haltet bagud. Derudover var antallet af fejl uventet højt, hvilket medførte, at feltforsøget blev afsluttet før tid, og den planlagte observationsperiode blev forkortet.

De behandlingstyper, der er testet i marken, relateret til geohumus og mykorrhisering, har ikke haft nogen påviselig effekt på planternes vækst.

Det høje antal fejl kunne dog have sløret mulige reaktioner i dataene. En længere observationsperiode ville også være nyttig for at kunne komme med afgørende udsagn om hjælpestofferne, fordi der er talrige referencer til deres positive effekter i litteraturen (Mehrotra, 1996; Mehrotra et al., 1998; Mehrotra, 1997a).

Væksten var også for lav eller observationsperioden for kort til påvisning af yderligere artstypiske forskelle. Det må forventes, at de typiske forskelle mellem P. arterne først vil udvikle sig i de følgende år, og at disse også vil stige fra vegetationsperiode til vegetationsperiode.

Det har vist sig, at væksten af planterne i drivhuset var påvirket på forskellig vis af de givne lys- og vandforhold.

Når lyset reduceres, øges planternes længde og diameter. Diameteren udvikler sig dog ikke i samme forhold som længden. Dette resulterer i et skift i højde-til-diameter-forholdet, hvilket resulterer i længere, men tyndere planter, som kan ses allerede i anden vækstsæson.

Et fald i vand, i modsætning til et fald i lys, ingen væsentlig indflydelse på længden. I udviklingen af diameteren er vandtilgængeligheden dog den begrænsende faktor. Et fald i stængelbiomasse og bladareal er også forbundet med faldet i vandtilgængeligheden.

Antallet af blade afhænger derimod af lyset. Kun ved kraftig skygge (40 %) stiger antallet af blade, eller planterne forsøger at beholde de eksisterende blade så længe som muligt.

Forskelle i de tre P.-arters reaktion på de forskellige behandlingstyper og -niveauer kunne ikke påvises i drivhusforsøget.

Også dette vil formentlig kræve en længere observationsperiode på mere end to vækstsæsoner.

Drivhusforsøgene har vist, at der i intervallet mellem 60 - 40 % af det naturlige lys er en tærskel, hvor der er høje antal fejl i regenereringen allerede i den første og endnu mere i den anden vækstsæson.

Både selve spiringen og den efterfølgende modning af frøene til unge planter kræver intenst lys, da ifølge Zhu et al. (1986) kan allerede en skygge på omkring 70% have fatale virkninger på regenereringen. Men som feltforsøgene også indirekte har vist, reducerer den ledsagende vækst, der hurtigt breder sig i et åbent rum, fx et vindkast, væksten af P.-

Tapering (se Bork et al., 2015). Det virker derfor mere end tvivlsomt, om Paulownia har potentiale for naturlig udbredelse i centraleuropæiske skove på grund af dens lave skyggetolerance. Især når træarten ikke er i stand til fuldt ud at udnytte sit vækspotentiale. (Bork et al., 2015)

I de naturlige skovbestande i Kina findes Paulownia normalt kun enkelte stængler på udsatte steder med masser af lys, hvilket er tilfældet for eksempel langs floder eller åbne dale. Derfor er naturligt forekommende P. skovbevoksninger sjældne og har da kun et lille antal stammer eller lav besætningsgrad.

Optræder træarten i blanding med andre arter, er dette kun muligt, hvis Paulownia har samme eller større kronehøjde end de øvrige træarter, der omgiver den. Forfatterne Zhu et al. (1986) konkluderer derfor, at Paulownia er en pionertræart, der ikke kan regenerere naturligt i skove, men altid brak, ryddet eller fhv.

Skovbrandsarealer påkrævet.

3.3.3.1 Dyrkbarhed

Som mark- og drivhusforsøgene har vist på forskellige måder, kan Paulownia dyrkes, men spørgsmålet om, hvorvidt det er værd at dyrke, kræver en mere differentieret tilgang.

Bortset fra de typiske forhaver er de arealanvendelsessystemer, der i øjeblikket kan tænkes i Tyskland, til aktiv dyrkning af Paulownia
Kortrotation af klippe- og agroskovbrugssystemer.

3.3.3.1.1 P. dyrkning på kort omløbsskov

P.-dyrkning på kortrotations-hjørner (SRC) finder allerede sted i Tyskland og tilbydes som en forretningsmodel af virksomheder som Cathaia-træplanteskolen (2020) og understøttet med ledelsesbefalinger (se også WeGrow, 2020).

SRC kan i den historiske kontekst klassificeres som en specialisering eller moderne fortsættelse af den gennemprøvede form for håndtering af høns (Dickmann, 2006; Meyerhof, 2014; Setzer, 2019).

Alle de anførte definitioner af SRC, uanset om det er ifølge Thomasius (1991) eller Knust (2009), står ikke i vejen for at udvide det eksisterende udvalg af træarter til at omfatte slægten Paulownia. Tværtimod har slægten en lang række gavnlige egenskaber, der gør den særligt anbefalelsesværdig til dyrkning i klippehjørner eller på kortroterede plantager, som Zhu et al. (1991, 1986) forklarer i detaljer (se også Hofheinz, 2016).

Selvfølgelig skal de juridiske rammer justeres for at kunne inkludere paulownia på listen over støtteberettigede SRC-træarter (VwG Cologne, 2014).

Ifølge Böhm et al. (2017) er flere træarter på et og samme areal alligevel ikke støtteberettigede som permanente afgrøder, hvilket indirekte også gælder for dyrkning af Paulownia ville tale, da den ikke kommer overens med andre træarter på grund af dens lave skyggetolerance (Zhu et al., 1986).

Med den klassiske installation af en SRC kræves der ingen ekstra planlægning af paulowniaen, da den kan plantes i rækker på en meget typisk måde. Det kunne bruges meget fleksibelt med hensyn til planteklynger, som kan variere fra 5 x 4 m (500 planter/ha) til 6 x 12 m (138 planter/ha) (Zhu et al., 1986). Desuden adskiller det sig ikke fra de sædvanlige SRC-træer med hensyn til plantemetoder og pleje.

Paulownia opfylder mange af de generelle krav, som Schildbach et al. (2009) er placeret på SRC træarter, især (se også 2.2.2.2.3

Paulownia som mulig SRC træart): - Den kan

formeres uden problemer (generativt og vegetativt),

- viser en særlig hurtig ungdomsvækst (pionertræarter), - har en høj biomasseproduktion, hvorved

- indtil videre er der kun kendt lav modtagelighed for abiotiske (Richter og Böcker, 2001; Stimm et al., 2013) og biotiske (Cabi, 2019; Mehrotra, 1997b) skader (se Hao et al., 2004) og

- den har en høj evne til at skubbe sine pinde ud (Zhu et al., 1986).

Men som markforsøgene har vist, er vækstsikkerheden for unge planter ikke garanteret, og de har kun et lavt niveau

Ungdomstæthedstolerance. Planterne er meget følsomme over for vandfyldning, men har en høj modstandsdygtighed over for tørke, hvilket normalt resulterer i tab i biomasseproduktion (Zhu et al., 1991, 1986).

Håndteringen af en ren Paulownia SRC er forholdsvis let, da slutprodukterne er velegnede til både materiel og energisk brug, som Zhu et al. (1986) beskriver i detaljer. Derudover er dyrkning til finerproduktion også mulig og værd at stræbe efter ud fra et økonomisk synspunkt. Dette kræver dog normalt yderligere investeringer i form af

Plejeforanstaltninger til beskæring af træerne (se 1.1.5.2.2 Kronevækst).

Naturbeskyttelsesvurderingen af et SRC baseret på P. træarter er vanskelig, som det fremgår af kapitel II, fordi det også kun har en lav grad af naturlighed, hvilket er ret typisk for et SRC, samtidig med at det er intensivt forvaltet. Generelt skaber oprettelsen af et nyt SRC ifølge Schmidt og Glaser (2009) et: "[...] nyt økosystem i landskabet med egenskaber, der forekommer uforenelige med naturbeskyttelse [...]". Selvfølgelig forværres dette udsagn endnu mere, når en ikke-hjemmehørende træart bruges. SRC sammenlignes dog her med træagtige økosystemer i form af skove, som ikke ser ud til at være helt fri for modsætninger.

Sammenlignes der derimod med andre landbrugsafgrøder og brugsformer, har en Paulownia SRC en høj værdi

Potentiale for at berige landskabet og at opgradere det fra et økologisk synspunkt.

3.3.3.1.2 P. dyrkning i agroforestry-systemer

Den århundreder gamle, forskelligartede kombination af planter, buske og træagtige planter med forskellig intensiv anvendelse på et og samme område omtales i dag som et agroforestry-system (AFS) (Eichhorn et al., 2006; Herzog, 1997). Mange af disse historiske brugssystemer er gået tabt på grund af adskillelsen af landbrug og skovbrug (Konold og Reeg, 2009).

Dyrkning af paulownia i AFS har imidlertid været praktiseret i Kina i århundreder og er blevet intensiveret senest siden 1950'erne og også videnskabeligt ledsaget (Wang og Shogren, 1992; Zhu et al., 1991, 1986). Siden 1970'erne er den i stigende grad blevet dyrket på plantager i USA (Snow, 2015) og siden 1990'erne er den også blevet brugt flittigt i New Zealand (Barton, 2007).

I Tyskland er forskningen kun blevet intensiveret siden 2010'erne (Bork et al., 2015; Felbermeier et al., 2015; Mosandl og Stimm, 2015; Stimm et al., 2013). Så det er ikke overraskende, at deres mulige anvendelse i form af agroforestry-systemer endnu ikke er meget kendt, udbredt og forsket.

Traditionelt dyrkes træarterne af slægten Paulownia i Kina normalt i en blandet kultur med fødeplanter (intercropping). De gætter

Forfatterne Zhu et al. (1991, 1986) afstår fra at blande Paulownia med andre lette træarter og foretrækker i stedet at bruge ringere og frem for alt skyggetolerante arter som bambus.

Selvfølgelig, når træerne vokser, falder mængden af lys, der kommer gennem dem. Kronen falder, men i alderen 7 - 8 år svarer det til cirka 40 - 50 % af den udendørs stråling. Selv i et ældre, modent træ trænger mellem 20-40 % af lyset stadig gennem kronen, hvilket stadig tillader dyrkning af en lang række forskellige afgrøder.

Antallet af træer, det vil sige plantegruppen og udbyttet af markafgrøder er direkte relateret til forvaltningsmålet. Dette kan variere fra primær tømmerproduktion, til en ligelig fordeling mellem tømmer- og afgrødeproduktion, til et eksklusivt fokus på afgrødeproduktion.

(Zhu et al., 1991, 1986)

Træarten kunne på grund af sine egenskaber anvendes til produktion af værdifuldt træ samt energitræ (se Grünwald og Reeg, 2009).

Problemet med den lave lystolerance, der er undersøgt i drivhusforsøgene, kan negligeres, når der dyrkes som Heister-plante udendørs med tilstrækkelig store planteafstande, som det er tilfældet med AFS.

Tilgængeligheden af vand i vegetationsperioden er dog afgørende for at udnytte træartens mulige vækstpotentiale. I området mellem 60 og 40 % af det vand, der blev tilvejebragt i drivhusforsøgene, steg fejlraten gradvist. Zhu et al. (1986) anbefaler generelt aktiv kunstvanding under tørke i vegetationsperioden, i hvert fald i de tidlige dyrkningsår.

For ikke blot at kunne sikre overlevelse, men også en optimal vækst af planterne, om muligt vil nye designmetoder som f.eks.

nøglelinjedesignet (nøglelinjer) i AFS tilrådeligt (Gerhardt, 2021). Dette fremmer dyb nedsivning af regnvandet, hvilket vil være til særlig gavn for rødderne af paulownia, som etablerer det dybeste mulige rodsystem i de første år af dens vækst (Longbrake, 2001).

Roddybden er afgørende for konkurrenceevnen over for afgrøder.

Da *P.* arterne generelt har meget dybe rødder, kan kun omkring 12 % af rødderne normalt findes i jorddybden 0 – 40 cm relevant for markafgrøder. Til gengæld findes mere end 76 % af et træs rodmasse i en dybde på 40 – 100 cm. Som forfattere Zhu et al. (1986) yderligere ved at bruge eksemplet med et voksent *P.elongata-træ* viser, er omkring 70-85 % af de absorberende rødder fordelt i en radius på 40-100 cm rundt om træet. En sådan naturlig rodudvikling er særlig fordelagtig i en blanding med markafgrøder og forudbestemmer paulownia til

Dyrkning i en AFS. Thielen (2019) påviste, at træarten, udover at blive brugt som et enkelt træ i en AFS, også er økonomisk levedygtig som et plantaget træ på permanent græsareal i Tyskland.

Zhu et al. (1986) henviser til de forbedrede vækstbetingelser for paulownia, der resulterer som en bivirkning af gødskning af afgrøderne.

De fremhæver også de cirka 100 kg bladmateriale (friskvægt), som en 8-10 årig Paulownia i gennemsnit producerer, og som kan bruges som næringsrigt dyrefoder eller som ekstra gødskning af markerne. Endvidere er der med en planlagt omdrift på 10 år en gennemsnitlig træmasse på 0,4 til 0,5 m³

Der kan forventes stammeved og mellem 350 - 400 kg grenmateriale (evt. brænde) pr. træ, hvilket endnu en gang understreger den økonomiske effektivitet ved en sådan dyrkning. Det kan antages, at det økologiske aspekt i fremtiden, den hurtige CO² tilknytning, bliver stadig vigtigere (Thielen, 2019; WeGrow, 2020).

Desværre er etableringen af AFS i Tyskland endnu ikke juridisk afklaret (Böhm et al., 2017; Chalmin og Möndel, 2009; Zehlius-Eckert, 2018), og slægten Paulownia har endnu ikke været berettiget til støtte (VwG Cologne, 2014).

Men som markforsøgene har vist, er dyrkning absolut mulig, og afhængigt af jordejerens økonomiske mål (Möndel et al., 2009) giver det også mening under hensyntagen til de vækstproblemer, der allerede er blevet beskrevet detaljeret i feltforsøgene. For at undgå høje fejlratere på ungdomstrinnet anbefaler Paulownia frøfirmaerne normalt mere udviklede, det vil sige ældre grundstammer eller planter fra tre år (Cathaia, 2020; EnPf, 2021).

3.3.3.2 Dyrkbarhed vs. invasivitet

Træarter af slægten Paulownia er blevet aktivt dyrket af mennesker i Kina og videre i tusinder af år. Det var først i 1830, at Philipp Franz von Siebold introducerede den første Paulownia til Europa

men den fandt også sin tidlige udbredelse til verden gennem andre, mere indirekte måder, fx i form af emballagemateriale (David, 2012).

Paulownia-arter er nu let tilgængelige til salg i lokale byggemarkeder, og som følge heraf dukker deres storslåede hvid-lilla blomster op i for haverne hvert forår. Fra disse spredte de sig naturligt og fuldstændig ukontrolleret ud i umiddelbar nærhed, som Kiermeier beskrev allerede i 1977. Men som Essel (2007) nævner, findes enkelte eksemplarer også meget ofte i nærheden af etablerede plantage træer.

P. arter er derfor fundet i det naturlige landskab i Centraleuropa med en vis grad af implicititet i temmelig lang tid. Der er tegn på invasivitet, som beskrevet fx i form af masseudbredelse i USA efter skovbrande (Innes, 2009; Remaley, 2005). Men ifølge Nehring et al. (2013) kan ikke blot overføres til centraleuropæiske forhold.

Ifølge den almindeligt anvendte definition af Kowarik (2010) er en invasion: "[...] spredning af organismer til områder, som de ikke har nået naturligt.", hvorpå Vor et al. (2015) påpeger med rette, at alle hjemmehørende træarter da også skulle betragtes som invasive (se 2.1.4.2 Forsøg på en skovinvasivitetsvurdering). Tilsyneladende mere anvendelig, da definitionen ifølge Ammer et al. (2014), hvorefter en art skal klassificeres som invasiv, hvis den udgør en reel og verificerbar trussel, som ikke kan kontrolleres.

For at kunne vurdere denne risiko for invasivitet har forfatterne Vor et al. (2015) fem kriterier. Både artsforskydningsevnen og de negative

Foringelse af kolonisering og levevilkår for hjemmehørende arter

kan tages for givet for paulownia. For, som Innes (2009) nævner, er paulownia ganske i stand til at skjule regenereringen af et naturligt skovsamfund på grund af dens hurtige højdevækst og den tilhørende store krone af blade. I modsætning hertil har Zhu et al. (1986) foretrækker at dyrke træarten i AFS, netop fordi der falder en forholdsvis stor mængde lys gennem dens fuldt udviklede krone, hvilket er godt for afgrøderne.

Ifølge Vor et al. (2015) det høje reproduktions- og formeringspotentiale. Naturligt forekommende *P.* skovbevoksninger i Kina er dog meget sjældne, da Paulownia normalt kun forekommer som en enkelt stamme på udsatte steder med masser af lys, såsom langs floder eller åbne dale (Zhu et al., 1986).

Der er følgelig talrige bekymringer og baseret på data leveret af Nehring et al. (2013)

klassificering som en "potentielt invasiv" træart, har finansiering inden for rammerne af permanente landbrugsafgrøder ikke været mulig til dato (VwG Köln, 2014).

I modsætning til i skoven ville dyrkning på landbrugsjord stadig være mulig til enhver tid, men uden økonomisk støtte, fx fra staten (EnPf, 2021; WeGrow, 2020).

Forfatterne Vor et al. (2015) understreger, at i tilfælde af eventuel dyrkning i form af landbrugsplantager med kort omdrift undgås "[...] uønsket spredning til tilstødende arealer" eller bør undgås helt i nærheden af følsomme biotoper (Döpke et al. at., 2013). I denne sammenhæng er det derfor ikke overraskende, at fx træarten *P. tomentosa* er klassificeret som uegnet til dyrkning i tyske skove (Vor et al., 2015). Efter al sandsynlighed vil individuelle eksemplarer, der spreder sig naturligt, være forårsaget af den naturlige rækkefølge af skovene alene

Centraleuropæisk
(Mosandl og Stimm, 2015).

Om der vil ske en generel revurdering med hensyn til potentiel invasivitet (Nehring et al., 2013) og Paulownia eventuelt i samme form

kender die Art *Robinia pseudoacacia* vurderes (Vor et al., 2015), og den er følgelig også klassificeret som "betinget dyrkningsbar".

dog stadig tvivlsom.



Fig. 47: Årligt skud af en *P. elongata* i en privat forhave på Leonard-Nelson-Strasse i Göttingen.

Bilag til kapitel I

Fane 8: Identifikationsnøgle for Paulownia-arter i direkte sammenligning, modificeret ifølge Zhu et al. (1986), s. 9.

		4 times reduced	4 times reduced	1 time reduced	2.5 times enlarged	
<i>P. kawakamii</i>						
<i>P. forgesii</i>						
<i>P. tomentosa</i>						
<i>P. australis</i>						
<i>P. elongata</i>						
<i>P. catalpifolia</i>						
<i>P. albiphloea</i>						
<i>P. fortunei</i>						
	Pattern of Inflorescences	Flower	Fruit	Placenta	Seed	Hairs on the back of leaf

Faneblad 9: Generel oversigt over Paulownia-arterne og hybriderne kendt fra International Plant Names Index (2020):

- Paulownia* Siebold & Zucc., Fl. Jap. (Siebold) 1:25 (1835).
Paulownia australis T.Gong, Acta Phytotax. Synd. 14(2): 43 (1976).
Paulownia catalpifolia T.Gong, Acta Phytotax. Synd. 14(2): 41 (1976).
Paulownia catalpifolia T. Gong fra DYHong, Novon 7(4): 366 (1998).
Koreanske *Paulownia Uyeki*, Bull. Agric. Suigen, Korea i. 20, fig. 16 (1925); se
Hofker i Mitt.Deutsch. Dendrol. Ges. (1932), xlv. 417.
Paulownia duclouxii Dode, Bull. Soc. Dendrol. Frankrig (1908), 162.
Paulownia elongata SYHu, Quart. J. Taiwan Mus. 12. 41 (1959).
Paulownia fargesii Franch., Bull. Mus. Hist. Nat. Paris (1896), 280.
Paulownia fortunei (Seem.) Hemsl., J. Linn. Soc., Bot. 26: 180 (1890).
Paulownia glabrata Rehder, Pl. Wilson. (Sargent) 1(3): 575 (1913).
Paulownia grandifolia hort. ex Wettst., Nat. plantefamilie [Engler & Prantl] iv. 3b (1891) 67, i obs.
- Paulownia* × *henanensis* CYZhang & YHZhao, Acta Phytotax. Synd. 33(5): 503
(1995).
Paulownia imperialis Siebold & Zucc., Fl. Japan (Siebold) 1:25, t. 10 (1835), nom. Illeg.
Paulownia × *intermedia* TBLee, Bull. Kwanak Arbor. 4: 69 (1983), uden latinsk beskrivelse. (1983).
- Lyset fra T.Itô, ikon. Pl. Japan. [It] 1(4): s. 15-16 (1912).
Paulownia laotica Aver., Pl. Mangfoldighed Fl. Veg. Hin Nam nr. 116 (2019).
Paulownia lilacina Sprague, Bot. Mag. 147: s. 8926-7 (1938).
Paulownia longifolia Hand.-Mazz., Symb. Syn. Til KOMMER DU. 832 (1936), i obs.; Hånd.-
Mazz. i Beih. Bot. Centralbl. Ivi. B. 452 (1937).
Paulownia meridionalis Dode, Bull. Soc. Dendrol. Frankrig (1908), 162.
Mr. T.Itô, ikon. Pl. Japan. [It] 1(3): s. 9-12 (1911).
Paulownia recurva Rehder, Pl. Wilson. (Sargent) 1(3): 577 (1913).
Paulownia rehderiana Hand.-Mazz., Anz. Acad. Wien, Math.-Naturwiss. klasse
(1921), lviii. 153.
- Paulownia shensiensis* Pai, Contr. Inst. Bot. Natl. Acad. Peiping 3: 60 (1935).
Paulownia silvestrii Pamp. & Bonati, ny dag Bot. Ital.xviii. 177 (1911).
Paulownia taiwaniana TWHu & HJChang, Taiwan 20(2): 166 (1975).
Paulownia thyrsoidea Rehder, Pl. Wilson. (Sargent) 1(3): 576 (1913).
Paulownia tomentosa (Thunb.) Steud., Nomencl. Bot. [Steudel], udg. 2. 2: 278 (1841).
Paulownia tomentosa Baill., Hist. Pl. (Baillon) 9: 434 (1888).
Paulownia tomentosa var. *glabrata* (Rehder) SZQu, Fl. Tsingling. 1(4): 319 (1983).
Paulownia tomentosa var. *tsinlingensis* (Pai) T.Gong, Acta Phytotax. Synd. 14(2):
43 (1976).
Paulownia tomentosa f. *virginea* H. Ohashi, J. Jap. Bot. 92(5): 310 (2017).
Paulownia viscosa Hand.-Mazz., Sinensia 5: 7 (1934).

Tab 10: Tabel over svampe og leddyr, der har vist sig at kolonisere Paulownia. Følgende oversigt er blevet tilpasset og modificeret fra Hao et al. (2004):

Legende:

m = beskrevet på <i>P. tomentosa</i>
mo = beskrevet på en art af slægten <i>Paulownia</i>
O = beskrevet på mere end én art af slægten <i>Paulownia</i> , inklusive <i>P. tomentosa</i>
oo = beskrevet på mere end én art af slægten <i>Paulownia</i> , undtagen <i>P. tomentosa</i>
p = beskrevet på <i>Paulownia</i> og andre slægter
po = beskrevet på mere end én slægt, inklusive slægten <i>Paulownia</i> , men ikke på arten <i>P. tomentosa</i>

Svampe:

Fylde	familie	Kunst	De der
Ascomycota Erysiphaceae		<i>Phyllactinia paulowniae</i> Yu	(Blomsterråd, 1987)
		<i>Phyllactinia salmonii</i> S. Blumer	(Blomsterråd, 1987)
		<i>Uncinula clintonii</i> Peck	p (Dai, 1979)
	Mycosphaerellaceae	<i>Mycosphaerella corylea</i> (Pers.) Karst.	m (Dai, 1979)
Basidiomycota	Patyglloeaceae	<i>Septobasidium tanakae</i> (Miyabe) Boedijn & BA Steinm.	p (Dai, 1979)
Oomycota	Pythiaceae	<i>Phytophthora palmivora</i> (E.J. Butler) E.J. Butler	po (Yun, 1998)
		<i>Pythium myrotylum</i> Drechsler	po (Yun, 1998)
Anamorfsk Diplocarpon		<i>Gloeosporium kawakamii</i> Miyabe	m (Dai, 1979)
Anamorfsk <i>Mycosphaerella</i>		<i>Cercospora paulowniae</i> At	o(Dai, 1979), anses for at være synonym til <i>Pseudocercospora paulowniae</i> Goh & Hsieh
		<i>Pseudocercospora paulowniae</i> Goh & WH Hsieh	oo (Liu og Guo, 1998)
Anamorfe Mycosphaerellaceae		<i>Ascochyta paulowniae</i> Sacc. & Brunaud	m (Dai, 1979)

Leddyr:

	familie	Kunst	De der
Coleoptera	Cerambycidae	<i>Batocera horsfieldi</i> (Hope) po	(Chen et al., 1959), po (Lei og Zhou, 1998), po (Wu, 1995)
		<i>Batocera lineolata</i> Chevrolat	po (Lei og Zhou, 1998)

		<i>Dere thoracica</i> Hvid	po (Lei og Zhou, 1998)
		<i>Dorysthenes hydropicus</i> Pascoe	po (Lei og Zhou, 1998)
		<i>Dorysthenes paradoxus</i> (Faldermann)	po (Lei og Zhou, 1998)
		<i>Megopis sinica</i> White	po (Lei og Zhou, 1998)
		<i>Xylotrechus grayii</i> (Hvid) po (Chen et al., 1959),	po (Lei og Zhou, 1998)
	Cetoniidae	<i>Glycyphana horsfieldi</i> (Håb)	po (Huang, 1993)
	Chrysomelidae	<i>Aulacophora nigripennis</i> Motschulsky	po (Lei og Zhou, 1998)
		<i>Gallerucida bifasciata</i> Motschulsky	mo (Lei og Zhou, 1998)
		<i>Hemipyxis chinensis</i> (Weise)	mo(oV, 1992a)
		<i>Hemipyxis jeanneli</i> (Chen) po (Yu et al., 1996)	
		<i>Hemipyxis plagioderoides</i> po (Huang, 1993), po (Lei (Motschulsky) og Zhou, 1998), po (Yu et al., 1996)	
		<i>Oides bowringii</i> (Baly)	po (Lei og Zhou, 1998)
		<i>Oides tarsatus</i> (Baly)	po (Lei og Zhou, 1998)
		<i>Paleosepharia fulvicornis</i> Chen	po (Lei og Zhou, 1998)
		<i>Pseudespera paulowniae</i> Jiang	(OV, 1992a)
		Crioceridae	<i>Purpurea femorata</i> festival Lichtenstein
	<i>Sagra fulgida</i> janthina Chen		po (Lei og Zhou, 1998)
	Curculionidae	<i>Phytoscaphus gossypii</i> Chao	po (Lei og Zhou, 1998)
		<i>Piazomias fausti</i> Frivaldszky	mo (Lei og Zhou, 1998)
		<i>Piazomias validus</i> Motschulsky	po (Chao og Chen, 1980)
		<i>Scythropus yasumatsui</i> Kono et Morimoto	po (Chao og Chen, 1980)
	Eumolpidae	<i>Nodina tibialis</i> Chen	po (Lei og Zhou, 1998), (Tang et al., 1980), po(oV, 1992a)
	Hispid	<i>Bisignata Basiprionota</i> (boheme)	efter (Wu, 1995)
		<i>Basiprionota chinensis</i> (Fabricius)	po(Huang, 1993), mo(Lei og Zhou, 1998), po(oV, 1992a), po(Wu, 1995)

		Basiprionota whitei (boheme)	po (Lei og Zhou, 1998)
		Lacoptera quadrimaculata (Thunberg)	po (Lei og Zhou, 1998)
	Lucanidae	Alder med lav hals Saunders	po (Huang, 1993)
		En parallel alder af håb og Westwood	po (Lei og Zhou, 1998)
	koriander	Epicauta sibirica Pallas	po (Lei og Zhou, 1998)
	Melolonthidae	Holotrichia trichophora (Fairmaire)	po (Lei og Zhou, 1998)
		Maladera æggestokke (Fairmaire)	po (Lei og Zhou, 1998)
	Rutelidae	Unormal antik (Den Gyldne Sal)	po (Lei og Zhou, 1998)
	Scolytidae	Ambrosiodmus rubricolli (Eichhoff)	po (Huang, 1993)
Hemiptera	Berytidae	Gampsocors er smuk (Dallas)	mo (Lei og Zhou, 1998), po (Zhang, 1985)
		Yemma underskrevet (Hsiao)	mo (Lei og Zhou, 1998)
	Coreidae	Kiritsekos tynde hår	po (Lei og Zhou, 1998)
	Lygus	Gallobellicus crassicornis Modtaget	po (Zhang, 1985)
		Nesidiocorus tynd (Reuter)	mo (Lei og Zhou, 1998), beskrevet som Cyrtopeltis tenius Reuter
	Pentatomidae	Walkers cinctypes (Huang, 1993)	
		Dolycoris baccarum po (Huang, 1993), (Linnæus)	po (Zhang, 1985)
		Erthesina fullo (Thunberg) po (Lei og Zhou, 1998), po (Zhang, 1985)	
		Eurostus grossipe Dallas po (Huang, 1993)	
		Den stærke Dallas po (Lei og Zhou, 1998)	
		Lamprocoris royllii (Westwood)	mo (Huang, 1993)
		Laprius varicornis (Dallas) efter (Huang, 1993), efter (Lei og Zhou, 1998)	
		Menida metalliea Hsiao et Cheng	m (Zhang, 1995)
		Menida scotti Puton	po (Zhang, 1995)
		Frynser nederdele (Fabricius)	po (Lei og Zhou, 1998), po (Zhang, 1985)
		Rubiconia peltata Jakovlev mo (Lei og Zhou, 1998)	
		Stollia guttiger (Thunberg) po (Lei og Zhou, 1998), Po (Zhang, 1985)	
	Tingidae	Eteanus slog Drake og Maa i et hjørne	mo (Lei og Zhou, 1998), m (Zhang, 1985)

Homoptera	Cicadellidae	Empoasca flavescens (Fabricius)	po (Lei og Zhou, 1998)
		Hishimonus sellatus (Uhler)	po (Shen og Shi, 1998)
		Tettigoniella ferruginea (Fabricius)	po (Lei og Zhou, 1998) beskrevet som Tettigella ferruginea (Fabricius)
		Tettigoniella viridis (Linné)	po (Lei og Zhou, 1998), beskrevet som grøn bladhopper Linné
	Cicadidae	Oncotympana maculaticollis (Motschulsky)	po (Lei og Zhou, 1998), po (Wu, 1995)
		Platyleura kaempferi (Fabricius)	po (Lei og Zhou, 1998)
	Diaspididae	Pseudaulacaspis pentagona (Targioni Tozzetti)	po (Lei og Zhou, 1998), po (Wu, 1995)
	Margarodidae	Drosicha corpulenta (At finde)	po (Lei og Zhou, 1998)
	Membracidae	Jingkara hyalipunctata Chou	po (Lei og Zhou, 1998)
	Ricaniidae	Ricania sublimbata Jacobi	po (Lei og Zhou, 1998)
Isoptera	Termitidae	Macrotermes barneyi Light	po (Lei og Zhou, 1998)
Lepidoptera	Arctiidae	Hyphantria cunea (Drury)	po (Fang, 2000)
		Lemyra Melli (Daniel)	po (Fang, 2000), po (oV, 1992b), beskrevet som Spilarctia melli Daniel
		Lemyra proteus (DE af John)	po (Fang, 2000)
	Eupterotidae	Eupterote chinensis Leech	po (Lei og Zhou, 1998)
	Geometridae	Ascotis selenaria dianaria	po (Lei og Zhou, 1998) hubner
		Biston marginata Matsumura	po (Lei og Zhou, 1998)
		Calcula panterinaria (Bremer og Grey)	po (Huang, 1993), po (Lei og Zhou, 1998), po (Wu, 1995)
		Odontopera aurata (Prout)	po (Wu, 1995)
	Hepialidae	Vokse op Butler	po (Lei og Zhou, 1998)
		Phassus sinifer sinensis Moore	po (Lei og Zhou, 1998)

	Limakodidae	Latoia hilarata (Stuedinger)	po (Lei og Zhou, 1998), beskrevet som Parasa hilarata (Stuedinger)
		Parasa consocia Walker	po (Lei og Zhou, 1998)
		Thesea sinensis (Walker) efter	Huang, 1993), efter (Lei og Zhou, 1998), efter (Wu, 1995)
	Lymantriidae	Moore-grotten Dasychira	po (Huang, 1993), mo (Lei og Zhou, 1998)
		Dasychira horsfieldi Saunders	po (Zhao, 1994)
		Euproctis bipunctapex (Hampson)	po(oV, 1992b)
		Euproctis pseudospersa Strand	po (Lei og Zhou, 1998)
		Lymantria mathura Moore	po(oV, 1992b), po(Wu, 1995)
		Porthesia atereta Collenette	po(Huang, 1993), po(Lei og Zhou, 1998), po(Wu, 1995)
		Porthesia scintillans (Walker)	po (Huang, 1993), po (Lei og Zhou, 1998)
		Porthesia similis (Fueszly)	po(Huang, 1993), po(Lei og Zhou, 1998), po(Wu, 1995)
	Noctuidae	Argyrogramma agnata Stuedinger	po (Lei og Zhou, 1998), beskrevet som Plusia agnata (Stuedinger)
		Begavet Artena (Fabricius)	po (Lei og Zhou, 1998) beskrevet som Laceoptera udstyret Fabricius
		Euxoa oberthuri Leech	po (Lei og Zhou, 1998)
		Helicoverpa armigera (Huebner)	po (Lei og Zhou, 1998)
		Prodenia litura (Fabricius)	po (Lei og Zhou, 1998)
		Spodoptera exigua (Huebner)	po (Lei og Zhou, 1998), beskrevet som Laohygama lidt hubner
	Nymphalidae	Junonia orithya Linnaeus	po (Wu, 1995)
	Psychidae	Chalia larminati Heylaerts	po(oV, 1992b)

		<i>Ctania variegata</i> Snellen	po (Lei og Zhou, 1998) beskrevet som <i>Cryptohelea variegata</i> Snellen po (oV, 1992b) optaget som <i>Eumeta variegata</i> Snellen, po (Wu, 1995)
	Pyralidae	<i>Dichocrocis chlorophanta</i> Butler	po (Lei og Zhou, 1998)
		<i>Mimicia pseudolibatrix</i> Caradja	m (Huang, 1993)
		<i>Pycnarmon cribrata</i> (fabrikant)	m(Huang, 1993), po(Lei og Zhou, 1998), m(oV, 1992b), mo(Wang, 1980)
	Saturniidae	<i>Attacus atlas</i> (Linnaeus)	po(Huang, 1993), po(Zhu, 1996)
		<i>Eriogyna pyretorum cognata</i> Jordan	po (Zhu, 1996)
		<i>Eriogyna pyretorum pyretorum</i> Westwood	po (Zhu, 1996)
		<i>Samia cynthia</i> (Drury)	po (Lei og Zhou, 1998) beskrevet som <i>Philosamia cynthia</i> Walker et al
		<i>Samia cynthia insular</i> (fuld ovn)	po (Zhu, 1996)
	Sphingidae	<i>Clanis bilineata tsingtauca</i> mell	po (Lei og Zhou, 1998)
		<i>Dolbina tancrei</i> Staudinger	po (Lei og Zhou, 1998)
		<i>Parum colligata</i> (Walker)	po (Lei og Zhou, 1998)
		<i>Psilogamma increta</i> (Walker)	po (Lei og Zhou, 1998)
		<i>Psilogamma menephron</i> (Cramer)	po(Lei og Zhou, 1998), po(oV, 1992b), po(Zhu, 1980), po(Zhu og Wang, 1997)
		<i>Theretra oldenlandiae</i> (Fabricius)	po (Lei og Zhou, 1998)
	Tortricidae	<i>Homona coffearia</i> (Nietner)	po (Lei og Zhou, 1998)
Orthoptera	Pyrgomorphidae	<i>Atractomorpha sinensis</i> I. Bolivar	po (Lei og Zhou, 1998)
Thysanoptera	Thripidae	<i>Selenothrips rødt bælte</i> (Giard)	po (Huang, 1993)
		<i>Thrips andrewsi</i> (Bagnall)	mo (Lei og Zhou, 1998)

Tab. 12: Tabelliste over træegenskaberne for forskellige Paulownia-arter, overtaget og modificeret fra Zhu et al. (1986), s. 59.

Species	Location (Lat.)	Density (g/cm ³)		Shrinkage coefficient (%)		Compression strength parallel to grain (kgf/cm ²)	Bending strength (kgf/cm ²)	Bending modulus of elasticity (1,000 kgf/cm ²)	Shear strength parallel to grain (kgf/cm ²)		Compression strength perpendicular to grain (kgf/cm ²)		Tensile strength parallel to grain (kgf/cm ²)	Impact toughness (kgf.m/cm ²)	Hardness (kgf/cm ²)			Cleavage resistance (kgf/cm ²)		Quality coefficient			
		Oven dried	Air dried	Radial	Tangential				Volume	Radial	Tangential	Partial compression at proportional limit			Compression at proportional limit	End	Radial	Tangential	Radial		Tangential		
<i>P. catalpifolia</i>	Sueng County, Henan Province (34°52')	0.233	0.290	0.093	0.216	0.344	196	329	54	41	47	28	20	17	11	521	0.171	151	87	94	7.7	8.3	1,810
<i>P. elongata</i>	Fugou County, Henan Province	0.209	0.264	0.076	0.187	0.292	159	289	42	44	44	22	16	14	12	394	0.132	125	84	86	7.6	6.3	1,697
	Lankai County, Henan Province (34°20')	0.243	0.283	0.147	0.269	0.453	197	356	44	40	39	24	22	16	12	–	0.180	195	99	122	6.5	6.3	1,954
<i>P. farbesii</i>	Muchuan County, Sichuan Province (29°00')	0.219	0.269	0.107	0.216	0.334	160	363	52	42	35	21	24	14	18	518	0.214	171	114	121	7.6	6.1	1,944
<i>P. fortunei</i>	Gulin County, Sichuan Province (28°10')	0.258	0.309	0.110	0.210	0.320	188	405	63	56	50	29	27	21	19	563	0.325	215	124	124	7.6	7.4	1,919
<i>P. tomentosa</i>	Fugou County, Henan Province	0.236	0.315	0.105	0.203	0.327	223	406	48	51	56	35	28	20	20	605	0.348	183	117	135	10.9	9.6	1,997
	Sha County, Anhui Province (34°20')	0.231	0.278	0.079	0.164	0.261	200	381	50	47	45	23	22	16	13	343	0.240	189	98	106	7.0	6.0	2,090
<i>P. tomentosa</i> var. <i>tsingensis</i>	Fugou County, Henan Province (34°20')	0.279	0.347	0.107	0.208	0.333	220	415	58	59	54	30	30	17	20	568	0.416	198	142	143	10.2	9.8	1,830

Faneblad 11: Evaluering af træarters invasivitet ud fra et skovvidenskabeligt synspunkt, taget og modificeret ifølge Vor et al. (2015).

Baumarten	Invasivitätskriterien					Gesamt-bewertung		Ausschlussgründe für Anbauwürdigkeit
	negative Standortbeeinflussung	hohes Reproduktionspotenzial	hohes Ausbreitungspotenzial	Fähigkeit zur Artenverdrängung*	begrenzte Steuerungs-möglichkeiten	Invasivität	Anbauwürdigkeit (Wälder)	
<i>Abies grandis</i> Große Küstentanne	○	◐	○	○	○	nein	ja	–
<i>Acer negundo</i> Eschenahorn	○	●	●	●	●	ja	nein	invasiv in Auwäldern
<i>Ailanthus altissima</i> Götterbaum	◐	●	●	●	●	ja	nein	konkurrenzwach in Wäldern, invasiv im Offenland
<i>Fraxinus pennsylvanica</i> Rotesche	○	●	●	◐	●	ja	nein	invasiv in Auwäldern
<i>Gleditsia triacanthos</i> Gleditschie	◐	●	◐	◐	◐	be-dingt	nein	konkurrenzwach in Wäldern, invasiv im Offenland
<i>Larix kaempferi</i> Japanlärche	◐	◐	○	○	○	nein	ja	–
<i>Paulownia tomentosa</i> Paulownie	◐	●	◐	◐	◐	be-dingt	nein	konkurrenzwach in Wäldern, invasiv im Offenland
<i>Pinus nigra</i> Schwarzkiefer	◐	○	○	○	○	nein	ja	–
<i>Pinus strobus</i> Strobe	○	●	◐	○	○	nein	nein	Schädigung durch Strobenrost
<i>Populus x canadensis</i> Hybridpappel	○	●	○	◐	○	be-dingt	be-dingt	Introgression Schwarzpappel
<i>Prunus serotina</i> Spät. Traubenkirsche	○	●	●	●	●	ja	nein	invasiv in lichten Eichen- und Kiefernwäldern
<i>Pseudotsuga menziesii</i> Douglasie	○	○	○	○	○	nein	ja	–
<i>Quercus rubra</i> Rotesche	○	◐	○	○	○	nein	ja	–
<i>Rhus typhina</i> Essigbaum	○	●	◐	◐	◐	be-dingt	nein	konkurrenzwach in Wäldern, invasiv im Offenland
<i>Robinia pseudoacacia</i> Robinie	◐	●	◐	◐	◐	be-dingt	be-dingt	invasiv im Offenland, Standorteffluss (N-Fixierung)

* ausgenommen sind Tendenzen auf Sonderstandorten

Symbole:

○ trifft nicht zu

◐ trifft bedingt zu

● trifft zu

Bilag til kapitel II

Fig. 48: Naturbeskyttelsesvurdering af invasivitet af *P. tomentosa*, taget og modificeret ifølge Nehring et al. (2013).

Ausbreitungspotenzial Fernausbreitung der geflügelten Samen durch Wind und Wasser (Kumar et al. 1999), im Handel (Gartenbau, Forst) verfügbar (PPP-Index 2013).	Hoch
Aktueller Ausbreitungsverlauf Breitet sich in warmen Tieflagen Deutschlands langsam aus (Richter & Böcker 2001, Keil & Loos 2004), in Österreich und in der Schweiz rasche Zunahme in den letzten 15 Jahren (Essl 2007).	Expansiv
Monopolisierung von Ressourcen Förderung durch Klimawandel	Ja
Förderung des Invasionsrisikos durch Klimawandel wird angenommen (Essl 2007, Kleinbauer et al. 2010).	Ja
D) Ergänzende Angaben	
Negative ökonomische Auswirkungen Forstwirtschaft (USA, ISSG 2005, Remaley 2005), über Schäden in Mauern und an Gebäuden ist bisher nichts bekannt.	Ja
Positive ökonomische Auswirkungen Gartenbau, Forstwirtschaft (hohe Holzpreise, Schmuckholz, Hu 1961), Rekultivierung (USA, ISSG 2005).	Ja
Negative gesundheitliche Auswirkungen Wissenschaftlichen und Forschungsbedarf Langfristige Invasivitätsrisiken in naturnahen Lebensräumen.	Keine Ja
Anmerkungen: Bewertungsmethode nach Nehring et al. (2013).	
Quellen	
DAISIE (2013): <i>Paulownia tomentosa</i> . http://www.europe-allens.org/speciesFactSheet.do?speciesId=18222#	
Essl, F. (2007): From ornamental to detrimental? The incipient invasion of Central Europe by <i>Paulownia tomentosa</i> . <i>Freslia</i> 76: 377-389.	
Hu, S.-Y. (1961): The economic botany of the <i>Paulownias</i> . <i>Econ. Bot.</i> 15: 11-27.	
ISSG (2005): <i>Paulownia tomentosa</i> . ISSG Database. http://www.issg.org/database/species/ecology.asp?si=440&fr=1&sts	
Keil, P. & Loos, G. (2004): Ergasiophyten auf Industriebrachen des Ruhrgebietes. <i>Flor. Rundbr.</i> 38: 101-112.	
Kiermeier, P. (1977): Erfahrungen mit <i>Paulownia tomentosa</i> (Thunb.) Steud. im Rheingau. <i>Mitt. Dtsch. Dendrol. Ges.</i> 86: 11-22.	
Kleinbauer, I., Dullinger, S., Klingenstein, F., May, R., Nehring, S. & Essl, F. (2010): Das Ausbreitungspotenzial von Neophyten unter Klimawandel - Viele Gewinner, wenige Verlierer? In: Rabitsch, W. & Essl, F. (Hrsg.), <i>Allens. Neobiota und Klimawandel - eine verhängnisvolle Affäre?</i> Bibliothek der Provinz, Weitra: 27-43.	
Kumar, P.P., Rao, C.D., Rajaseger, G. & Rao, A.N. (1999): Seed surface architecture and random amplified polymorphic DNA profiles of <i>Paulownia fortunei</i> , <i>P. tomentosa</i> and their hybrid. <i>Ann. Bot.</i> 83: 103-107.	
Landolt, E. (1993): Über Pflanzenarten, die sich in den letzten 150 Jahren in der Stadt Zürich stark ausgebreitet haben. <i>Phytocoenologia</i> 23: 651-663.	
Nehring, S., Essl, F. & Rabitsch, W. (2013): Methodik der naturschutzfachlichen Invasivitätsbewertung für gebietsfremde Arten, Version 1.2. BfN-Skripten 340: 48 S.	
Neubert, W. (1849): Über <i>Paulownia imperialis</i> . <i>Deutsches Magazin für Garten- und Blumenkunde</i> 1849: 173-178.	
Nowack, R. (1987): Verwildern des Blauglockenbaums (<i>Paulownia tomentosa</i> (Thunb.) Steud.) im Rhein-Neckar-Gebiet. <i>Flor. Rundbr.</i> 21: 25-32.	
PPP-Index (2013): Online Pflanzeneinkaufsführer. http://www.ppp-index.de	
Remaley, T. (2005): PCA fact sheet: Princess Tree. Plant conservation alliance's alien plant working group. http://www.nps.gov/plants/allen/fact/pdf/pato1.pdf	
Richter, M. (2002): Die Bedeutung städtischer Gliederungsmuster für das Vorkommen von Pflanzenarten unter besonderer Berücksichtigung von <i>Paulownia tomentosa</i> (Thunb.) Steud. — dargestellt am Beispiel Stuttgart. Dissertation, Universität Hohenheim: 331 S.	
Richter, M. & Böcker, R. (2001): Städtisches Vorkommen und Verbreitungstendenzen des Blauglockenbaums (<i>Paulownia tomentosa</i>) in Südwestdeutschland. <i>Mitt. Dtsch. Dendrol. Ges.</i> 86: 125-132.	
Speidel, W.C.L. (1943): <i>Anzeiger der Nauckischen Buchhandlung, Allg. Gartenztg.</i> 11: 216.	
Bearbeitung und Prüfung Birgit Seitz & Stefan Nehring 2013-08-30	

Naturschutzfachliche Invasivitätsbewertung *Paulownia tomentosa* – Chinesischer Blauglockenbaum

Systematik und Nomenklatur:	<i>Paulownia tomentosa</i> (Thunb.) Steud., 1841 Chinesischer Blauglockenbaum Synonyme: <i>Bignonia tomentosa</i> , <i>Paulownia imperialis</i> ; Kaiser-Paulownie, Kirbaum Spermatophyta, Paulowniaceae Terrestrischer Lebensraum
Lebensraum:	China Absichtlich Gartenbau 1843
Status:	1843 in Hamburg im Handel angeboten (Speidel 1843). 1834 erstmals in Europa (Frankreich) kultiviert (Neubert 1849).
Ursprüngliches Areal:	Um 1926
Einführungsweise:	1976 wurde in Geisenheim (Hessen) ein etwa 50-jähriges Exemplar aus spontanem Aufwuchs nachgewiesen (Kiermeier 1977). Mehrere verwilderte Exemplare 1983 in Heidelberg belegt (Nowack 1987).
Einstufungsergebnis: Potenziell invasive Art – Graue Liste – Beobachtungsliste	
A) Gefährdung der Biodiversität	<u>Vergebene Wertstufe</u> Unbekannt
Interspezifische Konkurrenz Konkurriert in gestörten Wäldern, auf Feilen und an Ufern mit heimischen Arten (USA, Remaley 2005), in Deutschland bisher nur auf Ruderalstandorten beobachtet (Richter & Böcker 2001). Ob die Erfahrungen aus den USA auf Deutschland übertragen werden können, ist derzeit unbekannt. Prädation und Herbivorie	nicht beurteilt
Hybridisierung Zum gegenwärtigen Zeitpunkt keine Gefährdung heimischer Arten bekannt.	Nein
Krankheits- und Organismenübertragung Zum gegenwärtigen Zeitpunkt keine Gefährdung heimischer Arten bekannt.	Nein
Negative ökosystemare Auswirkungen Veränderung von Vegetationsstrukturen (auf Feislandorten, USA, Remaley 2005; Bildung von Sekundärwäldern auf Bahnhöfen Südwestdeutschlands, Adolphi pers. Mitt.), Ob eine Gefährdung heimischer Arten besteht, ist unbekannt.	Unbekannt
B) Zusatzkriterien	
Aktuelle Verbreitung Größere Bestände nur in Baden-Württemberg (Richter & Böcker 2001, Richter 2002) und in Hessen (Keil & Loos 2004), in anderen Gebieten selten (Keil & Loos 2004, Essl 2007). Vorkommen in angrenzenden Ländern (Belgien, Frankreich, Österreich, Schweiz, DAISIE 2013).	Kleinräumig
Maßnahmen Mechanische Bekämpfung (Umstechen, Ringeln, Roden, wegen des hohen Stockausschlagvermögens ist nur das Roden mit Wurzeln erfolgreich, Remaley 2005), Chemische Bekämpfung (Herbizide), Verhinderung absichtlicher Ausbringung (Remaley 2005), Sonstiges (Öf-fentlichkeitsarbeit).	Vorhanden
C) Biologisch-ökologische Zusatzkriterien	
Vorkommen in natürlichen, naturnahen und sonstigen naturschutzfachlich wertvollen Lebensräumen Bisher überwiegend auf städtischen Ruderalflächen und in Mauerritzen (Richter 2002), sehr selten auf Waldlichtungen und an Flussufern, in Niederwäldern und in natürlicher Feilvegetation (Österreich, Essl 2007; Schweiz, Landolt 1993; USA, ISSG 2005).	Ja
Reproduktionspotenzial Ein Baum kann bis zu 20 Millionen Samen im Jahr produzieren, Sämlinge fruktifizieren nach 8-10 Jahren, hohes Stockausschlagvermögen (ISSG 2005, Remaley 2005).	Hoch

Tillæg til kapitel III

Fig. 49: Informationsblade om jordtilsætningsstoffet: Geohumus.



terra fit
Wechstium durch Innovation.



geohumus

Technisches Merkblatt

Beschreibung

Geohumus – Bodenhilfsstoff in Granulatform zur Wasser- und Düngerspeicherung, sowie zur Verbesserung des Nährstoffaustausches und der Bodendurchlüftung

Allgemeine Informationen

Der Bodenhilfsstoff Geohumus erhöht die Wasserhaltekapazität von Böden und Substraten und steigert somit auch die Wassernutzungseffizienz. Durch die Speicherung von Wasser und Nährstoffen sowie durch das verminderte Auswaschen bei Regen oder Bewässerung, wird der Düngerbedarf reduziert. Das Quellen und Schrumpfen des Granulats führt zu einer verbesserten Luftversorgung der Wurzeln.

Technische Eigenschaften und Inhaltsstoffe

Bodenhilfsstoff:
unter Verwendung von Lavagesteinmehl und Tonmineralien
1,00 % Gesamtstickstoff (N)
0,42 % Gesamtschwefel (S)
0,72 % Gesamtkaliumoxid (K₂O)
Geohumus International GmbH
60386 Frankfurt / Main
siehe Packung
Lavagesteinmehl, Bentonit, Sand

Inverkehrbringer:
siehe Packung

Ausgangsstoffe:
5,8 % Magnesiumoxid (MgO)
2,8 % Gesamtcalciumoxid (CaO)

Nebenbestandteile:
enthält wasserunlösliches Polyacrylat (Superabsorber)

Hinweise zur sachgerechten Anwendung:
Geohumus – Granulat ist pH-neutral, verschlossen, kühl und trocken lagern. Vor Sonneneinstrahlung schützen. Dosierung: Siehe Hinweise auf Packung. Generell gilt: 1 Volumen-Prozent in Boden/Substrat einarbeiten. Überdosierungen sollten vermieden werden.
Die Empfehlungen der amtlichen Beratung haben Vorrang.
Bodenhilfsstoff gemäß DÜMV 2010

Hinweis:
Bodenhilfsstoff, einzeln genehmigt gemäß § 9a DVG 1994

Zulassung Österreich:
Zulassung von Geohumus AQUA+3 gemäß Artikel 10 ff. der DÜMV-Verordnung

Zulassung Schweiz:
Wenn gegeben, siehe Packung

Landesspezifische Hinweise:
68159900

terra fit
Wechstium durch Innovation.

geohumus

Technisches Merkblatt

Physikalische Eigenschaften

Basis:
Hybridmaterial (zwei untreibbar verbundene Stoffe) aus Lavagesteinmehl, Sand, Tonmineralien und vernetztem Polyacrylat (neutralisiert mit Natrionlaug)

pH Wert (20 °C):
6 - 7 (4 g in 600 ml vollentsalztem Wasser)

Wasseraufnahme:
> 40 g/g (entspricht 40 ml pro g Geohumus)
Freie Quellung

Löslichkeit:
In Wasser völlig unlöslich.
Volumenausdehnung bei Kontakt mit Wasser.

Aussehen:
Braune unregelmäßige Teilchen; fließfähig

Korngrößenverteilung:
0,5 – 7 mm

Pflanzenverfügbares Wasser:
> 95 %

Toxikologie/Ökologie:
Nicht toxisch für Pflanzen, Bodenlebewesen und Grundwasser
Nicht fischtoxisch
Nicht toxisch für Menschen

Restmonomere:
< 600 mg/kg

Umgang mit Geohumus
Keine besonderen Maßnahmen erforderlich.
Nicht verschlucken.
Übliche Hygienemaßnahmen beachten.

Rechtlicher Hinweis
Die Angaben über unsere Produkte beruhen auf unseren Kenntnissen und Erfahrungen zur jeweiligen Zeit und sollen nach bestem Wissen und Gewissen informieren. Sie entsprechen in allen Punkten den Vorgaben der Düngemittelverordnung. Wir behalten uns das Recht vor, die hier gegebenen Informationen aufgrund Weiterentwicklungen des Produktes, zu ändern.

terra fit
Wechstium durch Innovation.

geohumus

Technisches Merkblatt

Beschreibung

Geohumus – Bodenhilfsstoff in Granulatform zur Wasser- und Düngerspeicherung, sowie zur Verbesserung des Nährstoffaustausches und der Bodendurchlüftung

Allgemeine Informationen

Der Bodenhilfsstoff Geohumus erhöht die Wasserhaltekapazität von Böden und Substraten und steigert somit auch die Wassernutzungseffizienz. Durch die Speicherung von Wasser und Nährstoffen sowie durch das verminderte Auswaschen bei Regen oder Bewässerung, wird der Düngerbedarf reduziert. Das Quellen und Schrumpfen des Granulats führt zu einer verbesserten Luftversorgung der Wurzeln.

Technische Eigenschaften und Inhaltsstoffe

Bodenhilfsstoff:
unter Verwendung von Lavagesteinmehl und Tonmineralien
1,00 % Gesamtstickstoff (N)
0,42 % Gesamtschwefel (S)
0,72 % Gesamtkaliumoxid (K₂O)
Geohumus International GmbH
60386 Frankfurt / Main
siehe Packung
Lavagesteinmehl, Bentonit, Sand

Inverkehrbringer:
siehe Packung

Ausgangsstoffe:
5,8 % Magnesiumoxid (MgO)
2,8 % Gesamtcalciumoxid (CaO)

Nebenbestandteile:
enthält wasserunlösliches Polyacrylat (Superabsorber)

Hinweise zur sachgerechten Anwendung:
Geohumus – Granulat ist pH-neutral, verschlossen, kühl und trocken lagern. Vor Sonneneinstrahlung schützen. Dosierung: Siehe Hinweise auf Packung. Generell gilt: 1 Volumen-Prozent in Boden/Substrat einarbeiten. Überdosierungen sollten vermieden werden.
Die Empfehlungen der amtlichen Beratung haben Vorrang.
Bodenhilfsstoff gemäß DÜMV 2010

Hinweis:
Bodenhilfsstoff, einzeln genehmigt gemäß § 9a DVG 1994

Zulassung Österreich:
Zulassung von Geohumus AQUA+3 gemäß Artikel 10 ff. der DÜMV-Verordnung

Zulassung Schweiz:
Wenn gegeben, siehe Packung

Landesspezifische Hinweise:
68159900

terra fit
Wechstium durch Innovation.

geohumus

Technisches Merkblatt

Physikalische Eigenschaften

Basis:
Hybridmaterial (zwei untreibbar verbundene Stoffe) aus Lavagesteinmehl, Sand, Tonmineralien und vernetztem Polyacrylat (neutralisiert mit Natrionlaug)

pH Wert (20 °C):
6 - 7 (4 g in 600 ml vollentsalztem Wasser)

Wasseraufnahme:
> 40 g/g (entspricht 40 ml pro g Geohumus)
Freie Quellung

Löslichkeit:
In Wasser völlig unlöslich.
Volumenausdehnung bei Kontakt mit Wasser.

Aussehen:
Braune unregelmäßige Teilchen; fließfähig

Korngrößenverteilung:
0,5 – 7 mm

Pflanzenverfügbares Wasser:
> 95 %

Toxikologie/Ökologie:
Nicht toxisch für Pflanzen, Bodenlebewesen und Grundwasser
Nicht fischtoxisch
Nicht toxisch für Menschen

Restmonomere:
< 600 mg/kg

Umgang mit Geohumus
Keine besonderen Maßnahmen erforderlich.
Nicht verschlucken.
Übliche Hygienemaßnahmen beachten.

Rechtlicher Hinweis
Die Angaben über unsere Produkte beruhen auf unseren Kenntnissen und Erfahrungen zur jeweiligen Zeit und sollen nach bestem Wissen und Gewissen informieren. Sie entsprechen in allen Punkten den Vorgaben der Düngemittelverordnung. Wir behalten uns das Recht vor, die hier gegebenen Informationen aufgrund Weiterentwicklungen des Produktes, zu ändern.

terra fit
Wechstium durch Innovation.
Die Moosacker GmbH
D-68126 Pfaffenwäld
Germany

☎ +49 (0) 68 58 9 85 11 70
☎ +49 (0) 68 58 9 85 11 71
E-Mail: info@terrafit.de
Internet: www.terrafit.de

Bödenhilfsstoff
Spaustraße Bayreuth
82.779 501 10
Bayer-Nr. 608/2007/20019
USA-Nr. DE31153025
Korn-Nr. 210 545 75

Seite 1

Stand: Januar 2012

terra fit
Wechstium durch Innovation.

geohumus

Technisches Merkblatt

Physikalische Eigenschaften

Basis:
Hybridmaterial (zwei untreibbar verbundene Stoffe) aus Lavagesteinmehl, Sand, Tonmineralien und vernetztem Polyacrylat (neutralisiert mit Natrionlaug)

pH Wert (20 °C):
6 - 7 (4 g in 600 ml vollentsalztem Wasser)

Wasseraufnahme:
> 40 g/g (entspricht 40 ml pro g Geohumus)
Freie Quellung

Löslichkeit:
In Wasser völlig unlöslich.
Volumenausdehnung bei Kontakt mit Wasser.

Aussehen:
Braune unregelmäßige Teilchen; fließfähig

Korngrößenverteilung:
0,5 – 7 mm

Pflanzenverfügbares Wasser:
> 95 %

Toxikologie/Ökologie:
Nicht toxisch für Pflanzen, Bodenlebewesen und Grundwasser
Nicht fischtoxisch
Nicht toxisch für Menschen

Restmonomere:
< 600 mg/kg

Umgang mit Geohumus
Keine besonderen Maßnahmen erforderlich.
Nicht verschlucken.
Übliche Hygienemaßnahmen beachten.

Rechtlicher Hinweis
Die Angaben über unsere Produkte beruhen auf unseren Kenntnissen und Erfahrungen zur jeweiligen Zeit und sollen nach bestem Wissen und Gewissen informieren. Sie entsprechen in allen Punkten den Vorgaben der Düngemittelverordnung. Wir behalten uns das Recht vor, die hier gegebenen Informationen aufgrund Weiterentwicklungen des Produktes, zu ändern.

terra fit
Wechstium durch Innovation.

geohumus

Technisches Merkblatt

Physikalische Eigenschaften

Basis:
Hybridmaterial (zwei untreibbar verbundene Stoffe) aus Lavagesteinmehl, Sand, Tonmineralien und vernetztem Polyacrylat (neutralisiert mit Natrionlaug)

pH Wert (20 °C):
6 - 7 (4 g in 600 ml vollentsalztem Wasser)

Wasseraufnahme:
> 40 g/g (entspricht 40 ml pro g Geohumus)
Freie Quellung

Löslichkeit:
In Wasser völlig unlöslich.
Volumenausdehnung bei Kontakt mit Wasser.

Aussehen:
Braune unregelmäßige Teilchen; fließfähig

Korngrößenverteilung:
0,5 – 7 mm

Pflanzenverfügbares Wasser:
> 95 %

Toxikologie/Ökologie:
Nicht toxisch für Pflanzen, Bodenlebewesen und Grundwasser
Nicht fischtoxisch
Nicht toxisch für Menschen

Restmonomere:
< 600 mg/kg

Umgang mit Geohumus
Keine besonderen Maßnahmen erforderlich.
Nicht verschlucken.
Übliche Hygienemaßnahmen beachten.

Rechtlicher Hinweis
Die Angaben über unsere Produkte beruhen auf unseren Kenntnissen und Erfahrungen zur jeweiligen Zeit und sollen nach bestem Wissen und Gewissen informieren. Sie entsprechen in allen Punkten den Vorgaben der Düngemittelverordnung. Wir behalten uns das Recht vor, die hier gegebenen Informationen aufgrund Weiterentwicklungen des Produktes, zu ändern.

terra fit
Wechstium durch Innovation.
Die Moosacker GmbH
D-68126 Pfaffenwäld
Germany

☎ +49 (0) 68 58 9 85 11 70
☎ +49 (0) 68 58 9 85 11 71
E-Mail: info@terrafit.de
Internet: www.terrafit.de

Bödenhilfsstoff
Spaustraße Bayreuth
82.779 501 10
Bayer-Nr. 608/2007/20019
USA-Nr. DE31153025
Korn-Nr. 210 545 75

Seite 2

Stand: Januar 2012

Fig. 50: Informationsblad vedr Mykorrhizakonzentrat.

BioMyc Environment GmbH - Postfach 3040 - 14745 Brandenburg



BioMyc
Environment GmbH

Forschung, Entwicklung und Großproduktion biologischer Bodenhilfsstoffe im Land Brandenburg - Vertrieb weltweit

Büro Brandenburg
Postfach 3040
14745 Brandenburg
Telefon: (033 91) 21 25 87
Fax: (033 91) 21 25 33
Web: <http://www.biomyc.de>
E-Mail: info@biomyc.de

Brandenburg, 2015-05-13

Kunden-Nr. [REDACTED]

Rechnungs-Nr. [REDACTED]

Vielen Dank für Ihre Bestellung .

Wir berechnen Ihnen:

Artikel: Mykorrhizapilz-Konzentrat
Bezeichnung: **BioMyc™ Vital**
Verpackungsinhalt: 25 Liter zzgl 5 Liter Bonus
Einzelpreis pro Liter: 6,76 € incl. 7 % MWST
Bezeichnung: **BioMyc™ Vital**
Einzelpreis pro Liter: 4,98 € incl. 7 % MWST
Verpackungsinhalt: 50 Liter zzgl. 10 Liter Bonus

Rechnungsendpreis: 418,00 € incl. 7 % MWST 27,35 €

Frühjahrsbonus: 15 Liter

Nach Zahlungseingang wird die Ware sofort versendet.

Legende:

- Pe Paulownia elongata Pa Pappelklon Max 4
- Pf Paulownia fortunei Ro Robinia pseudoacacia
- Pt Paulownia tomentosa Vi Weidenklon Tordis

M Mykorrhiza

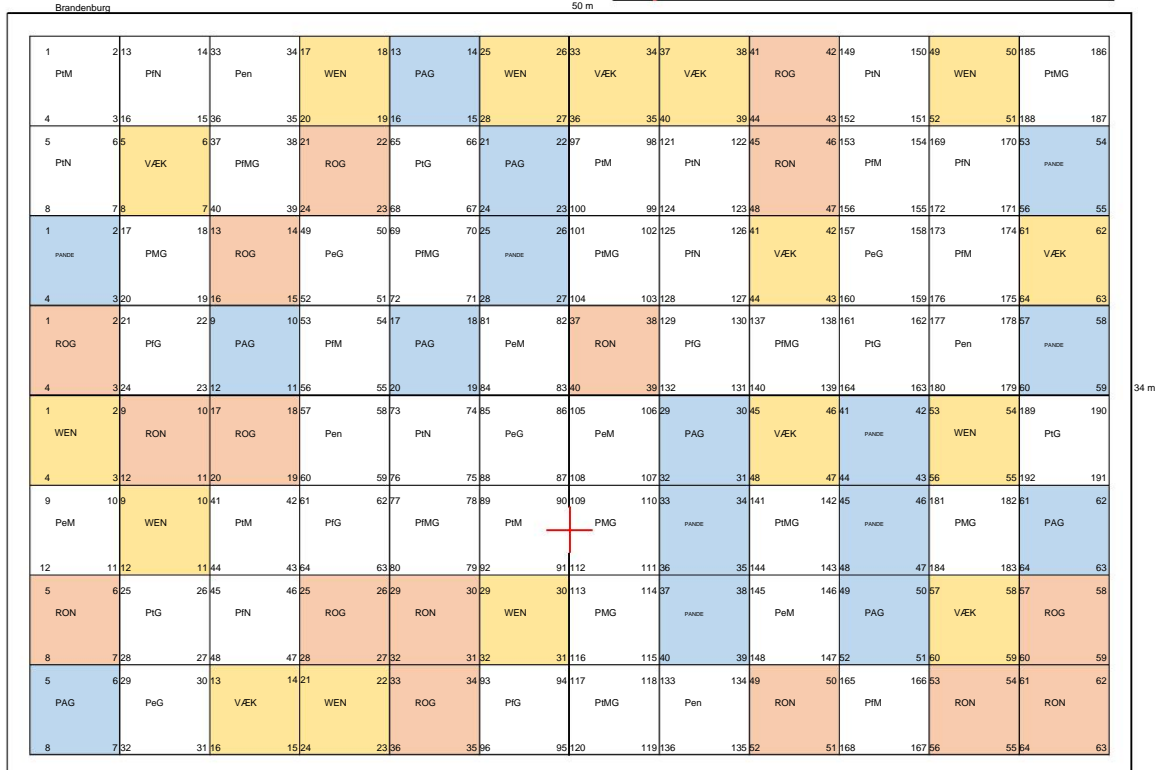
G Geohumus

N normal = nul areal

hvid paulownia	
blå	Poppel
rødne	Sort græshoppe
gul	græsgange

Vejrstationens placering

Fig. 51: Kort over testområderne i Brandenburg, Föhr og Göttingen.



Føhr 50 m

1	29	101	213	1437	3813	1413	1457	5865	6629	3025	2629	30
PIM	PIG	WEN	VÆK	Pen	ROG	PAG	PeM	PIM	WEN	RON	PANDE	
4	312	114	316	1540	3916	1516	1560	5968	6732	3128	2732	31
1	213	145	625	269	1041	4253	5417	1825	2673	7481	8285	86
ROG	PIG	RON	PMG	ROG	PIN	PMG	RON	VÆK	PeM	PMG	PMG	
4	316	158	728	2712	1144	4356	5520	1928	2776	7584	8388	87
5	617	185	629	305	645	4617	1861	6269	7077	7825	2689	90
PIM	Pen	WEN	PMG	PANDE	PMG	WEN	PIN	PIG	PIN	PANDE	PeG	
8	720	198	732	318	748	4720	1964	6372	7180	7928	2792	91
1	221	229	1033	349	1049	5021	2217	1821	2221	2229	3093	94
PAG	PIN	VÆK	PeG	PAG	PIM	VÆK	PAG	PANDE	ROG	RON	PIG	
4	324	2312	1136	3512	1152	5124	2320	1824	2324	2332	3196	95

18 m

Göttingen område A 28 m

	1	25		613	145	625	2633	34
	PAG		PIN	Pen	VÆK	PtM	PfM	
	4	38		716	158	728	2736	35
	1	29		105	617	189	109	10
	ROG		PMG	RON	PMG	WEN	RON	
	4	312		118	720	1912	1112	11
	1	21		25	621	2229	3013	14
	PIN	WEN		PAG	PIN	PeG	ROG	
	4	34		38	724	2332	3116	15

12 m

Göttingen område B 30m

	9	1045	4617	1821	2273	7425	26
	PANDE	PMG	PANDE	VÆK	PMG	RON	
	12	1148	4720	1924	2376	7528	27
97	9837	3813	1453	5465	6677	7829	30
PIG	PIM	VÆK	PIG	PIM	PIG	ROG	
100	9940	3916	1556	5568	6780	7932	31
	13	1421	2257	5825	2681	8229	30
	PANDE	RON	+	PAG	PIM	VÆK	
	16	1524	2360	5928	2784	8332	31
	17	1849	5061	6225	2629	3089	90
	ROG	PMG	PMG	WEN	PAG	PIG	
	20	1952	5164	6328	2732	3192	91
	41	4217	1821	2269	7085	8693	94
	PeM	WEN	PANDE	PIN	PeM	PeG	
	44	4320	1924	2372	7188	8796	95

22m

Fane 13: Tabelliste over betydningerne (sammenligning af middelværdier) mellem de forskellige træarter og behandlingstyper, opdelt efter vegetationsperioderne 2015, 2016 og 2017 og efter lokaliteterne Brandenburg (BB) og Göttingen (Gö). . Tomme felter angiver ingen betydning. Grå felter markerer manglende data på grund af høj fejlfrekvens.

Forudsætninger for post-hoc-testen: stikprøvestørrelserne er uens med de samme varianser (se Levene-testen for variansernes homogenitet)
Da stikprøvestørrelsen viser en stor forskel (N fra 3 til 14), anvendes Hochbergs GT2-testen.

HöheBRB2015 Hochberg GT2 - Test

	Penn	PaG	Pem	Pem	Pemj	PIN	PIG	PIM	PIMG	PIN	PIG	PIM	PIMG				
Pen																	
PaG																	
PeM																	
PMG																	
PIN																	
PIG																	
PIM														0,002	0,009	0,009	
PIMG																	
PIN																	
PIG										0,002							
PIM										0,009							
PIMG										0,009							

HöheGö2015 Hochberg GT2 - Test

	Penn	PaG	Pem	Pem	Pemj	PIN	PIG	PIM	PIMG	PIN	PIG	PIM	PIMG				
Pen																	
PaG							0,015						0,045				
PeM																	
PMG						0,015											
PIN																	
PIG																	
PIM																	
PIMG														0,045			
PIN																	
PIG																	
PIM																	
PIMG																	

HöheBRB2016 Spil Howell - Test fordi ulige varianser og ulige stikprøvestørrelser HeightGö2016

	Penn	PaG	Pem	Pem	Pemj	PIN	PIG	PIM	PIMG	PIN	PIG	PIM	PIMG				
Pen						0,000											
PaG																	
PeM																	
PMG	0,000																
PIN																	
PIG																	
PIM																	
PIMG																	
PIN	0,028																
PIG																	
PIM																	
PIMG																	

PIN- og PIMG-data blev fjernet fra beregningen på grund af utilstrækkelige data og for at udføre post-hoc-testen (mindst 2 værdier påkrævet).

HöheGö2016 Hochberg GT2 - Test

	Penn	PaG	Pem	Pem	Pemj	PIN	PIG	PIM	PIMG	PIN	PIG	PIM	PIMG				
Pen																	
PaG																	
PeM													0,023				
PMG																	
PIN																	
PIG																	
PIM								0,023							0,046		
PIMG																	
PIN													0,046				
PIG																	
PIM																	
PIMG																	

HöheBRB2017 Hochberg GT2 - Test

	Penn	PaG	Pem	Pem	Pemj	PIN	PIG	PIM	PIMG	PIN	PIG	PIM	PIMG				
Pen																	
PaG																	
PeM																	
PMG																	
PIN																	
PIG																	
PIM																	
PIMG																	
PIN																	
PIG																	
PIM																	
PIMG																	

PeN, PIN og PIMG data blev fjernet på grund af utilstrækkelige data og for at udføre Post-hoc test (mindst 2 værdier påkrævet) fjernet fra beregningen

HöheGö2017 Hochberg GT2 - Test

	Penn	PaG	Pem	Pem	Pemj	PIN	PIG	PIM	PIMG	PIN	PIG	PIM	PIMG				
Pen																	
PaG																	
PeM																	
PMG													0,029				
PIN																	
PIG																	
PIM								0,029							0,017		
PIMG																	
PIN													0,017				
PIG																	
PIM																	
PIMG																	

PIMG-data blev fjernet fra beregningen på grund af utilstrækkelige data og for at udføre post-hoc-testen (mindst 2 værdier påkrævet).

bibliografi

- Adolphi, K., 1997. Neofytiske dyrkede og dyrkede planter som kulturelle flygtninge af Rheinland, 1. tillæg. Osnabrück Naturvidenskabelige Rapporter, bind 23, s. 27-36 11.
- Ammer, C., Arenhövel, W., Bauhus, J., Bolte, A., Degen, B., Dieter, M., Erhart, HP, Erler, J., Hein, S., Kätzel, R., Konnert, M., Leder, B., Mosandl, R., Spellmann, H., Schölch, M., Schmidt, O., Schmidt, W., Schmitt, U., Spathelf, P., Teuffel, K. v. Vor, T., 2014. Betydelig tvivl om naturbeskyttelsesinvasivitetsvurderingen af nogle skovrelevante træarter - åbent brev. AFZ-Der Wald 69 (14), 12-14.
- APA, 1991. American Paulownia Association [WWW-dokument]. URL <https://paulowniatrees.org/> (tilgået 3.5.20).
- APG III, 2009. En opdatering af Angiosperm Phylogeny Group-klassifikationen for ordrer og familier af blomstrende planter: APG III. Botanical Journal of the Linnean Society 161, 105–121. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8339.2009.00996.x>
- Bartels, H., 1993. Trævidenskab: Introduktion til dendrologi, UTB. Ulm, Stuttgart.
- Barton, ILS, 2007. Paulownia, FRI bulletin 1992-2007; ZDB-ID: 1326063-7. New Zealand Skov Forskningsinstituttet, Rotorua.
- BArtSchV, 2020. Federal Species Protection Ordinance (BArtSchV - ikke-officiel indholdsfortegnelse) fra Forbundsrepublikken Tyskland, ny version 2005 [WWW-dokument]. URL https://www.gesetze-im-internet.de/bartschv_2005/index.html (tilgået 7.1.20).
- Bean, WJ, 1973. Træer og buske hårdføre på de britiske øer, Vol. II, DM.
- Beasley, RR, Pijut, PM, 2010. Invasive plantearter i løvtræsplantager. FNR-230-W West Lafayette, IN: Purdue University Extension Service, Hardwood Tree Improvement Center. 25 s. FNR-230W, 1-25.
- Bergström, R., Guillet, C., 2002. Sommersøgning af store planteædere i pileplantager med kort rotation. Biomasse og Bioenergi 23, 27–32. [https://doi.org/10.1016/S0961-9534\(02\)00027-2](https://doi.org/10.1016/S0961-9534(02)00027-2)
- Berry, S., 2005. Romanovs profeti. Ballantine Books, New York, NY.
- BfN, 2020a. Neobiota: Legal Framework, Federal Agency for Nature Conservation [WWW-dokument]. URL <https://neobiota.bfn.de/basisn/srechter-framework.html> (tilgået 7.1.20).
- BfN, 2020b. Bernerkonventionen: Bevarelse af den vilde flora og fauna og deres Habitater [WWW-dokument]. URL <https://www.bfn.de/themen/artenschutz/ordnungen/berner-konvention.html> (tilgået 6.24.20).
- BfN, 2012. Data om natur 2012, Føderal Agency for Nature Conservation. Landbrugsforlaget, Munster: 446 S.
- BLfL, 2003. (Bavarian State Institute for Agriculture): Plantager i kulturlandskabet. Specialistkonference for Institut for Agroøkologi, Økologisk Jordbrug og Jordbeskyttelse sammen med det bayerske statsinstitut for vindyrkning og havebrug den 9. og 10. juli 2003 i Kirchehrenbach, distriktet Forchheim. Proceedings of the conference, publication series of the LfL, 85 s.
- BMEL, 2017. BWaldG - Lov om skovbevaring og skovbrugsfremme - Fødevarer- og landbrugsministeriet [WWW-dokument]. URL <https://www.gesetze-im-internet.de/bwaldg/BJNR010370975.html> (tilgået 7.6.20).
- BNatSchG, 2009. Lov om naturbeskyttelse og landskabsbeskyttelse (Federal Nature Conservation Act). Udgivet 29. juli 2009, Federal Law Gazette I s. 2542, som senest blev ændret ved artikel 1 i loven af 4. marts 2020 (BGBl. I s. 440); Ikrafttræden 03/01/2010.
- Boelcke, B., 2007. Principper for dyrkning af hurtigtvoksende træarter og udbyttepotentiale i Mecklenburg-Vorpommern. Foredrag på symposiet "Energitræproduktion

- landbrugsområder", 9. maj 2007 i Güstrow. www.agrarnet.mv.de/index.php?/content/view/full/3363, pr. 05.08.08.
- Böhm, C., Tsonkova, P., Zehlius-Eckert, W., 2017. Hvordan kan agroforestry-systemer praktisk integreres i tysk landbrugsfinansieringslovgivning? I: Proceedings. Med bidrag fra det 5. Forum Agroforestry Systems 30.11. til 01.12.2016 i Senftenberg (...). Træer i landbruget - fra teori til praksis. Udgiver: Dr. Christian Böhm Brandenburg Tekniske Universitet Cottbus-Senftenberg Institut for Jordbeskyttelse og Genopdyrkning. http://agroforst-info.de/wp-content/uploads/2017/03/Tagungsband_5_Forum_Agroforstsysteme_.pdf.
- Bonner, FT, 1990. *Paulownia tomentosa* (Thunb.) Sieb. & Zucc. ex steud. Royal Paulownia 2.
- Boote, DN, Beile, P., 2005. Scholars Before Researchers: On the Centrality of the Dissertation Literature Review in Research Preparation. *Uddannelsesforsker* 34, 3–15. <https://doi.org/10.3102/0013189X034006003>
- Bork, J., Walter, E., Mosandl, R., Stimm, B., 2015. Paulownia - foreløbige resultater om muligheder og grænser for dyrkning i skoven. *Skovarkivet* 102–106. <https://doi.org/10.4432/0300-4112-86-102>
- Bourier, G., 2013. Deskriptiv statistik: Praktisk introduktion. Springer-Verlag.
- Brandle, JR, Hodges, L., Zhou, XH, 2004. Vindfang i nordamerikanske landbrugssystemer, i: Nair, PKR, Rao, MR, Buck, LE (red.), *New Vistas in Agroforestry: A Compendium for 1st World Congress of Agroforestry, 2004, Advances in Agroforestry*. Springer Holland, Dordrecht, s. 65–78. https://doi.org/10.1007/978-94-017-2424-1_5
- Brix, M., Bender, B., Spiecker, H., 2009. Værdifuld træproduktion i agroforestry-systemer, i: Reeg, T., A. Bemann, W. Konold, D. Murach og H. Spiecker (red.), *dyrkning og brug af træer på landbrugsjord*, John Wiley & Sons, Weinheim. s. 1.
- Brodbeck, T., Zemp, M., Frei, M., Kienzle, U., Knecht, D., 1999. Flora of Basel og omgivelser 1980-96. Offprint af kommunikationen fra naturforskningsselskaberne i Basel 2: 543-1003.
- Browne, DJ, 1851. Amerikas træer: indfødte og fremmede, billedligt og botanisk afgrænset og videnskabeligt og populært beskrevet ... Illustreret af talrige graveringer. Harper og brødre.
- Büker, F., 2015. Ungdomsvækst og tørkeresistens hos forskellige Paulownia-arter, bachelorafhandling ved Fakultetet for Skovvidenskab og Skovøkologi ved Georg August Universitetet i Göttingen, upubliceret.
- Butin, H., 2011. Sygdomme i skov- og parktræer. Guide til at bestemme træsygdomme. Georg Thieme Verlag Stuttgart. New York.
- Buttler, KP, Thieme, M., 2013. Flora List of Germany - Karplanter [WWW Dokument]. URL <https://www.kp-buttler.de/florenliste/index.htm> (tilgængeligt 5.13.20).
- Cabi, 2019. Compendium for invasive arter: Paulownia tomentosa [WWW-dokument]. URL <https://www.cabi.org/isc/datasheet/39100> (tilgængeligt 5.12.20).
- Cathaia, 2020. Paulownia træplanteskole Schröder, et mærke fra Cathaia International GmbH&Co.KG, Orleansstr. 2, 81669 München. [WWW Dokument]. URL <http://www.paulownia-baumschule.de/> (tilgængeligt 7.21.20).
- CBD-sekretariatet (FN), 2020. Konventionen om biologisk mangfoldighed [WWW-dokument]. URL <https://www.cbd.int/convention/> (tilgængeligt 6.24.20).
- CBD-sekretariatet (FN), 2002. Fremmede arter: vejledende principper for forebyggelse, indførelse og afbødning af påvirkninger - FN's miljøprogram [WWW-dokument]. URL <https://www.cbd.int/kb/record/recommendation/7021?Event=SBSTTA-05> (tilgængeligt 6.24.20).
- Chalmin, A., 2009. Produktionsaspekter i agroskovbrugssystemer med værdifuldt træ - landbrugsproduktion, i: Reeg, T., A. Bemann, W. Konold, D. Murach og H. Spiecker (red.), *Cultivation and use of trees on agricultural jord*, John Wiley & Sons, Weinheim. s. 1.

- Chalmin, A., Möndel, A., 2009. Juridiske rammer for agroforestry-systemer, i: Reeg, T., A. Bemann, W. Konold, D. Murach og H. Spiecker (red.), *Cultivation and Use of Trees landbrugsjord*, John Wiley & Sons, Weinheim. s. 1.
- Chao, Y., Chen, Y., 1980. Kinas økonomiske insektfauna. Fasci. 20 Coleoptera. Curculionidae (I). Videnskabspressen. Beijing, Kina, s. 184.
- Chen, S., Xie, Y., Deng, G., 1959. Økonomisk insektfauna i Kina. Fasc. 1, i: Coleoptera. Cerambycidae. Videnskabspressen. Beijing, Kina, s. 120.
- CITES.org, 2020. Washington-konventionen om international handel med truede arter (CITES). International handel med truede arter af vilde dyr og planter, af 1973) [WWW-dokument]. URL <https://www.cites.org/> (tilgået 7.1.20).
- Clay, DV, Dixon, FL, 1997. Effekt af bunddækkende vegetation på væksten af poppel og pil med kort omdrejning. *Aspekter af anvendt biologi* 53–60.
- Flora Council, 1987. Flora Council of the Chinese Academy of Cryptogams. Erysiphales, Science Press, Beijing, Kina.
- Cook, DJ, Mulrow, CD, Haynes, RB, 1997. Systematiske anmeldelser: Syntese af bedste bevis for kliniske beslutninger. *Annals of Internal Medicine* 126, 376–380. <https://doi.org/10.7326/0003-4819-126-5-199703010-00006>
- Cotta, H. von, 1819. Markdyrkningens forbindelse med skovdyrkning el. træavl. Arnold'sche boghandel, Dresden, 56 s.
- Dai, F., 1979. Sylloge of Chinese Fungi. Videnskabspressen. Beijing, Kina, s. 1527
- Dannenberg, FSM, 2016. Ungdomsvækst af *Paulownia elongata*, *fortunei* og *tomentosa* ved forskellige lysintensiteter, kandidatafhandling ved Fakultetet for Skovvidenskab og Skovøkologi ved Georg-August-Universitetet i Göttingen, upubliceret.
- datat geohumus.pdf [WWW-dokument], og URL <http://www.terrafit.de/media/products/Datenblatt%20geohumus.pdf> (tilgængeligt 9.21.15).
- David, H., 2012. *Paulownia – kejserindetræ* [WWW-dokument]. Voksende historie. URL <https://growinghistory.wordpress.com/category/paulownia-empress-tree/> (tilgængeligt 3.2.20).
- DB, 2017. Bestemmelser om plantager med kort omdrift, journalnummer WD 5 - 3000 - 087 / 17, afdeling: WD5: Økonomi og transport, ernæring, landbrug og forbrugerbeskyttelse. Den tyske Forbundsdays videnskabelige tjeneste.
- Dening, K., 1937. Om videnskaben om *Paulownia tomentosa* (Thunb.) Steud. *Mitt. Dtsch. Dendrol. Givet.* 49, 127-129.
- Dickmann, DI, 2006. Skovdyrkning og biologi af træagtige afgrøder med kort omdrift i tempererede områder: dengang og nu. Biomasse og bioenergi, Proceedings of the 5th Biennial meeting of the Short Rotation Woody Crops Operations Working Group i samarbejde med International Energy Agency Bioenergy, Opgave 30, Short Rotation Crops for Bioenergy Systems og International Union of Forest Research Organisation, Arbejdsenhed 1.09.01, Integrated Research in Temperate Short-Rotation Energy Plantations 30, 696-705. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2005.02.008>
- Direkte betaling gennem forordning, 2020. Bekendtgørelse om gennemførelse af direkte betalinger til ejere Landbrugsbedrifter inden for rammerne af støtteordninger under den fælles landbrugspolitik (direktebetalingsimplementeringsforordningen - DirektzahlDurchfV) § 30 områder med kort omdrifts skov (artikel 46, stk. 2, litra g i forordning (EU) nr. 1307/2013): [WWW-dokument]. URL https://www.gesetze-im-internet.de/direktzahl_durchfv/_30.html (tilgængeligt 7.8.20).
- Dirlmeier, U., 1982. Gennemgang af tysk landbrugshistorie. Fra yngre stenalder til begyndelsen af den industrielle tidsalder (Scientific Paperbacks 12, Social and Economic History). *Tidsskrift for Historisk Forskning* 9, 476–478.
- DMN, 1975. Dette træ er en alsidig skygge, Dallas Morning News. Sekt. C:9.

- Döpke, K., Moschner, CR, Hartung, E., 2013. De økologiske aspekter af kortrotations klippeplantager: et litteraturstudie. *Landbrugsteknik*, 33–37.
- Drew, AP, Zuffa, L., Mitchell, CP, 1987. Terminologi vedrørende træagtige plantebiomasse og dens produktion. Brev til redaktøren. *Biomasse* 12: 79 - 82.
- DVFFA, 2020. German Association of Forest Research Institutes [WWW Document]. URL <http://www.dvffa.de/> (tilgået 3.12.21).
- DWD, 2020. (DWD) Nedbør: langsigtede middelværdier 1981 - 2010. fra: http://www.dwd.de/DE/leistungen/klimadatendeutschland/mittelwerte/nieder_8110_akt_html.html?view=nasPublication&nn=16102; tilgået januar 2016.
- Eckardt, D., 2018. Svar af toårige stokudslæt af *Paulownia*-arter *elongata*, *fortunei* og *tomentosa* for forskellig skygge, bacheloropgave ved Fakultetet for Skovvidenskab og Skovøkologi ved Georg-August-Universitetet i Göttingen, upubliceret.
- eFloras, 2014. Flora of China. Missouri Botanisk Have, St. Louis, MO & Harvard University Herbaria, Cambridge, MA. [WWW-dokument]. URL http://www.efloras.org/florataxon.aspx?flora_id=2&taxon_id=124177 (tilgængeligt 5.12.20).
- Eichhorn, MP, Paris, P., Herzog, F., Incoll, LD, Liagre, F., Mantzanas, K., Mayus, M., Moreno, G., Papanastasis, VP, Pilbeam, DJ, Pisanelli, A., Dupraz, C., 2006. Silvoarable Systems in Europe – Fortid, Nutid og Fremtidsudsigter. *Agroforest Syst* 67, 29–50. <https://doi.org/10.1007/s10457-005-1111-7>
- Unit Earth, 2020. Unit Earth Works Association eV URL <https://www.einheitserde.de/produkte/spezial-substrate/> (tilgået 3.16.21).
- Elton, CS, Pyšek, P., Richardson, DM, 1958. Økologien af invasioner af dyr og planter. London: Methuen. *Fremskridt i fysisk geografi: Jord og miljø* 31, 659–666. <https://doi.org/10.1177/0309133307087089>
- EnPf, 2021. EnergiePflanzen.com: Køb *Paulownia* online, *Paulownia*, Kiri træ, Blåklokketræ eller Kaiserbaum. *energiagrøder*. URL <https://www.energiepflanzen.com/paulownia/> (tilgængeligt 2.27.21).
- Essel, F., 2007. Fra prydblade til skadelig? Den begyndende invasion af Centraleuropa af *Paulownia tomentosa*. *Preslia* 79, 377-389.
- EU's biodiversitetsstrategi, 2011. Biodiversitet i Europa, EU-mål Biodiversitetsstrategi for 2020, Europa-Kommissionen [WWW-dokument]. Forbundsministeriet for miljø, naturbeskyttelse og nuklear sikkerhed. URL <https://www.bmu.de/themen/natur-biologische-diversity-arten/naturschutzbiodiversity/biological-diversity-international/biological-diversity-in-europe/> (tilgængeligt 7.1.20).
- Bekendtgørelse 13112, 1999. Bekendtgørelser for invasive arter | Nationalt Invasive Species Information Center | USDA [WWW-dokument]. URL <https://www.invasivespeciesinfo.gov/executive-orders-invasive-species> (tilgået 3.6.20).
- Fang, C., 2000. *Fauna Sinica, Insekter. Vol. 19. Lepidoptera, Arctiidae*. Videnskabspressen. Beijing, Kina, s. 589.
- Felbermeier, B., Höllerl, S., Stimm, B., Abt, A., Binder, F., Kateb, HE, Mosandl, R., 2015. Skovdyrkningsforsøg i Bayern; LWF viden, 76. 18.
- Habitatdirektivet, 1992. Rådets direktiv 92/43/EØF af 21. maj 1992 om bevaring af naturlige levesteder samt vilde dyr og planter, 206.
- Flora Japonica, 1835. *Flora Japonica, Sectio Prima (Tekstbånd I) (1835)* [WWW-dokument]. URL http://www.biolib.de/siebold/flora1/high/CRW_6270_RT8.html (tilgået 3.8.20).
- Foster, S., Duke, JA, 2000. *A Field Guide to Medicine Plants and Herbs of Eastern and Central Nordamerika*. Houghton Mifflin Harcourt.
- Friedrich, E., 1999. Dyrkningsstudier i hurtigtvoksende skovplantager og demonstration af hurtigtvoksende træarters ydeevne. I: Hofmann,

- M. (red.): Pilotprojekt "Hurtigtvoksende træarter" - Sammenfattende slutrapport. Publikationsserie Renewable Resources 13: 19-150.
- Geohumus, 2020. Hjem [WWW-dokument]. Geohumus GmbH. URL <https://www.geohumus.com/> (tilgået 8.25.20).
- Gerhardt, P., 2021. Baumfeldwirtschaft.de: Agroforst, Keyline Design, ReLaWi. URL <http://baumfeldwirtschaft.de/> (tilgået 2.28.21).
- Gerold, D., Landgraf, D., Wolf, H., Schilbach, M., 2009. Management strategier of short rotation plantations, in: Reeg, T., A. Bemann, W. Konold, D. Murach and H. Spiecker (red.), Dyrkning og brug af træer på landbrugsjord, John Wiley & Sons, Weinheim. s. 1.
- Gordon, AM, Newman, SM, Coleman, B., 2018. Tempererede Agroforestry Systems. CABI.
- Gradmann, R., 1950. Den schwabiske Juras planteliv. 4. udgave. kál hammer, Stuttgart, 449 S.
- Grünewald, H., Reeg, T., 2009. Oversigt over forskningstilstanden i agroskovbrugssystemer i Tyskland, i: Reeg, T., A. Bemann, W. Konold, D. Murach og H. Spiecker (red.), Cultivation and use of trees on agricultural jord, John Wiley & Sons, Weinheim. s. 1.
- Hall, T., 2008. Trees for Life Journal - Paulownia: An Agroforestry Gem [WWW Document]. URL <https://www.tfljournal.org/article.php/20080418100402327> (tilgået 3.5.20).
- Hao, Z., Yun, W., Jianqing, D., Denise, D., Weidong, F., Reardon, R., 2004. Invasive planter af asiatiske oprindelse etableret i USA og deres naturlige fjender. OS Department of Agriculture, Forest Service, Forest Health Technology Enterprise Team.
- Haertel, C., 2007. Agroforestry Systems. Næsten i øvrigt: Værdifuldt træ fra marken. Schweizisk træbørs 32: 36–38 [WWW-dokument]. URL https://scholar.google.de/scholar?hl=de&as_sdt=0%2C5&q=Agroforstsysteme.+Fast+nogså+%3A+værdifuldt+træ+fra+mark&btnG= (tilgået 7.29.20).
- Hecker, U., Weisgerber, H., 2014. Paulownia tomentosa, i: Encyclopedia of woody plants: Håndbog og atlas for dendrologi. American Cancer Society, s. 1-10. <https://doi.org/10.1002/9783527678518.ehg2003018>
- Helbig, C., Müller, M., 2009. Abiotiske og biotiske skadelige faktorer i kortrotationsplantager, i: Reeg, T., A. Bemann, W. Konold, D. Murach og H. Spiecker (red.), Dyrkning og brug af træer på landbrugsjord, John Wiley & Sons, Weinheim. s. 1.
- Helbig, C., Müller, M., 2008. Potentielle biotiske skadesfaktorer i kortrotations-hatt. Cottbus skrifter om økosystems tilblivelse og landskabsudvikling 6: 101-116.
- Herzog, F., 1998. Streuobst: et traditionelt agroforestry-system som model for agroforestry udvikling i det tempererede Europa. Agroforestry Systems 42, 61–80. <https://doi.org/10.1023/A:1006152127824>
- Herzog, F., 1997. Konceptuelle overvejelser om agroskovbrug som en alternativ arealanvendelse i Europa. Tidsskrift for kulturteknologi og landdistriktsudvikling 38 (1), 32-35 [WWW-dokument]. URL https://scholar.google.de/scholar?hl=de&as_sdt=0%2C5&q=conceptionelle+%04berleg+menter+til+agroskovbrug+som+arealanvendelse+alternativ+i+Europa&btnG= (tilgået 7.21.20).
- Hoffmann, CI, 2019. Biomasseforøgelse af unge planter af arten Paulownia elongata, Paulownia fortunei og Paulownia tomentosa under modificeret Stedsforhold, kandidataffhandling ved Fakultetet for Skovvidenskab og Skovøkologi ved Georg-August Universitetet i Göttingen, upubliceret.
- Hoffmann, CI, 2017. Reaktionen af toårige paulownia-rørudslæt på forskellig vandforsyning, bacheloropgave ved Fakultetet for Skovvidenskab og Skovøkologi ved Georg-August-Universitetet i Göttingen, upubliceret.

- Hofheinz, F., 2016. Rotationstider for kortrotationsplantager, bacheloropgave ved Fakultetet for Skovvidenskab og Skovøkologi ved Georg-August-Universitetet i Göttingen, upubliceret.
- Hofmann, M., 2007. Energitræproduktion i landbruget. Agenturet for Vedvarende Ressourcer e. V., 42 s.
- Hoppe, JR, 2020. General Botany, Lecture Bio.0001.003, 5. Anatomy of the Leaf - Ulm University [WWW Document]. URL <https://www.uni-ulm.de/en/nawi/sysbot/lehre/basisn/allgemeinebotanik/blattanatomie/> (tilgængeligt 3.13.20).
- [PubMed] Hu, S.-Y. *Econ Bot* 15, 11-27.
<https://doi.org/10.1007/BF02906759>
- Hu, SY, 1959. En monografi af slægten *Paulownia*. Kvartalsblad for Taiwan Museum 12, 1-54.
- Huang, F., 1993. Insekter i Wuling-bjergområdet, det sydvestlige Kina. Videnskabspressen. Beijing, Kina, s. 777.
- Hubo, C., Jumpertz, E., Krott, M., Nockemann, L., Steinmann, A., Bräuer, I., 2007. Grundlag for udvikling af en national strategi mod invasive fremmede arter. Forbundsstyrelsen for Naturbeskyttelse, BfN-Skripten 213, s. 387
- Innes, RJ, 2009. *Paulownia tomentosa*. I: Fire Effects Information System. US Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station, Fire Sciences Laboratory [WWW-dokument]. URL <https://www.fs.fed.us/database/feis/plants/tree/pautom/all.html> (tilgængeligt 3.5.20).
- International Plant Names Index [WWW Document], 2020. URL https://www.ipni.org/?f=f_specific%2Cf_infrageneric%2Cf_infracfamilial%2Cf_familial%2Cf_infraspecific%2Cf_generic&q=paulownia (tilgængeligt 3.26.20).
- Johnson, JE, Mitchem, DO, Kreh, RE, 2003. Etablering af royal paulownia på Virginia Piemonte. *New Forests* 25, 11–23. <https://doi.org/10.1023/A:1022349231557>
- Johnson, K., 2005. Faktaark: Princess Tree (FORSLAGTE ALTERNATIVE PLANTER), Plant Conservation Alliance@s Alien Plant Working Group - <http://www.nps.gov/plants/alien/>.
- Kays, J., 1996. Hvordan man producerer og markedsfører *Paulownia* [WWW-dokument]. URL https://www.doc-developpement-durable.org/file/Arbres-Bois-de-Rapport-Reforestation/FICHES_ARBRES/Paulownia/How%20to%20Produce%20%20Market%20Paulownia.pdf (tilgængeligt 3.5.20).
- Keil, P., Loos, GH, 2004. Ergasiophytophytes on brownfield sites in the Ruhr area. *Floristische cirkulærer*, 38, Bochum.
- Keller, S., Häni, F., 2000. Krav fra gavnlige insekter og skadedyr på habitatet. I W Nentwig (Hrsg.): *Stribeformede økologiske kompensationsområder i kulturlandskabet: agerkrudsstrimler, vilde blomster, markkanter*. Bern Hannover, vaö Verlag Agrarökologie: 199-217.
- Kiermeier, P., 1977. Erfaringer med *Paulownia tomentosa* (Thunb. Steud. im Rheingau. Mitt. tysk dendrol. Ges. 69, 11-22.
- Knust, C., 2009. Kurzumtriebsplantagen - Status des Wissens, i: Reeg, T., A. Bemmann, W. Konold, D. Murach og H. Spiecker (red.), *Dyrkning og brug af træer på landbrugsjord*, John Wiley & Sons, Weinheim. s. 1.
- Kobayashi, S., Asai, T., Fujimoto, Y., Kohshima, S., 2008. Anti-herbivore Structures of *Paulownia tomentosa*: Morfologi, distribution, kemiske bestanddele og ændringer under skud- og bladudvikling. *Ann Bot* 101, 1035-1047. <https://doi.org/10.1093/aob/mcn033>
- König, W., Radkau, J., 2013. Teknologi i Tyskland. Fra det 18. århundrede til nutiden, 1989, i: *Thinking About Technology*. Nomos Verlagsgesellschaft mbH & Co. KG, s. 309-312. <https://doi.org/10.5771/9783845269238-309>

- Konold, W., Reeg, T., 2009. Historiske skovbrugssystemer i Tyskland, i: Reeg, T., A. Bemann, W. Konold, D. Murach og H. Spiecker (red.), Dyrkning og brug af træer på landbrugsjord, John Wiley & Sons, Weinheim. s. 1.
- Kowarik, I., 2010. Biologiske invasioner. Neophytes og Neozoa i Centraleuropa., 2 udvidet udgave. red. Ulmer Verlag.
- Kowarik, I., 1995. Tidsforsinkelser i biologiske invasioner med hensyn til fremmede arters succes og fiasko. Pyšek, P., Prach, K., Rejmánek, M. & Wade, M. (red.), Planteinvasioner. Generelle aspekter og særlige problemer. SPB Academic Publ., Amsterdam 15-38.
- Lacy, A., 2000. I en grøn skade: skrifter fra hjemmet. New York, NY: Houghton Mifflin Selskab.
- Landgraf, D., Ertle, C., Böcker, L., 2005. Vækstpotentiale for sorte græshoppeskud på områder efter minedrift. AFZ - The Forest 14: 748 - 749.
- Landolt, E., 1993. Om plantearter, der er vokset i byen Zürich gennem de sidste 150 år har spredt sig meget. Phytocoenologia, bind 23, hæfte 1-4 651-663. <https://doi.org/10.1127/phyto/23/1993/651>
- Lee, TB, 1983. Endemiske planter og deres udbredelse i Korea.
- Lei, C., Zhou, Z., 1998. Insect Records of Hubei, Kina. Hubei Science and Technology Publishing House. Wuhan, Kina, s. 650.
- Lenssen, NJL, Schmidt, GA, Hansen, JE, Menne, MJ, Persin, A., Ruedy, R., Zyss, D., 2019. Forbedringer i GISTEMP-usikkerhedsmodellen. J. Geophys. Res. Atmos. 124, 6307–6326. <https://doi.org/10.1029/2018JD029522>
- LexBio, 2020. Biologisk leksikon; Spectrum Academic Publishing House, Heidelberg [WWW Dokument]. URL <https://www.spektrum.de/lexikon/biologie/> (tilgængeligt 3.11.21).
- Liu, X., Guo, Y., 1998. Flora of Chinese Fungi, i: Pseudocercospora. Videnskabspressen. Beijing Kina, s. 473.
- Longbrake, ACW, 2001. Økologi og invasivt potentiale af Paulownia Tomentosa (Sculariaceae) i et hårdtræsskovlandskab. Ohio Universitet.
- Machatschek, M., 2002. Løvhistorier: praktisk viden om en gammel træøkonomi, Spise- og foderløvkultur, løvhistorier. Böhlau Verlag, Wien, 544 s.
- Mayr, H., 1906. Fremmede skov- og parktræer for Europa. Berlin.
- McCracken, AR, Dawson, WM, 1997. Dyrkning af klonale blandinger af pil for at reducere virkningen af Melampsora epitea var. epitea. European Journal of Forest Pathology 27, 319-329. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0329.1997.tb01086.x>
- Mehrotra, MD, 1997a. Fantastisk vækstrespons af Paulownia på mykorrhisering og fertilization, The Indian Forester - et månedligt tidsskrift for skovbrug og skovforskning, 123 873-875.
- Mehrotra, MD, 1997b. Sygdomme i Paulownia og deres ledelse, The Indian Forester - et månedligt tidsskrift for skovbrug og skovforskning, 123 67-72.
- Mehrotra, MD, 1996. Multiplikation af VAMF på Paulownia - en sand mulighed, indisk Journal of Forestry 1996, 122, 9, s. 858-860.
- Mehrotra, MD, 1996. Multiplikation af VAMF på Paulownia - en sand mulighed. Inderen Skovfoged 858–860.
- Mehrotra, MD, Sachan, SN, Mehotra, A., 1998. Virkning af VAM, gødning og afolieret neemkagepåføring på væksten af Paulownia tomentosa, der er rejst fra rodstiklinger. Indian Journal of Forestry 111–114.
- Mehrotra, MD, Sachan, SN, Mehrotra, A., 1998. Effekt af VAM, gødning og afolieret neemkagepåføring på væksten af Paulownia tomentosa opdrættet fra rodstiklinger, Indian Journal of Forestry Vol. 21, S. 111-14.
- Meyer, M., 2012. Natteparaden af hundrede dæmoner: en feltguide til japansk Yokai. ukendt, ukendt.
- Meyerhof, J., 2014. Vigtigheden af håndtering af høns i udvalgte lande Europa, bachelorafhandling ved Fakultetet for Skovvidenskab og Skovøkologi ved Georg-August-Universitetet i Göttingen, upubliceret.

- Mezzalana, G., Colonna, M.B., 2002. Paulownia, en multifunktionel træsort. Informant Agrario 58, 65–73.
- Michaelis, F., 2013. Fremstilling af spånplader baseret på kiri træ = Fremstilling af spånplader baseret på kiri-træ, 80 s., Kandidatafhandling ved Fakultetet for Skovvidenskab og Skovøkologi ved Georg-August Universitetet i Göttingen, upubliceret.
- Möndel, A., Brix, M., Chalmin, A., 2009. Economic assessment of agroforestry systems, in: Reeg, T., A. Bemann, W. Konold, D. Murach og H. Spiecker (red.), dyrkning og brug af træer på landbrugsjord, John Wiley & Sons, Weinheim. s. 1.
- Moore, J.E., Lacey, E.P., 2009. En sammenligning af spiring og tidlig vækst af fire tidlige Successionelle træarter i det sydøstlige USA i forskellige jord- og vandregimer. The American Midland Naturalist 162, 388-394. <https://doi.org/10.1674/0003-0031-162.2.388>
- Mosandl, R., Stimm, B., 2015. Kort portræt af blåklokke-træ (Paulownia tomentosa), <http://www.waldwissen.net>. 4.
- Murach, D., Kindermann, C., Hirschl, B., Aretz, A., Schneider, B.U., Grünwald, H., Schultze, B., Quinkenstein, A., Bilke, G., Muchin, A., Eberts, J., Grundmann, P., Jochheim, H., Scherzer, J., Hagemann, H., 2007. Fremtidig råstofdendromasse - baggrund og første resultater af det fælles forskningsprojekt DENDROM. Skovarkivet 78: 88-94.
- Nakai, T., 1949. Die Familie Paulowniaceae. Journal of Japanese Botany 24, S. 13.
- Nehring, S., Essel, F., Klingstein, F., Nowack, C., Rabitsch, W., Stöhr, O., Wiesner, C., Wolter, C., 2010. Sortliste over invasive arter: Kriteriesystem og sorte lister over invasive fisk for Tyskland og Østrig. Federal Agency for Nature Conservation, BfN scripts 285.
- Nehring, S., Essel, F., Rabitsch, W., 2015. Metodik til naturbeskyttelse Invasivitetsvurdering for fremmede arter: Version 1.3; ved hjælp af resultater fra R&D-projekterne FKZ 806 82 330, FKZ 3510 86 0500 og FKZ 3511 86 0300 og FKZ 3514 86 0200, BfN-scripts. Federal Agency for Nature Conservation, BfN-Skripten 401, Bonn.
- Nehring, S., Kowarik, I., Rabitsch, W., Essel, F. (Eds.), 2013. Naturbevarende invasivitetsvurderinger for ikke-hjemmehørende karplanter, der lever vildt i Tyskland: ved hjælp af resultater fra R+D-projekterne FKZ 806 82 330, FKZ 3510 86 0500 og FKZ 3511 86 0300, BfN scripts. Federal Agency for Nature Conservation, BfN-Skripten 352, Bonn.
- Neobiota, 2020. Neobiota: hvad er neobiota? Hvad er invasive arter? [WWWDokument]. URL <https://neobiota.bfn.de/grundlagen/neobiota-und-invasive-arten.html> (tilgået 5.30.20).
- Nitsch, H., Röder, N., Oppermann, R., Baum, S., Schramek, J., Gundlach, J., 2016. Udformning af økologiske indsatsområder i forhold til naturbeskyttelse. Folder 6. Kortomdriftsplantager som økologiske prioriterede områder (ÖVF). øvelsesmanual. Finansieret af Forbundsstyrelsen for Naturbeskyttelse med midler fra Forbundsministeriet for Miljø, Naturbeskyttelse, Bygning og Nuklear Sikkerhed. Institut for forskning i landdistriktsstruktur ved Goethe-universitetet i Frankfurt am Main (IfLS); http://p125587.mittwaldserver.info/fileadmin/user_upload/Illustrations/Projects/Hanbuch_OEVForsch/Handbuch_OEVForsch_mit_Merkblaettern.pdf.
- Nobis, L., 2014. Dyrkningsmuligheder og risici ved Paulownia spec., bacheloropgave ved Fakultetet for Skovvidenskab og Skovøkologi ved Georg-August Universitetet i Göttingen, upubliceret.
- oV, 1992a. Den omfattende videnskabelige ekspedition til Qinghai-Xizang Plateau, Chinese Academy of Sciences, i: Insects of the Hengduan Mountains Region, Vol. 1. Videnskabspressen. Beijing, Kina, s. 1-865.

- oV, 1992b. Den omfattende videnskabelige ekspedition til Qinghai-Xizang Plateau, Chinese Academy of Sciences, i: *Insects of the Hengduan Mountains Region*, Vol. 2. Videnskabspressen. Beijing, Kina, s. 867–1547.
- Palma, J., Graves, A., Bregt, A., Bunce, R., Burgess, P., Garcia, M., Herzog, F., Mohren, G., Moreno, G., Reisner, Y., 2005. Integration af jorderosion og rentabilitet i vurderingen af silvoarable agroforestry på landskabsskalaen. *Konferenceoplæg: International Farming Systems Association (IFSA) European Symposium on Farming and Rural Systems*, Vila Real, 4.–7.4.2004: 817–827 12.
- Petzold, R., Feger, K.-H., Schwärzel, K., 2009. Vandbalancen i kortrotationsplantager, i: Reeg, T., A. Bemann, W. Konold, D. Murach og H. Spiecker (red.), *Dyrkning og brug af træer på landbrugsjord*, John Wiley & Sons, Weinheim. s. 1.
- Poetsch, J., 2001. Permakultur – Ideologi eller praktisk landbrug? Seminararbejde på Planteproduktion, Det Jordbrugsvidenskabelige Fakultet, Georg-August Universitetet i Göttingen, 26 s.
- Pyšek, P., Jarošík, V., 2005. Opholdstiden bestemmer fordelingen af fremmede planter, i: Inderjit (Ed.), *Invasive Plants: Ecological and Agricultural Aspects*. Birkhäuser, Basel, s. 77–96. https://doi.org/10.1007/3-7643-7380-6_5
- Rabitsch, W., Gollasch, S., Isermann, M., Starfinger, U., Nehring, S., 2013. Oprettelse af en advarselssliste over invasive dyr og planter, der endnu ikke forekommer i Tyskland. Federal Agency for Nature Conservation, BfN scripts 331.
- Radkau, J., 2007. *Træ: Hvordan et naturligt stof skriver historie (materielle historier)*. oekom forlag.
- Rauer, G., Driesch, M. von den, Lobin, W., Ibsch, PL, Barthlott, W., 2000. Bidrag af Tyske botaniske haver til bevarelse af biologisk mangfoldighed og genetiske ressourcer - opgørelse og udviklingskoncept. *Landwirtschaftsverlag, Münster*: 246 s.
- Reeg T, Bemann A, Konold W, Murach D, Spiecker H, 2009a. *Dyrkning og brug af træer på landbrugsjord*. Wiley-VCH, Weinheim.
- Reeg T, Hampel J, Hohlfield F, Mathiak G, Rusdea E, 2009b. Agroforestry-systemer fra et naturbevaringsperspektiv, i: Reeg, T., A. Bemann, W. Konold, D. Murach og H. Spiecker (red.), *Dyrkning og brug af træer på landbrugsjord*, John Wiley & Sons, Weinheim . s. 1.
- Remaley, T., 2005. Ikke-hjemmehørende planter - Rock Creek Park (US National Park Service) [WWW-dokument]. URL <https://www.nps.gov/rocr/learn/nature/non-native-plants.htm> (tilgået 3.6.20).
- Richter, M., Böcker, R., 2001. Byforekomst og udbredelsestendenser af Blåklokke-træ (Paulownia tomentosa) i det sydvestlige Tyskland. *Meddelelser fra det tyske Dendrologiske Selskab* 86, 125-132.
- Rock, J., Lasch, P., Kollas, C., 2009. Effekter af forudsigelige klimændringer på Kurzumtriebsplantagen, i: Reeg, T., A. Bemann, W. Konold, D. Murach og H. Spiecker (red.), *Dyrkning og brug af træer på landbrugsjord*, John Wiley & Sons, Weinheim. Wiley-VCH, Weinheim, s. 1.
- Röhle, H., 2013. Site performance estimering og biomassebestemmelse i plantager med kort omdrift. Et bidrag til erindringskollokviet i anledning af den 10 årsdagen for døden af prof. dr. Friedrich Franz den 27. juli 2012. Fra Institut for Skovvækst og Skovinformatik, TU Dresden. I: *General Forest og J-Ztg.* 11/12
Tilgængelig online på http://waldwachsen.wzw.tum.de/fileadmin/publications/2013_Standortleis_tungsschaetzung_Roehle.pdf.
- Rösler, S., 2003. Naturlig og social kompatibilitet af integreret frugtavl. *Arbejdsrapporter fra Institut for Arkitektur, Byplanlægning, Landskabsplanlægning* 151, University of Kassel, 166 S. PhD-afhandling. Universitetet i Kassel.

- Schildbach, M., Grünewald, H., Wolf, H., Schneider, B.-U., 2009. Begrundelse fra Kort omdrejningstal: valg af træarter og plantemetoder, i: Reeg, T., A. Bemann, W. Konold, D. Murach og H. Spiecker (red.), Dyrkning og brug af træer på landbrugsjord, John Wiley & Sons, Weinheim. Wiley-VCH, Weinheim.
- Schmidt, PA, Gerold, D., 2008. Kort rotations-hatt – Komplement eller modsætning til bæredygtig skovforvaltning? | Kortsigtede omdriftsplantager – supplement til eller i modstrid med bæredygtig skovforvaltning? Schweizisk tidsskrift for skovbrug 159, 152-157. <https://doi.org/10.3188/szf.2008.0152>
- Schmidt, PA, Glaser, T., 2009. Kortrotation af klippeplantager fra et bevaringsperspektiv, i: Reeg, T., A. Bemann, W. Konold, D. Murach og H. Spiecker (red.), Cultivation and Brug af træer landbrugsjord, John Wiley & Sons, Weinheim. s. 1.
- Schmitz, U., Ristow, M., May, R., Bleeker, W., 2008. Hybridisering mellem neofytter og hjemmehørende plantearter i Tyskland. nat. Landskab 83: 444-451.
- Scholz, V., Hellebrand, HJ, Höhn, A., 2004. Energetiske og økologiske aspekter af træproduktion i marken. Bornimer Landbrugstekniske Rapporter 35, 15-32.
- Scholz, V., Lorbacher, FR, Spikermann, H., 2009. Teknologier til høst og rydning af kortrotationsplantager, i: Reeg, T., A. Bemann, W. Konold, D. Murach og H. Spiecker (red.), Dyrkning og brug af træer på landbrugsjord, John Wiley & Sons, Weinheim. s. 1.
- Scholz, V., Lücke, W., 2007. State of field tømmerhøstteknologi. Landbrugsteknik 62(4): 222–223.
- Setzer, RJ, 2019. Coppice konvertering / overførsel ved hjælp af eksemplet med SIEGLERLÄNDER Hauberge, bacheloropgave ved Fakultetet for Skovvidenskab og Skovøkologi ved Georg-August Universitetet i Göttingen, upubliceret.
- Shen, X., Shi, Z., 1998. Insekternes fauna og taksonomi i Henan. Vol. 2., i: Insekter i Funiu-bjergregionen (I). China Agricultural Sciencetech Press, Beijing, Kina, s. 368.
- Smiley, CJ, 1961. A Record of Paulownia in the Tertiary of North America. American Journal of Botanik 48, 175–179. <https://doi.org/10.1002/j.1537-2197.1961.tb11622.x>
- Snow, WA, 2015. Ornamental, afgrøde eller invasiv? Historien om kejserindetræet (Paulownia) i USA. Skove, træer og levebrød 24, 85–96. <https://doi.org/10.1080/14728028.2014.952353>
- SRU, 2007. Miljørådet: Særrapport om klimabeskyttelse gennem biomasse. Special Report of the Advisory Council on the Environment er et videnskabeligt rådgivende organ under den føderale regering, www.umweltrat.de/02gutach/download/02/sonderg/SG_Biomasse_2007_Hdruck.pdf [WWW-dokument].
- Stimm, B., Stiegler, J., Genser, C., Wittkopf, S., Mosandl, R., 2013. Paulownia - Bærere af håb fra Fjernøsten? - En hurtigtvoksende træart fra Kina i Bayern under lup. LWF News (96), 18-21. 4.
- Stuber, M., Bürgi, M., 2002. Landbrugsskovbrug i Schweiz 1800–1950. Nåle- og bladaffald | Landbrugsbrug af skove i Schweiz 1800-1950. Nåle og blade til affaldshøst. Schweizisk tidsskrift for skovbrug 153, 397-410. <https://doi.org/10.3188/szf.2002.0397>
- Tang, J., Yu, P., Li, H., Wang, S., 1980. Økonomisk insektfauna i Kina. Fasc. 18 Coleoptera. Chrysomeloidea (I). Videnskabspressen. Beijing, Kina, s. 213.
- Thielen, K., 2019. "Paulownia tomentosa - blåklokketræet i sekundær landbrugsbrug på permanent græsareal - en prøveberegning", Kandidatafhandling ved Fakultet for Skovvidenskab og Skovøkologi ved Georg-August Universitetet i Göttingen, upubliceret.
- Thomasius, H., 1991. Etablering og drift af grantræproduktionsplantager. I: Granen, bind 2, del 3. Forlag Paul Parey, Hamburg, Berlin.
- Unsel, R., 2009. Kombineret dyrkning af værdifuldt tømmer og træer med kort omdrift, i: Reeg, T., A. Bemann, W. Konold, D. Murach og H. Spiecker (red.), Dyrkning og brug af træer på landbrugsjord, John Wiley & Sons, Weinheim. s. 1.

- Unsel, R., Seidl, F., Nahm, M., Karopka, M., Zürcher, A., Möndel, A., 2014. Bilag og Styling af områder med kort omdrift i Baden-Württemberg, 4. fuldt opdateret udgave.
- Visnjic, C., 2006. Skovrejsning af sommertørre lokaliteter med hjemmehørende træarter i Bosnien. Afhandling, 1. udgave Göttingen, Cuvillier Verlag.
- Vor, T., Spellmann, H., Bolte, A., Ammer, C., 2015. Potentialer og risici ved introduceret Træarter, i: Potentialer og risici ved introducerede træarter - træartsportrætter med en naturbevaringsvurdering, Göttingen Forest Sciences. Universitetsforlaget Göttingen, s. 233
- VwG Köln, 2014. Köln forvaltningsdomstol: Klage over at medtage træarten Paulownia på listen over SRC træarter. Privat anklager og derfor givet her uden journalnummer.
- Wagner, P., Heinrich, J., Kröber, M., Schweinle, J., Große, W., 2009. Økonomisk evaluering af kortrotationsplantager og klassificering af træproduktion i landbrugsvirksomheders dyrkningsstruktur, i: Reeg, T., A. Bemann, W. Konold, D. Murach og H. Spiecker (red.), Cultivation and use of trees on agricultural jord, John Wiley & Sons, Weinheim. s. 1.
- Wahren, A., Schwärzel, K., Feger, KH, Münch, A., Dittrich, I., 2007. Identifikation og model baseret vurdering af den potentielle vandretention forårsaget af ændringer i arealanvendelsen. Advances in Geosciences 11, 49–56.
- Wang, P., 1980. Kinas økonomiske insektfauna. Fasc. 21. Lepidoptera, Pyralidae. Videnskabspressen. Beijing, Kina, s. 229.
- Wang, Q., Shogren, JF, 1992. Karakteristika for afgrøde-paulownia-systemet i Kina. Landbrug, Økosystemer & Miljø 39, 145–152. [https://doi.org/10.1016/0167-8809\(92\)90050-L](https://doi.org/10.1016/0167-8809(92)90050-L)
- Weber, E., Broennimann, O., 2013. Invasive planter i Schweiz: genkende og kæmpe. Main, Bern.
- WeGrow, 2020. WeGrow-GmbH, Düsseldorf, Kehn 20, 47918 Tönisvorst - www.wegrow.de [WWW-dokument]. WeGrow GmbH. URL <https://www.wegrow.de/> (tilgået 7.21.20).
- Wermelinger, B., Wyniger, D., Forster, B., 2008. Første registreringer af en invasiv insekt i Europa: Halyomorpha halys Stål (Heteroptera: Pentatomidae), en ny skadedyr på træagtige pryddplanter og frugttræer? MEDDELELSER FRA THE SWISS ENTOMOLOGICAL SOCIETY BULLETIN DE LA SOCIÉTÉ ENTOMOLOGIQUE SUISSE 81: 1-8, 9.
- WiBei, 2008. Klimapåvirkninger på det naturlige rum og menneskelig brug; German Advisory Council on Global Change, i: World in Transition: Security Risks of Climate Change, World in Transition. Springer, Berlin, Heidelberg, s. 59–80. https://doi.org/10.1007/978-3-540-73248-8_6
- Wilhelm, T., Stockner, W., Tratter, W., 2002. Nye karplanter til Sydtyrols flora (2), Resultater af den floristiske kortlægning hovedsageligt fra årene 1998-2002 2, 24.
- Williams, CE, 1993. Aldersstruktur og vigtighed af naturaliseret Paulownia tomentosa i den centrale Virginia-skov. [WWW-dokument]. URL <https://www.cabi.org/isc/abstract/19960601461> (tilgånget 5.20.20).
- Wojtkowski, PA, 2002. Agroøkologiske perspektiver i Agronomy, Forestry and Agroforestry. Enfield, USA: Science Publishers Inc. (2002), s. 356. Experimental Agriculture 39, 450–450. <https://doi.org/10.1017/S0014479703241417>
- Wortmeier, A., 2017. Biomasseudvikling af Paulownia elongata, fortunei og tomentosa på forskellige vandingsniveauer, bacheloropgave ved Fakultet for Skovvidenskab og Skovøkologi ved Georg-August-Universitetet i Göttingen, upubliceret.
- Wu, H., 1995. Insekter i Baishanzu-bjerget, det østlige Kina. China Forestry Publishing House, Beijing Kina, s. 586.
- Young, A., 1997. Agroforestry for soil management. CABI, New York, 320 S.

- Yu, P., Wang, S., Yang, X., 1996. Økonomisk insektfauna i Kina. Fas. 54. Coleoptera: Chrysomelodidea (II). Videnskabspressen. Beijing, Kina, s. 324.
- Yun, Y., 1998. Flora of Chinese Fungi, i: Peronosporales. Videnskabspressen. Beijing, Kina, s. 530.
- Zehlius-Eckert, W., 2018. Eksisterende lovbestemmelser og ønskværdige. Forbedringer til øget fremme af agroskovbrugssystemer i Tyskland. 6. Forum Agroforestry Systems: "Building Bridges" - Agroforestry som en del af en fremtidsorienteret og regionalt tilpasset arealanvendelse - status quo, behov og perspektiver den 9.-10. oktober 2018 i Göttingen.
- Zhang, S., 1995. Kinas økonomiske insektfauna. Fasc. 50 Hemiptera (II). Videnskabspressen. Beijing, Kina, s. 169.
- Zhang, S., 1985. Kinas økonomiske insektfauna. Fasc. 31 Hemiptera (I). Videnskabspressen. Beijing, Kina, s. 242.
- Zhao, Z., 1994. Kinas økonomiske insektfauna. Fasc. 42. Lepidoptera, Lymantriidae (II). Videnskab Trykke. Beijing, Kina, s. 165.
- Zhu, H., 1996. Fauna Sinica, Insects, Vol. 5. Lepidoptera. Bombycidae, Saturniidae, Thyrididae. Videnskabspressen. Beijing, Kina, s. 302.
- Zhu, H., 1980. Økonomisk insektfauna i Kina. Fasc. 22. Lepidoptera, Sphingidae. Videnskabspressen. Beijing, Kina, s. 84.
- Zhu, H., Wang, L., 1997. Fauna Sinica. Insekter. Vol. 11. Lepidoptera Sphingidae. Videnskabspressen. Beijing, Kina, s. 410.
- Zhu, ZH, Cai, M., Wang, S., Jiang, Y., 1991. Agroforestry Systems in China.
- Zhu, ZH, Chao, CJ, Chao, CJ, Xiong, YG, 1986. Paulownia i Kina: dyrkning og udnyttelse. Asian Network for Biological Sciences and International Development Research Centre, Chinese Academy of Forestry Staff, Beijing.

uafhængighedserklæring

Navn: Ray Wollenzien
Matrikelnummer: 21028835

Jeg bekræfter hermed, at jeg har skrevet dette speciale selvstændigt uden hjælp udefra og kun har brugt de kilder og hjælpemidler, jeg har angivet.

Jeg har identificeret passager taget bogstaveligt eller analogt fra andre værker, idet jeg citerer kilderne.

Desuden forsikrer jeg, at jeg ikke har søgt en tilsvarende doktorgrad andre steder. Denne afhandling eller dele af den er heller ikke indleveret andre steder.

Jeg har overholdt retningslinjerne for at sikre god videnskabelig praksis ved universitetet i Göttingen. En indsendt digital version svarer til den skriftlige version. Jeg er klar over, at hvis disse principper overtrædes, vil eksamen blive vurderet som ikke bestået.

Curriculum vitae



PERSONOPLYSNINGER _

Navn Ray Wollenzien
Fødselsdato
Fødselssted
nationalitet

AKADEMISK UDDANNELSE

-

PROFESSIONEL UDDANNELSE

-

SKOLEUDDANNELSE OG ANDET _

-