

# Chromosomenzahlenverhältnisse bei Holzpflanzen

VON FRIEDRICH WILHELM SEITZ

Zweck dieser Abhandlung soll es sein, gewisse Zusammenhänge und Folgerungen, die sich aus den bisher bekannten Chromosomenzahlen von Holzpflanzen ergeben, aufzuzeigen, da ihr Verständnis auch für **vererbungs**wissenschaftliche Arbeiten mit forstlichen Objekten von Bedeutung ist. Durch die Vielgestaltigkeit des sich mit dem Geschehen im Zellkern beschäftigenden Wissensgebietes begründet, die in einem solchen Rahmen natürlich auch nicht annähernd beleuchtet werden kann, erscheint es besser, zunächst die allgemeinen und speziellen Zusammenhänge auf einem derartigen begrenzten Sektor herauszugreifen und zur Darstellung zu bringen. Andere Fragenkomplexe aus dem Gesamtgebiet der Zytologie, die ohne Frage für die Forstpflanzenzüchtung von grundlegender Bedeutung sein können, sollen späteren Beiträgen vorbehalten bleiben. Dabei darf in einer forstgenetischen Schriftenreihe allerdings die viel wichtigere experimentelle Originalbehandlung spezieller Problemstellungen keinesfalls in den Hintergrund treten. Auf sehr wesentliche experimentelle Möglichkeiten, die sich in dieser Hinsicht dem mit forstlichen Objekten arbeitenden Zytologen bieten, machte kürzlich H. MARQUARDT, Freiburg i. Br., (156) neben grundlegenden genetischen Gedankengängen besonders aufmerksam.

## Allgemeine Zusammenhänge

Die Holzgewächse des Pflanzenreiches sind Blütenpflanzen (Anthophytæ). Sie verteilen sich auf die beiden großen Gruppen der Gymnospermae und der Angiospermae. Während die Gymnospermae ausschließlich Holzpflanzen umfassen, gibt es bei den Angiospermae neben reinen Holzpflanzenklassen (z. B. Salicales, Fagales) und Klassen mit nur krautigen Pflanzen (z. B. Liliifloræ) auch solche, bei denen Holzpflanzen und Kräuter nebeneinander vorkommen. Ein Beispiel dafür bildet die Klasse der Rosales. Alle Blütenpflanzen entwickeln sich aus Samen und unterscheiden sich dadurch von den Sporenpflanzen oder Archegoniatae. Diese Eigentümlichkeit steht eng mit ihrem „verdeckten Generationswechsel“ (R. VON WETTSTEIN) im Zusammenhang, bei dem nicht mehr, wie das bei den niederen Pflanzen der Fall ist, eine geschlechtliche und eine ungeschlechtliche Generation in Form von selbständigen Individuen einander abwechseln, sondern die geschlechtliche Generation (Gametophyt) physiologisch völlig unselbständig geworden ist und morphologisch nur noch als ein Teil der ungeschlechtlichen Generation (Sporophyt) erscheint. Ihr Lebenszyklus zeigt also einen einseitig zugunsten des Sporophyten verschobenen Generationswechsel, und das, was im Wald und Park als Baum oder Strauch zu sehen ist, stellt immer nur den Sporophyten, also die ungeschlechtliche Generation der betreffenden Art dar. Die sexuelle Generation ist bei den Blütenpflanzen so weit reduziert, daß sie nur noch mit dem Mikroskop gesehen werden kann. Nur noch wenige Zellen bei der Embryosackentwicklung in der Samenanlage oder die vegetative Zelle des Pollenkornes deuten ihre Existenz an. Im Normalfall repräsentiert das Innere des Embryosackes den weiblichen Gametophyten und die Eizelle den Makrogameten. Im männlichen Geschlecht entsprechen die bei-

den generativen Kerne des Pollenschlauches beim keimenden Pollenkorn den Mikrogameten, und die große vegetative Zelle des Pollenkornes stellt den rudimentären Rest des männlichen Gametophyten dar. Beim Ablauf dieses Generationswechsels beginnt die sporophytische Generation mit der Befruchtung der Eizelle und der nun anschließenden Entwicklung des Embryos im reifenden Samen. Sie endet mit dem Ablauf der Reduktionsteilung, einer speziellen Kernteilung, die in einem bestimmten frühen Entwicklungsstadium der Blütenknospen oder Zapfenanlagen in den jugendlichen Staubgefäßen und Samenanlagen abläuft. Von ihrer Bedeutung für die Erhaltung der Konstanz der Chromosomenzahl wird später noch zu sprechen sein. Eine einjährige krautige Pflanze schließt im Normalfall mit der Ausbildung der Blütenknospen auch die wesentliche Entwicklung ihrer vegetativen (sporophytischen) Generation ab. Langlebige Pflanzen, wie das die Waldbäume sind, haben die Fähigkeit, in Abständen viele Jahre nacheinander immer wieder am gleichen Sporophyten von neuem Reduktionsteilungen ablaufen zu lassen und Gametophyten auszubilden. Diese **Tatsache** wird vom Forstpflanzenzüchter als einer der wenigen Vorteile gebucht werden können, die ihm sein Züchtungsobjekt bietet. Im übrigen ist die erwähnte Langlebigkeit der Sporophytengeneration ein großes Hindernis für genetische Versuche, da die Dauer ihrer Entwicklung bis zur erstmaligen Bildung von Gametophyten beim Einzelindividuum in den meisten Fällen viele Jahre, oft sogar Jahrzehnte umfaßt.

Aus der Eigentümlichkeit des einseitig verschobenen Generationswechsels erklärt es sich, daß bei den höheren Pflanzen normalerweise die **Lebensdauer** des Gametophyten nur einen kleinen Bruchteil des ganzen Daseins eines Pflanzenindividuum ausmacht, nämlich nur den Zeitabschnitt zwischen der Reduktionsteilung in der jungen Blütenknospe und der stäubenden, offenen und befruchtungsfähigen Blüte. Um so erstaunlicher ist das Verhalten einiger Laubholzgruppen wie z. B. der Gattungen *Alnus*, *Betula*, *Corylus* u. a., die schon im Spätsommer des Vorjahres die männlichen Kätzchen für das nächste Jahr anlegen und noch vor Beginn des Winters die Reduktionsteilung ablaufen lassen, so daß der physiologisch labile männliche Gametophyt an exponierter Stelle den Winter überdauern muß. Jahreszeitlich ähnlich ungünstig läuft auch die Reduktionsteilung bei vielen Arten der Gattung *Prunus* ab. DARLINGTON (1928) kontrollierte mehrere Jahre hintereinander diesen Ablauf bei den in Kew und Merton (England) vorhandenen Arten und verglich damit die entsprechenden Blütezeiten. Nach seinen Aufzeichnungen läuft die Reduktionsteilung bei den Kirschen vorwiegend im März ab, während sie bei den meisten Arten der Pflaumen und deren Verwandten schon im Januar und Februar vor sich geht. Noch extremer verhält sich die Untergattung *Amygdalus*, bei der schon teilweise Mitte Dezember des Vorjahres Reduktionsteilungsphasen in den Pollennutterzellen zu finden sind.

Im Zusammenhang mit genetischer Forschung interessieren stets die in den Wachstumszonen des Sporophyten ablaufenden Zellteilungen besonders, da man an ihrem

Ablauf den Mechanismus erkannt hatte, der eine regelmäßige Substanzverteilung bei der wachsenden Pflanze gestattet. Andererseits lag das Schwergewicht zytologischer Forschungen bei der Untersuchung der Reduktionsteilung, einer speziellen Zellteilung, der letzten Endes der Pollen und die Eizelle des Objektes ihre Entstehung verdanken. Beides sind heute weitgehend geklärte Vorgänge. Vor jeder Zellteilung läuft die Teilung ihres Zellkernes ab (Mitose), die mit einem charakteristischen Formwechsel dieses im Ruhezustand kugeligen oder linsenförmigen Gebildes verbunden ist. Vor ihrer Teilung löst sich diese Kernsubstanz nämlich in Kernschleifen (Chromosomen) auf, die sich im Verlauf des Vorganges in der Zellmitte zu einer sogenannten Äquatorialplatte (Metaphase) anordnen. Erst diese Schleifen, deren Zahl und Form für jede Pflanzen- und Tierart charakteristisch und konstant ist, teilen sich dann der ganzen Länge nach in zwei Hälften, die dann zu den beiden Zellpolen auseinander wandern (Anaphase). Dort bilden sie nach ihrer Auflockerung die beiden neuen Tochterkerne. Dieser Vorgang garantiert, daß jeder der beiden entstehenden Kerne von jedem Chromosomenabschnitt eine Spalthälfte erhält. Eine genauere Halbierung der Kernsubstanz ist wohl kaum denkbar. Zwischen den beiden neugebildeten Tochterkernen entwickelt sich dann eine neue Zellwand, und damit ist die Zellteilung beendet. In der allgemeinen Genetik wird heute der Zellkern als der wesentlichste Sitz der Erbmasse eines Individuums angesehen, so daß sein Formwechsel bei der Zellteilung zugleich das mechanische Prinzip für eine regelmäßige Verteilung aller Erbfaktoren auf den gesamten Organismus darstellt und deshalb auch Gegenstand vieler eingehender Untersuchungen gewesen ist. Vergleichen wir den Vorgang der Zellkernteilung mit der Auffassung von der linearen Anordnung der Erbfaktoren (Gene) auf dem Chromosom und der Fähigkeit von Gen und Chromosomensubstanz (Chromatin), sich selbst beliebig oft zu reproduzieren, so wird die Parallelität zwischen genetischer Vorstellung und zytologischem Forschungsergebnis klar. Somit muß der nach Zahl und Form für eine Art oder für einen Biotyp konstante Chromosomensatz, der sich bei jeder Kernteilung von neuem zu erkennen gibt, die Summe der kerngebundenen Erbfaktoren beherbergen, wobei jedes Chromosom nach Reihenfolge und Umfang einen fixen Gehalt hat. Dieser sporophytische Chromosomensatz resultiert ursprünglich aus einer Kernverschmelzung, die bei der Befruchtung der Eizelle einmal stattgefunden hat, und stammt zur Hälfte vom Vater und zur anderen Hälfte von der Mutter dieses Individuums. Das besagt, daß in jedem (somatischen) Chromosomensatz stets je zwei Chromosomen einander homolog sind, nämlich diejenigen, die die entsprechenden Anlagen vom Vater und von der Mutter besitzen. Man nennt ihn den diploiden Chromosomensatz und bezeichnet ihn mit „2n“. Der halbe Chromosomensatz, also die väterliche oder mütterliche Hälfte, ist haploid, und man gibt ihm das Signum „n“. Genetisch gesehen, enthält also der 2n-Chromosomensatz, wie er bei jeder Kernteilung einer vegetativen Zelle zu sehen ist, 2 Genome (2 Grunderbmassen). Derartige 2n-Chromosomenzahlen sollen anschließend im speziellen Abschnitt für bisher daraufhin untersuchte Holzarten zusammengestellt werden.

Vor der Ausbildung der Geschlechtszellen bzw. der Gametophyten läuft bei den höheren Pflanzen die Reduk-

tionsteilung (Meiosis) ab, bei der neben anderen wesentlichen Erscheinungen der 2n-Chromosomensatz durch Verteilung der ungeteilten, ganzen homologen Chromosomen auf die Hälfte n in den entstehenden Tochterkernen reduziert wird (Kernphasenwechsel). Da aus solchen reduzierten Zellen der Embryosack mit der Eizelle sowie das Pollenkorn entstehen, ist damit bei dem Befruchtungsvorgang stets die Konstanz des Chromosomensatzes einer Art gewährleistet. Daß gerade die Art und Weise des Ablaufes der Meiosis für den Zytologen wie für den Genetiker von besonderer Bedeutung ist, da sie über die Homologieverhältnisse ihrer Objekte Aufschluß gibt, sei in diesem Zusammenhang nebenbei erwähnt.

Seit einigen Jahrzehnten werden nun schon Chromosomensätze von Pflanzenarten bestimmt und veröffentlicht. TISCHLER (130 bis 134) erkannte wohl als erster die Notwendigkeit, diese Zahlen zu sammeln, um sie allgemeinen genetischen und systematischen Fragestellungen besser nutzbar machen zu können. Neuerdings gab auch DARLINGTON (19) einen Chromosomenzahlen-Atlas der Kulturpflanzen heraus. Es wurde nun für zweckdienlich erachtet, im Rahmen einer Schriftenreihe für Forstgenetik entsprechende Zahlen für Holzgewächse zusammenzustellen, und es wurden dazu zum Teil die Angaben vorgenannter Veröffentlichungen und, soweit erreichbar, einschlägige Originalarbeiten verwandt. Es wurde versucht, die zusammenzustellenden Holzpflanzenarten in der Reihenfolge des heute üblichen botanischen Systems aufzuzählen. Zur Orientierung über das Vorkommen und die natürliche Verbreitung der hier aufgeführten botanischen Arten sei an dieser Stelle besonders auf die Arealkarten von SCHMUCKER (109) verwiesen.

Betrachtet man nun die bisher bekannten somatischen Chromosomenzahlen der Holzgewächse im Rahmen ihrer botanisch-systematischen Verwandtschaft, so ergeben sich gewisse Regelmäßigkeiten. Manche Gattungen enthalten Arten, deren Chromosomenzahlen alle gleich sind. Eine solche Eigenart findet sich besonders bei den Gymnospermen, die auch sonst in größeren Verwandtschaftsgruppen zytologisch eine weitgehende Einheitlichkeit zeigen. Die Chromosomenzahlen der Arten einer Laubholzgattung bilden dagegen oft eine Reihe von Vielfachen einer bestimmten Grundzahl „x“, einer Erscheinung, wie sie augenfällig in den Gattungen *Betula* und *Salix* vorhanden ist. Hier sind Arten zusammengefaßt, deren somatischer Chromosomensatz jeweils 2 x, 4 x, 6 x oder 8 x Chromosomen hat. Da man annehmen muß, daß die Grundzahl x einem Genom in der Genetik entspricht, enthalten demnach diese höherchromosomigen Arten mehrere Genome. Man nennt sie polyploide Arten und spricht bei 4 Genomen von tetraploiden, bei 6 Genomen von hexaploiden, bei 8 Genomen von oktoploiden usw. Arten. Sie bilden in solchen Gattungen zusammen eine „polyploide Reihe“. Ebenso können auch die Rassen innerhalb einer botanischen Art eine polyploide Reihe darstellen. Bei *Carpinus betulus* sind diploide, tetraploide und oktoploide Formen gefunden worden. Die diploide Rasse (*C. betulus* var. *carpinizza*) 2 x = 16 Chromosomen ist dabei mediterran, und die höchstchromosomige Rasse mit 8 x = 64 Chromosomen wird nach JOHNSON (60) vorwiegend in Nordeuropa gefunden. Auch bei *Betula papyrifera* kennt man heute tetraploide und hexaploide Variationen. Diese Besonderheiten werden, wo sie bisher be-

kannt geworden sind, in der nachfolgenden Zusammenstellung der Chromosomenzahlen besonders vermerkt. Das Erkennen solcher natürlicher Polyploider sagt allerdings zunächst noch nichts über die Qualität der in ihnen zusammengefaßten Genome aus. Entsprechend der phylogenetischen Entstehung dieser Formen können ihre Genome ähnlich oder auch recht verschieden sein. Durch einfache Vervielfachung ergeben sich Formen mit relativ ähnlichen Genomen (Autopolyploide), bei Bastardierung und nachfolgender Chromosomenverdoppelung können Formen mit recht verschiedenen Genomen entstehen (Allopolyploide). Beide Typen der Polyploidie scheinen bei der Artentstehung eine Rolle zu spielen. Für die allgemeine Züchtung sind oftmals die polyploiden Bastarde von besonderem Interesse. In vielen Fällen vereinigen sie recht verschiedenes Erbgut in sich und sind durch die Chromosomenverdoppelung zu einer normalen Reduktionsteilung fähig und dadurch fruchtbar, wogegen sehr oft ein Artbastard auf diploider Basis steril ist. Da es heute mit Hilfe des Colchicins oder anderer chromosomenverdoppelnder Mittel möglich ist, Polyploide künstlich zu erzeugen, gewinnen derartige Bastarde auch für die praktische Pflanzenzüchtung wesentlich an Bedeutung (122). Die zytogenetische Forschung der letzten Jahrzehnte konnte für einige wertvolle Kulturpflanzen einen amphidiploiden Ursprung wahrscheinlich machen, d. h. daß sie durch Artkreuzung mit nachfolgender Chromosomenverdoppelung einstmals bei der Artdifferenzierung in der Natur entstanden sind. Solche Allopolyploide mit amphidiploidem Charakter finden sich auch bei den Holzpflanzen. Forschungsarbeiten im John Innes-Institut für Gartenbau in Merton in England haben die Klärung der Entstehung unserer Kulturpflaumen (*Prunus domestica*,  $2n = 48$ ) zum Ziele gehabt und ergeben, daß diese Formen (mit roten, gelben, grünen oder schwarzen Früchten) einmal als natürliche chromosomenverdoppelte Bastarde aus der Schlehe (*Prunus spinosa*,  $2n = 32$ ) mit schwarzen oder grünen Früchten und der wilden Kirschpflaume (*Prunus divaricata*,  $2n = 16$ ) mit roten oder gelben Früchten gebildet worden sind. Diese Vorstellung ist 1936 ebenfalls durch den russischen Forscher РЫЖИН bestätigt worden, dem es bei künstlicher Kreuzung beider vermeintlicher Elternarten, die in ihrem Verbreitungsgebiet in Vorderasien natürlich nebeneinander vorkommen und auch dort miteinander bastardieren, gelang, einen der Kulturpflaume sehr ähnlich sehenden Bastard mit 48 Chromosomen zu synthetisieren. Eine andere Holzpflanze, die in diese Gruppe gehört, ist der rosablühende Zierbaum *Aesculus carnea* ( $2n = 80$ ). Er entstand mit ziemlicher Sicherheit bei gemeinsamer Kultur von *Aesculus hippocastanum* ( $2n = 40$ ) aus Europa mit *Aesculus pavia* ( $2n = 40$ ) aus Amerika in einem europäischen Arboretum durch natürliche Bastardierung. Weiden-Kreuzungsversuche von HERIBERT-NILSSON (*Salix viminalis* [ $2n = 38$ ]  $\times$  *S. caprea* [ $2n = 38$ ]) ergaben in der  $F_2$  eine zahlenmäßig tetraploide Pflanze mit  $2n = 76$ , die mit der bereits bekannten Weidenart *Salix laurina* ( $2n = 76$ ) große Ähnlichkeit hatte. Es ist sehr wahrscheinlich, daß auch diese natürliche Holzpflanzenart eine Amphidiploide ist. Da dieser Entstehungsmodus für neue Arten bei der natürlichen Evolution offenbar einen Wert hat, ist es sicherlich sinnvoll, wenn sich nun auch die Pflanzenzüchtung, die als eine vom Menschen gesteuerte, künstliche Evolution aufgefaßt

werden kann, dieser polyploiden Bastardierungsmethode bedient. Es darf hier deshalb auch für die spezielle Forstpflanzenzüchtung nachdrücklich auf diese Möglichkeit hingewiesen werden, und sie sollte zumindest im Experiment einer Prüfung unterzogen werden. Die noch auftretenden technischen Schwierigkeiten bei der Verwendung des chromosomenverdoppelnden Mittels Colchicin bei Holzpflanzen sind jedoch nicht unüberwindlich (vgl. 122). Vielleicht lassen sie sich umgehen, wenn man Sproßspitzen am blühfähigen Baum oder Pfropfling kurz vor Ausbildung der Endknospe für den nächsten Austrieb behandelt. Es ist denkbar, daß man so rascher zum Ziele kommt und die Aufzucht einer zweifelhaften, womöglich gemischtgewebigen  $C_0$ -Generation umgehen kann, die sicherlich immer größtenteils aus Chimärenpflanzen besteht. Durch eine derartige Maßnahme wird außerdem die Zeitspanne verkürzt, in der diploides und tetraploides Gewebe nebeneinander wachsen und die Möglichkeit haben, sich gegenseitig zu überwuchern. Gelingt es, aus dem tetraploiden Gewebeteil eines solchen blühfähigen Sprosses in einem der folgenden Jahre Blüten und Samen zu erhalten, dann ist damit die Anzucht der immer zweifelhaft bleibenden  $C_0$ -Pflanzen vermieden. Man kommt auch damit verhältnismäßig rasch zu einem Saatgut, das den wirklichen, nicht mehr unter der Gifteinwirkung des Colchicins stehenden Phänotyp reiner Polyploider widerspiegelt. Erst an solchem Pflanzenmaterial läßt sich die wirkliche Veränderung von Eigenschaften infolge Polyploidie erkennen. Entsprechende Versuche sind im Institut für Forstgenetik in Schmalenbeck im Anlaufen<sup>1)</sup>. Ganz allgemein muß aber betont werden, will man auf der Polyploidie eine Züchtungsmethode aufbauen, daß niemals die Chromosomenverdoppelung allein für einen möglichen Fortschritt ausschlaggebend ist, sondern von weit größerer Wichtigkeit ist die Qualität der Erbmasse, die man im Experiment lediglich verdoppelt hat. Sind zuvor

<sup>1)</sup> Der Verfasser hat mit dieser Methode 1947 im Institut für Pflanzenzüchtung in Quedlinburg bei *Mentha piperita* erfolgreich vorgehen können. Bekanntlich ist eine der besten Pfefferminz-Zuchtsorten die sogenannte Mitscham-Minze, die ein äußerst aromatisches Öl liefert. Die in Quedlinburg seit vielen Jahren kultivierte Sorte, die nach eigenen Untersuchungen  $2n = 64$  Chromosomen hat, ist aber trotz jährlicher überreicher Blütenbildung völlig steril und brachte bislang nicht einen Samen. Da die Vermehrung zu gewerblichen Zwecken durch Stecklinge stets Schwierigkeiten mit sich bringt, lag damals dem Verfasser daran, auf dem Wege über die Amphidiploidie zu einer „samenechten“ hochqualifizierten und fruchtbaren Minze zu gelangen. Aus der vorhandenen botanischen Literatur über die Pfefferminze war ja schon bekannt, daß es keine einheitliche Spezies *Mentha piperita* gibt, sondern daß sie das variierte Ergebnis verschiedener natürlicher Bastardierungen ist (es gibt auch Pfefferminzen mit  $2n = 48$  Chromosomen!). Auf jeden Fall scheint auch unsere Mitscham ein ganz komplexer Artbastard zu sein. — Das gesteckte Ziel ist damals vom Verfasser durch die Colchicinbehandlung der Endknospen sich streckender Sprosse kurz vor der Ausbildung der Blütenknospen erreicht worden. Es haben sich daraus Blütenstände entwickelt, die schon morphologisch auffielen und die auch nachher 50 Samen produzierten. Aus ihnen ist eine  $C_1$ -Generation aufgezogen worden, deren Angehörigen alle  $2n = 128$  Chromosomen zu erkennen gegeben haben. Sie waren somit die gewünschten Formen. Auch in ihrer Qualität standen sie in nichts der sterilen Ausgangstypenach. Wie zu erwarten, lieferten sie 1949 Tausende von gesunden, keimfähigen Samen. Daraus wächst zur Zeit in Schmalenbeck eine  $C_2$ -Generation heran.

etwa zwei sehr unterschiedliche Erbmassen zu einem Bastard zusammengefügt worden, so ist unter Umständen erst jetzt nach der Verdoppelung der Chromosomenzahl eine regelmäßige Reduktionsteilung gegeben, wodurch diese oftmals sehr ungleichen Genome konstant zusammengehalten werden können und außerdem ihre gemeinsame Vererbung auf die Folgegenerationen zu erreichen ist.

Bei den Laubholzgewächsen finden sich neben denjenigen Gattungen, die nur einen Wert für  $x$  besitzen, auch andere mit mehreren Grundzahlen. Während in der ersten Gruppe von Holzgewächsen eine Vervielfachung des einfachen Genoms und die besprochenen Kreuzungsmöglichkeiten für die Mannigfaltigkeitsausprägung der Gattungspopulationen von Bedeutung war, werden bei folgenden Beispielen mehrere durch wenige Chromosomeneinheiten unterschiedene Grundzahlen eine entsprechende Rolle spielen. Man kann sie womöglich sekundär durch Addition oder Subtraktion von jeweils einem oder zwei Chromosomen (evtl. Verdoppelung von Einzelchromosomen) aus einer primären Grundzahl entstanden denken. Nur gewisse Artengruppen (Sektionen) innerhalb einer Gattung besitzen in solchen Fällen eine gemeinsame Grundzahl. Bei *Cornus* kennt man z. B. Arten mit den Grundzahlen  $x = 9, 10$  und  $11$ ; es sind jedoch bisher nur diploide Arten dieser Zahlen gefunden worden. Ähnlich verhält sich auch *Rhamnus* mit  $x = 10, 12$  und  $13$ . Noch ein Schritt weiter in der Verkomplizierung verwandtschaftlicher Chromosomenverhältnisse kommt man bei der Gattung *Salix*, bei der sich zwei Grundzahlen  $x = 19$  und  $22$  vorfinden. Außerdem gibt es dort noch die Polyploidiestufen von diesen beiden  $x$ -Werten. Die Zahlenverhältnisse in solchen Gattungen erscheinen zunächst verworren, kennt man aber erst von einer genügend großen Artenzahl die somatischen Chromosomensätze, so klären sich zytotaxonomisch auch solche Fälle. Bei manchen Krautpflanzengattungen (z. B. *Brassica*) werden die Zusammenhänge noch undeutlicher, da dort augenscheinlich durch Bastardierung von Arten mit verschiedenen Grundzahlen und nachfolgender Polyloidisierung noch außerdem sekundäre Grundzahlen und dazugehörige Polyploide entstanden sind.

Im allgemeinen sind die Chromosomenzahlen-Verhältnisse bei den typischen Waldbaumgattungen recht übersichtlich und nach dem augenblicklichen Stand der Kenntnisse einfach gegenüber vielen Gruppen von krautigen Pflanzen. TISCHLER stellt direkt den *Pinus*-Typ wegen seiner Einförmigkeit bei zytotaxonomischen Vergleichen heraus. Die Gymnospermen und auch viele Laubholzgruppen zeigen außerdem, daß selbst mehrere Gattungen, ja ganze Familien eine gemeinsame Chromosomengrundzahl besitzen können. Bei den Amentiflorae (Kätzchen-träger) haben verwandte Gattungspopulationen jeweils auch einen gemeinsamen Wert für  $x$ , *Populus* und *Salix* (primär)  $19$ , *Juglans* und *Carya*  $16$ , *Alnus* und *Betula*  $14$  und *Fagus*, *Quercus* und *Castanea*  $12$ . Dabei scheinen die Chromosomenzahlen der Holzgewächse überhaupt höher als der Durchschnitt aller bisher bekannten Werte des gesamten Pflanzenreiches zu liegen. 1932 gibt DARLINGTON eine Zusammenstellung der damals bekannten gametophytischen (haploiden) Chromosomenzahlen bei Blütenpflanzen nach FERNANDES wieder, in der sie entsprechend ihrer Häufigkeit geordnet sind, und stellt dabei fest, daß von 2413 Arten etwa die Hälfte eine Haploidzahl unter 12

und die andere Hälfte von 12 und mehr Chromosomen hat. Der am häufigsten vorkommende Wert ist dabei  $n = 12$ . Wenn wir nun bei unseren Holzgewächsen eine ähnliche Aufstellung machen wollen, so sehen wir auch hier, daß  $n = 12$  die häufigste Zahl ist. Bei 503 Holzpflanzenarten kommt sie 111mal vor. Nur 76 Arten haben einen Wert, der unter 12 liegt, während 427 Arten eine Haploidzahl von 12 und mehr Chromosomen haben. Ganz allgemein scheint sich bei den Holzpflanzen eine Tendenz zu höheren Chromosomenzahlen bemerkbar zu machen. Wenn man nun noch in Betracht zieht, daß sich unter den Arten mit  $n = 12$  sehr viele Nadelholzarten befinden, so tritt diese Tendenz für die Laubgehölze noch deutlicher hervor. Außerdem ist bisher für die Holzarten der gemäßigten Zonen keine Zahl mit  $n = 7$  verzeichnet worden, die bei den Kräutern sehr häufig ist. Die von STEBBINS in der Literatur geäußerte Vermutung, daß die heute lebenden Holzpflanzen im Verlaufe der Phylogenese durch gewisse Polyploidievorgänge entstanden gedacht werden können, ist daher keine Unmöglichkeit. Ähnliche Verhältnisse glaubt auch DARLINGTON (19) für die Entstehung der Gattungen *Pirus* und *Malus* mit  $x = 17$  aus der Gattung *Rosa* mit  $x = 7$  zu erkennen und hält auch das für einen Fall, in dem in einer Verwandtschaftsgruppe Holzpflanzen mit höheren Grundzahlen durch Polyploidie und Addition (oder Subtraktion) einzelner Chromosomen aus einer mehr oder weniger krautigen Pflanzengruppe mit niedriger Grundzahl hervorgegangen sein kann. Jedoch scheint die von anderen Autoren vertretene Meinung, daß überhaupt die Holzgewächse durch Polyploidie aus Kräutern entstehen, der Grundlage zu entbehren. Als Gegenargument läßt sich hier die Gattung *Carpinus* mit ihrer Grundzahl  $x = 8$  ins Feld führen, eine Zahl, die wohl als niedrig zu bezeichnen ist und die ebenso bei krautigen Pflanzen sehr häufig vorkommt. Andererseits gibt es genug Kräuter, deren Haploidzahl  $n$  weit über 50 liegt. Allerdings lassen sich viele Beispiele aus dem Pflanzenreich anführen, die eine gewisse Beziehung zwischen perennierendem Verhalten und Polyploidiestufe und ebenso auch zu einer wachsenden Neigung für eine apomiktische Samenproduktion erkennen lassen. Sicherlich spielt diese apomiktische Samenbildung auch bei den Holzgewächsen eine viel größere Rolle, als man bisher gewußt hat, und für die Forstpflanzenzüchtung ist eine weitere Aufklärung dieser Vorgänge von größter Wichtigkeit, da von dem Vorkommen einer derartigen Erscheinung der etwaige Kreuzungserfolg weitgehend abhängig ist. Hinweise für ein apomiktisches Verhalten finden sich in der Literatur für Erlen und Robinien. Wie jeder vegetative Fortpflanzungsmodus ist auch die Apomixis für die Erhaltung und Verbreitung chromosomenaberranter Typen und Rassen in der Natur bedeutungsvoll. Entstehen einmal solche Formen ohne diese Fähigkeiten, so werden sie sofort wieder ausgemerzt, da sie nicht in der Lage sind, eine normale Reduktionsteilung durchzuführen, und damit Samen auszubilden. Bei vegetativ vermehrbaren Objekten, wie es die Pappeln z. B. sind, können deshalb auch chromosomenaberrante und triploide, also aneuploide Typen dadurch züchterisch von Bedeutung werden, wenn damit eine Mehrleistung verknüpft sein sollte. Für Schweden wäre es z. B. bedeutungsvoll, könnte man dort die in der Natur gefundene triploide *Aspe* (bisher in 9 verschiedenen Fällen) mit ihrer sehr großen Leistungssteigerung in beliebigem Maße vegetativ vermehren. In die-

sen Zusammenhang gehört auch die zytologisch-systematische Studie von WHITAKER (141), die er 1934 über *Robinia* veröffentlichte. Er fand nämlich, daß *Robinia hispida* und *R. Boyntonii* sterile triploide Arten sind, und untersuchte die Möglichkeiten für eine natürliche Erhaltung und Verbreitung solcher Arten ohne Samenproduktion. In seiner Schlußfolgerung betont er: „*Robinia* ist eine der Gattungen, bei denen Polyploidisierung und Bastardierung, selbst wenn sie sterile Ergebnisse liefern sollten, doch Faktoren sind, die bei der Artbildung als wesentlich herangezogen werden müssen, da sich solche Formen sehr leicht und schnell vegetativ fortpflanzen lassen und sich dadurch selbst erhalten können.“

Wie alle derartigen listenmäßigen Erfassungen bedarf auch diese Chromosomenzahlenzusammenstellung von Holzgewächsen vorweg einer kritischen Bemerkung. Bei dem Gebrauch einer solchen Liste, gleichgültig zu welchem Zweck, muß stets darüber Klarheit bestehen, daß sie lediglich Ergebnisse von Einzeluntersuchungen aneinanderreihet und daß die angegebenen Daten nur den Stand der Kenntnisse am Zeitpunkt der Veröffentlichung entsprechender Originalarbeiten darstellen. Es bedarf sicherlich noch weit umfangreicherer Chromosomenzählungen innerhalb der natürlichen Gesamtpopulationen, bis man weitergehende, verallgemeinernde Schlüsse aus solchen Zahlen ziehen kann. Man wird auch in der Folgezeit noch laufend nach dem Vorbild TISCHLERS etwa anfallende Daten von Einzeluntersuchungen sammeln und damit das bereits bestehende Netz der Chromosomenzahlen im Pflanzenreich verdichten müssen. Es soll deshalb auch in unserem Falle für die Holzgewächse in Abständen die Sammlung von Chromosomenzahlen fortgesetzt und jeweils in periodischen Beiträgen zur Forstgenetik an dieser Stelle veröffentlicht werden.

Vor Beginn der Zusammenstellung wird jetzt noch für notwendig erachtet, gewisse Zusammenhänge kurz anzudeuten. In den Fällen, wo sich in der Natur in den Art- oder Gattungspopulationen Reihen verschiedener Polyploidiestufen abzeichnen, ist die Art und Weise der Verbreitung und Anpassung ihrer Glieder im Gesamtareal der jeweiligen Population für die Pflanzenzüchtung von besonderem Interesse, ja von ausschlaggebender Bedeutung. Offenbar ruft die Chromosomenverdoppelung bei reinen Arten wie bei Bastarden auch eine Änderung der Reaktionsnorm der Organismen hervor und hat in dieser Hinsicht eine ähnliche Wirkung wie eine Genmutation. Sie kann sich unter manchen Umweltbedingungen als günstig und unter anderen als ungünstig erweisen. Deshalb ist es auch nicht unerwartet, daß sich oftmals die geographische Verbreitung mancher Polyploider von der verwandter Diploider unterscheidet. Genügend Beispiele aus dem Reiche der krautigen Pflanzen beweisen das. Genauere Analysen dieser Verhältnisse bei Holzpflanzen lassen jedenfalls noch neue Ergebnisse erwarten. Sinngemäß hierher gehören auch die 1938 von H. J. Sax veröffentlichten Daten über Spaltöffnungszählungen je qmm Blattfläche, die er bei Birken, Ulmen und Eschen durchgeführt hat (153). Sie dürften für den Forstpflanzenzüchter interessant sein, weshalb die Tabelle des genannten Verfassers wenigstens im Auszug wiedergegeben werden soll. Daraus gehen gewisse Beziehungen zwischen der somatischen Chromosomenzahl und der durchschnittlichen Anzahl Spaltöffnungen je qmm Blattfläche

Tabelle nach H. J. Sax 1938 (auszugsweise)

|                               | 2n-Chromosomenzahl | Durchschnittliche Zahl der Spaltöffnungen je 1 qmm Blattfläche |
|-------------------------------|--------------------|--|
| <i>Betula nigra</i>           | 28                 | 82   |
| <i>Betula papyrifera</i> var. | 70                 | 37   |
| <i>Betula lutea</i>           | 84                 | 43   |
| <i>Ulmus laevis</i>           | 28                 | 177  |
| <i>Ulmus americana</i>        | 56                 | 79   |
| <i>Fraxinus pennsylvanica</i> | 46                 | 162  |
| <i>Fraxinus chinensis</i>     | 138                | 76   |

bei verwandten Arten hervor. Die Tatsache, daß bei steigender Chromosomenzahl weniger Spaltöffnungen auf der Blattflächeneinheit ausgebildet werden, wirkt sich für die betreffende Art sicherlich physiologisch und damit bei ihrer Anpassungsfähigkeit aus. Ferner gehören in diesen Zusammenhang die Erkenntnisse langjähriger Forschungsarbeiten von TISCHLER, HAGERUP und FLOVIK, da sie sehr wahrscheinlich machen, daß in der europäischen Flora der Anteil an Polyploiden in der Natur nach Norden hin zunimmt und in der arktischen Region von Spitzbergen ein Maximum erreicht. Derartige Feststellungen dürfen aber niemals zu der Annahme führen, daß etwa die Tetraploiden für den Kampf ums Dasein ganz allgemein besser ausgestattet seien als die Diploiden. Davor warnt auch DOBZHANSKY 1941 in der zweiten Auflage seines Buches „Genetics and the origin of species“ ausdrücklich und nennt eine solche Folgerung geradezu eine „unverantwortliche“ Verallgemeinerung (26).

Eine allgemeine Darstellung technischer zytologischer Untersuchungsmethoden, mit deren Hilfe Chromosomenzählungen durchgeführt werden können, gehört nicht zu der Aufgabe dieses Beitrages, doch soll nicht versäumt werden, auf eine einschlägige, allgemein verständliche Schrift hinzuweisen. In den „Schnellmethoden der Kern- und Chromosomenuntersuchung“ von L. GETTLER (39), die nun seit 1949 vom Springer-Verlag in Wien herausgegeben werden, findet man eine Anleitung dafür, wie man sich schnell über den Chromosomenbestand eines Objektes orientieren kann. Das Studium dieser Schrift wird Aufklärung darüber geben, daß es zur Feststellung einer Chromosomenzahl durchaus keiner umständlichen Untersuchungstechnik bedarf, sondern daß das mit verhältnismäßig einfachen Mitteln erreichbar ist. Nicht schwierig ist dabei die Handhabung der Essigkarmin-Methode, die auch bei Bäumen anwendbar ist. Die zu derartigen Untersuchungen notwendigen Wachstumszonen, in deren Geweben die Kernteilungen ablaufen, lassen sich mit einiger Übung leicht in den Wurzelspitzen oder Sproßtrieben bzw. Endknospen oder in der Blatt- und Nadelbasis und auch in anderen Meristemen finden. Auch eine orientierende Untersuchung der Reduktionsteilung in jungen Blütenknospen ist mit dieser Methode stets möglich. Beim ersten Aufsuchen möglicherweise vorhandener verschiedener Valenzstufen (also Diploider und Polyploider einer gleichen Grundzahl  $x$ ) in einander verwandtschaftlich nahestehenden und vergleichbaren Populationen lassen sich gut auch gewisse morphologische Eigenschaften für Messungen heranziehen. Hierzu liegen an den bisher schon allenthalben untersuchten großen Pflanzenmengen bereits bestimmte Erfahrungen vor. Schon äußerlich geben sich meist im Längen-Breiten-Index der homologen ausgewachsenen Blätter solche Populationsmischungen zu er-

kennen. Besser eignen sich noch die gut meßbaren Schließzellenlängen, die sich in Epidermisstückchen von der Blattunterseite in einem Tropfen Essigkarmin unter dem Mikroskop (mit einem Meßokular) beobachten lassen. Auch wir selbst konnten vor kurzer Zeit an umfangreichem Zuchtmaterial von gärtnerischen Kulturpflanzen mit dieser Methode eine einwandfreie Vorselektion durchführen und dadurch die Zahl der Pflanzen, von denen dann die Chromosomenzahl wirklich noch festgestellt werden mußte, wesentlich verkleinern (110). Erfahrungsgemäß läßt sich ein derartiges Vorgehen empfehlen. Die Proportionen der Schließzellen verhalten sich bei 2x- und 4x-Pflanzen meist wie 1:1,2 oder 1,3. Schneller noch kann man, wie uns die Erfahrung gelehrt hat, in vielen Fällen mit der Bestimmung der Durchmesser ausgereifter Pollenkörner zum Ziele kommen, die dann ebenfalls in einem Tropfen Essigkarmin gemessen werden und deren Größenverhältnis ähnlich dem der Schließzellen liegt. Selbstverständlich fallen zu solchen zweckgebundenen Untersuchungen diejenigen Formen aus, die normalerweise schon eine große Streubreite bei ihrem Pollen zeigen, d. h. sehr variablen Pollen produzieren, und diejenigen, die auf physiologische Veränderungen oder Reize hin mit einer veränderten Pollenkorngroße reagieren. Dort aber, wo sich Pollenmessungen verwenden lassen, führen sie sehr schnell zum Ziele. — Im Rahmen anderer Arbeiten hat der Verfasser in diesem Jahre u. a. versucht, sich einen vorläufigen Überblick zu verschaffen, inwieweit sich diese Methode bei einigen Objekten, die für die Forstpflanzenzüchtung von Bedeutung sind, — natürlich nur zur Vorselektion — anwenden läßt. Zwei Fälle sollen in groben Zahlen in der folgenden Tabelle zunächst ein unterrichtendes Bild geben; eine genauere Bearbeitung mit statistischer Sicherung ist nach Abschluß laufender pollenphysiologischer Untersuchungen in anderem Zusammenhang vorgesehen. Die Grundlage zu der folgenden Tabelle bilden jeweils 500 Einzelmessungen, die in der vorliegenden Weise zusammengefaßt und umgerechnet worden sind. Sie zeigt auch, daß unter gewissen Voraussetzungen eine solche Methode angewendet werden darf. Ganz ähnlich liegen die Verhältnisse, wie wir jetzt an Exemplaren aus dem Arboretum Tannenhöft feststellen konnten, auch bei *Aesculus hippocastanum* ( $2n = 40$ ) und *Ae. carnea* ( $2n = 80$ ), obwohl es sich bei *carnea* um eine polyploide Bastardform handelt.

#### Pollendurchmesser von Einzelbäumen

Prozentsatz der gemessenen Pollenkörner zusammengefaßt in Größenklassen mit den Mittelwerten in  $\mu$

|                             |    | 16 | 20 | 24 | 28 | 32 | 36 | 40 | 44 | 48 |
|-----------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| <i>Populus tremula</i>      |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Tannenhöft                  | 2x |    |    | 3  | 51 | 39 | 6  | 1  |    |    |
| Edsele/Schweden             | 2x |    |    | 1  | 10 | 67 | 18 | 4  |    |    |
| pyramidalis/Schweden        | 2x |    |    | 5  | 49 | 43 | 3  |    |    |    |
| tremula/Ehle/Schweden       | 4x |    |    |    | 2  | 8  | 39 | 40 | 10 | 1  |
| <i>Betula</i>               |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| verrucosa/Schweden          | 2x |    | 11 | 86 | 3  |    |    |    |    |    |
| verrucosa/Schweden          | 2x |    | 19 | 73 | 8  |    |    |    |    |    |
| verrucosa/Schweden          | 2x |    | 21 | 72 | 7  |    |    |    |    |    |
| coerulea/Schweden           | 2x |    | 36 | 61 | 3  |    |    |    |    |    |
| Triploide/coerulea/Schweden | 3x | 1  | 9  | 38 | 45 | 7  |    |    |    |    |

#### Spezieller Teil

Die im vorausgehenden besprochenen allgemeinen zytologischen Zusammenhänge im Pflanzenreich veranschaulichen, daß sich die Holzgewächse der verschiedenen Gattungen keinem einheitlichen Rahmen einordnen lassen und daß ein spezieller Überblick über die Verhältnisse in den einzelnen Gruppen im Interesse klarer genetischer Fragestellungen für notwendig gehalten werden muß. Der besseren Übersichtlichkeit wegen erscheint es ferner richtig, in die nun folgende systematische Aufzählung keine weiteren Kennzeichnungen der Arten wie Vulgarnamen in anderen Sprachen oder die Verbreitungsgebiete der Arten zu verarbeiten. Andererseits werden solche Angaben im Hinblick auf wesentliche Arbeiten in der Forstpflanzenzüchtung trotzdem für sehr wichtig gehalten, und es soll deshalb ausdrücklich auf das Studium der einschlägigen systematischen forstbotanischen Literatur sowie der Arbeiten von SCHMUCKER (109) und RICHENS (97) wenigstens hingewiesen werden. Die im folgenden Teil der Abhandlungen zu besprechenden Gattungen stellen wir nach ihrer Anordnung im System der Pflanzen nebeneinander. Bei der Benennung der innerhalb der Gattungen aufzuzählenden Spezies sind wir in unserem Falle begreiflicherweise weitgehend von der Namengebung abhängig, die der Verfasser der herangezogenen Originalveröffentlichung benutzt hat. Es liegt dabei in der Natur der Sache begründet, daß über die Abgrenzung der Begriffe „Art“ und „Rasse“ verschiedene Auffassungen bestehen. Auch wir selbst sind bei einigen in unserer Aufzählung angegebenen „Arten“ unbedingt der Ansicht, daß es sich dabei sicherlich nur um Rassen einer größeren Artpopulation handeln kann, z. B. bei der Angabe von *Larix polonica* und *Larix sudetica*. Wie schwierig es in der Literatur überhaupt ist, eine einheitliche Basis für die Nomenklatur bei Waldbäumen zu finden, veranschaulicht auch W. LANGNER in der Einleitung zu seiner voranstehenden Arbeit für zwei *Larix*-arten. Dem von uns vorgelegten Beitrag kann jedoch nicht die Aufgabe zufallen, hier eine Klärung herbeizuführen. Wir benutzen deshalb trotz der geübten Kritik die in der Literatur vorgefundenen Bezeichnungen der systematischen Einheiten zytologisch untersuchter Holzpflanzengruppen, zumal durch die Ergebnisse genetischer Arbeiten in der Zukunft ohnedies bei manchen Gruppen ein Wandel der Auffassung über die Rangstufe im System zu erwarten ist. Einige in den Originalarbeiten benutzte Speziesnamen sind außerdem heute in der Forstbotanik nicht mehr sehr gebräuchlich. Der Verfasser hofft daher, an einigen Stellen im speziellen Teil dieser Abhandlung durch das Beifügen von Synonymen ein Zurechtfinden erleichtert zu haben.

Die phylogenetisch älteste Gruppe unserer Holzpflanzen gehört zu der großen botanischen Ordnungseinheit der Gymnospermae oder Nacktsamigen:

I. Klasse Cycadinae: einzige Familie Cycadaceae, bei der alle Cycas-Arten die Grundzahl  $x = 11$  und die somatische Chromosomenzahl  $2n = 22$  besitzen (19).

II. Klasse Ginkgoales: die einzige Familie Ginkgoaceae hat nur einen letzten rezenten Vertreter *Ginkgo biloba* mit  $2n = 24$  Chromosomen (108).

III. Klasse Coniferae: hierher gehören u. a. alle forstlich wichtigen Nadelhölzer.

1. Familie Taxaceae.

*Taxus baccata* (17, 18)  $x = 12$ ,  $2n = 24$ .

2. Familie Pinaceae.

*Araucaria* (34),  $x = 13$ , alle Arten der Gattung zeigen  $2n = 26$ .



- Tsuga*,  $x = 12$ ,  
*canadensis* (108), *caroliniana* (102), *diversifolia* (102)  $2n = 24$ .
- Pseudotsuga*,  $x = 13$ ,  
*Douglasii* (taxifolia)  $2n = 26$   
 (Über die Angabe dieser Zahlen sind wiederholt Zweifel geäußert worden. Sie bedürfen der Nachprüfung.).
- Abies*,  $x = 12$ ,  
*alba* (pectinata) (110), *balsamea* (87), *cephalonica* (108), *concolor* (108), *grandis* (110), *homolepis* (110), *nobilis* (110), *Nordmanniana* (108), *pinsapo* (110), *Veitchii* (108)  $2n = 24$ .
- Picea*,  $x = 12$ ,  
*abies* (excelsa) (2, 87, 108), *glauca* (*alba*, *canadensis*) (108), *mariana* (*nigra*) (108), *orientalis* (110), *polita* (110), *pungens* (108), *sitchensis* (19)  $2n = 24$ .
- Larix*,  $x = 12$ ,  
*dahurica* (gmelinii) (101), *decidua* (europaea) (108), *leptolepis* (Kaempferi) (110), *occidentalis* (108), *polonica* (55), *sibirica* (101), *sudetica* (55)  $2n = 24$ ,  
 nach künstlicher Kreuzung *L. decidua*  $\times$  *L. occidentalis* entstand u. a. ein  $3x$ -Nachkomme (125) mit  $2n = 36$ .
- Cedrus*,  $x = 12$ ,  
*libanotica* (108)  $2n = 24$ .
- Pinus*,  $x = 12$ ,  
*Banksiana* (5, 108), *Bungeana* (108), *cembroides* (97), *contorta* (70), *echinata* (mitis) (108), *flexilis* (108), *Jeffreyi* (108), *Lambertiana* (50), *longifolia* (Roxburghii) (111), *montana* (Mugho) (108), *Murrayana* (contorta) (70), *nigra* (Laricio) (108), *palustris* (80), *parviflora* (108, 110), *peuce* (40, 108), *pinaster* (maritima) (16, 97), *pineta* (131–133), *ponderosa* (108), *pungens* (108), *resinosa* (108), *rigida* (108), *silvestris* (108), *strobis* (108), *tabulaeformis* (sinensis) (108), *Thunbergii* (108), *virginiana* (108)  $2n = 24$ .
3. Familie Taxodiaceae.
- Sciadopitys*,  $x = 10$ ,  
*verticillata* (126)  $2n = 20$ ,  
 diese Zahlen müssen erst noch bestätigt werden, in der Literatur gibt es widersprechende Angaben.
- Sequoia*,  $x = 11$ ,  
*gigantea* (11, 18),  $2n = 22$ ,  
 (nach Colchicinbehandlung in den Wurzelspitzen gefunden [57]),  $2n = 44$   
*sempervirens* (11, 18)  $2n = 44$ .
- Cryptomeria*,  $x = 11$ ,  
*japonica* (110)  $2n = 22$ .
- Taxodium*,  $x = 11$ ,  
*distichum* (2)  $2n = 22$ .
4. Familie Cupressaceae.
- Thuja*,  $x = 11$ ,  
*occidentalis* (17, 108), *orientalis* (17, 108)  $2n = 22$ .
- Chamaecyparis*,  $x = 11$ ,  
*Lawsoniana* (108)  $2n = 22$ .
- Juniperus*,  $x = 11$ ,  
*chinensis* (typische Form) (110), *communis* (108), *rigida* (108), *sabina* (110), *sibirica* (nana) (83), *virginiana* (108)  $2n = 22$ ,  
*J. chinensis* var. *Pfitzeriana* (108) ist tetraploid mit  $2n = 44$ .

Alle Laubholzgewächse werden in die große Gruppe der Angiospermae oder der bedecktsamigen Pflanzen eingeordnet. Sie gehören hier alle zu der Untergliederung der Dicotyledones oder der zweikeimblättrigen Pflanzen. Zunächst stehen die Monochlamydeae, in welcher Ordnungseinheit alle Pflanzen ohne eine auffällige Gliederung der Einzelblüte zusammengefaßt werden. Unter ihnen sind alle Kätzchen-träger zu finden.

I. Klasse Salicales: hier gehören die Weiden und Pappeln zusammen zur

#### 1. Familie Salicaceae.

- Populus*,  $x = 19$ ,  
*alba* (23, 96), *balsamifera* (84), *brabantica* (23), *canadensis* (serotina) (7), *candicans* (110), *canescens* (96), *deltoides* var. *missouriensis* (24, 83),

- Eugenei* (7), *gelrica* (23, 24), *generosa* (7), *grandidentata* (96), *lasiocarpa* (110, 131–134), *nigra* (124), *nigra* var. *italica* (23, 24), *regenerata* (110), *robusta* (23, 24), *Sieboldii* (90), *Simonii* (84), *tremula* (8, 89), *tremuloides* (32), *trichocarpa* (84)  $2n = 38$ ,  
 in Amerika sind Triploide gefunden worden von *alba* (96), *canescens* (96), *nigra* (97)  $2n = 57$ ,  
 in Schweden sind nun schon mehrere natürliche Triploide bekannt geworden von *tremula* (57–63, 89, 135)  $2n = 57$ ,  
 als Nachkommen von Triploiden wurden in Schweden auch Tetraploide aufgezogen bei *tremula* (6, 62)  $2n = 76$ .
- Salix*,  $x = 19$  und 22, (die Mannigfaltigkeit innerhalb der Gattung baut sich hier auf zwei Chromosomengrundzahlen auf) von der ersten Grundzahl sind bisher als diploide Arten bekanntgeworden:  
*arbuscula* (54), *bakko* (90), *depressa* (54), *glandulosa* (90), *gracilistyla* (45), *hastata* (97), *herbacea* (97), *Humboldtiana* (9), *integra* (90), *japonica* (114), *lanata* (97), *leucopithacia* (114), *melanostachys* (114), *myrtilloides* (19), *purpurea* (8), *pyrolifolia* (76), *repens* (19), *reticulata* (19), *sachalinensis* (114), *viminialis* (114)  $2n = 38$ ,  
 als rein tetraploide Arten der ersten Grundzahl kennt man:  
*alba* (142–144), die Kricketweide *S. alba* var. *coerulea* (142–144), *cinera* (49), *fragilis* (8), *laurina* (52), *lucida* (49), *pentandra* (8), *polaris* (19)  $2n = 76$ ,  
 polyploide Reihen auf der ersten Grundzahl sind innerhalb folgender Arten festgestellt worden:  
*aurita* (45, 49)  $2n = 38$ ,  $2n = 76$ ,  
*caprea* (45, 76, 144)  $2n = 38$ ,  $2n = 57$ ,  $2n = 76$ ,  
*daphnoides* (8, 144)  $2n = 38$ ,  $2n = 57$ ,  
*lapponum* (144)  $2n = 38$ ,  $2n = 76$ ,  
*myrsinites* (144)  $2n = 38$ ,  $2n = 190$ ,  
*dasyclada* (76)  $2n = 76$ ,  $2n = 114$ ,  
 als reine oktoploide Arten der ersten Grundzahl hat man gefunden:  
*borealis* (19), *dasycladioides* (53), *superlaurina* (53)  $2n = 152$ ,  
 für diploide Arten der zweiten Grundzahl hält man:  
*cordata* (97), *livida* (97)  $2n = 44$ ,  
 eine oktoploide Art der zweiten Grundzahl ist:  
*glauca* (97)  $2n = 176$   
 Arten, innerhalb deren Populationen beide Grundzahlen eine Rolle spielen, sind:  
*triandra* (8, 49)  $2n = 38$ ,  $2n = 44$ ,  $2n = 88$ ,  
 wobei die var. *kewensis* (8, 49)  $2n = 44$  besitzt, ferner  
*phylicifolia* (46, 97)  $2n = 88$ ,  $2n = 114$ .  
 Interessant ist die Angabe von WILKINSON (142–144), dem es gelungen ist, die Kricketweide von den übrigen Silberweiden zytologisch zu unterscheiden. Während die *alba*-Formen normalerweise in ihren Mitosen vier Satelliten-Chromosomen besitzen, hat die var. *coerulea* nur zwei Trabanten-Einheiten. Der amphidiploide Charakter der beiden Arten *S. cinera* und *S. laurina* (vergleiche 48) konnte von HERBERT-NILSSON und von HÄKANSSON nachgewiesen werden. Es gelang, in jahrelanger Kreuzungsarbeit die beiden Arten aus *S. viminialis* und *S. caprea* zu synthetisieren. Die beiden Kunstprodukte gleichen jeweils morphologisch und chromosomal den natürlichen Arten *S. cinera* und *laurina*.

## II. Klasse Juglandales:

### 1. Familie Juglandaceae.

- Juglans*,  $x = 16$ ,  
*californica* (97), *cinera* (147), *intermedia* (79), *mandschurica* (147), *nigra* (78), *notha* (147), *regia* (92, 147), *rupestris* (147), *Sieboldiana* (147)  $2n = 32$ .
- Carya*,  $x = 16$ ,  
*cordiformis* (133), *laciniosa* (133), *obovata* (133)  $2n = 32$ ,  
*glabra* (133), *ovalis* (133), *tomentosa* (147)  $2n = 64$ .

## III. Klasse Fagales:

### 1. Familie Betulaceae.

- Alnus*,  $x = 14$ ,  
 von folgenden Arten sind bisher nur diploide Formen bekannt:

crispa (146, 149), incana (146, 149), maritima (146, 149), rubra (56), rugosa (146, 149), tenuifolia (97), viridis (56)  $2n = 28$ ,  
als triploide Art wurde bezeichnet:  $2n = 42$ ,  
orientalis (97)  
rein tetraploid wurden seither befunden:  
japonica (56, 149), Spaethii (149)  $2n = 56$ ,  
innerhalb folgender Arten sind polyploide  
Reihen beschrieben worden:  
glutinosa (19, 62, 98, 146, 149)  $2n = 28$ ,  $2n = 42$ ,  $2n = 56$ ,  
cordata (56, 97)  $2n = 28$ ,  $2n = 42$ ,  
subcordata (56, 97)  $2n = 42$ ,  $2n = 56$ ,  
Eine tetraploide A. glutinosa wurde von JOHNSON (62)  
durch Colchicinbehandlung hergestellt und diese auch mit  
der natürlichen diploiden Art rückgekreuzt. Es wurden  
dadurch auch Triploide erhalten.  
WOODWORTH (146, 147, 149) berichtet, daß die amerikanische  
Haselerle A. rugosa ein hochgradig apomiktisches Ver-  
halten bei der Samenproduktion zeigt. Apomixis scheint  
bei den Erlen überhaupt weit verbreitet zu sein.

**Betula,  $x = 14$ ,**  
rein diploid sind:  
coerulea-grandis (149), fontinalis (149), humilis  
(56), lenta (149), Maximoviciana (149), nana (35),  
nigra (149), pendula (149), populifolia (149),  
Schmidtii (149), utilis (149), verrucosa (51, 149)  $2n = 28$ ,  
bisher nur tetraploid:  
pubescens (odorata) (51, 149), pumila (149), urticifolia  
(56)  $2n = 56$ ,  
ihrer Chromosomenzahl entsprechend hexaploid  
sind:  
grossa (149), lutea (149)  $2n = 84$ ,  
vielleicht auch dahurica, deren somatische Zahl  
nur ungefähr mit  $2n = \text{etwa } 90$  angegeben werden  
konnte (145),  
bei Kreuzung von pubescens und verrucosa  
wurde ein triploider Bastard erhalten (51)<sup>2)</sup>  $2n = 42$ ,  
polyploide Reihen innerhalb der Artpopulationen  
treten auf bei:  
japonica (97, 145, 149)  $2n = 28$ , var. mandschu-  
rica  $2n = 56$ ,  
papyrifera (149) mit den tetraploiden Variationen  
cordifolia und subcordata  $2n = 56$ ,  
der 5-ploiden Variation kenaica  $2n = 70$ ,  
der 6-ploiden Variation occidentalis  $2n = 84$ .

### 2. Familie Corylaceae.

**Corylus,  $x = 14$ ,**  
americana, avellana, columnata, heterophylla, maxi-  
ma (tubulosa), pontica, rostrata (cornuta), Sie-  
boldiana, tibetica (146)  $2n = 28$ ,

**Carpinus,  $x = 8$ ,**  
caroliniana (148, 149), cordata (148, 149), japonica  
(148, 149), laxiflora (149), orientalis (149), Tscho-  
noskii (60), Turczaninowii (149)  $2n = 16$ ,  
eine polyploide Reihe liegt vor bei:  
betulus (60, 148, 149), die mediterrane Form var.  
carpinizza ist diploid und hat  $2n = 16$ ,  
in Mitteleuropa und Südschandinavien kommen  
tetraploide und oktaploide Rassen vor, Unter-  
suchungen an der nordischen Arealgrenze er-  
gaben nach JOHNSON bisher nur oktaploide  
Formen,  $2n = 32$ ,  $2n = 64$ ,  
die in Schweden gefundene var. fastigiata ist  
oktaploid  $2n = 64$ .

**Ostrya,  $x = 8$ ,**  
carpinifolia, japonica, virginiana (149)  $2n = 16$ .

### 3. Familie Fagaceae.

**Fagus,  $x = 12$ ,**  
silvatica (56)  $2n = 24$ .

**Quercus,  $x = 12$ ,**  
(Die Gattung Quercus ist ein typisches Beispiel  
für einen Fall, bei dem trotz einer praktisch  
einheitlichen Chromosomenzahl in allen Arten  
sich eine sehr große Vielfalt von Erscheinungs-  
formen entwickelt hat, so daß für sie ein ander-  
er, nicht zahlenmäßig bedingter Entstehungs-  
modus angenommen werden muß.)

<sup>2)</sup> Pollen einer Triploiden, als 3x-coerulea deklariert,  
wurde uns in diesem Jahre freundlichst aus Schweden zur  
Verfügung gestellt.

acutissima (152), agrifolia (27), alba (123), bicolor  
(27), borealis (27), cerris (27), chrysolepis (27),  
coccifera (41), coccinea (27), crispula (123), Dale-  
champii (56), Douglasii (27), dumosa (27), fruti-  
cosa (91), Garryana (27), glandulifera (56), ilex  
(91), illicifolia (27), imbricaria (100), incana (137),  
lanuginosa (pubescens) (137), libani (56), lobata  
(27), lusitanica (91), macranthera (56), macrocarpa  
(100), marilandica (38), Michauxii (38), mongolica  
(100), montana (prinus) (38), Muehlenbergii (100),  
nigra (56), palustris (41), polymorpha (137), pon-  
tica (56), prinoides (38), robur (pedunculata) (27,  
37), sessiliflora (petraea) (91), stellata (27), suber  
(27), tomentosa (137), tozza (137), velutina (tinc-  
toria) (27), virginiana (4), Wislicenii (27),  $2n = 24$ ,  
von SAX (100) wurde Qu. dentata als tetra-  
ploid befunden  $2n = 48$ .  
Castanea,  $x = 12$ ,  
dentata (americana), sativa (vesca) (56)  $2n = 24$ .

## IV. Klasse Urticales:

### 1. Familie Ulmaceae.

**Ulmus,  $x = 14$ ,**  
diploide Arten sind:  
carpinifolia (foliata, nitens) (83, 105), glabra  
(campestris, procera) mit var. montana und var.  
scabra (72, 105), fulva (105), hollandica (72, 73),  
japonica (105), laciniata (105), laevis (effusa) auch  
als pedunculata (105), pumila (72), racemosa (105)  $2n = 28$ ,  
tetraploid sind:  
americana (105), turkestanica (138)  $2n = 56$ .  
**Celtis,  $x = 14$ ,**  
occidentalis (105)  $2n = 28$ .

### 2. Familie Moraceae.

**Ficus,  $x = 13$ ,**  
carica (13), elastica (123)  $2n = 26$ .  
**Morus,  $x = 14$ ,**  
diploide Arten sind:  
acidosa (94), atropurpurea (94), bombycis (114),  
indica (19), Kagayamae (94), multicaulis (94)  $2n = 28$ ,  
alba ist diploid (94)  $2n = 28$ ,  
die Variation alba var. makado ist ein triploider  
Bastard aus M. atropurpurea und M. alba (94)  $2n = 42$ ,  
nigra ist nach Angaben DARLINGTONS (19) 22-ploid  $2n = 308$ .

## V. Klasse Myricales:

### 1. Familie Myricaceae.

**Myrica,  $x = 8$ ,**  
cerifera (121)  $2n = 16$ ,  
gale (44)  $2n = 48$ .

## VI. Klasse Santalales:

### 1. Familie Loranthaceae.

**Viscum,  $x = 10$ ,**  
album (19)  $2n = 20$ .

Eine Reihe von Laubgehölzen gehört in die zweite Ord-  
nungseinheit der Dicotyledones zu den Dialypetalae, und  
zwar deshalb, weil ihre Blüte in eine Krone und einen  
Kelch gegliedert ist.

## I. Klasse Hamamelidales:

### 1. Familie Hamamelidaceae.

**Corylopsis,  $x = 12$ ,**  
pauciflora (3), spicata (3)  $2n = 24$ ,  
Veitchiana (3)  $2n = 72$ .  
**Hamamelis,  $x = 12$ ,**  
vernalis (3), virginiana (140)  $2n = 24$ .  
**Liquidambar,  $x = 15$ ,**  
styraciflua (3)  $2n = 30$ .  
**Eucommia,  $x = 17$ ,**  
ulmoides (19)  $2n = 34$ .

### 2. Familie Platanaceae.

**Platanus,  $x = 21$ ,**  
acerifolia (106), occidentalis (106), orientalis (106)  $2n = 42$ .

## II. Klasse Tricoccae:

### 1. Familie Buxaceae.

**Buxus,  $x = 14$ ,**  
balearica, sempervirens, Wallichiana (113)  $2n = 28$ .



### III. Klasse Rosales:

#### 1. Familie Rosaceae.

- Prunus*,  $x = 8$ . (In dieser Gattung versammelt man alle Steinobstgewächse.)  
 Gruppe der Mandeln und Pfirsiche:  
*amygdalus* (*communis*) (19), *fenzliana* (19), *nana* (65), *persica* (19)  $2n = 16$ ,  
*triloba* (gefülltblühende Röschenmandel) (66)  $2n = 64$ ,  
 Gruppe der Schlehen, Pflaumen und Aprikosen:  
*allegghaniensis* (104), *americana* (104), *armeniaca* (19), *hortulana* (104), *maritima* (104), *nigra* (66), *triflora* (19), *casica* (19), *iranica* (19)  $2n = 16$ ,  
 nur mit tetraploiden Zahl kommen vor  $2n = 32$ ,  
*media* (19), *spinosa* (19)  $2n = 32$ ,  
 mit diploiden und triploiden Formen sind bekannt  
*Mume* (19), *divaricata* (*cerasifera*) (19)  $2n = 16$ ,  $2n = 24$ ,  
 zahlenmäßig hexaploid ist die Hauspflaume  $2n = 48$ ,  
*domestica* (19, 65)  $2n = 48$ ,  
 ebenso ihre Unterarten, die Mirabellen, Eierpflaumen und Reineclauden  
*subspec. instituta* (*oeconomica*), *italica* (19, 65)  $2n = 48$ .  
 Die botanische Art *P. domestica* wird heute als eine relativ junge polyploide Bastardpopulation angesehen, die in einer großen Mannigfaltigkeit in Vorderasien entstanden ist. Experimente haben gezeigt (vgl. früheren Text), daß die Hauspflaumen selbst Amphidiploide aus *P. spinosa* (Schlehe) und *divaricata* (Kirschpflaume) darstellen. Beide Arten kommen im Kaukasus nebeneinander vor, zusammen mit den verschiedenartigsten natürlichen Bastarden zwischen ihnen. Hybriden mit  $2n = 16$ , 24, 40, 48 Chromosomen werden dort gefunden, die alle Übergänge von vollkommener Sterilität bis zur guten Fruchtbarkeit realisiert haben (19, 65, 71).  
 Gruppe der Kirschen:  
*cerasoides* (19), *crassipes* (19), *glandulosa* (104), *incana* (104), *japonica* (104), *kurilensis* (19), *lanesiana* (19), *mahaleb* (19), *mutabilis* (19), *puddum* (19), *pumila* (66), *sachalinensis* (19), *subhirtella* (19), *tomentosa* (19), *yedoensis* (19), *incisa* (104)  $2n = 16$ ,  
*cerasus* (19), *cantabrigensis* (19), *fruticosa* (19), *Grayana* (19)  $2n = 32$ ,  
 die Artpopulation von *P. avium* (Vogel- und Süßkirschen) (14) ist aus diploiden, triploiden und tetraploiden Gliedern zusammengesetzt,  
 $2n = 16$ ,  $2n = 24$ ,  $2n = 32$ ,  
 ebenso *P. paniculata* (*serratala*) (19), sie ist diploid und triploid und als pseudocerasus tetraploid  $2n = 16$ ,  $2n = 24$ ,  $2n = 32$ .  
 Gruppe der Traubenkirschen:  
*padus* (66), *serotina* (65), *virginiana* (104)  $2n = 32$ ,  
 die Chromosomenzahl des hochpolyploiden Kirschlorbeer ist kaum identifizierbar, für *P. laurocerasus* geben KOBEL und MEURMAN  $2n = 144$  und DARLINGTON  $2n = ca. 176$  an.  
*Crataegus*,  $x = 17$ ,  
*oxyacantha* (88), *monogyna* (88), *sanguinea* (74), *tomentosa* (74)  $2n = 34$ ,  
*Douglasii* (74), *intricata* (74)  $2n = 51$ ,  
*crus-galli* (88)  $2n = 68$ .  
*Cydonia*,  $x = 17$ ,  
*japonica* (88), *lagenaria* (88), *sinensis* (104), *vulgaris* (*oblonga*) (88)  $2n = 34$ .  
*Mespilus*,  $x = 17$ ,  
*germanica* (88)  $2n = 34$ .  
*Amelanchier*,  $x = 17$ ,  
*asiatica* (104), *humilis* (104), *oblongifolia* (104), *sanguinea* (104)  $2n = 34$ ,  
*canadensis* (88), *rotundifolia* (88)  $2n = 68$ ,  
*stolonifera* (88, 104)  $2n = 34$ ,  $2n = 68$ .  
*Malus*,  $x = 17$ ,  
*adstringens* (104), *asiatica* (65), *baccata* (104), *floribunda* (19), *fusca* (19), *halliana* (19), *ioensis* (19), *niedzwetzkyana* (19), *zumi* (19)  $2n = 34$ ,  
*theifera* (19)  $2n = 51$ ,  
*coronaria* (104), *glaucescens* (104)  $2n = 68$ ,  
 diploide und triploide Formen sind von den Arten bekannt:  
*prunifolia* (19), *communis* (*pumila*, *silvestris*, Kultur- und Wildäpfel) (19, 65)  $2n = 34$ ,  $2n = 51$   
 diploide und tetraploide Formen bei:  
*sargentii* (19)  $2n = 34$ ,  $2n = 68$ ,

#### triploide und tetraploide Formen bei:

- hupensis* (19)  $2n = 51$ ,  $2n = 68$ .  
*Pirus*,  $x = 17$ ,  
*aromatica*, *betulifolia*, *calleryana*, *dimorphophylla*, *elaeagrifolia*, *fauricea*, *hondoensis*, *nivalis*, *phaeocarpa*, *pyrifolia* (*serotina*), *salicifolia*, *ussuriensis* (*sinensis*) (19)  $2n = 34$ ,  
 es gibt diploide und triploide Kultur- und Wildbirnen:  
*communis* (19)  $2n = 34$ ,  $2n = 51$ .  
*Sorbus*,  $x = 17$ ,  
*alnifolia* (104), *americana* (104), *aria* (88), *aucuparia* (88, 104), *domestica* (88), *torminalis* (88)  $2n = 34$ ,  
*lancifolia* (19), *mougeotti* (19)  $2n = 51$ ,  
*chamaemespilus*, *fennica*, *obtusifolia* (auch als *aria* var. *norvegica*), *suecica* (*scandica*) (19)  $2n = 68$ .  
 2. Familie Papilionaceae (Leguminosae).  
*Galega*,  $x = 8$ ,  
*officinalis* (19)  $2n = 16$ ,  
 durch Samenbehandlung mit Colchicin konnten vom Verfasser 1948 in Quedlinburg (110) Tetraploide erzeugt und 1949 mehrere tetraploide Nachkommenschaften aufgezogen werden  $2n = 32$ .  
*Caragana*,  $x = 8$ ,  
*arborescens* (19)  $2n = 16$ ,  
*frutescens* (19)  $2n = 32$ .  
*Robinia*,  $x = 10$ ,  
*Holdtii* (141), *Margaretha* (141), *pseudacacia* (68), *Slavinii* (141)  $2n = 20$ ,  
 zwei Triploide mit sterilem Pollen sind aus Nordamerika bekannt geworden (vgl. dazu den vorangegangenen Text):  
*Boyntonii*, *hispida* (141)  $2n = 30$ .  
*Cytisus*,  $x = 12$ ,  
*nigricans*, *scoparius* (19)  $2n = 48$ ,  
 und  $x = 13$ ,  
*sessiliflora* (19)  $2n = 52$ .  
*Laburnum*,  $x = 12$ ,  
*vulgaris* (19)  $2n = 48$ .

### IV. Klasse Myrtales:

#### 1. Familie Elaeagnaceae.

- Elaeagnus*,  $x = 14$ ,  
*angustifolia* (118)  $2n = 28$ .  
*Hippophae*,  $x = 10$  und  $x = 12$ ,  
*rhamnoides* (19, 118)  $2n = 20$ ,  $2n = 24$ ,  
 davon kommen auch natürliche Polyploide vor.

#### 2. Familie Myrtaceae.

- Eucalyptus*,  $x = 11$ ,  
*cordata*, *globulus* (*glauca*), *Johnstoni*, *linearis*, *obliqua*, *pauciflora*, *salicifolia*, *viminialis* (77, 117)  $2n = 22$ .

### V. Klasse Columniferae:

#### 1. Familie Tiliaceae.

- Tilia*,  $x = 41$ ,  
*argentea* (*tomentosa*) (139), *americana* (*glabra*) (21), *cordata* (*parvifolia*), *neglecta* (21), *Olivieri* (21), *petiolaris* (21), *platyphyllos* (*grandifolia*) (21)  $2n = 82$ ,  
*amurensis*, *Tuan*, *Maximovicziana*, *insularis* (21)  $2n = 164$ .

### VI. Klasse Terebinthales:

#### 1. Familie Hippocastanaceae (Sapindaceae).

- Aesculus*,  $x = 20$ ,  
*arguta* (25), *discolor* (133), *flava* (*octandra*) (136), *glabra* (133), *hippocastanum* (95, 136), *macrostycha* (*parviflora*) (133), *pavia* (136)  $2n = 40$ ,  
*carnea* (15, 95, 115, 136)  $2n = 80$   
 ist ein in einem europäischen Arboretum zufällig entstandener amphidiploider Bastard zwischen *pavia* und *hippocastanum* (vgl. den vorangegangenen Text).  
*plantierensis* (136)  $2n = 60$   
 ist eine Rückkreuzung von *carnea* mit *hippocastanum*.

#### 2. Familie Aceraceae

- Acer*,  $x = 13$ ,  
*argutum* (127), *campestre* (36), *circinatum* (36), *cissifolium* (127), *diabolicum* (127), *griseum* (36), *japonicum* (127), *mandschuricum* (36), *Miyabei* (36), *mono* (*pictum*) (127), *negundo* (36), *niko-*

ensis (36), palmatum (36), pseudosieboldianum (36), rufinerva (36), saccharum (128), Tscho-noskii (36)  $2n = 26$ ,  
tetraploide Arten sind:  
carpinifolium (128), pseudoplatanus (36), saccha-  $2n = 52$ ,  
rinum (dasycarpum) (128)  $2n = 26$ ,  $2n = 39$ ,  
platanoides (85)  $2n = 78$ ,  $2n = 104$ ,  
rubrum (29)

## VII. Klasse Celastrales:

### 1. Familie Aquifoliaceae.

Ilex,  $x = 10$ ,  
aquifolium (83)  $2n = 40$ .

### 2. Familie Celastraceae.

Evonymus,  $x = 8$ ,  
europaea (150)  $2n = 64$ .

## VIII. Klasse Rhamnales:

### 1. Familie Rhamnaceae.

Rhamnus,  $x = 10$ ,  $x = 12$ ,  $x = 13$ ,  
frangula (99, 150)  $2n = 20$ ,  $2n = 26$ ,  
cathartica (150)  $2n = 24$ .

## IX. Klasse Umbelliflorae:

### 1. Familie Cornaceae.

Aucuba,  $x = 8$ ,  
chinensis (64)  $2n = 16$ ,  
japonica (151)  $2n = 32$ .  
Cornus,  $x = 9$ , (auch Macrocarpium)  
mas (22), officinalis (123)  $2n = 18$ ,  
und mit  $x = 10$ ,  
alternifolia (22), controversa (22)  $2n = 20$ ,  
und mit  $x = 11$ ,  
Arnoldiana (22), Bretschneideri (22), alba (22),  
sanguinea (22)  $2n = 22$ .

Sehr wichtige Laubbölzer gehören auch zur dritten Gruppe der Dicotyledones, und zwar zu den Sympetalae (d. s. die Pflanzen, die in ihrer Blüte eine verwachsenblättrige Korolle zeigen):

## I. Klasse Ligustales:

### 1. Familie Oleaceae.

Forsythia,  $x = 14$ ,  
europaea (107), ovata (107), suspensa (93, 123),  
viridissima (107)  $2n = 28$ .  
Syringa,  $x = 22$ ,  $x = 23$ ,  $x = 24$ ,  
persica (107)  $2n = 44$ ,  
vulgaris (107, 129) variiert von  $2n = 44 - 46 - 48$ .  
Olea,  $x = 23$ ,  
europaea (107)  $2n = 46$ .  
Fraxinus,  $x = 23$ ,  
Bungeana (97), excelsior (107), floribunda (9),  
oregona (107), pennsylvanica (107)  $2n = 46$ ,  
americana (97, 107, 154) ist aus einer Reihe poly-  
ploiden Rassen zusammengesetzt  $2n = 46$ ,  $2n = 92$ ,  $2n = 138$ ,  
die ostasiatische Wachsesche ist eine Hexaploide:  
chinensis (107)  $2n = 138$ .  
Ligustrum,  $x = 23$ ,  
vulgare (107)  $2n = 46$ .

## II. Klasse Rubiales:

### 1. Familie Caprifoliaceae.

Sambucus,  $x = 18$ ,  
nigra (130—134), racemosa (130—134)  $2n = 36$ .

## Literatur

Das anschließende Verzeichnis erhebt keinen Anspruch darauf, in Vollständigkeit alle zytologischen Arbeiten zu enthalten, die Holzpflanzen zum Gegenstand haben. Es ist jedoch versucht worden, die Quellen für die Daten dieser Abhandlung im Original zusammenzustellen. Außerdem ist es nun nicht schwer, von diesen Arbeiten ausgehend, den Standort noch fehlender Angaben zu ermitteln. Wir haben ferner die Arbeiten dieses Verzeichnisses laufend durchnummeriert und bei Verwendung ihres Gegenstandes im Text diese Nummern in Klammern jeweils eingefügt.

(1) ALLEN, G. S.: J. Forestry 40, 642—644 (1942). — (2) ANDERSSON, E.: Hereditas 33, 301—347 (1947). — (3) ANDERSSON, E., and

SAX, K.: J. Arnold Arbor. 16, 40 (1935). — (4) AUFDERHEIDE, H.: Butler Univ. Bot. Stud. 2, Paper Nr. 5, 45—52 (1931). — (5) BEAL, J. M.: Bot. Gaz. 95, 660—666 (1934). — (6) BERGSTRÖM, I.: Hereditas 26, 191—201 (1940). — (7) BLACKBURN, K. B.: Proc. internat. Congr. Plant Sci. 1929, 299. — (8) BLACKBURN, K. B., and HARRISON, I. W. H.: Ann. Bot. 38, 361—378 (1924). — (9) BOWDEN, W. M.: Am. J. Bot. 27, 357—371 (1940). — (10) BRAMAS, M. C. R.: C. R. Acad. Sci. Paris 194, 121 (1932). — (11) BUCHHOLZ, J. T.: Am. J. Bot. 26, 248—257 (1939). — (12) CHRISTOFF, M.: Bull. Soc. Bot. Bulgar. 3, 279 (1929). — (13) CONDIT, J. J.: Univ. Calif. Publ. Bot. 11, 233 (1928). — (14) CRANE, M. B.: Mem. Hort. Soc. New York 3, 119 (1927). — (15) CRANE, M. B.: J. R. Hort. Soc. 60, 171—174 (1935). — (16) DANGEARD, P.: C. R. Soc. Biol. Paris 135, 581—583 (1941). — (17) DARK, S. O. S.: New Phytol. 31, 310 (1932). — (18) DARK, S. O. S.: Ann. Bot. 46, 965—977 (1932). — (19) DARLINGTON, C. D., and JANAKI AMMAL, E. K.: Chromosome atlas of cultivated plants. London: ALLEN and UNWIN (1945). — (20) DARLINGTON, C. D., and LA COUR, L. F.: The handling of chromosomes. London: ALLEN and UNWIN, 2nd ed. (1947). — (21) DERMEN, H. J.: J. Arnold Arbor. 13, 49—51 (1932). — (22) DERMEN, H. J.: J. Arnold Arbor. 13, 410 (1932). — (23) DILLEWIJN, C. van: Ned. Boschb. Tijdschr. 12, 470—481 (1939). — (24) DILLEWIJN, C. van: Genetica ('sGrav.) 22, 131—182 (1940). — (25) DOBRONZ, K.: Diss. Berlin (1935). — (26) DOBZHANSKY, Th.: Genetics and the origin of species. New York: 2nd ed. (1941). — (27) DUFFIELD, J. W.: Am. J. Bot. 27, 787—788 (1940). — (28) DUFFIELD, J. W.: J. Forestry 40, 859—864 (1942). — (29) DUFFIELD, J. W.: Chron. Bot. 7, 390—391 (1943). — (30) EKDAHL, J.: Svensk. Bot. Tidskr. 35, 143—156 (1941). — (31) EKLUNDH EHRENBORG, C.: Hereditas 35, 1—26 (1949). — (32) ERLANSON, E. W., and HERMANN, F. J.: Pap. Mich. Acad. Sci. 8, 97—110 (1927). — (33) FASSETT, N. C.: Bull. Torrey Bot. Cl. 71, 475—483 (1944). — (34) FLORY, W. S.: J. Arnold Arbor. 17, 83—89 (1936). — (35) FLOVIK, K.: Hereditas 26, 430—440 (1940). — (36) FOSTER, R. G.: J. Arnold Arbor. 14, 386—392 (1933). — (37) FOUARGE, J.: Bull. Inst. Agron. Gembloux 8, 111—113 (1939). — (38) FRIESNER, R. C.: Butler Univ. Bot. Stud. 1, 77 (1930). — (39) GETTLER, L.: Schnellmethoden der Kern- und Chromosomenuntersuchung. Wien: SPRINGER (3. verbess. Aufl.) (1949). — (40) GEORGEWITSCH, P.: Beih. Bot. Centralbl. 54, A, 217—234 (1936). — (41) GHIMPU, V. C. R.: Congr. intern. Agric., Bukarest (1929). — (42) GOPAL-AYENGAR, A. R.: Genetics 27, 143 (1942). — (43) GRAM, K., MUHLE LARSEN, C., SYRACH LARSEN, C., and WESTERGAARD, M.: K. Vet. Højsk. Aarsskr., 1941, 44—58. — (44) HAGERUP, O.: Bot. Tidskr., København, 45, 385 (1941). — (45) HÅKANSSON, A.: Hereditas 13, 1 (1929). — (46) HÅKANSSON, A.: Hereditas 18, 199—214 (1933). — (47) HÅKANSSON, A.: Hereditas 24, 1—32 (1938). — (48) HÅKANSSON, A.: Hereditas 30, 639—641 (1944). — (49) HARRISON, H. H.: Nature 117, 50 (1926). — (50) HAUPT, A. W.: Bot. Gaz. 102, 482—498 (1941). — (51) HELMS, A., and JÖRGENSEN, A.: Dansk Bot. Tidsskr. 39, 57 (1927). — (52) HERIBERT-NILSSON, N.: Acta Univ. Lund, ser. 2, 24, 89 (1928). — (53) HERIBERT-NILSSON, N.: Hereditas 20, 339 (1935). — (54) HOLMBERG, O.: Skandinavien Flora. Stockholm (1931). — (55) HRUBY, K.: Vest. Kral. Ces. Spol. Nauk. (Prag) 2, 1 (1933). — (56) JARETZKY, R.: Planta 10, 120—137 (1930). — (57) JENSEN, H., and LEVAN, A.: Hereditas 27, 220—224 (1941). — (58) JOHNSSON, H.: Hereditas 26, 321—352 (1940). — (59) JOHNSSON, H.: Svensk Papp. Tidn. 43, 450—456, 44, 4—7, 20—22 (1940). — (60) JOHNSSON, H.: Hereditas 28, 228—230 (1942). — (61) JOHNSSON, H.: Hereditas 28, 306—312 (1942). — (62) JOHNSSON, H.: Hereditas 36, 205—219 (1950). — (63) JOHNSSON, H., and EKLUNDH, C.: Svensk Papp. Tidn. 43, 373—377 (1940). — (64) KIHARA, H., and YAMAMOTO, Y.: Agric. Hort. 10, 2485 (1935). — (65) KOBEL, F.: Archiv Klaus-Stift, 3, 1—84 (1927). — (66) KOBEL, F.: Z. Abst. u. Vererbh., Suppl. 2, 927 (1928). — (67) KRAUSE, O.: Ber. dtsch. bot. Ges. 48, 9 (1930). — (68) KREUTER, E.: Planta 11, 1 (1930). — (69) LA COUR, L. F.: Improvements in plant cytological technique II. Bot. Rev. 13, 216—240 (1947). — (70) LANGLET, O. F. J.: Svensk Skog Tidsskr., Nr. 11, pp. 8 (1934). — (71) LAWRENCE, W. J. C.: Practical plant breeding. London (1945). — (72) LELIVELD, J. A.: Genetica ('sGrav.) 15, 425—432 (1934). — (73) LELIVELD, J. A.: Rec. Trav. Bot. Neerland. 32, 543—573 (1935). — (74) LONGLEY, A. E.: Am. J. Bot. 11, 295—317 (1924). — (75) LOOBY, W. J., and DOYLE, J.: Sci. Proc. R. Dublin Soc. (N.S.) 23, 35—54 (1942). — (76) LÖVE, A., and LÖVE, D.: Bot. Notiser 1942, 19—59. — (77) MCAULAY, A. L., and CRUICKSHANK, F. D.: Pap. Proc. Roy. Soc. Tasm., 1938, 41—44. — (78) MCKAY, J. W.: Rep. Proc. 28th Ann. Mtg. Nth. Nut. Gr. Ass. Md. and Wash. D. C. 1937, 101—104. — (79) MCKAY, J. W., and MCKAY, H. H.: Am. J. Bot. Suppl. 28, 4 (1941). — (80) MATHEWS, A. C.: J.

Elisha Mitchell Sci. Soc. 48, 101 (1932). — (81) MATSUMOTO, K.: Contr. Lab. Genet. Kyoto Imp. Univ. Nr. 40, 39—44. — (82) MAUDE, P. F.: New Phytol. 38, 1—31 (1939). — (83) MAUDE, P. F.: New Phytol. 39, 17—32 (1940). — (84) MEURMAN, O.: Comment. biol. Helsingf. 2, 1 (1925). — (85) MEURMAN, O.: Hereditas 18, 145—173 (1933). — (86) MEURMAN, O.: Memor. Soc. Fauna Flor. Fenn. 10, 74—76 (1934). — (87) MIYAKE, K.: Ann. Bot. 17, 351 (1903). — (88) MOFFETT, A. A.: J. Pomol. 9, 100 (1931). — (89) MÜNTZING, A.: Hereditas 21, 383—393 (1936). — (90) NAKAJIMA, G.: Cytologia, Fujii Jub. Vol., 282—292 (1937). — (91) NATIVIDADE, J. V.: Publ. Dir. Geral. Serv. Flor. e Aquic. 4, pp. 74 (1937). — (92) NEBEL, B. R.: Proc. Nth. Nut. Gr. Ass. 22, 22—24 (1931). — (93) O'MARA, J.: J. Arnold Arbor. 11, 44 (1930). — (94) OSAWA, J.: Bull. Imp. Agr. Exper. Sta. Tokyo 1, 318 (1920). — (95) PELLETIER, M.: Botaniste 27, 279—322 (1935). — (96) PETO, F. H.: Can. J. Res. 16, Sect. C, 445—455 (1938). — (97) RICHENS, R. H.: Forest tree breeding and genetics. Imp. Agric. Bureaux Nr. 8, pp. 79 (1945). — (98) ROHWEDER, H.: Planta 27, 478—550 (1937). — (99) RUTLAND, J. P.: New Phytol. 40, 210—214 (1941). — (100) SAX, H. J.: J. Arnold Arbor. 11, 222 (1930). — (101) SAX, H. J.: J. Arnold Arbor. 13, 368—374 (1932). — (102) SAX, H. J.: Genetics 18, 121—128 (1933). — (103) SAX, K.: Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 26, 32 (1929). — (104) SAX, K.: J. Arnold Arbor. 12, 3 (1931). — (105) SAX, K.: J. Arnold Arbor. 14, 82—84 (1933). — (106) SAX, K.: J. Arnold Arbor. 14, 274—278 (1933). — (107) SAX, K., and ABBE, E. C.: J. Arnold Arbor. 13, 37 (1932). — (108) SAX, K., and SAX, H. J.: J. Arnold Arbor. 14, 356—375 (1933). — (109) SCHMUCKER, Th.: Die Baumarten der nördlich-gemäßigten Zone und ihre Verbreitung. Silvae Orbis 4 (1942). — (110) SEITZ, F. W.: Nicht veröffentlicht. — (111) SETHI, M. L.: J. Ind. Bot. Soc. 7, 105 (1928). — (112) SHARP, L. W.: Fundamentals of cytology. New York and London (1943). — (113) SIMONET, M., and MIEDZYRZECKI, Ch.: C. R. Soc. Biol., Paris, 111, 969 (1932). — (114) SINOTO, Y.: Cytologia 1, 109 (1929). — (115) SKOVSTED, A.: Hereditas 12, 64—70 (1929). — (116) SMITH, E. R., and NICHOLS, C.: J. Arnold Arbor. 22, 443—454 (1941). — (117) SMITH-WHITE, S.: Proc. Linn. Soc. N. S. W. 67, 335—342 (1942). — (118) SOBOLEWSKA, H.: Acta Soc. Bot. Polon. 4, 64 (1926). — (119) SOKOLOVSKAJA, A., and STRELKOVA, O.: C. R. Acad. Sci. USSR. 32, 144 (1941). — (120) STEBBINS, G. L.: Adv. Genet. 1, 403—429 (1947). — (121) STOKES, J.: Bot. Gaz. 99, 387 (1937). — (122) STRAUB, J.: Wege zur Polyploidie. Berlin: Borntraeger (1941). — (123) SUGIURA, T.: Cytologia 7, 544 (1936). — (124) SUTO, T.: Jap. J. Genet. 16, 304—306 (1938). — (125) SYRACH LARSEN, C., and WESTERGAARD, M.: J. Genet. 36, 523—530 (1938). — (126) TAHARA, M.: Cytologia, Fujii Jub. Vol. I, 14—19 (1937). — (127) TAKIZAWA, S.: Jap. J. Genet. 16, 18 (1940). — (128) TAYLOR, W. R.: Contr. bot. labor. Univ. Pa. 5 (1920). — (129) TISCHLER, G.: Z. f. Bot. 23, 150—162 (1930). — (130) TISCHLER, G.: Tabulae Biol. 4, 1—82 (1927). — (131) TISCHLER, G.: Tabulae Biol. 7, 109—226 (1931). — (132) TISCHLER, G.: Tabulae Biol. 11, 281—304 (1936). — (133) TISCHLER, G.: Tabulae Biol. 12, 57—115 (1936). — (134) TISCHLER, G.: Tabulae Biol. 16, 162—218 (1938). — (135) TOMETORP, G.: Bot. Notiser 1937, 285—290. — (136) UPCOTT, M.: J. Genet. 33, 135—149

(1936). — (137) VIGNOLI, L.: Lav. Ist. Bot., Palermo, 4, 25—39 (1933). — (138) WALKER, R. J.: Science 75, 107 (1932). — (139) WALLISCH, R.: Österreich. bot. Z. 79, 97—106 (1930). — (140) WHITAKER, T. W.: J. Arnold Arbor. 14, 113 (1933). — (141) WHITAKER, T. W.: J. Arnold Arbor. 15, 353—357 (1934). — (142) WILKINSON, J.: Forestry 8, 64—66 (1934). — (143) WILKINSON, J.: Ann. Bot. N. S. 5, 149—165 (1941). — (144) WILKINSON, J.: Ann. Bot. N. S. 8, 269—284 (1944). — (145) WOODWORTH, R. H.: Bot. Gaz. 87, 331—363 (1929). — (146) WOODWORTH, R. H.: Bot. Gaz. 88, 383—399 (1929). — (147) WOODWORTH, R. H.: Am. J. Bot. 17, 863—869 (1930). — (148) WOODWORTH, R. H.: Bot. Gaz. 90, 108—115 (1930). — (149) WOODWORTH, R. H.: J. Arnold Arbor. 12, 206—217 (1931). — (150) WULFF, H. D.: Ber. dtsh. bot. Ges. 55, 262 (1937). — (151) YAMAMOTO, Y.: Cytologia, Fujii Jub. Vol., 181 (1937). — (152) YAMAZAKI, Y.: Jap. J. Bot. 8, 151 (1936). — Nachträglich wurden noch in das Verzeichnis aufgenommen: (153) SAX, H. J.: J. Arnold Arboretum 19, 437—441 (1938). — (154) WRIGHT, J. W.: J. Forestry 42, 489—495 (1944). — (155) TISCHLER, G.: Die Chromosomenzahlen der Gefäßpflanzen Mitteleuropas. sGravenhage: W. Junk, 263 S. (1950).<sup>3)</sup> — (156) MARQUARDT, H.: Allg. Forst- und Jagdzeitung 121, 129—139 (1950).

<sup>3)</sup> Auf das neuerdings von TISCHLER erschienene, sicherlich sehr wertvolle Buch sei hier wenigstens hingewiesen. Leider stand es dem Verfasser bisher nicht zur Einsichtnahme zur Verfügung, so daß sein Inhalt, der auch für die Forstgenetik Wesentliches enthalten wird, in der vorliegenden Abhandlung nicht ausgewertet werden kann. Aus Zeitschriften-Referaten gehen jedoch einige interessante Zahlen hervor, die hier wenigstens am Rande Erwähnung finden sollen. Danach sind 42,6% der mitteleuropäischen Gefäßpflanzenarten als Diploide und 48,6% als Polyploide zu bezeichnen, und 8,8% enthalten diploide und polyploide Rassen. Bedeutungsvoll ist ferner, daß diejenigen Gattungen, die sich nur in diploide Arten gliedern, im Durchschnitt nur 1,8 Spezies aufweisen, während diejenigen Gattungen, die ihre Mannigfaltigkeit auf Diploiden und Polyploiden aufbauen, im Durchschnitt 4,3 Spezies je Gattung enthalten. — Dieser Hinweis verdient deshalb besondere Beachtung, da er mit gewissen genetischen und pflanzenzüchterischen Erkenntnissen an polyploidem Material direkt in Parallele gesetzt werden kann. Als Beispiel darf an dieser Stelle die von Seiten der Genetik nicht sehr beachtete *Primula malacoides* herangezogen werden, die nachgewiesenermaßen im Verlaufe ihrer Domestikation polyploid geworden ist und die, wie jeder Zierpflanzenzüchter bestätigen wird, in ihren verschiedenen Kombinationen eine wahrhaft ungeheure Farben- und Formenfülle aufweist, die niemals in der ursprünglich diploiden Wild- und Unkrautpflanze auf den Reisfeldern Ostasiens zu erwarten gewesen ist. — Verfasser erinnert sich noch gern an rückliegende Jahre in Quedlinburg, wo die Gewächshäuser des Herrn Zuchtleiters P. VOGEL jedesmal im Februar einen geradezu erstklassigen Anschauungsunterricht über die Möglichkeiten einer Züchtung auf polyploider Basis für einen Genetiker abgeben konnten.