
Untersuchung des Ploidiegrades elepidoter Rhododendron-Hybriden

Sally Perkins, John Perkins (New Hampshire, USA), Mariana Castro, José Cerca De Oliveira, Sílvia Castro und João Loureiro (Coimbra, Portugal)

Rhododendron-Begeisterte wissen vielleicht nicht, aber sie lieben polyploide, elepidote (nicht beschupperte) Hybriden. Sie müssen nur die Tische einer beliebigen Rhododendron-Schau prüfen und einen Blick auf die Finalisten für die Prämierungen werfen. Erwähnen Sie *Rhododendron* 'Cynthia', *Rh.* 'Gomer Waterer', *Rh.* 'Grace Seabrook', *Rh.* 'Horizon Monarch', *Rh.* 'Marinus Koster', *Rh.* 'Pink Pearl', *Rh.* 'Phyllis Korn', *Rh.* 'Point Defiance',

Rh. 'Taurus' oder *Rh.* 'Trude Webster', werden Gärtner diese schnell zu ihren Lieblingssorten erklären oder sie auf ihren Wunschlisten weit oben führen. Ja, diese Rhododendron-Sorten haben »etwas Besonderes« und sind »besonders begehrenswert«. Sie besitzen umfangreicheres genetisches Material als gewöhnlich. Sie sind polyploid.

Mehr als 80 Rhododendron-Hybriden mit höheren Ploidiegraden sind in Tabelle 1 aufgelistet. Wir hoffen, dass Gärtner den Zusammenhang zwischen Polyploidie und Merkmalen wie der Dicke der Triebe, Blätter und Blattstiele oder der Festigkeit der Blüten erkennen werden. Tatsächlich sind be-



Abb. 1: Die triploide Sorte Rhododendron-Sorte 'Phyllis Korn' ist Nachkomme der triploiden Sorte 'Gomer Waterer' und Elter der diploiden 'Summer Peach' (Photo: S. & J. PERKINS).

merkenwerte Vitalität und Substanz in Verbindung mit herausragender Blühleistung schon im jungen Alter oft mit einem höheren Ploidiegrad verknüpft. Selbst Gärtner, die nichts von Ploidiestufen hören wollen, lieben es, über ihre polyploiden Rhododendron-Hybriden zu sprechen.

Wir (SALLY und JOHN PERKINS) sind keine Genetiker, haben allerdings einen wissenschaftlichen Hintergrund, verbunden mit einer Leidenschaft für neue Erkenntnisse. Unser Ausflug in die Polyploidie begann mit einfacher Neugierde und der Bereitschaft, sich mit anderen auszutauschen, die Rhododendron-Literatur und das Internet zu durchforsten und etwas Feldforschung zu betreiben – dies führte zu mehr Erkenntnissen als wir uns jemals vorgestellt hatten. Das Einbeziehen des Fachwissens von Dr. JOÃO LOUREIRO und seinem Forschungsteam in Coimbra veränderte später die Reise. Wir haben die Fahrt fortgesetzt und die interessanten Kommentare und Schlussfolgerungen von zahlreichen Rhododendron-Züchtern und -Liebhabern sondiert. Wir hoffen, dass die Leser versuchen, die neuen polyploiden Elepidoten zu kultivieren und die Herausforderung annehmen, weitere dieser Hybriden zu züchten. Auch möchten wir das Interesse für die Geschichte ihrer Entwicklung wecken.

Wir führen eine fortlaufende Liste von Hybriden mit möglicherweise höherem Ploidiegrad, bei denen sich eine Prüfung lohnen würde, wenn wir denn eine Quelle für eine Probe finden sollten. Es handelt sich dabei um Eltern, Geschwister oder Nachkommen von bekannten poly-

ploiden Sorten, die optisch auffällig sind oder die von Rhododendron-Kennern vorgeschlagen wurden. Das Forschungsteam an der Universität von Coimbra in Portugal brauchte drei Blütenknospen pro Sorte für die Feststellung des Ploidiegrades mit Hilfe der Durchflusszytometrie.

Auf der Konferenz der American Rhododendron Society (ARS) 2011 in Vancouver stellte uns STEVE HOOTMAN vom Rhododendron Species Botanical Garden in Federal Way, Washington freundlicherweise Dr. HARTWIG SCHEPKER vor. HARTWIG ist Wissenschaftlicher Leiter des Botanischen Gartens und Rhododendron-Parks Bremen mit einer der größten Rhododendron-Sammlungen weltweit, und uns wurde sofort klar, dass er Zugang zu seltenem Material hatte: Unsere Reise in die Polyploidie würde so nicht mit vielen unbeantworteten Fragen enden. HARTWIG erkannte ebenfalls, dass es sich hierbei um den Beginn einer gegenseitig vorteilhaften Beziehung handeln könnte.

Hintergrund des Begriffs Ploidiegrad

Wenn wir von Ploidiegraden reden, meinen wir die »Größe« des pflanzlichen Erbmaterials. Bei samen tragenden Pflanzen befindet sich das genetische Material im Zellkern, verpackt in Strukturen, die man Chromosomen nennt. Es gibt zwei verschiedene Methoden, um festzustellen, wie viel genetisches Material sich in einer Zelle befindet, und daraus die Anzahl der Chromosomen in dieser Zelle abzuleiten: zählen oder wiegen.

Zählen: Der klassische Weg, um die Chromosomenzahl einer Pflanze festzustellen, ist, sie sichtbar zu machen. Die Chromosomen werden in einem

aktiv wachsenden Teil der Pflanze, zum Beispiel der Wurzelspitze, angefärbt und die Chromosomenpaare werden unter dem Mikroskop gezählt. Erfahrungsberichte zeigen, dass diese Methode (insbesondere bei Rhododendron) sehr mühsam und fehleranfällig ist, und dass sogar eifrige fortgeschrittene Studenten nur widerwillig zur Mitarbeit zu bewegen sind. Chromosomenzählungen werden oft ohne Wiederholungen und nur selten für mehrere Einzelproben durchgeführt.

Wiegen: Die Durchflusszytometrie ermöglicht es, das »Gewicht« des genetischen Materials in gesundem Pflanzengewebe (z. B. in Blatt, Blüte oder Samen) zu bestimmen. Diese Methode ist viel weniger zeitaufwendig und ihre Ergebnisse sind somit einfacher durch Wiederholungen der Tests zu bestätigen. Die Durchflusszytometrie wurde in der Humanmedizin entwickelt, um mutierte Krebszellen zu entdecken. Wenn die Zellen normal wachsen, würde ein Messwert dominieren, der der normalen Anzahl von Chromosomen entspricht. Außerdem würde es eine kleine Anzahl von Zellen mit doppeltem Chromosomengewicht geben: Die Zellen mit verdoppelten Chromosomen, die kurz vor der Zellteilung stehen. Wenn das Gewicht nach oben oder unten von diesen beiden Werten abweicht, wäre dies ein Anzeichen für eine Mutation der Menge des genetischen Materials in der Zelle (d.h. Krebs). In unserer Untersuchung wird die Durchflusszytometrie genutzt, um das normale Gewicht des genetischen Materials in verschiedenen Rhododendron-Arten und elepidoten Hybriden festzustellen.

Polyploidie: Angefangen mit 1, 2, 3, 4, 5

In den meisten Pflanzenzellen, das heißt in Blättern, Trieben, Wurzeln und einigen Teilen der Blüte, liegt jedes Chromosom in zweifacher Ausfertigung vor: Die Zellen sind **diploid**. Wir sagen »die meisten Zellen«, denn die Geschlechtszellen (unbefruchtete Eizellen und Pollenkörner) entstehen durch die Trennung der Chromosomenpaare in einem Prozess, den man Meiose nennt. Dadurch bildet sich ein Zellkern mit einfachem Chromosomensatz, das **haploide Stadium**. Und nur, um die Dinge zu verkomplizieren: »Echte Samen« bestehen neben der Eizelle aus einer diploiden Zelle des Samenträgers, die mit einem haploiden Kern des Pollenkorns verschmilzt und das Endosperm (Nährgewebe) bildet. Das Endosperm



Abb. 2: Die triploiden Sorte 'Gomer Waterer' ist Nachkomme der triploiden *Rh.* 'Pink Pearl' und Elter der triploiden Sorte *Rh.* Phyllis Korn' (Photo: S. & J. PERKINS).

besitzt somit drei Chromosomensätze – zwei vom Samenträger und einen vom Pollenspende – und ist **triploid**. Dieses triploide Material ernährt den Sämling, wenn er auskeimt.

Die meisten Rhododendron erhalten jeweils einen Satz von 13 Chromosomen, gekennzeichnet mit $1x$, vom weiblichen und männlichen Elternteil, was zwei Chromosomensätze ergibt. Die diploiden Pflanzen, die so entstehen, werden mit $2x$ gekennzeichnet ($1x + 1x = 2x = 26$ Chromosomen). Manche Rhododendron haben allerdings vier Chromosomensätze. Diese nennt man **tetraploid** und kennzeichnet sie mit $4x$ ($2x + 2x = 4x = 52$ Chromosomen). **Triploide** Rhododendron haben drei Chromosomensätze und



Abb. 4: *Rh. 'Taurus'* ('The Honorable Jean Marie de Montague' x *Rh. strigillosum*) ist eine triploide Sorte produziert durch einen unreduzierten Gameten vermutlich vom diploiden Elter (Photo: S. & J. PERKINS).

werden mit $3x$ gekennzeichnet. **Pentaploide** Rhododendron besitzen fünf Chromosomensätze ($5x$). Alle Rhododendron mit mehr als zwei Chromosomensätzen werden als **polyploide** Rhododendron bezeichnet.¹

Die elepidoten Rhododendron-Arten, die wir getestet haben, waren alle diploid, mit der bemerkenswerten Ausnahme von *Rh. decorum* ssp. *diaprepes* 'Gargantua'. Es gibt keinen Hinweis darauf, dass die Unterart *diaprepes* an sich tetraploid ist, **ausschließlich** die benannte Form 'Gargantua' (aus FORREST 11958 selektiert) wurde als tetraploid getestet. Bis heute hat sich keine elepidote Population als tetraploid erwiesen, aber das könnte sich ändern. Unsere Hoffnungen lagen zunächst auf zwei relativ neuen Wildarten mit steifen dicken Blättern, *Rh. platypodium* und *Rh. yuefengense*. Wir wurden dann aber doch enttäuscht, als sie sich im Test als typische diploide Arten erwiesen.

In sehr seltenen Fällen durchläuft eine der Elternpflanzen nicht den normalen Teilungsprozess der Meiose, sodass die Chromosomenzahl der Geschlechtszellen nicht reduziert ist. Nicht reduzierte Geschlechtszellen geben die Chromosomen der Pflanze in vollem Umfang an den befruchteten Embryo weiter. Wir sind sehr an diesen seltenen Ereignissen interessiert. Es ist auch möglich, einen höheren Ploidiegrad durch Chemikalien, die die normale Aufteilung der Chromosomen beeinflussen, künstlich zu erzeugen. So war zum Beispiel AUGIE KEHR aus North Carolina in der Lage, durch den Einsatz von Colchicin die tetraploiden Sorten *Rh. maximum* 'Summer Joy' (elepidot) und *Rh. minus* 'Epoch' (lepidot) zu

erzeugen. Die Begriffe **neotetraploid** oder **neopolyploid** beziehen sich auf neue Hybriden, egal ob künstlich oder natürlich entstanden, mit einer höheren Ploidiestufe als der diploiden.

Obwohl die meisten Rhododendron-Arten diploid sind, gibt es unter den laubabwerfenden Azaleen und lepidoten Arten doch stabile tetraploide Populationen.² Einzelne triploide Exemplare können dort auftauchen, wo diploide und tetraploide Arten gemeinsam vorkommen; es scheint sich dann um Hybriden zu handeln.³ So existieren triploide laubabwerfende Azaleen im Audra State Park in West Virginia und in der Region Wayah Bald in North Carolina.

Unsere Reise: Erkundung der Polyploidie

Im Herbst 1989 begann unser Ausflug in die Polyploidie, ohne dass es uns damals bewusst war. Wir hörten auf einem Rhododendron-Treffen zufällig einen Bericht von FRANK MOSSMAN, den er 1972 über seine Züchtungsbemühungen mit *Rh. occidentale* verfasst hatte: »Wir haben herausgefunden, dass *Rh. occidentale* sich mit vielen anderen *Rhododendron* kreuzen lässt, wenn dieser *Rh. occidentale* der Samenträger ist. Wenn *Rh. occidentale* der Pollenspender ist, werden dagegen nur wenige Samen produziert.«⁴ Wir fragten uns, warum.

Im Herbst 2011 fiel uns dann im Online-Journal der ARS ein Zitat von HAROLD GREER aus dem Jahr 1972 auf. Er schrieb zu seiner Kreuzung mit *Rh. 'Countess of Derby'*, aus der *Rh. 'Trude Webster'* entstand, Folgendes: »Wenn Sie zu denen gehören, die meinen, dass bei

*einem rosa blühenden Rhododendron nichts Herausragendes herauskommen kann, wäre ich der erste gewesen, der Ihnen zugestimmt hätte. Das war allerdings bevor ich gesehen hatte, wie sich die erste Blütenknospe am ursprünglichen Sämling von *R. 'Countess of Derby'* (geselbstet) öffnete.«⁵*

MOSSMAN und GREER waren beide auf das Wunder gestoßen, das die vielen Rätsel um die polyploiden Rhododendron-Sorten umgibt – wir waren also in guter Gesellschaft.

Seit den frühen 1990er Jahren kreuzten wir laubabwerfende Azaleen, zunächst ohne zu wissen, dass unterschiedliche Ploidiestufen beteiligt waren. Dies führte schließlich dazu, dass wir im Jahr 2010 Proben von di-



Abb. 5: *Rh. 'Beauty of Littleworth'* (*Rh. griffithianum* x *Rh. campanulatum*) ist eine triploide Sorte von 1884. Die Art *Rh. griffithianum* ist in einer Reihe von älteren Polyploidie-Züchtungsprogrammen verwendet worden (Photo: S. & J. PERKINS).



Abb. 6: *Rh.* 'Lem's Monarch' ist ein Geschwistersämling von *Rh.* 'Point Defiance' (Photo: S. & J. PERKINS).



Abb. 7: *Rh.* 'Anna Rose Whitney' ist eine triploide Sorte hervorgegangen aus einer diploiden Art (*Rh.* *griersonianum*) und einem, tetraploiden Pollenspender (*Rh.* 'Countess of Derby' (Photo: S. & J. PERKINS).

ploiden, triploiden und tetraploiden Rhododendron für die Untersuchungen an der Universität von Coimbra in Portugal sammelten. Jeder Schritt auf diesem Weg enthüllte mehr über die wunderbare Welt der Ploidiegrade in unserem Rhododendron-Garten.

Es folgt eine Zusammenfassung dessen, was wir über die elepidoten Rhododendron-Kreuzungen herausgefunden haben – häufig basierend auf den Forschungsergebnissen, Beobachtungen und Unterlagen anderer – und über die Menschen, denen wir auf unserer langsamen, aber erstaunlichen Reise begegnet sind.

Stellen Sie sich bitte Folgendes vor: Es ist 1913 und ein wundervoller Frühlingstag in England – was tun Sie also? GEORGE V. ist der erste König aus dem Hause Windsor, WOODROW WILSON absolviert seine erste Amtszeit als Präsident der Vereinigten Staaten und der Erste Weltkrieg liegt noch in der Zukunft. Es blühen gerade die beiden beliebtesten Rhododendron der Welt, *Rh.* 'Pink Pearl', eine WATERER-Züchtung von 1890, und *Rh.* 'Cynthia', eine Sorte von STANDISH & NOBLE aus dem Jahr 1850. HENRY »HARRY« WHITE, Leiter einer Baumschule in Sunningdale, England kreuzte an diesem schönen Frühlingstag *Rh.* 'Pink Pearl' mit *Rh.* 'Cynthia'. Später benennt er einen Sämling aus dieser Kreuzung *Rh.* 'Countess of Derby'.

Es ist Frühling 1961, JOHN KENNEDY ist der junge, gutaussehende Präsident der Vereinigten Staaten und Vietnam ist ein Land, das den meisten Amerikanern unbekannt ist. HAROLD GREER aus Eugene, Oregon selbstete an einem schönen Frühlingstag im Jahr 1961 *Rh.*

'Countess of Derby'. Später benennt er einen Sämling aus dieser Kreuzung *Rh.* 'Trude Webster'.

Es ist Frühling 1969, RICHARD NIXON ist Präsident der Vereinigten Staaten und Watergate ist einfach ein Bürogebäude in Washington, DC. ROBERT KORN aus Renton, Washington überträgt an einem schönen Frühlingstag im Jahr 1969 Pollen von *Rh.* 'Gomer Waterer', einer *Rh.* 'Pink Pearl'-Hybride von WATERER aus dem Jahr 1900, auf *Rh.* 'Diane'. Später tauft er einen Sämling aus dieser Kreuzung *Rh.* 'Phyllis Korn'.

Es ist Frühling 1988, GEORGE BUSH ist Vize-Präsident der Vereinigten Staaten und der Irak ist einfach ein Land irgendwo im Nahen Osten. JIM BARLUP aus Bellevue, Washington kreuzte an einem schönen Frühlingstag im Jahr 1988 *Rh.* 'Whitney's Late Peach' mit *Rh.* 'Phyllis Korn'. Später benennt er einen Sämling aus dieser Kreuzung *Rh.* 'Summer Peach'.

Es ist Frühling 2001, GEORGE BUSH ist Präsident der Vereinigten Staaten und die Zwillingsstürme des World Trade Center in New York stehen noch. JIM BARLUP aus Bellevue, Washington kreuzte an einem schönen Frühlingstag im Jahr 2001 *Rh.* 'Phyllis Korn' mit *Rh.* 'Trude Webster' und erzeugte so mehrere brauchbare Nachkommen. Er benennt einen *Rh.* 'White Ginger'. Wenn Sie selber diese Kreuzungen gemacht hätten, was hätten Sie also seit 1913 in Gang gesetzt?

Nun, Sie haben zwei fruchtbare triploide Sorten aus dem 19. Jahrhundert, *Rh.* 'Pink Pearl' und *Rh.* 'Cynthia', gekreuzt und haben die tetraploide



Abb. 8: *Rh.* 'Ebony Pearl' ist ein Sport einer triploiden Sorte (*Rh.* 'Pink Pearl'), die den Ploidiegrad behalten hat (Photo: S. & J. PERKINS).



Abb. 9: Die diploide Sorte *Rh.* 'The Honorable Jean Marie de Montague' stammt aus 1901; sie verursacht vermutlich unreduzierte Gameten (Photo: S. & J. PERKINS).

Sorte *Rh.* 'Countess of Derby' erzeugt. Dann haben Sie *Rh.* 'Countess of Derby' geselbstet und so eine weitere tetraploide Sorte, nämlich *Rh.* 'Trude Webster', produziert. Anschließend haben Sie Pollen der triploiden Sorte *Rh.* 'Gomer Waterer' auf den diploiden Samenträger *Rh.* 'Diane' übertragen und erhielten die triploide Sorte *Rh.* 'Phyllis Korn'. Als nächstes haben Sie Pollen des triploiden *Rh.* 'Phyllis Korn' genutzt, um eine diploide Sorte zu erzeugen, nämlich *Rh.* 'Summer Peach'. Außerdem haben Sie Pollen des tetraploiden *Rh.* 'Trude Webster' auf den triploiden Samenträger *Rh.* 'Phyllis Korn' übertragen und so eine Reihe pentaploider Sämlinge erzeugt, aus denen *Rh.* 'White Ginger' selektiert wurde (Abb. 3).

dass sie tatsächlich sowohl Samenträger als auch Pollenspender sein können. Darüber hinaus produzieren triploide Sorten in der Züchtung zwar meist reduzierte, manchmal aber auch einige nicht reduzierte Geschlechtszellen. Sie haben demonstriert, dass triploide Pflanzen einen Weg zur Übertragung von Genen in beide Richtungen zwischen diploiden, triploiden, tetraploiden und pentaploiden Pflanzen eröffnen. Dazu benötigten Sie Ihre Vorstellungskraft, ein paar schöne, mit dem Kreuzen von Rhododendron verbrachte Frühlingstage, einige Namens- und Adressänderungen, fast 90 Jahre und ein junges Forschungsteam an der Universität von Coimbra, um Ihre Ergebnisse zu bestätigen – alles in allem keine schlechte Arbeit!

Dadurch haben Sie mit dem Mythos aufgeräumt, dass triploide Pflanzen immer steril seien, und haben gezeigt,

Rh. 'Pink Pearl', eine triploide Sorte, gewann den ersten Award of Merit im Jahr 1997 und gilt immer noch

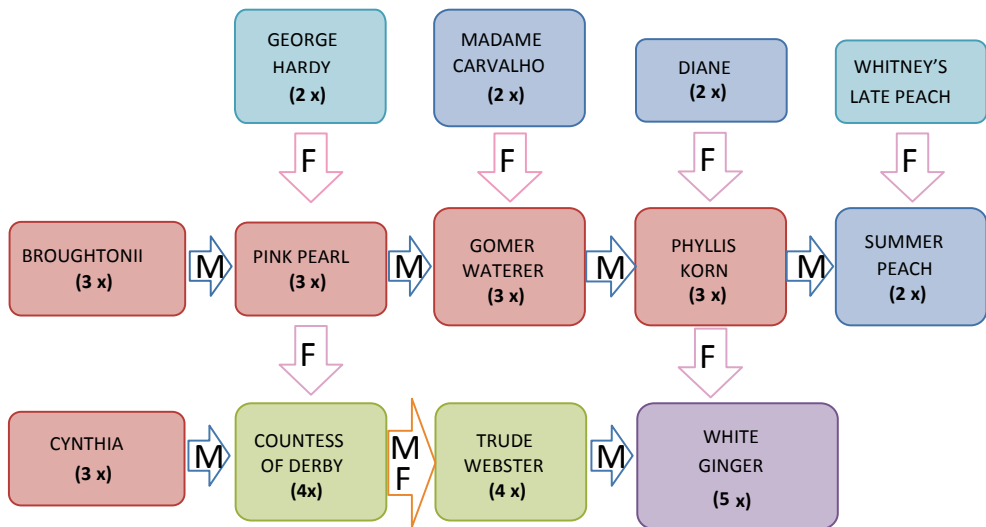


Abb. 3: Züchtung polyploder elepidoter Hybriden über mehrere Generationen: Triploide Pflanzen können fruchtbar sein und einen idirektionalen Pfad zwischen den Plodiegraden eröffnen

als gartenwürdige Pflanze: Sie wurde »Rhododendron des Jahres 2006“ des Southwestern Chapter der ARS. Ein großes Exemplar der Sorte *Rh.* 'Cynthia', 1858 entstanden und ebenfalls triploid, war im Jahr 1950 die erste Rhododendron-Hybride, die im Crystal Springs Rhododendron Garden des Portland Chapters gepflanzt wurde. *Rh.* 'Trude Webster', eine tetraploide Sorte, erhielt im Jahr 1971 den ersten Superior Plant Award der ARS und ist immer noch auf den Listen für Proven Performers (»bewährte Vertreter«) an der Westküste verzeichnet. *Rh.* 'Broughtonii', eine tetraploide Sorte von 1840, wird laut DON BURKE aus Australien immer noch als eine der besten Sorten für warmes Wetter angesehen.

Historische Belege zeigen, dass um das Jahr 1910 die triploiden *Rh.* 'Betty Wormald', *Rh.* 'Beauty of Littleworth', *Rh.* 'Broughtonii', *Rh.* 'Cynthia', *Rh.* 'Gomer Waterer' und *Rh.* 'Pink Pearl' auf den meisten Listen der besten elepidoten Rhododendron auftauchten. GEORGE GRACES Liste von 1958 führt alle diese Sorten bis auf eine auf und enthält außerdem die tetraploiden *Rh.* 'Countess of Derby' und *Rh.* 'Marinus Koster'. Im Jahr 2008 nahm das Siuslaw Chapter der ARS die triploiden Sorten *Rh.* 'Cynthia', *Rh.* 'Dame Nellie Melba', *Rh.* 'Grace Seabrook' und *Rh.* 'Taurus' sowie die tetraploiden *Rh.* 'Grand Slam', *Rh.* 'Lem's Monarch', *Rh.* 'Horizon Monarch', *Rh.* 'Point Defiance' und *Rh.* 'Very Berry' in ihre Liste auf.

Zu den oben erwähnten »Besten“ gesellten sich bis zum Jahr 2011 Auszeichnungen wie Rhododendron des Jahres, Proven Performers, Awards of Garden Merit und Best in Show für die triplo-

iden *Rh.* 'Anita Gehrich', *Rh.* 'Anna Rose Whitney', *Rh.* 'Cotton Candy', *Rh.* 'Ebony Pearl', *Rh.* 'Gartendirektor Rieger', *Rh.* 'Hallelujah', *Rh.* 'Markeeta's Prize', *Rh.* 'Platinum Pearl', *Rh.* 'Solidarity' und *Rh.* 'Super Dog' sowie für die tetraploiden *Rh.* 'Gentle Giant' und *Rh.* 'Trude Webster'.

Folgenden Züchter haben mit polyploiden elepidoten Hybriden gearbeitet oder solche erzeugt: BARLUP, BLAAUW, BONES, BOULTER, BOVEES, BRACK, BRIGGS, BROCKENBROUGH, BROUGHTON, BRUNS, COLOMBEL, CROUX et FILS, DE LA SABLIERE, DRAKE, ELLIOTT, ENDTZ, EVANS, FAREWELL, FELIX & DIJKHUIS, FENNICHIA, FUJIOKA, GILL, GRALL, GREER, GEHRICH, HACHMANN, HALL, HARTMAN, HEINJE, HENNY & WENNEKAMP, HOBBIE, HORLICK, HORSLEY, JOHNSON, KAVKA, KEHR, KORN, KOSTER, LARSON, LAXDALL, LEM LODER, LOFTHOUSE, MANGLES, MARKEETA, MCCULLOUGH, MOYNIER, MOSSMAN, MURCOTT, NAYLOR, O'ROURKE, OSTLER,



Abb. 10: *Rh.* 'Margaret Abbot' ist eine aus einer diploiden (*Rh.* *prinophyllum*) und einer tetraploiden Art (*Rh.* *calendulaceum*) hervorgegangen tetraploide laubabwerfende Azalee (Photo: S. & J. PERKINS).

Tabelle 1: Der Ploidiegrad benannter elepidoter Rhododendron-Hybriden, mit Hilfe der Durchflusszytometrie festgestellt von Dr. JOÃO LOUREIRO, Dr. SILVIA CASTRO, JOSÉ CERCA OLIVEIRA und MARIANA CASTRO, Plant Ecology and Evolution Group, Centre for Functional Ecology, Department of Life Sciences, Faculty of Science and Technology, University of Coimbra, Portugal (wenn nicht anders angegeben).

Zusammenfassung der Ploidiegrade	
<p>• 2x diploide Hybriden (insgesamt 89) (22 mit polyploidem Elter) 1000 Butterflies Adriaan Koster Alice Anna (LEM, 1952) U Bethany Jade Betty Hume Bibiani Bruns Sirius (BRUNS 1955) P Cheyenne * Colonel Coen Countess of Athlone Dagmar (PRUHONICE 1965) P Diane Doctor H.C. Dresselhuy Doctor V.H. Rutgers Don Juan Donald Waterer (WATERER 1916) P Double Besse Duke Of York Elegans Everlasting * Fantastica * Furnivall's Daughter George Hardy (MANGLES 1884) U Gillii Gill's Triumph Goldflimmer * Goldsworth Orange # Gotham Rheingold Graf Zeppelin (VAN NES, 1934) P Gunborg (SAGEMÜLLER 1964) P Heinje's Venezia (SAGEMÜLLER 1964) P Horizon Lakeside Hotei Hurricane (WHITNEY, 1960) P Irmelies (HACHMANN 1962) P S Isabel Pierce Isadora (SAGEMÜLLER 1962) P Janet Blair * J.G. Millais (WATERER, 1915) P Jingle Bells # Kathe Heinje (HEINJE 1964) P Kathy Van Veen Kupferberg # Lady Bligh Lady de Rothchild Lady Eleanor Cathcart Lady Longman (WHITE 1929) P</p>	<p>Lem's Cameo Loderi Venus Loder's White Madame Carvalho Maxicat * <i>maximum</i> Kalamity <i>maximum</i> Red Max Mindy's Love Mother of Pearl (sport, 1925) P Mrs A. T. De la Mare Mrs E C Stirling (WATERER 1906) P Mrs Lindsay Smith Mrs. Furnival Nancy Evans Naselle Norman Gill Nova Zembla * Olin O. Dobbs Orange Leopard (BRACK, 1988) P S Peach Charm Peach Recital (BARLUP, 1996) P Phipp's Yellow Pink Prelude Polar Bear * Professor J.H. Zaaier (ENDTZ 1958) P Puget Sound * Red Olympia Rendezvous (HACHMANN, 1968) P S Scandinavia (KOSTER 1950) P Shoreham Sir Robert Peel Stony Brook (BRACK, 1988) P S Summer Peach (BARLUP, 1988) P Summer Wind (BARLUP, 1996) P The Honourable Jean Marie de Montague (VAN NES, 1901) U Voluptuous Vulcan * Vulcan's Flame * Wanna Bee White Pearl syn. Halopeanum Wild Affair</p> <p>• 3x triploide Hybriden (insgesamt 51) Anita Gehnrich (GEHNRICH) UM Anna Rose Whitney (VAN VEEN, 1954) F NM Annie E. Endtz (ENDTZ 1939) DM August Lamken (HOBBIÉ, 1942) Beauty of Littleworth (MANGLES, 1884) Betty Wormald (KOSTER, 1907) F</p>

Broughtonii (BROUGHTON, 1840) F
 Caruso (HACHMANN 1990) NM
 Charis (HACHMANN 1990) NM
 Cotton Candy (HENNY AND WENNEKAMP, 1958) F UM
 Cynthia (STANDISH AND NOBLE, 1856) F
 Dame Nellie Melba (LODER, 1926)
 Denali (ELLIOTT 1987) NM
 Django (HACHMANN 1985)
 Ebony Pearl (sport, 1966)
 El Camino (WHITNEY, 1976) NM
 Frentano (HACHMANN 1989) NM
 Gartendirektor Rieger (HOBBIE, 1947)
 Gomer Waterer (WATERER, 1900) F DM
 Grace Seabrook (SEABROOK, 1965) UM
 Halfdan Lem (LEM 1967) UM
 Hallelujah (GREER, 1958)
 Hank's Folly (SCHANNEN) NM
 Hollandia (ENDTZ 1938) DM
 Johnny Bender (SEABROOK 1960) F UM
 Julia Caroline (BROCKENBROUGH, 1990) NM
 Lady of Spain (LOFHOUSE, 1966) NM
 Lucky Strike (VAN VEEN, 1958) NM
 Lydia (GREER, 1963) F NM
 Markeeta's Flame (MARKEETA, 1960) UM
 Markeeta's Prize (MARKEETA, 1970) UM
 Newcomb's Sweetheart (NEWCOMB 1968) NM
 Opal Thornton (THORNTON) NM
 Pearce's American Beauty (PEARCE, 1930) F
 Phyllis Korn (KORN, 1969) F DM
 Pink Pearl (WATERER, 1892) F DM
 Platinum Pearl (GREER, 1983) F NM
 Queen Mary (FELIX AND DIJKHUIS 1950) DM
 Romilda (HACHMANN 1990) NM
 Rothenburg (VON MARTIN, 1944)
 Rwain (COLOMBEL, 1993) F NM
 Solidarity (SCHANNEN, 1969) F UM
 Souvenir de Doctor S. Endtz (ENDTZ 1924) DM
 Steredenn (COLOMBEL) NM
 Sugar Pink (GREER, 1960) NM
 Super Dog (BONES) NM
 Taurus (MOSSMAN, 1962) F UM

Topsvoort Pearl (sport, 1935)
 Val d'Aulnay (CROUX AND FILS, 1984) F
 Van (VAN VEEN, 1930) NM
 Viscy (HOBBIE 1950) UM

• **4x tetraploide Hybriden (insgesamt 31)**

Antoon van Welie (ENDTZ, 1930) 3X2
 Aristide Briand (ENDTZ 1950) 3XQ
 Brigg's Red Star (BRIGGS) T
 Cherry Cheesecake (BRIGGS) T *
 Countess of Derby (WHITE, 1913) 3X3
diaprepes Gargantua (STEVENSON, 1923)
 Doctor A. Blok (ENDTZ 1937) 3XQ
 Doctor Arnold W. Endtz (ENDTZ 1927) 3XQ
 Doreen Gale (SANDERS) 4X4
 Friesland (ENDTZ 1958) 3XQ
 Gentle Giant (SANDERS, 1992) 4X3
 Germania (HOBBIE 1956) 4X2
 Gorgeous George (SANDERS) 4X4
 Grand Slam (GREER, 1982) 4X3
 Horizon Jubilee (BROCKENBROUGH) *
 Horizon Monarch (BROCKENBROUGH, 1981) 2X4
 Jan Dekens (ENDTZ 1940) 3XQ
 Le Fouesnantais (COLOMBEL, 1997) 4XQ
 Legend (BARLUP) 4X4
 Lem's Monarch syn. Pink Walloper (LEM, 1965) 2X4
 L'Engin (DE LA SABLIERE) 4X2
 Marinus Koster (KOSTER, 1937)
 Pink Goliath (VAN NES 1958) 7XQ
 Point Defiance (LEM, 1970) 2X4
 Professor Hugo de Vries (ENDTZ 1958) 3X2
 Reverend Paul (SUMNER 1975) 4X4
 Summer Joy (KEHR) T
 Super Nova (BRIGGS) T *
 Trude Webster (GREER, 1960) 4x4
 Very Berry (GREER, 1988) 4X2
 XXL (ID'FLOR)

• **5x pentaploide Hybriden (insgesamt 2)**

Haithabu (HACHMANN 1991) 4XQ
 White Ginger (BARLUP 2001) 4X3

Legende

F – fruchtbare triploide Hybride
 T – chemisch induzierte tetraploide Hybride
 P – diploide Hybride mit polyplodem Vorfahren
 S – diploide Hybride mit einem tetraploiden Elter
 U – diploide Hybride mit der Tendenz, nicht reduzierte Geschlechtszellen zu bilden
 DM – triploide Hybride mit einem triploiden Elter
 NM – triploide Hybride mit einem tetraploiden Elter
 UM – triploide Hybride mit zwei diploiden Eltern
 2X4 oder 4X2 – triploide Hybride mit einem diploiden und einem tetraploiden Elter
 3X2 – tetraploide Hybride mit einem triploiden und einem diploiden Elter
 3X3 – tetraploide Hybride mit zwei triploiden Eltern
 3XQ – tetraploide Hybride mit mindestens einem triploiden Elter
 4X4 – tetraploide Hybride mit zwei tetraploiden Eltern
 4X3 – tetraploide oder pentaploide Hybride mit einem tetraploiden und einem triploiden Elter
 4XQ – tetraploide oder pentaploide Hybride mit einem tetraploiden Elter

PATTERSON, PEARCE, PERKINS, PRUHNICE, RABIDEAU, RAGANS, REUTHE, SAGEMÜLLER, SANDERS, SCHANNEN, SEABROOK, SHAPIRO SMITH, STANDISH & NOBLE, STEAD, STEVENSON, STOCKMAN, SUMNER, THACKER, THORNTON, VAN NES, VAN VEEN, VINSON, VON MARTIN, WALDMAN, WALTON, WATERER, WHITE, WHITNEY, WILSON, WINBERG & SMITH und WOODWARD.

Bemerkenswert ist, dass fast ebenso viele Züchter mit bestätigten elepidoten polyploiden Hybriden gearbeitet haben, wie es bestätigte polyploide Hybriden gibt. Darüber hinaus sind einige dieser Züchter auf dieser Liste sogar insbesondere für die polyploiden Sorten bekannt, die sie erzeugt haben. Häufig sind polyploide elepidote Sorten nach Ehefrauen, Müttern, Großeltern und Königinnen benannt worden.

Zufällig entdeckte MOSSMAN bei der Arbeit mit der diploiden laubabwerfenden Azalee *Rh. occidentale*, was BARLUP später im Zusammenhang mit elepidoten Hybriden herausfand: Es ist wesentlich wahrscheinlicher, dass diploide Pflanzen Pollen von tetraploiden Pflanzen akzeptieren als umgekehrt. Auch wir konnten dies bei unseren Kreuzungen feststellen und haben dieses Thema an anderer Stelle ausführlicher abgehandelt.⁶ Die Züchtung mit polyploiden elepidoten Rhododendron ist wegen der geringen Keimfähigkeit der Samen und der schwachen Lebensfähigkeit der daraus entstehenden Sämlinge keine einfache Aufgabe. Dies erklärt, warum bis heute nur so wenige polyploide Sorten entstanden sind, obwohl so viele Züchter versucht haben, sie als Eltern zu nutzen.

JIM BARLUP berichtete Folgendes über die Nutzung polyploider elepidoter Sorten als Eltern: »*Ich setze die Prüfung des Pollens und der Pflanzen, bei denen ich Zweifel habe, über drei oder vier Jahre fort, um ihre Fruchtbarkeit oder Sterilität festzustellen. Wenn man eine diploide Pflanze mit tetraploidem Pollen kreuzt, kann man Samenkapseln erzeugen. Die Keimung ist aber sehr schwierig. 3 % Keimung bei 'Point Defiance'. Man erhält sowohl diploide als auch tetraploide Nachkommen.*«⁷

RON NAYLOR schrieb über seine beste Sorte, *Rh. 'Francis Augustus Storey'*, aus einer Kreuzung mit dem tetraploiden *Rh. 'Point Defiance'*: »*Francis Augustus Storey' – Beste von vier Pflanzen aus einer Aussaat mit schwacher Keimung. Ein Keimling starb im Jahr 2000 ab, ein weiterer 2001.*«⁸

DICK MURCOTT schrieb Folgendes über die Pflanze, die er 'TT116' nennt: »*TT116 – [(The Honorable Jean Marie de Montague' x Rh. yakushimanum) x 'Grand Slam'].* Nur ein einziger Same dieser Kreuzung keimte. Wirkt tetraploid. Rosa. Sieht aus wie 'Trude Webster', ist aber definitiv ein Sämling.«⁹

BARLUP, MURCOTT und NAYLOR stießen auf das Wunder und die gleichzeitige Verwirrung, die polyploide Rhododendron auslösen. Wir haben in Bezug auf laubabwerfende Azaleen herausgefunden, dass Saat aus einer Kreuzung tetraploid x tetraploid in der Regel hohe Keimraten zeigt, dass die Keimfähigkeit von Saat aus einer Kreuzung diploid x tetraploid dagegen sehr variabel, häufig sogar schlecht ist. Mehr zu FRANK ABBOTS Arbeit mit laubabwerfenden Azaleen unterschiedlicher Ploidiegrade findet sich in »Frank

Abbott's Village of Azaleas«¹⁰ oder »'Margaret Abbott' is a Tetraploid«.¹¹

Vermutete Ploidiegrade

Obwohl wir in Tabelle 2 eine Liste vermutlich polyploider Sorten zusammengestellt haben, glauben wir, dass gut 25 % sich als *nicht* polyploid erweisen würden. *Rh.* 'Fragrant Sensation', *Rh.* 'Grab Ya', *Rh.* 'Pride of Roseburg' und *Rh.* 'Sheer Enjoyment', deren Eltern jeweils beide tetraploid sind, sind fast sicher polyploid. Wir haben die Sorten mit einem Sternchen* markiert, von denen wir annehmen, dass sie am wahrscheinlichsten (fast sicher) polyploid sind.

Die meisten Sorten auf dieser Liste haben wenigstens einen polyploiden Elter, haben polyploide Geschwister oder sind ihrerseits Eltern polyploider Nachkommen. Allerdings ist sowohl von triploiden als auch von tetraploiden Hybriden bekannt, dass sie mit einem diploiden Kreuzungspartner diploide Nachkommen produzieren können. Viele Hybriden auf unserer Verdachtsliste haben einen Elter, der wahrscheinlich diploid ist. Mit anderen Worten: Eine diploide Sorte kann polyploide Eltern oder Geschwister haben. Außerdem können auch zwei diploide Eltern polyploide Nachkommen hervorbringen, sodass alleine das Auftreten eines polyploiden Nachkommen nicht garantiert, dass auch einer der Eltern polyploid ist.

Im letzten Jahr wurden bei der Untersuchung von 48 Proben (die meisten davon wurden uns über die Deutsche Genbank Rhododendron mit Hilfe von ODO TSCHETSCH und HARTWIG SCHEPKER zur Verfügung gestellt) 24 polyploide

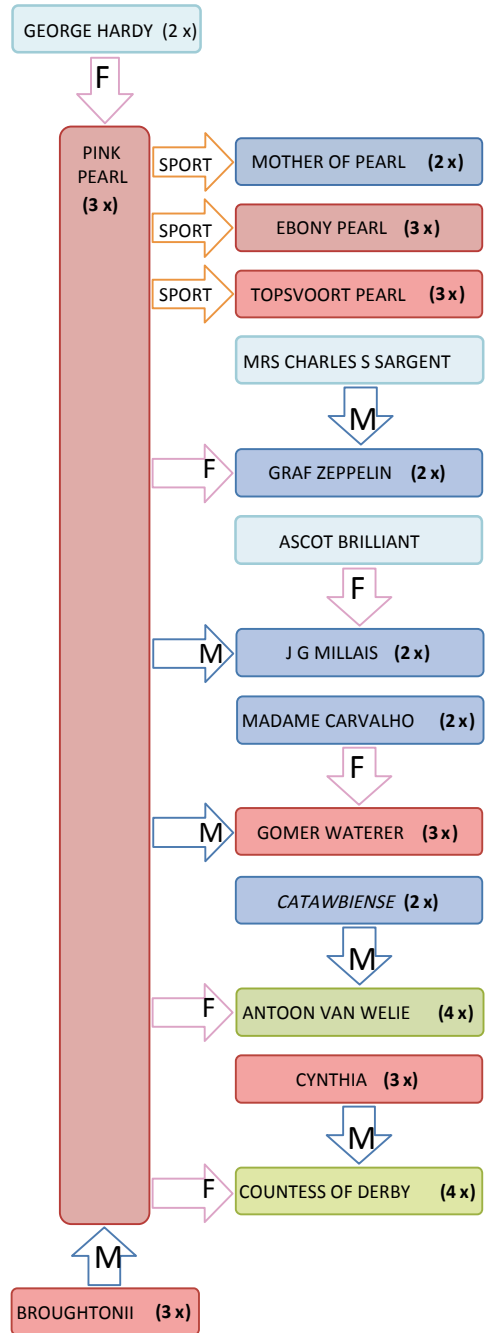


Abb. 12: Nachkommen triploider Sorten: *Rhododendron* 'Pink Pearl'

Hybriden bestätigt. Wir sind also ziemlich zuversichtlich, dass unsere Liste der erwiesenermaßen und vermutlich polyploiden Sorten mehr als 90 % der polyploiden elepidoten Hybriden enthält, die vor dem Jahr 2000 benannt wurden.

Kurz zusammengefasst: Es gibt keine Faustregel, um die Ploidiestufe der Nachkommen vorherzusagen, wenn der Ploidiegrad der Kreuzungspartner unterschiedlich oder einer der Eltern triploid oder pentaploid ist. Diploid x diploid wird meist (aber nicht immer) diploide Nachkommen hervorbringen, tetraploid x tetraploid meist (aber nicht immer) tetraploide Nachkommen. Werden allerdings diploid x tetraploid und tetraploid x diploid gekreuzt – was normalerweise zu triploiden Nachkommen führt – erhält



Abb. 11: *Rh.* 'Point Defiance' ist eine tetraploide Sorte produziert aus unreduzierten Gameten der diploiden Sorten *Rh.* 'Anna' und einem tetraploiden Pollenspender (*Rh.* 'Marius Koster') (Photo: S. & J. PERKINS).

man bei der Arbeit mit elepidoten Hybriden häufig eine Kombination diploider, triploider und tetraploider Sämlinge.

Triploide Sorten, fruchtbare Triploide und triploide Abkömmlinge triploider Hybriden

Es wird normalerweise angenommen, dass triploide Hybriden auf zwei Arten entstehen können: Bei der Kreuzung zweier diploider Pflanzen kann einer der Partner zwei statt nur einen Chromosomensatz beitragen, was zu Nachkommen mit drei Chromosomensätzen führt. Dies nennt man den **Mechanismus der nichtreduzierten Meiose** für die Entstehung triploider Hybriden.

Die Untersuchungen des Ploidiegrades deuten an, dass triploide Sorten wie *Rh.* 'Anita Gehrich', *Rh.* 'Grace Seabrook', *Rh.* 'Markeeta's Flame', *Rh.* 'Markeeta's Prize', *Rh.* 'Solaridity' und *Rh.* 'Taurus' wahrscheinlich auf diese Art entstanden sind.

Andererseits kann bei der Kreuzung einer diploiden und einer tetraploiden Sorte der diploide Partner einen und der tetraploide Partner zwei Chromosomensätze beisteuern, sodass Nachkommen mit drei Chromosomensätzen entstehen. Dies wird als **Interploidie-Mechanismus mit normaler Meiose** bezeichnet. Untersuchungen weisen darauf hin, dass Sorten wie *Rh.* 'Anna Rose Whitney', *Rh.* 'Cotton Candy', *Rh.* 'El Camino', *Rh.* 'Hank's Folly', *Rh.* 'Julia Caroline', *Rh.* 'Lady of Spain', *Rh.* 'Lucky Strike', *Rh.* 'Lydia', *Rh.* 'Opal Thornton', *Rh.* 'Platinum Pearl', *Rh.* 'Rwain', *Rh.* 'Steredenn', *Rh.* 'Sugar Pink', *Rh.* 'Super Dog' und

Tabelle 2: Vermutlich polyploide benannte, elepidote Sorten (bisher noch nicht überprüft)

Aggie	Gwen Bell	Patricia Jacobs *
Aibette	Hachmann's Anastasia	Peggy Bannier
Alibaby	Hachmann's Kristina	Pink Petticoats
Arden Primrose	Heat Wave	President Kennedy
Ariel Sherman	Helen Druecker	Pride of Roseburg *
Arnold Piper *	Horizon Serenity *	Princess Debiann
Arthur Ostler	Ilam Apricot	Qualicum's Pride
Babar	Inheritance	Record
Bellevue	Isobel Baillie	Red Walloper *
Bernard Crisp	Janet Ward	Rhododendron niveum
Bernard Shaw	Jean Lennon	Robert Korn
Boskoop Concorde	Jean Marie Variegated	Rotha
Canadian Beauty *	Jeanne Yvonne	Seraphine
Cara Meg	Jenice Coffey	Shalom
Castanets	Julie Titcomb	Shari Laurel
Courtenay Duke	Justa Pink	Sheer Enjoyment *
Diane Marie	Kareness	Sierra Sunrise
Diane Titcomb	Kathy Ann Pieries	Sigrid
Direktor Siebert	Kay Too	Standishii
Doris Nolan	KSW	The Duchess*
Double Drake	Leonardslee Giles	Titness Belle
Edward Cornelius	Lilian	TT 116
Elizabeth Titcomb	Lou-John Gem	Twins Candy
Ester Grace	Madah Jean	Virgo *
Eureka Maid	Margaret Mack	Vonnie Stockman
Fiona Wilson	Marion	Walküre
Forever Violet	Mary-Ed	Walloper *
Fragrant Sensation *	Maureen Ostler	Whidbey Island
Francis Augustus Storey *	Melville	White Swan
Garnet	Miss Kitty	William Avery *
Gill's Gloriosa	Mistake	
Goliath	Nicandra Newman	
Grab Ya *	Orrie Dillie	

* Fast sicher polyploid

Rh. 'Van' sehr wahrscheinlich auf diese Weise entstanden sind.

Nachkommen sind für folgende triploide Sorten verzeichnet: *Rh.* 'Anna Rose Whitney', *Rh.* 'Betty Wormald', *Rh.* 'Broughtonii', *Rh.* 'Cotton Candy', *Rh.* 'Cynthia', *Rh.* 'Gomer Waterer', *Rh.* 'Lydia', *Rh.* 'Pearce's American Beauty', *Rh.* 'Phyllis Korn', *Rh.* 'Pink Pearl', *Rh.* 'Platinum Pearl', *Rh.* 'Rwain', *Rh.* 'Solidarity', *Rh.* 'Taurus' und *Rh.* 'Val d'Aulnay' (s. Abb. 1). Die gängige Meinung, dass triploide Pflanzen sowohl als Samenträger als auch als Pollenspender steril seien, wird durch diese Ergebnisse in Frage gestellt. Tri-

ploide Sorten wie *Rh.* 'Pink Pearl', *Rh.* 'Phyllis Korn', *Rh.* 'Rwain' und *Rh.* 'Taurus' scheinen in beiden Funktionen teilweise fruchtbar zu sein. Tatsächlich können triploide Sorten triploide Nachkommen haben. Nach den Abstammungslisten repräsentieren *Rh.* 'Broughtonii', *Rh.* 'Pink Pearl', *Rh.* 'Gomer Waterer' und *Rh.* 'Phyllis Korn' vier aufeinanderfolgende triploide Generationen (s. Abb. 1). Der Ploidiegrad von drei Sports des triploiden *Rh.* 'Pink Pearl' wurde geprüft: *Rh.* 'Ebony Pearl' und *Rh.* 'Topsvoort Pearl' erwiesen sich als triploid, während *Rh.* 'Mother of Pearl' erstaunlicherweise diploid ist (s. Abb. 2).

Diploide Sorten können die Nachfahren triploider Sorten sein. Für diploide Hybriden wie *Rh.* 'Graf Zeppelin', *Rh.* 'Hurricane', *Rh.* 'J.G. Millais' und *Rh.* 'Summer Peach' wurde jeweils ein triploider Elter nachgewiesen. Im Fall von *Rh.* 'Graf Zeppelin' ist *Rh.* 'Pink Pearl' als triploider Samenträger verzeichnet. Obwohl *Rh.* 'Graf Zeppelin' diploid ist, zeigt die Sorte Eigenschaften, die man häufig mit polyploiden Sorten verbindet.

Auch tetraploide Sorten können die Nachfahren triploider Sorten sein: Die tetraploide Hybride *Rh.* 'Countess of Derby' hat zwei triploide Eltern, nämlich *Rh.* 'Pink Pearl' und *Rh.* 'Cynthia'. Tetraploide Sorten wie *Rh.* 'Antoon van Welie', *Rh.* 'Gentle Giant' und *Rh.* 'Grand Slam' haben einen triploiden Elter. Im Fall von *Rh.* 'Antoon van Welie' war wieder *Rh.* 'Pink Pearl' der



Abb. 13: *Rh.* 'Pearce's American Beauty' ist ein Beispiel für eine sehr winterharte triploide Sorte; unklar ist die Quelle für den höheren Ploidiegrad (Photo: S. & J. PERKINS).

triploide Samenträger (s. Abb. 2 und 3).

MARC COLOMBEL stellte uns einige seiner vermutlich polyploiden Sämlinge für die Untersuchungen zur Verfügung. Bemerkenswert ist, dass vier Sämlinge aus der Kreuzung 'Rwain' x 'L'Engin' sich als tetraploid erwiesen. *Rh.* 'Rwain', der Samenträger, ist triploid, der Pollenspender *Rh.* 'L'Engin' tetraploid. Drei Sämlinge aus 'Horizon Monarch' x 'Rwain' sind ebenfalls tetraploid und einer triploid. *R.* 'Horizon Monarch' ist tetraploid.

Abbildung 2 zeigt, dass ein triploider Elter wie *Rh.* 'Pink Pearl' Nachkommen erzeugen kann, die diploid, triploid oder tetraploid sind. Abbildung 1 zeigt, dass pentaploide Sorten wie *Rh.* 'White Ginger' ebenfalls von triploiden Sorten abstammen können.

In den 1930ern zeigte C. D. DARLINGTON, dass triploide Pflanzen fruchtbar sein können. Darüber hinaus konnte er einen dritten Mechanismus für die Entstehung triploider Hybriden nachweisen: DARLINGTON zeigte, dass sich die Chromosomensätze in triploiden Zellen während der Meiose ungleichmäßig aufteilen können und eine glockenförmige Verteilungskurve bilden. Das bedeutet, dass die Chromosomensätze der meisten Geschlechtszellen sich um den Mittelwert 1,5x bewegen und jeweils wenige Zellen einfache und doppelte Chromosomensätze besitzen. So kann in manchen Fällen ein triploider Kreuzungspartner wie ein diploider Elter *einen* Chromosomensatz beitragen, in anderen Fällen wie ein tetraploider Elter *zwei* Chromosomensätze.

Die Ergebnisse unserer Untersuchun-

gen, in Verbindung mit der Dokumentation der Abstammung, weisen stark darauf hin, dass dieser dritte **Mechanismus der distributiven Meiose** bei fruchtbaren triploiden elepidoten Rhododendron auftritt. HANS EIBERG hat in kontrollierten Laborversuchen an Rhododendron nachgewiesen, dass triploider Pollen manchmal ebenso entwicklungsfähig wie jeder diploide Pollen ist.

Tetraploide und diploide Hybriden als Nachkommen tetraploider Sorten

Tetraploide Sorten wie *Rh.* 'Doreen Gale', *Rh.* 'Gorgeous George' und *Rh.* 'Legend' entstanden durch den normalen Mechanismus der Meiose bei zwei tetraploiden Eltern. Tetraploide Sorten wie *Rh.* 'Horizon Monarch', *Rh.* 'Lem's Monarch', *Rh.* 'L'Engin', *Rh.* 'Point Defiance' und *Rh.* 'Very Berry' könnten durch nichtreduzierte Meiose bei dem diploiden Elter erzeugt worden sein, während der andere Elter tetraploid ist.

JUSTIN RAMSEYS Arbeit mit neu erzeugten **neotetraploiden** Hybriden lässt vermuten, dass diese eine irreguläre Meiose durchlaufen. RAMSEY nimmt an, dass ein neotetraploider Kreuzungspartner in manchen Fällen nur einen Chromosomensatz an die Abkömmlinge weitergibt. Für die Zwecke dieses Artikels bezeichnen wir dies als den **Mechanismus der superreduzierten Meiose**. Diploide Sorten wie *Rh.* 'Rendezvous', *Rh.* 'Irmelies', *Rh.* 'Orange Leopard' und *Rh.* 'Stony Brook' könnten so entstanden sein. Für *Rh.* 'Rendezvous' ist der tetraploide Samenträger *Rh.* 'Marinus Koster' dokumentiert.

Bemerkenswert ist, dass ein 'Horizon Monarch'-Keimling aus offen abgeblühter Saat diploid ist. Die 'Horizon Monarch'-Pflanze, von der dieser spezielle diploide Sämling abstammt, wurde als tetraploid getestet. Andere Jungpflanzen aus derselben Samenkapsel sind tetraploid. *Rh.* 'Pink Goliath' ist tetraploid (4x) und ist das Ergebnis von ['Antoon van Welie' (4x) x 'Professor J. H. Zaaiker' (2x)] x 'Annie E. Endtz' (3x), wobei alle Kreuzungspartner 'Pink Pearl' (3x) unter ihren Vorfahren haben.

Die pentaploiden *Rh.* 'Haithabu' und *Rh.* 'White Ginger' haben einen tetraploiden Elter. Unsere Ergebnisse weisen darauf hin, dass tetraploide Pflanzen diploide, triploide, tetraploide und pentaploide Nachkommen haben können.



Abb. 14: *Rh.* 'Horizon Monarch' ist eine tetraploide Sorte entstanden aus einer diploiden Sorte (*Rh.* 'Nancy Evans') und einem tetraploiden Pollenspender (*Rh.* 'Point Defiance') (Photo: S. & J. PERKINS).

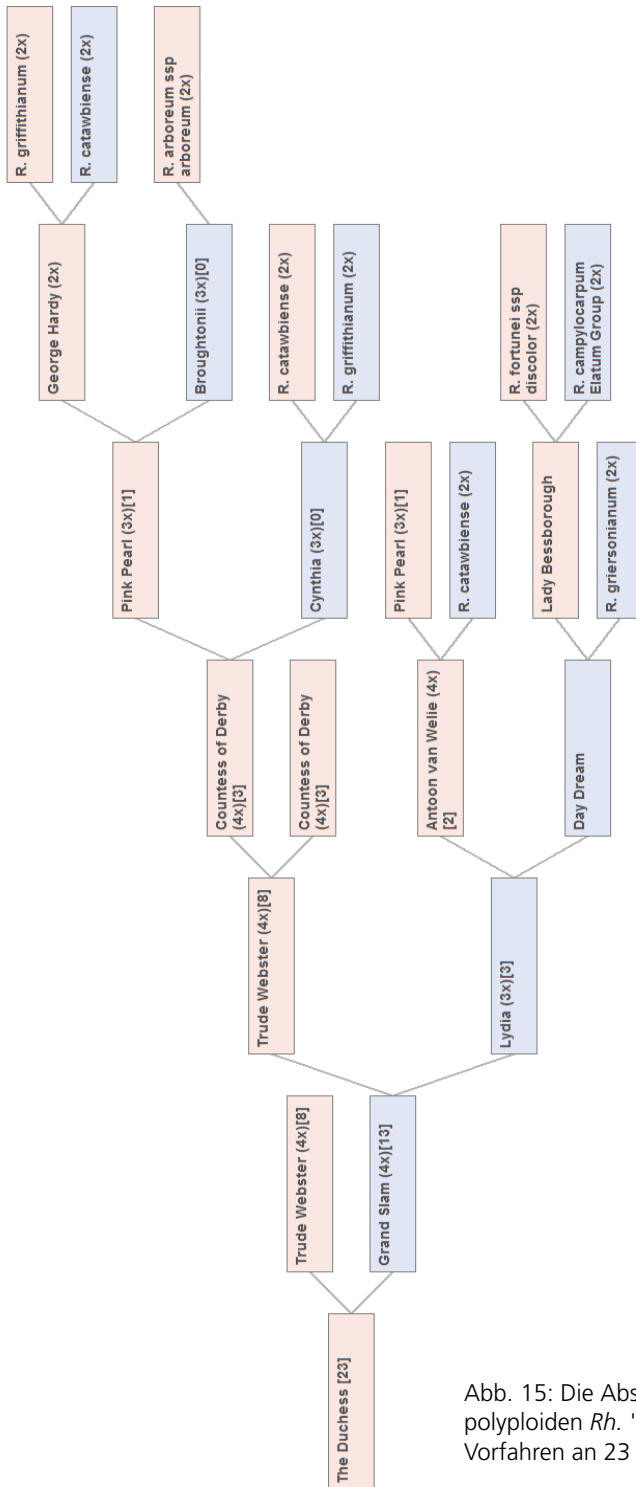


Abb. 15: Die Abstammung des vermutlich polyploiden *Rh.* 'The Duchess' mit polyploiden Vorfahren an 23 Positionen im Stammbaum.

Normale, nichtreduzierte, superreduzierte und distributive Meiose in Zahlen

Ein diploides Rhododendron hat 26 Chromosomen. Bei diploiden Rhododendron als Kreuzungspartner wird diese Anzahl während der Meiose normalerweise halbiert und 13 Chromosomen werden an die Nachkommen weitergegeben. Ein tetraploides Rhododendron hat 52 Chromosomen, normalerweise werden 26 Chromosomen an die Nachkommen weitergegeben. Ein triploider Rhododendron hat 39 Chromosomen. Die Hälfte von 39 liegt zwischen 19 und 20. DARLINGTON konnte zeigen, dass sich die Chromosomen in den meisten Fällen 19:20 aufteilen, dass aber auch – mit abnehmender Häufigkeit – Aufteilungen von 18:21, 17:22, 16:23, 15:24, 14:25 und 13:26 vorkommen. Die Aufteilung 13:26 wäre damit die seltenste und die Verteilung der Chromosomenzahl würde eine glockenförmige Kurve zwischen 13 und 26 bilden.

Grundsätzlich gilt für Rhododendron also Folgendes:

- diploid x diploid erzeugt in der Regel diploide Nachkommen ($13 + 13 = 26$).
- tetraploid x tetraploid erzeugt in der Regel tetraploide Nachkommen ($26 + 26 = 52$).
- diploid x tetraploid erzeugt in der Regel triploide Nachkommen ($13 + 26 = 39$).
- diploid x nichtreduziert diploid kann in manchen Fällen triploide Nachkommen erzeugen ($13 + 26 = 39$).
- nichtreduziert diploid x tetraploid kann in manchen Fällen tetraploide Nachkommen erzeugen ($26 + 26 = 52$).
- diploid x superreduziert tetraploid kann in manchen Fällen diploide Nachkommen erzeugen ($13 + 13 = 26$).

- diploid x triploid kann in manchen Fällen diploide ($13 + 13 = 26$), in anderen Fällen triploide Nachkommen erzeugen ($13 + 26 = 39$).
- triploid x tetraploid kann in manchen Fällen triploide ($13 + 26 = 39$) in anderen Fällen tetraploide Nachkommen erzeugen ($26 + 26 = 52$).

Als Anmerkung: Andere Forscher haben festgestellt, dass die Nachkommen triploider Pflanzen häufig **aneuploid** sind. Ein aneuploides Rhododendron hätte eine Chromosomenzahl etwas über oder unter 26 ($2x$), 39 ($3x$), 52 ($4x$), 65 ($5x$) oder anderen Vielfachen von 13 ($x = 13$). Die instabile Meiose triploider und neotetraploider Pflanzen bedeutet mit einiger Wahrscheinlichkeit, dass einige der oben als diploid, triploid oder tetraploid gelisteten Rhododendron nicht genau, sondern nur ungefähr 26, 39 oder 52 Chromosomen haben. Die Durchflusszytometrie, bei der Chromosomensätze gewogen und nicht die Anzahl der Chromosomen gezählt wird, ist nicht gut dafür geeignet, euploide Pflanzen mit einer normalen Anzahl von Chromosomen von aneuploiden zu unterscheiden.

Zusammenfassung

Benannte polyploide elepidote Rhododendron-Hybriden spielen seit über 150 Jahren eine wichtige Rolle in den Gärten. Die positiven äußerlichen Merkmale der polyploiden Rhododendron haben sich seit den ersten Kreuzungen durch BROUGHTON, STANDISH & NOBLE UND WATERER als besonders wünschenswert erwiesen.

Der Ploidiegrad von mehr als 170 benannten Rhododendron-Sorten ist oben aufgelistet.

Obwohl bisher alle elepidoten Rho-

dodendron-Arten als diploid getestet wurden, haben sich über 80 elepidote Hybriden als polyploid erwiesen.

89 Proben waren diploid, 51 triploid, 31 tetraploid. 2 erwiesen sich als pentaploid. 22 der untersuchten diploiden Sorten haben einen polyploiden Elter. Für 4 der diploiden Sorten wird ein tetraploider Elter aufgeführt.

Triploide Pflanzen können sowohl als Samenträger als auch als Pollenspende fruchtbar sein. Sie können diploide, triploide, tetraploide und pentaploide Nachkommen erzeugen.

Tetraploide Pflanzen können ebenfalls diploide, triploide, tetraploide und pentaploide Nachkommen erzeugen. Die Mechanismen der normalen, distributiven, nichtreduzierten und superreduzierten Meiose werden diskutiert. Alle Ergebnisse zum Ploidiegrad

basieren auf durchflusszytometrischen Untersuchungen.

Diese Untersuchung erfolgte auf der Grundlage folgender Arbeiten:

JIM BARLUP: *Hybridization of Rhododendron Elepidote Polyploids*. <http://www.rhododendron.fr/articles/article35c.pdf>

JOHN und SALLY PERKINS: *Rules of Engagement: Have Pollen - Will Travel*. <http://rosebayblog.blogspot.com/2009/12/rules-of-engagement.html>

JEFF R. JONES, THOMAS G. RANNEY, NATHAN P. LYNCH und STEPHEN L. KREBS: *Ploidy Levels and Relative Genome Sizes of Diverse Species, Hybrids, and Cultivars of Rhododendron*. <http://www.holdenarb.org/education/documents/Jonesetal2007.pdf>



Abb. 16: *Rh.* 'Anita Gehrlich' ist eine triploide Sorte vermutlich produziert durch unreduzierten Gameten der diploiden Elternsorte 'The Honorable Jean Marie de Montague' (Photo: S. & J. PERKINS).

TOM ECKHAUT: *Ploidy Breeding and Interspecific Hybridization in Spathiphyllum and Woody Ornamentals*. http://lib.ugent.be/fulltxt/RUG01/000/788/476/RUG01-000788476_2010_0001_AC.pdf
W. C. F. NEWTON und C. D. DARLINGTON: *Meiosis in Polyploids Part I. Triploid and Pentaploid Tulips*. <http://www.springerlink.com/content/d017424p788221l3/>

JUSTIN RAMSEY und DOUGLAS W. SCHEMSKE: *Neopolyploidy in Flowering Plants*. http://www.botany.wisc.edu/courses/botany_940/07Polyploidy/papers/RamseySchemske02.pdf

Einträge für jede getestete Probe sind im Rosebay Blog verfügbar. Die Einträge wurden so gruppiert und markiert, dass zusammengehörende Einträge leicht gefunden werden. Entdecken Sie hier die wunderbare Welt der Ploidiegrade im Rhododendron-Garten: [http://rosebayblog.blogspot.com/search/label/U of Coimbra/](http://rosebayblog.blogspot.com/search/label/U%20of%20Coimbra/)

Danksagung:

Die folgenden Personen und Organisationen stellten Proben für diese Untersuchung zur Verfügung – ohne diese großzügigen Beiträge von Zeit und Material hätte diese Arbeit keine Fortschritte gemacht: JOHN ABBOTT, VIVIAN ABNEY (East Fork Nursery), JANE ADAMS (White Cloud Nursery), CHARLES ANDREWS, ARNOLD ARBORETUM (Living Collection), AUDRA STATE PARK (Natural Collection), BARTLETT ARBORETUM (Living Collection), JIM BARLUP, NORMAN BEAUDRY (ARS Saatguttausch), JANE BROOKS, JOE BRUSO, WERNER BRACK, NED BROCKENBROUGH, CANOBIE LAKE (Natural Collection), DICK CAVENDER, CLARICE CLARK (Western North American Rhododendron Species Project), CONNECTICUT COLLEGE ARBORETUM (Living

Collection), MARC COLOMBEL, ALFRED COOK, MIKE CREEL, BRUCE CLYBURN, HANS EIBERG, AL FITZBURG, ROBERT FOX, HAROLD GREER (Greer Gardens), GEORGE HIBBEN, HIGHSTEAD ARBORETUM (Living Collectio), STEVE HOOTMAN (Rhododendron Species Botanical Garden), DON HYATT, J. JACKSON (Appalachian Native Plants), LINDY JOHNSON (Azalea Society of America, Saatguttausch), RICHARD JAYNES (Broken Arrow Nursery), DOUG JOLLEY, FRED KNIPPEL, JOHNNY LARSEN, LONGWOOD GARDENS (Living Collection), ROBERT MACINTYRE, RON MILLER, DICK MURCOTT, MICHAEL MEDEIROS (Planeview Nursery), WAYNE MEZITT (Weston Nurseries), GEORGE NEWMAN, PETER NORRIS, JOHN und SALLY PERKINS, RON RABIDEAU (RareFind Nursery), ELLIE SATHER (Whitney Gardens), HARTWIG SCHEPKER (Rhododendron-Park Bremen), STODDARD BOG (Natural Collection), KRISTIAN THEQVIST, PATRICK THOMPSON (Donald E Davis Arboretum), JOHN THORNTON, ODO TSCHETSCH (Deutsche Genbank Rhododendron), HENDRIK VAN OOSTAND (Azaleatuin), KATHY VAN VEEN (Van Veen Nursery).

Teile dieser Untersuchung wurden finanziert durch:

Arnold Arboretum of Harvard University, Deland Award; American Rhododendron Society Massachusetts Chapter, Research Grant; American Rhododendron Society, Research Grant; Azalea Society of America, Research Grant.

Quellen:

1 THOMAS G. RANNEY & JEFF R. JONES - Mills River, North Carolina. Understanding Polyploidy: Insights Into the Evolution and Breeding of Azaleas. http://www.ces.ncsu.edu/fletcher/staff/tranney/understanding_polyplo

idy2008.pdf

2 *Rhododendron colemanii*: A New Species of Deciduous Azalea (*Rhododendron* section *Pentanthera*; Ericaceae) from the Coastal Plain of Alabama and Georgia.

<http://www.ces.ncsu.edu/fletcher/mcilib/publications/zhou-et-al-2008.pdf>

3 Audra State Park: A Ploidy Haven. <http://rosebayblog.blogspot.com/2010/09/audra-state-park-ploidy-haven.html>

4 FRANK MOSSMAN, Vancouver, Wash. With Camera, White Umbrella, and Tin Pants. In *Rh. occidentale* Heartland. <http://scholar.lib.vt.edu/ejournals/JARS/v26n4/v26n4-mossman.htm>

5 HAROLD GREER, Eugene, Oregon. *Rh.* 'Trude Webster'. <http://scholar.lib.vt.edu/ejournals/JARS/v26n2/v26n2-greer.htm>

6 JOHN und SALLY PERKINS, Salem, NH. Rules of Engagement: Have Pollen - Will Travel. <http://rosebayblog.blogspot.com/2009/12/rules-of-engagement.html>

7 JIM BARLUP. L'hybridation de rhododendrons élépidote polyploides. <http://www.rhododendron.fr/articles/article35c.pdf>

8 RON NAYLOR. Rhododendrons. <http://219.88.101.105/e16.html>

9 RICH MURCOTT. Selected Rhodo Seedlings. <http://www.murcottgarden.com/select-seedlings>

10 JOHN und SALLY PERKINS, Salem, NH. Frank Abbott's Village of Azaleas. <http://rosebayblog.blogspot.com/2009/09/abbott-azaleas.html>

11 JOHN und SALLY PERKINS, Salem, NH. 'Margaret Abbott' is a Tetraploid. <http://rosebayblog.blogspot.com/2011/06/margaret-abbott-is-tetraploid.html>

12 'Pink Pearl' is a Fertile Triploid. <http://>

rosebayblog.blogspot.com/2010/10/pink-pearl-is-fertile-triploid.html

Anschrift der Verfasser:

SALLY und JOHN PERKINS

Salem

New Hampshire, USA

e-Mail: john.a.perkins@gmail.com

MARIANA CASTRO, JOSÉ CERCA DE OLIVEIRA, Dr. SÍLVIA CASTRO, Dr. JOÃO LOUREIRO

Department of Life Sciences

Faculty for Sciences and Technology

Universität von Coimbra

Anmerkung der Redaktion:

SALLY und JOHN PERKINS erklärten sich freundlicherweise bereit, ihren Artikel «Weighing in: Discovering the ploidy of hybrid elepidote rhododendrons», den sie zusammen mit ihren portugiesischen Ko-Autoren im Jahrbuch 2012 der Rhododendron, Magnolia and Camellia Group der Royal Horticultural Society, S. 34-48, veröffentlicht haben, zu überarbeiten, nachdem die Ergebnisse der in 2012 vorgenommenen Untersuchungen an über 40 weiteren, von der Deutsche Genbank Rhododendron und deren Koordinator Odo TSCHETSCH zur Verfügung gestellten Rhododendron-Hybriden, bekannt wurden. Die Resultate und deren Bedeutung für die Sortenwahl in mitteleuropäischen Rhododendron-Gärten angesichts schwieriger werdender klimatischer Bedingungen mögen unseren Züchtern ein Anreiz für zukünftige Kreuzungsarbeiten sein. Pam Hayward, der Editorin des Jahrbuchs, danken wir erneut für ihre Zustimmung, den Ursprungsartikel in jetzt aktualisierter Form abzdrukken.

Übersetzung:

Dr. ANNELIE DAU, BREMEN