

# Albiflora - stranger than paradise



- Einführung
- Taxonomie
- Genetik
- Pigmente
- Sichtweise der  
Insekten

[www.albiflora.eu](http://www.albiflora.eu)

## - Einführung

Warum können wir in der Natur Orchideen ein und derselben Art mit unterschiedlichen Farben finden? Die Antwort hängt vom genetischen Bauplan der jeweiligen Art ab.

1. Einige Orchideen haben ein genetisches Modell, das Blüten in verschiedenen Farben ermöglicht. So hat zum Beispiel *Dactylorhiza sambucina* meistens gelbe Blüten, aber es gibt auch oft Pflanzen mit roten Blüten. Gelb blühende Pflanzen bringen gelb blühende Nachkommen hervor und umgekehrt. Aber bei Kreuzungen zwischen beiden sind auch Zwischenfarben entstanden <sup>1</sup>. Dieses Nebeneinander von zwei Farben scheint ein besonderes Kennzeichen von *Dactylorhiza sambucina* zu sein.

2. Die Farbvariation ist nur eine von mehreren Möglichkeiten für Variationen von Orchideen derselben Art. Orchideenarten mit einer großen Bandbreite an morphologischen Variationen unterscheiden sich oft auch in der Blütenfarbe, wie es bei *Anacamptis morio* der Fall ist.



3. Jenseits dieses breiten Spektrums von Variationen zeigen einige Orchideen auch individuelle genetische Merkmale, die zu weißen Blüten führen. Diese Formen werden im allgemeinen als genetische Abweichungen verstanden, als Abwesenheit derjenigen Pigmente, welche die Farbe einer Blüte bestimmen. Die damit verbundenen Begriffe lauten Hypochromie (als Gegenbegriff zur Hyperthermie, die eine exzessive Pigmentierung, also eine besonders intensive Färbung, bezeichnet) oder Albiflora-Formen. Als „alba“ oder „albiflora“ bezeichnete Formen haben Blüten, denen jede farbige Pigmentierung fehlt und die rein weiß sind <sup>2</sup>. Die Bildung roter Blütenfarbstoffe kann bei einzelnen Individuen gelegentlich gehemmt oder völlig blockiert sein, so dass bei Arten, die nur rote Blütenfarbstoffe besitzen, dann blassrote bis weiße Farbformen entstehen <sup>3</sup>. Ein Beispiel ist die weiße Variante von *Anacamptis pyramidalis*.



4. Manche bezeichnen bereits diese individuelle genetische Besonderheit als Albinismus: In diesem Verständnis wird eine Pflanze mit Blüten ohne rote Pigmente als Albino bezeichnet - die Blüten können, grün, gelb oder weiß sein, oder eine Kombination von allen drei Farben. Aber in einem strikten botanischen Sinn ist ein Albino eine Pflanze, der Chlorophyll fehlt: Daher ist Albinismus die völlige Abwesenheit von grünem Pigment, das normalerweise vorhanden wäre. Da die meisten hier vorgestellten Orchideen grüne Blätter haben, handelt es sich also nicht um Albinos, sondern um Albiflora-Formen. Manchmal herrscht die weiße Farbe nur in einem Teil der Blüte vor. In anderen Fällen ist die ganze Blüte reinweiß, einschließlich der Pollinien.

Nur wenn die ganze Pflanze völlig weiß ist, einschließlich der Blätter, kann man von einem Albino sprechen. Dies ist etwa beschrieben worden für *Epipactis helleborine* oder für *Malaxis bayardii* im US-Staat Massachusetts, benannt als *Malaxis bayardii* forma *kelloggiae* <sup>4</sup>.

Sowohl Albinismus als auch Albiflora-Formen werden genetisch rezessiv vererbt - ein Abkömmling kann die weißen Blüten behalten, kann aber auch Blüten in der üblichen Farbe der Art entwickeln. Bei einigen Arten sind die weiß blühenden Formen relativ häufig und bilden stabile Bestände aus. Bei tropischen Orchideen haben Albino-Formen ihren eigenen floristischen Wert und werden daher entsprechend gezüchtet. Dieses Interesse hat schon früh Forschungsarbeiten angeregt, die zu interessanten Ergebnissen geführt haben. So war es zum Beispiel möglich, durch das Kreuzen von zwei Albino-Orchideen eine farbige Orchidee zu erzeugen.

Begriffe wie „Abweichung“, „Anomalie“ oder „Mangel“ beziehen sich auf eine bestimmte Norm oder einen Standard und definieren die weiß blühende Orchidee nur aufgrund des negativen Sachverhalts, nicht dieser Norm zu entsprechen. Diese Begrifflichkeit mit ihren abwertenden Assoziationen soll hier nicht weitergeführt werden. Statt dessen werden weiß blühende Orchideen einer farbig blühenden Art als Besonderheit betrachtet, mit der die Natur einen neuen Weg einschlägt. Das Ergebnis wird man erst in einigen Millionen Jahren kennen.



## - Taxonomie

Wenn sich der genetische Bauplan einer Art so ändert, dass eine Pflanze weiße Blüten entwickelt, stellt dies keine hinreichende Bedingung dar, um daraus eine neue Art abzuleiten. Selbst die Einstufung als Unterart (Subspezies) ist kaum angemessen. Bereits 1905 hat ein Orchideenfürer in den USA festgestellt: Bei nahezu jeder Art gibt es Albino-Launen (englisch: „albino freaks“), und das allein würde nicht ausreichen, zwei sich sonst sehr ähnlich sehende Pflanzen in zwei Arten aufzuteilen<sup>5</sup>. In taxonomischer Hinsicht, als bei der wissenschaftlichen Benennung einer Art, ist die Blütenfarbe irrelevant. Dies hat auch historische Gründe: Zu den Anforderungen für die wissenschaftlich korrekte Beschreibung einer Art gehörte auch ein Herbarbeleg, also die gepressten und getrockneten Pflanzenteile. In einem Herbarium bleibt die Farbe der Blüten aber nicht erhalten.



Die weiß blühenden Pflanzen einer Art mit einer ansonsten anderen Blütenfarbe werden als Varietät oder Form charakterisiert, kenntlich gemacht mit dem Zusatz „var.“ oder „f.“, z.B. in „var. albiflora“. Das Verfahren zur Beschreibung einer solchen Varietät oder Form ist das gleiche wie bei der Beschreibung einer neuen Art. Nur die Taxa, bei deren Beschreibung alle Anforderungen erfüllt sind, gelten als wissenschaftlich gültig. Dazu gehört auch eine Beschreibung auf Latein. Hier als Beispiel die Beschreibung von *Orchis quadripunctata* var. *albiflora*, eingetragen von Chryssoula und Antoine Alibertis in *L'Orchidophile* 87/1989, S.112:

Planta 10 cm alta. Folia lanceolata maculata. Bracteae valde parvae, minutulae. Inflorescentia relative densa, flores 10-14. Sepala 6 mm. Petala 4 mm. Labellum 7 mm, trilobum, album. Lobi laterales multo majores quam lobus medius, qui incisuram gerit. Calcar multum tenne (11 mm), 4 maculas ad basim labelli gerens. Terra typica: Graecia, insula Creta. Antiskari 250 m. Holotypus: 23-02-86 in herb. Ch. et Ant. Alibertis N°51 bis.

Da es in vielen Fällen keine solche offizielle Bezeichnung gibt, werden die weißen Formen einer Art in der Literatur oft mit Anführungszeichen bezeichnet: *Anacamptis morio* „albiflora“.

Bezeichnungen für weiß blühende Formen, Albino-Pflanzen oder albino-ähnliche Pflanzen:







albiflorum/albiflora - weiß blühend  
album/alba - weiß  
alboflavum/alboflava - gelbweiß  
alboviride - grünlich weiß  
candidum/candida - rein weiß  
flavescens - gelblich  
virescens - grünlich  
pallidum/pallida - blass  
immaculatum/immaculata - ungefleckt

## - Genetik

Der erste Botaniker, von dem bekannt ist, dass er zwei verschiedene Pflanzenarten gekreuzt hat, war der britische Gärtner Thomas Fairchild (1667-1729). Er kreuzte zwei Nelkenarten, indem er den Pollen von *Dianthus barbatus* auf den Stempel von *Dianthus caryophyllus* brachte, um so eine Hybridpflanze zu erzeugen. Fairchild wurde damals sehr kritisiert, man warf ihm vor, Gottes Schöpfung zu manipulieren. Aber das Interesse an neuen Arten von gärtnerisch reizvollen Blütenpflanzen war größer.

Lange Zeit wurde angenommen, dass das Kreuzen von Pflanzen mit verschiedenen Blütenfarben so funktioniert wie die Mischpalette eines Künstlers. Ein Hybrid aus einer rot und einer weiß blühenden Pflanze müsste somit rosa blühen. 1866 wies der Augustiner-Mönch Gregor Johann Mendel nach, dass dies falsch ist. Mendel (1822-1884) entdeckte das Konzept der rezessiven Allelen, eine der Erkenntnisse, die später als Mendel'sche Vererbungsgesetze bezeichnet wurden. Eine genetische Allele (oder DNA-Sequenz) ist rezessiv, wenn das Individuum einer bestimmten Art zwei Kopien des zuständigen Gens benötigt, um ein bestimmtes genetisches Merkmal zum Ausdruck zu bringen. Wenn das Individuum nur eine Kopie mitbekommen hat, von der männlichen oder weiblichen Seite, bleibt dieses Merkmal verborgen - im Unterschied zu einer dominanten Allele.

Mendel studierte die Blütenfarbe von Erbsen und fand heraus, dass Purpur die dominante Allele ist und dass Weiß rezessiv ist. Individuen mit zwei Purpur-Allelen (BB) haben eine purpurne Blütenfarbe - ebenso wie Pflanzen mit einer purpurnen und einer weißen Allele (Bb). Nur Erbsen, bei denen beide Allelen weiß sind (bb) entwickeln weiße Blüten.

		 pollen ♂	
		<b>B</b>	<b>b</b>
 pistil ♀	<b>B</b>	 <b>BB</b>	 <b>Bb</b>
	<b>b</b>	 <b>Bb</b>	 <b>bb</b>

In Anlehnung an den lange vergessenen Mendel war Charles Chamberlain Hurst (1870-1947) der erste, der Albinismus bei Orchideen untersuchte. Er entdeckte, dass tatsächlich zwei Gene für die Ausbildung einer bestimmten Blütenfarbe verantwortlich sind: „Factor C ermöglicht die Bildung des Farbstoffs, während der andere Faktor, R, bestimmt, welche besondere Farbe erscheint.“ (6) Jedes dieser Gene gibt es auch in einer inaktiven Form, c and r. Farbige blühende Pflanzen haben ein oder zwei aktive Allelen geerbt: CC und RR, Cc und RR, Cc und Rr oder CC und Rr. Albinos haben entweder die Kombination cc oder rr. C und R sind die dominanten Allelen, die die besonderen Enzyme bestimmen, die zur Produktion von Farbpigmenten erforderlich sind - unter ihnen die Anthocyane, die für die Blütenfarbe besonders wichtig sind.

Seitdem gab es sehr viel genauere Forschungen zu den genetischen Prozessen, welche die Blütenfarbe bestimmen. „Es sind mindestens 35 Gene bekannt, welche bei der Blütenfarbe von Petunien eine Rolle spielen“<sup>7</sup>. Unter ihnen sind auch Regulierungsgene, welche den Zeitpunkt, die Verteilung und die Menge der Anthocyanin-Pigmentierung beeinflussen).

Ein einzelnes Gen, also eine bestimmte Region des Chromosoms, enthält die Kodierung für die Herstellung von Enzymen, welche für die Biosynthese von Pigmenten, für ihren „biochemischen Pfad“, erforderlich sind. Die genetische Blaupause, bezeichnet als Genotyp, bestimmt so den Phänotyp, die visuellen Merkmale einer Blüte.

Forscher erzeugen transgene Pflanzen, um für die Pigmenterzeugung relevante Gene einzuführen, die natürlich nicht vorhanden sind. So gibt es etwa transgene Petunien mit Genen fremder Arten, welche die Produktion von Pelargonidin ermöglichen, einem Anthocyanin mit einer tiefroten Färbung. Es gibt zwei verschiedene Wege für eine solche gentechnische Veränderung mit dem Ziel, „die Blütenfarbe zu verändern: (1) die Einführung von Genen, welche auf neue Enzym-Aktivitäten kodiert sind, und (2) die Inaktivierung von endogenen Genen“<sup>8</sup>. Dies geschieht etwa durch das Verfahren der RNA-Interferenz (RNAi), bei dem gezielt einzelne Gene ausgeschaltet werden, so dass deren spezifische Eiweiß-Botenzstoffe nicht mehr erzeugt werden.

Im Fall unserer Albiflora-Orchideen geht die Natur den zweiten Weg: Die Biosynthese der Blütenfarben-Pigmente ist blockiert. Da an diesem komplexen Prozess so viele verschiedene Gene beteiligt sind, gibt es auch verschiedene genetische Möglichkeiten, wie dieser Prozess blockiert oder reduziert wird.

## - Pigmente: Biochemische Bestandteile der Blütenfarbe

Es gibt vier Gruppen von Pigmenten, die der Pflanze nicht nur verschiedene Farben bereitstellen, sondern auch unterschiedliche Funktionen für die Pflanzenbiologie erfüllen:

**1) Chlorophyll:** Dieses grüne Pigment ist die entscheidende Voraussetzung für die Photosynthese, die Licht und Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) in Glucose und Sauerstoff (O<sub>2</sub>) umwandelt. Chlorophyll nutzt die blauen und roten Bereiche der Wellenlänge des Lichts, kann die grünen Bereiche aber schlechter verwerten: Rotes und blaues Licht wird absorbiert, grünes Licht wird reflektiert. Daher sind diejenigen Teile der Pflanze, die Chlorophyll enthalten, grün. Chemisch bestehen die Pigmentmoleküle aus einem Magnesium-Kern mit vier umgebenden Stickstoff-Atomen sowie fünf bis sechs Teilen Sauerstoff, 28 bis 72 Teilen Wasserstoff und 35 bis 55 Teilen Kohlenstoff. Sie sind nicht wasserlöslich, sondern fettlöslich und kommen in der Zelle in den Chloroplasten vor. Der Name kommt aus dem Griechischen: χλωρός (chloros ist „grün“) und φύλλον (phyllon ist das „Blatt“).

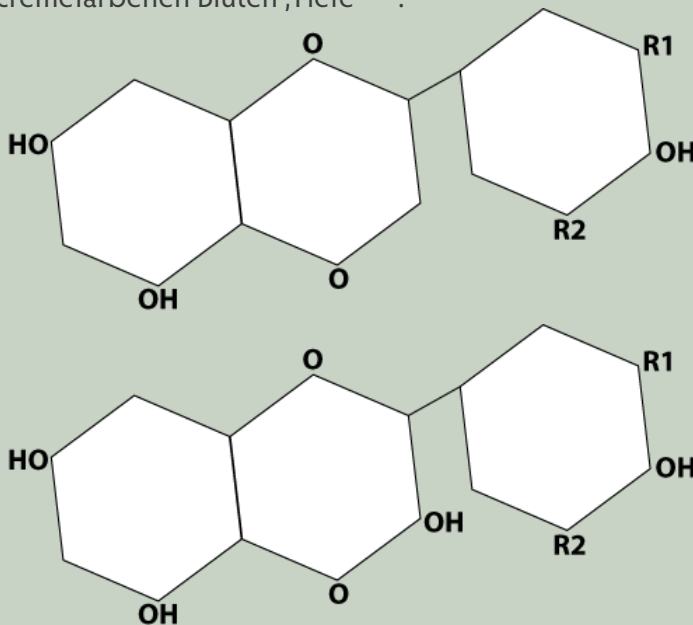
**2) Flavonoide:** Diese wasserlöslichen Pigmente haben als Ausgangsstoff die Aminosäure Phenylalanin, die in höheren Konzentrationen etwa in der Muttermilch von Säugetieren zu finden ist. Es gibt verschiedene Gruppen von Flavonoiden.

**2 a) Anthocyanine:** Diese Pigmente stellen ein breites Farbspektrum bereit von orange/rot bis violett/blau. Die genaue Farbe wird mitbeeinflusst von anderen Pigmenten, Metall-Ionen und dem pH-Wert (das ändert sich von rot in einer saurehaltigen Umgebung zu blau in basenreicher Umgebung) (9). Anthocyanine kommen besonders in den Blütenblättern vor - sie fehlen bei allen Albiflora-Varietäten von Orchideen. Die von den Anthocyaninen bereitgestellte Farbe hat mehrere biologische Funktionen. Die Pigmentbereiche reflektieren Licht zu Chlorophyll-haltigen Teilen der Pflanze, um so die Produktion von Glucose zu erhöhen. Darüberhinaus schützen die Anthocyanine die sensiblen Teile der Pflanze vor möglicherweise schädlicher Lichtstrahlung, indem sie blau-grünes Licht und die UV-Strahlung absorbieren.

Schließlich lockt die Blütenfarbe bestäubende Insekten an. Es gibt wahrscheinlich mehr als 550 verschiedene Anthocyanine. Dazu gehören die ziegelroten Pelargonidin-, die roten Cyanidin- (Abbildung) und die blauen Delphinidin-Pigmente.

In einem komplexen Prozess der Biosynthese werden mehr als fünf Enzyme benötigt, um die wasserlöslichen Anthocyanine in den Vakuolen der Zelle zu produzieren. „Jede, auch die kleinste Störung im Mechanismus eines dieser Enzyme durch genetische Faktoren oder Umweltbedingungen kann die Produktion von Anthocyaninen stoppen.“<sup>10</sup> Der Name kommt aus dem griechischen ἀνθός (anthos ist die „Blüte“) und κυανός (kyanos bedeutet „blau“).

**2 b) Flavone und Flavonole.** Diese Flavonoide werden als Ko-Pigmente bezeichnet, weil sie für das menschliche Auge farblos sind, aber die Farbe von Anthocyaninen beeinflussen können. Der Unterschied zwischen beiden besteht darin, dass Flavonole eine zusätzliche Wasserstoff-Sauerstoff-Verbindung in ihrer Molekularstruktur haben. „Da sie UV-Licht absorbieren, das von Insekten erkannt wird, geben sie den Blüten Farbe und Muster, um Insekten anzulocken“<sup>11</sup>. Flavone und Flavonole sind meist in weißen Blütenblättern enthalten. Es gibt bei Pflanzen keine weißen Pigmente, aber weiße Blüten reflektieren das gesamte sichtbare Licht und erscheinen daher weiß. „Farblose Flavonoide geben weißen oder cremefarbenen Blüten ‚Tiefe‘“<sup>12</sup>.



**Flavone:** Die Molekularstruktur der Flavonoide beruht auf Sauerstoff und Wasserstoff-Sauerstoff-Verbindungen. Je nach den Gruppen R1 und R2 gibt es drei wichtige Flavone: Apigenin (R1 and R2: H), Tricetin (R1 and R2: OH) und Luteolin (R1: OH, R2: H)

**Flavonole:** Die Molekularstruktur der Flavonoide beruht auf Sauerstoff und Wasserstoff-Sauerstoff-Verbindungen. Je nach den Gruppen R1 und R2 gibt es drei wichtige Flavonole: Kaempferol (R1 and R2: H), Myricetin (R1 and R2: OH) und Quercetin (R1: OH, R2: H)

**3) Carotenoide:** Diese Pigmente, die zur Gruppe der Terpenoide gehören, decken Wellenlängen von Gelb bis Rot ab. Zusammen mit bestimmten roten oder violetten Anthocyaninen ermöglichen sie braune oder bronzefarbene Farbtöne<sup>13</sup>. Carotenoide können in allen Teilen einer Pflanze vorkommen, sind aber oft von Chlorophyll verdeckt. Wie die Chlorophylle sind sie fettlöslich, ihre Behälter werden als Chromoplasten bezeichnet. Ähnlich wie die Anthocyanine unterstützen die Carotenoide die Photosynthese und dienen als Schutzschirm gegen schädliche Lichtwellen. Es gibt mehr als 600 Carotenoide, deren chemische Struktur ziemlich komplex ist. Der Zerfall bestimmter Carotenoide hat auch eine wichtige Rolle bei der Produktion von Blütenduftstoffen. Der Name kommt aus dem griechischen κάρωτον (karoton) wie aus dem lateinischen carota, beides bezeichnet die Karotte.

**4) Betalaine:** Es gibt zwei verschiedene Gruppen, Die Betacyanine mit Pigmentfarben von Rot bis Violett und die Betaxanthine, die Farben von Gelb bis Orange ermöglichen. Diese Pigmente sind ähnlich wie die Anthocyanine aufgebaut, da sie wie diese wasserlösliche Komponenten in den Vakuolen sind. Sie enthalten aber anders als diese Stickstoff. Betalaine kommen nur in wenigen Pflanzenfamilien vor, Orchideen gehören nicht dazu. Betalaine und Anthocyanine schließen sich gegenseitig aus<sup>14</sup>. Der Name ist abgeleitet von der Roten Beete (Beta vulgaris) mit ihren tiefrot gefärbten Wurzeln.

## - Wie Insekten Farben sehen

Während das menschliche Auge aus einer einzigen Linse besteht, sehen Insekten ihre Umgebung mit einem Facettenauge, das aus mehreren tausend Ommatidien (Einzelaugen) besteht. Jedes einzelne hat einen eigenen Satz von Photorezeptoren, um visuelle Signale aufzunehmen: Bei Bienen sind das vermutlich sechs Grün-Rezeptoren, die für die Erkennung von Bewegungen zuständig sind, sowie ein oder zwei Rezeptoren für UV-Strahlung und Blau<sup>15</sup>. Andere Insekten wie die Schwalbenschwanzart *Papilio glaucus* haben hingegen auch Rezeptoren für Rot, wie das Farbsehvermögen von Schmetterlingen wohl generell größer ist als das der Bienen<sup>16</sup>. Die Auflösung des Facettenauges ist etwa 100 Mal schlechter als die des menschlichen Auges. Bienen sind ziemlich kurzsichtig: Eine Blüte muss eine riesige Größe von 26 Zentimetern haben, um aus einer Entfernung von einem Meter erkannt zu werden; um eine Blüte mit einem Durchmesser von einem Zentimeter zu sehen, muss eine Biene die



Distanz auf 11,5 Zentimeter verkürzen<sup>17</sup>. Viel besser als das Sehvermögen ist die Fähigkeit von Insekten, Gerüche wahrzunehmen, da Bienen in ihren Fühlern mindestens 130 Rezeptoren dafür haben.

Es wäre daher eine sinnvolle Strategie der Evolution, riesige Blüten zu entwickeln, um Befruchter anzulocken. Aber „größere Blüten sind in der Entwicklung mit höherem Energieaufwand verbunden“, und „die Blütengröße wird von einer komplexen Abfolge von Interaktionen zwischen Genen und Prozessen eingeeignet, die die Organentwicklung regeln“<sup>18</sup>. Die Form der Blüte ist variabler, aber nicht so sehr wie die Farbe, welche von einem komplexen Zusammenspiel von Genen, Enzymen, Metallionen und pH-Wert bestimmt wird. Experimente zeigen, „dass Hummeln und Taubenschwänzchen die Farbe von Blütenblättern deutlich unterscheiden“. Diese Ergebnisse machen es „wahrscheinlich, wenn auch nicht sicher, dass die Farbe der einzige wesentliche Faktor ist, wenn Befruchter die Wahl treffen“<sup>19</sup>. Offenbar lernen Insekten die Farben und Formen von Blüten, die sie mit Nektar belohnt haben. Da viele Orchideen keinen Nektar erzeugen, könnte es für sie lebenswichtig sein, dass sie mit einer Pflanze verwechselt werden, welche ihren Besucher mit Nektar entlohnt.

Aber eine erfolgreiche Befruchtung hängt von „vielen Faktoren (ab), die außerhalb der Kontrolle einer einzelnen Pflanze oder Art sind“<sup>20</sup>. Ein entscheidender Faktor ist die Nachbarschaft von anderen Blüten. Da „weiße, UV-absorbierende ... Blüten in praktisch allen gemäßigten Zonen Europas und des Mittelmeerraums am häufigsten vorkommen“<sup>21</sup>, könnte es eine gute Strategie sein, weiße Blüten zu entwickeln: „Eine Orchidee mit einer häufigen Farbe kann ziemlich sicher sein, sich in der Nachbarschaft von anderen Blüten mit einer ähnlichen Farbe zu befinden“<sup>22</sup>.

Zusätzlich zur Farbe beeinflusst das Muster von Blütenblättern die Art, wie Insekten Blüten erkennen. Die Linien und Flecken auf Petalen und Sepalen erzeugen einen „Flimmereffekt“ aufgrund der Lichtintensität, die sich ändert, wenn ein Insekt über eine Blüte mit einem markanten Muster fliegt, und bei einem Experiment „bevorzugten die Bienen diejenigen (Blüten) mit dem größten Flimmereffekt“<sup>23</sup>. Bei manchen Albiflora-Variationen von Orchideen bleibt die Farbe im Blütenmuster erhalten, während die umgebenden Flächen alle ihre Pigmente eingebüßt haben. Aber auch völlig weiße Blüten können ihr eigenes Muster haben, erzeugt von den UV-absorbierenden Flavonolen in den Blütenzellen: „Blüten, die von Insekten mit UV-empfindlichen Augen besucht werden, haben oft Muster oder Markierungen, die von den Insekten bemerkt werden, aber die für Menschen unsichtbar sind“<sup>24</sup>.

- (1) [http://www.lidaforsgarden.com/Orchids/dactylorhiza\\_eng.htm](http://www.lidaforsgarden.com/Orchids/dactylorhiza_eng.htm)
- (2) Olaf Gruss: Albino Forms of the Slipper Orchids. In: Orchid Digest. Vol 69 (4), 2005. S.204
- (3) Wolfgang Wucherpennig: Die Orchidee des Jahres 2007: das Schwarze Kohlröschen *Nigritella nigra* subsp. *rhellicani*, ein Kleinod der Berge. In: Berichte aus den Arbeitskreisen Heimische Orchideen Jg. 24 - Heft 1 - 2007. S.26
- (4) Paul Martin Brown: An Albino Adder's Mouth from Cape Cod, Massachusetts. In: North American Native Orchid Journal, 11/2005. S. 4-5
- (5) Leeming Jelliffe, Helena Dewey/Gibson, William Hamilton: Our native orchids. New York; Doubleday, 1905, S.37
- (6) Rohrl, Helmut: For Heaven's Sake, It's Xanthic! Albinism in Orchids. In: Orchid Digest. Vol 69 (4), 2005. S.241
- (7) Timothy A. Holton/Edwina C. Cornish: Genetics and Biochemistry of Anthocyanin Biosynthesis. In: The Plant Cell, Vol. 7,1995, S. 1071
- (8) Holton/Cornish 1995, S.1077
- (9) Yoshikazu Tanaka/Nobuhiro Sasaki/Akemi Ohmiya: Biosynthesis of plant pigments: anthocyanins, betalains and carotenoids. In: The Plant Journal, 54/2008 , S. 733-749
- (10) <http://en.wikipedia.org/wiki/Anthocyanins>
- (11) Tanaka/Sasaki/Ohmiya 2008, S. 737
- (12) Erich Grotewold: The Genetics and Biochemistry of Floral Pigments. In: Annual Review of Plant Biology 2006, S. 770
- (13) Grotewold 2006, S. 766
- (14) Grotewold 2006, S. 765
- (15) Lars Chittka/Nigel E. Raine: Recognition of Flowers by Pollinators. In: Current Opinion in Plant Biology 2006, S. 429
- (16) Adriana Briscoe: What colors do insects see? In: Orchid Digest 2005, S. 265
- (17) Chittka/Raine 2006, S. 428f.
- (18) Heather M. Whitney/Beverley J. Glover: Morphology and development of floral features recognised by pollinators. In: Anthropol-Plant Interactions 2007, S. 148.
- (19) Whitney/Glover 2007, S. 153
- (20) Chittka/Raine 2007, S. 433
- (21) Chittka/Raine 2007, S. 433
- (22) Chittka/Raine 2007, S. 434
- (23) Harold Koopowitz: More on Insect Vision in Flowers. In: Orchid Digest 69/2005. S. 267
- (24) Koopowitz 2005, S. 268