

Philipp Weber

Chemie der Kastanie: Schulrelevante Experimente mit Rosskastanien

Examensarbeit

BEI GRIN MACHT SICH IHR WISSEN BEZAHLT



- Wir veröffentlichen Ihre Hausarbeit, Bachelor- und Masterarbeit
- Ihr eigenes eBook und Buch - weltweit in allen wichtigen Shops
- Verdienen Sie an jedem Verkauf

Jetzt bei www.GRIN.com hochladen
und kostenlos publizieren



Philipp Weber

Pädagogische Hochschule Karlsruhe
Wissenschaftliche Hausarbeit zum Thema:

Chemie der Kastanie:
Schulrelevante Experimente mit Rosskastanien

Fach:

Chemie

Abgabetermin: 30.05.2006

Inhaltsverzeichnis

I. Einleitung und Problemstellung	Seite 5
II. Die Rosskastanie in Mitteleuropa	Seite 6
2.1 Systematik und Bezeichnung	6
2.2 Verbreitung	8
2.3 Beschreibung	9
2.4 Lebenszyklus	14
2.5 Schädlinge	17
III. Inhaltsstoffe der Rosskastanie	Seite 19
3.1 Aescin (Saponine)	20
3.2 Aesculin	22
3.3 Reduzierende Zucker	24
3.4 Stärke	27
3.5 weitere Inhaltsstoffe	29
IV. Verwendung von Kastanien	Seite 60
4.1 Historische Aufzeichnungen und Überlieferungen	60
4.2 Aktuelle Nutzungsmöglichkeiten	66
V. Experimentelle Untersuchungen	Seite 70
5.0 Vorbereitende Behandlung	72
5.1 Aescin	73
5.2 Aesculin	87
5.3 Reduzierende Zucker	98
5.4 Stärke	104
5.5 weitere Inhaltsstoffe	114

VI. Didaktische Überlegungen	Seite 133
6.1 Das Experiment im Chemieunterricht	133
6.2 Zugänge zur Thematik „Rosskastanie“	135
6.3 Die Projektmethode	139
6.4 Projektorientierter Chemieunterricht	143
6.5 Projekt: Rosskastanie	146
VII. Schlussbetrachtung	Seite 152
VIII. Literatur- und Quellenverzeichnis	Seite 153
8.1 Literaturverzeichnis	153
8.2 Abbildungsverzeichnis	157



Abb. 0.1: Aesculus hippocastanum

An vollen Büschelzweigen

(Johann Wolfgang Goethe)

An vollen Büschelzweigen,
Geliebte, sieh nur hin!
Laß dir die Früchte zeigen,
Umschalet stachlich grün.

Sie hängen längst geballet,
Still, unbekannt mit sich;
Ein Ast, der schaukelnd waltet,
Wiegt sie geduldiglich.

Doch immer reift von innen
Und schwillt der braune Kern;
Er möchte Luft gewinnen
Und säh die Sonne gern.

Die Schale platzt, und nieder
Macht er sich freudig los;
So fallen meine Lieder
Gehäuft in deinen Schoß.

Johann Wolfgang von Goethe (1749-1832) in West-Östlicher Divan; ab 1814 – 1827

Quelle: Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (LWF); LWF WISSEN 48; S. 51

I. Einleitung und Problemstellung

Der Begriff „Rosskastanie“ weckt unterschiedliche Assoziationen beim Menschen. Kinder denken vermutlich an die rotbraunen Früchte, die Möglichkeit, mit ihnen zu basteln und an die stacheligen Hüllen der „Kastanie“. Erwachsene verbinden mit diesem Begriff vielleicht eher eine Pflanze, die sie durch ihre Früchte an den Herbst erinnert, oder einen großen einheimischen Baum, der im Sommer auffällige, weiße Blüten besitzt und als Schattenspendler in Alleen und Parks verbreitet ist. Biologisch Interessierte wissen möglicherweise, dass dieser Baum nicht immer bei uns heimisch war, verwandtschaftlich nichts mit der Esskastanie zu tun hat und dass er Inhaltsstoffe besitzt, die in der Medizin Anwendung finden.

Kaum jemand käme aber auf die Idee, die Rosskastanie und ihre Früchte direkt mit der Chemie oder gar mit Chemieunterricht in Verbindung zu bringen. Bei genauerer Betrachtung des Themenkomplexes „Rosskastanie“ ergeben sich jedoch verschiedenste Ansatzmöglichkeiten für die Einbeziehung dieser Thematik in den Chemie- bzw. NWA-Unterricht an Realschulen.

Weshalb schäumt eine Straße mit überfahrenen Kastaniensamen bei Regen?* Warum sind diese Früchte für den Menschen ungenießbar und konnten dennoch in Krisenzeiten zum Backen verwendet werden? Welche Stoffe enthält Rosskastanienextrakt, dass es in Sonnenschutzmitteln zum Einsatz kommen kann und als Grundlage für die Entwicklung von Weißmachern diene?

Im folgenden soll die Klärung dieser Fragen als Ausgangspunkt für die Entwicklung von schulrelevanten Experimenten mit Rosskastanien dienen. Dazu soll zunächst die Verbreitung der Rosskastanie in Mitteleuropa sowie ihre Inhaltsstoffe betrachtet werden. Ferner wird der Frage nachgegangen, welche historischen Verwendungen die Kastanie hatte und wozu sie heute genutzt wird.

* Ergänzung: 29.09.07: Siehe Seite 169

II. Die Rosskastanie in Mitteleuropa

2.1 Systematik und Bezeichnung

Als Pflanze ist die Gewöhnliche Rosskastanie (*Aesculus hippocastanum*) in der Systematik der Biologie nach folgendem Schema einzuordnen:

Abteilung:	Spermatophyta (Samenpflanzen)
Unterabteilung:	Magnoliophyta (Bedecktsamer)
Klasse:	Rosopsida (Dreifurchenpollen-Zweikeimblättrige)
Unterklasse:	Rosidae (Rosenähnliche)
Ordnung:	Sapindales (Seifenbaumartige)
Familie:	Hippocastanaceae (Roskastaniengewächse)
Gattung:	<i>Aesculus</i>



Abb. II.1: Rosskastanie

Die Familie der Hippocastanaceae ist recht klein, sie umfasst außer „*Aesculus*“ nur noch die Gattung „*Billia*“ mit zwei Arten in Südamerika.

Die Gattung „*Aesculus*“ umfasst 13 Arten, die in Südosteuropa, Süd- und Ostasien sowie in Nordamerika heimisch sind. Neben der Gewöhnlichen Rosskastanie (*Aesculus hippocastanum*) gehören hierzu u.a. noch die Gelbe Rosskastanie (*Aesculus octandra*), die Pavie (*Aesculus pavia*) und die Japanische Rosskastanie (*Aesculus turbinata*). Innerhalb dieser Gattung sind Arthybride recht häufig, einige werden taxonomisch als Art aufgefasst. Ein Beispiel ist die rotbraunblühende *Aesculus x carnea*, eine Kreuzung aus *A. hippocastanum* und *A. pavia*.

Botanisch sind die Roskastanien nicht mit der Edel- oder Esskastanie (*Castanea sativa*) verwandt, diese gehört zur Familie der Buchengewächse.



Abb. II.2: Roskastanienfrucht mit zwei Samen



Abb. II.3: Esskastanien Fruchtstände mit je drei Nussfrüchten

Der Gattungsname „Aesculus“ geht auf Linne¹ zurück, er ist eigentlich der lateinische Name einer Eichenart, welcher auf diese Pflanze übertragen wurde.

Die Bezeichnung „Aesculus“ könnte nach Ursel Bühring auch auf die Verwendung als Viehfutter hinweisen (lat. esca = Futter).²

Erstmals beschrieben wurde dieser Baum 1565 in einem Brief des Arztes und Gelehrten Matthiolus (1501-1577).²



Die Bezeichnung „Kastanie“ geht wohl auf die Ähnlichkeit der Samen mit den Früchten der Esskastanie (griech. kastanon) zurück. Die Bezeichnung „Ross“ steht in der alten indo-europäischen Sprache für „falsch“ oder „unecht“. Was bedeuten kann, dass die bestehende Ähnlichkeit der beiden Arten nur oberflächlich ist. Möglich wäre auch, dass sich der Name „Rosskastanie“ auf die früher bekannte Verwendung als Pferdearznei bezieht. „Hippocastanum“ stellt somit eine nachträgliche Rückübersetzung des Namens „Pferdekastanie“ dar (griech. hippos = Pferd)

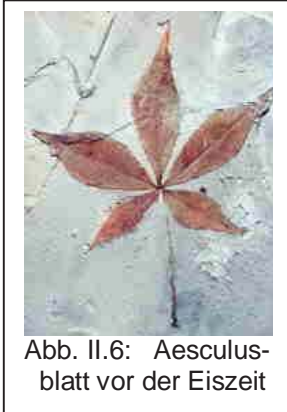


¹ Karl von Linnè (1707-1778); Begründer der Artdiagnostik und der binären Nomenklatur

² Bühring, Ursel; Freiburger Heilpflanzenblätter; Einheimische Arzneikräuter 4; 2002; S. 62

2.2 Verbreitung

Entgegen der landläufigen Meinung handelt es sich bei der Rosskastanie streng genommen nicht um einen einheimischen Baum, sondern eher um einen Rückkehrer.



Zwar belegen Fossilienfunde, dass diese Art im Tertiär in Mitteleuropa heimisch war. Die starke Abkühlung zu Beginn des Quartär vor ca. zwei Millionen Jahren und die einsetzende Eiszeit drängten diese Baumart jedoch immer weiter südlich. Im Gegensatz zu anderen Arten schaffte es *Aesculus* jedoch, dem Aussterben zu entgehen und konnte in kleinen Arealen auf dem Balkan überleben. Das natürliche Verbreitungsgebiet zerfällt in zahlreiche voneinander getrennte Teile, die sich über Griechenland, Mazedonien und Albanien erstrecken. Der dortige

Lebensraum sind Berg- und Schluchtwälder mit tiefgründigen und nährstoffreichen Böden. Die Rosskastanie kommt dort u.a. zusammen mit Eichen, Hainbuchen und Silberlinden vor. Weshalb *Aesculus hippocastanum* die Rückverbreitung nach der Eiszeit nicht geschafft hat, ist bisher nicht geklärt. Erst der Mensch sorgte wieder für eine Verbreitung dieser Art in Mitteleuropa.

Bei ihren Feldzügen nutzten die Türken im 15. und 16. Jahrhundert die Früchte der Rosskastanie als Futter für ihre Pferde. Diesem Umstand ist es zu verdanken, dass diese Art wieder nach Mitteleuropa eingeführt wurde. Der französischstämmige Arzt und Botaniker Carolus Clusius (1526-1609) erhielt 1576 als Hofbotaniker in Wien die ersten Samen der Rosskastanie aus Konstantinopel. Von dort aus wurde sie in Europa verbreitet. Insbesondere nachdem der französische König Ludwig XIV (1638-1715) die Rosskastanie zu seinem Lieblingsbaum erklärt hatte, wurde es große Mode, sie in Alleen, Parks und Gärten anzupflanzen.



Heutzutage ist *Aesculus hippocastanum* in ganz Europa, außer dem hohen Norden anzutreffen. Als winterharter Baum kommt sie gut mit den europäischen Klimazonen zurecht und verkräftet nur Temperaturen unter -30°C nicht. Auch in Höhenlagen bis 1200 m können Rosskastanienbäume wachsen.

Hauptsächlich ist diese Art noch immer in Parks und Alleen sowie in Städten anzutreffen. Nur selten sind ausgewilderte Exemplare in Wäldern vorzufinden. Dies hängt wohl zum einen mit den mangelnden Nutzungsmöglichkeiten in der Forstwirtschaft und zum anderen mit der ungünstigen Ausbreitung der schweren Samen zusammen.

2.3 Beschreibung

Wuchs: Die Rosskastanie ist bereits auf Entfernung an ihrer unregelmäßigen, wolkenförmigen Kronenstruktur erkennbar. Sie ist asymmetrisch, breitkronig und kann bis zu 30 Meter hoch werden.
Der Stamm ist recht kurz, bis zu 2 m dick und zeigt häufig die typische Rechtsdrehwüchsigkeit, welche 90% der Rosskastanien aufweisen.¹
Die Wurzeln sind sehr tief und weit reichend.

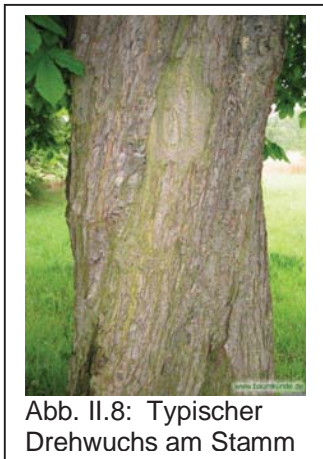


Abb. II.8: Typischer Drehwuchs am Stamm

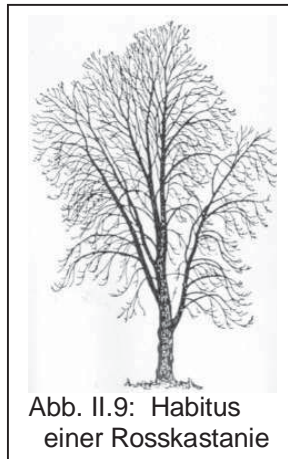


Abb. II.9: Habitus einer Rosskastanie

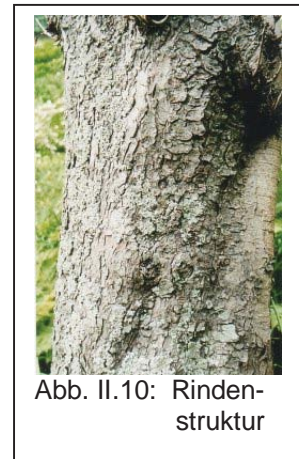


Abb. II.10: Rindenstruktur

Rinde: Die Rinde ist zunächst grau und glatt, mit der Zeit wird sie jedoch zu einer graubraunen, flachschruppigen und oft grobrissigen Borke.

Holz: siehe „4.2 Aktuelle Nutzungsmöglichkeiten“

Triebe: Junge Zweige sind bis zu 2 cm dick, graubraun bis braun und weisen zahlreiche warzige Lentizellen (hellere Korkwarzen) auf.

Die Winterknospen sind rotbraun, eiförmig und sehr klebrig (Harzausscheidung zum Schutz gegen Wasser und Insekten). Sie sind mit 6-10 glänzenden, etwas filzigen Schuppen bedeckt. Die gegenständigen Seitenknospen sind meist deutlich kleiner als die Endknospen, welche ca. 2 - 3,5 cm lang werden.



Abb. II.11: Zweig mit Winterknospen

¹ Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (LWF); LWF WISSEN 48; S. 13

Blätter:

Die Laubblätter sind sehr groß, lang gestielt und stehen gegenständig am Spross. Sie sind handförmig gefiedert, mit 5 – 7 länglich verkehrt-eiförmigen Fiederblättchen, die am Grund keilförmig zugespitzt ansitzen. Auffällig ist, dass sie am Ende eine „Träufelspitze“ ausgebildet haben, wie man sie bei tropischen Bäumen findet, damit das Wasser schneller abfließen kann.



Abb. II.12: Blattoberseite

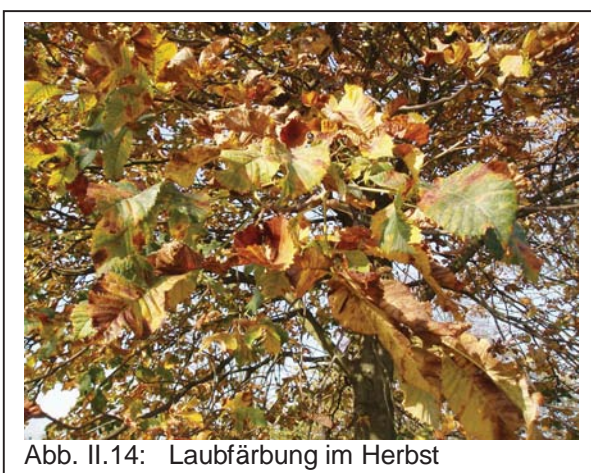


Abb. II.13: Blattunterseite

Die einzelnen Fiederblättchen können unterschiedlich groß sein, wobei das mittlere immer am größten ist. Der Rand der Blätter ist regelmäßig doppelt gesägt. Ihre Oberseite ist stumpf dunkelgrün und kahl, die Unterseite ist heller und an den Adern behaart.

An den Ansatzstellen der Fiederblättchen sind diese beweglich. Das ermöglicht der Rosskastanie mit ihrer Blattstellung einen Tag-Nacht-Rhythmus zu vollziehen.

Das große, dichte Blattwerk der Rosskastanie sorgt für eine sehr starke Beschattung der Fläche unter ihr, kaum eine anderer europäische Baumart hat einen solch starken Schattenwurf.



Das Laub wird im Herbst goldgelb bis braungelb und fällt ab. Nach dem Laubfall hinterlassen die Blätter an den Zweigen große, hufeisenförmige Narben, in denen man die Leitbündel-Narben als Punkte erkennen kann.

Blüten:

Die Blüten stehen in endständigen, aufrechten, kegelförmigen, 20 - 30 cm langen Scheinrispen (Thyrsen). Diese „Blütenkerzen“ können über 100 einzelne Blüten enthalten. In der Krone einer Rosskastanie können sich bis zu 1000 solcher Blütenstände entwickeln.



Die Blütenkrone ist schief zweilippig (zygomorph) mit doppelter fünfzähliger Blütenhülle. Die Kronblätter sind eiförmig, lang genagelt und am Rand gewellt. Der Kelch ist glockenförmig. Ein gefärbtes Saftmal besitzen nur die

beiden oberen Blütenblätter. Dieses ist entweder gelb oder orange bis rot.

Meist sind sieben Staubblätter zu finden (5 - 9), diese sind gebogen und überragen die Krone. Je Staubblatt ist beinahe die bekannte Höchstzahl an Pollen vorzufinden (26.000), je Blütenstand sind also etwa 42 Mio. Pollen möglich.



Die Rosskastanie ist polygam, wobei die meisten Blüten funktionell männlich sind. Diese stehen im oberen Teil des Blütenstandes. In der Mitte folgen vereinzelte Zwitterblüten, während im unteren Teil funktionell weibliche Blüten überwiegen.

Der Fruchtknoten ist dreifächrig und oberständig mit langem Griffel.

Die Blüten werden von Insekten bestäubt. Die Nektarien, kleine Höcker zwischen den Kron- und Staubblättern, bilden reichlich Nektar, der zu 40-76 % aus Zucker (vor allem Saccharose) besteht. Die Produktion erfolgt jedoch nur in der „gelben Phase“ (siehe 2.4)

Chromosomenzahl: $2n = 40$

Früchte:

Der Fruchtknoten ist zur Reifezeit eine 5 – 7 cm große kugelige, grüne Kapsel mit einer Stachelhülle. Darin befinden sich in drei Fächern 1 – 3 Samen.

Beim Erreichen der Reife fällt die Kapsel vom Baum, platzt dreiklappig auf und lässt die Samen heraus, welche dann noch etwas weiterrollen können.

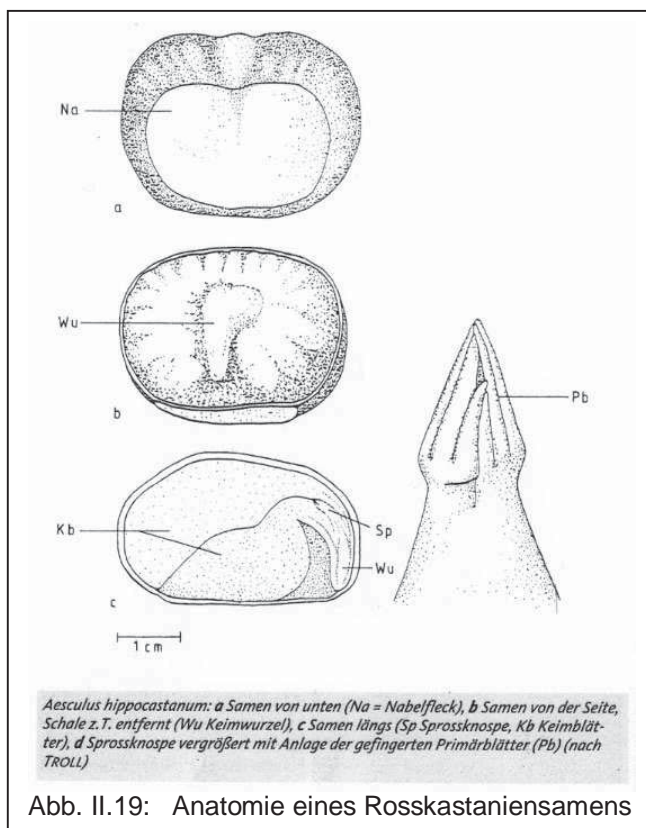


Abb. II.17: Unreife Frucht

Diese „Kastanien“ sind bis 4 cm groß und bis zu 20 g schwer, rundlich-abgeflacht, haben eine glänzend braune, derbe Haut und einen großen hellbraunen Nabelfleck (Hilum). Ein großer Baum kann etwa 10.000 Früchte tragen.



Abb. II.18: Reife „Kastanien“



Aesculus hippocastanum: a Samen von unten (Na = Nabelfleck), b Samen von der Seite, Schale z.T. entfernt (Wu Keimwurzel), c Samen längs (Sp Sprossknospe, Kb Keimblätter), d Sprossknospe vergrößert mit Anlage der gefingerten Primärblätter (Pb) (nach TROLL)

Abb. II.19: Anatomie eines Rosskastaniensamens

Um dem in Samen enthaltenen Embryo den bestmöglichen Start zu geben, bestehen diese überwiegend aus den beiden Speicherkotyledonen des Embryos.

Sie sind sehr reich an Stärke und Mineralstoffen für die Versorgung in der ersten Wachstumsphase.

Giftigkeit:

Die Gemeine Rosskastanie wird in der einschlägigen Literatur als Giftpflanze aufgeführt. Bedingt durch die enthaltenen Saponine und Flavonglykoside sind Samen, Samenschale und Rinde für den Menschen und einige Tiere ungenießbar bitter und schwach giftig.



Abb. II.20: Reife Kastanienfrüchte

Als besonders gefährdet werden 2 – 6jährige Kinder eingestuft, die mit den Früchten spielen.

Mögliche Vergiftungserscheinungen: Erbrechen, Durchfall, Gastroenteritis, starker Durst, Unruhe, Angst, Rötung des Gesichts, Sehstörungen, Pupillenerweiterung (Mydriasis), Bewusstseinsstörungen, Müdigkeit

Therapie: Erste Hilfe: Kohle-Pulvis 10g, ggf. Augen spülen.

Klinik: Nach wahrscheinlich großer Giftaufnahme Magenspülung (evtl. mit burgunderfarbener Kaliumpermanganatlösung), Instillation von 10g Kohle-Pulvis, Elektrolytsubstitution, Azidoseausgleich mit Natriumbikarbonat (Urin pH 7,5). Überwachung der Nierenfunktion, bei Krämpfen Diazepam (Valium ®), gegen Koliken Atropin, ggf. Intubation und Sauerstoffbeatmung.¹

¹ Roth, Lutz, Dauderer, Max und Kormann, Kurt; Giftpflanzen – Pflanzengifte; S.99f

2.4 Lebenszyklus

Von einem ausgewachsenen Rosskastanienbaum fallen die stacheligen Kapseln ab,

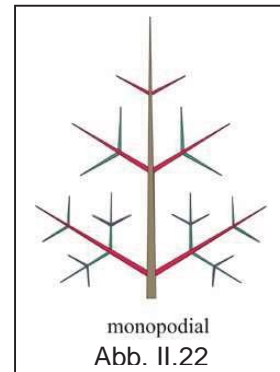


Abb. II.21: Samen beim Beginn der Keimung

wenn sie ihre Reife erreicht haben. Diese Schutzhülle dämpft den Fall, springt am Boden auf und entlässt die Samen ins Freie. Rollt dieser auf einen geeigneten Untergrund, muss er noch mit Erde oder Laub bedeckt werden, nur so kann eine Keimung der gegen Austrocknung sehr empfindlichen Samen erfolgen (hypogäische Keimung). Die Primärblätter sind den normalen Laubblättern bereits sehr ähnlich.

In der Jugend erfolgt das Wachstum der Sprosse monopodial (entlang der Hauptachse), die gegenständige Verzweigung ist akroton, d.h. die Spitze wächst in jedem Jahr weiter.

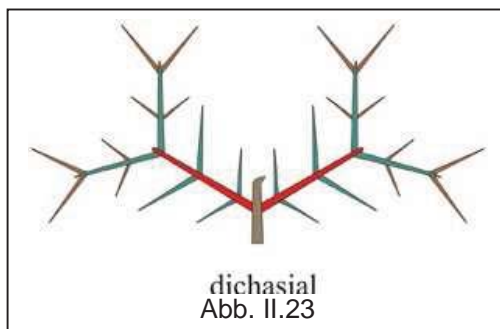
Innerhalb mehrerer Jahre können Seitenzweige sich mehr und mehr aufrichten und mit der Hauptachse in Konkurrenz treten. Insgesamt verzweigen sich Rosskastanien nur spärlich. Entstehende Verzweigungen sind stark hypoton. Seitensprosse, die auf der Unterseite entspringen, werden gewöhnlich länger als jene auf der Oberseite.



monopodial
Abb. II.22

Ein durchgehender Stamm und nach oben strebende Seitenäste führen zu einer kegelförmigen Krone. Ein solches Erscheinungsbild prägt die Gestalt einer jungen Rosskastanie bis zu ihrem Blühbeginn im Alter von 10 bis 15 Jahren.

Ab diesem Zeitpunkt kommt es zu einem abrupten Wechsel in der Verzweigung. Die Blüten stehen immer an der Sprossspitze. Blühende Triebe bilden deshalb keine Endknospen und können im nächsten Jahr nur an den Seitentrieben weiterwachsen. Das



dichasial
Abb. II.23

Sprossystem wird dichasial aufgegabelt, wenn sich die beiden obersten gegenständigen Endknospen weiterentwickeln. Dies ist hauptsächlich bei aufrecht wachsenden Trieben in der Lichtkrone der Fall. Bei ausgeprägter Hypotonie, wie es vor allem in den Seitenästen vorkommt, entwickelt sich meist nur die untere Knospe

weiter (monochasiale Verzweigung). Dieser Wechsel führt zu einer Veränderung im Habitus: Stamm und Äste lösen sich mehr und mehr auf und die Krone wird breiter und runder.

Da ihr Holz recht weich ist und nicht splittert, kann es einer Rosskastanie bereits nach einem heftigen Regen, der das Laub beschwert, passieren, dass dicke Äste abbrechen.



Abb. II.24: Winterbild

Je nach Witterung kann der Zeitpunkt, ab dem die Blätter und Blütenstände nach einem Winter sprießen, sehr stark schwanken. Normalerweise beginnt das Blattwachstum im März bis April.

Die Blütezeit ist gewöhnlich von Mai bis Juni. Mit dem Öffnen ihrer tausenden Blüten zieht die Rosskastanie

besonders Bienen und Hummeln zur Bestäubung an.



Abb. II.25: Frische Blätter

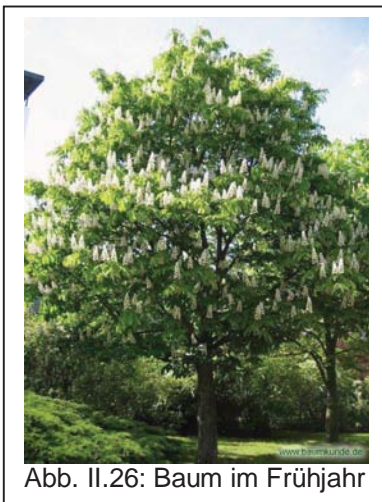


Abb. II.26: Baum im Frühjahr

Eine besondere blütenökologische Anpassung zwischen dem Baum und

Insekten ist das farbige Saftmahl. Der Farbleck der beiden oberen Kronblätter jeder Blüte ist zunächst gelb gefärbt. Nur diese Blüten produzieren Nektar. Nach ein bis zwei Tagen (bzw. nach einer Befruchtung) verfärbt sich das Saftmahl zunehmend rötlicher, bis es schließlich karminrot erscheint. Auch der Duft der

Blüte ändert sich und die Nektarproduktion erlischt. Insekten erkennen diesen Unterschied und fliegen praktisch nur „gelbe Farbflächen“ an. Somit stellt die Rosskastanie sicher, dass ihre bestäubungsbereiten bzw. pollenspendenden Blüten möglichst alle besucht werden.



Abb. II.27: Blütenstand mit unterschiedlichen Saftmahlen



Abb. II.28: Unreife Früchte

Nach der Bestäubung verdickt sich der Fruchtknoten und bildet nach und nach die bekannte stachelige Kapsel mit den Samen heran. Da wegen des hohen Gewichts der Früchte nur ein kleiner Teil der Blüten hierzu heranwachsen kann, werden überzählige junge Früchte frühzeitig abgeworfen. Ein großer Rosskastanienbaum hätte sonst bei vollem Besatz ein Gewicht von 10 Tonnen zu tragen.

Sind die Samen im September oder Oktober herangereift, so werden diese abgeworfen und eine neue Baumgeneration kann bei günstigen Bedingungen ihr Leben beginnen.

Mit Beginn des Spätherbstes verfärben sich die Blätter der Rosskastanie gelb bis braun und fallen ab.



Abb. II.29: Reife Früchte



Abb. II.30: Herbstpracht

Die Gewöhnliche Rosskastanie kann bis zu 200 Jahre alt werden.