

BLATTGESTALT UND -VIELFALT BEI DER WILDEN WEINREBE (*VITIS VINIFERA* SSP. *SYLVESTRIS*) DER MARCH- UND DONAUUAEN IM VERGLEICH ZUR KULTURREBE

DAGMAR TIEFENBRUNNER¹, HELMUT GANGL², GERHARD LEITNER² UND WOLFGANG TIEFENBRUNNER²

¹A-7052 Müllendorf, Steinzeile 7

²Bundesamt für Weinbau

A-7000 Eisenstadt, Gölbeszeile 1

In den Donau- und Marchauen östlich von Wien gibt es noch etwa 200 Individuen der Wilden Weinrebe *Vitis vinifera* ssp. *sylvestris*. Im Zuge von Artenschutzbemühungen und wegen ihrer potenziellen Bedeutung als Genreservoir für die Kulturrebe gelangte diese Unterart in den letzten beiden Jahrzehnten wieder in den Fokus des Interesses. Bereits 2004 konnten REGNER et al. zeigen, dass ein Großteil der genetischen Vielfalt vom Überleben weniger Individuen abhängt. Sie vermuteten einen Zusammenhang zwischen der genetischen und der morphologischen Vielfalt, die wir hier für ein bestimmtes Organ, das Blatt, dokumentieren. Ein Verfahren wurde entwickelt, das Blatt metrisch zu erfassen. Es zeigte sich, dass sich nicht nur ein deutlicher Unterschied zwischen der Blattmorphologie der Kulturrebe und vieler Exemplare der Wilden Weinrebe der Donau- und Marchauen feststellen lässt, sondern dass auch je nach Standort signifikante Unterschiede vorhanden sind. Überraschenderweise sind die größten Diskrepanzen in der Blattgestalt allerdings nicht zwischen den Reben der Donau- und Marchauen nachweisbar, sondern an zwei Standorten der Donauauen, Lobau und Orth, wobei morphometrisch eine Überschneidung zwischen den Blättern der Kulturrebe und denen der Wildreben von Orth festgestellt werden konnten. Dieses Ergebnis spiegelt möglicherweise z. T. das Resultat früherer genetischer Untersuchungen der Aureben wider, denen zufolge ebenfalls eine geringe Ähnlichkeit der Reben benachbarter Gebiete in genetischer Hinsicht existiert.

Schlagwörter: *Vitis vinifera* ssp. *sylvestris*, *Vitis vinifera* ssp. *silvestris*, Weinrebe, Wildrebe, Ampelographie, Fraktale Geometrie

Leaf shape and leaf diversity in the wild grapevine (*Vitis vinifera* ssp. *sylvestris*) from the March and Danube floodplains compared to cultivated grapevine. In the Danube and March floodplains east of Vienna, there are still about 200 individuals of wild grapevine *Vitis vinifera* ssp. *sylvestris*. As part of wildlife conservation efforts and because of their potential importance as a gene reservoir for cultivated grapevine this subspecies has been in the focus of interest in the last two decades. As early as 2004 REGNER et al. could show that much of the genetic diversity for survival depends on few individuals. They suspected a relationship between the genetic and morphological diversity that we monitor here for a particular organ, the leaf. A method was developed to measure the leaf. It turned out that not only there is a clear difference between the leaf morphology of cultivated grapevine and many specimens of wild grapevine in the Danube and March floodplains, but that, depending on location, significant differences exist. Surprisingly, the largest discrepancies in leaf shape, however, were not determined between the vines of the Danube and March floodplains, but between two locations of the Danube floodplains, Lobau and Orth, with a morphometric overlap

between leaves of cultivated grapevine and those of wild grapevines from Orth. This result may reflect partly the result of earlier genetic studies of wetland grapevines, according to which there is also a slight similarity between grapevines of adjacent areas in genetic terms.

Keywords: *Vitis vinifera* ssp. *silvestris*, *Vitis vinifera* ssp. *silvestris*, grapevine, wild vine, ampelography, fractal geometry

In den Auwäldern der Donau und March östlich von Wien haben sich bis heute Bestände der Wilden Weinrebe *Vitis vinifera* ssp. *silvestris* (C. C. Gmelin) Hegi gehalten. Ursprünglich war diese Liane, die sich seit dem Ende der Eiszeit die Donau flussaufwärts ausgebreitet hat, sogar recht häufig (JACQUIN, 1762; KIRCHHEIMER, 1955). Bis 1911 wurde sogar ein Wein von akzeptabler Qualität aus ihren Trauben gekeltert. Im 20. Jahrhundert änderte sich das aber; KIRCHHEIMER (1955) konnte nur mehr 20 Individuen nahe Wien in der Lobau, 25 etwas weiter östlich bei Orth an der Donau und einzelne, isolierte Exemplare in den Galeriewäldern beider Ufer der Donau zwischen Wien und der slowakischen Grenze feststellen. Seiner Auffassung nach war die Wilde Weinrebe in den Auwäldern der March hingegen ausgestorben.

Im Zuge der Gründung des „Nationalparks Donauauen“ und von Schutzgebieten des WWF bei Regelsbrunn an der Donau und bei Marchegg an der March gelangte die Wilde Weinrebe wieder im Rahmen von Artenschutzbestrebungen in den Fokus des Interesses. 1996 begann der WWF ein Kultivierungsprogramm, um die Extinktionsgefahr zu reduzieren. ARNOLD et al. (1998) fanden einige Individuen (fünf Weibchen und ein Männchen in der Lobau, zwei Weibchen und sechs Männchen bei Orth und zwei Weibchen in Marchegg) in den Auwäldern der Donau und March – diese Reben waren also keineswegs ausgestorben. Um 2000 begann eine Bestandsaufnahme durch FREIDING und GUSSMARK (2003) für den Nationalpark Donauauen, wobei 180 Exemplare festgestellt wurden. Durch REGNER et al. (2004) und TIEFENBRUNNER et al. (2005) wurde die genetische Vielfalt – in Zusammenhang mit der Bedeutung als Genreservoir für die Kulturrebe sowie die Pathogenbelastung der Wilden Weinrebe in den Donau- und Marchauen evaluiert. Bei diesen Untersuchungen konnten weitere Exemplare der Unterart vor allem in den Marchauen entdeckt werden. Trotzdem muss die Aurebe nach wie vor als gefährdet gelten. Da sie diözisch ist, genügt es, wenn bereits

ein Geschlecht selten wird oder ausstirbt; weiters haben REGNER et al. (2004) fünf genetisch deutlich unterscheidbare Gruppen von Aureben festgestellt, von denen zwei nur mehr durch sehr wenige Exemplare vertreten zu sein scheinen. Die genetische Vielfalt hängt also ganz wesentlich an nur wenigen Individuen. Ein weiteres Problem ist, dass auch in Schutzgebieten oft Maßnahmen gesetzt werden, die alten Reben unmittelbar schaden können. So wurden etwa noch in den letzten Jahren viele Aureben der Marchauen an der Basis durchgeschnitten, offenbar um die Hainbuchen vor den Lianen zu schützen; eine alte Rebe wurde bei Orth teilweise zerstört, um eine Sichtschneise für einen Jägerhochstand zu schaffen, und in der Lobau wurde eine Rebe bei einer Wegerweiterung geschädigt. Offenbar geht es hier nicht um Vandalismus, sondern um mangelnde Ausbildung der in den Schutzgebieten beschäftigten Personen.

TIEFENBRUNNER et al. (2005) kommen zu dem Schluss, dass die untersuchten Wilden Weinreben der Donau- und Marchauen genetisch weder *V. vinifera* noch amerikanischen *Vitis*-Arten besonders ähneln; sie schlagen sogar vor, sie nicht länger als Unterart von *Vitis vinifera*, sondern als eigene Art *Vitis silvestris* zu betrachten. Dennoch ist eine gewisse Hybridisierung denkbar. REGNER et al. (2004) erwähnen, dass mit der genetischen Vielfalt der Wilden Weinrebe auch Unterschiede in morphologischen und Vitalmerkmalen, wie Blatt- und Fruchtgestalt, sowie Fruchtreifung verbunden sind. Dieser Aspekt wird aber in den genannten Publikationen nicht näher behandelt.

Im Rahmen der Ampelographie, der Beschreibung und Klassifizierung der Rebsorten, wurde erkannt, dass das Blatt bei jeder Rebsorte charakteristische Eigenschaftskombinationen aufweist (GALET, 1990; TASSIE und BLIESCHKE, 2008; UPOV, 2008; O.I.V., 2009). Neben rein deskriptiver Blattbeschreibung gibt es eine Reihe von Versuchen, die Blätter mittels metrischer Merkmale zu vergleichen (BODOR et al., 2012 und 2013). MANCU-

so (1999 a und b, 2001, 2002) hat den Blattrand entweder als Überlagerung von periodischen Funktionen beschrieben und mittels Elliptischer Fourieranalyse angepasst, um anschließend die Fourierkoeffizienten mithilfe von Methoden der multivariaten Statistik weiter zu untersuchen. Eine Alternative besteht darin, den Blattrand als Fraktal, also als selbstähnliche Struktur, wahrzunehmen und die fraktalen Parameter multivariat zu analysieren. YANNE et al. (2011) entwickelten eine automatische Identifikationssoftware.

Auch Versuche, Blattgestalt und ihre genetische Basis durch einen Algorithmus zu verknüpfen (LINDENMAYER, 1968; BIRD und HOYLE, 1994), hat es gegeben, doch ist unsere Kenntnis darüber, wie das Genom den Phänotyp herausbildet, noch sehr gering. Dennoch ist besonders der Ansatz von LINDENMAYER (1968), der beschreibt, wie durch wiederholte Anwendung einfacher Ersatzregeln aus einer simplen Sequenz hochkomplexe, fraktale Strukturen entstehen, die oftmals Pflanzen oder Pflanzenteile verblüffend ähneln, zumindest theoretisch sehr interessant (Abb. 1), findet sich doch eine eklatante Diskrepanz zwischen der Komplexität von Phänotypen und dem Speicherumfang der dazugehörigen Genome. Ein Beispiel für ein Lindenmayer-System gibt Abbildung 1: der Seestern besteht – genauer betrachtet – aus lauter Seesternen, die ihrerseits ebenfalls – noch genauer betrachtet – aus lauter Seesternen bestehen – ad infinitum. Abbildung 1 zeigt auch, dass man sich ein komplexes Blatt als Anordnung einander ähnlicher Strukturen vorstellen kann – ohne dass das Blatt insgesamt deshalb selbstähnlich sein muss.

In der vorliegenden Arbeit sollen die Blätter der Wilden Weinrebe aus den drei Gebieten der Donau- und Marchauen, in denen die meisten Reben vorkommen, morphometrisch mit Blättern der Kulturrebe verglichen werden. Die dabei verwendete Methode basiert zumindest ursprünglich auf dem Gedanken, dass das Blatt ein Fraktal sein könnte.

MATERIAL UND METHODE

Die Blattgestalt von 22 Wilden Weinreben der Lobau, 20 aus den Donauauen um Orth und 30 aus den Marchauen wurde überwiegend auf sehr einfache Weise dokumentiert: Das Blatt wurde zwischen eine harte, flache und glatte Unterlage und ein DIN A4 Transparentpapier gehalten, und von der anderen Seite wurde mit einem wei-

chen Bleistift flach über das Papier gestrichen, wobei der Stift nur leicht dagegengedrückt wurde (Abb. 2). Diese schon bei Kindern beliebte Technik gibt das Adermuster und den Blattrand oft besser wieder als eine Photographie – wobei allerdings auch Fotos angefertigt wurden. Auch die absoluten Größenwerte bleiben erhalten, ohne dass ein Maßstab beigelegt werden muss.

Zunächst wurde anhand dieser Bilder das Vorhandensein von Selbstähnlichkeit im realen Weinblatt untersucht: Abbildung 2 zeigt, dass sich in einem Teil (grün gefärbt) der Blatthälfte deren Struktur wiederholt; ebenso in einem Teil (blau) dieses Teils und – nicht gezeigt – nochmals auf einer noch niedrigeren hierarchischen Ebene.

Aber die Selbstähnlichkeit ist nicht vollkommen: Die proximalen, also dem Blattstiel näheren Bereiche sind auf der niedrigeren hierarchischen Ebene gegenüber der jeweils höheren zurückgebildet. Dies ist in der Überlagerung der drei selbstähnlichen Konturen in Abbildung 2, rechts unten, deutlich zu erkennen. Gerade diese Änderung könnte aber spezifisch für die Subspezies oder Genotypen innerhalb der Unterarten sein. Außerdem treten oft auf der höchsten hierarchischen Ebene Einbuchtungen auf.

Zum Vergleich mit der Wilden Weinrebe wurden Blätter der Kulturrebe verwendet: 'Blauer Burgunder' (7 Blatt), 'Blaufränkisch' (9 Blatt), 'Chardonnay' (7 Blatt) und 'Sauvignon Blanc' (7 Blatt). Insgesamt wurden also 102 Blätter untersucht. Blätter der Kulturrebe haben allerdings z. T. die Eigenschaft, dass Blattteile einander überlappen. Besonders ausgeprägt ist das z. B. bei 'Müller-Thurgau', kommt aber auch bei vielen anderen Sorten vor. Auch Faltungen der Blattfläche können beobachtet werden, insbesondere wenn zwischen den Blattteilen keine Einbuchtungen vorliegen. Dies macht aber eine Untersuchung der Selbstähnlichkeit sehr schwer und führte letztlich zu einer Modifikation der Methode und einer Änderung des Untersuchungsziels.

Wir entwickelten zunächst eine einfache Software, die es erlaubt, die Koordinaten bestimmter Blattaderverzweigungen und Adermündungen am Blattrand zu erheben. Dazu werden auf dem Bild des Blattes auf einer Hälfte insgesamt 24 Aderverzweigungen bzw. Mündungen in einzuhaltender Reihenfolge angeklickt – von 1 zu 24 (Abb. 3). Die Verzweigungen wurden prinzipiell so ausgewählt, dass sich die selbstähnlichen Strukturen abbil-

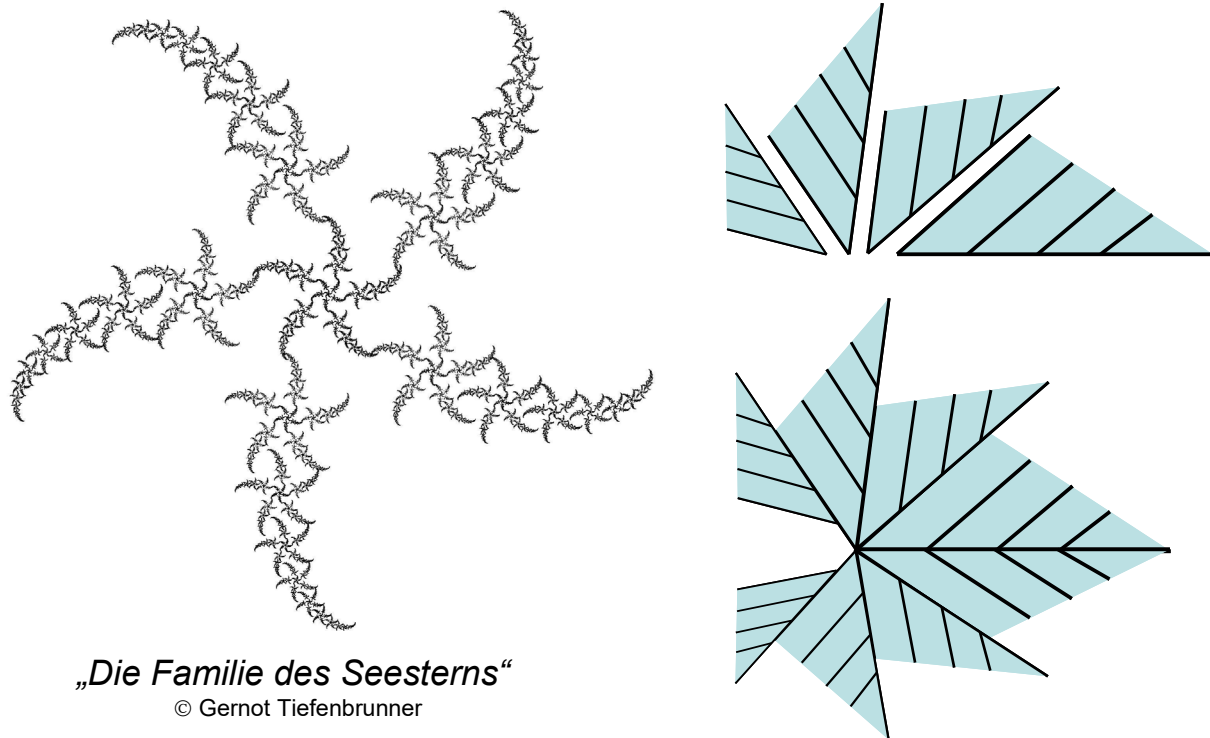


Abb. 1: Lindenmayer-System (links) und die Zusammensetzung einer blattähnlichen Struktur aus einer wiederholt verwendeten einfacheren Gestalt (rechts)

den lassen. Die Koordinaten selbst sind von geringem Wert, da die Blätter gegeneinander gedreht sein können und im Falle von Photos möglicherweise auch nicht den gleichen Maßstab haben. Stattdessen errechnet die Software die Strecken zwischen den Punkten, und zwar ausschließlich diejenigen, die in Abbildung 3 dargestellt sind. Wie man sieht, fehlt z. B. die Verbindung der Punkte 10 und 12 und 17 und 19. Dies sind nämlich jene Bereiche, bei denen es bei Kulturreben zu Überlappungen und Verwerfungen kommen kann. Lässt man sie aus, bleibt der Blattbereich übrig, der eine gute Vermessung und einen aussagekräftigen Vergleich ermöglicht. Alle 45 Strecken werden in Prozent der Blattlänge (Distanz zwischen den Messpunkten 1 und 24 entspricht 100 %) abgespeichert. Sie erlauben zunächst den multivariaten

Vergleich der Blätter, wobei eine Hauptkomponentenanalyse durchgeführt wurde.

Wie Abbildung 3 zeigt, bilden die Strecken Dreiecke, deren Flächen sich mit der Formel von Heron errechnen lassen. Damit lassen sich natürlich auch die Flächen der in der Abbildung farblich hervorgehobenen Areale ermitteln und vergleichen. Weiters lässt sich mit dem Kosinussatz der Basiswinkel der Areale bestimmen.

Die Hauptkomponentenanalyse wurde mit ViDaX (LMS-Data, München – Trofaiach) durchgeführt, andere multivariate Verfahren mittels PhyQuest (TIEFENBRUNNER et al., 2002). Für die univariate Statistik wurde Statgraphics™ Centurion XV (Statpoint Inc., Herndon, Virginia, U.S.A.) verwendet und eigene Software für den Matrix-Rangtest.

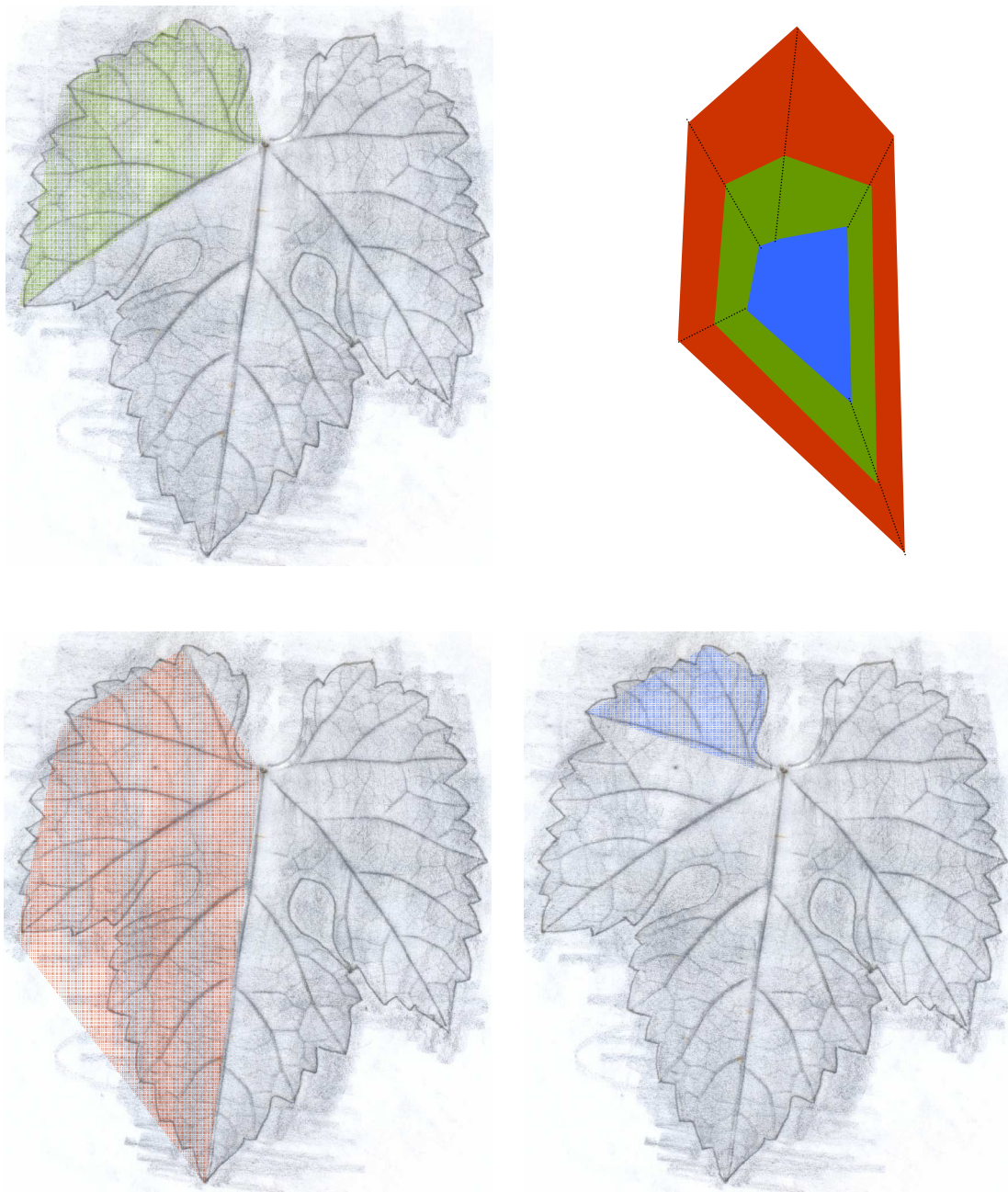


Abb. 2: Selbstähnlichkeit in einem Blatt der Wilden Weinrebe *V. vinifera ssp. sylvestris*; durch Vergrößern und Drehen lässt sich der blaue Bereich in den grünen und dieser in den roten überführen. Allerdings ist die Selbstähnlichkeit nicht perfekt (rechts oben).

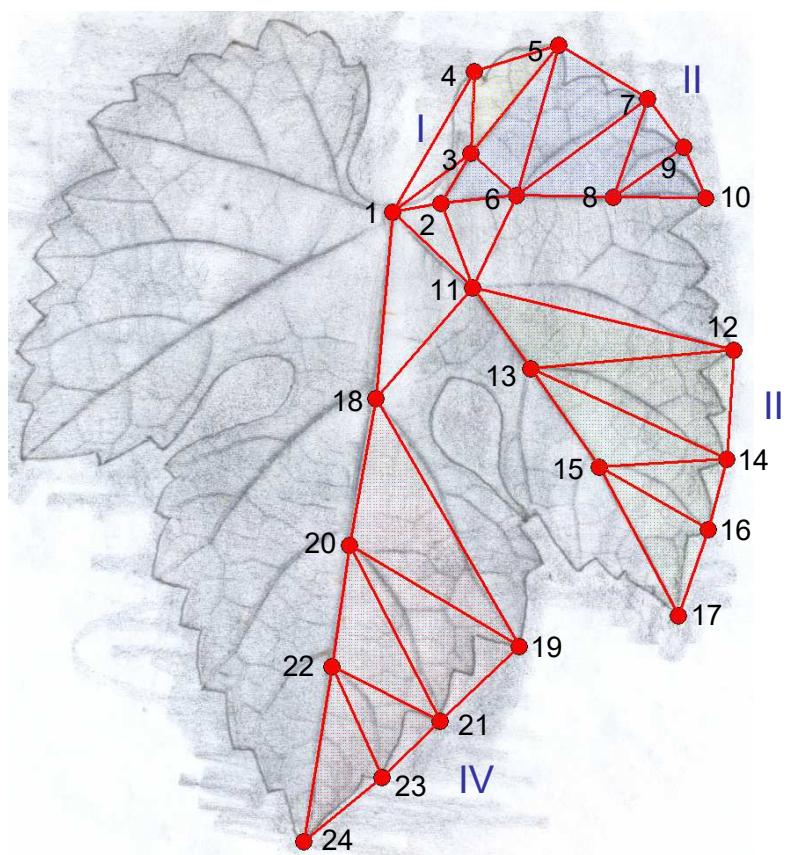


Abb. 3: Semiautomatische Vermessung des Blattes durch eine spezifische Blattvermessungssoftware; Verzweigungen der Blattadern und Adermündungen am Rand werden in vorgegebener Reihenfolge angeklickt und danach die Verbindungsstrecken (rot), die Flächen der farbigen Areale und deren Basiswinkel vom Programm ausgerechnet und gespeichert. Blattbereiche, die zu Überlappungen und Verwerfungen neigen, werden ausgespart.

ERGEBNISSE UND DISKUSSION

Die erste Fragestellung, die wir analysieren wollten, war, ob sich die drei untersuchten Regionen: Lobau (Donau), Orth (Donau) und Marchegg (March) hinsichtlich der Biometrie des Blattes unterscheiden. Zu diesem Zweck wurde eine Hauptkomponentenanalyse durchgeführt (Abb. 4), bei der die 45 Streckenmaße des Blattes gemeinsam (multivariat) verglichen wurden. Die Antwort auf diese Frage erschien uns deshalb interessant, weil REGNER et al. (2004) feststellen konnten, dass sich die Reben der drei Regionen in genetischer Hinsicht

deutlich unterscheiden. In Orth an der Donau und in der Lobau existieren sogar zwei genetisch unterschiedliche „Subpopulationen“ (Abb. 5a). Interessant ist dabei, dass keineswegs die geographisch benachbarten Reben einander genetisch am ähnlichsten sind. Vielmehr sind Orth und Lobau einander überwiegend besonders unähnlich.

Auch bezüglich der Blattmorphometrie sind sich die geographisch am nächsten gelegenen Reben nicht auch am ähnlichsten (Abb. 4). Im Gegenteil: Lobau und Marchegg überlappen sich in biometrischer Hinsicht fast vollständig, während sich viele der bei Orth - das der Lobau benachbart ist - gesammelten Blätter deutlich von

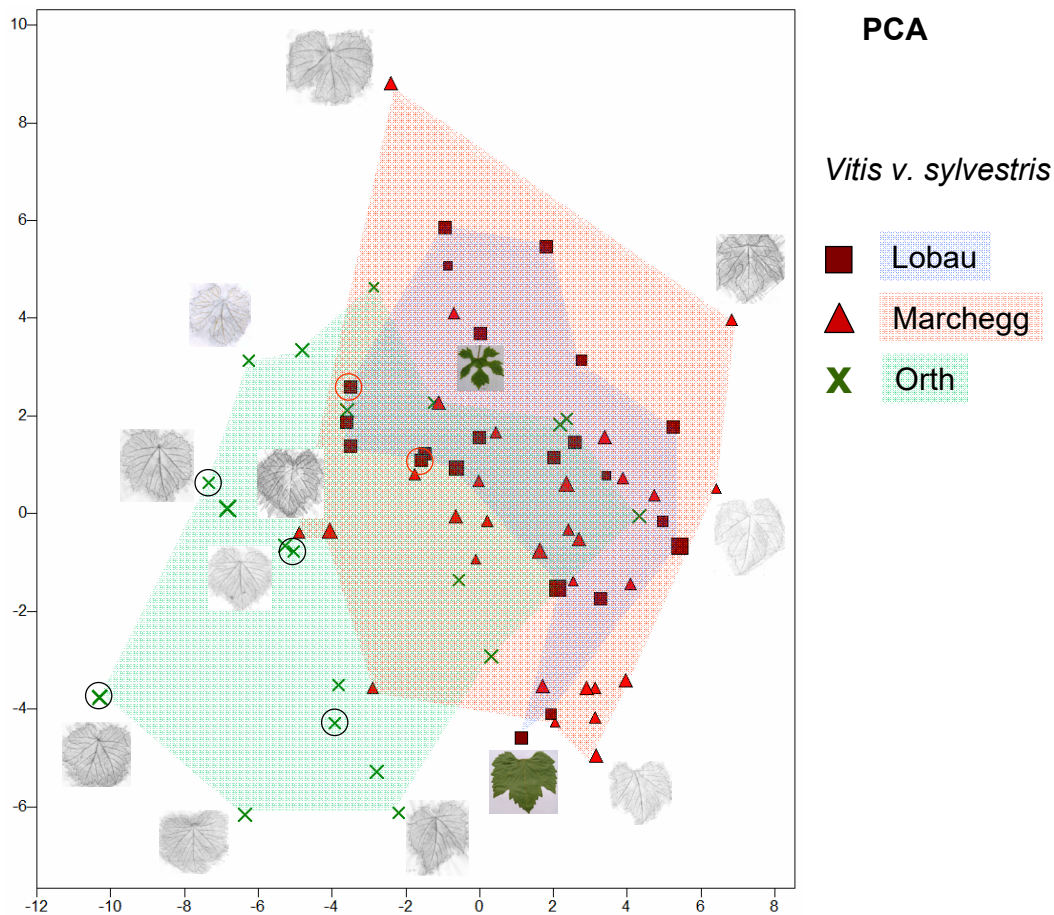


Abb. 4: Blattmorphometrischer Vergleich der untersuchten Regionen: Lobau (Donau), Orth (Donau) und Marchegg (March); dargestellt sind erste und zweite Hauptkomponente einer Hauptkomponentenanalyse. Die Individuen einer genetisch isolierten Gruppe der Region Orth sind mit einem schwarzen Kreis markiert, die einer genetisch abweichenden Gruppe der Lobau mit einem roten.

denen der beiden anderen Regionen unterscheiden. Zu jenen Individuen, die sich am stärksten unterscheiden, gehören auch die der genetisch isolierten, nur aus wenigen bekannten Individuen bestehenden, kleinen Gruppe aus Orth (Orth 1 in Abb. 5a; REGNER et al., 2004). Demnach scheint die Blatt-Biometrie zumindest teilweise die genetischen Verhältnisse widerzuspiegeln. Allerdings besteht für die immer noch deutliche genetische Unterscheidung zwischen Lobau und Marchegg (Abb. 5a) biometrisch keine Entsprechung.

Der Vergleich von *Vitis vinifera* ssp. *sylvestris* mit der Kulturrebe (Abb. 5b bis 5d) erfolgte mithilfe von vier Rebsorten, deren Blattmorphologie großteils so unter-

schiedlich ist, dass die Bereiche, die die Blätter in der PCA überstreichen, sich nur wenig überlappen. Dies gilt insbesondere für 'Chardonnay'. Der Grad der Überlappung zwischen *Vitis vinifera* ssp. *sylvestris* und der Kulturrebe ist, je nach Standort, unterschiedlich. Im Falle der Lobau und der Marchauen ist er sehr gering, während sie im Falle von Orth für drei Kulturrebsorten groß ist – lediglich 'Blauer Burgunder' und Orth zeigen praktisch keine Überschneidungen.

Könnte die Überlappung bezüglich der Blattform bei der Kulturrebe mit jener von Orth die Folge eines Hybridisierungsereignisses sein? Dafür gibt die Mikrosatellitenanalyse mit 18SSR-Markern von REGNER et

Tab. 1: Basale Öffnungswinkel der Blatteile (Mittelwerte); Wilde Wein- und Kulturrebe im Vergleich

		Blatteil I	Blatteil II	Blatteil III	Blatteil IV	Σ
Lobau (n = 22)	cos	0,774172	0,676668	0,843757	0,853035	150,58°
	Grad	39,29°	47,39°	32,44°	31,46°	
Marchegg (n = 30)	cos	0,785646	0,689154	0,840837	0,832304	151,11°
	Grad	38,22°	46,45°	32,75°	33,69°	
Orth (n = 20)	cos	0,796076	0,658492	0,826685	0,866624	150,2°
	Grad	37,25°	48,85°	34,21°	29,89°	
Kulturrebe (n = 30)	cos	0,653013	0,465568	0,801221	0,800231	185,09°
	Grad	49,23°	62,22°	36,77°	36,87°	

al. (2004) keine eindeutigen Hinweise. Zwar gibt es zwischen Kulturreben (Tab. 3 der genannten Arbeit) und Wilder Weinrebe viele Überschneidungen, was die Fragmentlänge betrifft, jedoch sind diese bei Individuen aus Orth (durchschnittlich 5,5 für die SSR Loci VVS2, MD2, MD7, MD27, VRZAG62 & VRZAG79 im diploiden Chromosomensatz; das Maximum wäre 12) nicht wesentlich häufiger als bei den anderen (5,3 für Lobau und 4,64 für Marchegg). Es handelt sich daher möglicherweise um eine Konvergenzentwicklung.

Worin bestehen die erwähnten Unterschiede in der Blattmorphologie? Um diese Frage beantworten zu können, wurden die vier in Abbildung 3 dargestellten Blatteile bezüglich ihrer relativen Fläche (bezogen jeweils auf die Blattlänge) und den proximalen (basalen) Winkel verglichen. Letzterer hat einen großen Einfluss auf die gesamte Blattgestalt, weil Blatteil III gegenüber IV um zumindest den Öffnungswinkel von IV gedreht ist, Blattbereich II zumindest um die Summe der Öffnungswinkel von III und IV und der Teil I wiederum um die Summe der drei weniger basalen Bereiche (Abb. 3). Bei der Kulturrebe ist im Gegensatz zur Aurebe die Winkelsumme aller vier Winkel für eine Blathälfte größer als 180° (Tab.1), für das gesamte Blatt daher größer als 360°. Das ist ein schönes Beispiel, wie kleine quantitative Änderungen einen qualitativen Unterschied hervorrufen können, denn für das Blatt reichen nun zwei Dimensionen nicht mehr aus! Was natürlich der Grund dafür ist, dass es zu Überlappungen und Verwerfungen der Blattoberfläche kommt.

Wie Tabelle 1 zeigt, hat generell Blatteil II den größten Öffnungswinkel. Auch der von Teil I ist größer als die sehr spitzwinkligen, der Blattspitze näher gelegenen Teile III und IV.

Tab. 2: Matrix-Rangtest zum Vergleich der Kulturrebe mit *Vitis vinifera* ssp. *sylvestris* für alle Blatteile. Die Signifikanzzahlen beziehen sich auf den Kosinus der Blattbereichsöffnungswinkel. Signifikante Unterschiede gemäß Matrix-Rangtest sind in roten Buchstaben gehalten, Signifikanzen nach dem Multiplen Mittelwertvergleich (95 % LSD) hingegen durch gelben Hintergrund dargestellt. Die Resultate stimmen in allen Fällen qualitativ überein.

	Blatteil	Lobau	Marchegg	Orth
Kulturrebe	I	0	0	0
	II	0	0	0
	III	0,002	0,001	0,098
	IV	0	0,008	0
Lobau	I		0,64	0,57
	II		0,89	0,68
	III		0,73	0,37
	IV		0,19	0,22
Marchegg	I			0,96
	II			0,55
	III			0,55
	IV			0,028

Darüber hinaus sind alle Öffnungswinkel bei der Kulturrebe größer als bei der Wilden Weinrebe. Um zu untersuchen, ob diese Unterschiede signifikant sind, wurde eine Einfache Varianzanalyse mit Multiplen Mittelwertvergleich durchgeführt. Die Testvoraussetzungen Normalverteilung und Varianzhomogenität wurden überprüft, wobei für letztere Levene's Test benutzt wurde. Als nichtparametrische Vergleichsverfahren wurden Kruskal-Wallis-Test und Matrix-Rangtest verwendet.

Die Bedingung der Varianzhomogenität war stets erfüllt, nicht jedoch die, dass die Stichproben einer normalverteilten Grundgesamtheit entstammen. Deshalb sind hier nur die Ergebnisse der nichtparametrischen Verfahren quantitativ dargestellt (Tab. 2). Es ist aber erwähnenswert, dass die korrespondierenden parametrischen bzw. nichtparametrischen Testverfahren stets qualitativ übereinstimmende Ergebnisse lieferten.

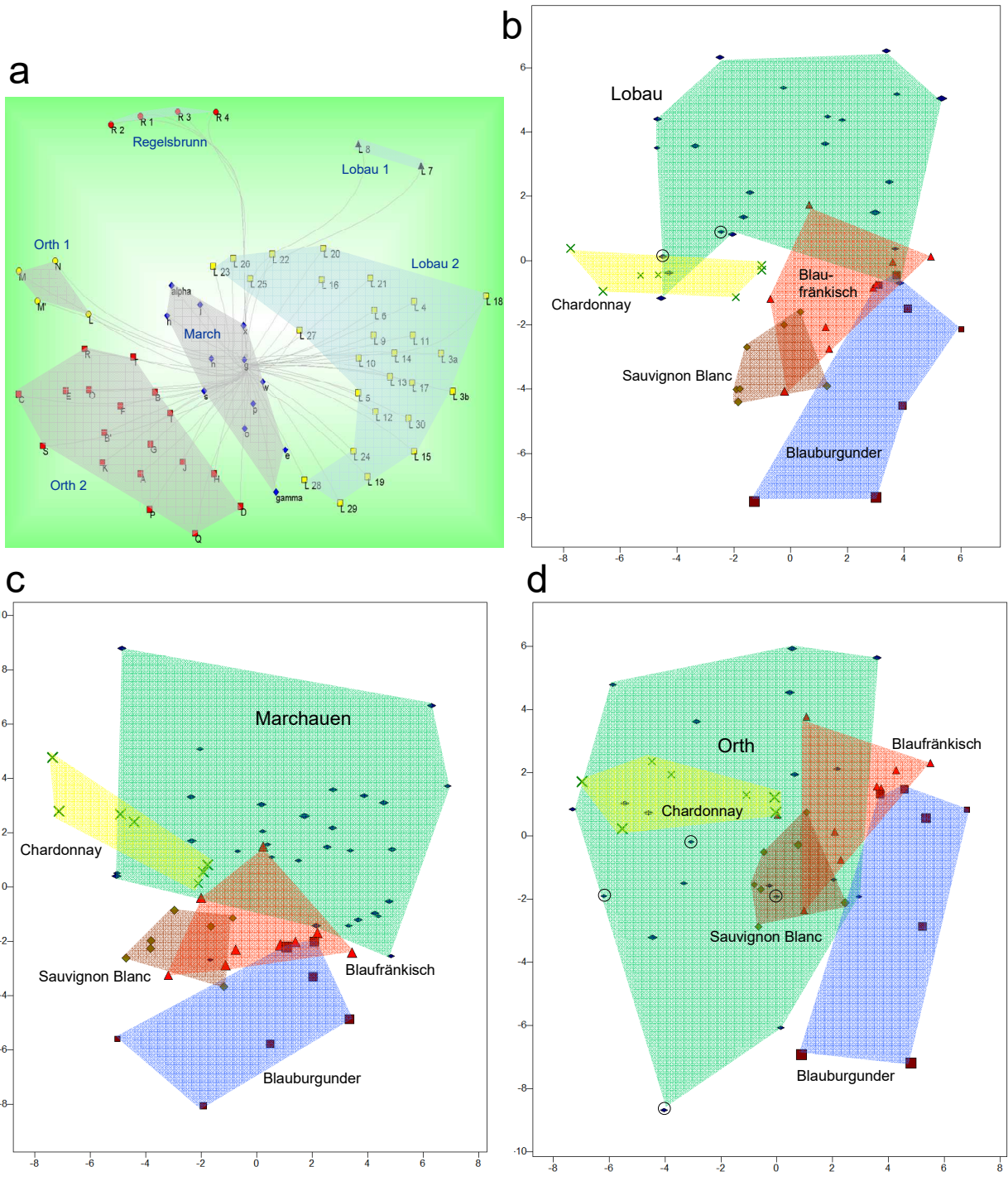


Abb. 5a bis 5d: Genetischer Vergleich, basierend auf den Daten von REGNER et al. (2004) (5a); Vergleich von *Vitis vinifera* ssp. *sylvestris* mit der Kulturrebe mittels PCA: Region Lobau (5b), Region Marchegg (5c) und Region Orth (5d). Die Individuen von genetisch isolierten Gruppen der Regionen Lobau (5b) und Orth (5d) sind mit einem Kreis markiert.

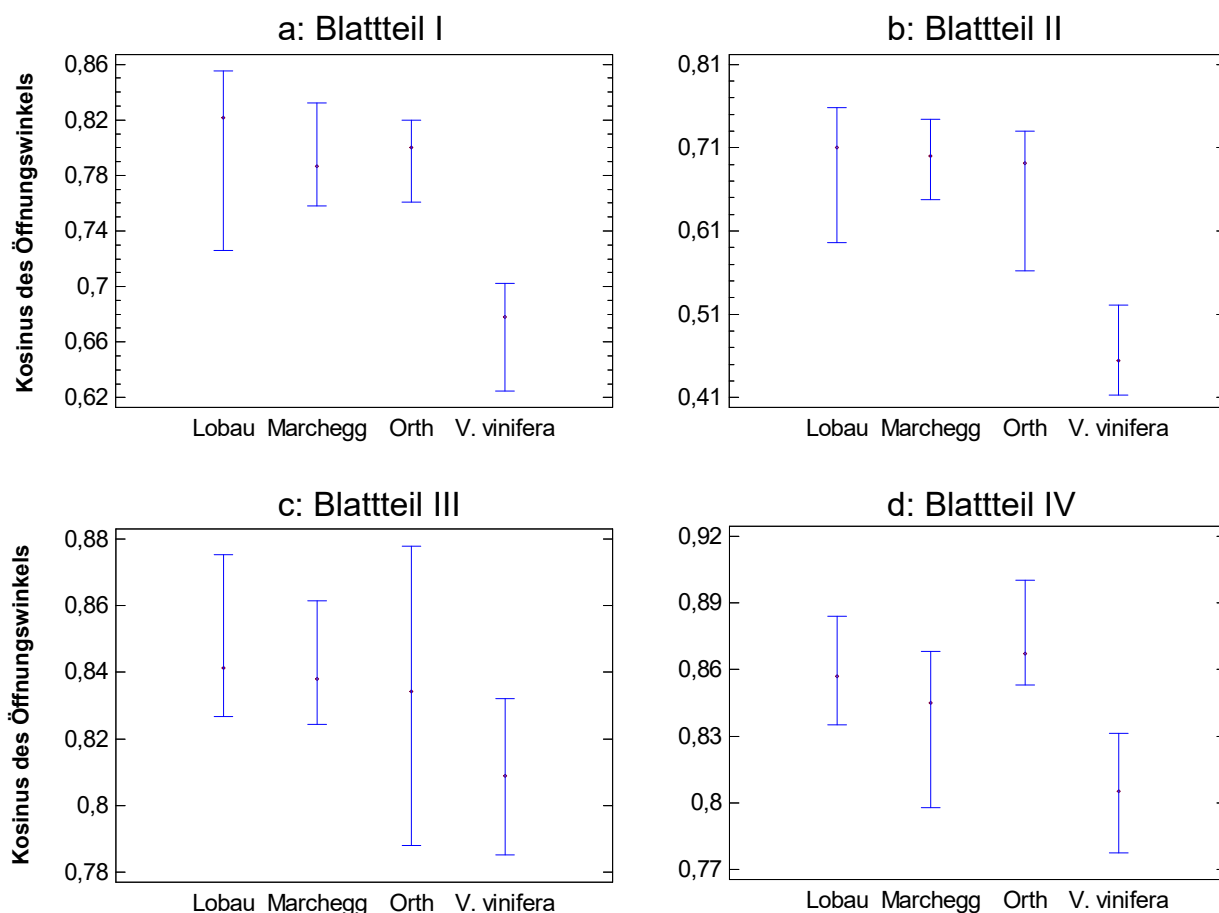


Abb. 6a bis 6d: Median und 95 %-Konfidenzintervall für den Kosinus der Blatteil-Öffnungswinkel, dargestellt für die Kulturrebe *V. vinifera* und die Wilde Weinrebe (Lobau, Marchegg, Orth); man beachte, dass ein verhältnismäßig kleiner Kosinus einem relativ großen Winkel entspricht.

Wie Tabelle 2 zeigt, unterscheidet sich vor allem die Kulturrebe signifikant in nahezu allen Blattbereichen von der Wilden Weinrebe. Dies gilt insbesondere für die basalen Blattbereiche I und II, wie auch Abb. 6a und 6b zeigen. Der Öffnungswinkel dieser Blatteile ist bei der Kulturrebe deutlich größer. Bei Blatteil III gibt es keinen signifikanten Unterschied zwischen Orth und Kulturrebe, weil hier die Werte bei Orth sehr stark streuen. Dies hängt aber nicht mit der Ausbildung von Blatteinbuchtungen zusammen, die in Orth eher selten und nur

in verhältnismäßig geringem Ausmaß beobachtet werden können¹. Zwischen Marchegg und Orth findet sich bei Blatteil IV ein signifikanter Unterschied; in Marchegg ist der Winkel in dem blattspitzennahen Bereich stumpfer als in Orth.

Für alle Blatteile bestehen laut ANOVA und Kruskal-Wallis-Test signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen untersuchter Reben.

Prinzipiell ist es naheliegend, davon auszugehen, dass ein großer Basiswinkel auch eine größere Blatteilfläche bedingt. Dies ist aber nur zum Teil der Fall.

Tab. 3: Blatteilfläche bezogen auf die Blattlänge (Mittelwerte); Wilde Wein- und Kulturrebe im Vergleich

	Blatteil			
	I	II	III	IV
Lobau (22)	122,028	674,455	912,625	1078,16
Marchegg (30)	102,164	614,411	914,068	1083,12
Orth (20)	177,439	888,158	1123,09	1060,29
Kulturrebe (30)	173,236	790,822	975,794	1361,50

¹ Nach RATHAY (1893) besteht ein Sexualdimorphismus in der Blattausbildung bei der Wilden Weinrebe; die Laubblätter der Männchen sollen eher buchtig gelappt sein und eine flachere Stielbucht aufweisen; acht der von uns untersuchten Reben aus Orth waren männlich – eine zwittrig - und sie wiesen überwiegend – wie auch die Weibchen - eine eher geringe Einbuchtung auf. Beim Vergleich der Männchen mit acht Weibchen aus Orth ergab sich mittels t-Test bzw. Wilcoxon-Mann-Whitney-Test kein geschlechtsspezifischer Unterschied bezüglich Öffnungswinkel oder Fläche der vier untersuchten Blattareale.

Die Blattbasis hat stets eine geringere Fläche als die spitzennahen Blattbereiche, wobei Blatteil I eine besonders kleine Fläche aufweist. Meist nimmt die Teilfläche von der Basis zur Spitze kontinuierlich zu, bei den Reben von Orth ist das im Mittel aber nicht der Fall; Blatteil III hat hier die größte Fläche (Tab. 3). Generell besitzt, bezogen auf die Blattlänge, Orth größere Blatteilflächen I bis III als die Kulturrebe, während Blattbereich IV bei der Kulturrebe deutlich größer ist. Die Blatteile I und II sind bei den Lobau- und Marcheggreben deutlich kleiner als bei jenen von Orth und als bei der Kulturrebe. Zur Frage nach der Signifikanz dieser Unterschiede wurden die gleichen Testverfahren verwendet wie beim Öffnungswinkelvergleich. Die Testvoraussetzungen für die nichtparametrischen Testverfahren sind abermals bezüglich der Varianzhomogenität erfüllt, aber nicht in Hinsicht auf die Normalverteilung. Deshalb sind auch hier die Resultate der nichtparametrischen Verfahren dargestellt, die aber, bis auf einen Fall, qualitativ mit jenen der parametrischen übereinstimmen (Tab. 4).

Tab. 4: Matrix-Rangtest zum Vergleich der Kulturrebe mit *Vitis vinifera* ssp. *sylvestris* für alle Blatteile (I bis IV). Die Signifikanzzahlen beziehen sich auf die Blatteilflächen relativ zu den Blattlängen. Signifikante Unterschiede gemäß Matrix-Rangtest sind in roten Buchstaben gehalten, Signifikanzen nach dem Multiplen Mittelwertvergleich (95 % LSD) hingegen durch gelben Hintergrund dargestellt. Die Resultate stimmen mit einer Ausnahme (Kulturrebe vs. Orth, Blatteil III) in allen Fällen qualitativ überein

	Blatteil	Lobau	Marchegg	Orth
V. vinifera	I	0,008	0	0,81
	II	0,087	0,001	0,15
	III	0,4	0,48	0,09
	IV	0	0	0
Lobau	I		0,26	0,008
	II		0,5	0,01
	III		0,99	0,011
	IV		0,76	0,75
Marchegg	I			0
	II			0
	III			0,02
	IV			0,72

Für drei der vier Blatteile bestehen in Hinblick auf deren Flächen laut ANOVA und Kruskal-Wallis-Test signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen untersuchter Reben. Für Blatteil III ist das aber nicht der Fall (Kruskal-Wallis P = 0,06).

In deutlicher Diskrepanz zu diesem Resultat zeigen Multipler Mittelwertvergleich und Matrix-Rangtest auch hier signifikante Unterschiede auf, und zwar zwischen Lobau und Orth sowie Marchegg und Orth. Der Multiple Mittelwertvergleich sieht auch zwischen Kulturrebe und Orth einen signifikanten Unterschied, nicht jedoch der Matrix-Rangtest.

Auffällig ist jedenfalls (Tab. 4), dass bei keinem Blatteil bezüglich der Fläche signifikante Unterschiede zwischen Lobau und Marchegg auftreten. Im basalen Blatt sind signifikante Unterschiede zwischen Lobau und Marchegg einerseits, und Orth und Kulturrebe andererseits vorhanden. Im spitzennahsten Abschnitt IV unterscheiden sich die Blätter aller Wilden Weinreben von denen der Kulturrebe: Erstere haben an der Spitze eine kleinere Blattfläche relativ zur Blattlänge. In Spitzennähe gibt es hingegen keinen signifikanten Unterschied zwischen den Gruppen von *V. vinifera* ssp. *sylvestris*.

Wir haben gezeigt, dass sich nicht nur ein deutlicher

Unterschied zwischen der Blattmorphologie der Kulturrebe und der Wilden Weinrebe der Donau- und Marchauen feststellen lässt, sondern dass auch je nach Standort signifikante Unterschiede vorhanden sind. Überraschenderweise sind die größten Diskrepanzen in

der Blattgestalt allerdings nicht zwischen den Reben der Donau- und Marchauen nachweisbar, sondern an zwei Standorten der Donauauen. Dieses Ergebnis spiegelt möglicherweise das Resultat früherer genetischer Untersuchungen der Aureben wider.

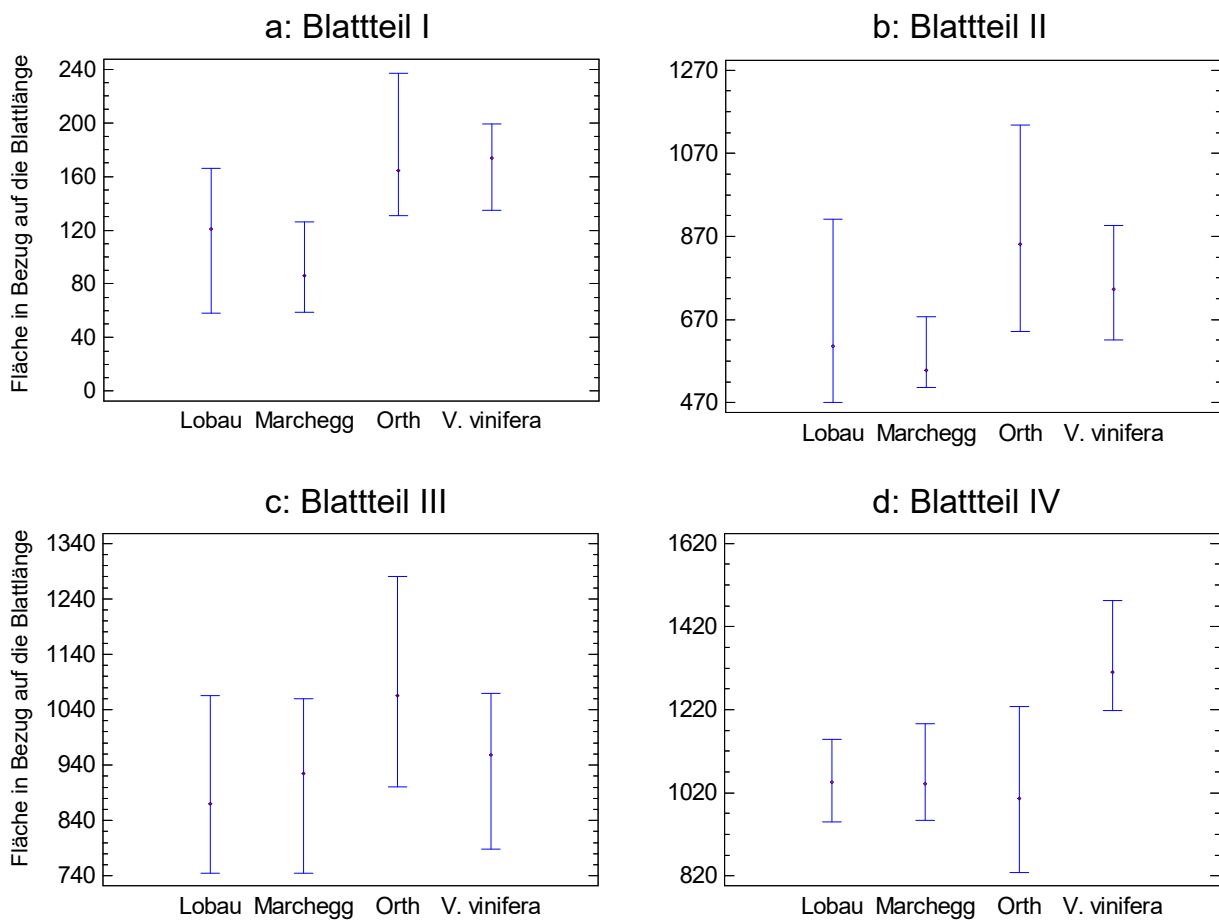


Abb. 7a bis 7d: Median und 95 %-Konfidenzintervall für die Flächen der Blattbereiche, wie sie in Abbildung 3 dargestellt sind, für die Kulturrebe *V. vinifera* und die Wilde Weinrebe (Lobau, Marchegg, Orth) im Vergleich

LITERATUR

- ARNOLD, C., GILLET, F. ET GOBAT, J.M. 1998: Situation de la vigne sauvage *Vitis vinifera* ssp. *silvestris* en Europe. *Vitis* 37: 159-170
- BIRD, R.J. AND HOYLE, F. 1994: On the shape of leaves. *J. Morphol.* 219: 225-241
- BODOR, P., BARANYAI, L., BALO, B., TOTH, E., STREVER, A., HUNTER, J.J. AND BISZTRAY, G.D. 2012: GRA.LE.D. (GRApevine Leaf Digitalization) software for the detection and graphic reconstruction of ampelometric differences between *Vitis* leaves. *S.A. J. Enol. Vitic.* 33(1): 1-6
- BODOR, P., BARANYAI, L., LADANYI, M., BALO, B., STREVER, A., BISZTRAY, G.D. AND HUNTER, J.J. 2013: Stability of ampelometric characteristic of *Vitis vinifera* L. cv. 'Syrah' and 'Sauvignon blanc' leaves: Impact of within-vineyard variability and pruning method/bud load. *S.A. J. Enol. Vitic.* 34(1): 129-137
- FREIDING, C. AND GUSSMARK, C. 2003: Vorkommen und Ökologie der Wilden Weinrebe – „*Vitis vinifera* ssp. *silvestris*“ (Gmelin) Hegi – in Österreich. Bakkalaureatsarbeit aus der VX „Schutz ausgewählter Lebensräume“ der Karl-Franzens-Universität, Graz, 2003
- GALET, P. (1990): French grapevine varieties and vineyards. *The French ampelography*, vol. 2. - Montpellier, 1990
- JACQUIN, N.J. (1762): *Enumeratio stirpium plerarumque, quae sponte crescunt in agro vindobonensi, montibusque confinibus.* - Wien, Joannis Pauli Kraus, 1762
- KIRCHHEIMER, F. 1955: Über das Vorkommen der wilden Weinrebe in Niederösterreich und Mähren. *Z. für Botanik* 43: 279-307
- LINDENMAYER, A. 1968: Mathematical models for cellular interaction in development. *J. Theoret. Biol.* 18: 280-315
- MANCUSO, S. 1999a: Elliptic Fourier Analysis (EFA) and Artificial Neural Networks (ANNs) for the identification of grapevine (*Vitis vinifera* L.) genotypes. *Vitis* 38(2): 73-77
- MANCUSO, S. 1999b: Fractal geometry-based image analysis of grapevine leaves using the box counting algorithm. *Vitis* 38(3): 97-100
- MANCUSO, S. 2001: Clustering of grapevine (*Vitis vinifera* L.) genotypes with Kohonen neural networks. *Vitis* 40(2): 59-63
- MANCUSO, S. 2002: Discrimination of grapevine (*Vitis vinifera* L.) leaf shape by fractal spectrum. *Vitis* 41 (3): 137-142
- O.I.V. (2009): 2nd edition of the OIV descriptor list for grape varieties and *Vitis* species. (<http://www.oiv.int>)
- RATHAY, E. (1893): Über die Rebe der Donauauen. Jahresbericht und Programm der k. k. önologischen und pomologischen Lehranstalt in Klosterneuburg bei Wien über die Schuljahre 1891-1893, S. 1-14. - Klosterneuburg, 1893
- REGNER, F., HACK, R., GANGL, H., LEITNER, G., MANDL, K. AND TIEFENBRUNNER, W. 2004: Genetic variability and incidence of systemic diseases in wild vines (*Vitis vinifera* ssp. *silvestris*) along the Danube. *Vitis* 43(2): 123-130
- TASSIE, L. AND BLIESCHKE, N. 2008: Ampelography: do you know what variety you are planting in your vineyard or nursery. *Austr. NZ Grapegrower Winemaker* (537): 31.
- TIEFENBRUNNER, A., TIEFENBRUNNER, M., TIEFENBRUNNER, W. AND WAHRA A. 2002: A software tool as an aid to the identification

of species of Longidorus Micoletzky, 1922 (Nematoda: Dorylaimoidea). Nematology 4(7): 845-852

TIEFENBRUNNER, W., REGNER, F., MANDL, K., LEITNER, G. AND GANGL, H. 2005: The wild vine (*Vitis vinifera* ssp. *silvestris*) in the riparian forests of Donau and March (Austria): evaluation of genetic divergence, presence of grape viruses, bacteria and soil-borne vectors. Plant Genetic

Ressources Newsletter 141: 26-32

UPOV (2008): Guidelines for the conduct of test for distinctness, uniformity and stability TG 50/9. - Geneva Switzerland, 2008 (<http://www.upov.int/edocs/tgdocs/en/tg050.pdf>)

YANNE, P., ZHANG, J. AND LI, H. 2011: Automatic grape varieties identification by computer. Bull. OIV 84(959/960/961): 5-14

Eingelangt am 11. Mai 2015