

## Untersuchungen zur Ausbildung von Kurzinternodien bei der Sorte 'Neuburger' und deren Abschwächung

Ferdinand Regner, Robert Hack, Martin Wendelin und Mathias Reichl

HBLA und BA für Wein- und Obstbau Klosterneuburg  
A-3400 Klosterneuburg, Wiener Straße 74  
E-Mail: [Ferdinand.Regner@weinobst.at](mailto:Ferdinand.Regner@weinobst.at)

Die Rebsorte 'Neuburger' nimmt unter den Rebsorten Österreichs eine mittlere Position ein, wobei eine Fläche von ca. 500 ha verfügbar ist. Aber 1999 war der Bestand noch über 1000 ha. Der Grund für den starken Rückgang ist u. a. die Symptomatik der Kurzinternodien und der Kurztriebigkeit. Die besondere Eignung der Sorte für Trockenstandorte und der autochthone Sortencharakter sind Argumente für deren Erhalt. Bei der Degeneration zur Ausbildung verkürzter Internodien werden die Abstände zwischen den Nodien der Rebtriebe von Jahr zu Jahr immer kürzer. Bei der genetisch bedingten Internodienverkürzung konnten Veränderungen vor allem im Bereich des Gibberellinhaushaltes erkannt werden. Die Veränderungen waren nicht in der DNA-Sequenz der Gene erkennbar, sondern in der Reaktion der Primer mit undefinierten Abschnitten, sodass Amplifikationsunterschiede in Form von Polymorphismus zu Tage traten. Mittels Gibberellinbestimmung wurde der Unterschied zwischen gesunden und erkrankten Stöcken darstellbar. Dabei wurde nur ein Mengenunterschied an GA44 erkannt. Die GA20-Oxidasen sind jene Enzyme, die die Bildung von GA44 katalysieren. Einige der GA20 Oxidasen zeigten Abweichungen, die mit den Kurzinternodien korrelieren. Auch bei anderen den Gibberellinhaushalt regulierenden Genen wurden Veränderungen festgestellt. Das Gesamtphänomen dürfte nicht von einer einzelnen Mutation ausgelöst werden, sondern auf einer breiteren Störung eines empfindlichen Gleichgewichts der wuchsregulierenden Substanzen beruhen. Einzelne dieser Veränderungen ließen sich mittels genetischer Marker erkennen. Für bestehende Anlagen konnte die Zufuhr von externem Gibberellin oder komplexen Düngern mit Wuchsstoffen eine Verbesserung der Situation herbeiführen. Neue Selektionen mit besonders altem Rebmateriale wurden gestartet.

**Schlagerwörter:** Kurztriebigkeit, Internodienlänge, Phytohormone, Gibberelline, Blattdüngung

**Investigations into the shortening of internodes with the variety 'Neuburger' and its reduction.** The grape variety 'Neuburger' has a middle position among Austria's grape varieties, with an area of approx. 500 ha available. Nevertheless in 1999 the stock was still over 1000 ha. The reason for the sharp decline is, among other things, the symptoms of the short internodes. The particular suitability of the variety for dry locations and the autochthonous character of the variety are arguments for its preservation. With the degeneration to the formation of shortened internodes, the distances between the nodes of the vine shoots become shorter and shorter from year to year. With the genetically caused shortening of the internodes, changes could be recognized especially in the area of the gibberellin balance. The changes did not occur in the DNA sequence of the genes, but rather in the reaction of the primers with certain sections, so that amplification differences came to light as polymorphism. The difference between sound and diseased vines was shown by means of gibberellin determination. Only one difference in the amount of GA44 could be recognized. The GA20 oxidases are the enzymes that catalyze the formation of GA44. Some of the GA20 oxidases showed deviations that correlate with the short internodes. Changes were also found in other genes that regulate the gibberellin balance. The overall phenomenon should not be provoked by a single mutation, but rather be based on a broader disruption of a sensitive balance of growth substances. Some of these changes could be identified using genetic markers. For existing plantations, the addition of external gibberellin or complex fertilizers with growth substances could improve the situation. New selections with particularly old vine material were started.

**Keywords:** short shoots, length of internodes, phytohormones, gibberellin, leaf fertilization

Die Rebsorte 'Neuburger' nimmt unter den Rebsorten Österreichs eine noch wichtige Position ein. Zwar ist nur mehr eine Fläche von ca. 500 ha verfügbar, während es 1999 noch über 1000 ha (Bauer et al., 2013) waren. Aber auf Grund der besonderen Eignung für kalkreiche Trockenstandorte und des autochthonen Charakters erhält diese traditionelle Sorte mehr Aufmerksamkeit, als die Flächenausdehnung im Moment widerspiegelt ([www.weinausoesterreich.at](http://www.weinausoesterreich.at)). 'Neuburger' ist auch eine Sorte, die mit der globalen Erwärmung, insbesondere ungleichmäßiger Wasserversorgung besser zurechtkommt als andere Rebsorten (HBLA Klosterneuburg, 2021). Der starke Rückgang der Fläche ist vor allem auf das Phänomen der Kurzinternodien zurückzuführen. Dabei werden die Internodien der Rebtriebe von Jahr zu Jahr immer kürzer, und die Fruchtbarkeit nimmt ab. Gescheine verrieseln und fallen ab bzw. bilden sich zu kleine und sehr kompakte Trauben, die während der Reife leicht verfaulen (Anonym, 2020). Letztendlich degeneriert der Rebstock so weit, dass er keinen Ertrag mehr bringt und das Rebholz nicht vollständig ausreift. Die stark betroffenen Stöcke verlieren zunehmend an Vitalität, sterben dann meist über einen kälteren Winter ab. Auf Grund der Untersuchungen konnte ein heterogenes Bild der Symptomatik gewonnen werden. Es gibt folglich mehrere Ursachen, warum sich Kurzinternodien ausbilden (Rives, 2000). Um die genetisch bedingte Ausprägung verstehen zu können, braucht es eine präzise Abgrenzung. Die Voraussetzung für eine korrekte Zuordnung der Krankheit ist eine harmonische Nährstoffversorgung und Freiheit von pfropfübertragbaren Krankheiten. Nur so kann dieses Phänomen näher untersucht werden (Regner, 2005). Verkürzte Internodien auf Grund von genetischen Defekten im Wuchsstoffhaushalt konnten mehrfach belegt werden (Boss and Thomas, 2002; Guillaumie et al., 2020). Wie kommt es, dass bei vielen Anlagen nur einige Stöcke betroffen sind, bei anderen jedoch jeder Stock? Außerdem gibt es Stöcke, die im Sommer unter klimatisch günstigen Bedingungen normale Triebbildung an ursprünglich gestauchten Trieben zeigen. Und warum gibt es Stöcke, wo die Symptome wieder verschwinden können, während sich bei den meisten Reben

eine Abwärtsspirale der Vitalität entwickelt? Diese Fragen ergaben sich bei der Analyse der Kurzinternodien-Degeneration bei 'Neuburger'. Dabei ist davon auszugehen, dass bereits eine Chimäre (Fernandez et al., 2006) vorliegt und im Laufe der weiteren Entwicklung das Gewebe mit dem genetischen Defekt stärker in Erscheinung tritt. Die HBLAuBA Klosterneuburg hält bei 'Neuburger' eine umfangreiche Typensammlung, und es konnten Typen definiert werden, die kein Potential in Richtung Kurzknötigkeit zeigen. In Kooperation mit dem Verband der österreichischen Rebveredler (VÖR) wurden weitere Neuburger-Genotypen untersucht, die nach langjähriger Beobachtung als symptomfrei galten. Allerdings haben sich bei einem guten Teil der Selektionen im Projektverlauf Stöcke mit Kurzinternodien entwickelt. Um eine verlässliche Prognose in Hinblick auf Stabilität des Wuchses abgeben zu können, erscheint es aber nötig, den bzw. die genetischen Defekte (Peng et al., 1999) zu finden und zu definieren. Allerdings war von Beginn an auch klar, dass dies kein einfaches Unterfangen ist und dass es sich um komplexe Wechselwirkungen handeln kann (Hempel et al., 2000; Peng et al., 1997). Es war und ist auch realistisch, dass es sich um mehrere Defekte handeln kann, die erst durch ihr Zusammenwirken den Krankheitsverlauf auslösen. Primär wurden jene Gene mit molekularen Markern untersucht, die eine Relevanz für das Streckungswachstum und insbesondere den Gibberellinhaushalt zeigen (Boss and Thomas, 2002). Dabei werden Gensequenzen von anderen Pflanzen, wie z. B. von *Arabidopsis thaliana* (Barboza-Barquero, 2014), aber auch so weit wie verfügbar von Rebe (Giacomelli et al., 2013) herangezogen, um Mutationen aufzuspüren (Acheampong et al., 2015). Verschiedene Technologien wie Tilling (Bradley et al., 2003) oder SNP-Detektion (Neff et al., 1998) sowie Sequenzieren wurden eingesetzt, um Abweichungen in der DNA zu erkennen. Bei Mangel an Sequenzmutationen wäre zu klären, ob es auch epigenetische Effekte gibt, die durch Methylierungen oder andere Veränderungen ausgelöst werden (Schellenbaum et al., 2008). Angestrebt wurde die Entwicklung von spezifischen Markern zur

Erkennung der genetischen Veränderungen, die zur Kurzinternodien-Degeneration führen. Selektion mittels genetischer Marker hat schon Eingang in die Rebenzüchtung gefunden (Marguerit

et al., 2009) und wird in Zukunft noch größeren Stellenwert bekommen. Insbesondere jene Marker, die eine enge Koppelung zu einer Eigenschaft aufweisen, werden für die Selektion unverzichtbar werden. Die wesentlichen Ziele der Untersuchungen waren das Erkennen der Ursachen für die Kurzinternodien bei der Sorte 'Neuburger', die Entwicklung von Markern und Werkzeugen für die Diagnose der Krankheit, um eine bessere und gezielte Selektionstätigkeit durchführen zu können. Der wirkliche Vorteil für den heimischen Weinbau ergibt sich dann in Form von neuen sicheren Klonen der Sorte 'Neuburger'. Doch um schon bestehende Anlagen mit symptomatischen Stöcken produktiv zu erhalten, wurden auch Bekämpfungsstrategien erprobt.

## Material und Methoden

### Versuchsfläche und agrarische Daten

Es wurden Genotypen aus zwei Typensammlungen untersucht. Die Rebanlage der HBLA und BA Klosterneuburg befindet sich am Bisamberg in der Riede "In den Mailbergen" in der Gemeinde Langenzersdorf an der Grenze zu Wien im Weinbaugebiet Weinviertel und war zu Versuchsbeginn im siebenten Standjahr. Der Boden kann als Sandsteinmergel klassifiziert werden. Konkret handelt es sich um einen Braunerdeboden mit hohem Tonanteil in allen Horizonten. Er ist schwach alkalisch, und der pH-Wert beträgt zwischen 7,5 und 7,8. Der Kalkgehalt und die Kalkaktivität sind hoch. Der Boden hat einen hohen Humusgehalt von 3,5 %. Folgende Nährstoffversorgung ist laut Bodenuntersuchung gegeben: Phosphor: hoch; Kalium: sehr hoch (ohne Abzug der Fixierung); Magnesium: ausreichend; Eisen, Mangan, Zink, Kupfer und Bor: mittel. Jedenfalls war auf dem Standort kein Nährstoffmangel erkennbar. Die Sammlung der VÖR-Typenselektion

steht in Brunn am Gebirge in einer Anlage an der Alois Raminger Straße. Der Boden ist ein Braunerdeboden auf Löss und tiefgründig. Es handelt sich ebenfalls um einen sehr wüchsigen Boden, und die Hangneigung gegen Südosten beträgt ca 20 %. Die Anlage am Bisamberg wird nach IP-Richtlinien bewirtschaftet, und die Anlage in Brunn nach biologischen Grundsätzen. Eine weitere Versuchsfläche wurde in Gols, Riede "Hofacker", im Rahmen einer Diplomarbeit betrieben. Dort steht der 'Neuburger' auf karbonathaltiger Feuchtschwarzerde (Tschernosem) über Schotter, eigentlich auch ein sehr fruchtbarer Boden, und wird nach den Leitlinien der Integrierten Produktion bewirtschaftet. Diese Anlagen dienen einerseits als Quelle für Rebmateriale für die biochemischen bzw. genetischen Untersuchungen. Andererseits erfolgten auf Teilflächen die dargestellten Bekämpfungsmaßnahmen.

### Applikationen

Zur Anregung des Wuchses und zur Vermeidung der Ausbildung von Kurzinternodien wurden in den Jahren von 2017 bis 2019 verschiedene Substanzen auf ausgewählte Rebstöcke ausgebracht. Da Kurzknötigkeit auch bei Zinkmangel auftritt, wurde mit Zinkchelat (Intermag GmbH, Olkusz, Polen) versucht, ein verbessertes Streckungswachstum zu erzeugen. Andererseits wurden Gibberellin (Gibb3; Globachem, Sint Truiden, Belgien) Basfoliar Aktiv (Blattdünger; Compo, Münster, Deutschland), Super Fifty (Blattdünger; Biohelp, Wien, Österreich) und Sojall Vitana (Pflanzenstärkungsmittel; Pro Natura GmbH, Oberndorf, Österreich) eingesetzt. Zinkchelat wurde 0,2 %, Sojall Vitana 0,5 %, Gibberellin in zwei Stufen, nämlich als niedere (L = 10 mg/l) und als hohe Konzentration (H = 100 mg/l), Basfoliar mit 1 % und Super Fifty mit 0,5 % Lösung verwendet.

Die Applikation der Substanzen am Bisamberg erfolgte 2017 an drei Terminen im Abstand von ca. einer Woche ab BBCH 5. An allen Reben inklusive der Kontrolle wurde der betriebsübliche Pflanzenschutz fortgesetzt. Die Kontrollvariante bekam keine zusätzliche Behandlung. Die Lösung wurde mit dem Benetzungsmittel Wetcit 0,05 % (Biohelp, Wien, Österreich) versehen und mittels Handspritze ab dem 5-Blatt-Stadium ausgebracht. Appliziert wurde mit einer 2 l-Handspritze der Firma Solo (Solo 402; SOLO Kleimotoren GmbH, Sindelfingen, Deutschland). In Abbildung 1 sind die Befallsstärken der Rebstöcke dargestellt, die für den Versuch aus den Selektionen am Standort Bisamberg bonitiert wurden. Dabei wurden zehn Stöcke pro Selektion bonitiert. Die Symptome zeigten sich in Form von schlechtem Wachstum, verkürzten Internodien, Zickzack-Wuchs, gespaltenen Trieben (abnormer Vergabelung) und Verbänderung der Triebe. Die Einstufung der Symptome am Trieb erfolgte nach der Stärke der Stauchung und wurde mit 1 = für schwache Symptome, 2 = für mittlere Symptome und 3 = für schwere Symptome festgesetzt. Allerdings ergaben sich auch Übergangswerte, wie z. B. ein Wert zwischen 2 und 3, der als 2,5 gewertet wurde. Reben ohne Symptome wurden mit 0 bewertet. Die Durchschnittswerte einer Gruppe (Abb. 1) können daher zwischen 0 und 3 liegen. Es wurden fünf Bonituren im Verlauf der Vegetationsperiode zur Bewertung der Triebentwicklung vorgenommen. Mit den positiven Reaktionen des Tastversuches wurde ein Folgeversuch geplant. Die Behandlungsvarianten 2018 am Bisamberg waren: unbehandelte Kontrolle, Basfoliar Aktiv 1 % und Super Fifty 1 %, Gibberellinsäure (GA3) (L) 10 mg/l bzw. Gibberellinsäure (GA3) (H) 100 mg/l. Fünf ausgewählte kranke Rebstöcke verschiedener Selektionen wurden mit insgesamt 500 ml Brühe behandelt. Die zweite und dritte Behandlung folgten im Wochenabstand. Die Bonitur erfolgte wie 2017. Die Unterschiede in der Triebentwicklung wurden mit einem Mediantest bestätigt. Auf der Versuchsfläche in Gols wurden 2019 drei Varianten getestet. Eine dreimalige Behandlung mit GA3 (10 mg/l) (Gibb3), Rückschnitt ins alte Holz (Entfernen des Kordons) und eine Kombination dieser beiden Varianten. Der Rückschnitt wurde bereits im Winter davor durchgeführt. Beim Rückschnitt wurde der Stock ca. 20 bis 30 cm unter dem Kopf

abgeschnitten. Der Austrieb am Stamm wurde auf zwei bis vier Triebe reduziert. Die Applikationen erfolgten am 27. April, am 11. Mai und am 4. Juni 2019, wobei die unregelmäßigen Abstände auf die feucht-kühle Witterung im Mai zurückzuführen waren. Pro Stock wurden 300 ml GA3-Lösung ausgebracht. Nach dem Austrieb wurde die erste Behandlung im 3- bis 5-Blatt-Stadium durchgeführt. Es wurde das Netzmittel Proagro 0,03 % (Belchim, Londerzeel, Belgien) zugesetzt und gut gemischt. Die Applikation fand mit einer Lochmann RA 15/28 Gebläsespritze Lechler IDK 90-025 C und Flachstrahlinjektordüsen (Lechler, Metzingen, Deutschland) statt. Bei der Auswahl der Behandlungstage wurde darauf geachtet, dass es niederschlagsfrei blieb. Es wurde vor (März) und nach (November) den Applikationen eine Triebbonitur durchgeführt. Zusätzlich wurde noch eine Traubenbonitur im September durchgeführt, um festzustellen, ob die Behandlung mit GA3 Auswirkungen auf die Traubengröße und bzw. oder auf die Traubendichte sowie die Internodienlänge (Wendelin, 2020) hatte. Die Bonitur der Triebe erfolgte ebenfalls in vier Intensitätsstufen. Die Daten waren nicht normalverteilt, und deswegen wurde die Statistik mit einem Kruskal Wallis-Test und paarweisem Vergleich nach Mann-Whitney ausgeführt.

### Gibberellin-Analyse

Von jeweils zehn Rebstöcken verschiedener Selektionen ohne Symptome und mit Kurzinternodien wurden Proben gezogen und sofort mittels flüssigem N<sub>2</sub> eingefroren. Die Reben befanden sich in der Entwicklung zwischen BBCH 13 und 15. Die Extraktion und Probenaufbereitung wurde nach Urbanova et al. (2013) ausgeführt. Die Anreicherung erfolgte über zweifache Phasenextraktion, die Auftrennung der verschiedenen Gibberelline über UPLC und die Quantifizierung mittels Massenspektrometrie. Es wurden folgende GA-Verbindungen analysiert: GA1, GA3, GA4, GA5, GA6, GA7, GA8, GA9, GA19, GA20, GA24, GA29, GA34, GA44, GA51 und GA53. Dabei wurde eine Sensitivität erreicht, mit der Femtomol von bestimmten Gibberellinen nachgewiesen werden konnten. Die Daten wurden mittels Kolmogoroff-Smirnoff-Test auf Normalverteilung überprüft und dann mit einem T-Test berechnet.

## Genvergleich

Aus Einzelstöcken der Selektionen vom Standort Bisamberg und Brunn/Gebirge wurde DNA präpariert und für PCR-Reaktionen eingesetzt (Regner und Hack, 2017). Dabei wurden gezielt Reben ausgewählt, die entweder symptomfrei oder symptomatisch waren. Mittels PCR wurden Abschnitte bestimmter Gene aus Rebe oder anderen Modellpflanzen (Blaquez et al., 2000) abgetastet, um die Regionen zu lokalisieren, die durch mögliche Mutationen an der Stoffwechseleränderung beteiligt sein könnten. Dabei wurden folgende Genabschnitte untersucht: GAI-1 (Boss und Thomas, 2002), die Gibberellin-Oxidase von GA2, GA3- und GA20-Oxidase (Giacomelli et al., 2013) sowie GA5-Oxidase aus *Arabidopsis th.* (Barboza-Barquero, 2014). Alle in Tabelle 1 angeführten Primer wurden verwendet, um die Gib-

berellin-Oxidase zu untersuchen. Der Stoffwechsel der Gibberelline ist hoch komplex, und es gibt zahlreiche Faktoren, die an der Aktivierung bzw. Regulierung des GA-Haushaltes beteiligt sind. So wurden auch die Gene VvGID 1, VvDella, VvSLY1 entwickelt und mit den Primern von *Acheampong et al.* (2015), RLG1, 2 und 3 (Tyler et al., 2004) auf Mutationen untersucht. Ein wesentlicher Faktor im Wuchsverhalten sind die CLF-Gene (Kim et al., 1998), die wegen einer Verbindung zu Reben mit gestauchtem Wuchs (Guillaume et al., 2020) ebenfalls analysiert wurden. Außerdem sind auch homeobox-Gene (Watillon et al., 1997) und Knox-Gene (Tvorogova et al., 2013) an der Reaktion der Gibberelline beteiligt. Auch für diese Gene wurden Primer entwickelt und nach Mutationen gesucht. Die erfolgreichen Marker, welche Polymorphismen zeigten, wurden mittels Kreuztabelle auf ihre Sensitivität und Spezifität überprüft.

Tab. 1: Primer für GA-Oxidase aus Rebe

Locus	Primer F	Primer R
VVGA2ox1	GCAAATCCACCACATTATTCC	CCGTCCTCTCAAACCTGGCTA
VVGA2ox2	GAATGGTCGTCAGCAGTTG	TTTTCTCAAAGAGCCCAAGC
VVGA2ox3	GGGTGTCTTCTCTAAACCAGCA	AATGGCTCTCCTCTCCTTCC
VVGA2ox4	CAGCTAGGGGACCGAAGGT	CACTCTTGAGCTTCCTTGCC
VVGA2ox5	TGGTGGTTCCTTCTCCATTC	GCGGCGGTCTCCTAATCT
VVGA2ox6	TGGAATCAGAGCCACCATT	TTGAAAGCCCTACCTTGTC
VVGA2ox7	ACTCGGACCCACCATTGTA	CATCCTCTTGAACTGCTGTC
VVGA3ox1	ACCCTCTCCACCTCAATCAC	GGGCATACACAGCCGAACTA
VVGA3ox2	CCTCCGTTTCTTCTACCTG	TGCCTTCTCCTTGCTTTT
VVGA3ox3	CACTGGGAATCAACAAAGAAGA	GGCATCCTAACTAATGAAAGAGC
VVGA20ox1	CCTCCCCTGAAGCCCCTA	TTGAAGCCAGTTTGAGAAGACA
VVGA20ox2	AAGGAAGTGTGGTTTTGACTC	TTTGAGATGAGAGACGCCATT
VVGA20ox3	ATGTCTATAGTTTGTGTCGAAGG	TTACACCGCTTCAGCTGTTTTC
VVGA20ox4	CCATCGGAGGAGAAGCAT	TTGGGTGAAGTCTAAAAGTTGTTT
VVGA20ox5	AGGCCCAAGCTATGTGTTA	GAGGGCAGTTTTACCCACAA
VVGA20ox6	GCTCCTGTGCCCTCCATT	CGAAGCAATCAACTCTCTT
GA20ox1-2	GGGCCGTTTCCACCGTGCATACG	CCACACCCACAACCATAGCCGTGG
GA20ox3-2	GATGAGATTGGACTGATGATGGGG	GCTGCTGATCGATGGTCTGCATAT

Tab. 2: Primer aus dem GAI/Della-Komplex

<b>Locus</b>	<b>Primer F</b>	<b>Primer R</b>
CRP/GAI-AT	CCACGCGTCGACTAGTAC	GCGGAGGAGATACGTATACT
CRP/RGL1	CCACGCGTCGACTAGTAC	GACGAGAATTGAATCGGAGT
CRP/RGA-AT	CCACGCGTCGACTAGTAC	ATCATGCTCGAGTCCTGATT
CRP/GA4	CCACGCGTCGACTAGTAC	CTCACATACCTGACTTCAC
RGL2	CACGGCGGAGACGGACGT	CCCGGTTTCAGGCGAGTC
RGL3	CCGGATTCATCCTCCGC	CTCGGTATCACAAACACCA

## Ergebnisse

### Applikationen

Ziel dieses Versuches war es, die Kurzinternodien bei Reben der Sorte 'Neuburger' durch den gezielten Einsatz von Blattdünger, Phytohormonen oder Pflanzenstärkungsmitteln zu überwinden oder abzuschwächen. Die Symptome der betroffenen Reben zeigten sich in Form von geringerem Wuchs, verkürzten Internodien, Zickzack-Wuchs und anderen Anormalitäten. Für jede Variante 2017 wurden drei kranke Rebstöcke ausgewählt. Die Boniturdaten der Behandlung 2017 am Bisamberg zeigten bereits nach der zweiten Applikation eine leichte Verbesserung der Internodienlänge in den GA3-Varianten (Abb. 2). Eine Verbesserung war auch in den unbehandelten

Varianten auf Grund des Wuchsfortschrittes bemerkbar. Die Stöcke der Varianten Sojall Vitana und Zn-Chelat blieben in ihrer Entwicklung stecken und veränderten sich kaum. Eine Woche nach der dritten Applikation zeigten sich die Varianten Sojall Vitana, Zn-Chelat und GA3(H) unverändert. In der Variante mit GA3(L) kam es zu einer weiteren Abnahme der Befallsstärke. Auf Grund der geringen Stockanzahl wurde von einer Verrechnung Abstand genommen, aber ein Folgeversuch für 2018 geplant. Im zweiten Versuchsjahr (2018) wurden zusätzlich zu den Gibberellin-Behandlungen auch komplexe Dünger wie Basfoliar Aktiv und Super Fifty erfolgreich eingesetzt. Damit konnten die Kurzinternodien zumindest abgeschwächt werden (Abb. 3). Es wurden vier Boniturdurchgänge von Mai bis Anfang August durchgeführt. Alle Behandlungsmethoden erbrachten gegenüber der Kontrolle eine Abschwächung der Symptome.



Abb. 1: Die Befallsituation (Einstufung 0 bis 3) der einzelnen Neuburger-Selektionen (Durchschnitt aller Stöcke einer Selektion), Standort Götzhof. Die stärksten Symptome entwickelten Reben der Selektion B 36 St.18, aber auch vom Klon A5-1. Die Selektionen A 266 und A 318 waren symptomfrei.

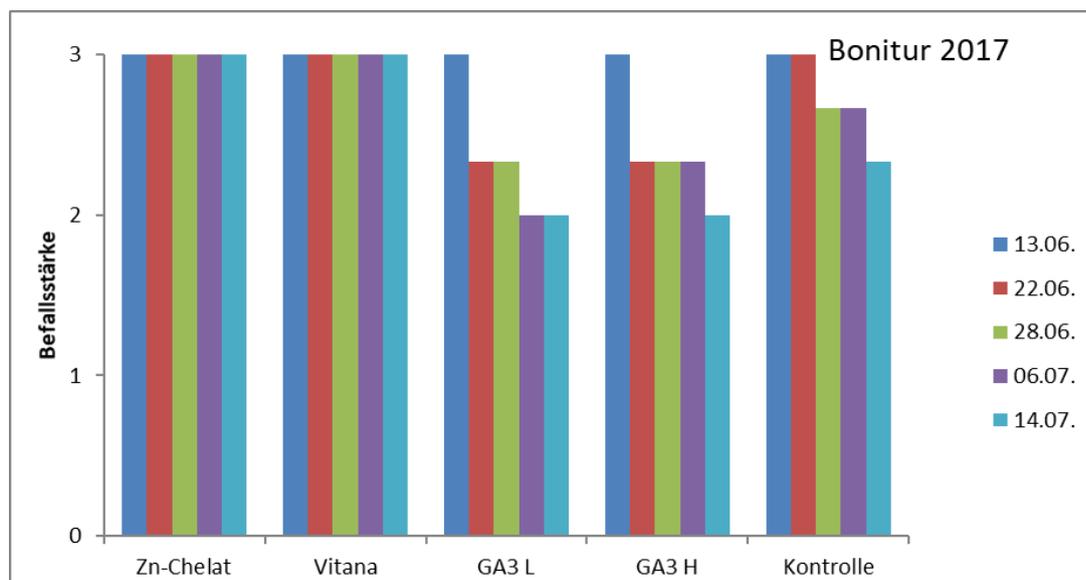


Abb. 2: Veränderung der Kurzinternodien nach Behandlung mit verschiedenen Substanzen 2017 zu fünf Boniturzeitpunkten am Standort Bisamberg

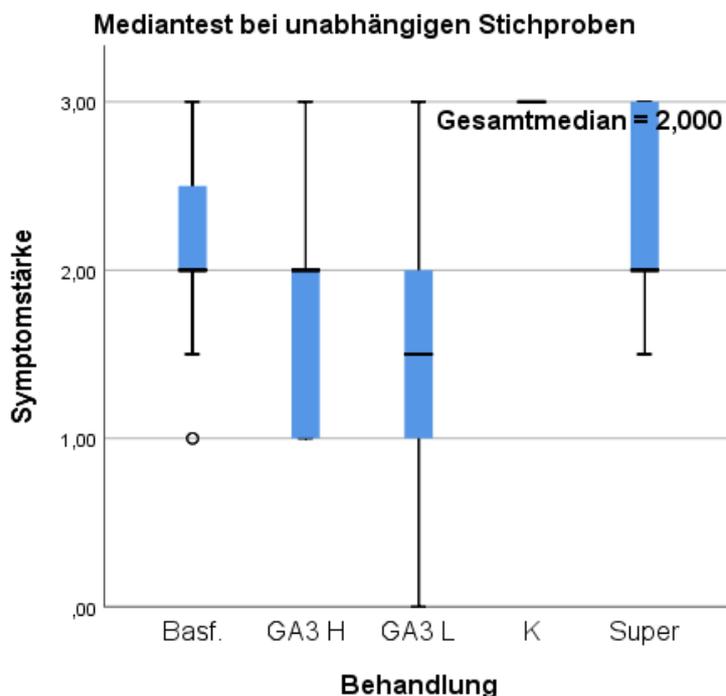


Abb. 3: Veränderung der Kurzinternodien nach Behandlung mit GA3 (L- und H-Konzentration) zu vier Boniturzeitpunkten und Spezialdünger (Basfoliar, Super fifty) 2018 am Standort Bisamberg

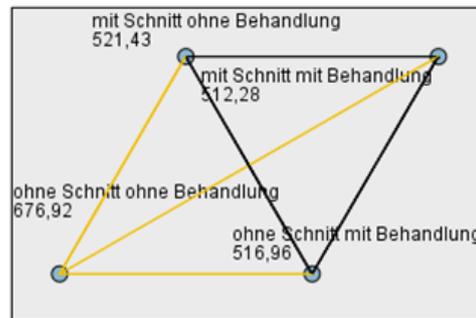
In der Anlage in Gols stellte sich heraus, dass die Faktoren "Zeitpunkt" ( Bonitur vor und nach der Vegetationsperiode 2019) sowie "Behandlung und Zeitpunkt" signifikante Unterschiede ergaben (Abb. 4). Weiters ist zu erkennen, dass alle drei Varianten bei der Bonitur im November 2019 besser abschnitten als die Kontrollvariante. Das bedeutet, dass die Behandlung mit GA3 eine Verringerung der Symptomatik der Kurzinternodien ergab (Tab. 3). Dabei ergab sich bei der Kontrolle eine starke prozentuelle

Zunahme der Symptome. Bei den behandelten Stöcken hingegen schwächten sich bei 86 Stöcken die Symptome ab. Dennoch konnte auch bei 23 Stöcken eine Zunahme der Symptome beobachtet werden. Die Traubenbonitur ergab, dass die Behandlung mit Gibb3 keinen Einfluss auf die Traubendichte hatte. Die Größe der Trauben nahm bei der behandelten Variante zu, sodass weniger kleine Trauben und mehr mittelgroße Trauben entstanden.

Tab. 3: Anzahl der Rebstöcke in den verschiedenen Varianten und deren Wirkung. Es wurden Zunahme (Symp. +), Abnahme (Symp. -) und stabiler Zustand beobachtet.

Variante	Stockanzahl	Symp. +	Symp. -	stabil
Rückschnitt	37	7	3	27
Rück.+Beh.	47	3	4	40
Behandlung	555	23	86	446
Kontrolle	579	189	3	387

**Paarweise Vergleiche von Variante**



Jeder Knoten enthält den durchschnittlichen Stichprobenrang Variante.

Stichprobe1-Stichprobe2	Test-statistik	Std. Fehler	Standard Test-statistik	Sig.	Angep. Sig.
mit Schnitt mit Behandlung-ohne Schnitt mit Behandlung	-4,688	48,637	-,096	,923	1,000
mit Schnitt mit Behandlung-mit Schnitt ohne Behandlung	-9,156	70,241	-,130	,896	1,000
mit Schnitt mit Behandlung-ohne Schnitt ohne Behandlung	-164,646	48,496	-3,395	,001	,004
ohne Schnitt mit Behandlung-mit Schnitt ohne Behandlung	4,468	54,341	,082	,934	1,000
ohne Schnitt mit Behandlung-ohne Schnitt ohne Behandlung	-159,959	19,260	-8,305	,000	,000
mit Schnitt ohne Behandlung-ohne Schnitt ohne Behandlung	-155,491	54,214	-2,868	,004	,025

Jede Zeile testet die Nullhypothese, dass die Verteilungen von Stichprobe 1 und Stichprobe 2 gleich sind. Asymptotische Signifikanzen (2-seitige Tests) werden angezeigt. Das Signifikanzniveau ist ,05.

Abb. 4: Paarweiser Vergleich der verschiedenen Behandlungen mit durchschnittlichem Stichprobenrang sowie Prüfung auf Signifikanz

Auf Grund der Datenlage wurde ein Kruskal-Wallis-Test ausgeführt. In paarweisen Vergleichen der Varianten nach Mann-Whitney konnten signifikante Unterschiede erkannt werden. Bei diesen Vergleichen stellte sich heraus, dass sich die Paare "Rückschnitt ins alte Holz mit Behandlung"

zu "normalem Schnitt ohne Behandlung", "normaler Schnitt mit Behandlung" zu "normaler Schnitt ohne Behandlung" und "Rückschnitt ins alte Holz ohne Behandlung" zu "normaler Schnitt ohne Behandlung" signifikant mit einem Signifikanzniveau von  $\alpha \leq 0,05$  unterscheiden.

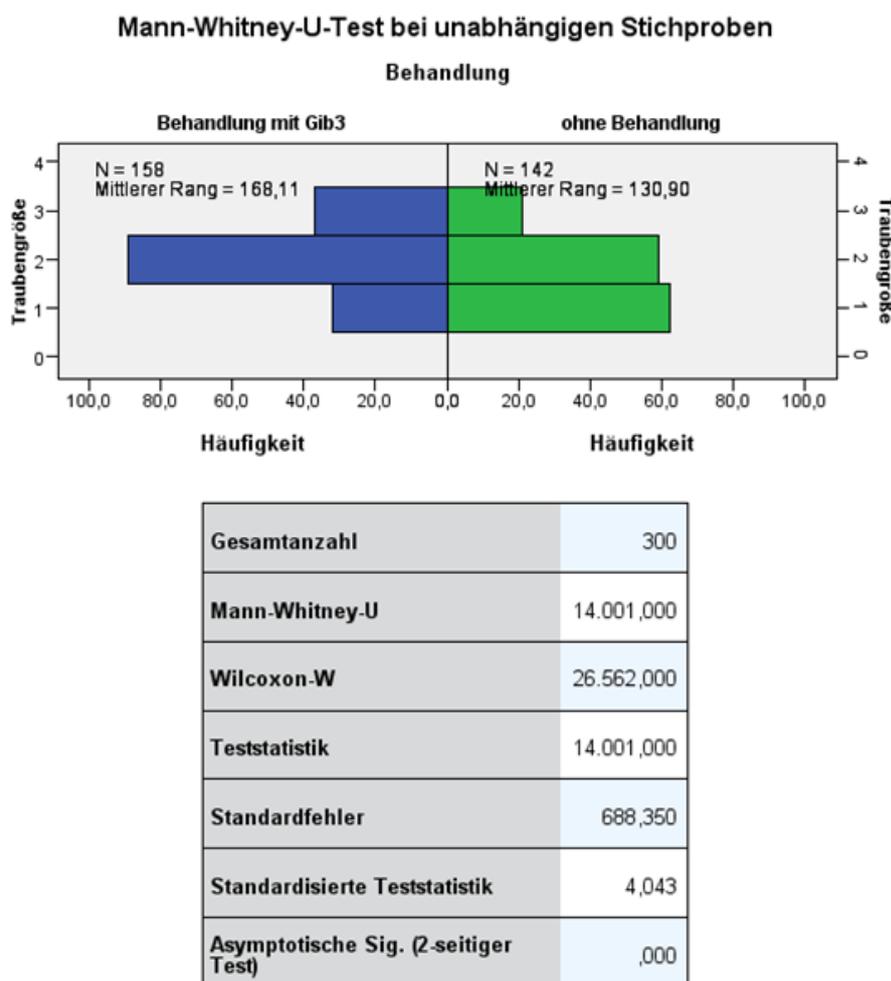


Abb. 5: Vergleich der Traubengröße aus der GA3-Behandlungsvariante und der unbehandelten Kontrolle sowie Prüfung auf Signifikanz mit Mann-Whitney-Test

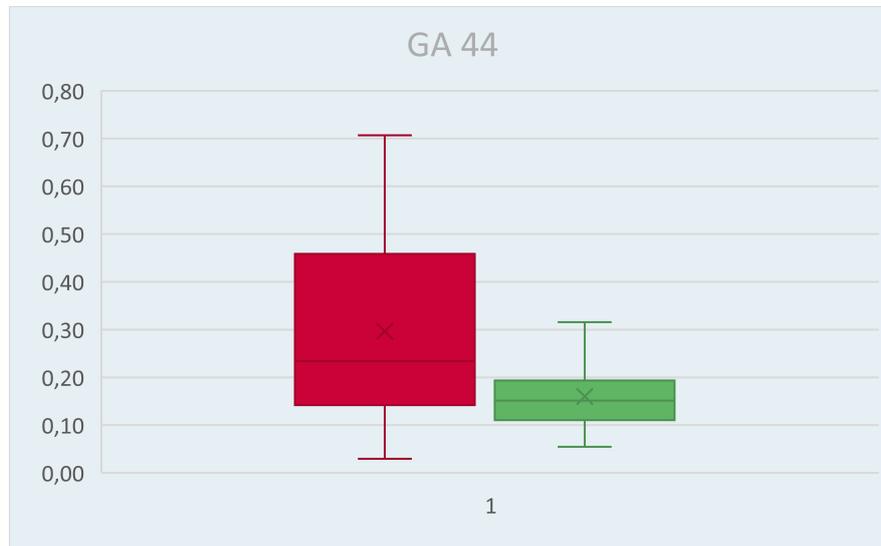
Die Daten der Traubenbonitur im September 2019 wurden ebenfalls nach Mann-Whitney verrechnet. Während die Traubendichte nicht verändert war, konnte ein signifikanter Unterschied bei der Traubengröße (Abb. 5) erkannt werden. (Signifikanzniveau von  $\alpha \leq 0,05$ ; Mann-Whitney-U)

### Gibberellinanalyse

Die Gibberellinanalysen erfordern eine hochspezifische Gerätschaft und wurden daher

von einem Speziallabor an der Universität Olmütz nach Urbanova et al. (2013). durchgeführt. Dabei wurden 18 Einzelreben ausgewählt und nach ihrer Gesundheit eingestuft. Die Analysen ergaben für 15 der 16 detektierten GA-Verbindungen keinen wesentlichen Unterschied. Nur bei GA 44 ist der Titer in den symptomtragenden Stöcken signifikant geringer (Abb. 6) (Mann-Whitney,  $\alpha \leq 0,05$ ). Wenn dann die mittlerweile nicht mehr völlig symptomfreien Stöcke berücksichtigt würden, wäre der Unterschied noch deutlicher erkennbar. Doch die aktive Form GA 1 (Abb. 7) und GA 4 sind bei

beiden selektierten Typen (normal und krank) nicht zu unterscheiden.



### Zusammenfassung des Mann-Whitney-U-Tests bei unabhängigen Stichproben

Gesamtzahl	54
Mann-Whitney-U	204,500
Wilcoxon-W	435,500
Teststatistik	204,500
Standardfehler	56,287
Standardisierte Teststatistik	-2,523
Asymptotische Sig. (zweiseitiger Test)	,012

Abb. 6: Der GA 44-Gehalt aus gesundem (links) und symptomatischem Gewebe (rechts) zeigt einen signifikanten Unterschied im Mann-Whitney-U-Test; Mengenangabe in ng/mg Frischgewicht

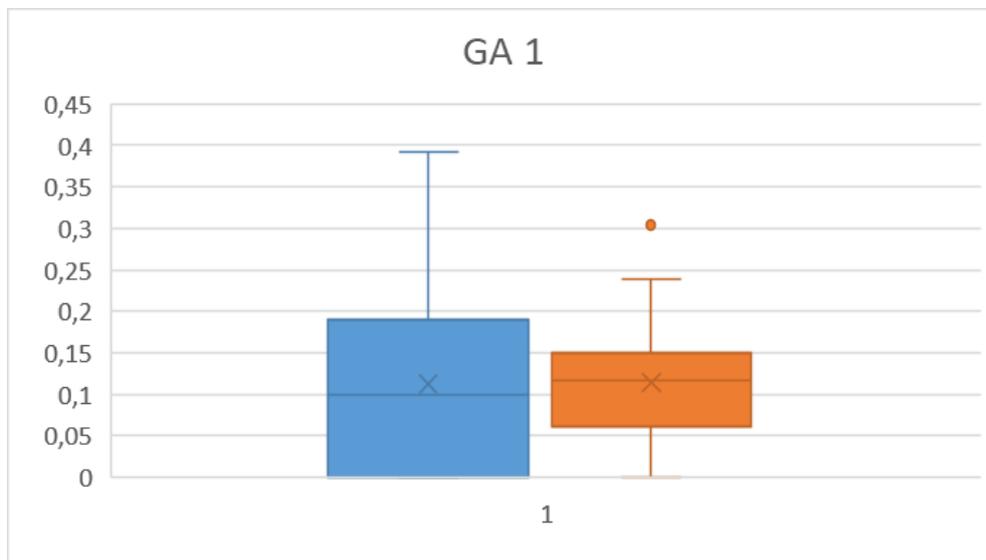


Abb. 7: Der GA1-Gehalt ist in allen Reben (links gesund, rechts Kurzinternodien) vergleichbar hoch; Mengenangabe in ng/mg Frischgewicht

### Vergleich relevanter Gene

Es wurden 20 DNA-Proben aus je 10 gesunden und 10 symptomtragenden Reben von Neuburger-Selektionen präpariert. Genorte, die mit dem Streckungswuchs assoziiert sind, wurden mittels Marker (Tab. 1 und 2) entwickelt und überprüft, ob Unterschiede zu erkennen sind. Dabei wurden erstaunlich viele Polymorphismen entdeckt. Bei dem Gen GAI-1 wurde ein Abschnitt als heterogen erkannt. Die Mutation wurde sequenziert, allerdings war die Abweichung nicht relevant für die Symptomausprägung (Daten nicht gezeigt). Stärker assoziiert mit den Kurzinternodien waren die zusätzlichen Banden oder Ausfälle in der Fragmententwicklung bei den GA-Oxidasen. Insbesondere die Polymorphismen bei GA2ox3, GA2ox1 und GA2ox3 standen im direkten Zusammenhang mit dem Auftreten der Krankheit (Tab. 4). Aber auch hier konnten die Abweichungen nicht in der Sequenz der DNA erkannt werden, sondern in der Veränderung der Fragmente. Es traten zusätzliche, aber spezifische Banden auf. Bei der GA5-Oxidase mit der Sequenz aus *Arabidopsis* konnte zumindest eine zusätzliche Bande (manchmal auch zwei) bei allen symptomtragenden Genotypen beobachtet werden (Abb. 8). Aber auch hier ergab die Sequenz der Haupt-

fragmente keine offensichtliche Mutation. Es waren nur neue Sequenzabschnitte für die spezifischen Primer vorhanden. Deutlich weniger ergiebig waren jene Gene, die mit Gibberellin-

Oxidasen in Wechselwirkung stehen und folglich auf den Stoffwechsel der Wuchsstoffe Einfluss nehmen. Die CRP-, GID-, Della-, SLY- und CLF-Gene ergaben keinen weiteren Anhaltspunkt für den gestauchten Wuchs. Die für diese Gene entwickelten Marker zeigten keinerlei Unterschiede zwischen gesunden und symptomtragenden Reben. Vereinzelt gab es zwar genetische Abweichungen zu beobachten, aber die standen nicht in Korrelation zu den Symptomen. Sehr wohl hohe Variabilität und korrelierende Abweichungen konnten mit dem Marker RGL3 aus *Arabidopsis th.* erkannt werden (Abb. 9). Dabei liegt das lange Fragment (1,2kB) vor allem in symptomtragenden Genotypen vor. Mittels Kreuztabelle wurde eine Sensitivität von 1 und eine Spezifität von 0,91 errechnet. Damit erreicht das längste Fragment einen positiven Prädikativwert von 0,875 und einen negativen Prädikativwert von 1. Somit kommen Falsch-Positive vor, aber keine Falsch-Negative. Mit einer Spezifität von 0,91 scheint das ein brauchbarer Marker für die Selektion von gesunden Genotypen zu sein. Außerdem wurden auch Homeobox-Gene analysiert, die

ebenfalls in einer Interaktion zu den GA-Oxidasen stehen. Bei dem Gen RGL3 handelt es sich um ein

zusätzliches Della-Protein, das bisher bei Reben nicht beschrieben wurde.

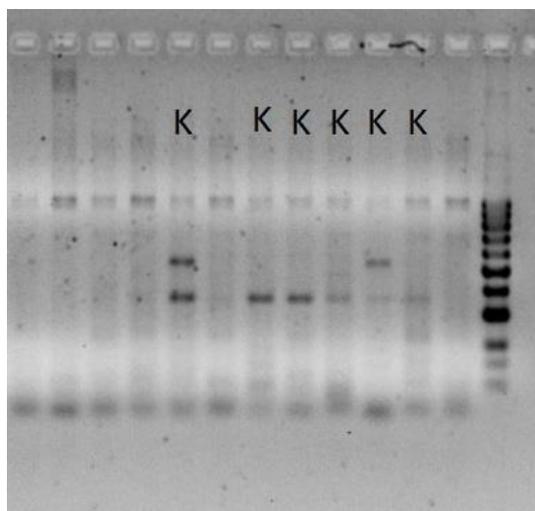


Abb. 8: Auftrennung eines DNA-Fragments (P04/P02) von GA5-Dioxygenase der Sorten 'Sylvaner', 'Roter Veltliner' und 'Neuburger' (von links); Spur 5, 7, 8, 9, 10, 11 sind Neuburger-Genotypen mit Kurzinternodien.

Tab. 4: DNA-Fragmente von spezifischen GA-Dioxygenasen mit monomorph, aber auch heterogener Fragmentbildung

Pr.Nr	Symptomträger	WGA2 ox1	WGA2 ox6	WGA2 ox5	WGA3 ox1	WGA2 ox2	WGA2 ox3	WGA2, ox4	WGA2 ox7	WGA20 ox1	WGA20 ox2	WGA20 ox3	WGA3 ox2	WGA3 ox3	WGA20 ox4	WGA20 ox5	WGA20 ox6	GA20 ox1-2
E. Fr.Lä.		1350	2021	2156	1324	1500	1500	2500	2700	1300	1600	1400	1200	500				2300
2747		1300	2000	800/1600	1300	1450	400/490/1500	500/1400/2500	2700	1300	mono	1400	1200	mono	0	mono	mono	-
2748		1300	2000	800/1600	1300	1450	400/490/1500		2700	1300	mono	1400	1200	mono	0	mono	mono	schwach
2749	K	1300	2000	800/1600	1300	1450	400/490/1500		2700	590/1300	mono	1400	1200	mono	0	mono	mono	-
2750		1300	2000	800/1600	1300	1450	400/490/1500		2700	1300	mono	1400	1200	mono	0	mono	mono	-
2751	K	1300	2000	800/1600	1300	1450	400/490/1500		2700	1300	mono	1400	1200	mono	0	mono	mono	2300
2752		1300	2000	800/1600	1300	1450	400/490/1500		2700	1300	mono	1400	1200	mono	0	mono	mono	-
2753		1300	2000	800/1600	1300	1450	400/490/1500		2700	1300	mono	1400	1200	mono	0	mono	mono	x
2754	K	1300	2000	800/1600	1300	1450	0		2700	1300	mono	400/1400	1200	mono	0	mono	mono	-
2755	K	1300	2000	800/1600	1300	-	400/490/1500		2700	1300	mono	400/1400	1200	mono	0	mono	mono	-
2756		1300	2000	800/1600	1300	1450	400/490/1500		2700	1300	mono	1400	1200	mono	0	mono	mono	-
2757		1300	2000	800/1600	1300	1450	400/490/1500		2700	1300	mono	1400	1200	mono	0	mono	mono	schwach
2758	K	1300	2000	800/1600	1300	1450	0		2700	590/1300	mono	1400	1200	mono	0	mono	mono	2300
2759		1300	2000	800/1600	1300	1450	400/490/1500		2700	1300	mono	1400	1200	mono	0	mono	mono	x
2760	K	1300	2000	800/1600	1300	1450	400/490/1500		2700	1300	mono	(400)/1400	1200	mono	0	mono	mono	-
2761		1300	2000	800/1600	1300	1450	400/490/1500		2700	1300	mono	1400	1200	mono	0	mono	mono	-
2762	K	1300	2000	800/1600	1300	1450	300/400/490/1500		2700	1300	mono	1400	1200	mono	0	mono	mono	2300
2763	K	1300	2000	800/1600	1300	1450	300/400/490/1500		2700	1300	mono	(400)/1400	1200	mono	0	mono	mono	2300
2764	K	1300	2000	800/1600	1300	1450	400/490/1500		2700	1300	mono	1400	1200	mono	0	mono	mono	-
2765		1300	2000	800/1600	1300	1450	400/490/1500		2700	1300	mono	1400	1200	mono	0	mono	mono	x
2766		1300	2000	800/1600	1300	1450	400/490/1500		2700	1300	mono	1400	1200	mono	0	mono	mono	schwach
2767	K	1300	2000	800/1600	1300	1450	400/490/1500		2700	590/1300	mono	1400	1200	mono	0	mono	mono	2300
Urteil		mono	mono	ver.int.	mono	mono	polymorph	Ausfälle	mono	poly	mono	poly	mono	mono	Ausfä	mono	mono	polym

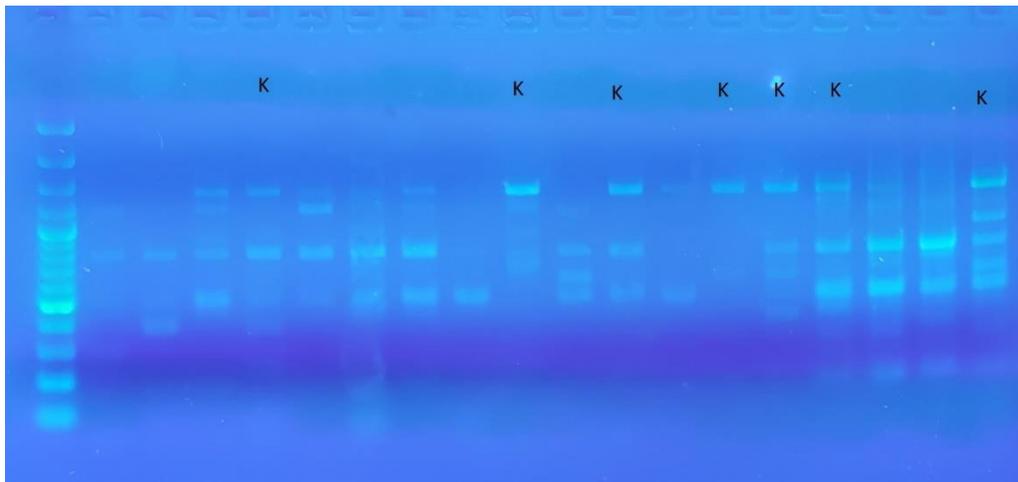


Abb. 9: Mit Kurzinternodien korrelierender Polymorphismus der Della-Proteine entwickelt mit dem RGL3-Marker; K sind Genotypen mit Symptomen und zeigen ein zusätzliches Fragment (1,2kB), in der ganz linken Spur befindet sich der Längenstandard.

## Diskussion

Die Versuche, die Kurzinternodien mittels spezifischer Düngung zu überwinden, erzielten auch für die Praxis brauchbare Ergebnisse (Abb. 10). Zwar konnte in der Variante mit Zinkchelat und Sojall Vitana eine schlechtere Entwicklung als in der Kontrolle festgestellt werden, aber Gibberellin und die komplexen Dünger Super Fifty und Basfoliar Aktiv wirkten auf die Internodienlänge. Generell ist eine geringfügige Abschwächung der Symptome über die Sommermonate zu beobachten und damit auch das Ergebnis der Kontrolle aus dem ersten Jahr erklärbar. Es wird vermutet, dass trotz genetischer Veränderung unter hohen Strahlungsdosen ausreichend Wachstumsstoffe produziert werden können. Das Pflanzenstärkungsmittel Sojall Vitana setzt sich aus Wasserstoffperoxid, Natriumbenzoat, Sorbinsäure und Silizium zusammen. Die milieuorientierte Wirkung beruht laut Hersteller auf der Zusammensetzung von Silizium-Ionen, Kräuter- und Pflanzenextrakten sowie Aktivsauerstoff. Jedenfalls scheinen diese Komponenten für die Behebung der Kurzinternodien ungeeignet. Zinkchelat wurde in der Literatur (Mortvedt and Gilkes, 1993) immer wieder als mögliches Therapeutikum gegen verkürzte Internodien genannt. Vermutlich wurde das von der Tatsache abgeleitet, dass Zinkmangel auch Kurzinternodien auslösen kann. Jedenfalls konnten wir in unserem Applikationsversuch keinen positiven Effekt erkennen. Allerdings war in Blattanalysen auch kein Zn-Mangel zu erkennen. Die

Gibberellinsäure (GA3) ist ein pflanzliches Wachstumshormon (Phytohormon). Die natürlich vorkommenden Formen GA4 und GA1 sind als Wachstumsstoffe aktiv (Blazquez et al., 2000). Sie beeinflussen die Keimfähigkeit, das Längen- und Streckungswachstum und die Befruchtung sowie Fruchtentwicklung der Rebe. GA3 wird im Weinbau hauptsächlich als Maßnahme gegen Botrytis und Essigfäule in die abgehende Blüte eingesetzt. Es fördert die Lockerbeerigkeit der Trauben (Hoffmann, 2014). Die Förderung des Streckungswachstums mit Gibberellin konnte in unserem Versuch in mehreren Jahren an verschiedenen Standorten die Kurzinternodien bei 'Neuburger' reduzieren. Die Wirkung von GA3 zur Streckung von Kurzinternodien hängt wesentlich von der Art der Mutation ab (Koorneef et al., 1985). Basfoliar Aktiv ist ein vollwertiger Dünger mit Makro- und Mikronährstoffen sowie Algenextrakt, der Vitamine und Phytohormone enthält. Auch Super Fifty ist auf einem Algenextrakt aufgebaut, dabei gibt der Hersteller keinen Nährstoffgehalt an, aber er erwähnt den besonderen Gehalt an Antioxidantien. Das Produkt ist besonders für den biologischen Landbau geeignet. Beide Produkte enthalten also pflanzliche Phytohormone in einem komplexen Extrakt und konnten eine deutliche Verbesserung der Internodien-Ausbildung erzielen.



Abb. 10: Vergleich von Neuburger-Trieb mit normaler Entwicklung nach Behandlung mit GA<sub>3</sub>(L) (linkes Bild) und mit Kurzinternodien ohne Behandlung (rechtes Bild)

Die Ursache für die verminderte Internodienlänge konnte in unserer Arbeit nicht anhand einer einzelnen Mutation in der DNA-Sequenz gefunden werden. Sehr wohl gibt es Polymorphismen, die im Falle der GA-Oxidase- und RGL-Gene sogar eine enge Korrelation zu den symptomtragenden Reben aufweisen. Unklar bleibt, wie diese entstehen und warum kein Hinweis in der Sequenzierung zu erkennen ist. Vermutlich liegen aber Mutationen schon im Gewebe vor, und erst durch die Entmischung der Chimären (Skene and Barlass, 1983; Franks et al., 2002) entstehen Genotypen mit Symptomausprägung. Dieses Bild stimmt auch mit der Analyse von GA-Metaboliten durch die UPLC überein. GA<sub>44</sub> entsteht durch die Mitwirkung von GA<sub>20</sub>-Oxidase aus GA<sub>53</sub> und wird von diesen auch weiterentwickelt zu GA<sub>19</sub>. Da sich außer bei dieser Substanz kein Unterschied zwischen gesunden und symptomatischen Reben ergeben hat, dürfte dort wohl die Ursache liegen. Die zusätzlichen Bindestellen für die GA<sub>20</sub>-Dioxygenase Primer verringern deren spezifische Wirkung und daher die ausreichende Bildung von GA<sub>44</sub>. Entstehen könnten solche zusätzlichen Genabschnitte durch die Tätigkeit von Transposons (Peng and Harberd, 1997). Eine

Transkriptionsanalyse (Daten nicht gezeigt) und nachfolgende Gen-Studie zeigte auf, dass dieses Phänomen durchwegs auf mehreren genetischen Veränderungen beruht und durch das Zusammenwirken die Symptomatik entsteht. Der wesentliche Unterschied zu anderen schon beschriebenen Fällen von Kurzinternodien bei Reben (Boss and Thomas, 2002; Guillaumie et al., 2020) oder der Modellpflanze *Arabidopsis thaliana* (Peng et al., 1997) ist die erfolgreiche Abschwächung durch Applikation von GA<sub>3</sub>. Die kritische Frage ist bei einer solchen Analyse natürlich, was könnte Ursache sein und welcher Unterschied wird zwar als Mutation wahrgenommen, hat aber nicht die Verkürzung ursächlich ausgelöst? Daraus ergibt sich weiterer Forschungsbedarf am Gibberellin-Stoffwechsel. Die positive Wirkung von appliziertem GA<sub>3</sub> ist auch eine Bestätigung, dass die Problematik an den GA<sub>20</sub>-Oxidase zu finden ist, weil deren Wirkung bei der Applikation von GA<sub>3</sub> nicht benötigt wird. Folglich können die Primer insbesondere vom Della-Protein RGL3 für diese Gene als Marker verwendet werden. Neue Selektionen von Neuburger-Reben wären daher mit diesen Markern zu prüfen, bevor sie freigegeben werden.

## Literatur

**Acheampong, K.A., Jianhong Hu, A., Rotman, A., Zheng, CH., Halaly, T., Takebayashi, Y., Y Jikumaru, Kamiya, Y., Lichter, A., Tai-Ping, S. et E. Or** 2015: Functional characterization and developmental expression profiling of gibberellin signaling components in *Vitis vinifera*. *Journal of Experimental Botany*, Vol. 66, No. 5: 1463–1476.

**Anonym** 2020: Kurztriebigkeit/Kurzknötigkeit. In: Leitlinie für den Integrierten Weinbau 2020. Österr. Weinbauverband, Druck Janetschek Heidenreichstein, <https://noe.lko.at/kurztriebigkeit-kurzknötigkeit>, (5.2.2021)

**Barboza-Barquero, L.O.** 2014: The identification of genetic variation for gibberellin biosynthesis and signalling among *Arabidopsis thaliana* accessions. Inaugural-Dissertation der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät der Universität Köln

**Bauer, K., Regner F. und Friedrich, B.** 2017: Weinbau 12. Auflage - AV Fachbuch Cadmos Verlag

**Blazquez, M. A., Green, R., Nilsson, O., Sussman, M. R. et Weigel, D.** 2000: Gibberellins promote flowering of *Arabidopsis* by activating the *LEAFY* promoter. *Plant Cell* 10: 791-800.

**Bradley, T.J., Reynolds, S.H., Greene, E.A., Codomo, C.A., Enns, L.C., Johnson, J.E., Burtner, C., Odden, A.R., Young, K., Taylor, N.E., Henikoff, J.G., Comai, L. et St. Henikoff** 2003: Large scale discovery of induced point mutations with high throughput tilling *Genom Res.* 13: 524-530.

**Boss, P.K. et M.R., Thomas** 2002: Association of dwarfism and floral induction with a grape 'green revolution' mutation *Nature* 416: 847-850. doi:10.1038/416847a.

**Franks, T., Botta, R. et Thomas, M. R.** 2002: Chimerism in grapevines: implications for cultivar identity, ancestry and genetic improvement. *Theor. Appl. Genet.* 104: 192-199.

**Fernandez, L., Lopez, A.G., Thomas, M. R., Bouquet, A. and L Torregrosa** 2006: Somatic chimerism, genetic inheritance, and mapping of the fleshless berry (flb) mutation in grapevine (*Vitis vinifera* L.) *GENOME* 49 (7): 721-8. <https://doi.org/10.1139/g06-034>.

**Giacomelli, L., Rota-Stabelli, O., Masuero, D., Acheampong, A., Moretto, M. Caputi, L., Vrhovsek, U. et Moser, Cl.** 2013: Gibberellin metabolism in *Vitis vinifera* L. during bloom and fruit-set: functional characterization and evolution of grapevine gibberellin oxidases. *Journal of Experimental Botany* 64 (14): 4403 – 4419.

**Guillaumie, S., Decroocq, S., Ollat N., Delrot, S., Gomès, E. et S. J., Cookson** 2020: Dissecting the control of shoot development in grapevine: genetics and genomics identify potential regulators, *BMC Plant Biology* 20:43 1-15, DOI: 10.1186/s12870-020-2258-0.

**HBLA Klosterneuburg** 2021: Rebsortenkatalog. <http://www.weinobstklosterneuburg.at/service/rebsortenkatalog.html> (5.2..2021).

**Hempel, F. D., Welch, D. R. et Feldman, L. J.** 2000: Floral induction and determination: where is flowering controlled? *Trends Plant Sci.* 5: 17-21.

**Hoffmann, Petra** 2014: Lockerbeerigkeit bei Klonen von Spätburgunder (Pinot noir): Analyse von molekularen Markern und der Einfluss von Gibberellin auf die Traubenmorphologie, Dissertation Universität Hohenheim

**Kim, G.T., Tsukaya, H. et Uchimiya, H.** 1998: The *Curly Leaf* gene controls both division and elongation of cells during the expansion of the leaf blade in *Arabidopsis thaliana*. *Planta.* 206(2):175-83. doi: 10.1007/s004250050389. PMID: 9736998.

<https://noe.lko.at/kurztriebigkeit-kurzknötigkeit+2500+2733987> 26.11.20

- Koornneef, M., Elgersma, A., Hanhart C. J. Van Loenen-Martinet E.P. van Rijn L. et A.D. Zeevaart** 1985: A gibberellin insensitive mutant of *Arabidopsis thaliana*. *Physiol. Plant.* 65: 33-39.
- Marguerit, E., Boury, C., Manicki, A., Donnart, M., Butterlin, G., Nemorin, A., Wiedemann-Merdinoglu., Merdinoglu, D., Ollat, N. et Decroocq, S.** 2009: Genetic dissection of sex determinism, inflorescence morphology and downy mildew resistance in grapevine. *Theoretical and Applied Genetics* 118: 1261-1278.
- Mortvedt J.J. et Gilkes, R.J.** 1993: Zinc Fertilizers. In: Robson A.D. (eds) *Zinc in Soils and Plants. Developments in Plant and Soil Sciences*, vol 55. Springer, Dordrecht. [https://doi.org/10.1007/978-94-011-0878-2\\_3](https://doi.org/10.1007/978-94-011-0878-2_3)
- Neff, M. M., Neff, J. D., Chory, J. et Pepper, A. E.** 1998: dCAPS, a simple technique for the genetic analysis of single nucleotide polymorphisms: Experimental applications in *Arabidopsis thaliana* genetics. *Plant J.* 14: 387-392.
- Peng, J. et Harberd, N. P.** 1997: Transposon-associated somatic *gai*-loss sectors in *Arabidopsis*. *Plant Sci.* 130: 181-188.
- Peng, J., Carol, P., Richards, D.E., King, K.E., Cowling, R.J., Murphy, G.P., et N.P. Harberd** 1997: The *Arabidopsis GAI* gene defines a signaling pathway that negatively regulates gibberellin responses. *Genes Dev.* 11: 3194-3205.
- Peng, J., Richards, D.E., Hartley, N.M., Murphy, G.P., Devos, K.M., Flintham, J.E., James Beales, Fish, L.J., Worland, A.J., Pelica, F., Sudhakar, D., Christou, P., Snape, J.W., Gale, M.D. et N.P., Harberd** 1999: 'Green revolution' genes encode mutant gibberellin response modulators. *Nature* 400: 256-261.
- Regner, F.** 2005: Kurzknottedigkeit bei Weinreben. *Der Winzer* 10: 22-24.
- Regner, F. et Hack, R.** 2017: Genotyping grapevine accessions with chloroplast markers Mitteilungen Klosterneuburg, Vol.67 No.4: 211-218.
- Rives, M.** 2000: Vigor, pruning, cropping in the grapevine (*Vitis vinifera L.*). I. A literature review. *Agronomie* 20: 79-91.
- Schellenbaum, P., Mohler, V., Wenzel, G. et Walter, B.** 2008: Variation in DNA methylation patterns of grapevine somaclones. *BMC Plant Biology*: 8: 78, doi:10.1186/1471-2229-8-78.
- Skene, K. G. M. et Barlass, M.** 1983: Studies on the fragmented shoot apex of grapevine. IV. Separation of phenotypes in a periclinal chimera *in vitro*. *J. Exp. Bot.* 34: 1271-1280.
- Tvorogova, V., Lebedeva, M., Doduyeva, I. et Lutova, L.** 2013: Interactions between transcription factors and phytohormones in the regulation of plant meristem activity. *Russian Journal of Genetics: Applied Research.* 3. 325-337. 10.1134/S2079059713050110
- Tyler, L., Thomas, S. G., Hu, J., Dill, A., Alonso, J. M., Ecker, J. R. et Sun, T. P.** 2004: DELLA proteins and gibberellin-regulated seed germination and floral development in *Arabidopsis*. *Plant physiology* 135(2): 1008–1019. <https://doi.org/10.1104/pp.104.039578>.
- Urbanová, T., Tarkowská, D., Novák, O., Hedden, P. et Strnad, M.** 2013: Analysis of gibberellins as free acids by ultra performance liquid chromatography-tandem mass spectrometry *Talanta* 112: 85-94. doi: 10.1016/j.talanta.2013.03.068.
- Watillon, B., Kettmann, R., Boxus, P. et A. Burny** 1997: Knotted1-like homeobox genes are expressed during apple tree (*Malus domestica* [L.] Borkh) growth and development. *Plant Mol Biol* 33: 757–763.
- Wendelin, Martin** 2020: Bekämpfung von Kurzknottedigkeit bei der Sorte Neuburger, Diplomarbeit HBLA und BA Klosterneuburg [www.weinausoesterreich.at](http://www.weinausoesterreich.at) (5.2.2020) [www.weinobstklosterneuburg.at/service/reb-sorten-katalog.htm](http://www.weinobstklosterneuburg.at/service/reb-sorten-katalog.htm) (5.2.2020) [www.noe.lko.at/kurztriebige-keit-kurzknottedigkeit](http://www.noe.lko.at/kurztriebige-keit-kurzknottedigkeit) (5.2.2020)

Eingelangt am 5. Februar 2021

