

Stefan Besser

**Differenzierung der Traubenwelke-
Symptomatik auf Einzelstockbasis an
Vitis vinifera cv. Zweigelt**

Masterarbeit

Universität für Bodenkultur
Department für Angewandte Pflanzen-
wissenschaften und Pflanzenbiotechnologie
Institut für Garten-, Obst- und Weinbau



Wien, 2010

Der Wein erfreut des Menschen Herz und die
Freudigkeit ist die Mutter aller Tugenden.

Johann Wolfgang von Goethe (1749 - 1832),
deutscher Dichter der Klassik und Naturwissenschaftler

Ein herzliches Danke...

... an Frau **Univ.Prof. Dr. Astrid Forneck** für die Betreuung dieser Arbeit, den fachlichen Input und den reibungslosen Ablauf des gesamten Projektes!

... meiner 2. Betreuerin, Frau **Dipl.Ing. Dr. Michaela Griesser** für die Betreuung der vorliegenden Arbeit, die Mithilfe im Weingarten und vor allem für ihre Zeit, welche ich sehr oft in Anspruch nehmen durfte!

... gilt besonders **meinen Eltern Johann und Christine**, meiner **Schwester Charlotte** und meinen **Großeltern Johann und Charlotte** für die aufopfernde Unterstützung während meiner Studienzeit. Ohne ihre Hilfe wäre es unmöglich gewesen, meine Studien in diesem Ausmaß und mit diesem Erfolg zu absolvieren! Ein spezieller Dank bezogen auf die Masterarbeit gilt meiner **Mutter** und meiner **Freundin Sandra**, welche mich zusätzlich bei meinen Freilandversuchen tatkräftig unterstützt haben, obwohl im Sommer 2009 mit den Temperaturen tagsüber und der Gelsendichte nachts meist erschwerte Bedingungen vorherrschten!

... auch all meinen **Freunden** und **Bekannten**, welche ich während meiner Zeit an der Universität manchmal vernachlässigt habe!

... den Weinbaubetrieben **Kollmann, Glatzer, Wiederstein, Netzl, Artner, Hirschmann, Ursprung** und **Berner** für ihre fachlichen Beiträge zur Traubenwelke, ihre großzügige Unterstützung und die Bereitstellung der Versuchsflächen!

... allen **Mitarbeitern** am Institut für Garten-, Obst- und Weinbau an der Universität für Bodenkultur und in Klosterneuburg, welche mir in verschiedenster Weise bei dieser Arbeit geholfen haben!

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	4
2	Literaturüberblick	6
2.1	Die Traubenwelke.....	6
2.1.1	Geschichte und Auftreten	6
2.1.2	Symptomatik.....	7
2.1.3	Ursachen	8
2.1.4	Auswirkungen und Bekämpfung	9
2.2	Wasserhaushalt der Rebe.....	11
2.3	Die Weinbeere	12
2.3.1	Aufbau und Entwicklung.....	12
2.3.2	Beereninhaltsstoffe	13
2.3.3	Traubenwelkeparameter der Beere.....	14
3	Material und Methoden	15
3.1	Versuchsflächen.....	15
3.2	Versuchsaufbau	18
3.3	Messung des Wasserpotentials	19
3.4	Physiologische Eigenschaften der Beere (Größe, Spannung und Farbe).....	20
3.5	Beereninhaltsstoffe	22
3.6	Bonitur der TW Symptome	23
3.7	Statistische Auswertung	24
4	Ergebnisse	25
4.1	Wasserpotential	26
4.2	Beerengröße, -spannung und -farbe.....	28
4.2.1	Beerengröße.....	28
4.2.2	Beerenspannung (-elastizität)	31
4.2.3	Beerenfarbe.....	34
4.3	Beereninhaltsstoffe	45
4.3.1	Mostgewicht	45
4.3.2	Gesamtsäure.....	47
4.3.3	Weinsäure	49
4.3.4	Äpfelsäure.....	50
4.3.5	pH-Wert	51
4.3.6	Nährstoffe (K, Mg, Ca und Na).....	53
4.4	Krankheitsbonitur Weingartenbasis und Einzelstockbasis.....	56
5	Diskussion	58
6	Zusammenfassung	66
7	Summary	68
8	Abbildungsverzeichnis	70
9	Tabellenverzeichnis	72
10	Literaturverzeichnis	74

1 Einleitung

Die Traubenwelke ist eine Reifestörung der Weintraube, die durch schrumpfende Beeren, ohne äußerlich sichtbare Störung des vaskulären Systems, gekennzeichnet ist. Die Erkrankung wurde erstmals 1997 näher beschrieben, wobei man bei Literaturrecherchen festgestellt hat, dass diese Symptomatik bei Reben seit mindestens Mitte der 1970er Jahre aufgetreten ist, wenn nicht sogar wesentlich früher (REDL, 2008). In Österreich wurde zu Beginn von der „Zweigeltkrankheit“ gesprochen, weil die Rebsorte Zweigelt eine besonders große Anfälligkeit zeigte. Später wurde die Symptomatik als „Traubenwelke“ bezeichnet, da die Erkrankung weder regional noch sortenspezifisch auftritt (REDL, 2008).

Die ersten Symptome treten zumeist nach dem Weichwerden der Beeren auf, wobei es zu einem plötzlichen Abfallen der Turgeszenz der Beeren kommt. Neben den schrumpfenden Beeren, zeigt sich die Reifestörung weiters in Form von Kleinbeerigkeit und schlechter Ausfärbung der Beerenhaut (REISENZEIN et al., 2008).

Die Qualität der befallenen Trauben ist stark vermindert und zeigt sich durch vermindertes Mostgewicht und erhöhte Säuregehalte. Nach FARDOSI (2001) zeigten Moste aus krankem Traubenmaterial ein Mostgewicht von 12,9 anstatt 16,1 °KMW bei gesunden Trauben und eine titrierbare Säure von 9,4 statt 6,4 g/L. Bereits 10 % welke Trauben können den gekelerten Wein signifikant sensorisch verschlechtern (REDL, 2008). Unter diesen Umständen können vereinzelt Rebbestände mit bis zu 80 % welker Trauben zu massiven wirtschaftlichen Einbußen führen (REDL, 2008).

Die Traubenwelke ist aus derzeitiger Sicht eine physiologische Störung der Rebe, welche mit keinen Ursachen kausal in Verbindung gebracht werden kann. Zur vollständigen Bestimmung der auslösenden Faktoren und in weiterer Folge zur Bekämpfung dieser Krankheit müssen jedoch noch weitere Fragen geklärt werden (GRIESSER, 2009).

Die vorliegende Masterarbeit hat zum Ziel, die Symptome der Traubenwelke (TW) mit verschiedenen physiologischen Parametern im Detail zu beschreiben. Es wurden Untersuchungen an Einzelstöcken, Trauben und Beeren von gesunden und TW kranken Stöcken durchgeführt und gegenübergestellt. Die Ergebnisse geben einen erweiterten Einblick in die Traubenwelkesymptomatik und bilden somit eine Datengrundlage für weiterreichende Untersuchungen. Basierend auf bisherigen Ergebnissen wurden folgende **Hypothesen** aufgestellt:

H1: Es gibt einen signifikanten Unterschied im frühmorgendlichen und mittäglichen Wasserpotential sowie im Stammwasserpotential zwischen gesunden und TW kranken Rebstöcken.

- H2: Die Parameter Beerengröße, -spannung und -farbe unterscheiden sich zwischen TW kranken und gesunden Beeren.
- H3: Die Parameter Beerengröße, -spannung und -farbe innerhalb einer TW kranken Traube unterscheiden sich nicht.
- H4: Die qualitätsphysiologischen Parameter Mostgewicht, Gesamtsäure, Äpfelsäure, Weinsäure und pH-Wert unterscheiden sich zwischen TW kranken Beeren und gesunden Beeren auf gesunden bzw. erkrankten Rebstöcken.
- H5: Die Gehalte an den Nährstoffen Calcium, Magnesium, Natrium und Kalium in den Beeren sind unterschiedlich zwischen TW kranken Beeren und gesunden Beeren auf gesunden bzw. erkrankten Rebstöcken.
- H6: Die Verteilung von TW kranken Trauben über einen Rebstock ist nicht zufällig.

Mit diesen Hypothesen werden folgende Fragestellungen beantwortet:

- Gibt es Änderungen im Wasserpotential zwischen gesunden und Traubenwelke kranken Rebstöcken?
- Wie unterscheiden sich die Parameter Beerengröße, Beerenspannung und Beerenfarbe zwischen gesunden Beeren auf gesunden Rebstöcken und TW kranken Beeren?
- Gibt es Unterschiede bezüglich der physiologischen Parameter der Beerengröße, -spannung und -farbe innerhalb einer TW kranken Traube?
- Wie unterscheiden sich die qualitätsphysiologischen Parameter Mostgewicht, Gesamtsäure, Äpfelsäure, Weinsäure und pH-Wert zwischen gesunden Beeren auf gesunden Rebstöcken und TW kranken Beeren und zeigen gesunde Beeren auf TW kranken Rebstöcken ebenfalls eine Qualitätsminderung?
- Gibt es eine Änderung in den Nährstoffgehalten Calcium, Magnesium, Natrium und Kalium in den Beeren mit Traubenwelke Symptomen?
- Wie sind die TW kranken Trauben am Rebstock verteilt? Gibt es ein einheitliches Schema?

Zur Überprüfung dieser Hypothesen wurde ein Versuch an drei Standorten im Weinbaugebiet Carnuntum durchgeführt. Anhand der Ergebnisse aus Messungen des Wasserpotentials, der Beerengröße, -spannung und -farbe und einiger Beereninhaltsstoffe werden die aufgestellten Hypothesen verworfen oder beibehalten. In der folgenden Diskussion sollen die neuen wissenschaftlichen Erkenntnisse mit bestehender Literatur verglichen und diskutiert werden.

2 Literaturüberblick

2.1 Die Traubenwelke

2.1.1 Geschichte und Auftreten

Seit Mitte der 1990er Jahren beklagen Österreichs Weinbauern eine damals noch unbekanntes Traubenkrankheit, welche ihren Ausgang zunächst regional rund um den Neusiedler See nahm, später jedoch auch in großen Teilen Niederösterreichs auftrat. Anfangs waren einzelne wenige Rebstöcke erkrankt, um die Jahrtausendwende jedoch, zeigte die Krankheit bereits ein flächendeckendes Auftreten. Durch die Aussagen der Winzer konnte festgestellt werden, dass es sich höchst wahrscheinlich nicht um ein gänzlich neues Problem handelte, da bereits vor mehr als 25 Jahren welke unreife Trauben am grünen Stielgerüst festgestellt wurden (REDL, 2005). Die Traubenwelke wurde erstmals genauer von REISENZEIN (1997) unter dem Namen „Zweigeltkrankheit“ beschrieben

Diesen ursprünglichen Namen verdankt die Krankheit dem starken Auftreten bei der Rotweinsorte Zweigelt. Die Symptome treten aber auch bei anderen Rebsorten auf und stellen somit kein sortenspezifisches Problem dar (REDL, 2009). In Österreich zeigen sowohl Rotweinsorten wie St. Laurent, Blauburger und Neuburger, als auch Weißweinsorten welche Trauben auf (REISENZEIN et. al., 2008). Bei Weißweinsorten wird das Krankheitsbild jedoch wesentlich seltener beobachtet (REISENZEIN, 1997). Die Traubenwelke ist kein österreichisches Problem, da Berichten zufolge in Südtirol, der Schweiz, Deutschland, Tunesien und auch an der nordamerikanischen Küste ihr Auftreten bestätigt wurde (REDL, 2008).

In der Schweiz ist die Krankheit erst seit 2002 ein Thema, wobei auch hier davon ausgegangen wird, dass sie bereits wesentlich früher in Erscheinung getreten ist, wahrscheinlich aber mit Stiellähme verwechselt wurde. Der Blauburger ist die in der Schweiz am meisten betroffenen Sorte (SCHUMACHER et al., 2007). In der Westschweiz wird hingegen von starkem Befall bei Sauvignon (blanc und gris) aber auch Chasselas (Gutedel), Gamay, Diolinoir, Humagne rouge und Cornalin berichtet (SPRING und ZUFFEREY, 2006).

Im Westen der USA ist ebenfalls in den letzten Jahren vermehrt Traubenwelke aufgetreten. Die betroffenen Rebsorten sind Cabernet Sauvignon, Sauvignon blanc, Sémillon und Pinot gris (Grauburgunder) (KELLER, 2008).

Seit dem Jahr 2000 wurde ein verstärktes Auftreten der Traubenwelke in Südtirol an den Sorten Weißer Sauvignon (auch im norditalienischen Friaul) und Weißburgunder (FEICHTER, 2008) mit Ertragsausfällen von bis zu 60% beobachtet (RAIFER, 2008).

2.1.2 Symptomatik

Für das Welken (oder auch „Erschlaffen“ bzw. „Schrumpfen“) kann es zahlreiche Gründe geben. Die Beeren entwickeln sich oft bis zum Weichwerden oder bis zur Lesereife normal, wobei es anschließend zu einem schlagartigen Abfallen der Turgeszenz kommt (REISENZEIN et al., 2008). Untersuchungen bei Zweigelt zeigten, dass die ersten visuell erkennbaren Symptome des Welkens meist rund 50 bis 60 Tage nach der Rebblüte auftreten. Zu diesem Zeitpunkt weisen gesunde Beeren bereits eine Gradation von 50 bis 60 °Öchsle (entspricht rund 10,3 – 12,4 °KMW) auf, die welken hingegen nur 40 bis 45 °Oe (8,2 – 9,3 °KMW) (REDL, 2008).

Ergebnisse von Cabernet Sauvignon Versuchen aus Kalifornien in den Jahren 2004 und 2005 zeichneten das erste Auftreten der Traubenwelkesymptome erst 104 Tage nach der Blüte (2004) auf. Im Jahr 2005, wo deutlich mehr Welke auftrat, verlief der Befall auf zwei Zeitpunkte aufgeteilt. Die ersten kranken Beeren waren 112 Tage nach der Blüte erkennbar, die 2. „Welle“ startete 126 Tage nach der Blüte (KRASNOW et al., 2009).

Durch den plötzlichen Verlust der Turgeszenz erschlaffen die Beeren, auch wenn sich diese während der gesamten Reifephase normal entwickelt haben (BAUER, 2008). Befallene Beeren weisen bis zum Auftreten der ersten Symptome den gleichen Anteil an lebensfähigen Zellen auf wie gesund entwickelte und erst mit dem Beginn der Krankheit kommt es zu einem massiven Absterben der Beerenzellen (KRASNOW et al., 2008).

In einem Versuch nach FARDOSSI (2001) zeigten Moste aus traubenwelkem Lesegut einen Gehalt von 12,9 °KMW bei einer titrierbaren Säure von 9,4 g/L, gesunde Moste im Gegensatz dazu 16,1 °KMW bei einer titrierbaren Säure von 6,4 g/L auf. Weiters werden auch sensorische Auswirkungen wie geringerer Geschmack und hohe Adstringenz angeführt (HANSEN, 2007).

Neben der schlechten Ausfärbung ist auch die Kleinbeerigkeit eine Folge der Erkrankung (siehe Abbildung 1). Blätter auf traubenwelken Pflanzen sind in der Regel symptomlos, auf stark befallenen Rebstöcken bilden sich jedoch zwischen den Blattadern Nekrosen. Diese weisen aufgrund des roten Saumes bei Rotweinsorten und des gelben bei Weißweinsorten ein ähnliches Erscheinungsbild wie ESCA auf. Diese Verfärbungen sind jedoch oft nur auf einzelnen Trieben zu beobachten (REISENZEIN et al., 2008).

Sehr charakteristisch für die Traubenwelke ist das grüne Traubengerüst befallener Trauben. Auf diesem bleiben die schrumpfenden Beeren in der Regel noch längere Zeit hängen. In seltenen Fällen trocknen die Beeren gänzlich ein oder lösen sich leicht vom Stielgerüst und fallen ab. Der grüne Stiel dient auch als Unterscheidungsmerkmal zur Stiellähme. Bei der Stiellähme sind zunächst punktförmige Nekrosen am Traubengerüst zu beobachten, welche sich später stengelumfassend ausbreiten und somit zum Vertrocknen darunter liegender Traubenteile führen (REDL, 2007).



Abbildung 1: Traubenwelke Traube mit schlecht ausgefärbten Beeren, welche bereits zu schrumpfen beginnen (Datum: 18. August 2009, Foto: Besser)

Das Krankheitsbild tritt oftmals nicht auf der gesamte Traube in Erscheinung, sondern an einzelnen Regionen. Diese partiellen Schädigungen betreffen zumeist die Traubenspitze (REDL, 2007) und (SIEGFRIED, 2006). Auch REISENZEIN (2008) und BAUER (2008) stellen fest, dass neben ganzen Trauben auch häufig nur die Traubenspitze von der Traubenwelke betroffen ist und weiters, dass sich auf befallenen Fruchtruten neben kranken auch scheinbar gesunde Trauben befinden. REISENZEIN (2003) und REDL (2003) stellen fest, dass im Gegensatz zur oberen besonders basale Trauben der Triebe von der Welke befallen sind.

2.1.3 Ursachen

Trotz intensiver Forschung sind die Ursachen der Traubenwelke nicht geklärt. Nach dem heutigen Stand des Wissens [2009] geht man davon aus, dass es sich um eine physiologische Störung der Rebe handelt (GRIESSER, 2009). Als mögliche Ursachen kommen viele Faktoren in Frage.

Nach FARDOSSI (2000), (2001) und (2003) ist das Ausgangsproblem der Boden. Er hat gezeigt, dass der Nährstoff Kalium eine bedeutende Rolle spielt, da Untersuchungen zwischen der Intensität der Kaliummangelsymptome, der Versorgung der Blätter mit Kalium und dem im Boden oder in der Rebe vorherrschenden Kalium/Magnesium-Verhältnis und dem

Auftreten der Traubenwelke einen engen Zusammenhang bildeten. Nach REDL (2008) ist dieser Zusammenhang von Kaliumvorrat im Boden und der Traubenwelke nicht direkt ursächlich, da es auf extrem niedrig mit Kalium versorgten Standorten zu keiner und auf sehr gut versorgten Rebflächen zu Traubenwelkesymptomen an Zweigelt gekommen ist.

Niedrige Kaliumgehalte in den Beeren könnten auch auf gestörte Transportvorgänge als Folge anderer gestörter physiologischer Prozesse zurückzuführen sein.

Eine weitere Theorie ist die verfrühte Einlagerung von Kallose in das Phloem, welches die Versorgung der Beeren verhindert und somit das Schrumpfen der Beeren auslöst (KELLER, 2008). In der Nähe des Traubenstiel-Ansatzes wurden 3 - 4 mm große rötliche Verdickungen bei rund 50 % der Triebe mit Traubenwelke festgestellt, was auf einen Phloemstau hinweisen könnte (SCHUMACHER et al., 2007). Mit einem Versuch konnte gezeigt werden, dass das Färbemittel Fuchsin durch die Xylemleitbahnen gesunder Trauben im Stielgerüst aufgenommen wurde, bei kranken jedoch nicht. Auslöser könnte somit eine Unterbrechung oder Verstopfung des Xylems sein. Bei künstlicher Unterbrechung des Phloemflusses mit einem Gummiband konnten welkeähnliche Symptome und Auswirkungen festgestellt werden. Ob die Traubenwelke nun durch diese Faktoren ausgelöst wird, oder diese Faktoren nur die Folge der Erkrankung sind, muss weiter erforscht werden (KELLER et al., 2006).

Da beim derzeitigen Stand der Forschung noch keine parasitären Erreger wie Viren, Bakterien, Phytoplasmen oder Pilze nachgewiesen werden konnten (REDL, 2008), kann nicht automatisch davon ausgegangen werden, dass bei der Krankheit keine biotischen Schaderreger beteiligt sind (Griesser, 2009).

Abiotische Faktoren, wie z. Bsp. stark wechselnde Wasserversorgung müssen in Betracht gezogen werden (SCHWAPPACH und HOFMANN, 2009). In diesem Zusammenhang zeigen Bewässerungsversuche, dass intensive Bewässerung zu einem niedrigerem Polyphenolgehalt und einer langsameren Zuckeranreicherung führt (SCHOLASCH, et al., 2007). Diese Symptome sind auch bei der Traubenwelke zu beobachten.

Untersuchungen, wonach die Verringerung des Xylemdruckes und der folgende natürliche Beerengewichtsverlust für den verfrühten Zelltod verantwortlich gemacht werden, brachten auch keine eindeutigen Aufschlüsse über den genauen Auslöser der Traubenwelke (TILBROOK and TYERMAN, 2008).

2.1.4 Auswirkungen und Bekämpfung

Die Traubenwelke hat beträchtliche wirtschaftliche Auswirkungen, da einerseits mit quantitativen Ertragseinbußen, andererseits auch mit Qualitätsverlusten durch schlechteres Traubenmaterial gerechnet werden muss (REISENZEIN, 1999).

EDER et al. (2003) stellten fest, dass ab 5 % welker Trauben im Erntegut bereits eine deutliche Qualitätsminderung, vor allem durch den bitteren Geschmack im Wein, festgestellt werden kann. Wenn nun Bestände mit über 50 % kranken Trauben, welche nicht für die Vinifikation geeignet sind, in manchen Spezialfällen auch teilweise mehr als 80 %, betrachtet werden, bekommt man einen Überblick über die wirtschaftlichen Folgen dieser Erkrankung (REDL, 2008).

Nach älteren Literaturquellen (PRAST, 2003) kann die Traubenwelke mit Nährstoffpräparaten kurativ bekämpft werden. Kurzfristige Erfolge gegen die vermutlich auslösenden Mangelsituationen, vor allem bei Kalium, können über die Aufnahme von Nährstoffen via Blattapplikation behoben werden (PRAST, 2003). Auch Bekämpfungsmaßnahmen mit Magnesium- bzw. Calciumchlorid, welche 3 Mal angewendet werden sollen, versprechen bis zu 50 Prozent weniger Befall (REISENZEIN, 2003). In neuerer Literatur (REDL, 2008) wird von Kaliumblattdüngern im Bezug auf Traubenwelkebekämpfung eher abgeraten, da bei langfristigen Untersuchungen keine erfolgreichen Resultate erzielt wurden. Im Gegenteil, durch die übermäßige K-Düngung über das Blatt wurden neue Probleme wie Verminderung der Photosyntheseleistung, Inaktivierung mancher Fungizide und eine Verschlechterung des gewonnen Weines geschaffen (REDL, 2008). Magnesiumhaltige Blattdünger führten ebenfalls zu keiner Verbesserung (REDL 2009). Begründende Daten der Feststellungen zur kurativen Bekämpfung wurden in den angegebenen Quellen nicht publiziert.

Maßnahmen mit positiver Wirkung auf eine Verringerung der Traubenwelke sind in der Vergangenheit beschrieben und verfolgen einen ganzheitlichen Ansatz mit üblichen Qualitätskriterien zur Steigerung der Vitalität der Rebe. Sie werden in kurz-, mittel- und langfristig eingeteilt. Kurzfristige Erfolge versprechen ein standortangepasstes, erprobtes Bewässerungsmanagement und eine situationsangepasste Laubwandgestaltung in Verbindung mit einer Fruchtansatzregulierung. Die Ansatzregulierung sollte wenn möglich durch Traubenteilung erfolgen, was sich als vorteilhafter als Einzeltraubenausdünnung herausgestellt hat (REDL, 2009). Experimentelle Daten zur Traubenteilung wurden jedoch nicht vorgelegt.

Ein Versuch an 3 Standorten bei verschiedenen Rotweinsorten im Nordburgenland im Jahre 2003 zeigte, je früher die Traubenansatzkorrektur durchgeführt wird, desto höher sind die Erfolge. Zu spätes Ausdünnen bei Reifebeginn, wie es in der Praxis oft üblich ist, zeigt keine Minderung des Krankheitsverlaufes. (STOCKHAMMER, 2005).

Weitere Studien an Zweigelt im Jahr 1999 in den Weinbaugebieten Thermenregion, Neusiedlersee, Neusiedlersee-Hügelland und Carnuntum zeigen wiederum, dass die Ertragsbelastung der Reben nicht immer einen Einfluss auf den Befall haben muss, eher der Ernährungszustand und die Vitalität der Reben. (NEVRKLA, 2001).

Mittelfristig sollte auf die Wurzelentwicklung der Reben, durch schonende und verdichtungsarme Bodenbearbeitung und Bestandespflege, geachtet werden (REDL, 2009). Eine verdichtungsarme Bodenbewirtschaftung kann durch die Auswahl geeigneter Begrünungsmaßnahmen erzielt werden. (BAUER et al., 2004).

Maßnahmen, welche langfristige Erfolge versprechen sind eine sorgfältige Rodung kombiniert mit sachgerechtem Rigolen und einer bedarfsangepassten Vorratsdüngung (REDL, 2009). Der Umbruch und die darauf folgende Neuanlage ist der Zeitpunkt, wo Nährstoffe am mühelossten in sehr tiefe Bodenschichten eingebracht werden können. Durch die korrekte Aufdüngung mit P, K und Mg Präparaten werden der Rebe optimale Voraussetzungen für die Jugendentwicklung geschaffen (THURNER-SEEBACHER, 2007). "Sehr wichtig ist ein gesundes und leistungsfähiges Rebenpflanzmaterial" (REDL, 2009).

2.2 Wasserhaushalt der Rebe

Das Wasser ist neben den Faktoren Licht und Temperatur nicht nur ein Umweltfaktor, sondern auch ein wesentlicher Bestandteil der Rebe. Wasser dient der Weinrebe als Lösungs- und Transportmittel für Nährstoffe und trägt zur Aufrechterhaltung des Turgors bei (VOGT und SCHRUF, 2000). Die Wasserversorgung der Pflanze funktioniert zum einen über den osmotischen Transport zwischen den Zellen, welcher sehr langsam vor sich geht, und zum anderen über das Xylem, welches mit Hilfe von Kapillarkräften und der Sogwirkung der Blatttranspiration Wasser von den Wurzeln in die Blätter befördert. Sollte die Wasserversorgung im Boden sinken oder die Verdunstung der Blätter das Aufnahmevermögen der Wurzeln übersteigen, so nimmt die erforderliche Saugspannung zu (MÜLLER et al., 2008).

Eine Vielzahl an Untersuchungen bestätigt, dass das Beerenwachstum eng mit der Wasserverfügbarkeit korreliert ist. Optimale Wasserversorgung der Beeren in der beginnenden Wachstumsphase sorgt für größere Beeren, wobei ein ausreichender Wasservorrat gegen Ende der Reife positiv auf den Zuckergehalt des Lesegutes wirkt (REDL et al., 1996). Wassermangel hingegen zeigt sich durch vielschichtige Stressreaktionen innerhalb der Rebe, welche durch positive, als auch negative Veränderungen der Beereninhaltsstoffe gekennzeichnet sind. Langfristig führt schlechte Wasserversorgung zu Welkeerscheinungen, Verlusten in der Qualität und im Ertrag (MÜLLER et al., 2008).

Eine Möglichkeit zur Bestimmung der Wasserversorgung der Rebe ist die Wasserpotentialmessung des Blattes. Die Messung erfolgt mittels Scholanderbombe (Druckbombenmethode nach Scholander) vor Sonnenaufgang und ist die genaueste Methode zur Ermittlung des Bodenwasserpotentials. Eine wünschenswerte Wasserversorgung der Rebe ist bei -2 bis -3 bar

gegeben, da der moderate Wasserstress in einer reduzierten Wüchsigkeit bei trotzdem hoher Assimilationsleistung resultiert (SCHULTZ, 1996). Für Rotweinsorten liegt der optimale Bereich des Wasserpotentials für moderaten Stress zwischen - 3 und - 6 bar (BAUER, 2008). Um transpirationsabhängige Werte zu erhalten, muss ergänzend eine Datenerfassung um die Mittagszeit durchgeführt werden. Die Transpiration ist stark von der Sonneneinstrahlung und der Temperatur abhängig, was somit auch die mittäglichen Wasserpotentialmessungen stark schwanken lässt (KÜHRER et al., 2009). Um auch die Wasserführungskapazität vom Boden zur umgebenden Atmosphäre des Stammes einer Rebe zu erhalten, können nicht transpirierende Blätter, in Plastikbeutel verschlossen und mit Alufolie umwickelt, gemessen werden. Das Ergebnis hierbei ist das Stammwasserpotential (FORNECK et. al., 2008).

2.3 Die Weinbeere

2.3.1 Aufbau und Entwicklung

Die Beeren eines Rebstockes können in Schale, Fruchtfleisch, Mark (Butzen) und Kerne unterteilt werden. Die durchschnittliche Kernzahl beträgt 1,5 bis 3 je nach Befruchtungsverhältnissen, im Optimalfall 4 (MÜLLER, 2008).

Die Schale der Beeren besteht aus der Wachsschicht (Cuticula) und der Epidermis. Die Cuticula dient zur Abwehr von Schaderregern und reduziert den Wasserverlust. Die Epidermis weist eine ähnliche Funktion auf wobei in ihr zusätzlich noch Farb- und Aromastoffe eingebettet sind (CREASY and CREASY, 2009).

Die Entwicklung der Beeren kann in drei Phasen eingeteilt werden. Phase I, welche mit der Blüte beginnt, ist geprägt von Gewichtszunahmen der Beeren, wobei ihre Wasser- und Nährstoffversorgung in dieser Zeit sowohl über das Xylem als auch das Phloem erfolgt (TILBROOK and TYERMAN, 2008). Die Gewichtszunahme erfolgt primär über eine intensive Zellteilung zu Beginn der Beerenentwicklung. Das Ausmaß der Zellteilung bestimmt die mögliche Form und Größe der Beeren. Die rasche Zellteilung zu Beginn läuft fließend in eine Zellstreckung über, welche sich gegen Ende dieser Phase hin verlangsamt (COOMBE and McCARTHY, 2000). Weiters kommt es zu einer starken Anreicherung von Wein- und Äpfelsäure (CONDE et al., 2007). Weinsäure wird vermehrt zu Beginn dieser Phase gebildet, Äpfelsäure hingegen erst kurz vor der Veraison, welche rund 60 Tage nach der Blüte auftritt. Neben den Säuren werden auch verstärkt Phenole (vor allem Catechin), Aminosäuren, Makro- und Mikronährstoffe und Aromakomponenten eingelagert (KENNEDY, 2002).

Der Übergang zwischen der Beerenformation und der Beerenreife stellt die Phase II, die Verzögerungsphase (Lag Phase) dar. In diesem Abschnitt erfolgt kein Wachstum der Beere.

Die Zeitdauer dieser Periode ist stark abhängig von der Rebsorte. Im Anschluss an die Lag Phase folgt die Veraison (CONDE et al., 2007).

Die Veraison wird als Beginn der Beerenreife gesehen, welche mit dem Farbumschlag der Beerenhaut, der Zuckerakkumulation, dem Weichwerden und vielen weiteren Faktoren einhergeht (WADA, et al., 2009). Die Größe der Beere verdoppelt sich von Beginn dieser Periode bis zur Ernte. Viele Inhaltsstoffe, welche in der ersten Phase der Beerenentwicklung eingelagert wurden, werden durch die Volumenzunahme anteilmäßig verringert. Saccharose hingegen wird verstärkt in die Beeren transportiert und dort in Form von Glukose und Fruktose gespeichert. Auch die Bildung der Anthozyane bei Rotweinsorten und verschiedener Aromastoffen ist ein wesentlicher Bestandteil dieser Phase (KENNEDY, 2002).

Die Zucker- und Wasserversorgung über das Phloem nimmt rapide zu und der Xylemunderdruck liegt im Bereich um Null. (TILBROOK and TYERMAN, 2008). Der in der ersten Phase noch stark negative Xylemdruck ist in der Phase III kaum mehr vorhanden, da nun die Phloementladung vom symplastischen auf den apoplastischen Weg verlegt wurde und die Beere hauptsächlich über das Phloem versorgt wird (ZHANG et al., 2006).

Aufgrund von Versuchen mit Färbemittel konnte jedoch gezeigt werden, dass das Xylem bei gesunden Reben während der Beerenreife trotzdem intakt bleibt (KELLER et al., 2006). Bei Erreichen des maximalen Beerengewichtes erfolgt noch eine Zuckeranreicherung durch Gewichtsabnahme, verursacht durch Wasserverlust (TILBROOK and TYERMAN, 2008). Der permanente Wasserverlust in den reifenden Beeren ist darauf zurückzuführen, da die Wasserabgabe über Transpiration den Wasserimport übersteigt (GREER and ROGIERS, 2009).

2.3.2 Beereninhaltsstoffe

Die Inhaltsstoffe reifer Beeren sind vom Witterungsverlauf, dem Reifegrad der Trauben, der Rebsorte und weiterer Faktoren abhängig. Eine grobe Einteilung durchschnittlicher Konzentrationen in der Beere könnte mit 780 – 850 g/L Wasser, 120 – 250 g/L Kohlenhydrate (Zucker), 6 – 15 g/L Säuren, 2,5 – 5 g/L Mineralstoffe (Asche), 0,2 – 1,4 g/L Stickstoffverbindungen, 0,1 – 2,5 g/L Polyphenole (Gerbstoffe, Farbstoffe) und minimale Mengen an Aromastoffen angeführt werden (STEIDL, 2001).

In Bezug auf die Nährstoffgehalte in der Beere müssen Kalium, Magnesium und Calcium hervorgehoben werden. Kalium ist ein wichtiger Inhaltsstoff mit hoher Konzentration von etwa 1.500 mg/L im Traubenmost. Entscheidende Prozesse in der Regulation des Wasserhaushaltes, sowie der Zellstreckung werden durch Kalium beeinflusst. Der Gehalt an Magnesium und Calcium beläuft sich in etwa auf bis zu 100 mg/L Traubenmost. Calcium und

Magnesium wirken auf Zellmembranen entquellend, sie fungieren somit als Gegenspieler zu Kalium (MÜLLER et al., 2008).

2.3.3 Traubenwelkeparameter der Beere

Da sich Traubenwelke durch Kleinbeerigkeit und Weichwerden der Beeren auszeichnet (REISENZEIN et. al, 2008), könnten zur frühzeitigen Bestimmung und Quantifizierung der Krankheit Parameter wie Beerengröße und der Beerenspannung herangezogen werden. Nach THOMAS et al. (2008) wird mit zerstörungsfreien Messvorgängen, der Durchmesser und die Spannung (Elastizität) der Beeren mittels Schiebelehre ermittelt. Der Beerendurchmesser (d_i) wird am Äquator der Beere gemessen. Ermittelt man einen zweiten Durchmesser (d_f), welcher durch Anlegen einer bestimmten Kraft (F) auf die Beere erzielt wird, so findet die Formel der Elastizität (E) [MPa] Anwendung:

$$D \text{ [mm]} = (d_i - d_f)$$

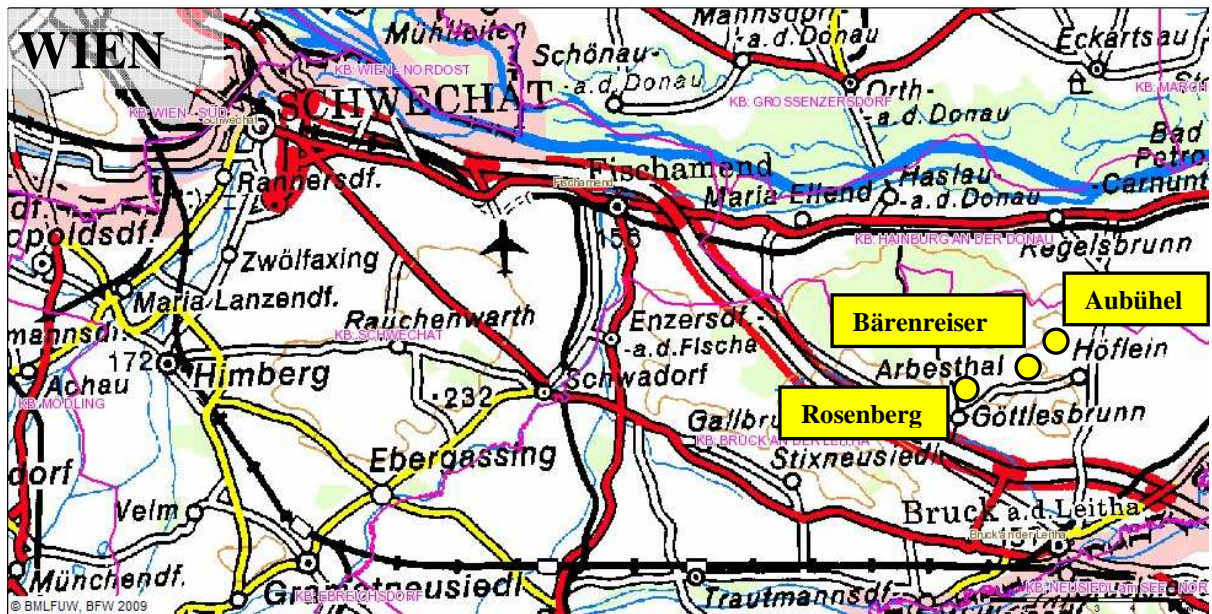
$$E \text{ [MPa]} = 3F \cdot (1 - \nu^2) / ((2RD^3)^{1/2})$$

D stellt die Differenz [mm] zwischen dem Ausgangsdurchmesser und dem Durchmesser bei Kraftanwendung, F die angewendete Kraft [N], ν den Poisson Koeffizienten (dimensionslos, angenommen mit 0,5) und R den undeformierten Radius der Beere dar. Diese Formel ist notwendig, da sich die Kontaktfläche zwischen der runden Beere und dem Messinstrument bei Anlegen eines Druckes durch die Elastizität wesentlich erhöht. Diese geometrischen Effekte werden bei D und R durch die Hertz-Gleichung berücksichtigt (THOMAS et al., 2008).

3 Material und Methoden

3.1 Versuchsfelder

Die Untersuchungen wurden im Jahr 2009 auf drei Rieden in der Gemarkung Göttlesbrunn und Höflein: Aubüchel, Bärenreiser und Rosenberg, im Weinbaugebiet Carnuntum durchgeführt. Die durch laufende Bestandeskontrollen ausgewählten Flächen zeigten im Versuchsjahr eindeutige flächendeckende Symptome der Traubenwelke. Die Lage der Versuchsfelder kann aus Abbildung 2 entnommen werden.



Quelle: BFW, 2009

Abbildung 2: Lageplan der Versuchsfelder Aubüchel, Bärenreiser und Rosenberg

Die Ertragserwartung bei den Rieden Bärenreiser und Rosenberg waren Mittel (7,5 t/ha) und am Aubüchel Hoch (9 t/ha). Da sich die Flächen im pannonischen Klimagebiet auf einer Seehöhe von rund 170 m befinden, liegt die Jahresdurchschnittstemperatur bei 9,7 °C und die durchschnittliche Niederschlagsmenge knapp unter 550 mm pro Jahr (ZAMG, 2010).

Die Ausrichtung, Lage und Bodenbeschaffenheit der Versuchsfelder ist in den Abbildung 3 bis Abbildung 5 dargestellt. Zur Veranschaulichung der Weingartenbeschaffenheit und des Traubenbehanges sind Abbildung 6 bis Abbildung 8 angeführt. Diese zeigen die Begrünung aller Fahrgasse auf jedem Standort und die augenscheinliche Vitalität der Blätter und die Pflege des Weingartens. Speziell die hohe Ertragserwartung der Fläche Aubüchel ist durch den starken Traubenbehang in Abbildung 6 zu erkennen.

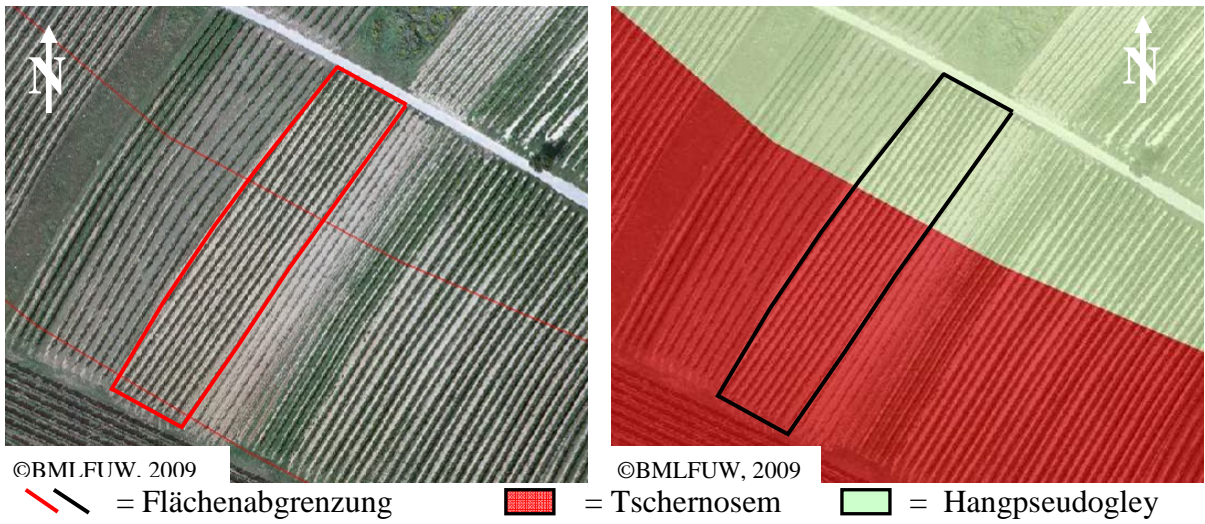


Abbildung 3: Digitale Bodenkarte und Bestimmung des Bodentyps, Aubüchel (Quelle: BFW, 2009)

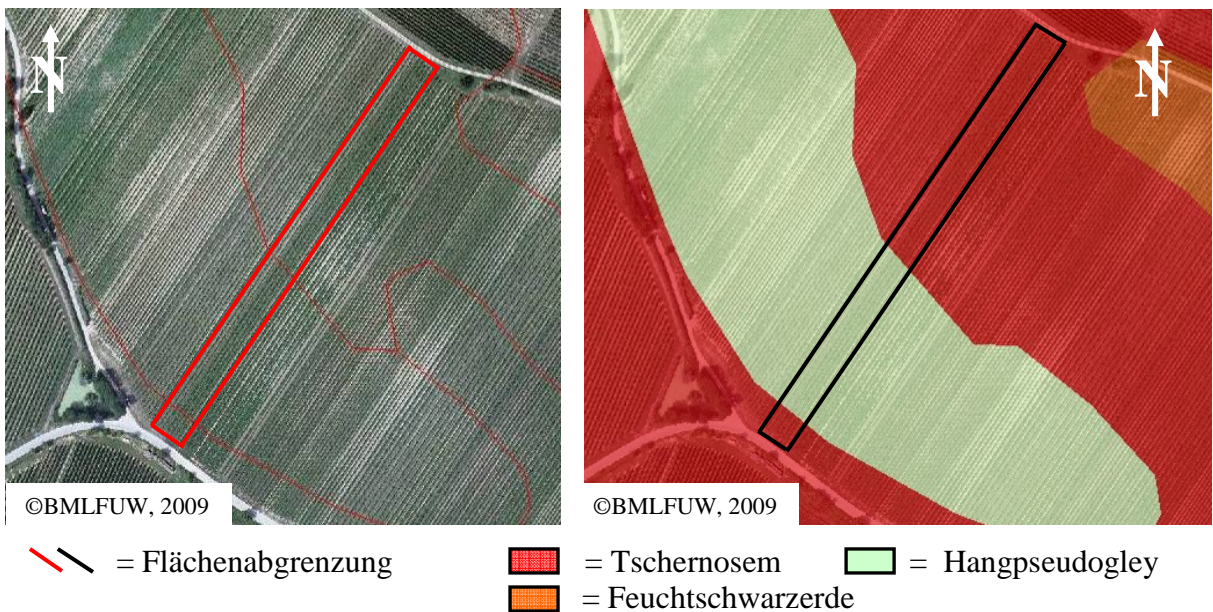


Abbildung 4: Digitale Bodenkarte und Bestimmung des Bodentyps, Bärenreiser (Quelle: BFW, 2009)

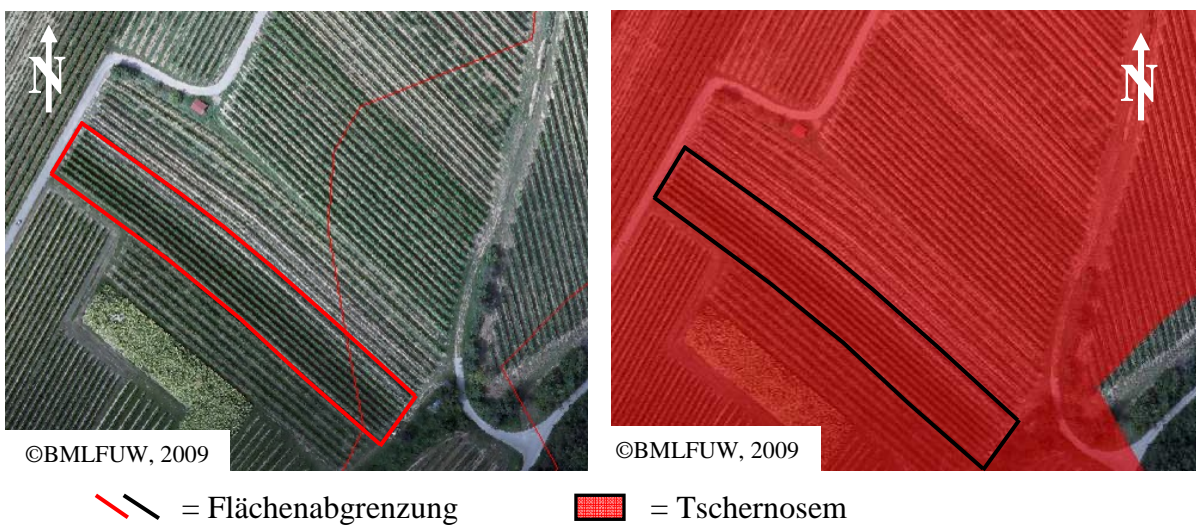


Abbildung 5: Digitale Bodenkarte und Bestimmung des Bodentyps, Rosenberg (Quelle: BFW, 2009)



Abbildung 6: Laubwandbeschaffenheit, Aubüchel (07. 09. 2009, Foto: Besser)



Abbildung 7: Weingartenbeschaffenheit, Bärenreiser (07. 09. 2009, Foto Besser)



Abbildung 8: Weingartenbeschaffenheit, Rosenberg (20. 08. 2009, Foto Besser)

3.2 Versuchsaufbau

Auswahl der Test Rebstöcke

Die bonitierten Rebstöcke (Aubüchel 30, Bärenreiser 15, Rosenberg 30) wurden am 20. 08. 2009 auf den Versuchsflächen mit Plastiketiketten markiert. Die Auswahl der Rebstöcke erfolgte zufällig innerhalb der Flächen, nach dem Schema KRANK bzw. GESUND. Stöcke, welche mit KRANK (K) bezeichnet wurden, wiesen augenscheinlich traubenwelke Trauben auf, wobei jedoch auch scheinbar gesunde Trauben auf diesen vorhanden waren. Die als GESUND (G) eingestuften Stöcke durften keine befallenen Früchte tragen und mussten optisch im Gesamtbild gesund wirken. Neben den Stockmarkierungen wurden weiters zwei Trauben je Rebstock und auf diesen jeweils noch drei Beeren gekennzeichnet. Diese Kennzeichnung erfolgte bei den Trauben ebenfalls mittels beschrifteter Plastiketikette und bei den Einzelbeeren durch kleine Kabelbinder, welche vorsichtig um das Stielchen der Beere angelegt wurden (Markierungen siehe Abbildung 9).

Die Beeren wurden zufällig an den gekennzeichneten Trauben ausgewählt, wobei immer eine Beere im oberen, eine im mittleren und die dritte im unteren Bereich gewählt wurde. Durch diese Verteilung sollen Unterschiede zwischen den Regionen einer einzelnen Traube aufgezeigt werden. Die genaue Markierung der Pflanzen, Trauben und Beeren war notwendig um alle Untersuchungen bzw. Messungen immer an der gleichen Einheit durchzuführen.



Abbildung 9: Kennzeichnung Rebstock, Traube und Beeren (Foto: Besser)

3.3 Messung des Wasserpotentials

Die Messung des Wasserpotentials erfolgte mit der Scholander-Bombe (siehe Abbildung 10 links) auf den Standorten Rosenberg und Aubüchel und wurde an neun augenscheinlich gesunden und 20 traubenwelkekranken Stöcken durchgeführt. Die Ermittlung des transpirations-unabhängigen, frühmorgendlichen Wasserpotentials erfolgte am 27. August 2009 ab 23.00 Uhr bis vor Sonnenaufgang (siehe Abbildung 10 Mitte). Das transpirationsabhängige, mittägliche Wasserpotential hingegen wurde tags darauf, am 28. August 2009, bei Sonnenschein und stabilen Wetterbedingungen ermittelt.



Abbildung 10: Messung des Wasserpotentials mittels Scholander Bombe (Fotos: Besser)

Zur Bestimmung des Wasserpotentials wurden wenn möglich zwei gut entwickelte, gesunde Blätter je Stock, vom 1. oder 2. Nodium des 1. oder 2. Triebes des Streckers, mit einem scharfen Messer knapp neben dem Knoten am Stiel abgetrennt. Bei schadhafte oder fehlenden Blättern wurde auf andere Blätter ausgewichen, diese sollten sich aber möglichst nahe beim Stamm befinden, um keine falschen Messergebnisse zu liefern. Nach dem Trennen des Blattes wurde es innerhalb von zehn Sekunden in die Druckkammer eingespannt um möglichst genaue Ergebnisse zu erhalten (siehe Abbildung 10 Mitte). Nach sehr vorsichtiger und langsamer Drucksteigerung konnte der Luftdruck abgelesen werden, bei dem der Xylemexudat aus dem Stiel austrat.

Bei den Messungen tagsüber wurde zusätzlich noch das Stammwasserpotential ermittelt. Dazu wurde ein Blatt je Stock in einen Plastikbeutel und anschließend in Alufolie eingepackt (siehe Abbildung 10 rechts). Die Messung dieser Blätter erfolgte mind. 30 Minuten später.

3.4 Physiologische Eigenschaften der Beere (Größe, Spannung und Farbe)

Die Bestimmung der physiologischen Eigenschaften der Beeren wurde auf den Standorten an insgesamt 24 gesunden und 52 kranken Rebstöcken durchgeführt (Rosenberg am 26. 08. und 02. 09. 2009; Aubüchel am 26. 08. und 02. 09. 2009; Bärenreiser am 08. 09. 2009). Bei der Feststellung der physiologischen Eigenschaften der TW befallenen Beeren wurde aufgrund der enormen Bandbreite an verschiedenen Faktoren das Augenmerk auf drei spezielle Eigenschaften gelegt: Die Beerengröße, die Spannung (Elastizität) der Beere und die Farbe der Beerenhaut.

Beerengröße und –spannung

Die Beerengröße, oder auch der Beerendurchmesser, wurde mittels elektrischer Schiebelehre ermittelt und auf 1/10 mm genau angegeben. Da die genaue Messung mittels Schiebelehre bei weichen elastischen Materialien sehr schwierig ist und auch der Faktor der Beerenspannung sehr interessant schien, wurde das Messgerät mit einem Drucksensor ausgestattet (siehe Abbildung 11). Die Beerengröße wurde somit bei einer Kraft von 0 g abgelesen. Um die Spannung festzustellen wurde ein Druck von rund 150 g/mm² auf die Beere ausgeübt und der neue Messwert abgelesen. Je straffer die Frucht, desto kleiner die Differenz zwischen 0 und 150 g, welche auf die Beere einwirken. Mit dieser Methode sollte der merkbare Druckverlust TW kranker Beeren in Zahlen gefasst werden.



Abbildung 11: Schiebelehre mit Druckmessung (roter Kreis = Drucksensor, Fotos: Besser)

Beerenfarbe

Um die Farbunterschiede zwischen gesunden und welken Trauben aufzuzeigen, wurden Messungen im Weingarten mittels Chroma-Meter der Type CR-400 (Marke KONIKA MINOLTA) durchgeführt (siehe Abbildung 12). Das Chroma-Meter ermittelt die Daten mit einer Xenon Blitzlampe und sechs Silizium-Photodioden (drei für Messungen und drei für die Beleuchtungskontrolle), welche verantwortlich sind für die Anzeige der Primär-Empfindungswerte von rotem, blauem und grünem Licht. Optisch gemessene Werte werden in Form des $L^*a^*b^*$ Farbraumes (siehe Abbildung 12 Mitte) dargestellt (KONIKA MINOLTA, Benutzerhandbuch, 2009).



Abbildung 12: Chroma-Meter CR-400, Marke KONIKA MINOLTA (Fotos: Besser)

3.5 Beereninhaltsstoffe

Für die Analyse der Inhaltsstoffe wurden auf allen drei Versuchsflächen Proben von insgesamt 23 gesunden und 42 kranken Reben entnommen (Rosenberg am 21. 08. und 31. 08. 2009, Aubüchel am 28. 08. und 31. 08. 2009 und Bärenreiser am 07. 09. 2009).

Entnommen wurden die Beeren von den markierten Einzelstöcken, wobei bei gesunden Stöcken nur eine und bei TW befallenen Stöcken zwei Proben benötigt wurden. Die zweite Probe setzte sich aus Beeren von augenscheinlich gesunden Trauben auf diesen kranken Stöcken zusammen, wodurch die Unterschiede zwischen Früchten auf gesunden Rebstöcken und optisch gesund wirkenden auf kranken Rebstöcken aufgezeigt werden sollen.

Für die Probenahme wurden Falcon Tubes (50 ml) verwendet, welche bis zur Gänze gefüllt und anschließend verschraubt wurden. Die Analyse der Proben erfolgte an der Universität für Bodenkultur in Wien. Neben dem pH Wert, der titrierbaren Säure und der Gesamtsäure wurde auch der Zuckergehalt als % Brix bestimmt (umgerechnet auf °KMW).

Zur Bestimmung weiterer Inhaltsstoffe wie Weinsäure, Äpfelsäure, Kalium, Magnesium und Calcium wurden Proben im Labor des Bundesamtes für Obst- und Weinbau in Klosterneuburg analysiert. Die Bestimmung von Weinsäure und Äpfelsäure erfolgte mit Ionenchromatografie und die Nährstoffgehalte wurden mittels AAS (Atomabsorptionsspektrometrie) bestimmt. Da die Probemengen je Stock für Einzelanalysen nicht ausreichten, wurden jeweils zwei bis drei Stichproben der gleichen Fläche und Art zusammengefasst.

3.6 Bonitur der TW Symptome

Zur Feststellung des Traubenwelkebefalles, bezogen auf den jeweiligen Versuchsweingarten (Flächenbonitur), wurden 2 x 100 Rebstöcken in unterschiedlichen Bereichen der Fläche untersucht. Datum der Bonitur war der 01. bzw. 07. 09. 2009. Die kranken Trauben wurden erhoben und in Relation zur Anzahl aller Trauben auf den gesamten 200 Rebstöcken gesetzt, wodurch man die Befallshäufigkeit erhält (REDL und WEINDLMAYR, 1987). Da keine einzelnen befallenen Regionen auf den Trauben zu erkennen waren, bzw. die Winzer bei der Lese im Krankheitsfall immer die ganze Traube ausscheiden, war eine Bestimmung der Befallsstärke nicht notwendig.

Um die Befallsverteilung auf Einzelstockbasis zu erhalten, wurden bei 117 Rebstöcken (verteilt auf drei Standorte) die Anzahl der Triebe je Strecker und Zapfen und die Anzahl der Trauben je Trieb gezählt. Weiters wurde erhoben, wo sich die welken Trauben am Stock befanden, da alle Triebe am Strecker ausgehend vom Stamm durchnummeriert wurden. Somit konnte jede kranke Traube einer genauen Position zugeordnet werden, zum Beispiel Stock 14, 1. Traube auf 1. und 6. Trieb krank (siehe Tabelle 1, gelb markiert).

Tabelle 1: Ausschnitt TW Bonitur auf Einzelstockbasis: Beispiel

Stocknr.	Triebe	Trauben	welke Trauben	letzter Trieb am Strecker	Verteilung TW Trauben								Trauben		Verteilung am Strecker				
					1.Trieb	2.Trieb	3.Trieb	4.Trieb	5.Trieb	6.Trieb	7.Trieb	8.Trieb	Zapfen	1.Traube	2.Traube	Innen (0-33%)	Mitte (34-66%)	Außen (67-100%)	
14	9	8	2	6	1						1				2		1,0	0,0	1,0
15	7	7	1	5					1						1		0,0	0,0	1,0
16	10	10	3	6			1	2							2	1	0,0	3,0	0,0
17	9	8	5	6				1	2	1			1		4	1	0,0	1,0	3,0
18	7	7	3	6					1	2					2	1	0,0	0,0	3,0

Durch die Aufteilung jedes Streckers in die Sektoren „Innen“, „Mitte“ und „Außen“, konnte der TW Befall je nach Erscheinungsort eingeordnet werden. Zur Einteilung der Sektoren wurde die Anzahl der Triebe am Strecker durch drei geteilt. Da bei dieser Teilung oftmals keine ganzzahligen Ergebnisse zu erzielen sind hätte dies die Verteilung verfälscht (z.B.: vier Triebe geteilt durch 3 ergibt 1,33, was mathematisch zur Folge hätte, dass ein Trieb „Innen“, ein Trieb „Mitte“ und zwei Triebe „Außen“ wären). Um dieses Problem zu umgehen, wurden welke Trauben nicht gänzlich sondern anteilmäßig zu Sektoren zugeteilt.

Die Summe der kranken Trauben je Sektor wurde allen kranken Trauben des Streckers gegenübergestellt, womit die Befallshäufigkeiten der Abschnitte „Innen“ (0 – 33,3% der Augenzahl des Streckers), „Mitte“ (33,4 – 66,6%) und „Außen“ (66,7 – 100%) dargestellt und verglichen werden konnten.

Trauben mit Traubenwelke Symptomen wurden ebenfalls sektoral beurteilt, um feststellen zu können, ob ganze Trauben oder nur Teile der Traube betroffen sind. Die Beurteilung erfolgt über die drei markierten Beeren, welche sich im oberen, mittleren und unteren Bereich der Traube befinden. Durch die Ergebnisse der drei Sektoren (Oben, Mitte, Unten) von Beerenspannung und -farbe und deren Gegenüberstellung soll gezeigt werden, wie die TW innerhalb einer befallenen Traube verteilt ist.

3.7 Statistische Auswertung

Die Auswertung und Überprüfung der Daten wurde mit Hilfe des Statistikprogramms SPSS Version 15 für Windows durchgeführt. Die Messwerte wurden auf Normalverteilung und auf Homogenität der Varianzen getestet. Anschließend wurde bei gegebenen Vorbedingungen eine einfache Varianzanalyse (ANOVA) mit darauf folgendem Tukey Test auf dem Signifikanzniveau von $\alpha = 0,05$ durchgeführt, um signifikante Unterschiede zwischen den zu testenden Gruppen aufzuzeigen.

Sollten die Messwerte jedoch keiner Normalverteilung entsprochen haben oder deren Varianzen nicht homogen gewesen sein, wurden als nicht parametrisches Verfahren der Kruskal-Wallis-Test (mit KWT gekennzeichnet) und der Mann-Whitney-U-Test (MWUT) durchgeführt. Die Signifikanzgrenzen wurden nach dem Schema von EHRENDORFER (1958) gewählt:

Wahrscheinlichkeit: p-Wert $\leq 0,001$	„sicher“	***
p-Wert $\leq 0,01$	„hoch signifikant“	**
p-Wert $\leq 0,05$	„signifikant“	*
p-Wert $> 0,05$	„nicht signifikant“	n.s.

4 Ergebnisse

Zur Überprüfung der in der Einleitung aufgestellten Hypothesen, werden in diesem Abschnitt die Ergebnisse der Weingartenuntersuchungen dargestellt. Hypothese 1, welche behauptet, dass es einen signifikanten Unterschied im frühmorgendlichen und mittäglichen Wasserpotential sowie im Stammwasserpotential zwischen gesunden und TW kranken Rebstöcken gibt, wird mit Wasserpotentialmessungen an verschiedenen Zeitpunkten mittels Scholander-Bombe auf allen drei Standorten überprüft.

Die 2. und 3. Hypothese behandeln die Unterschiede in der Beerengröße, -spannung und -farbe zwischen TW kranken und gesunden Beeren sowie innerhalb einer TW kranken Traube. Durch Größen- und Druckmessungen an Beeren mittels Schiebelehre inklusive integriertem Drucksensor, sowie der Farbermittlung anhand eines Chroma-Meters wird ermittelt, ob die Hypothesen ihre Gültigkeit behalten. Für die Feststellung der Unterschiede innerhalb einer TW kranken Traube, wurde die Trauben wie schon erwähnt, in die Sektoren „oben“, „mitte“ und „unten“ eingeteilt. Auch gesunde Trauben wurden gemäß dieser Einteilung ausgewertet, um die Physiologie normal entwickelter Trauben der Rebsorte Zweigelt festzustellen.

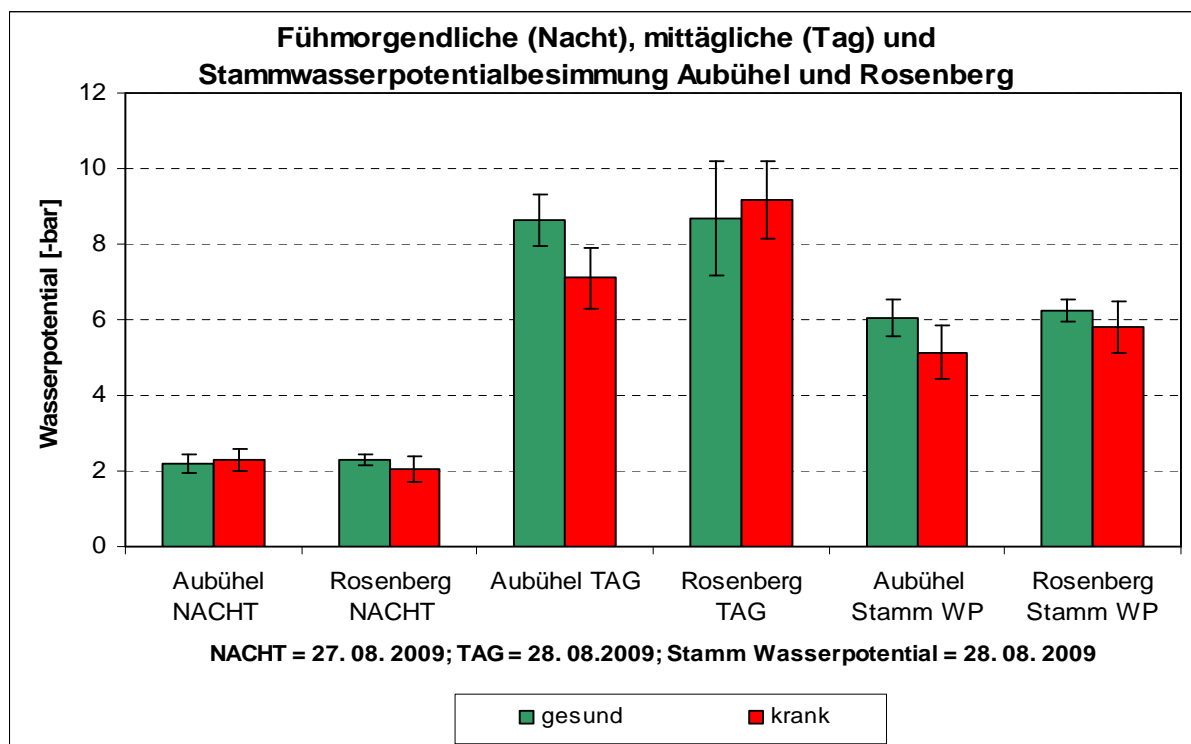
Dass es Unterschiede zwischen dem Mostgewicht, der Gesamtsäure, der Weinsäure, der Äpfelsäure, im pH-Wert und im Calcium-, Magnesium-, Natrium- und Kaliumhaushalt zwischen TW kranken Beeren und gesunden Beeren auf gesunden bzw. erkrankten Rebstöcken gibt, wird in den Hypothesen 4 und 5 behauptet. Um diese zu prüfen, wurden Analysen der genannten Beereninhaltsstoffe an gesunden und TW kranken Reben durchgeführt. Auf augenscheinlich gesunde Beeren an TW kranken Reben wurde besonderes Augenmerk gelegt, da diese bei Erreichen einer gewissen Qualität für die Vinifikation verwendet werden können.

Die 6. Hypothese besagt, dass die Verteilung TW kranker Trauben über einen Rebstock nicht zufällig ist. Zur Bearbeitung dieser Hypothese wurden 148 Weinstöcke ausgewählt und ihre Strecker in drei Segmente geteilt, „Innen“, „Mitte“ und „Außen“. Welche Trauben wurden den Streckerdritteln zugeordnet um eine Tendenz zwischen den Abschnitten zu erkennen.

4.1 Wasserpotential

Auf den Flächen Aubühel und Rosenberg wurden Ende August vergleichende Wasserpotential Messungen zwischen gesunden Stöcken und Rebstöcken mit Traubenwelke durchgeführt. Die Ergebnisse der Nacht-, Tag- und Stammwasserpotential Messung sind in Abbildung 13 dargestellt. Das frühmorgendliche Wasserpotential zeigt auf beiden Flächen eine geringe unterschiedliche Ausprägung. Die kranken Stöcke der Fläche Aubühel haben mit -2,29 bar eine geringfügig stärkere Saugspannung als die gesunden (-2,20 bar), umgekehrt am Rosenberg, wo gesunde Pflanzen ein etwas negativeres Wasserpotential aufzeigen.

Beim mittäglichen Messtermin ergibt sich ein ähnliches Bild, nur zeigen hier am Versuchsstandort Aubühel die gesunden Reben mit -8,62 bar ein negativeres Wasserpotential auf und am Rosenberg die TW kranken (-8,68 bar). Das Stammwasserpotential liefert auf beiden Standorten das Ergebnis, dass gesunde Rebstöcke eine höhere Saugspannung aufbauen.



Aubühel: NACHT gesund n=10 Blätter, NACHT, krank n=20 Blätter, TAG gesund n=10 Blätter, TAG krank n=20 Blätter, Stamm WP n=5 Blätter; Rosenberg: NACHT gesund n=8 Blätter, NACHT, krank n=20 Blätter, TAG gesund n=8 Blätter, TAG krank n=20 Blätter, Stamm WP n=4 Blätter

Abbildung 13: Ergebnisse frühmorgendliches (Nacht), mittägliches (Tag) und Stammwasserpotential der Versuchsflächen Aubühel und Rosenberg (Mittelwerte mit Standardabweichungen)

Die statistische Auswertung (Tabelle 2) ergab am Rosenberg keine signifikanten Unterschiede zwischen gesunden und TW kranken Reben hinsichtlich des frühmorgendlichen, mittäglichen sowie Stammwasserpotentials. Auf dem Ried Aubühel hingegen, sind das mittägliche

Wasserpotential und das Stammwasserpotential signifikant negativer bei gesunden Pflanzen, was auf einen höheren Wasserstress hinweist.

Für die Hypothese 1 bedeutet dies, dass sie am Standort Rosenberg verworfen werden muss, es gibt somit keine signifikanten Unterschiede im frühmorgendlichen und mittäglichen Wasserpotential sowie im Stammwasserpotential. Am Standort Aubüchel kann die Hypothese beim mittäglichen Wasserpotential mit „sicherer“ und beim Stammwasserpotential mit „signifikanter“ Wahrscheinlichkeit beibehalten werden.

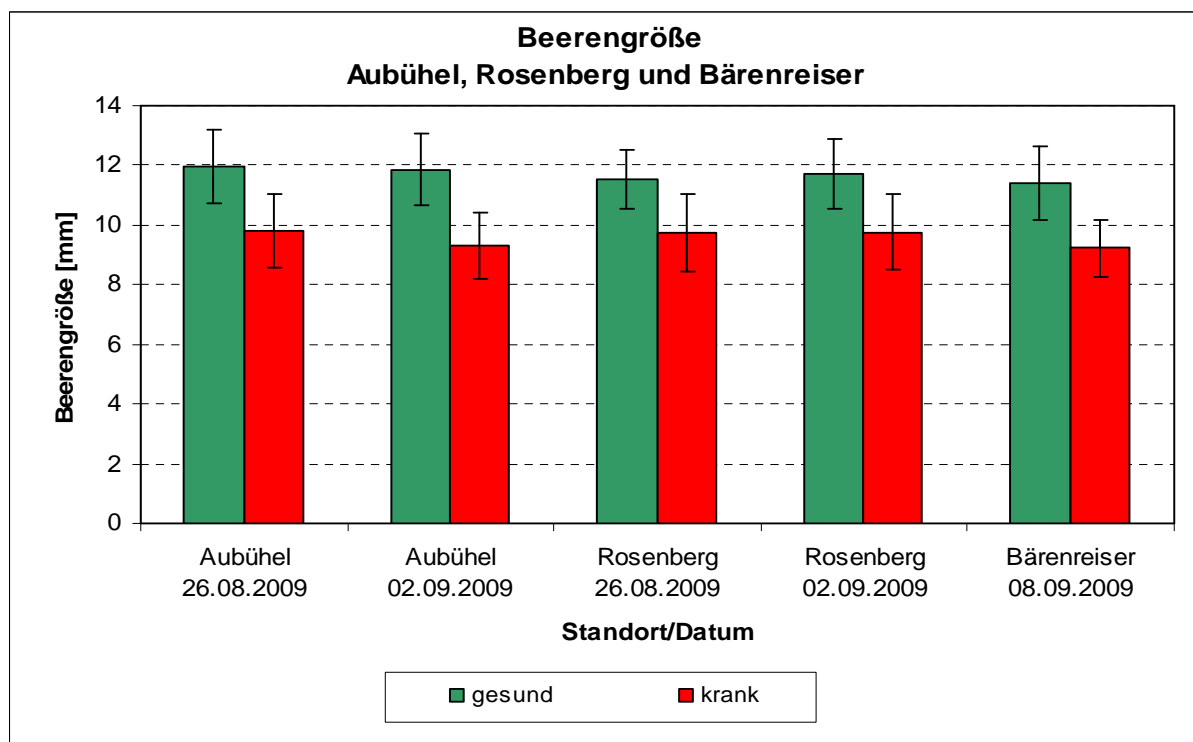
Tabelle 2: Statistische Auswertung Wasserpotential auf den Versuchsflächen (ANOVA + KWT)

Versuchsfläche	p-Wert Frühmorgendliches Wasserpotential (Nacht)	p- Wert Mittägliches Wasserpotential (Tag)	p- Wert Stammwasserpotential
Aubüchel	0,430 / n.s.	0,000 / ***	0,022 / *
Rosenberg	0,102 / n.s. (KWT)	0,331 / n.s.	0,234 / n.s.

4.2 Beerengröße, -spannung und -farbe

4.2.1 Beerengröße

Die Beerengröße wurde im Zuge der Messung der Beerenspannung ermittelt, als Durchmesser in mm vor der Druckanwendung. Die Ergebnisse zwischen gesunden und TW kranken Beeren auf den drei Versuchsflächen sind in Abbildung 14 angeführt. Die Durchschnittsgröße der gesunden Beeren liegt zwischen 11,40 und 11,94 mm, jene der kranken nur zwischen 9,25 und 9,82 mm. Auf allen Standorten und zu allen Messterminen ergibt sich somit ein gleichmäßiger Größenunterschied von rund 2 mm.



Aubüchel 26.08.09: n=30 (gesund), n=57 (krank); Aubüchel 02.09.09: n=30 (gesund), n=54 (krank); Rosenberg 26.08.09: n=30 (gesund), n=54 (krank); Rosenberg 02.09.09: n=30 (gesund), n=60 (krank); Bärenreiser 08.09.09: n=30 (gesund), n=60 (krank)

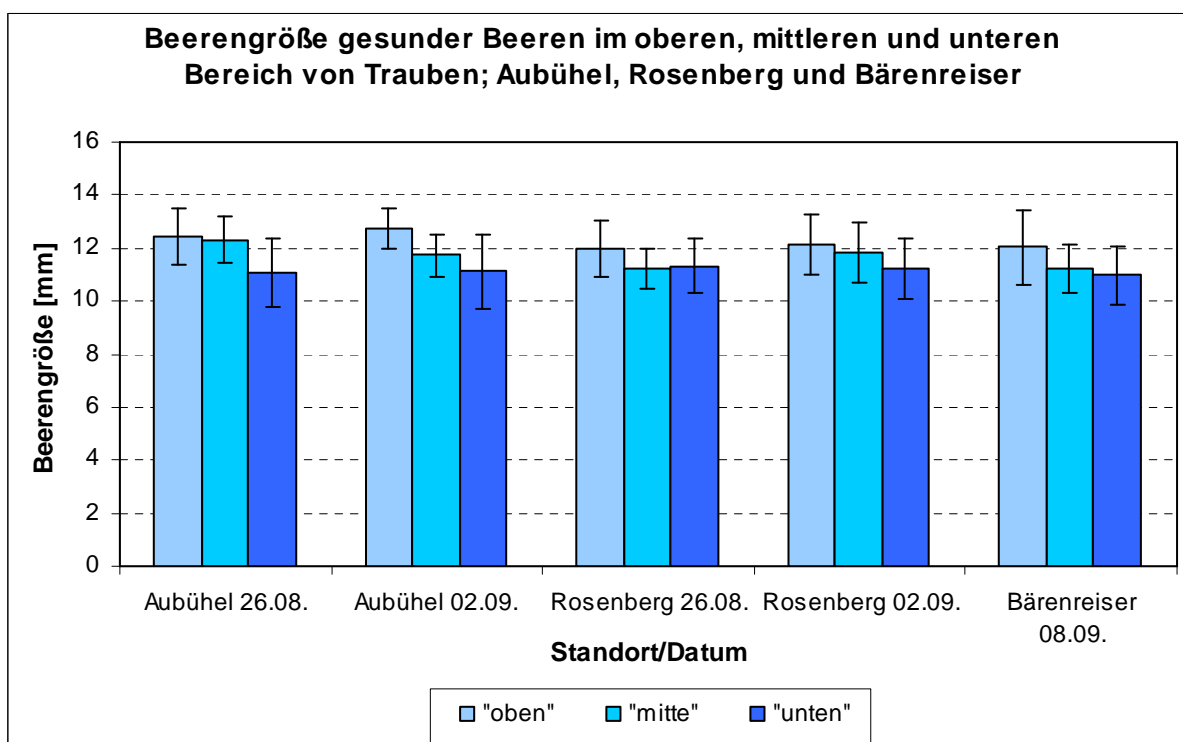
Abbildung 14: Ergebnisse der Beerengrößenbestimmung; Aubüchel, Rosenberg und Bärenreiser (Mittelwerte und Standardabweichung)

Die Überprüfung mittels Varianzanalyse in Tabelle 3 bestätigt die Unterschiede aus Abbildung 14. Alle p-Werte liegen unter der Grenze von 0,001. Ein Unterschied in der Größe der Beeren auf gesunden Trauben und Trauben mit Symptomen konnte eindeutig nachgewiesen werden. Hypothese 2 kann folglich in der Hinsicht auf die Unterschiede in der Beerengröße zwischen gesunden und TW kranken Beeren mit „sicherer“ Wahrscheinlichkeit angenommen werden.

Tabelle 3: Statistische Auswertung der Beerengröße (ANOVA)

Versuchsfläche/Datum	p-Wert Beerengröße
Aubüchel, 26.8.	0,000 / ***
Aubüchel, 02.09.	0,000 / ***
Rosenberg, 26.08.	0,000 / ***
Rosenberg, 02.09.	0,000 / ***
Bärenreiser 08.09.	0,000 / ***

Durch die Aufteilung der Messergebnisse auf die Sektoren „oben“, „mitte“ und „unten“ können die Beerengrößen innerhalb der Traubendrittel verglichen werden. Die Ergebnisse für gesunde Trauben sind in Abbildung 15 dargestellt. Tendenziell kann festgehalten werden, dass die Beeren im oberen Traubendrittel am größten und jene an der Traubenspitze meist am kleinsten sind. Auch bei den TW kranken Trauben in Abbildung 16 ist diese Tendenz zu erkennen. Die statistische Auswertung ergab zwischen den Sektoren nur auf der Fläche Aubüchel geringe Größenunterschiede (Tabelle 4 und Tabelle 5). Es ist davon auszugehen, dass sich die Beeren der Sorte Zweigelt über die Fläche gemittelt nicht statistisch hinsichtlich ihrer Größe unterscheiden, wobei Hypothese 3 hinsichtlich der Beerengröße beibehalten wird.

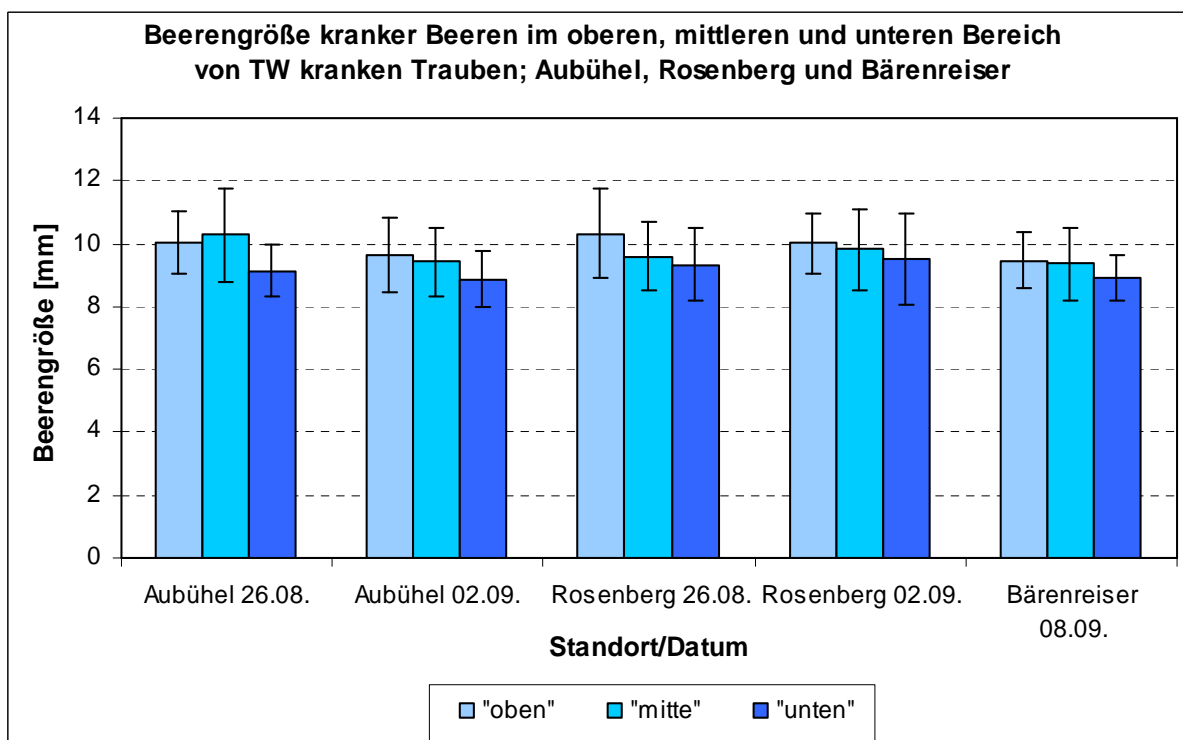


Aubüchel 26.08.09: n=10; Aubüchel 02.09.09: n=10; Rosenberg 26.08.09: n=10; Rosenberg 02.09.09: n=10; Bärenreiser 08.09.09: n=10; (n bei „oben“, „mitte“ und „unten“ ident)

Abbildung 15: Gegenüberstellung der Beerengröße gesunder Beeren im oberen, mittleren und unteren Traubendrittel; Aubüchel, Rosenberg und Bärenreiser (Mittelwerte und Standardabweichung)

Tabelle 4: Statistische Auswertung der Unterschiede zwischen den Beerengrößen der Sektoren „oben“, „mitte“ und „unten“ bei gesunden Trauben (ANOVA)

Standort	p-Wert Beerengröße alle Sektoren	p-Wert oben / mitte	p-Wert oben / unten	p-Wert mitte / unten
Aubüchel, 26.08.	0,013 / *	0,949 / n.s.	0,019 / *	0,039 / *
Aubüchel, 02.09.	0,006 / **	0,091 / n.s.	0,004 / **	0,395 / n.s.
Rosenberg, 26.08.	0,156 / n.s.	0,172 / n.s.	0,275 / n.s.	0,957 / n.s.
Rosenberg, 02.09.	0,205 / n.s.	0,810 / n.s.	0,188 / n.s.	0,473 / n.s.
Bärenreiser 08.09.	0,127 / n.s.	0,287 / n.s.	0,127 / n.s.	0,883 / n.s.



Aubüchel 26.08.09: n=19; Aubüchel 02.09.09: n=18; Rosenberg 26.08.09: n=18; Rosenberg 02.09.09: n=20; Bärenreiser 08.09.09: n=20; (n bei „oben“, „mitte“ und „unten“ ident)

Abbildung 16: Gegenüberstellung der Beerengröße TW kranker Beeren im oberen, mittleren und unteren Traubendrittel; Aubüchel, Rosenberg und Bärenreiser (Mittelwerte und Standardabweichung)

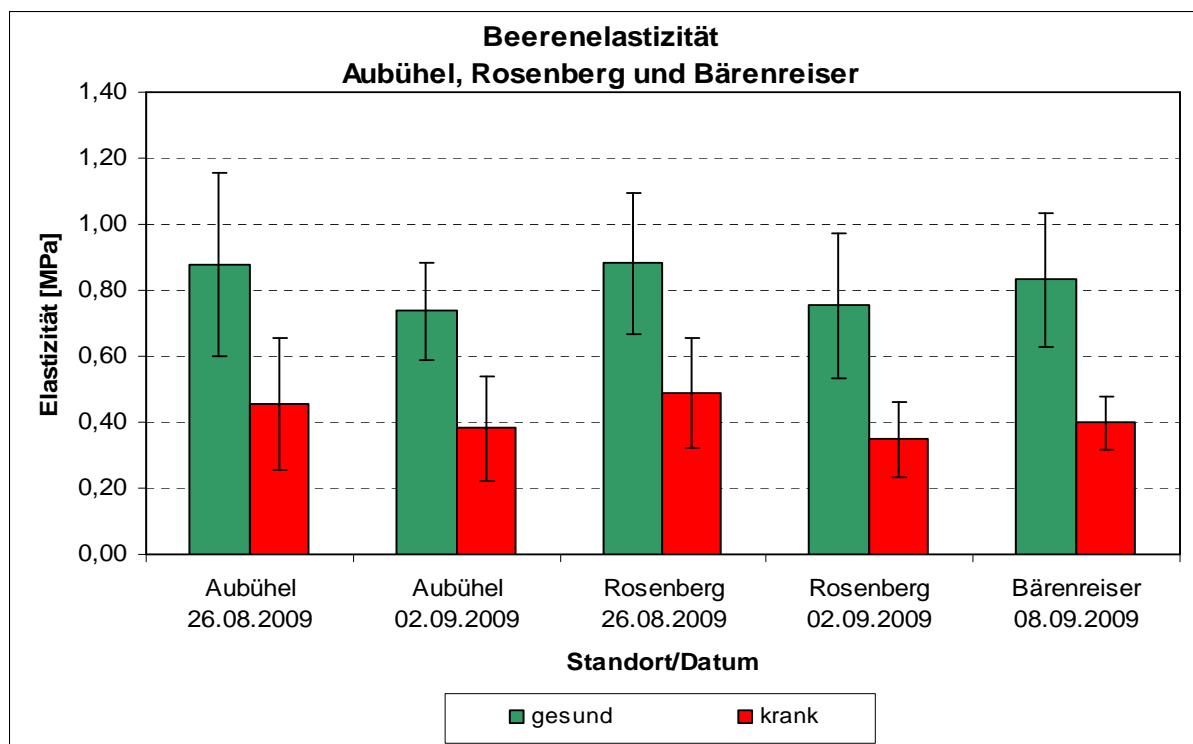
Tabelle 5: Statistische Auswertung der Unterschiede zwischen den Beerengrößen der Sektoren „oben“, „mitte“ und „unten“ bei TW kranker Trauben (ANOVA)

Standort	p-Wert Beerengröße alle Sektoren	p-Wert „oben“ / „mitte“	p-Wert „oben“ / „unten“	p-Wert „mitte“ / „unten“
Aubüchel, 26.08.	0,008 / **	0,797 / n.s.	0,048 / *	0,009 / **
Aubüchel, 02.09.	0,082 / n.s.	0,781 / n.s.	0,075 / n.s.	0,271 / n.s.
Rosenberg, 26.08.	0,052 / n.s.	0,186 / n.s.	0,050 / n.s.	0,802 / n.s.
Rosenberg, 02.09.	0,417 / n.s.	0,874 / n.s.	0,390 / n.s.	0,689 / n.s.
Bärenreiser 08.09.	0,139 / n.s.	0,914 / n.s.	0,143 / n.s.	0,292 / n.s.

4.2.2 Beerenspannung (-elastizität)

Eine Kraft von 150 g wurde auf die Beeren ausgeübt, um die Veränderung des Durchmessers und damit die Beerenspannung zu bestimmen. Die über die Änderung des Durchmessers errechnete Elastizität ist in Abbildung 17 angeführt. Aus der Grafik zeigt sich, dass bei allen Terminen und Flächen gesunde Beeren eine rund doppelt so hohe Festigkeit als TW kranke und somit eine weit geringere Veränderung des Durchmessers aufweisen.

Bei den ersten Messterminen am 26. August zeigen die gesunden Varianten sowohl am Ried Aubüchel als auch am Rosenberg mit 0,88 MPa die höchste Beeranelastizität auf, die TW kranken hingegen 0,45 und 0,49 MPa. Das bedeutet, dass TW kranke Beeren bei gleicher Kraftanwendung stärker verformt werden können. Bei der Messung am 02. September liegen die Elastizitätswerte aller Beeren tiefer, bei den TW kranken am Rosenberg zum Vergleich bei nur 0,35 MPa. Die Unterschiede konnten auch statistisch abgesichert werden (siehe Tabelle 6). Für Hypothese 2 bedeutet dies, dass es neben der Beerengröße auch in der Beerenspannung sichere Unterschiede zwischen gesunden und TW kranken Beeren gibt, wodurch die Hypothese auch in diesem Punkt beibehalten wird.



Aubüchel 26.08.09: n=30 (gesund), n=57 (krank); Aubüchel 02.09.09: n=30 (gesund), n=54 (krank); Rosenberg 26.08.09: n=30 (gesund), n=54 (krank); Rosenberg 02.09.09: n=30 (gesund), n=60 (krank); Bärenreiser 08.09.09: n=30 (gesund), n=60 (krank)

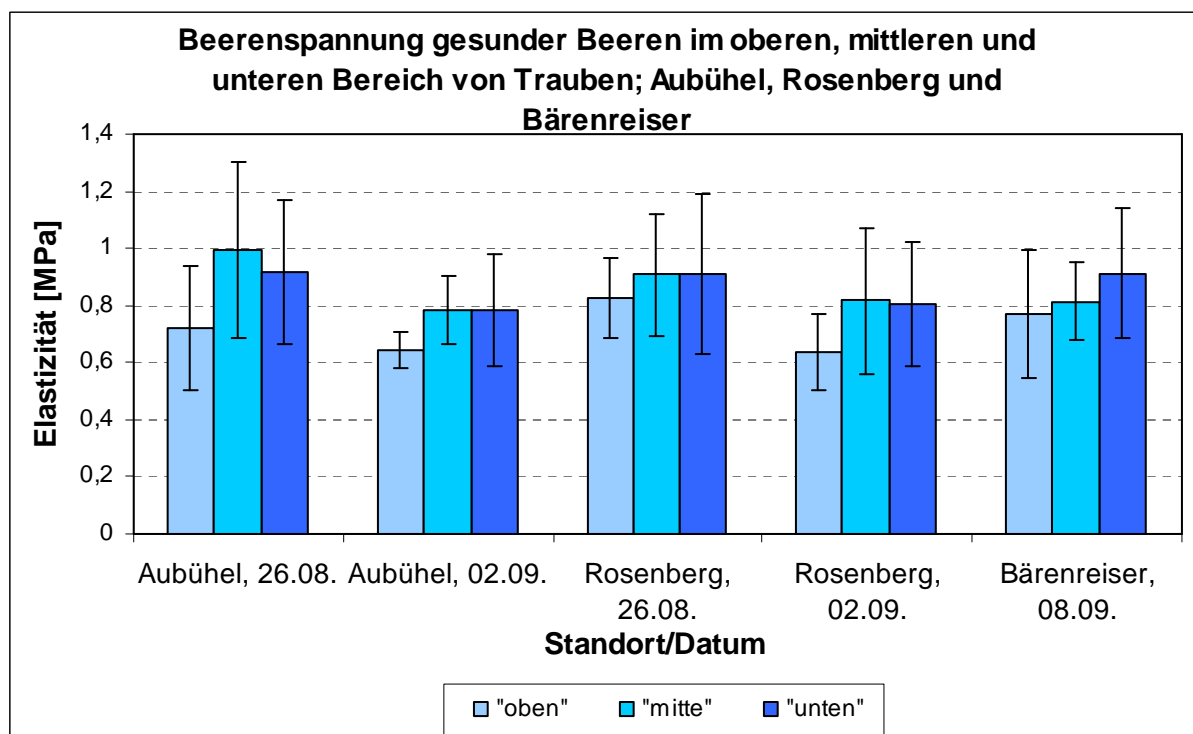
Abbildung 17: Ergebnisse der Beeranelastizitätsbestimmung; Aubüchel, Rosenberg und Bärenreiser (Mittelwerte und Standardabweichung)

Tabelle 6: Statistische Auswertung der Beeranelastizität (ANOVA + KWT)

Versuchsfläche/Datum	p-Wert Beeranelastizität
Aubühel, 26.8.	0,000 / ***
Aubühel, 02.09.	0,000 / ***
Rosenberg, 26.08.	0,000 / ***
Rosenberg, 02.09.	0,000 / *** (KWT)
Bärenreiser, 08.09.	0,000 / *** (KWT)

Die sektorale Beerenspannung gibt Auskunft, ob TW kranke Beeren vermehrt im unteren Bereich von Trauben vorkommen, oder ob es sich um eine zufällige Verteilung auf der Traube handelt. In Abbildung 18 werden die Elastizitäten der gesunden Traubensektoren „oben“, „mitte“ und „unten“ gezeigt. Bei allen Versuchsvarianten weist die Beere im oberen Drittel mit 0,64 bis 0,83 MPa die geringsten Elastizitäten auf, was auf geringere Festigkeit schließen lässt. Abbildung 19 zeigt, dass TW kranke Beeren im oberen Bereich hingegen in 4 Fällen die höchsten Elastizitäten aufweisen (0,36 bis 0,51 MPa), kranke Beeren an der Traubenspitze meist die geringsten (0,35 bis 0,46).

Die statistischen Ergebnisse in Tabelle 7 und Tabelle 8 stellen bis auf 2 Ausnahmen (Aubühel 02. 09. bei gesunden und Bärenreiser 08. 09. bei TW Trauben), wie schon bei der Beerengröße, keine signifikanten Unterschiede zwischen den Sektoren fest, wodurch Hypothese 3 im Bezug auf die Beerenspannung beibehalten wird.

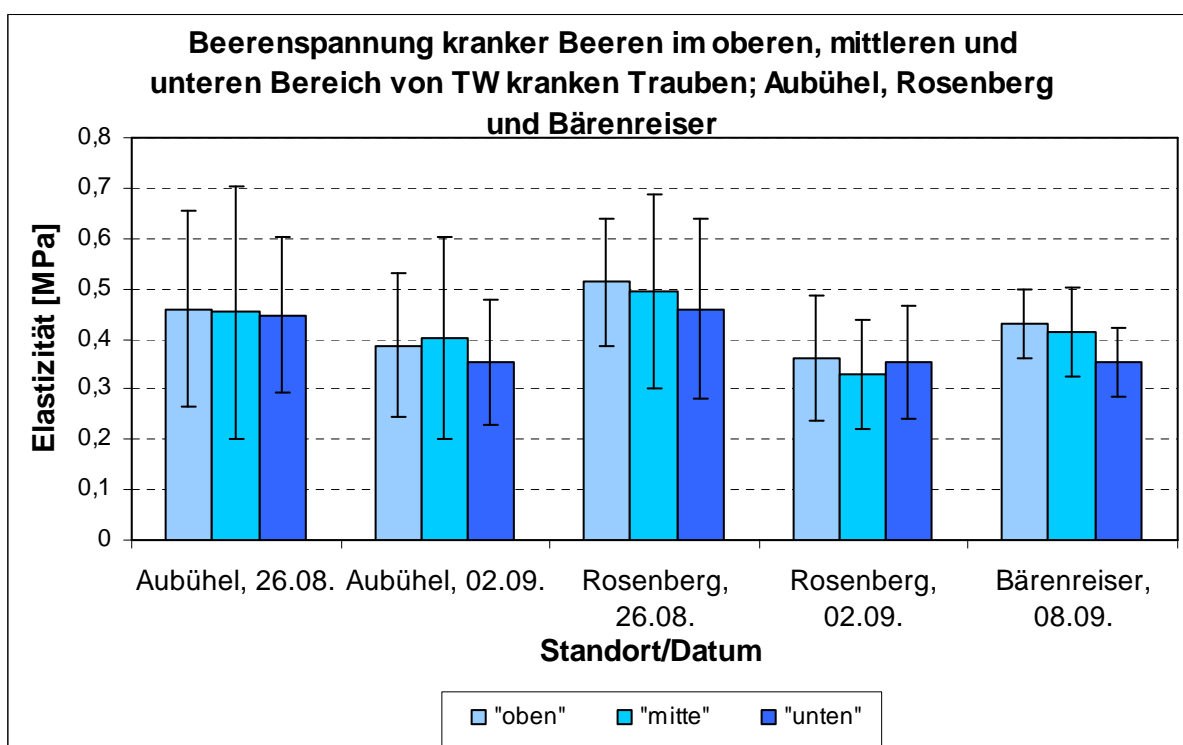


Aubühel 26.08.09: n=19; Aubühel 02.09.09: n=18; Rosenberg 26.08.09: n=18; Rosenberg 02.09.09: n=20; Bärenreiser 08.09.09: n=20; (n bei „oben“, „mitte“ und „unten“ ident)

Abbildung 18: Gegenüberstellung der Beerenspannung gesunder Beeren im oberen, mittleren und unteren Traubendrittel; Aubühel, Rosenberg und Bärenreiser (Mittelwerte und Standardabweichung)

Tabelle 7: Statistische Auswertung der Unterschiede zwischen den Beerenspannungen der Sektoren „oben“, „mitte“ und „unten“ bei gesunden Trauben (ANOVA + KWT + MWUT)

Standort	p-Wert Elastizität alle Sektoren	p-Wert oben / mitte	p-Wert oben / unten	p-Wert mitte / unten
Aubüchel, 26.08.	0,071 / n.s.	0,067 / n.s.	0,222 / n.s.	0,801 / n.s.
Aubüchel, 02.09.	0,051 / n.s. (KWT)	0,051 / n.s. (MWUT)	0,008 / ** (MWUT)	0,821 / n.s. (MWUT)
Rosenberg, 26.08.	0,647 / n.s.	0,693 / n.s.	0,702 / n.s.	1,000 / n.s.
Rosenberg, 02.09.	0,114 / n.s.	0,145 / n.s.	0,186 / n.s.	0,990 / n.s.
Bärenreiser, 08.09.	0,286 / n.s.	0,874 / n.s.	0,270 / n.s.	0,529 / n.s.



Aubüchel 26.08.09: n=19; Aubüchel 02.09.09: n=18; Rosenberg 26.08.09: n=18; Rosenberg 02.09.09: n=20; Bärenreiser 08.09.09: n=20; (n bei „oben“, „mitte“ und „unten“ ident)

Abbildung 19: Gegenüberstellung der Beerenspannung TW kranker Beeren im oberen, mittleren und unteren Traubendrittel; Aubüchel, Rosenberg und Bärenreiser (Mittelwerte und Standardabweichung)

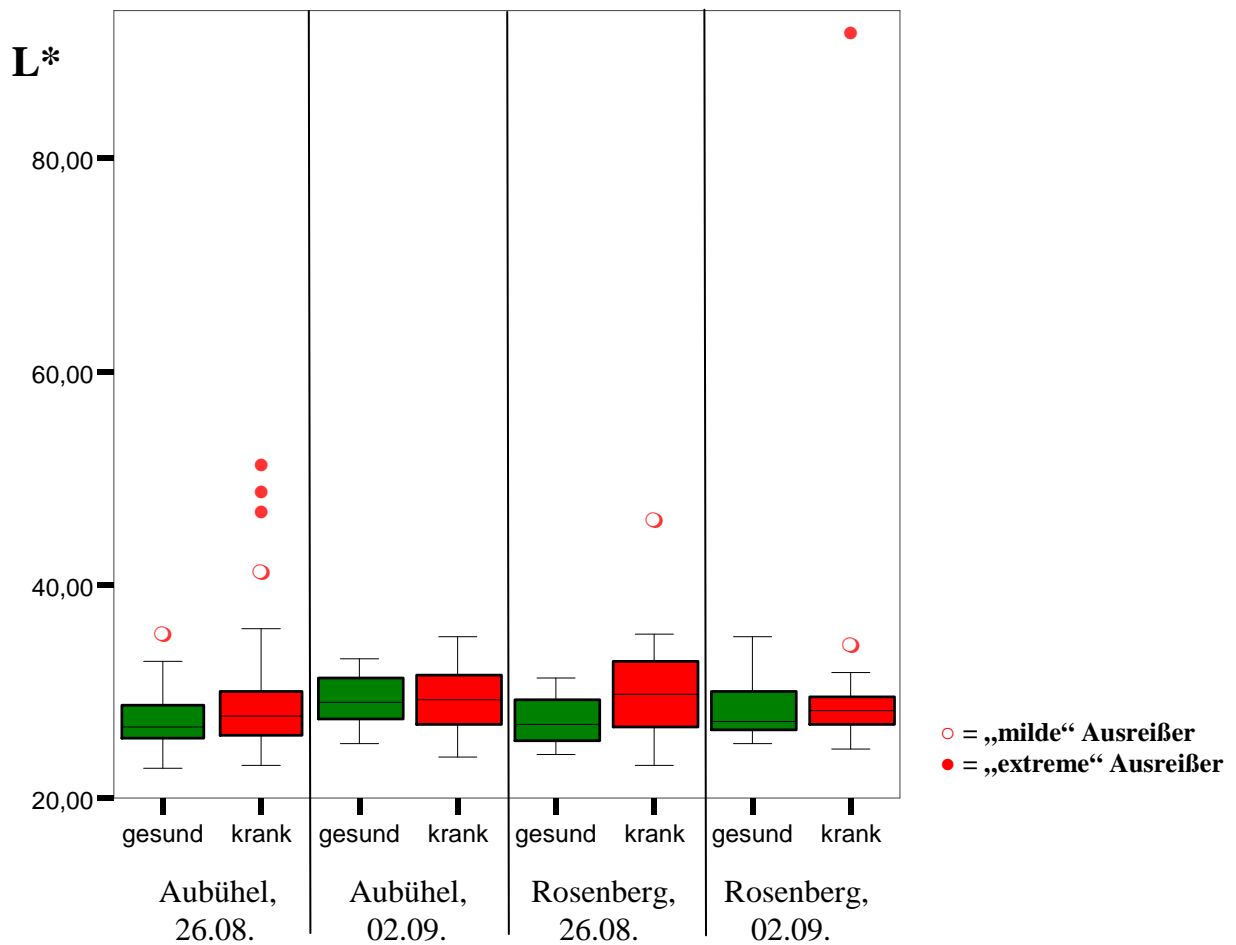
Tabelle 8: Statistische Auswertung der Unterschiede zwischen den Beerenspannungen der Sektoren „oben“, „mitte“ und „unten“ bei TW kranken Trauben (ANOVA)

Standort	p-Wert Elastizität alle Sektoren	p-Wert „oben“ / „mitte“	p-Wert „oben“ / „unten“	p-Wert „mitte“ / „unten“
Aubüchel, 26.08.	0,982 / n.s.	0,993 / n.s.	0,980 / n.s.	0,997 / n.s.
Aubüchel, 02.09.	0,637 / n.s.	0,962 / n.s.	0,787 / n.s.	0,626 / n.s.
Rosenberg, 26.08.	0,627 / n.s.	0,933 / n.s.	0,606 / n.s.	0,818 / n.s.
Rosenberg, 02.09.	0,674 / n.s.	0,678 / n.s.	0,984 / n.s.	0,782 / n.s.
Bärenreiser, 08.09.	0,006 / **	0,786 / n.s.	0,006 / **	0,037 / *

4.2.3 Beerenfarbe

Die Farbe der Beerenhaut wurde mittels eines Chroma-Meters gemessen und die Werte werden mit 3 Parametern dargestellt: Helligkeit (L^*), Rot-Grün Anteile (a^*) und Blau-Gelb Anteile (b^*). Die Ergebnisse für die Helligkeit L^* sind in Abbildung 20 dargestellt. Da einzelne Ausreißer vorhanden sind, wurde die Darstellung mittels Boxplots gewählt. Die Darstellung zeigt, dass sich die Helligkeit (Wert 0 = Schwarz, 100 = Weiß) bei gesunden und TW kranken Beeren im Bereich zwischen 20 und 40 befindet. Einzelne Ausreißer („milde“ Ausreißer zwischen 1,5 und 3 x Interquartilsabstand, „extreme“ Ausreißer größer als 3 x Interquartilsabstand) bei TW kranken Beeren weisen stark erhöhte Werte und somit einen helleren Farbton auf. Der Messwert nahe 100 bei der Fläche Rosenberg (02.09.) ist jedoch höchst wahrscheinlich auf einen Messfehler zurückzuführen.

Die Auswertung der Daten in Tabelle 9 zeigt keinen statistischen Unterschied auf der Fläche Aubüchel und Rosenberg (02.09.). Der Messtermin Rosenberg 26.08. ergibt jedoch eine hoch signifikante Differenzierung zwischen gesunden und TW kranken Beeren.



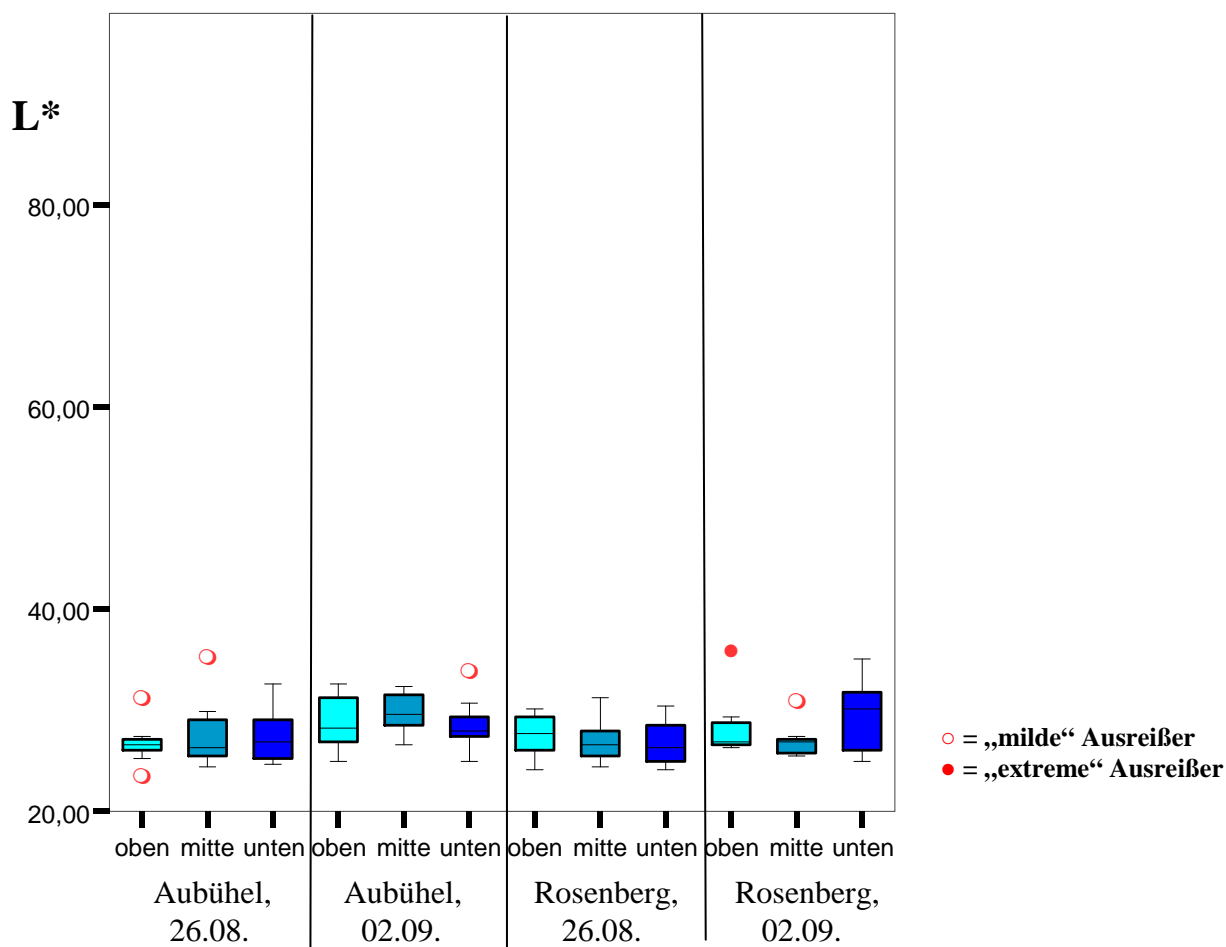
Aubüchel 26.08.09: n=30 (gesund), n=57 (krank); Aubüchel 02.09.09: n=30 (gesund), n=54 (krank); Rosenberg 26.08.09: n=30 (gesund), n=54 (krank); Rosenberg 02.09.09: n=30 (gesund), n=60 (krank)

Abbildung 20: Ergebnisse der Farbmessung bei gesunden und TW kranken Beeren, Helligkeit (L^*) der Beerenhaut; Aubüchel und Rosenberg (Boxplot)

Neben sektoraler Beerengröße und –spannung wurde auch die Beerenfarbe, getrennt nach den 3 Teilbereichen, ermittelt. Die Helligkeitsmesswerte L^* gesunder Beeren (siehe Abbildung 21) zeigen eine gleichmäßige Verteilung der Mediane zwischen 26 und 31, Interquartilsabstände zwischen 24 und 32 und nur einen extremen Ausreißer mit rund 35 beim Ried Rosenberg am 02.09. im oberen Bereich. Eine eindeutige Tendenz zwischen den Sektoren ist jedoch nicht zu erkennen.

Die Ergebnisse der Statistik in

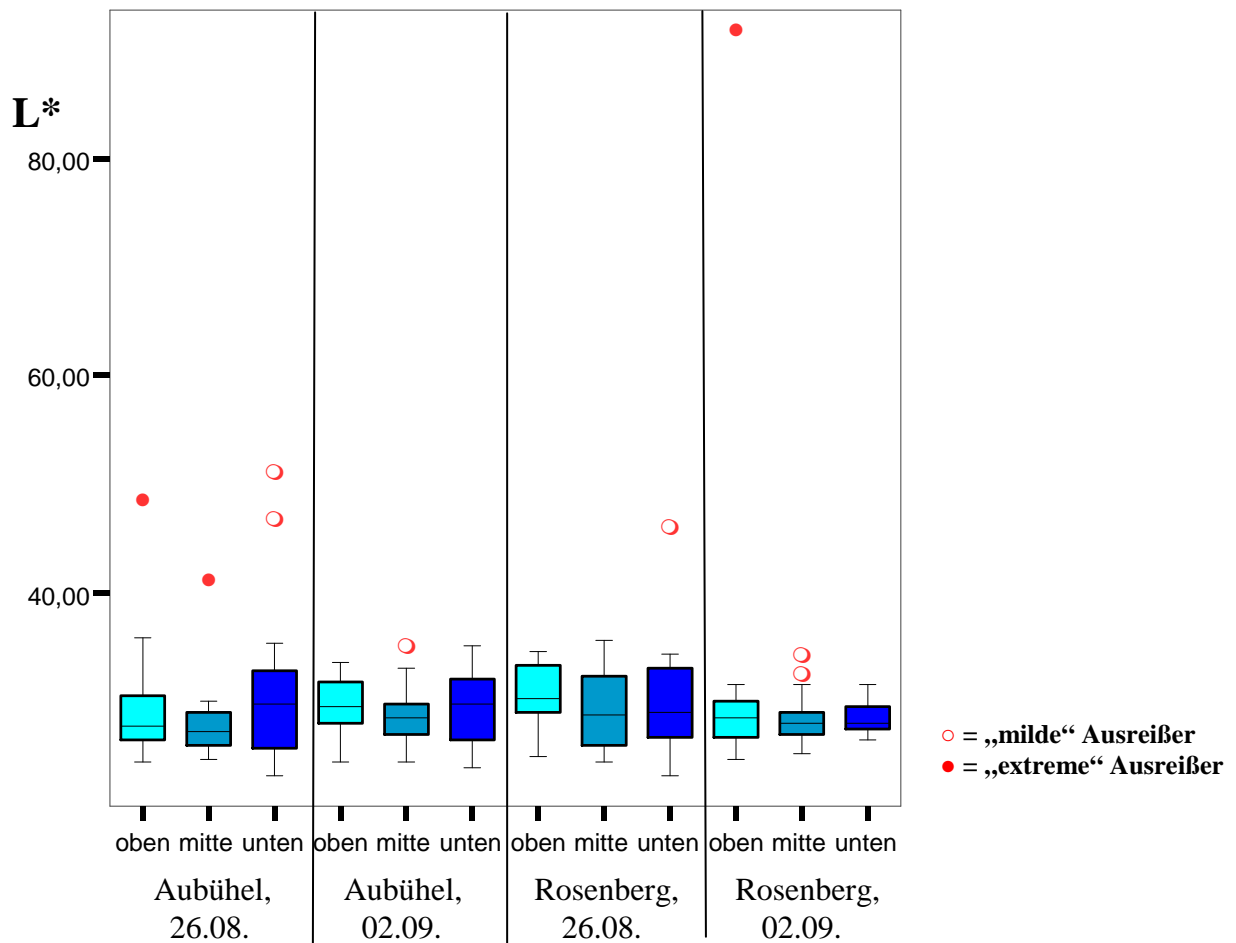
Tabelle 10 bestätigen, dass es zwischen den Traubenbereichen keinen signifikanten Unterschied in der Helligkeit gibt.



Aubühel 26.08.09: n=10; Aubühel 02.09.09: n=10; Rosenberg 26.08.09: n=10; Rosenberg 02.09.09: n=10; (n bei „oben“, „mitte“ und „unten“ ident)

Abbildung 21: Ergebnisse der Farbmessung bei gesunden Beeren im oberen, mittleren und unteren Traubendrittel, Helligkeit (L^*) der Beerenhaut; Aubühel und Rosenberg (Boxplot)

Die Helligkeit der Beerenhaut kranker Beeren ist in Abbildung 22 angeführt. Wie bei den gesunden Beeren sind zwischen den drei Sektoren keine deutlichen Unterschiede festzustellen. Die in Tabelle 11 angeführten p – Werte zeigen, dass es auch bei TW kranken Beeren zu keinen signifikanten Differenzen zwischen den Bereichen einer Traube in der Helligkeit der Beerenhaut kommt.

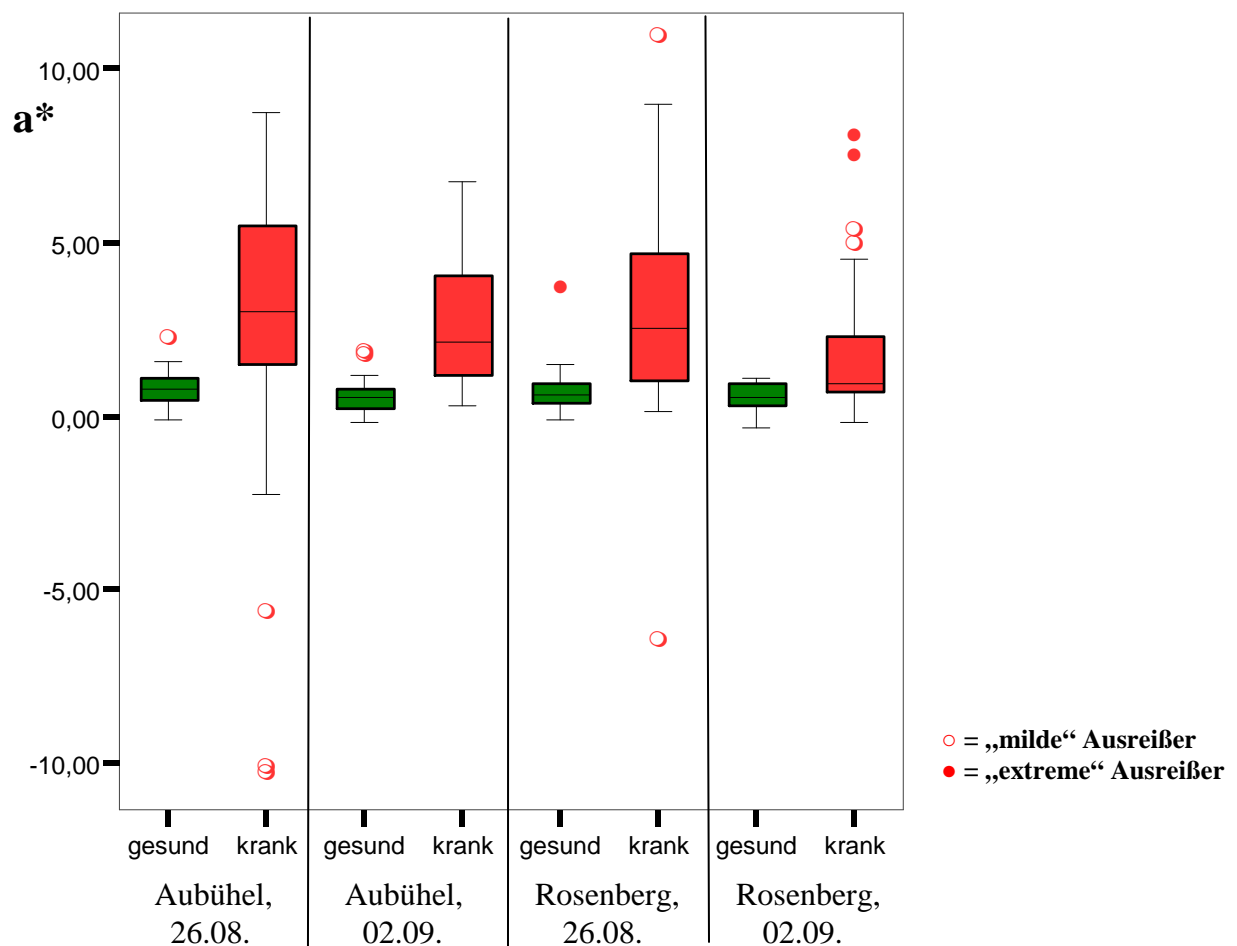


Aubüchel 26.08.09: n=19; Aubüchel 02.09.09: n=18; Rosenberg 26.08.09: n=18; Rosenberg 02.09.09: n=20; (n bei „oben“, „mitte“ und „unten“ ident)

Abbildung 22: Ergebnisse der Farbmessung bei TW kranken Beeren im oberen, mittleren und unteren Traubendrittel, Helligkeit (L*) der Beerenhaut; Aubüchel und Rosenberg (Boxplot)

Um zu zeigen, wie sich die Farbtöne gesunder und TW kranker Beeren zusammensetzen, sind in Abbildung 23 die a^* Ergebnisse, welche den Rot-Grün Anteil der Schale ausdrücken, angeführt. Die a^* Skala hat eine Reichweite von +100 (Rot) bis -150 (Grün). Sowohl auf dem Standort Aubühel als auch am Rosenberg liegen die a^* Farbwerte der Beerenhaut gesunder Früchte deutlich unter denen der TW kranken. Werte unter 0 wurden nur durch einzelne Ausreißer bei den kranken Trauben erzielt. Diese stellen grünliche Beeren dar, welche noch nicht umgefärbt waren. Die eindeutig höher gelegenen Boxen kranker Trauben zeigen den höheren Rotanteil der Beerenhaut und somit einen rötlicheren Farbton. Augenscheinlich ist auch die sehr geringe Schwankungsbreite der a^* Messwerte gesunder Beeren im Vergleich zu kranken.

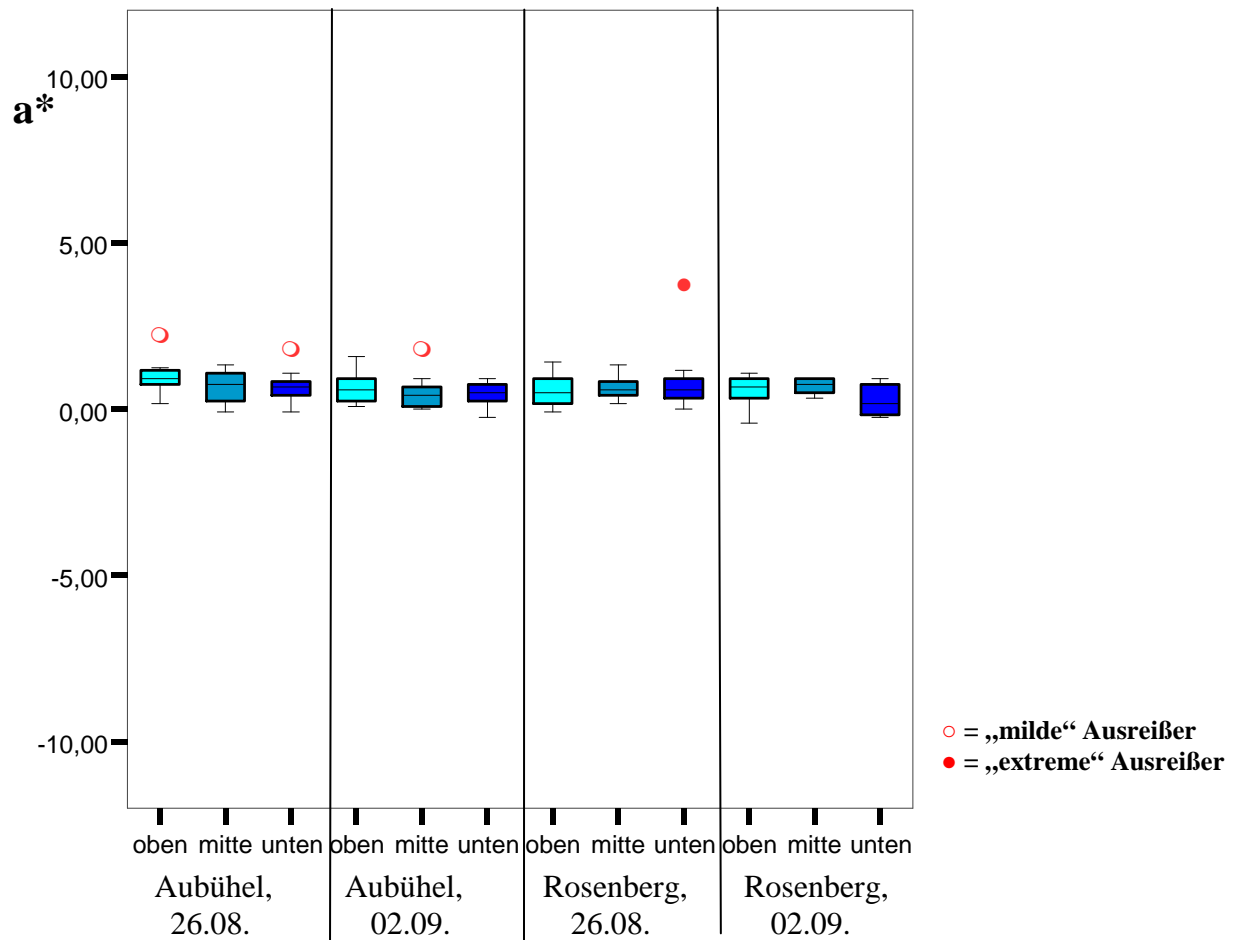
In Tabelle 9 wird dieser Trend mit Hilfe des Kruskal-Wallis Tests durch Signifikanzwerte unter 0,001 bestätigt. Der Farbton TW kranker Beeren liegt somit mit „sicherer“ Wahrscheinlichkeit weiter im Rot-Bereich als der von gesunden.



Aubühel 26.08.09: n=30 (gesund), n=57 (krank); Aubühel 02.09.09: n=30 (gesund), n=54 (krank); Rosenberg 26.08.09: n=30 (gesund), n=54 (krank); Rosenberg 02.09.09: n=30 (gesund), n=60 (krank)

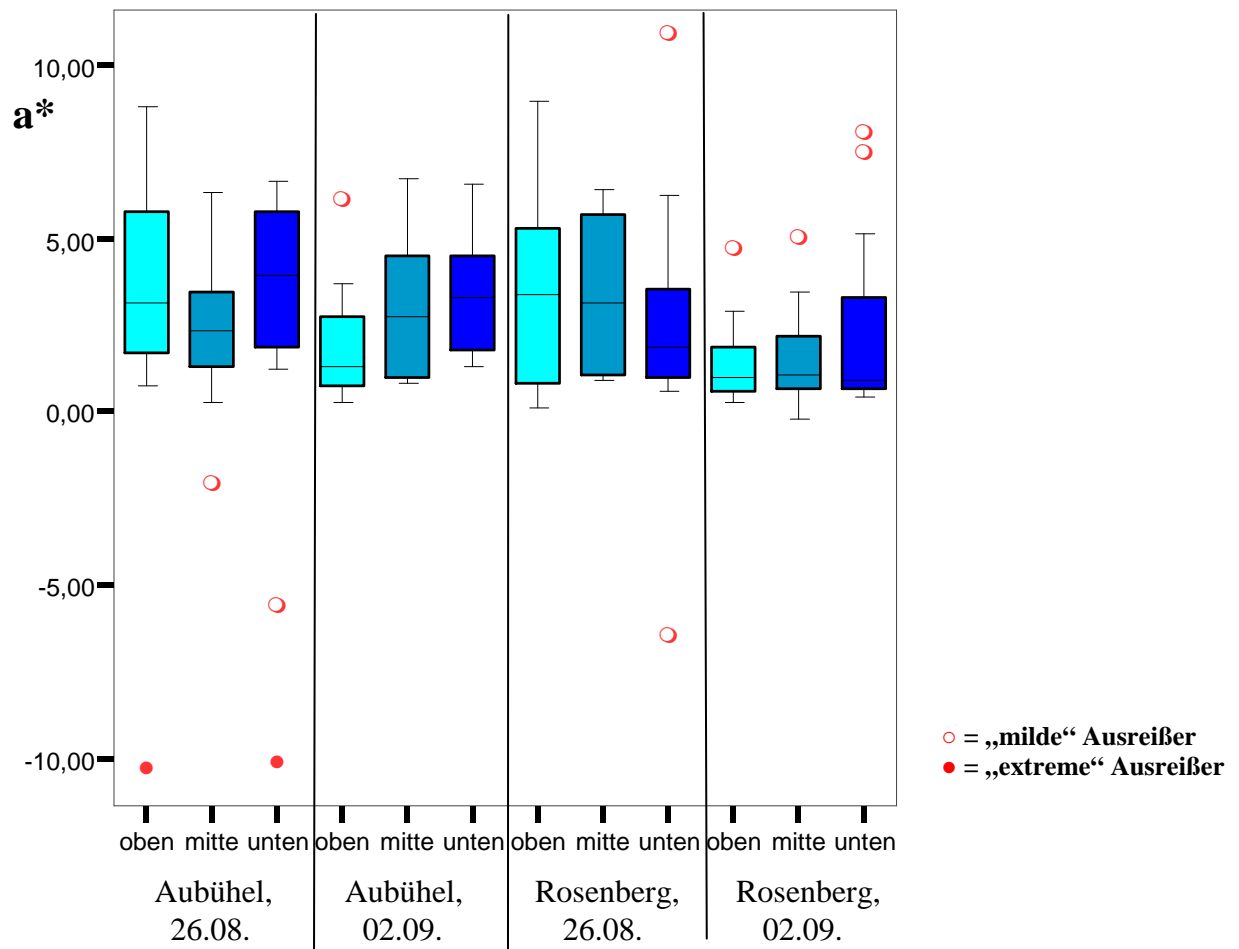
Abbildung 23: Ergebnisse der Farbmessung bei gesunden und TW kranken Beeren, Rot-Grün Anteil (a^*) der Beerenhaut; Aubühel und Rosenberg (Boxplot)

Die sektorale Betrachtung der Rot-Grün Anteile der Beerenschale gesunder Beeren in Abbildung 24 und TW kranker Beeren in Abbildung 25 zeigt keine deutlichen Unterschiede zwischen den drei Traubenbereichen. Einzig auf der Versuchsfläche Aubühel am 02. 09. gibt es einen signifikanten Unterschied zwischen dem oberen und unteren Traubendritteln, wie aus der statistischen Auswertung in Tabelle 12 und Tabelle 13 hervorgeht.



Aubühel 26.08.09: n=10; Aubühel 02.09.09: n=10; Rosenberg 26.08.09: n=10; Rosenberg 02.09.09: n=10; (n bei „oben“, „mitte“ und „unten“ ident)

Abbildung 24: Ergebnisse der Farbmessung bei gesunden Beeren im oberen, mittleren und unteren Traubendrittel, Rot-Grün Anteil (a*) der Beerenhaut; Aubühel und Rosenberg (Boxplot)

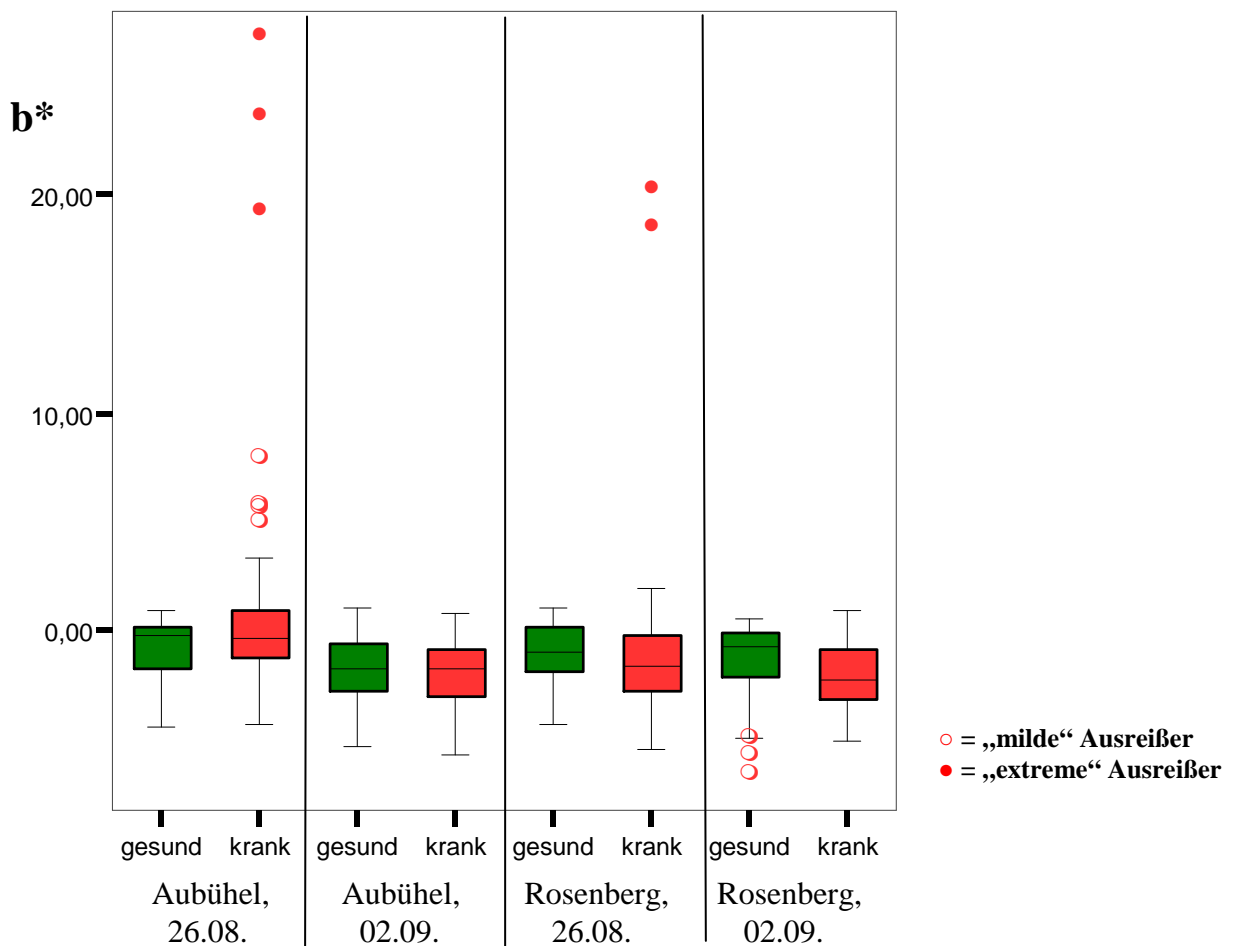


Aubübel 26.08.09: n=19; Aubübel 02.09.09: n=18; Rosenberg 26.08.09: n=18; Rosenberg 02.09.09: n=20; (n bei „oben“, „mitte“ und „unten“ ident)

Abbildung 25: Ergebnisse der Farbmessung bei TW kranken Beeren im oberen, mittleren und unteren Traubendrittel, Rot-Grün Anteil (a*) der Beerenhaut; Aubübel und Rosenberg (Boxplot)

Da auch Blau-Gelb Reflexe die Farbe der Beerenhaut mitbestimmen, werden in Abbildung 26 die b^* Messergebnisse von gesunden und TW kranken Beeren angeführt. Die b^* Skala besitzt eine Reichweite von +150 (Gelb) bis -100 (Blau). Die zeitlich früheren Messtermine am 26. August zeigen viele Ausreißer bei TW kranken Beeren im positiven Bereich auf. Diese Daten sind auf gelbliche Beeren, welche noch nicht umgefärbt haben, zurückzuführen. Die Boxen liegen alle im Bereich um den Nullpunkt, die Beerenhaut weist somit bei diesen kaum gelbe oder blaue Farbtöne auf. Zwischen gesunden und kranken Beeren sind auch hier kaum deutliche Unterschiede zu erkennen.

Die Statistik in Tabelle 9 führt nur am Rosenberg (02. 09.) signifikante Unterschiede zwischen gesunden und TW kranken Beeren im Blau-Gelb Farbton der Beerenhaut an.

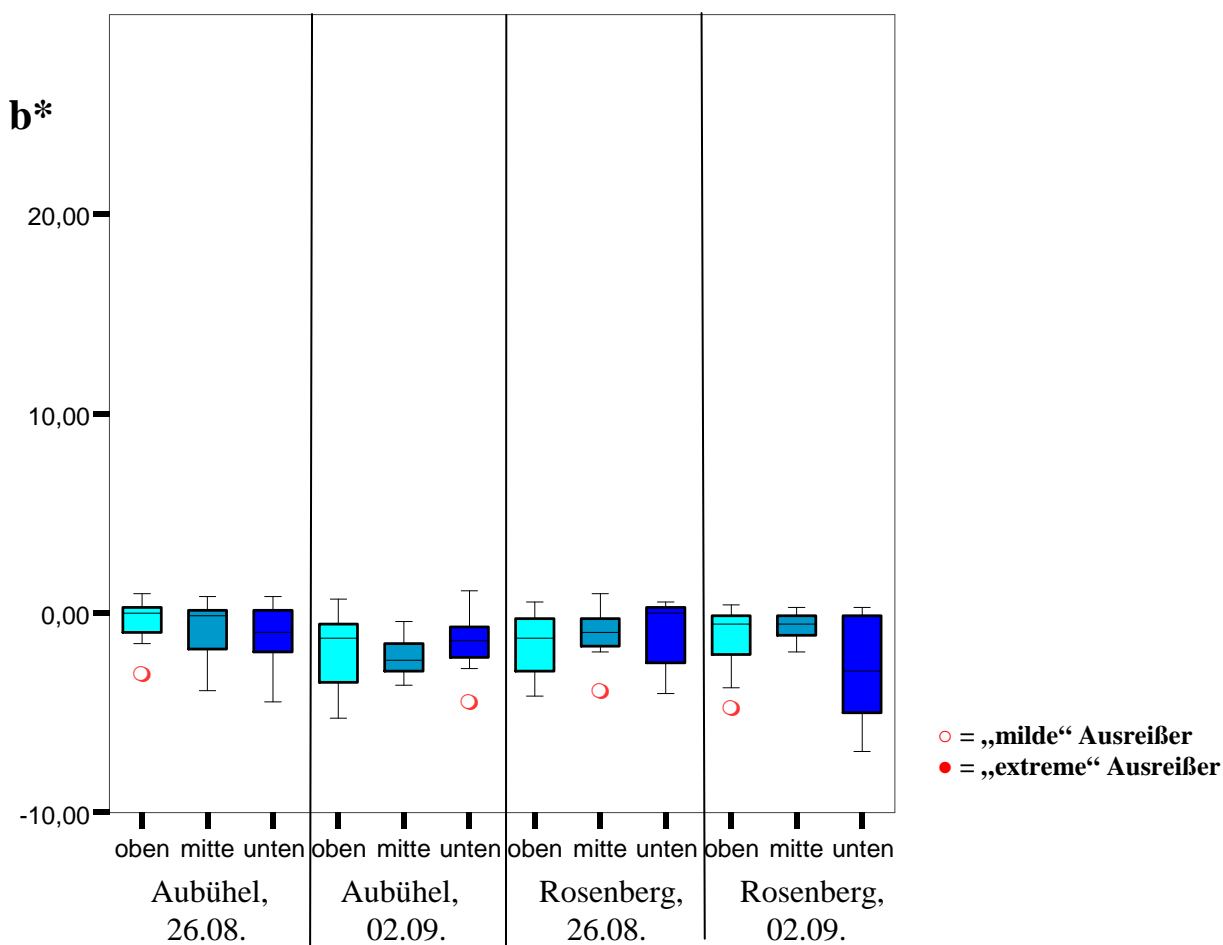


Aubüchel 26.08.09: n=30 (gesund), n=57 (krank); Aubüchel 02.09.09: n=30 (gesund), n=54 (krank); Rosenberg 26.08.09: n=30 (gesund), n=54 (krank); Rosenberg 02.09.09: n=30 (gesund), n=60 (krank)

Abbildung 26: Ergebnisse der Farbmessung bei gesunden und TW kranken Beeren, Blau-Gelb Anteil (b^*) der Beerenhaut; Aubüchel und Rosenberg (Boxplot)

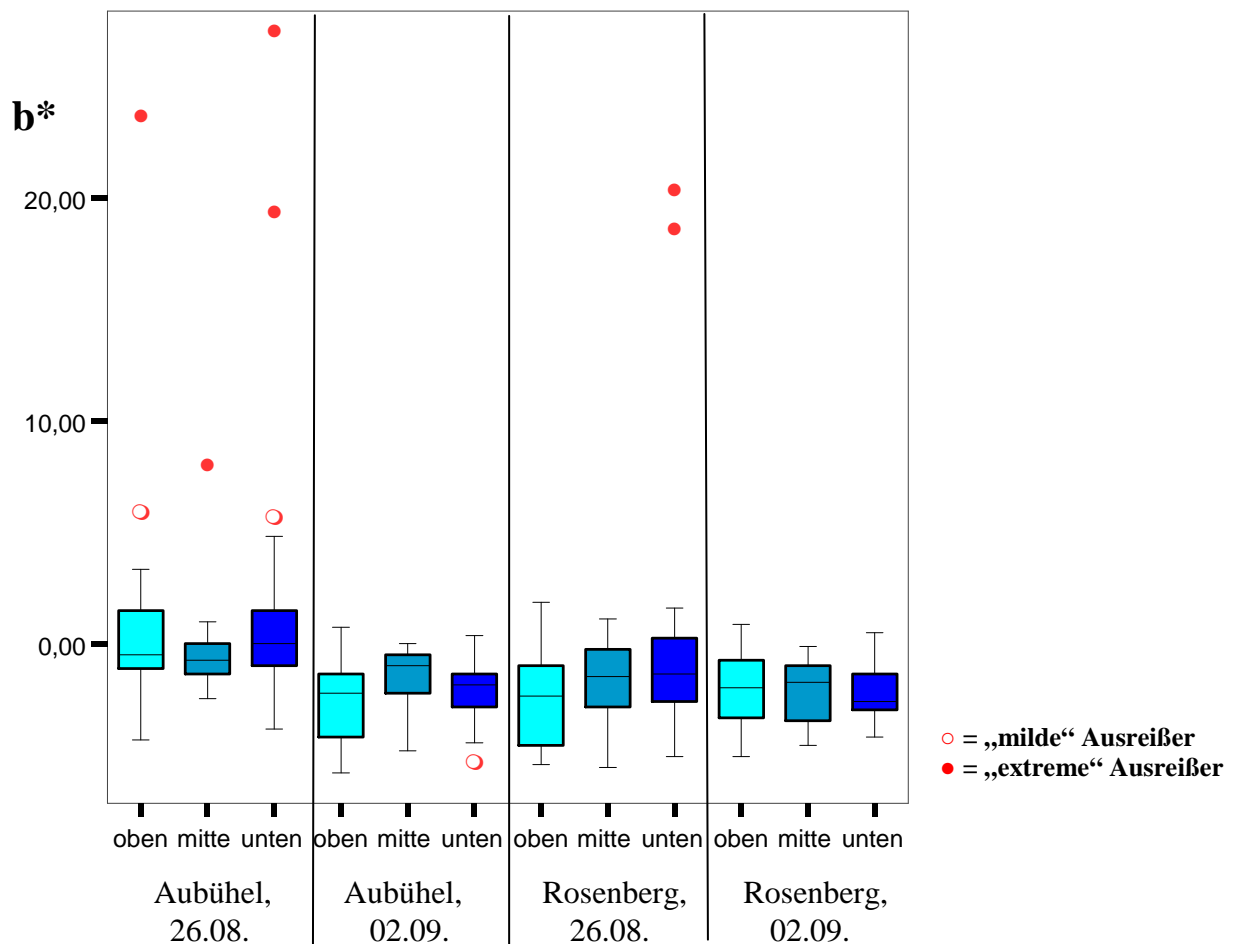
Bei der Gegenüberstellung der b^* Messergebnisse gesunder (Abbildung 27) und TW kranker Beeren (Abbildung 28) im oberen, mittleren und unteren Traubendrittel sind wie bei der Helligkeit und den Rot-Grün Anteilen keine Tendenzen zu erkennen. Bei den TW kranken Beeren ist zu erkennen, dass die „extremen“ Ausreißer in 4 von 5 Fällen an der Traubenspitze liegen.

Die statistischen Berechnungen in Tabelle 14 und Tabelle 15 zeigen keine signifikanten Unterschiede zwischen den einzelnen Sektoren gesunder und TW kranker Trauben im Kriterium der Blau-Gelb Farbtöne der Beerenhaut.



Aubühel 26.08.09: n=10; Aubühel 02.09.09: n=10; Rosenberg 26.08.09: n=10; Rosenberg 02.09.09: n=10; (n bei „oben“, „mitte“ und „unten“ ident)

Abbildung 27: Ergebnisse der Farbmessung bei gesunden Beeren im oberen, mittleren und unteren Traubendrittel, Blau-Gelb Anteil (b^*) der Beerenhaut; Aubühel und Rosenberg (Boxplot)



Aubübel 26.08.09: n=19; Aubübel 02.09.09: n=18; Rosenberg 26.08.09: n=18; Rosenberg 02.09.09: n=20; (n bei „oben“, „mitte“ und „unten“ ident)

Abbildung 28: Ergebnisse der Farbmessung bei TW kranken Beeren im oberen, mittleren und unteren Traubendrittel, Blau-Gelb Anteil (b*) der Beerenhaut; Aubübel und Rosenberg (Boxplot)

Hypothese 2, welche hinsichtlich der Beerenfarbe Unterschiede zwischen gesunden und TW kranken Beeren annimmt, kann nur im Parameter a* (Rot-Grün Farbraum) bestätigt werden, in der Helligkeit und im b* Farbraum gibt es bis auf einzelne Ausnahmen keine signifikanten Differenzen.

Hypothese 3 behauptet unter anderem, dass sich die Beerenfarbe innerhalb einer TW kranken Traube nicht unterscheidet und kann ebenfalls bis auf eine Ausnahme (a*, Aubübel 02.09.) beibehalten werden.

Tabelle 9: Statistische Auswertung Beerenfarbe (ANOVA + KWT)

Versuchsfläche/Datum	p-Wert L*	p-Wert a*	p-Wert b*
Aubübel, 26.08.	0,092 / n.s. (KWT)	0,000 / *** (KWT)	0,447 / n.s. (KWT)
Aubübel, 02.09.	0,714 / n.s.	0,000 / *** (KWT)	0,633 / n.s.
Rosenberg, 26.08.	0,001 / ** (KWT)	0,000 / *** (KWT)	0,180 / n.s. (KWT)
Rosenberg, 02.09.	0,150 / n.s. (KWT)	0,000 / *** (KWT)	0,034 / * (KWT)

Tabelle 10: Statistische Auswertung der Unterschiede zwischen den L* Messungen der Sektoren „oben“, „mitte“ und „unten“ einer gesunden Traube (ANOVA, KWT, MWUT)

Standort	p Wert L* alle Sektoren	p-Wert oben / mitte	p-Wert oben / unten	p-Wert mitte / unten
Aubüchel, 26.08.	0,610 / n.s.	0,680 / n.s.	0,649 / n.s.	0,999 / n.s.
Aubüchel, 02.09.	0,400 / n.s.	0,619 / n.s.	0,916 / n.s.	0,385 / n.s.
Rosenberg, 26.08.	0,764 / n.s.	0,855 / n.s.	0,762 / n.s.	0,984 / n.s.
Rosenberg, 02.09.	0,241 / n.s. (KWT)	0,241 / n.s. (MWUT)	0,406 / n.s. (MWUT)	0,173 / n.s. (MWUT)

Tabelle 11: Statistische Auswertung der Unterschiede zwischen den L* Messungen der Sektoren „oben“, „mitte“ und „unten“ einer TW kranken Traube (ANOVA, KWT, MWUT)

Standort	p Wert L* alle Sektoren	p-Wert „oben“ / „mitte“	p-Wert „oben“ / „unten“	p-Wert „mitte“ / „unten“
Aubüchel, 26.08.	0,242 / n.s.	0,661 / n.s.	0,683 / n.s.	0,212 / n.s.
Aubüchel, 02.09.	0,425 / n.s.	0,395 / n.s.	0,852 / n.s.	0,722 / n.s.
Rosenberg, 26.08.	0,663 / n.s.	0,640 / n.s.	0,848 / n.s.	0,933 / n.s.
Rosenberg, 02.09.	0,954 / n.s. (KWT)	0,914 / n.s. (MWUT)	0,892 / n.s. (MWUT)	0,695 / n.s. (MWUT)

Tabelle 12: Statistische Auswertung der Unterschiede zwischen den a* Messungen der Sektoren „oben“, „mitte“ und „unten“ einer gesunden Traube (ANOVA)

Standort	p Wert a* alle Sektoren	p-Wert oben / mitte	p-Wert oben / unten	p-Wert mitte / unten
Aubüchel, 26.08.	0,266 / n.s.	0,334 / n.s.	0,331 / n.s.	1,000 / n.s.
Aubüchel, 02.09.	0,655 / n.s.	0,716 / n.s.	0,694 / n.s.	0,999 / n.s.
Rosenberg, 26.08.	0,587 / n.s.	0,947 / n.s.	0,572 / n.s.	0,763 / n.s.
Rosenberg, 02.09.	0,079 / n.s.	0,633 / n.s.	0,344 / n.s.	0,067 / n.s.

Tabelle 13: Statistische Auswertung der Unterschiede zwischen den a* Messungen der Sektoren „oben“, „mitte“ und „unten“ einer TW kranken Traube (ANOVA, KWT, MWUT)

Standort	p Wert a* alle Sektoren	p-Wert „oben“ / „mitte“	p-Wert „oben“ / „unten“	p-Wert „mitte“ / „unten“
Aubüchel, 26.08.	0,729 / n.s.	0,706 / n.s.	0,925 / n.s.	0,907 / n.s.
Aubüchel, 02.09.	0,031 / *	0,118 / n.s.	0,033 / *	0,833 / n.s.
Rosenberg, 26.08.	0,362 / n.s.	0,993 / n.s.	0,403 / n.s.	0,465 / n.s.
Rosenberg, 02.09.	0,538 / n.s. (KWT)	0,935 / n.s. (MWUT)	0,285 / n.s. (MWUT)	0,402 / n.s. (MWUT)

Tabelle 14: Statistische Auswertung der Unterschiede zwischen den b* Messungen der Sektoren „oben“, „mitte“ und „unten“ einer gesunden Traube (ANOVA, KWT, MWUT)

Standort	p Wert b* alle Sektoren	p-Wert oben / mitte	p-Wert oben / unten	p-Wert mitte / unten
Aubüchel, 26.08.	0,493	0,895 / n.s.	0,467 / n.s.	0,740 / n.s.
Aubüchel, 02.09.	0,653	0,852 / n.s.	0,922 / n.s.	0,629 / n.s.
Rosenberg, 26.08.	0,777	0,851 / n.s.	0,781 / n.s.	0,991 / n.s.
Rosenberg, 02.09.	0,545 / n.s. (KWT)	0,545 / n.s. (MWUT)	0,290 / n.s. (MWUT)	0,162 / n.s. (MWUT)

Tabelle 15: Statistische Auswertung der Unterschiede zwischen den b* Messungen der Sektoren „oben“, „mitte“ und „unten“ einer TW kranken Traube (ANOVA, KWT, MWUT)

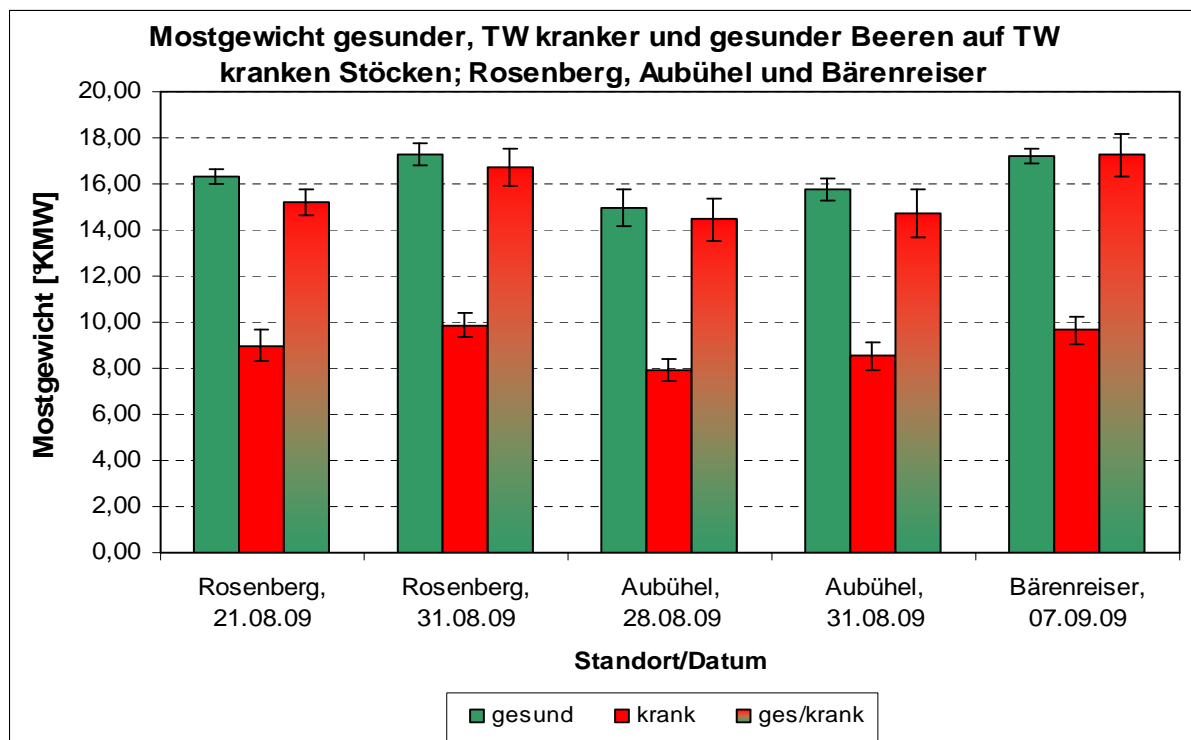
Standort	p Wert b* alle Sektoren	p-Wert „oben“ / „mitte“	p-Wert „oben“ / „unten“	p-Wert „mitte“ / „unten“
Aubüchel, 26.08.	0,359 / n.s. (KWT)	0,389 / n.s. (MWUT)	0,609 / n.s. (MWUT)	0,153 / n.s. (MWUT)
Aubüchel, 02.09.	0,247 / n.s.	0,220 / n.s.	0,774 / n.s.	0,578 / n.s.
Rosenberg, 26.08.	0,310 / n.s. (KWT)	0,334 / n.s. (MWUT)	0,145 / n.s. (MWUT)	0,506 / n.s. (MWUT)
Rosenberg, 02.09.	0,903 / n.s.	0,969 / n.s.	0,894 / n.s.	0,976 / n.s.

4.3 Beereninhaltsstoffe

4.3.1 Mostgewicht

Eines der wesentlichsten Kriterien bei der gesamten Traubenproduktion ist die Gradation des Mostes. Auf den Versuchsfeldern wurden aus diesem Grund neben gesunden und TW kranken Beeren auch augenscheinlich gesunde Beeren auf TW kranken Stöcken in die Analysen miteinbezogen, da diese einen bedeutenden Anteil am Lesegut ausmachen können. In Abbildung 29 sind alle 3 Varianten (oftmals nur als „gesund“, „krank“ und „gesund/krank“ in den Abbildungen beschrieben) im Mostgewicht einander gegenübergestellt.

Die Mittelwerte der Mostgewichte gesunder Beeren liegen zwischen 14,94 und 17,30 °KMW wobei man den Einfluss des Datums nicht außer Acht lassen darf. Gesunde Beeren auf TW kranken Stöcken weisen einen minimal geringeren Zuckergehalt auf, welcher im Bereich von 14,46 bis 17,25 °KMW liegt. Am Standort Bärenreiser weist die gesunde Variante sogar ein geringeres Mostgewicht als die gesunde auf den kranken Rebstöcken. Die kranken Beeren zeichnen sich mit Werten von 7,95 bis 9,87 °KMW durch eine deutlich niedrigere Gradation aus.



Rosenberg 21.08.09: n=3 (gesund), n=5 (krank), n=5 (gesund/krank); Rosenberg 31.08.09: n=5 (gesund), n=10 (krank), n=10 (gesund/krank); Aubüchel 28.08.09: n=5 (gesund), n=10 (krank), n=10 (gesund/krank); Aubüchel 31.08.09: n=5 (gesund), n=9 (krank), n=9 (gesund/krank); Bärenreiser 07.09.09: n=5 (gesund), n=8 (krank), n=8 (gesund/krank)

Abbildung 29: Ergebnisse der Mostgewichtsbestimmung bei gesunden, TW kranken und gesunden Beeren auf TW kranken Rebstöcken; Aubüchel, Rosenberg und Bärenreiser (Mittelwerte und Standardabweichung)

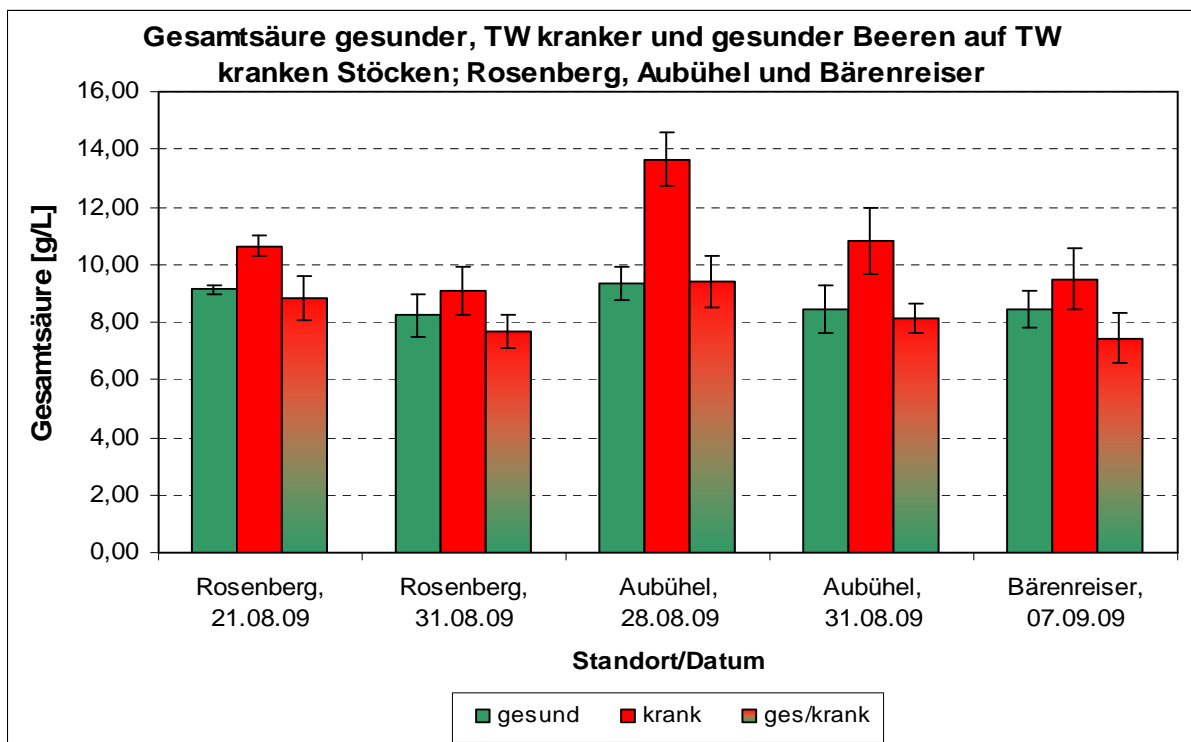
Die statistische Auswertung (Tabelle 16) liefert eindeutige Ergebnisse. Auf allen Versuchsflächen und zu jedem Messdatum gibt es deutliche Unterschiede im Mostgewicht zwischen TW kranken und gesunden Beeren, sowie zwischen TW kranken und gesunden Beeren auf TW kranken Rebstöcken. Gesunde Beeren von gesunden Rebstöcken und TW kranken Rebstöcken unterschieden sich hinsichtlich des Mostgewichtes nicht voneinander.

Tabelle 16: Statistische Auswertung des Mostgewichtes (ANOVA)

Versuchsfläche/Datum	p-Wert Vergleich gesund / krank	p-Wert Vergleich gesund / gesund auf kranken Rebstöcken	p-Wert Vergleich krank / gesund auf kranken Rebstöcken
Rosenberg, 26.08.	0,000 / ***	0,105 / n.s.	0,000 / ***
Rosenberg, 02.09.	0,000 / ***	0,240 / n.s.	0,000 / ***
Aubüchel, 26.08.	0,000 / ***	0,490 / n.s.	0,000 / ***
Aubüchel, 02.09.	0,000 / ***	0,059 / n.s.	0,000 / ***
Bärenreiser, 07.09.	0,000 / ***	0,979 / n.s.	0,000 / ***

4.3.2 Gesamtsäure

Die Gesamtsäure ist ein weiterer wichtiger Parameter der Traubenqualität. Mittels Titration wurde die Gesamtsäure von gesunden, sowie von TW kranken und gesunden Beeren von kranken Rebstöcken bestimmt. Die Ergebnisse sind in Abbildung 30 dargestellt. Die TW kranken Beeren weisen die höchsten Mittelwerte für die Gesamtsäure auf, mit Werten bis zu 13,65 g/L (Standort Aubühel, 28.08.). Gesunde Beeren liegen mit Gehalten zwischen 8,24 und 9,35 g Säure je Liter deutlich darunter, wobei sich aber die augenscheinlich gesunden auf den TW kranken Reben mit der Ausnahme vom Ried Aubühel (28.08.) noch weiter unter den gesunden befinden.



Rosenberg 21.08.09: n=3 (gesund), n=5 (krank), n=5 (gesund/krank); Rosenberg 31.08.09: n=5 (gesund), n=10 (krank), n=10 (gesund/krank); Aubühel 28.08.09: n=5 (gesund), n=10 (krank), n=10 (gesund/krank); Aubühel 31.08.09: n=5 (gesund), n=9 (krank), n=9 (gesund/krank); Bärenreiser 07.09.09: n=5 (gesund), n=8 (krank), n=8 (gesund/krank)

Abbildung 30: Ergebnisse der Gesamtsäurebestimmung bei gesunden, TW kranken und gesunden Beeren auf TW kranken Rebstöcken; Aubühel, Rosenberg und Bärenreiser (Mittelwerte und Standardabweichung)

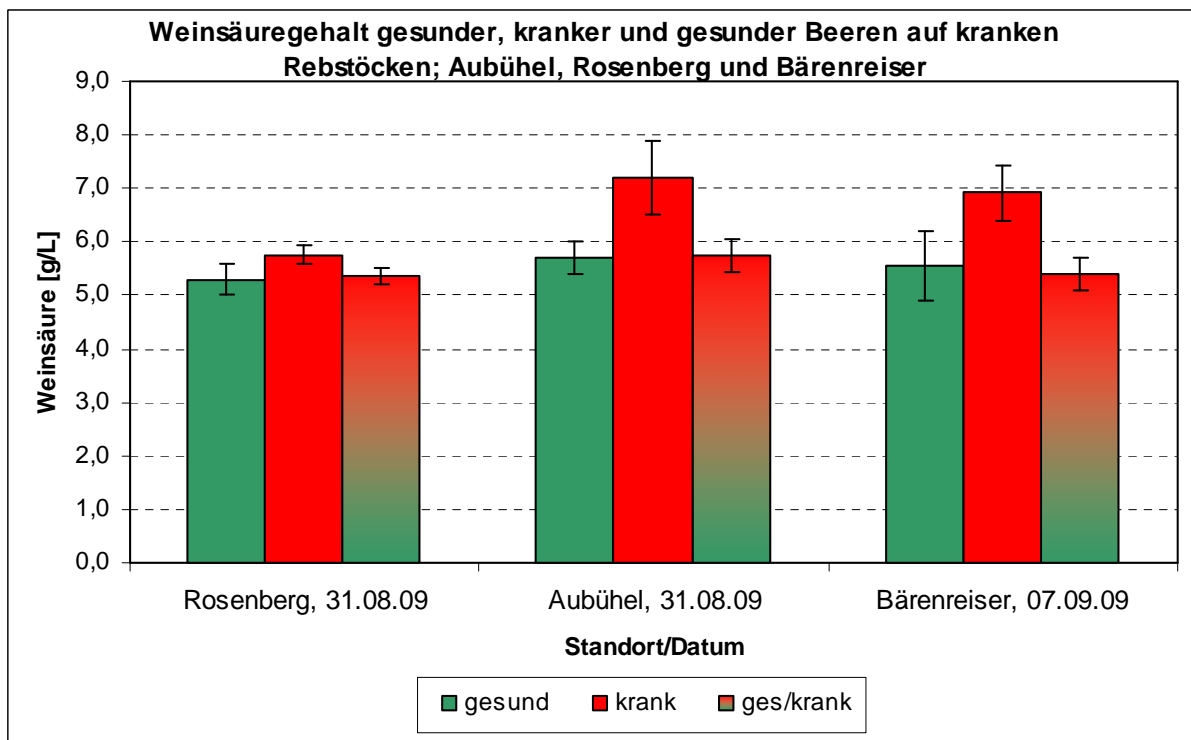
Die Gesamtsäuregehalte zwischen gesunden Beeren von gesunden und von TW kranken Stöcken unterscheiden sich nicht (Tabelle 17). Die TW kranken Beeren heben sich wieder deutlich von den beiden gesunden Proben ab, obwohl zu 2 Zeitpunkten (Rosenberg 02.09. und Bärenreiser 07.09.) kein Unterschied festgestellt werden konnte. Die Tendenzen zeigen aber erhöhte Gehalte in kranken Beeren.

Tabelle 17: Statistische Auswertung der Gesamtsäure (ANOVA)

Versuchsfläche/Datum	p-Wert Vergleich gesund / krank	p-Wert Vergleich gesund / gesund auf kranken Rebstöcken	p-Wert Vergleich krank / gesund auf kranken Rebstöcken
Rosenberg, 26.08.	0,005 / **	0,749 / n.s.	0,001 / **
Rosenberg, 02.09.	0,093 / n.s.	0,324 / n.s.	0,001 / **
Aubüchel, 26.08.	0,000 / ***	0,989 / n.s.	0,000 / ***
Aubüchel, 02.09.	0,000 / ***	0,784 / n.s.	0,000 / ***
Bärenreiser, 07.09.	0,318 / n.s.	0,101 / n.s.	0,002 / **

4.3.3 Weinsäure

Auf den Standorten Rosenberg, Aubüchel und Bärenreiser wurden, nach dem gleichen Schema wie bei der Gesamtsäure, Weinsäureanalysen durchgeführt (siehe Abbildung 31). Diese ergaben, dass TW kranke Beeren einen höheren Weinsäuregehalt als gesunde, sowie augenscheinlich gesunde auf TW kranken Stöcken, haben. Der höchste Weinsäuregehalt wurde mit 7,2 g/L auf dem Ried Aubüchel ermittelt. Bei der Betrachtung gesunder und gesunder Beeren auf TW kranken Pflanzen sind keine deutlichen Unterschiede zu erkennen.



Rosenberg 31.08.09: n=4 (gesund), n=9 (krank), n=9 (gesund/krank); Aubüchel 31.08.09: n=9 (gesund), n=15 (krank), n=16 (gesund/krank); Bärenreiser 07.09.09: n=4 (gesund), n=8 (krank), n=8 (gesund/krank)

Abbildung 31: Ergebnisse der Weinsäurebestimmung bei gesunden, TW kranken und gesunden Beeren auf TW kranken Rebstöcken; Aubüchel, Rosenberg und Bärenreiser (Mittelwerte und Standardabweichung)

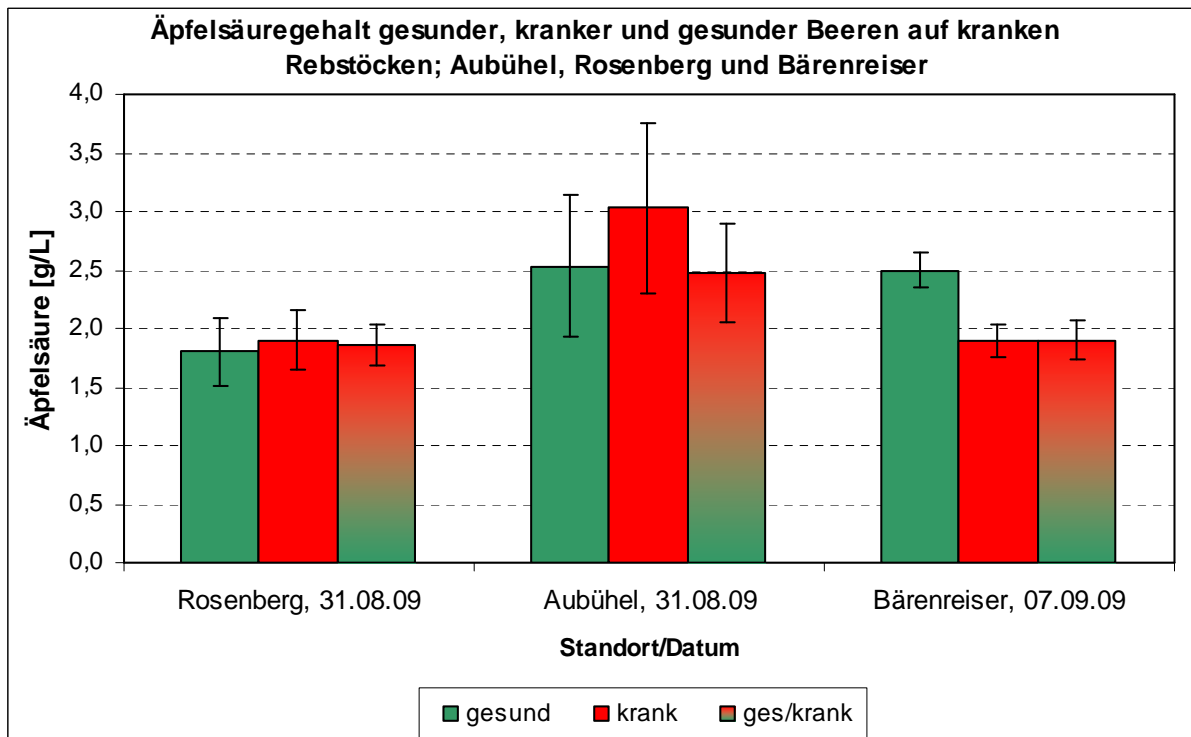
Da der Probenumfang je Standort für eine gesicherte statistische Aussage zu gering gewesen wäre, wurden alle Standorte zusammengefasst. Die Ergebnisse zeigen deutliche Unterschiede in den Gehalten von Weinsäure zwischen TW kranken und gesunden Beeren sowie gesunden Beeren auf kranken Stöcken (siehe Tabelle 18). Zwischen den gesunden und augenscheinlich gesunden Beeren auf TW kranken Reben gibt es keine signifikanten Differenzen.

Tabelle 18: Statistische Auswertung der Weinsäure (KWT)

Unterschied zwischen...	p-Wert Weinsäure
allen 3 Gruppen	0,000 / *** (KWT)
gesund und gesund auf TW kranken Stöcken	0,434 / n.s. (KWT)
gesund und TW krank	0,000 / *** (KWT)
gesund auf TW kranken Stöcken und TW krank	0,000 / *** (KWT)

4.3.4 Äpfelsäure

Neben der Weinsäure wurden auch die Gehalte an Äpfelsäure bestimmt (siehe Abbildung 32). Die Ergebnisse sind stark vom Standort abhängig, da zum Beispiel am Ried Aubüchel die Äpfelsäure der TW kranken Beeren mit 3,0 g/L klar über den gesunden (2,5 g/L) liegt, am Bärenreiser hingegen die gesunden Beeren mit 2,5 g/L einen wesentlich höheren Gehalt an Äpfelsäure aufweisen als die TW kranken (1,9 g/L).



Rosenberg 31.08.09: n=4 (gesund), n=9 (krank), n=9 (gesund/krank); Aubüchel 31.08.09: n=9 (gesund), n=15 (krank), n=16 (gesund/krank); Bärenreiser 07.09.09: n=4 (gesund), n=8 (krank), n=8 (gesund/krank)

Abbildung 32: Ergebnisse der Äpfelsäurebestimmung bei gesunden, TW kranken und gesunden Beeren auf TW kranken Rebstöcken; Aubüchel, Rosenberg und Bärenreiser (Mittelwerte und Standardabweichung)

Deutliche standortbedingte Unterschiede können zwar abgelesen werden aber eindeutige statistische Differenzen konnten nicht bestimmt werden (siehe Tabelle 19).

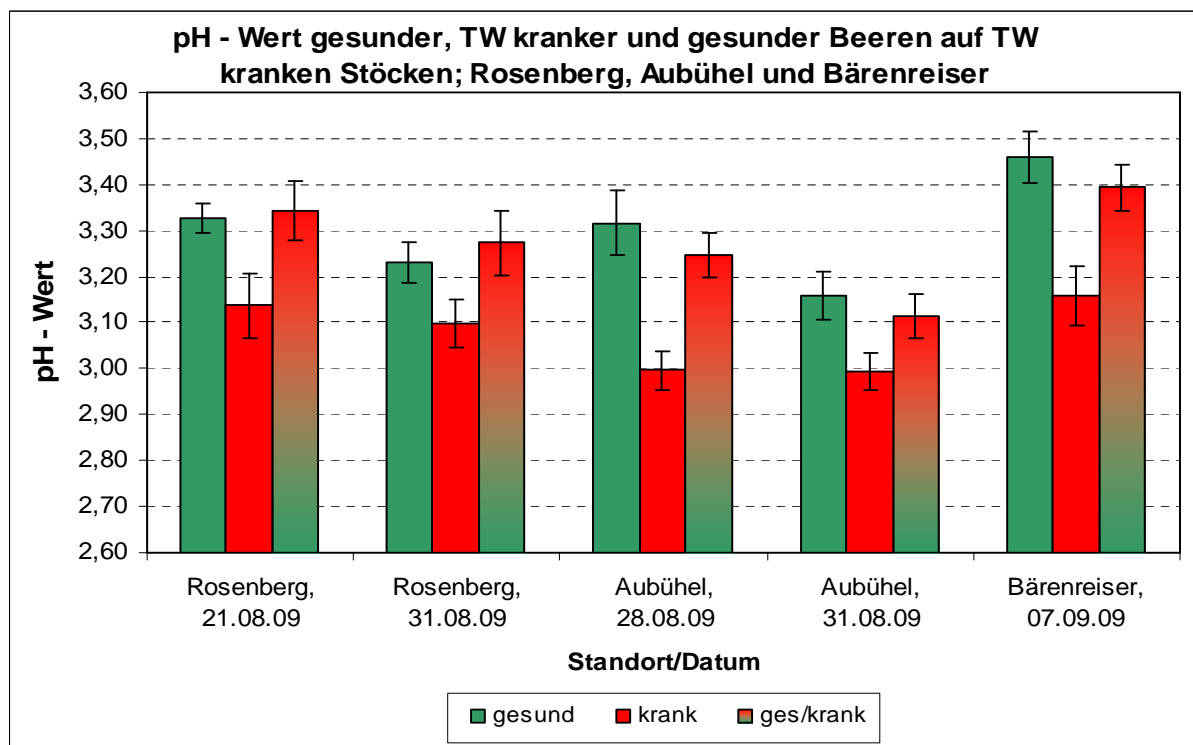
Tabelle 19: Statistische Auswertung der Äpfelsäure (ANOVA)

Unterschied zwischen...	p-Wert Äpfelsäure
allen 3 Gruppen	0,502 / n.s.
gesund und gesund auf TW kranken Stöcken	0,822 / n.s.
gesund und TW krank	0,950 / n.s.
gesund auf TW kranken Stöcken und TW krank	0,475 / n.s.

4.3.5 pH-Wert

Der pH-Wert wurde auf allen Versuchsflächen ermittelt, um die Einflüsse der Traubenwelke auf diesen Parameter zu bestimmen. Abbildung 33 zeigt, dass sich die pH-Werte gesunder Beeren, egal ob auf gesunden Pflanzen oder nicht, klar über denen der TW kranken Beeren befinden. Zwischen den gesunden Beeren auf gesunden Stöcken und jenen auf TW kranken sind nur geringe Unterschiede, abhängig vom Standort, zu erkennen. Die Mittelwerte des pH-Wertes der gesunden Beeren liegen zwischen 3,16 und 3,46, die der gesunden auf kranken Pflanzen zwischen 3,11 und 3,39 und die der kranken bei 2,99 bis 3,16. Die statistische Auswertung in

Tabelle 20 konnte die deutlichen Differenzen zwischen kranken und gesunden Beeren in Bezug auf die gemessenen Mittelwerte eindeutig bestätigen.



Rosenberg 21.08.09: n=3 (gesund), n=5 (krank), n=5 (gesund/krank); Rosenberg 31.08.09: n=5 (gesund), n=10 (krank), n=10 (gesund/krank); Aubüchel 28.08.09: n=5 (gesund), n=10 (krank), n=10 (gesund/krank); Aubüchel 31.08.09: n=5 (gesund), n=9 (krank), n=9 (gesund/krank); Bärenreiser 07.09.09: n=5 (gesund), n=8 (krank), n=8 (gesund/krank)

Abbildung 33: Ergebnisse des pH-Wertes bei gesunden, TW kranken und gesunden Beeren auf TW kranken Rebstöcken; Aubüchel, Rosenberg und Bärenreiser (Mittelwerte und Standardabweichung)

Tabelle 20: Statistische Auswertung des pH-Wertes (ANOVA)

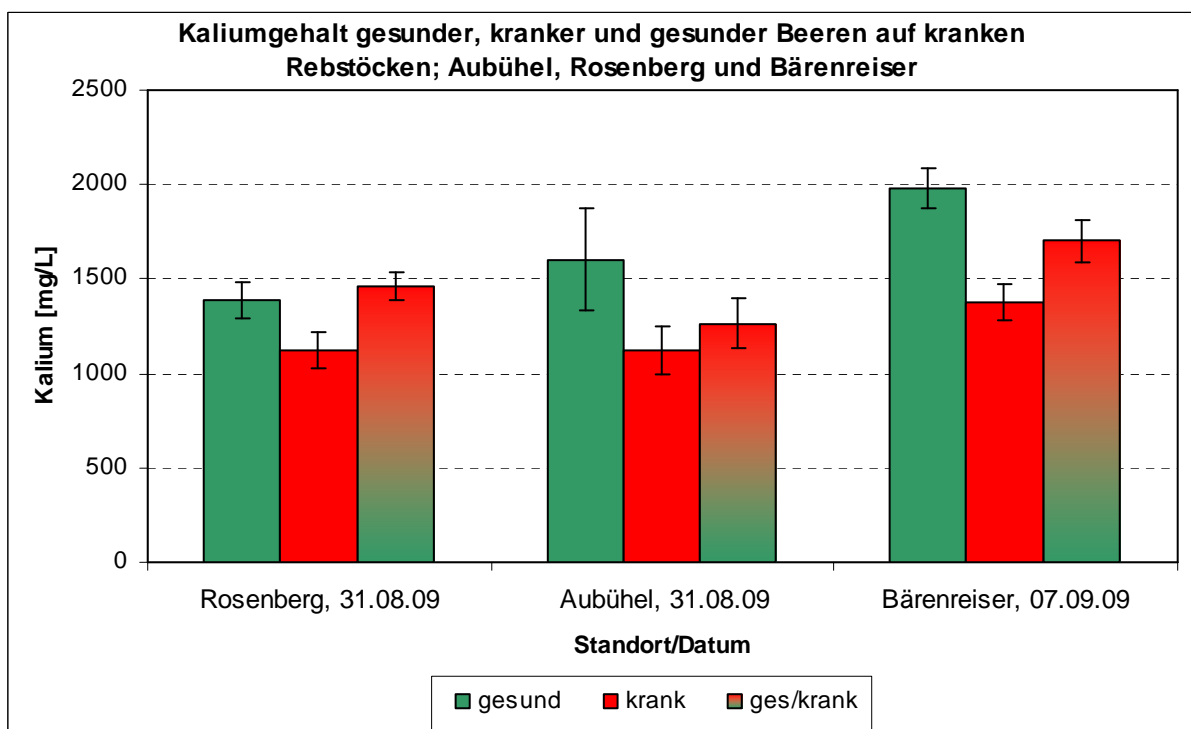
Versuchsfläche/Datum	p-Wert Vergleich gesund / krank	p-Wert Vergleich gesund / gesund auf kranken Rebstöcken	p-Wert Vergleich krank / gesund auf kranken Rebstöcken
Rosenberg, 26.08.	0,004 / **	0,883 / n.s.	0,001 / **
Rosenberg, 02.09.	0,001 / **	0,394 / n.s.	0,000 / ***
Aubüchel, 26.08.	0,000 / ***	0,050 / n.s.	0,000 / ***
Aubüchel, 02.09.	0,000 / ***	0,251 / n.s.	0,000 / ***
Bärenreiser, 07.09.	0,000 / ***	0,187 / n.s.	0,000 / ***

Die in der Einleitung aufgestellte 4. Hypothese behauptet, dass die Parameter Mostgewicht, Gesamtsäure, Äpfelsäure, Weinsäure und pH-Wert sich zwischen TW kranken Beeren und gesunden Beeren auf gesunden bzw. erkrankten Rebstöcken unterscheiden. Durch die Betrachtung der statistischen Auswertungen dieser Inhaltsstoffe kann die Hypothese (wieder mit vereinzelt Ausnahmen) bei all diesen Parametern, ausgenommen Äpfelsäure, beibehalten werden. Beim Gehalt an Äpfelsäure gibt es keine statistisch gesicherten Unterschiede.

Im Vergleich gesunder Beeren auf gesunden Reben und gesunder Beeren auf erkrankten Pflanzen konnte hingegen bei allen diesen Parametern ausnahmslos keine statistische Differenz nachgewiesen werden.

4.3.6 Nährstoffe (K, Mg, Ca und Na)

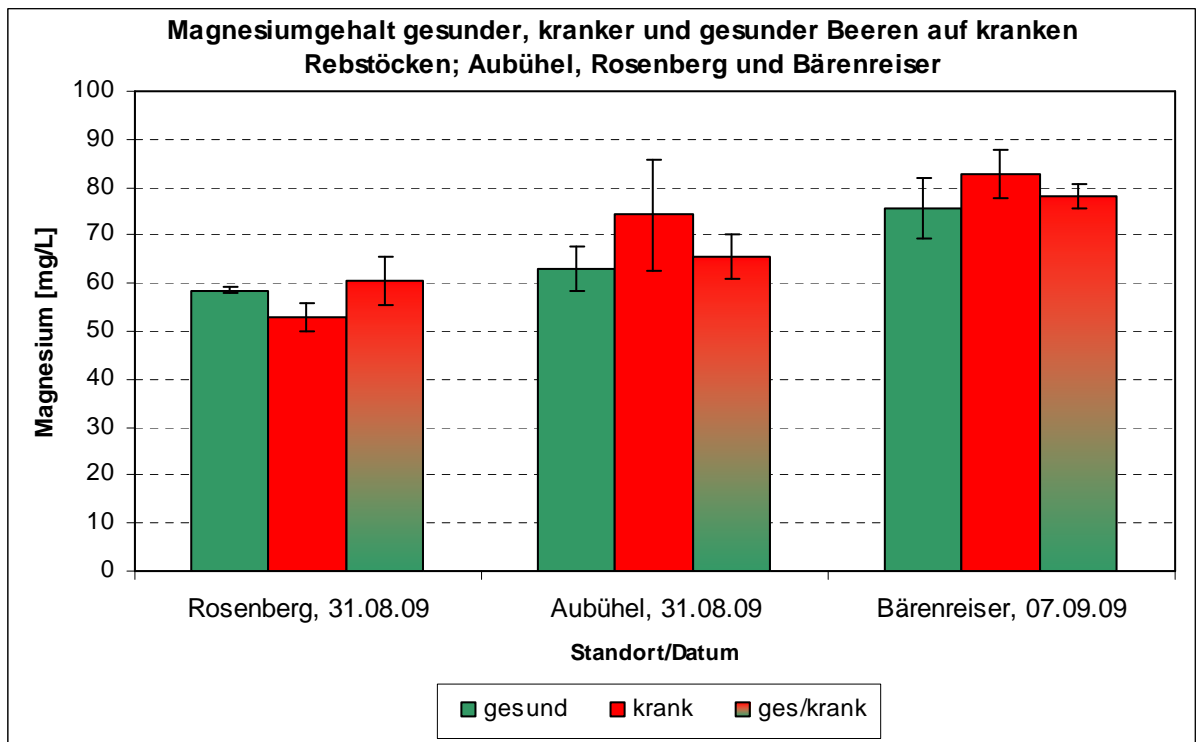
Zur Untersuchung der Beereninhaltsstoffe wurden ergänzend mit Kalium, Magnesium, Calcium und Natrium vier Nährstoffe gewählt, um festzustellen, ob es in Bezug auf die Traubenwelke Veränderungen im Nährstoffhaushalt der Beere gibt. Im Kaliumgehalt (siehe Abbildung 34) sind deutliche Unterschiede zwischen gesunden (1.389 – 1.979 mg/L) und TW kranken (1.122 – 1.379 mg/L) Beeren zu erkennen. Gesunde Beeren auf TW kranken Reben (1.263 – 1.701 mg/L) zeigen im Kaliumhaushalt ähnliche Werte wie gesunde, wobei auf der Fläche Rosenberg die gesunden Beeren sogar weniger Kalium aufweisen. Die Daten der 3 Standorte wurden gepoolt und statistisch verrechnet. Ein signifikanter Unterschied zwischen TW kranken und gesunden Beeren von gesunden sowie von kranken Trauben konnte nachgewiesen werden (siehe Tabelle 21).



Rosenberg 31.08.09: n=4 (gesund), n=9 (krank), n=9 (gesund/krank); Aubüchel 31.08.09: n=9 (gesund), n=15 (krank), n=16 (gesund/krank); Bärenreiser 07.09.09: n=4 (gesund), n=8 (krank), n=8 (gesund/krank)

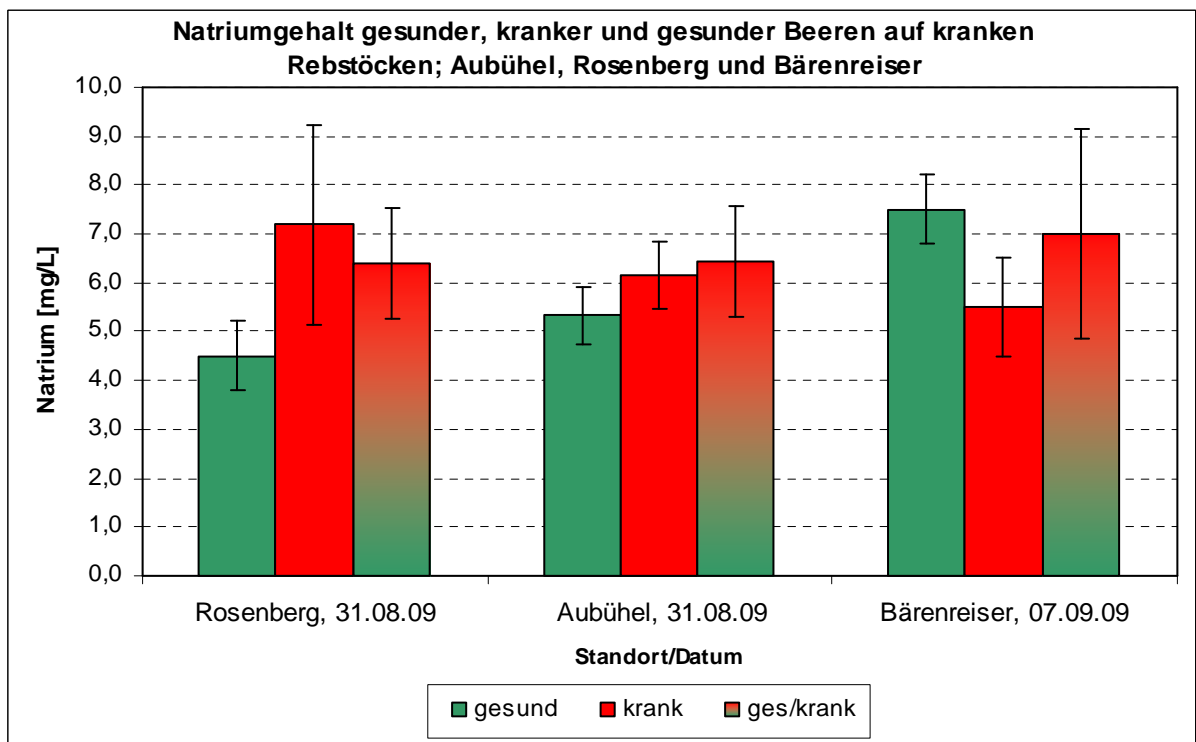
Abbildung 34: Ergebnisse der Kaliumbestimmung bei gesunden, TW kranken und gesunden Beeren auf TW kranken Rebstöcken; Aubüchel, Rosenberg und Bärenreiser (Mittelwerte und Standardabweichung)

Der Magnesium- (siehe Abbildung 35) und Natriumgehalt (Abbildung 36) der Beeren schwankte ein wenig je nach Versuchsfläche. TW kranke Beeren beinhalten auf der Fläche Rosenberg weniger Magnesium als gesunde, auf den Rieden Aubüchel und Bärenreiser hingegen deutlich mehr. Die Natriumgehalte zeigten ebenfalls starke Schwankungen und unterschiedliche Tendenzen auf den Versuchsflächen. Die Magnesiummittelwerte liegen zwischen 53 und 83 mg/L und die Mittelwerte der Natriummessergebnisse bei 4,5 bis 7,5 mg/L. Das Poolen der Daten in Tabelle 21 führte in der statistischen Auswertung bei beiden Nährstoffen zu keinen signifikanten Unterschieden.



Rosenberg 31.08.09: n=4 (gesund), n=9 (krank), n=9 (gesund/krank); Aubüchel 31.08.09: n=9 (gesund), n=15 (krank), n=16 (gesund/krank); Bärenreiser 07.09.09: n=4 (gesund), n=8 (krank), n=8 (gesund/krank)

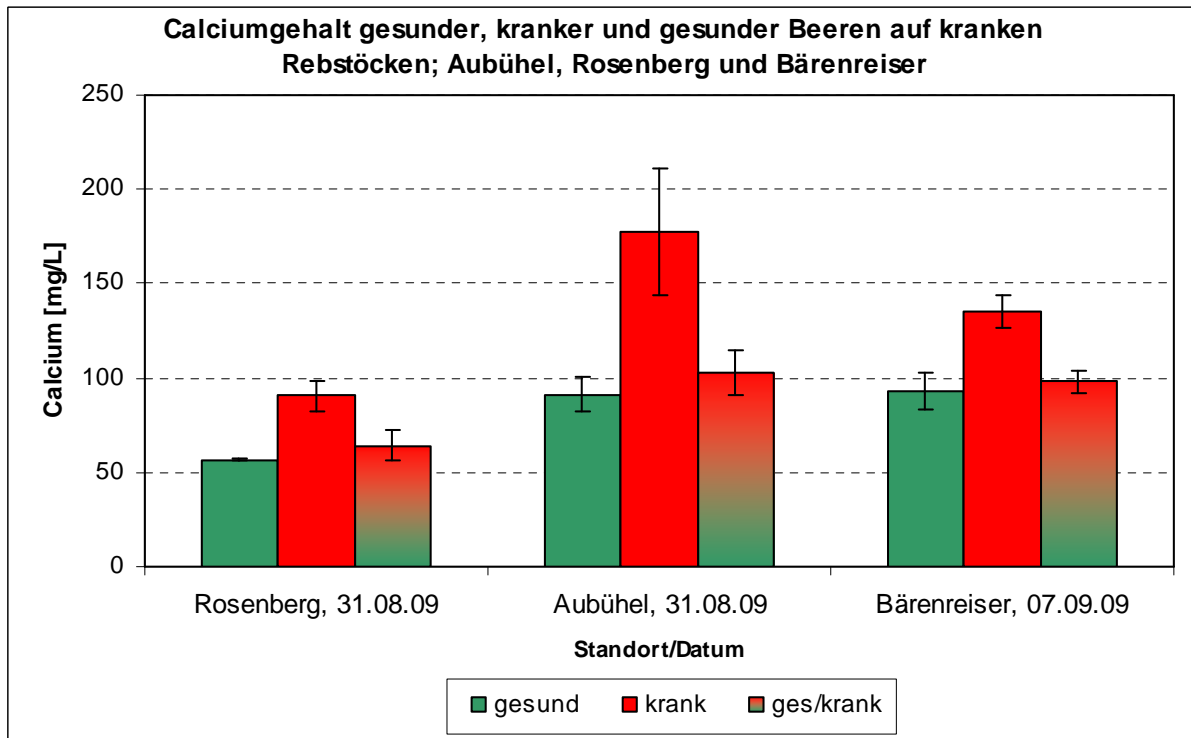
Abbildung 35: Ergebnisse der Magnesiumbestimmung bei gesunden, TW kranken und gesunden Beeren auf TW kranken Rebstöcken; Aubüchel, Rosenberg und Bärenreiser (Mittelwerte und Standardabweichung)



Rosenberg 31.08.09: n=4 (gesund), n=9 (krank), n=9 (gesund/krank); Aubüchel 31.08.09: n=9 (gesund), n=15 (krank), n=16 (gesund/krank); Bärenreiser 07.09.09: n=4 (gesund), n=8 (krank), n=8 (gesund/krank)

Abbildung 36: Ergebnisse der Natriumbestimmung bei gesunden, TW kranken und gesunden Beeren auf TW kranken Rebstöcken; Aubüchel, Rosenberg und Bärenreiser (Mittelwerte und Standardabweichung)

Deutliche Unterschiede sind bei den Calciumgehalten, dargestellt in Abbildung 37, zwischen gesunden und kranken Beeren ersichtlich. Gesunde Beeren weisen an allen Standorten mit 57 bis 93 mg/L eine wesentlich geringere Calciumeinlagerung auf als TW kranke (91 – 177 mg/L). Gesunde Beeren auf TW kranken Pflanzen verhalten sich mit Gehalten von 64 bis 103 sehr ähnlich den gänzlich gesunden Beeren. Diese Tendenzen konnten auch statistisch abgesichert werden (siehe Tabelle 21).



Rosenberg 31.08.09: n=4 (gesund), n=9 (krank), n=9 (gesund/krank); Aubüchel 31.08.09: n=9 (gesund), n=15 (krank), n=16 (gesund/krank); Bärenreiser 07.09.09: n=4 (gesund), n=8 (krank), n=8 (gesund/krank)

Abbildung 37: Ergebnisse der Calciumbestimmung bei gesunden, TW kranken und gesunden Beeren auf TW kranken Rebstöcken; Aubüchel, Rosenberg und Bärenreiser (Mittelwerte und Standardabweichung)

Tabelle 21: Statistische Auswertung des Nährstoffgehalte in den Beeren (ANOVA und KWT)

Unterschied zwischen...	p-Wert Kalium	p-Wert Magnesium	p-Wert Natrium	p-Wert Calcium
allen 3 Gruppen	0,000 / ***	0,683 / n.s. (KWT)	0,999 / n.s.	0,000 / *** (KWT)
gesund und gesund auf kranken Stöcken	0,079 / n.s.	0,670 / n.s. (KWT)	0,999 / n.s.	0,811 / n.s. (KWT)
gesund und krank	0,000 / ***	0,936 / n.s. (KWT)	0,999 / n.s.	0,003 / ** (KWT)
gesund auf kranken Stöcken und krank	0,002 / **	0,373 / n.s. (KWT)	1,000 / n.s.	0,000 / *** (KWT)

Die fünfte Hypothese, welche besagt, dass die Gehalte an den Nährstoffen Calcium, Magnesium, Natrium und Kalium in den Beeren unterschiedlich zwischen TW kranken Beeren und gesunden Beeren auf gesunden bzw. erkrankten Rebstöcken sind, wird hinsichtlich der Nährstoffe Kalium und Calcium beibehalten, jedoch Magnesium und Natrium würden zum Verwerfen dergleichen führen. Weiters gibt es keine statistischen Differenzen zwischen gesunden Beeren auf gesunden und gesunden Beeren auf kranken Weinstöcken.

4.4 Krankheitsbonitur Weingartenbasis und Einzelstockbasis

Eine Flächenbonitur zur Bestimmung der Befallshäufigkeit auf den Rieden Aubühel, Rosenberg und Bärenreiser wurde durch die Bonitur von 2 x 100 Stöcke je Fläche durchgeführt. Die Ergebnisse sind in Abbildung 38 angeführt. Dabei zeigte sich der stärkste TW Befall auf der Fläche Aubühel (23,96 %), gefolgt von der Fläche Rosenberg (15,3 %) und Bärenreiser (6,7 %).

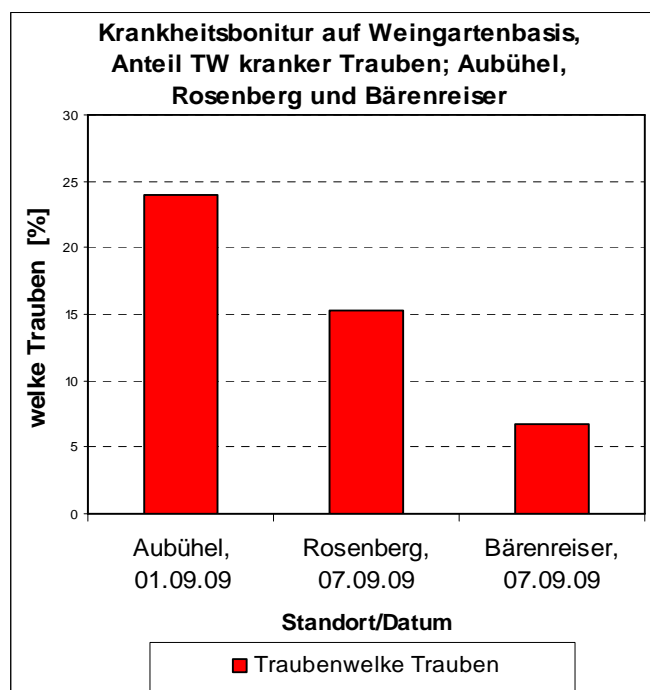
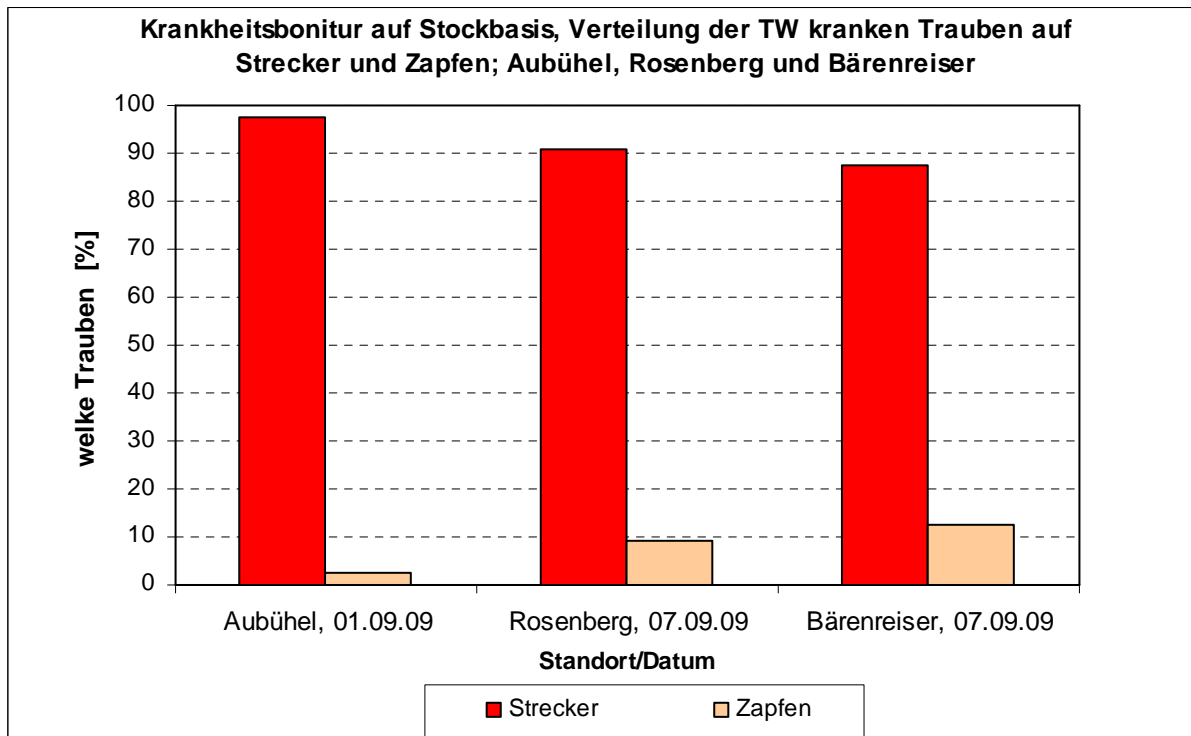


Abbildung 38: TW Befall 2009 auf den Versuchsflächen Aubühel, Rosenberg und Bärenreiser (Bonitur Anfang September, n = 200 Stöcke je Standort)

Parallel wurde die Verteilung der TW Trauben auf einem Rebstock bonitiert. Nur vereinzelt wurden Rebstöcke, bei denen alle Trauben TW Symptome zeigten, beobachtet. Die Anzahl der Triebe, der Trauben und der TW kranken Trauben wurden am Strecker und auf dem Ersatzzapfen erhoben. Nur ein geringer prozentueller Anteil (2,6 bis 12,5 %) von TW Trauben wurden auf Trieben des Ersatzzapfen beobachtet (Abbildung 39). Die Position der TW Trauben an Trieben des Streckers ist in Abbildung 40 dargestellt.

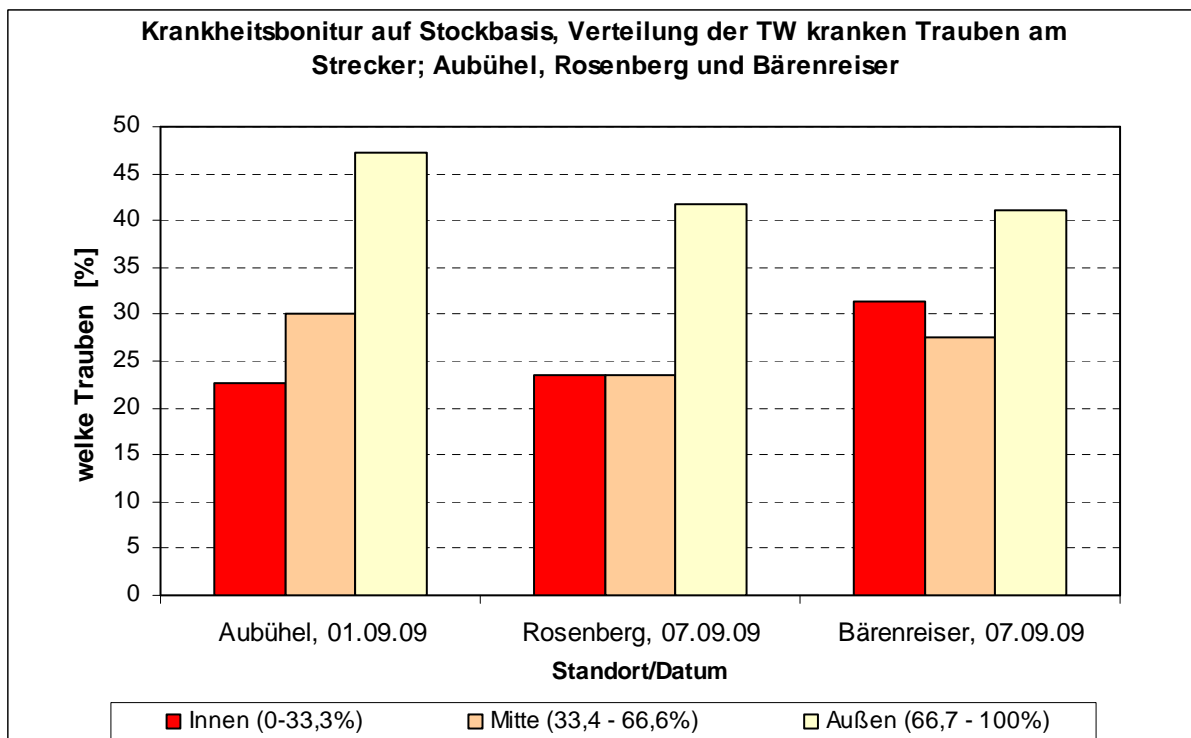
Die Verteilung der kranken Trauben am Strecker zeigt eindeutig, dass der äußere Teil (der vom Stamm am weitesten entfernte Abschnitt) auf allen 3 Standorten wesentlich mehr befallene Trauben trägt als der innere oder mittlere Teil. Auf dem Standort Aubühel ist dies sogar so stark ausgeprägt, dass am äußeren Teil des Streckers mehr als doppelt so viele welke Trauben hängen als am inneren (22,7 % innen, 47,2 % außen). Mit 23,6 % TW im inneren Bereich und 41,7 % im äußeren zeigt sich auch am Rosenberg ein ähnliches Bild. Die mittleren Sektoren weisen auf allen Versuchsflächen ebenfalls eine deutlich geringere Anzahl

kranker Trauben auf als die äußeren. Die Verteilung der TW kranken Trauben kann durch dieses einheitliche Ergebnis als nicht zufällig erachtet werden, was Hypothese 6 bestätigt.



Aubüchel n = 20 Stöcke, Rosenberg n = 65 Stöcke, Bärenreiser n = 63 Stöcke

Abbildung 39: Verteilung der TW kranken Trauben innerhalb eines Einzelstockes; Verteilung Strecker – Ersatzzapfen; Aubüchel, Rosenberg und Bärenreiser



Aubüchel n = 20 Stöcke, Rosenberg n = 65 Stöcke, Bärenreiser n = 63 Stöcke

Abbildung 40: Verteilung der TW kranken Trauben innerhalb eines Einzelstockes; Verteilung kranker Trauben auf inneren, mittleren und äußeren Bereich des Streckers; Aubüchel, Rosenberg und Bärenreiser

5 Diskussion

Die Traubenwelke ist eine physiologische Reifestörung der Weintraube, deren Ursachen bislang nicht geklärt werden konnten. Diese Arbeit hatte zum Ziel die Symptomatik, mit verschiedenen Messparametern in ihrer Gesamtheit (Fläche bis einzelne Beere), zu erfassen. Der Versuch die zeitliche Entwicklung der Traubenwelke zu beschreiben konnte aufgrund des geringen Auftretens im Versuchsjahr 2009 im Weinbaugebiet Carnuntum nicht durchgeführt werden, da sich auf der dafür vorgesehen Fläche keine TW entwickelte.

Das Ziel der folgenden Diskussion ist die gewonnenen Ergebnisse nochmals kritisch zu beleuchten und zusätzlich Aussagen bestehender Literatur in Frage zu stellen: Hat die Traubenwelke wirklich Einfluss auf das Wasserpotential der Weinreben? Sind TW kranke Trauben zufällig am Strecker verteilt oder gibt es tatsächlich Tendenzen? Kann man bei der TW überhaupt von Kleinbeerigkeit sprechen oder sind die Beeren nur aufgrund der minderen Turgeszenz im Durchmesser kleiner? Sind tatsächlich vermehrt die Traubenspitzen von der Krankheit betroffen? Gibt es messbare Unterschiede in der Beerenfarbe? Die meiner Ansicht nach wichtigste Frage jedoch lautet: Wie stark ist die Qualität von gesunden Trauben bzw. Beeren an TW kranken Stöcken gemindert und sind diese Trauben für die Vinifikation geeignet? Antworten auf all diese Frage werden auf den folgenden Seiten gegeben.

Ausgangspunkt für die durchgeführten Freilandmessungen war die Suche nach TW befallenen Zweigeltflächen. Die meisten beobachteten Bestände in der Umgebung von Göttlesbrunn und Höflein wiesen keine oder nur sehr geringe Traubenwelke Symptome auf. In früheren Jahren wurden aber auch Befallshäufigkeiten von bis zu 80% wie in anderen Gebieten (REDL, 2008) beobachtet. Die wirtschaftliche Bedeutung der Krankheit war somit in der Vegetationsperiode 2009 im Weinbaugebiet Carnuntum vernachlässigbar.

Für die Versuchsfragestellung der detaillierten Beschreibung der Traubenwelke Symptome konnten aber 3 Weingärten (Aubühel, Bärenreiser und Rosenberg) mit unterschiedlicher Befallshäufigkeit gefunden werden. Trotz einer gewissen räumlichen Nähe wurden große Unterschiede im TW Aufkommen zwischen rund 7 und 25% Befallshäufigkeit beobachtet. Einflussfaktoren könnten Bodeneigenschaften, mikroklimatische Verhältnisse und auch weinbauliche Bearbeitungsmaßnahmen sein. So war es doch sehr auffällig, dass die Fläche Aubühel mit 25% TW Trauben die höchste Anzahl von Trauben/Stock (14 Trauben) aufwies. Ein Einfluss der Trauben pro Stock und des Zeitpunktes des Ausdünnens wurde bereits beobachtet (REDL, 2008). Es ist daher schwierig, den TW Befall zwischen Flächen zu vergleichen ohne die natürliche Flächenvariabilität und Bearbeitungsmaßnahmen einzubeziehen.

In Zukunft wird es daher wichtig sein, die Flächenvariabilität zu integrieren und auch modifizierte Boniturschemata zu entwickeln um z.B. den sektoralen Befall einer Fläche mit TW zu erkennen. Diese Daten könnten dann mit physiologischen Messungen (Chlorophyllfluoreszenz, Blattspektren, Wasserpotentiale u.a.) verknüpft werden. Als ersten Schritt in diese Richtung wurden in dieser Arbeit Wasserpotential Messungen an gesunden und kranken Stöcken durchgeführt. Das Ergebnis führt auf einer der beiden Versuchsflächen keine signifikanten Unterschiede zwischen gesunden und kranken Pflanzen an, auf der anderen gibt es jedoch beim mittäglichen Wasserpotential und beim Stammwasserpotential signifikant höheren Wasserstress bei augenscheinlich gesunden Reben. Das Resultat ist mit Vorsicht zu betrachten, da die Wasserpotentialmessungen stark von der aktuellen Witterung, den lokalen Bodenbedingungen eines Rebstockes und subjektiven Messkriterien (gleichmäßige Druckerhöhung, visuelle Beurteilung des Xylemsaftaustrittes, usw.) abhängen und die Anzahl der gemessenen Blätter je Variante nur zwischen 8 und 20 liegt.

Andere Versuche mit Wasserpotential Messungen an stärker mit Traubenwelke geschädigten Stöcken (mehr als 50 % welke Trauben je Rebe) ergaben hingegen einen höheren Wasserstress, als bei gering befallenen (Befall kleiner 50 %) (KÜHRER et al. 2009). Dieser Versuch berücksichtigte keine augenscheinlich gesunden Rebstöcke, da alle Pflanzen Traubenwelkesymptome aufzeigten. Die Ergebnisse zeigen aber ein mögliches Potential von Wasserpotential Messungen zur physiologischen Charakterisierung von Stöcken mit Traubenwelke auf. Eine Verbesserung der Wasserpotentialmessungen wäre durch eine höhere Anzahl an Rebstöcken und flächendeckende Erhebungen an mehreren Messterminen zu erreichen.

Weitere Untersuchungen konzentrierten sich auf das Schadbild der Traubenwelke auf Einzelstockbasis, welches in dieser Arbeit zum ersten Mal quantitativ erhoben wurde. REDL (2003) und REISENZEIN (2003) sprechen davon, dass mehrheitlich die basalen Trauben eines Triebes auf dem Strecker betroffen sind. Ergänzend stellte sich eingangs auch die Frage, ob die Verteilung der erkrankten Trauben auf Streckerbasis ebenfalls Tendenzen erkennen lässt.

Die Untersuchungen dieser Arbeit zeigten eine eindeutige Tendenz in der Verteilung der kranken Trauben am Strecker: Auf allen Standorten wiesen die bonitierten Rebstöcke im äußeren Drittel der Strecker die höchste Befallshäufigkeit auf, auf 2 Standorten eine beinahe doppelt so hohe wie die des inneren Drittels. Diese für die Praxis wichtigen Ergebnisse zeigen somit, dass die Trauben der Rebsorte Zweigelt an den äußeren Trieben am Strecker eher von Traubenwelke befallen werden, als die inneren.

Der Grund könnte eine mangelnde Nährstoff- und Hormonversorgung der äußersten Triebe am Strecker sein. Diese wird nach BAUER (2008) durch die bogenförmige und flache Erziehung bewusst provoziert um der natürlichen Apikaldominanz der Rebe entgegen zu wirken. Vor allem in Kombination mit ungünstigen Standortbedingungen oder Witterung

könne dies zu schwachen Trieben am Ende des Streckers und folglich zur Unterversorgung der Trauben führen.

In einem aufbauenden Versuch könnte nun geklärt werden, ob man durch einen kürzeren Strecker, dadurch resultierend eventuell 2 Trauben je Trieb, einen Bekämpfungserfolg erzielen könnte. Es könnten jedoch auch bei einer frühen Ausdünnung vermehrt äußere Trauben entfernt werden.

Eine weitere Frage die zu Beginn der Diskussion gestellt wurde behandelt die richtige Verwendung des Begriffes der „Kleinbeerigkeit“. Die Kleinbeerigkeit, weiche Beeren und die schlechte Ausfärbung bestimmen das Krankheitsbild der Traubenwelke maßgeblich mit (REISENZEIN et al., 2008). Auf Trauben- und der Beerenbasis wurde bei dieser Arbeit die Beerengröße, -spannung und -farbe und deren Verteilung innerhalb der Traube ermittelt. Unterschiede zwischen gesunden und TW kranken Beeren in der Größe und Festigkeit konnten eindeutig nachgewiesen werden, während sich die Farbparameter als zu schwankend für eine genaue Differenzierung erwiesen.

Vorerst stellt sich die Frage, ob der Begriff der „Kleinbeerigkeit“ richtig gewählt wurde. Um dies zu beweisen, müssten Messungen vor dem Krankheitsbefall in Verbindung mit Elastizitätsbestimmungen durchgeführt werden. Dies könnte zeigen, dass Beeren, welche in der Folge an TW erkranken und zum Messzeitpunkt noch keinen Druckabfall aufweisen, tatsächlich bereits „kleiner“ bzw. „unterentwickelt“ sind. Sollten alle Beeren gleich groß sein, der Größenunterschied somit erst durch den Wasserverlust erfolgen, ist der Begriff der Kleinbeerigkeit nicht optimal gewählt.

Die beginnende Welke erkrankter Trauben lässt sich bereits vor dem visuellen Einfallen der Beerenhaut durch Ertasten erfühlen (REDL, 2007). Während der Bonitur der TW kranken Flächen konnten ähnliche Erfahrungen gemacht werden. Das Ertasten schlapper Trauben wurde als Erkennungsmerkmal angewendet. Dies ist jedoch eine sehr subjektive Beurteilung. Die Objektivierung durch etablierte Messverfahren um gesicherte Aussagen treffen zu können ist daher essentiell. Die Festigkeit der Beere (Beerenspannung) wurde daher mittels Schiebelehre inklusive integriertem Drucksensor bestimmt. Unterschiede zwischen gesunden und TW symptomatischen Beeren konnte eindeutig nachgewiesen werden. Die einfache, elektronische und zerstörungsfreie Methode hat sich als gut geeignet herausgestellt um die Merkmale Beerengröße und Beerenelastizität zu differenzieren. Wiederholte Messungen bereits vor dem Zeitpunkt des Umfärbens könnten den Beginn der Symptomentwicklung erfassen.

Die Literatur stellt oftmals einen verstärkten Befall der TW an den Spitzen der Trauben fest (BAUER, 2008; REDL, 2008 und REISENZEIN et al., 2008). Um diese Feststellung erstmals in Daten zu fassen wurden die Trauben in die Sektoren „oben“, „mitte“ und „unten“ unterteilt

und die durchschnittliche sektorale Beerengröße, -spannung und -farbe ermittelt. Die Ergebnisse der sektoralen Größe und Spannung der TW befallenen Beeren zeigten auf fast allen Standorten im oberen Bereich die größten, im mittleren Bereich etwas kleinere und im unteren die kleinsten Durchmesser und Elastizitätswerte auf. Die Differenzen waren jedoch bis auf wenige Ausnahmen nicht groß genug, um statistische Unterschiede zwischen den Traubendritteln festzustellen. Die Hypothese, dass sich Beeren innerhalb einer TW Traube in der Größe und der Festigkeit nicht unterscheiden wurde somit beibehalten.

Der stärkere Befall der Traubenspitzen (BAUER, 2008; REDL, 2008 und REISENZEIN et al., 2008) kann jedoch nicht als falsch bezeichnet werden, da trotz statistischer Aussagen in den Grafiken deutlich zu erkennen war, dass die Traubenspitze (Bereich „unten“) sowohl in der Größe, der Spannung und teilweise in der Farbe etwas „schlechter“ abgeschnitten hat, als der obere Sektor. Zu Beachten ist jedoch, dass auch gesunde Beeren im unteren Traubendrittel einen kleineren Durchmesser aufweisen. In Jahren mit hohem TW Befallsdruck könnte es durchaus der Fall sein, dass die Symptome wesentlich deutlicher ausgeprägt sind und die Unterschiede zwischen den Sektoren somit sehr wohl statistisch wirksam werden. Die zu Beginn der Diskussion gestellte Frage, ob die Traubenspitzen tatsächlich stärker von der Krankheit betroffen sind kann somit nicht vollständig geklärt werden.

Für den Ausblick in die Praxis könnte dies bedeuten, dass bei der Ausdünnung nicht ganze Einzeltrauben zur Stockentlastung entfernt werden sollten, sondern die Traubenteilung z.B. durch Entfernen des unteren Drittels, Vorteile zur Vorbeugung der Traubenwelke bringen kann. Dies bestätigt auch REDL (2009). Sind Trauben an der Spitze bereits offensichtlich schlaff hat eine Traubenteilung höchst wahrscheinlich keine befallsreduzierenden Effekte mehr, da nach den Erkenntnissen dieser Arbeit bereits die gesamte Traube von der Krankheit befallen ist. Alleine das Schrumpeln als Endsymptom tritt dann an der Spitze früher auf.

Ein weiterer Parameter zur Charakterisierung der TW ist die verzögerte bzw. schlechtere Ausfärbung der Trauben (BAUER, 2008), der auch als Früherkennungssystem verwendet werden könnte. Dazu müsste die eingangs gestellte Frage, ob messbare Farbunterschiede zwischen gesunden und kranken Beeren festzustellen sind, geklärt werden. Die Farbbestimmung mittels Chroma-Meter hat im Versuchsjahr 2009 statistisch abgesicherte Differenzen zwischen gesunden und TW kranken Zweigeltbeeren im Rot-Grün Bereich aufgezeigt. Kranke Beeren wiesen höhere Rotgehalte im Farbspektrum auf als gesunde, was auf eine schlechtere Ausfärbung (mehr rosa statt dunkelviolett) deutete. Da durch vereinzelte grüne Beeren bei den früheren Probeterminen (verzögerte Ausfärbung) die Streuung wesentlich vergrößert wurde, ist die Bestimmung der Welke anhand dieses Kriteriums, vor allem kurz nach der Veraison, sehr schwierig. Die Messergebnisse der Beerensfarbe sind somit derzeit noch kein zuverlässiger Parameter zur Differenzierung gesunder und kranker Beeren.

Wie schon bei der Beerengröße und der –spannung müsste der Verlauf der Umfärbung während und nach der Veraison gemessen werden um bessere Aufschlüsse zu erhalten.

In der Beerenfarbenverteilung auf TW kranken Trauben waren die Ergebnisse eine Bestätigung für die bisher erzielten Größen- und Elastizitätsresultate. Die Helligkeit der Beerenhaut, die Rot-Grün Anteile und die Blau-Gelb Anteile zeigten auch hier zwischen den 3 festgelegten Dritteln keine statistischen Unterschiede auf. Ausreißer wurden meist durch Beeren verursacht, welche noch nicht umgefärbt waren. Weiters sind Fehler wie z.B. der Helligkeitswert knapp an 100 möglich, da die Messung der Beeren nicht immer zu 100 Prozent gleich ablaufen kann. Liegt das Messgerät auf der runden Beere nicht vollständig auf, so ist der Helligkeitswert oft doppelt so hoch. Diese Problematik müsste zur Ausreifung der Farbbestimmung noch beseitigt werden.

Als Theorie für mögliche Früherkennungssysteme könnte man eine Kombination von Größen-, Spannungs- und Farbmessungen markierter Beeren während der Vegetation ansehen. Dies würde vermutlich Aufschluss über den genauen Beginn des Welkens bringen und eventuelle Bekämpfungsmaßnahmen, welche zu spät keine Wirkung mehr zeigten, wieder in Diskussion bringen. Für den Praktiker haben diese Messungen aus derzeitiger Sicht jedoch noch keine Bedeutung.

Eine für die Praxis jedoch sehr bedeutende Erkenntnis sind nicht nur die Qualitätsunterschiede zwischen welken und gesunden Beeren, sondern auch jene zwischen gesunden Beeren auf gesunden Reben und augenscheinlich gesunden auf TW kranken Rebstöcken. In den USA haben Untersuchungen festgestellt, dass gesunde Beeren auf kranken Stöcken eine mindere Qualität aufweisen als gänzlich gesunde (KRASNOV et al., 2009). Eines der wichtigsten Ziele der vorliegenden Arbeit war es, diesen Unterschied in der Gradation, der Gesamt-, Wein- und Äpfelsäure, dem pH-Wert sowie in den Nährstoffgehalten bei der Rebsorte Zweigelt zu erheben.

Die Analyse des Mostgewichtes zeigte, dass offensichtlich nicht befallene Beeren auf TW kranken Stöcken einen minimal geringeren Zuckergehalt aufweisen als Beeren auf gesunden Reben. Auf einem Standort hatte die gänzlich gesunde Beerenvariante sogar ein geringeres Mostgewicht als die gesunde auf den kranken Rebstöcken. Auch statistisch gibt es keine abgesicherten Unterschiede zwischen diesen Varianten. Beachtet man, dass TW kranke Beeren eine nur halb so hohe Gradation aufweisen, erkennt man die minimale (für die Praxis teilweise sogar vernachlässigbare) Differenz zwischen gesunden Beeren auf gesunden und solchen auf kranken Reben.

Neben dem Mostgewicht sind auch die Gesamt-, Wein- und Apfelsäure, sowie der pH-Wert wichtige Qualitätskriterien (EDER, 2007). Der Gesamtsäurevergleich der Versuchsflächen in

der Region Carnuntum führt deutlich höhere Gehalte bei TW kranken Beeren als bei gesunden an. Dies wird auch aus vergangenen Versuchen bestätigt, wo kranke Moste einen um ca. 3 g/L höheren Säuregehalt aufzeigten (FARDOSSI, 2001).

Sehr interessant ist der Gesamtsäurewert der gesunden Trauben auf TW erkrankten Rebstöcken, denn dieser liegt bei 4 von 5 Varianten noch tiefer als bei gänzlich gesunden Beeren. Da es sich jedoch um sehr geringe und statistisch nicht signifikante Unterschiede handelt, kann zumindest davon ausgegangen werden, dass gesunde Trauben auf kranken Reben keine erhöhten Gesamtsäuregehalte vorweisen im Vergleich zu gesundem Lesegut.

Für den auf qualitativ hochwertige Ware bedachten Winzer bedeutet dies, dass alle scheinbar gesunden Trauben, auch solche von kranken Rebstöcken, zumindest aufgrund der Höhe des Mostgewichtes zur Vinifikation verwendet werden können. In sehr schlechten Jahren, wo die Gradation nur knapp über dem vorgegebenen Mindestwert liegt, muss jedoch Vorsicht geboten sein, da hier bereits minimale Änderungen zum Unterschreiten dieser Qualitätsgrenze führen können.

Neben der Gesamtsäure spielen auch Wein- und Äpfelsäure sowie der pH-Wert eine bedeutende Rolle für die Qualität des Lesegutes. Die Ergebnisse zeigten, dass TW kranke Beeren eindeutig mehr Weinsäure als gesunde Beeren auf gesunden sowie TW kranken Rebstöcken aufweisen. Die Äpfelsäure hingegen weicht vom Verhalten der Weinsäure ab und liefert keine statistisch gesicherten Unterschieden zwischen gesunden und kranken Beeren. Das Problem könnte in diesem Fall auch bei der geringen Anzahl der Stichproben liegen. Speziell die Fläche Bärenreiser stellt im Gegensatz zu den anderen Flächen gesunde Beeren mit einem deutlich erhöhten Äpfelsäuregehalt dar. Die mögliche Ursache für diesen Fall könnte in der Probenahme oder Auswertung liegen und somit das Ergebnis verfälscht haben. Jedoch auch bei FARDOSSI (2001) beinhalten welche Beeren deutlich mehr Weinsäure, jedoch nur geringfügig niedrigere Äpfelsäuregehalte.

Die Entwicklung der beiden Säuren könnte die Folge der verfrüht eingeleiteten Reife sein. STEIDL (2001) behauptet, dass die Weinsäure nach ihrem Aufbau, sofern es nicht zu verfrühtem Weinsteinanfall in der Beere kommt, bis zur Lese kaum mehr abnimmt. Die Äpfelsäure wird hingegen während der Reife durch Veratmung ständig abgebaut.

Der Wasserverlust welkender Beeren führt somit zum prozentuell höheren Anteil an Weinsäure. Durch die Veratmung der Äpfelsäure auch in welkenden Beeren könnte der prozentuelle Anteil am Gesamtinhalt gleich bleiben. Die niederen pH-Werte TW kranker Beeren sind die Folge der höheren Gesamtsäuregehalte. Weiters fehlt den kranken Beeren auch das Kalium um diese erhöhten Säuregehalte abzupuffern. Statistisch abgesicherte Differenzen zwischen gesunden Beeren auf gesunden Reben und solchen auf kranken gibt es auch in der Wein- und Äpfelsäure sowie im pH-Wert nicht.

Der letzte Diskussionspunkt soll die Unterschiede in den Gehalten an bestimmten Nährstoffen in den Beeren aufzeigen. Die Analysen der Nährstoffe zeigten in TW kranken Trauben eindeutig geringere Kalium- und höhere Calciumwerte als in gesunden. Diese Verteilung der Nährstoffe wurde bereits bei FARDOSSI (2001) beschrieben.

In einer Studie mit der Rebsorte Shiraz wurde festgestellt, dass Kalium und Calcium in der Beere während der Reifephase deutlich zunehmen. Die Kaliumeinlagerung beginnt vor der Veraison sehr langsam mit rund 0,02 mg je Tag und steigert sich danach auf das 3,5 fache. Die Einlagerung von Calcium hingegen verläuft linear unterliegt jedoch deutlich größeren Schwankungen (ROGIERS et al., 2000). Diese Schwankungen können darauf zurückzuführen sein, weil Calcium xylem-mobil und Kalium phloem-mobil ist (ROGIERS et al., 2006).

In der Studie nach ROGIERS et al. (2000) tritt ca. 60 Tage nach der Shirazblüte die rasche Kaliumeinlagerung ein. Da bei der Traubenwelke nach ca. 50 bis 60 Tagen bereits die ersten Symptome sichtbar werden (REDL, 2008) könnte dies ein Grund für die niedrigen Kaliumwerte der kranken Beeren sein.

Das würde schlussfolgernd die Hypothese aufwerfen, dass der Kaliummangel in den Beeren nicht direkte Folge des niederen K-Gehaltes im Boden ist, sondern das Auftreten der Welke, welche mit einem Einlagerungsstopp in einem frühen Stadium der physiologischen Entwicklung der Beere verbunden ist, der Auslöser des geringen Kaliumwertes ist. Der erhöhte Calciumwert kranker Beeren könnte ebenfalls durch den linearen Einlagerungsverlauf nach ROGIERS et al. (2000) begründet werden. Während der Calciumgehalt linear ab der Blüte zunimmt, würde sich ab dem Auftreten der TW der Ca Gehalt nicht mehr ändern und die Flüssigkeitsmenge der Beere abnehmen, was höhere Ca Werte je L Most zur Folge hätte als bei gesunden. ROGIERS et al. (2006) behaupten hingegen, dass Calcium hauptsächlich vor der Veraison eingelagert wird, und der Verlauf danach unterschiedlich sei, was die aufgeworfene Theorie zusätzlich noch stärkt.

Die zu Beginn der Diskussion gestellte wichtigste Frage, ob die Qualität von gesunden Trauben/Beeren an TW kranken Stöcken minder ist und in wie weit diese Trauben für die Vinifikation geeignet sind, kann nun beantwortet werden. Augenscheinlich gesunde, nicht welke Zweigelttrauben auf TW kranken Weinstöcken können aufgrund der minimalen Qualitätsunterschiede zu Beeren auf gesunden Reben auch für die Produktion hoch qualitativer Weine verwendet werden. Im Falle eines schlechten Jahrganges, mit minderer Gradation und hohem TW Befall, ist jedoch Vorsicht geboten, da auch minimale Mostgewichtseinbußen große Auswirkungen zur Folge haben könnten (z.B. Mindestgradation). Sobald Trauben Welkeerscheinungen aufzeigen, sind diese aufgrund ihrer Inhaltsstoffe nicht mehr für einen „qualitativ ansprechenden Wein“ zu verwenden.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass vor allem die nicht destruktiven Methoden, Beerengröße-, Beerenspannung- und Beerensfarbmessung sehr gut geeignet sind, um die

Entwicklung und den Verlauf der Traubenwelke nachzuvollziehen. Mit einem engen zeitlichen Netz von Messungen an den gleichen Beeren wäre es somit möglich, vor allem den Beginn und den zeitlichen Verlauf der TW Symptome zu definieren. Diese zeitliche Eingrenzung der ersten physiologischen Veränderungen in den Pflanzen bzw. Trauben ist besonders wichtig, um Untersuchungen durchführen zu können, die eine Einschränkung auf bestimmte Ursachen ermöglichen. Molekularbiologische Analysen könnten jene Prozesse beschreiben, die zur Symptomatik führen. Besonders wichtig ist hier aber einheitliches Probenmaterial in einem möglichst frühen Stadium der Krankheit. Die Identifizierung der Ursachen ist die Grundvoraussetzung um Strategien zur Vorbeugung zu entwickeln und zu verifizieren. In weiterer Folge könnten diese Strategien direkt in die Praxis übergeführt werden.

6 Zusammenfassung

Die Traubenwelke ist eine Krankheit der Weinrebe (*Vitis vinifera* L.), welche in den letzten Jahren vermehrt zu massiven Ertragseinbußen in Österreich, vor allem bei der Rebsorte Zweigelt, geführt hat. Da die Krankheit auch bei anderen Rebsorten und in mehreren Ländern verstärkt auftrat, wurde in letzter Zeit intensiv an den Ursachen geforscht. Bis zum heutigen Zeitpunkt sind diese keineswegs restlos geklärt, es wird jedoch vermutet, dass es sich um eine physiologische Erkrankung der Rebe handelt, welche durch verschiedenste Faktoren ausgelöst werden kann.

Ziel dieser Masterarbeit war es, die Symptome der Traubenwelke an Zweigelt im Weinbaugebiet Carnuntum mittels verschiedener physiologischer Parameter im Detail zu beschreiben und Aussagen vorhandener Literatur in Zahlen zu fassen und zu diskutieren. Untersuchungen wurden auf mehreren Ebenen durchgeführt: Rebfläche, Rebstock, Traube und Beere.

Die Befallsbonitur 2009 führte eine Befallshäufigkeit zwischen rund 7 und 24 % welker Trauben auf den 3 Versuchsflächen an. Rebflächenbezogene Messungen zeigten, dass Wasserstress nicht unbedingt in direkter Verbindung mit der Traubenwelke steht. Es wurde kein bedeutender Unterschied zwischen dem Wasserpotential kranker und gesunder Reben festgestellt, im Gegenteil, auf einer Versuchsfläche wiesen die gesunden Stöcke einen statistisch abgesicherten höheren Wasserstress auf als TW kranke.

Bei der Bonitur wurde weiters festgestellt, dass entgegen vorhandener Literatur Triebe am äußeren Drittel des Streckers rund doppelt so viele TW kranke Trauben tragen als am inneren.

Die physiologischen Parameter Beerengröße und -spannung brachten signifikante Differenzen zwischen gesunden und TW kranken Beeren. Die Beerensfarbe zeigte bis auf den Rot-Grün Anteil der Beerenschale keine deutlichen Unterschiede zwischen gesunden und TW kranken Beeren. Während gesunde Beeren der Rebsorte Zweigelt einen rund 2 mm größeren Durchmesser und eine doppelt so hohe Elastizität aufweisen als TW kranke, konnte bei den erkrankten ein rötlicherer Farbton der Beerenschale mittels Chroma-Meter gemessen werden. Als Theorie für mögliche Früherkennungssysteme wurde eine Kombination von Größen-, Spannungs- und Farbmessungen markierter Beeren während der Vegetation angesehen. Weiters könnte somit ein genauere Befallsbeginn der TW ermittelt werden.

Die Markierung von Beeren im „oberen“, „mittleren“ und „unteren“ Bereich auf TW kranken Trauben brachte die Erkenntnis, dass sich die 3 Sektoren zwar geringfügig im Bezug auf die Beerengröße, -spannung und -farbe unterscheiden, diese Ausmaße jedoch für statistisch

gesicherte Aussagen zu gering sind. Generell waren Beeren im unteren Bereich (Traubenspitze) etwas kleiner und zeigten eine geringere Spannung auf.

Für die Praxis sehr interessant gestalteten sich die Ergebnisse der Analysen der Inhaltsstoffe von augenscheinlich gesunden Beeren auf TW kranken Stöcken. Die Messwerte zeigten, dass gesunde Beeren von befallenen Reben meist ein nur minimal geringeres, statistisch nicht abgesichertes, Mostgewicht und eine etwas geringere Gesamtsäure besitzen im Gegensatz zu Beeren gesunder Pflanzen. In der Weinsäure, der Äpfelsäure und im pH-Wert konnten keine einheitlichen Unterschiede festgestellt werden. Dies bedeutet, dass auch scheinbar gesunde Trauben an TW kranken Reben, je nach Anforderung des Winzers, für die Vinifikation verwendet werden können, ohne mit bedeutenden Qualitätsverlusten rechnen zu müssen. Kranke Beeren unterschieden sich von gesunden durch geringere Mostgewichte (~ 7-8 °Oe geringer), höhere Gesamt- (~ 2-4 g/L erhöht) und Weinsäuregehalte (~ 0,5-1,5 g/L erhöht), sowie einen daraus resultierenden tieferen pH-Wert.

Durch Analysen der Nährstoffe K, Mg, Na und Ca konnte festgestellt werden, dass es zwischen gesunden Beeren und gesunden auf kranken Stöcken keine Differenzen im Nährstoffgehalt gibt, jedoch TW kranke Beeren einen deutlich erniedrigten Kalium- sowie einen stark erhöhten Calciumwert aufzeigen, was auf den verfrüht eingeleiteten Reifeprozess und den damit verbundenen Wasserverlust zurückzuführen sein könnte.

7 Summary

The berry shrivel (BS) disorder is a disease of the grape-vine (*Vitis Vinifera* L.), which caused a massive loss of earnings in Austria in the last few years, particularly in the sector of the cultivar Zweigelt. Additionally this disease was noticed on different other grape varieties in other countries. Therefore there has been an intensive research activity on its causes recently. Up to this point these causes haven't been clarified completely, but there is the assumption, that it could be a physiological illness of the grape-vine, which can be initiated by various factors.

The aim of this master thesis was to describe in detail the symptoms of berry shrivel in the case of Zweigelt in the geographical area of Carnuntum by different physiological parameters and to quantify and discuss statements in literature. Research was done on multiple levels: vineyard, grape-vine, grape, and berry.

The ratings of the berry shrivel affection 2009 quoted a frequency between approximately 7 and 24 % of shrivelled grapes on the 3 sampling fields. Measurements focused on the vineyard showed that water stress doesn't necessarily correspond directly with berry shrivel. There wasn't found a difference in the water potential of healthy and diseased grape-vines. In contrast to this, healthy plants on one of the sample areas possessed a statistical higher water stress than BS-diseased ones.

Additionally it was determined that almost twice the amount of shriveld berries was observed on the exterior third of the cordon-single arm than on the inner one.

The physiological parameters berry size and berry firmness exhibited significant differences between BS diseased and healthy berries. By contrast the berry colour showed no clear differences between shrivel diseased and healthy berries except of the red-green-ratio of the berry skin. Whereas healthy berries of the cultivar Zweigelt had an approximately 2 mm bigger diameter and a 2 times higher elasticity, a more reddish colour shade of the berry skin in BS diseased berries was detected by chroma-meter measurements. A combination of size, firmness, and colour measurements of marked berries during the vegetation period was regarded as a theory for potential early warning system. Hence a more precise beginning of the disease could be detected.

The labelling of berries in the upper, middle, and lower parts of the diseased grapes brought the insight, that these 3 sectors indeed had differences concerning size, tension, and colour of the berries but the scale of that differences was to marginal for statistically secured conclusions. Generally the berries in the lower parts (grape tip) were a little bit smaller and showed a lower firmness.

For practical use the results of the ingredient analysis of obviously healthy berries on BS diseased grape-vines turned out to be very interesting. The data showed that healthy berries of diseased plants mostly possessed a minimal lower, not statistically secured sugar graduation and a little less total acid. No consistent differences in tartaric acid, malic acid, and in the pH-value could be found. This implies that obviously healthy berries on BS diseased grape vines can also be used for vinification without relevant quality loss – depending on the winemaker's demands. Shrivelled berries differ from healthy ones in a lower sugar graduation (~ 7-8 °Oe lower), a higher total acid content (~ 2-4 g/L higher), a higher tartaric acid content (~ 0,5-1,5 g/L higher) and a subsequent lower pH-value.

By analysis of the nutrient K, Mg, Na und Ca it was discovered that there is no difference in the nutrient content between healthy berries and healthy ones on diseased plants, but that diseased berries exhibit an explicit lower content of K and a highly increased content of Ca, which could be traced back to the premature induced ripening and, as a consequence of this, a loss of water.

8 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Traubenwelke Traube mit schlecht ausgefärbten Beeren, welche bereits zu schrumpfen beginnen (Datum: 18. August 2009, Foto: Besser).....	8
Abbildung 2: Lageplan der Versuchsflächen Aubühel, Bärenreiser und Rosenberg.....	15
Abbildung 3: Digitale Bodenkarte und Bestimmung des Bodentyps, Aubühel (Quelle: BFW, 2009)	16
Abbildung 4: Digitale Bodenkarte und Bestimmung des Bodentyps, Bärenreiser (Quelle: BFW, 2009).....	16
Abbildung 5: Digitale Bodenkarte und Bestimmung des Bodentyps, Rosenberg (Quelle: BFW, 2009).....	16
Abbildung 6: Laubwandbeschaffenheit, Aubühel (07. 09. 2009, Foto: Besser)	17
Abbildung 7: Weingartenbeschaffenheit, Bärenreiser (07. 09. 2009, Foto Besser).....	17
Abbildung 8: Weingartenbeschaffenheit, Rosenberg (20. 08. 2009, Foto Besser)	17
Abbildung 9: Kennzeichnung Rebstock, Traube und Beeren (Foto: Besser).....	18
Abbildung 10: Messung des Wasserpotentials mittels Scholander Bombe (Fotos: Besser)	19
Abbildung 11: Schiebelehre mit Druckmessung (roter Kreis = Drucksensor, Fotos: Besser) .	20
Abbildung 12: Chroma-Meter CR-400, Marke KONIKA MINOLTA (Fotos: Besser)	21
Abbildung 13: Ergebnisse frühmorgendliches (Nacht), mittägliches (Tag) und Stammwasserpotential der Versuchsflächen Aubühel und Rosenberg (Mittelwerte mit Standardabweichungen).....	26
Abbildung 14: Ergebnisse der Beerengrößenbestimmung; Aubühel, Rosenberg und Bärenreiser (Mittelwerte und Standardabweichung)	28
Abbildung 15: Gegenüberstellung der Beerengröße gesunder Beeren im oberen, mittleren und unteren Traubendrittel; Aubühel, Rosenberg und Bärenreiser (Mittelwerte und Standardabweichung).....	29
Abbildung 16: Gegenüberstellung der Beerengröße TW kranker Beeren im oberen, mittleren und unteren Traubendrittel; Aubühel, Rosenberg und Bärenreiser (Mittelwerte und Standardabweichung).....	30
Abbildung 17: Ergebnisse der Beeranelastizitätsbestimmung; Aubühel, Rosenberg und Bärenreiser (Mittelwerte und Standardabweichung)	31

Abbildung 18: Gegenüberstellung der Beerenspannung gesunder Beeren im oberen, mittleren und unteren Traubendrittel; Aubüchel, Rosenberg und Bärenreiser (Mittelwerte und Standardabweichung).....	32
Abbildung 19: Gegenüberstellung der Beerenspannung TW kranker Beeren im oberen, mittleren und unteren Traubendrittel; Aubüchel, Rosenberg und Bärenreiser (Mittelwerte und Standardabweichung).....	33
Abbildung 20: Ergebnisse der Farbmessung bei gesunden und TW kranken Beeren, Helligkeit (L^*) der Beerenhaut; Aubüchel und Rosenberg (Boxplot).....	34
Abbildung 21: Ergebnisse der Farbmessung bei gesunden Beeren im oberen, mittleren und unteren Traubendrittel, Helligkeit (L^*) der Beerenhaut; Aubüchel und Rosenberg (Boxplot).....	35
Abbildung 22: Ergebnisse der Farbmessung bei TW kranken Beeren im oberen, mittleren und unteren Traubendrittel, Helligkeit (L^*) der Beerenhaut; Aubüchel und Rosenberg (Boxplot).....	36
Abbildung 23: Ergebnisse der Farbmessung bei gesunden und TW kranken Beeren, Rot-Grün Anteil (a^*) der Beerenhaut; Aubüchel und Rosenberg (Boxplot)	37
Abbildung 24: Ergebnisse der Farbmessung bei gesunden Beeren im oberen, mittleren und unteren Traubendrittel, Rot-Grün Anteil (a^*) der Beerenhaut; Aubüchel und Rosenberg (Boxplot).....	38
Abbildung 25: Ergebnisse der Farbmessung bei TW kranken Beeren im oberen, mittleren und unteren Traubendrittel, Rot-Grün Anteil (a^*) der Beerenhaut; Aubüchel und Rosenberg (Boxplot).....	39
Abbildung 26: Ergebnisse der Farbmessung bei gesunden und TW kranken Beeren, Blau-Gelb Anteil (b^*) der Beerenhaut; Aubüchel und Rosenberg (Boxplot)	40
Abbildung 27: Ergebnisse der Farbmessung bei gesunden Beeren im oberen, mittleren und unteren Traubendrittel, Blau-Gelb Anteil (b^*) der Beerenhaut; Aubüchel und Rosenberg (Boxplot).....	41
Abbildung 28: Ergebnisse der Farbmessung bei TW kranken Beeren im oberen, mittleren und unteren Traubendrittel, Blau-Gelb Anteil (b^*) der Beerenhaut; Aubüchel und Rosenberg (Boxplot).....	42
Abbildung 29: Ergebnisse der Mostgewichtsbestimmung bei gesunden, TW kranken und gesunden Beeren auf TW kranken Rebstöcken; Aubüchel, Rosenberg und Bärenreiser (Mittelwerte und Standardabweichung)	45
Abbildung 30: Ergebnisse der Gesamtsäurebestimmung bei gesunden, TW kranken und gesunden Beeren auf TW kranken Rebstöcken; Aubüchel, Rosenberg und Bärenreiser (Mittelwerte und Standardabweichung)	47
Abbildung 31: Ergebnisse der Weinsäurebestimmung bei gesunden, TW kranken und gesunden Beeren auf TW kranken Rebstöcken; Aubüchel, Rosenberg und Bärenreiser (Mittelwerte und Standardabweichung)	49

Abbildung 32: Ergebnisse der Äpfelsäurebestimmung bei gesunden, TW kranken und gesunden Beeren auf TW kranken Rebstöcken; Aubüchel, Rosenberg und Bärenreiser (Mittelwerte und Standardabweichung)	50
Abbildung 33: Ergebnisse des pH-Wertes bei gesunden, TW kranken und gesunden Beeren auf TW kranken Rebstöcken; Aubüchel, Rosenberg und Bärenreiser (Mittelwerte und Standardabweichung).....	51
Abbildung 34: Ergebnisse der Kaliumbestimmung bei gesunden, TW kranken und gesunden Beeren auf TW kranken Rebstöcken; Aubüchel, Rosenberg und Bärenreiser (Mittelwerte und Standardabweichung).....	53
Abbildung 35: Ergebnisse der Magnesiumbestimmung bei gesunden, TW kranken und gesunden Beeren auf TW kranken Rebstöcken; Aubüchel, Rosenberg und Bärenreiser (Mittelwerte und Standardabweichung)	54
Abbildung 36: Ergebnisse der Natriumbestimmung bei gesunden, TW kranken und gesunden Beeren auf TW kranken Rebstöcken; Aubüchel, Rosenberg und Bärenreiser (Mittelwerte und Standardabweichung).....	54
Abbildung 37: Ergebnisse der Calciumbestimmung bei gesunden, TW kranken und gesunden Beeren auf TW kranken Rebstöcken; Aubüchel, Rosenberg und Bärenreiser (Mittelwerte und Standardabweichung).....	55
Abbildung 38: TW Befall 2009 auf den Versuchsflächen Aubüchel, Rosenberg und Bärenreiser (Bonitur Anfang September, n = 200 Stöcke je Standort).....	56
Abbildung 39: Verteilung der TW kranken Trauben innerhalb eines Einzelstockes; Verteilung Strecker – Ersatzzapfen; Aubüchel, Rosenberg und Bärenreiser	57
Abbildung 40: Verteilung der TW kranken Trauben innerhalb eines Einzelstockes; Verteilung kranker Trauben auf inneren, mittleren und äußeren Bereich des Streckers; Aubüchel, Rosenberg und Bärenreiser	57

9 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Ausschnitt TW Bonitur auf Einzelstockbasis.....	23
Tabelle 2: Statistische Auswertung Wasserpotential auf den Versuchsflächen (ANOVA + KWT).....	27
Tabelle 3: Statistische Auswertung der Beerengröße (ANOVA).....	29
Tabelle 4: Statistische Auswertung der Unterschiede zwischen den Beerengrößen der Sektoren „oben“, „mitte“ und „unten“ bei gesunden Trauben (ANOVA)	30

Tabelle 5: Statistische Auswertung der Unterschiede zwischen den Beerengrößen der Sektoren „oben“, „mitte“ und „unten“ bei TW kranken Trauben (ANOVA)	30
Tabelle 6: Statistische Auswertung der Beerenelastizität (ANOVA + KWT)	32
Tabelle 7: Statistische Auswertung der Unterschiede zwischen den Beerenspannungen der Sektoren „oben“, „mitte“ und „unten“ bei gesunden Trauben (ANOVA + KWT + MWUT)	33
Tabelle 8: Statistische Auswertung der Unterschiede zwischen den Beerenspannungen der Sektoren „oben“, „mitte“ und „unten“ bei TW kranken Trauben (ANOVA)	33
Tabelle 9: Statistische Auswertung Beerenfarbe (ANOVA + KWT)	42
Tabelle 10: Statistische Auswertung der Unterschiede zwischen den L* Messungen der Sektoren „oben“, „mitte“ und „unten“ einer gesunden Traube (ANOVA, KWT, MWUT)	43
Tabelle 11: Statistische Auswertung der Unterschiede zwischen den L* Messungen der Sektoren „oben“, „mitte“ und „unten“ einer TW kranken Traube (ANOVA, KWT, MWUT)	43
Tabelle 12: Statistische Auswertung der Unterschiede zwischen den a* Messungen der Sektoren „oben“, „mitte“ und „unten“ einer gesunden Traube	43
Tabelle 13: Statistische Auswertung der Unterschiede zwischen den a* Messungen der Sektoren „oben“, „mitte“ und „unten“ einer TW kranken Traube (ANOVA, KWT, MWUT)	43
Tabelle 14: Statistische Auswertung der Unterschiede zwischen den b* Messungen der Sektoren „oben“, „mitte“ und „unten“ einer gesunden Traube (ANOVA, KWT, MWUT)	43
Tabelle 15: Statistische Auswertung der Unterschiede zwischen den b* Messungen der Sektoren „oben“, „mitte“ und „unten“ einer TW kranken Traube (ANOVA, KWT, MWUT)	44
Tabelle 16: Statistische Auswertung des Mostgewichtes (ANOVA).....	46
Tabelle 17: Statistische Auswertung der Gesamtsäure (ANOVA)	48
Tabelle 18: Statistische Auswertung der Weinsäure (KWT)	49
Tabelle 19: Statistische Auswertung der Äpfelsäure (ANOVA).....	50
Tabelle 20: Statistische Auswertung des pH-Wertes (ANOVA)	51
Tabelle 21: Statistische Auswertung des Nährstoffgehalte in den Beeren (ANOVA und KWT).....	55

10 Literaturverzeichnis

BAUER, K.; FOX, R. und ZIEGLER, B. (2004): Moderne Bodenpflege im Weinbau. Österreichischer Agrarverlag: Leopoldsdorf.

BAUER, K. (2008): Weinbau. 8. aktualisierte Aufl., Österreichischer Agrarverlag: Wien.

BFW (2009): eBOD – Digitale Bodenkarte von Österreich. Veröffentlicht vom Bundesforschungs- und Ausbildungszentrum für Wald, Naturgefahren und Landschaft, unter: <http://bfw.ac.at/rz/bfwcms.web?dok=7066> (09.12.2009).

CONDE, C.; SILVA, P.; FONTES, N.; DIAS, A.; TAVARES, R.M.; SOUSA, M.J.; AGASSE, A.; DELROT, S. and GEROS, H. (2007): Biochemical Changes throughout Grape Berry Development and Fruit and Wine Quality. Global Science Books, Food (1/1): 1-22.

COOMBE, B.G. and McCARTHY, M.G. (2000): Dynamics of grape berry growth and physiology of ripening. Australian Journal of Grape and Wine Research 6: 131-135.

CREASY, L.G. and CREASY, L.L. (2009): Grapes. CAB International: Oxfordshire.

EDER, R.; BARNA, J.; BERGER, S.; GÖSSINGER, M.; STEIDL, R.; SCHÖBER, V.; SCHÖDL, H. und TEUSCHLER, S. (2003): WEINFEHLER. Österreichischer Agrarverlag: Leopoldsdorf.

EDER, R. (2007): Analytische Verfahren zur Feststellung der Traubenreife. Der Winzer (09): 17-20.

EHRENDORFER, K. (1958): Grundbegriffe des Versuchswesens. Der Feldversuch Gerold's Sohn: Wien.

FARDOSSI, A. (2000): Starkes Auftreten von Kaliummangel in verschiedenen Weinbauregionen Österreichs. Der Winzer (10): 6-12.

FARDOSSI, A. (2001): Einfluss von Kaliummangel im Boden auf die Traubenqualität. Jahrestagung der Arbeitsgemeinschaft landwirtschaftlicher Versuchsanstalten: 55-56.

FARDOSSI, A. (2003): Das Phänomen der Traubenwelke im Weinbau – Ursachenforschung. In: KALTZIN, W. (2003): Symposium zum Thema Traubenwelke. Der Winzer (03): 14-16.

FEICHTER, M. (2008): Traubenwelke. In: RIEDEL, M. (2008): Traubenwelke und Stiehlähme im Visier. Der badische Winzer: 17-20.

FORNECK, A.; BECKER, M.; LIEBNER, F.; SCHUHMACHER, R.; SCHÖDL, K. und WEINGART, G. (2008): Ein physiologischer Fingerprint für den Qualitätsweinbau in Österreich: 1. Zwischenbericht (30.06.2008). Veröffentlicht durch das Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, unter: www.dafne.at (10.02.2010).

GREER, D.H. and ROGIERS, S.Y. (2009): Water Flux of *Vitis vinifera* L. cv. Shiraz Bunches throughout Development and in Relation to Late-Season Weight Loss. *Am. J. Enol. Vitic.* (60/2): 155-163.

GRIESSER, M. (2009): Stand der Forschung zur Traubenwelke. *Der Winzer* (03): 13-15.

HANSEN, M. (2007): Grape disorder shrivels profits. *Good Fruit Grower* (58), No. 14.

KELLER, M.; SMITH, J.P. and BONDADA, B.R. (2006): Ripening grape berries remain hydraulically connected to the shoot. *Journal of Experimental Botany*, (57/11): 2577–2587.

KELLER, M. (2008): Traubenwelke auch in den USA ungelöst. *Schweiz. Z. Obst-Weinbau* (7): 6-8.

KENNEDY, J. (2002): Understanding grape berry development. *Practical Winery & Vineyard*, July/August 2002: 1-5.

KONIKA MINOLTA (2009): Benutzerhandbuch Chroma-Meter CR-400, Seite 153.

KRASNOW, M.; MATTHEWS, M. and SHACKEL, K. (2008): Evidence for substantial maintenance of membrane integrity and cell viability in normally developing grape (*Vitis vinifera* L.) berries throughout development. *Journal of Experimental Botany* (59/4): 849–859.

KRASNOW, M.; WEIS, N.; SMITH, R. J.; BENZ, J.; MATTHEWS, M. and SHACKEL, K. (2009): Inception, Progression, and Compositional Consequences of a Berry Shriveling Disorder. *American Journal of Enology and Viticulture* (60:1): 24-34.

KÜHRER, E.; TRUMMER, C. und FAHRNECKER, A. (2009): Kontrolle des Wasserstresses. *Der Winzer* (04): 19-21.

MÜLLER, E.; LIPPS, H.P. und WALG, O. (2008): Weinbau. 3. vollständig neu bearbeitete Auflage. Verlag Eugen Ulmer: Stuttgart.

NEVRKLA, C. (2001): Untersuchungen zur Traubenwelke bei der Rebsorte Zweigelt. Diplomarbeit, Universität für Bodenkultur: Wien.

PRAST, T. (2003): Traubenwelke und Nährstoffversorgung – Einsatz von Blattanalysen und Blattdüngung zur gezielten Bekämpfung. In: KALTZIN, W. (2003): Symposium zum Thema Traubenwelke. *Der Winzer* (03): 14-16.

RAIFER, B. (2008): Traubenwelke und Stielähme in Südtirol. In: RIEDEL, M. (2008): Traubenwelke und Stielähme im Visier. *Der badische Winzer*: 17-20.

REDL, H.; WEINDLMAYR, J. (1987): Magnesiumhaltige Stielähme-Bekämpfungsmittel im Hinblick ihrer Wirksamkeit und der Beeinflussung von Traubenertrag und Weinqualität. *Die Weinwissenschaft* 42: 3-27.

REDL, H.; RUCKENBAUER, W. und TRAXLER, H. (1996): Weinbau Heute. 3., völlig neu bearbeitete Auflage. Leopold Stocker Verlag: Graz.

REDL, H. (2003): Variabilität des Auftretens der Trauben- und Beerenwelke. In: KALTZIN, W. (2003): Symposium zum Thema Traubenwelke. *Der Winzer* (03): 14-16.

REDL, H. (2005): Der Traubenwelke auf der Spur. Deutsches Weinbau-Jahrbuch (56), Verlag Eugen Ulmer: 83-90.

REDL, H. (2007): Diagnosehilfe bei welken Beeren. Der Winzer (08): 24-27.

REDL, H. (2008): Der Traubenwelke auf der Spur. Der Winzer (03): 6-10.

REDL, H. (2009): Traubenwelke ist bekämpfbar. Der Winzer (04): 28-30.

REISENZEIN, H. (1997): Die Zweigeltkrankheit – eine neue Rebkrankheit? Der Winzer (5): 7-9.

REISENZEIN, H. (1999): Zweigeltkrankheit – Auftreten, Schadbild, Bekämpfung. Der Winzer (6): 25-26.

REISENZEIN, H. (2003): Untersuchungen zur Ursache, zum Auftreten und zur Bekämpfung der Zweigeltkrankheit. In: KALTZIN, W. (2003): Symposium zum Thema Traubenwelke. Der Winzer (03): 14-16.

REISENZEIN, H.; POLESNY F. und HÖBAUS E. (2008): Krankheiten, Schädlinge und Nützlinge im Weinbau. 5. erw. und akt. Auflage, Österreichischer Agrarverlag: Wien.

ROGIERS, S.Y.; KELLER, M.; HOLZAPFEL, B.P. and VIRGONA, J.M. (2000): Accumulation of potassium and calcium by ripening berries on field vines of *Vitis vinifera* (L) cv. Shiraz. Australian Journal of Grape and Wine Research (6): 240-243.

ROGIERS, S.Y.; GREER, D.H.; HATFIELD, J.M.; ORCHARD, B.A. and KELLER, M. (2006): Solute Transport into Shiraz Berries during Development and Late-Ripening Shrinkage. American Journal of Enology and Viticulture (57/1): 73-80.

SCHOLASCH, T.; LECOEUR, J. and MISSON, L. (2007): Limits of Cumulated Water Stress Indicators to Predict Fruit Quality. In: KTBL (2007): Technik im Weinbau. 8. Internationales Symposium vom 20. bis 22. April 2007 in Stuttgart. Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e. V.: Darmstadt.

SCHULTZ, H. R. (1996): Water relations and photosynthetic responses of two grapevine cultivars of different geographical origin during water stress. *Acta Horticulturae* (427): 251-266.

SCHUMACHER, P.; BIRCHER, J. und INDERMAUR, D. (2007): Traubenwelke – eine neue Hypothese. *Schweiz. Z. Obst-Weinbau* (20): 4-7.

SCHWAPPACH, P. und HOFMANN, H. (2009): Leitfaden Rebschutz 2009. 18. Jahrgang, CityDruck: Würzburg.

SIEGFRIED, W. (2006): Auftreten und Bekämpfung der Stiellähme. *Schweiz. Z. Obst-Weinbau* (15): 4-7.

SPRING, J.-L. und ZUFFEREY, V. (2006): Die Traubenwelke, physiologische Störung der Rebe, nimmt zu. Medienmitteilung der schweizerischen Eidgenossenschaft. Forschungsanstalt Agroscope Changins-Wädenswil ACW.

STEIDL, R. (2001): Kellerwirtschaft. 6., aktualisierte und überarbeitete Auflage. Österreichischer Agrarverlag: Leopoldsdorf.

STOCKHAMMER, P. (2005): Einfluss ausgewählter weinbaulicher Pflegemaßnahmen auf das Auftreten der Traubenwelke, den Ertrag und die Qualität bei verschiedenen Rotweinsorten im Nordburgenland. Diplomarbeit, Universität für Bodenkultur: Wien.

THOMAS, T.; SHACKEL, K. and MATTHEWS, M. (2008): Mesocarp cell turgor in *Vitis vinifera* L. berries throughout development and its relation to firmness, growth, and the onset of ripening. *Planta* (228): 1067-1076.

THURNER-SEEBACHER, K. (2007): Neuanlage von Weingärten. Österreichischer Agrarverlag: Wien.

TILBROOK, J. and TYERMAN, S. D. (2008): Cell death in grape berries: varietal differences linked to xylem pressure and berry weight loss. *Functional Plant Biology* (35): 173-184

VOGT, E. und SCHRUF, G. (2000): Weinbau. 8. völlig neu bearbeitete Auflage, Verlag Eugen Ulmer: Stuttgart.

WADA, H.; MATTHEWS, M.A. and SHACKEL, K.A. (2009): Seasonal pattern of apoplastic solute accumulation and loss of cell turgor during ripening of *Vitis vinifera* fruit under field conditions. *Journal of Experimental Botany* (60/6): 1773–1781.

ZAMG (2010): Klimadaten von Österreich 1971 – 2000, Station Bruckneudorf. Veröffentlicht von der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik, unter: http://www.zamg.ac.at/fix/klima/oe71-00/klima2000/klimadaten_oesterreich_1971_frame1.htm (25.01.2010).

ZHANG, X.Y.; WANG, X.L.; WANG, X.F.; XIA, G.H., PAN, Q.H.; FAN, R.C.; WU, F.Q.; YU, X.C. and ZHANG, D.P. (2006): A Shift of Phloem Unloading from Symplasmic to Apoplasmic Pathway Is Involved in Developmental Onset of Ripening in Grape Berry. *Plant Physiology* (142): 220–232.