Traubenausdünnung
bei *Vitis vinifera* L. cv. Zweigelt

Einfluss auf Physiologie, Wasserhaushalt und Qualität
von Blatt und Beere

D I S S E R T A T I O N

eingereicht von

Dipl.-Ing. Michael Grieszler

Abteilung Pflanzenschutz
Universität für Bodenkultur Wien

Wien, August 2013

DANKESCHÖN ...,

…. meinen Eltern, **Herta** und **Andreas**, sowie meinen **Großeltern,** die mich während meiner Dissertation in vieler Hinsicht unterstützt haben und es mir ermöglicht haben mich mit dieser Arbeit in Ruhe zu beschäftigen

.... an **Herrn Rainer Kurz**, der mir eine Rebfläche seines Betriebes für meine Versuche zur Verfügung gestellt und mir oft mit wichtigen Informationen weitergeholfen hat

…. an **Frau Dipl.-Ing. Dr. Mathilde Knoll** für ihre jederzeitige Hilfe und Beratung bei der Ausarbeitung von Ergebnissen, Einschulung an verschiedenen Geräten sowie beim Versand von Proben

…. an **Frau Ao. Univ. Prof. Dr. Helga Königshofer** für ihre fundierte Beratung im Bereich der Pflanzenphysiologie sowie ihre freundliche Unterstützung bei der Ascorbatbestimmung und bei verschiedensten Probenaufbereitungen

….an **Frau Ao. Univ. Prof. Dr. Silvia Kikuta** für Einblick in ihre interessante Forschungsarbeit als auch Beratung im Bereich des Wasserhaushaltes von Pflanzen sowie die Benützung des Dampfdruckosmometers

.... besonders an **Herrn Ao. Univ. Prof. Dipl.-Ing. Dr. Helmut Redl** für zahlreiche Denkanstöße sowie für seine fachkräftige, praxisorientierte Unterstützung und Betreuung meiner Arbeit

INHALTSVERZEICHNIS

1 Einleitung 4

1.1 Ertragsregulierung 6

2 Problemstellung 12

3 Material und Methoden 14

3.1 Standort 14

3.1.1 Geologische und bodenkundliche Situation 15

3.1.2 Klima und Witterung 15

3.2 Versuchsfläche 17

3.2.1 Charakteristik der Versuchspflanze 17

3.2.2 Weinbauliche Kulturmaßnahmen in der Versuchsfläche 20

3.3 Anlage des Versuchs 22

3.4 Untersuchungen im Freiland 23

3.4.1 Rebenphänologie und vegetative Leistung der Reben 23

3.4.2 Messverfahren zu Physiologie und Wasserhaushalt der Rebe im Freiland 23

3.4.2.1 Wasserpotentialmessung 23

3.4.2.2 Gaswechselmessung 24

3.4.2.3 Rebblatt-Nährstoffanalysen 25

3.5 Untersuchungen im Labor 27

3.5.1 Blattfarbe 27

3.5.2 Osmotisches Potential 28

3.5.3 Bestimmung von Ascorbat und Dehydroascorbat 31

3.5.4 Relative Water Content 33

3.5.5 Nährstoffanalysen von Beerenbestandteilen 34

3.5.6 Beerenentwicklung 34

3.6 Ertragsauswertung 35

3.7 Mathematische und statistische Auswertung 35

3.8 Abkürzungen 36

4 Ergebnisse 37

4.1 Phänologische Entwicklung der Reben im Blickfeld der Witterung 37

4.2 Vegetative Entwicklung bis zur Blüte 42
4.3 Physiologie der Rebe 44
4.3.1 Gaswechselleistung der Blätter 44
4.3.2 Osmotisches Potential im Blatt 46
4.3.3 Osmotisches Potential in der Beere 49
4.3.4 Osmotisches Potential im Traubengerüst 53
4.3.5 Ascorbat in Beerenfruchtfleisch und Beerenschale 57
4.3.6 Nährstoffe in Blatt und Beere 64
4.3.6.1 Nährstoffe in der Blattspreite zur Rebblüte 64
4.3.6.2 Nährstoffe im Blattstiel zur Rebblüte 66
4.3.6.3 Nährstoffe in der Blattspreite zu Reifebeginn 68
4.3.6.4 Nährstoffe im Blattstiel zu Reifebeginn 73
4.3.6.5 Prozentueller Nährstoffanteil innerhalb der Beere 76
4.3.6.6 Nährstoffe in der Beere 77
4.4 Wasserhaushalt der Rebe 85
4.4.1 Predawn Water Potential im Jahresgang von Rebblüte bis Lese 85
4.4.2 Relative Water Content des Blattes 90
4.4.3 Blattfarbe und Relative Water Content im Blatt 93
4.4.4 Relative Water Content der Beeren 94
4.5 Beerenqualität 96
4.5.1 Beerenvolumen 96
4.5.2 Beerenlänge und Beerendurchmesser 100
4.5.3 Beerengewicht 102
4.5.4 Beerenbestandteile 104
4.5.5 Traubenreifeverlauf 107
4.6 Traubenertrag 120
4.7 Traubenertrag in Abhängigkeit von Fotosynthese und Blattfarbe 121
5 Diskussion 123
5.1 Diskussion Physiologie 125
5.2 Diskussion Wasserhaushalt der Rebe 139

5.3 Diskussion Beerenqualität und Beerengröße 143
5.4 Diskussion Ertrag und Reifeparameter 147
6 Zusammenfassung 155
7 Literatur 156
7.1 Rechtliche Quellen 184

1 Einleitung

Bereits REDL (1987b), LEONHARDT (1988), KIEFER und WEBER (1994) und JÖRGER und WOHLFAHRT (2002) weisen auf das stark angehobene Leistungspotential der Reben und den stagnierenden, gebietsweise sogar deutlich zurückgegangenen Verbrauch und das daraus resultierende, europaweite Überangebot an Wein hin, das mengenbegrenzende Maßnahmen notwendig macht. Es existiert die Problematik, dass aufgrund des hohen und regelmäßigen Ertrages in vielen Weinbaugebieten zu viel Wein mit nicht vermarktungsfähiger Qualität produziert wird und dies zu wirtschaftlichen Problemen der Betriebe führt.

Die Ertragsbelastung wirkt sich negativ auf den gesamten Wasserhaushalt der Rebe (RUBIO et al. 2004) und der damit verbundenen Belieferung der Pflanze mit aus dem Boden gelösten Nährstoffen und Assimilationsprodukten aus (SANTESTEBAN et al. 2011b). Eine mögliche Klimaveränderung in Mitteleuropa kann erhöhte Variabiliät der Temperatur und Intensitätsschwankungen von Niederschlagsereignissen zur Folge haben (SCHÄR et al. 2004, SCHULTZ 2007, VRSIC und VODOVNIK 2012). In Zukunft könnten Hilfsmittel wie Bewässerung und Dünger eingeschränkt verfügbar sein (REDL 2007a), was bei den aus weinbaulicher Sicht erschwerenden topographischen & klimatischen Umständen in Mitteleuropa (EGGENBERGER et al. 1990, KIEFER und WEBER 1994) eine große Herausforderung darstellt. Wasserverfügbarkeit ist für die Pflanze ein wichtiger Faktor, um die Organe aufzubauen und zu vergrößern und des weiteren steht sie in engem Zusammenhang mit der Fotosynthese und der Kohlenhydratversorgung (OLLAT et al. 2002). Weinbeerenwachstum wird durch den Import von Kohlenhydraten, Wasser und mineralischen Nährstoffen beeinflusst (POSSNER und KLIEWER 1985). Die Erforschung dieser Importe liefert Informationen über die benötigten Inhaltsstoffe, die das Beerenwachstum unterstützen (SANTESTEBAN et al. 2011b) und sie erhöht das Verständnis für die physiologischen Mechanismen, die diesen Importen unterliegen (ROGIERS et al. 2006a).

Innerhalb der einzelnen Reborgane existiert eine starke Konkurrenz (ROGIERS et al. 2004). Nach Reifebeginn werden Kohlenhydrate in verstärktem Ausmaß in die Beeren importiert (HALE und WEAVER 1962) und diese werden zu sehr konkurrenzstarken sinks. Osmotisch wirksame Substanzen sind einerseits wichtige Inhaltsstoffe der Pflanze für das sogenannte "Osmotic Adjustment", eine Strategie der Pflanze, Wasserdefiziten in verschiedenen Pflanzenorganen entgegenzusteuern (MORGAN 1984), sowie andererseits zur Regulation der source:sink Verteilung (MARIGO und PELTIER 1996 und BABU et al. 1999). In den wässrigen Lösungen des Cytosols und der Vakuole befindet sich eine Vielzahl osmotisch wirksamer Substanzen (LÖSCH 2003). Laut MORGAN (1984) und TAIZ und ZEIGER (2000)

sind meist Kohlenhydrate (va. Zucker), Aminosäuren (va. Prolin), organische Säuren (va. Weinsäure, Äpfelsäure, Zitronensäure) und anorganische Ionen (va. Kalium) als Osmotika im Cytoplasma vorhanden.

Die Zusammensetzung von Weinbeeren und Beerensaft ist von großer Wichtigkeit für die Weinbereitung, wofür umfangreiche Analysen betrieben werden. Jedoch werden meist Sammelproben in größerem Umfang untersucht, die auf unterschiedliche Weise aufbereitet werden, aber es werden nur überraschend wenige Analysen durchgeführt, die sich auf die einzelne Beere beziehen. Es gibt gute Gründe mehr über die Verteilung von Inhaltsstoffen innerhalb der Beere zu erfahren (COOMBE 1987).

Ascorbat ist ein bedeutender antioxidativer Inhaltsstoff in allen lebenden Pflanzenzellen (SMIRNOFF 1996, 2000). In den Blättern kommt es in hohen Konzentrationen in den fotosynthetisch aktiven Zellen vor und schützt den Fotosyntheseapparat vor oxidativer Schädigung (FOYER et al. 1994). Auch in Früchten und anderen Pflanzenteilen ist Ascorbat eine wichtige Komponente des antioxidativen Abwehrsystems. Bei DAVEY et al. (2000) findet man eine umfangreiche Zusammenstellung über die Ascorbatgehalte in zahlreichen Früchten und Gemüsepflanzen. Bei der Weinrebe untersuchten CRUZ-RUS et al. (2010) beispielsweise das Ascorbat in den Beeren der Kulturrebe Palomino und MELINO et al. (2009) in den Beeren der Kulturreben Shiraz und Semillion. Ascorbat kann direkt oder in einer enzymatischen Reaktion, die von der Ascorbat-Peroxidase katalysiert wird, mit reaktiven Sauerstoffspezies, wie H_2O_2 (Wasserstoffperoxid) und verschiedenen Sauerstoffradikalen, reagieren und dadurch zu Dehydroascorbat oxidiert werden (NOCTOR und FOYER 1998). Reaktive Sauerstoffspezies entstehen regelmäßig als Nebenprodukt des normalen Stoffwechsels, wie z. B. in der Atmung und in der Fotosynthese. Verschiedene Stresseinwirkungen, insbesondere Trockenstress, hohe Temperaturen, UV-Strahlung und Ozon können zu einer vermehrten Bildung von reaktiven Sauerstoffspezies in den Pflanzen führen und in der Folge die antioxidativen Abwehrmechanismen verstärken (MITTLER 2002, NOCTOR et al. 2002, CRUZ DE CARVALHO 2008, IMPA et al. 2012). Auch Ascorbat nimmt unter Stress häufig zu. Dehydroascorbat, das durch Oxidation von Ascorbat entsteht, kann im Stoffwechsel rasch wieder in Ascorbat übergeführt werden (NOCTOR und FOYER 1998), sodass normalerweise Ascorbat gegenüber Dehydroascorbat überwiegt.

Die Funktion von Ascorbat in Pflanzen beschränkt sich aber nicht nur auf seine antioxidativen Eigenschaften. Untersuchungen an intensiv wachsenden Pflanzenteilen haben gezeigt, dass Ascorbat auch bei der Regulation des Streckungswachstums eine Rolle spielen dürfte (SMIRNOFF 1996, DAVEY et al. 2000). Es wird angenommen, dass Dehydroascorbat, das auch beim Abbau von Ascorbat durch die Ascorbat-Oxidase in der Zellwand entsteht, die Vernetzung von Strukturproteinen und Zellwandpolysacchariden reduzieren und dadurch die Dehnbarkeit der Zellwand beim Streckungswachstum erhöhen

könnte. Auch bei Früchten konnte festgestellt werden, dass die Aktivität der Ascorbat-Oxidase in der frühen Phase der Fruchtentwicklung am höchsten ist, wenn die Zellstreckung besonders rasch erfolgt (LIN und VARNER 1991, SANMARTIN et al. 2007, IOANNIDI et al. 2009).

In zahlreichen Publikationen werden Auswirkungen von Wassermangel der Weinrebe auf das Blattwasserpotential dokumentiert (DÜRING 1984, 1987, GRIMES und WILLIAMS 1990, PONI et al. 1993, RODRIGUES et al. 1993, SCHULTZ und MATTHEWS 1993, NAOR et al. 1994, NAOR und WAMPLE 1994, KNOLL 2008). Auch aus der Arbeit von BECK (1999) geht hervor, dass bei ungenügender Wassernachlieferung aus den Wurzeln das Blattwasserpotential absinkt, was für die Pflanze eine Stresssituation bedeutet. Die Rebe erhält Wasser durch Niederschlag und/oder durch Grundwasser (EIBACH und ALLEWELDT 1984). Wenn also die Belieferung unzureichend ist, ist es entweder notwendig zu bewässern oder die Auswirkungen von Wasserdefiziten zu akzeptieren. Abhängig von der Intensität des Wasserdefizites und dem Zeitraum, in dem es auftritt, kann das Wasserdefizit für die Traubenqualität und den zu produzierenden Wein förderlich sein oder nicht (ETCHEBARNE et al. 2009). Eine Möglichkeit zur Beurteilung des Wasserhaushaltes einer Pflanze ist die Bestimmung des Gesamtwasserpotentials. Eine besondere Bedeutung hat die Messung des Wasserpotentials von Pflanzen vor dem Sonnenaufgang (Predawn Water Potential), da sich das Wasserpotential der Pflanzen zu diesem Zeitpunkt meist im Gleichgewicht mit dem Wasserpotential des Bodens befindet, wodurch man durch eine einfache Messung Information über das Wasserpotential des Bodens erhält (RICHTER 1976). LANG und THORPE (1989), LEE et al. (1989), LEE (1990), LANG und DÜRING (1991), GREENSPAN et al. (1994) und SANTESTEBAN et al. (2011a) belegen aufgrund ihrer Ergebnisse einen Zusammenhang zwischen Blattwasserpotential, Fruchtvolumen und Reifegrad.

1.1 Ertragsregulierung

Nach dem Modell der französischen Appelation Controllée wurden in den Ländern der Europäischen Union für Qualitätsweine (allerdings mit sehr unterschiedlichen Grenzwerten und Organisationsformen), durch die Weingesetznovelle 1986 auch in Österreich für Land-, Qualitäts- und Prädikatsweine Höchstertragsgrenzen im Weinbau gesetzlich eingeführt. Ziel dieser Maßnahme ist, die Qualität zu erhöhen (zugrundliegende Theorie: Menge-/Gütegesetz von Justus von LIEBIG) und durch Verhinderung von Massenerträgen auch zur Marktregulierung beizutragen. Aus vielen Versuchen ist bekannt, dass eine Qualitätsminderung der Trauben bei steigendem Ertrag erst ab einer bestimmten, sehr variablen Ertragshöhe eintritt. Das Ausmaß der Qualitätsminderung bei überhöhten Flächenerträgen hängt wesentlich von der Sorte, dem Klon, dem Standort und dem

Jahrgang (Umweltbedingungen) ab. Im allgemeinen ist die Beziehung von Menge zu Güte bei Rotwein viel stärker ausgeprägt als bei Weißwein; ebenso in trockenen Gebieten und in Jahren mit geringem Niederschlag gegenüber solchen mit ausreichendem Niederschlag. Ertragshöhe und Qualität hängen aber auch stark von der Intensität der Bewirtschaftung ab (REDL et al. 1996).

Unbestreitbar lässt sich der Mengenertrag je Rebstock durch einen schwächeren Anschnitt senken. Die Sorte, der Klon, die Erziehung, die Schnitttechnik, der Standort und das Jahr (Witterung) bestimmen jedoch in wesentlich höherem Maße die Menge und Qualität als der Anschnitt einer bestimmten Augenzahl je m² (REDL et al. 1996).

WAHL et al. (1993) spricht von einer jahrzehntelangen Überbelastung der Weinreben durch Ertrag, die mit einer Bezahlung des Winzers nach Erntemenge zu erklären ist. Die Fruchtausdünnung wird auch im Obstbau seit Beginn der neunziger Jahre als notwendige Kulturmaßnahme angesehen (STADLER 1996) und ist mittlerweile eine international gängige und weitverbreitete Verfahrensweise. REDL (2007a) zeigt die Notwendigkeit von langlebigen Beständen und stabilen Erträgen auf sowie die Ertragsregulierung als Möglichkeit großen Ertragsschwankungen entgegenzuwirken.

In der Praxis wird zwischen Fruchtausdünnung in Jungrebenanlagen und Fruchtausdünnung in Ertragsanlagen unterschieden (REDL et al. 1996), wobei ersteres primär der Sicherung eines guten, kräftigen Stockaufbaues dient und die Ausdünnung in Ertragsanlagen das Ziel hat die Traubenertragsmenge zu reduzieren, die Trauben- und Weinqualität zu verbessern und die Lebens- und Nutzungsdauer der Stöcke zu verlängern. Aufgrund vieler Forschungsarbeiten geht hervor, dass das Ertragsniveau die Qualität der Trauben stark beeinflusst. Mit dem Anschnitt wird die potentielle Ertragsmenge vorbestimmt und dient somit der Grundmengenregulierung (PETGEN 2006a). Durch eine nachfolgende Trieb-, Gescheins-, Trauben- oder Teiltraubenreduzierung kann eine standort- und qualitätsspezifische Ertragsanpassung erfolgen (SCHWAB et al. 2004).

International existieren beispielsweise Arbeiten über Traubenausdünnungsversuche, die von PALLIOTTI und CARTECHNINI (2000) mit den Rotweinsorten Sangiovese, Merlot und Cabernet Sauvignon in Italien, RUBIO et al. (2004) mit Tempranillo in Spanien, KELLER et al. (2005) mit Cabernet Sauvignon in den USA (Washington), PETRIE und CLINGELEFFER (2006) mit Cabernet Sauvignon in Australien (South Australia und Victoria), TARDAGUILA et al. (2008) mit Tempranillo und Grenache in Spanien und INTRIGLIOLO und CASTEL (2011) mit Tempranillo in Spanien durchgeführt wurden. Bezüglich Ausdünnungsversuchen mit Weißweinsorten liegen international Arbeiten von FERREE et al. (2005) mit Chardonnay, Vidal Blanc und Seyval Blanc in den USA (Ohio) und KELLER et al. (2005) mit Chenin Blanc und Riesling in den USA (Washington) vor.

Im deutschen Sprachraum existieren Ausdünnungsversuche mit Rotwein-Rebsorten von BASLER (1980) mit Blauburgunder, SCHUHMANN (1988) mit Blauer Portugieser, FOX et al. (1991) mit Trollinger, WAHL et al. (1993) mit Blauer Burgunder, Domina und Blauer Portugieser, KIEFER und WEBER (1994) mit Blauer Burgunder, FOX und FRISCH (1995) mit Blaufränkisch, EGERER (2000) mit Blauer Portugieser und Zweigelt, GRASSL und REDL (2001) mit Zweigelt und Blauer Burgunder, SCHULTZ et al. (2003) mit Lemberger, PETGEN (2007) mit Blauer Portugieser und Dornfelder, MEHOFER et al. (2007, 2008) mit Cabernet Sauvignon, Blauer Burgunder und Zweigelt und von KÜHRER (2009a) mit Zweigelt und St. Laurent.

An Weißwein-Rebsorten wurden im deutschsprachigen Raum von BIRK und SCHÖFFLING (1966) mit Riesling und Müller-Thurgau, SCHÖFFLING und KAUSCH (1974) mit Riesling, WEISS (1983) mit Müller-Thurgau, SCHUHMANN (1988) mit Müller-Thurgau, WUNDERER und SCHMUCKENSCHLAGER (1990) mit Grüner Veltliner und Riesling, KROYER (1993) mit Welschriesling und Weißburgunder, WAHL et al. (1993) mit Müller-Thurgau, Riesling, Silvaner und Bacchus, KIEFER und WEBER (1994) mit Silvaner, Kerner und Riesling, FOX (1995) mit Kerner, EGERER (2000) mit Grüner Veltliner und Chardonnay, KÜHRER (2005) mit Grüner Veltliner, PETGEN (2006a, 2007) mit Weißer Burgunder, MEHOFER et al. (2007, 2008) mit Grüner Veltliner und SPANGL (2010) mit Grüner Veltliner, Ausdünnungsversuche durchgeführt.

Ertragsregulierung in Form von Traubenausdünnung wird in der Praxis entweder chemisch oder mechanisch (maschinell, manuell) durchgeführt (REDL et al. 1996). Ausdünnungsversuche zur maschinellen Ausdünnung (z. B. mittels Traubenvollernter) liegen von KÜHRER (2005, 2009a), PETRIE und CLINGELEFFER (2006), WALG (2006) und TARDAGUILA et al. (2008) vor. TARDAGUILA et al. (2008) und KÜHRER (2009a) sprechen von einer positiven Auswirkung bezüglich Betriebswirtschaftlichkeit und Schlagkraft und belegen einen besseren phytosanitären Zustand der maschinell ausgedünnten Trauben. In der Arbeit von PETRIE und CLINGELEFFER (2006) musste nach maschineller Ausdünnung mittels Vollernter zusätzlich händisch nachausgedünnt werden, um beschädigte Trauben beziehungsweise beschädigte Traubenteile zu entfernen.

Zu dem Themengebiet chemische Ausdünnung mit unterschiedlichen Präparaten (z. B. Gibberelline, Pflanzenschutzmittel, Wachstumsregulatoren) existieren Arbeiten von WEAVER und POOL (1973), LOONEY (1981), SCHWAB et al. (2004), FERREE et al. (2005), KÜHRER (2005), PETGEN (2006a, 2007), MEHOFER et al. (2008), KÜHRER (2009) und WALG (2009). FERREE et al. (2005) belegen in ihrer Arbeit Schäden durch chemische Ausdünnung an Beeren und Blättern. Aus den Untersuchungen von FERREE et al. (2005) und KÜHRER (2005) geht hervor, dass der Einsatz chemischer Substanzen zur Ausdünnung im Weinbau wenig Spielraum zwischen nicht ausdünnendem Effekt und Totalernteausfall

lässt. In Zeiten einer nachhaltigen, landwirtschaftlichen Produktion kann chemische Fruchtansatzregulierung deshalb keine Option mehr sein.

Ausdünnung in Form von manueller Triebentfernung wurde von SCHÖFFLING und KAUSCH (1974), KIEFER und WEBER (1994), MORRIS et al. (2004), SCHWAB et al. (2004) und PETGEN (2006a) untersucht. In jenen Arbeiten wird eine geringfügige Traubenqualitätssteigerung besonders beim Mostgewicht belegt. SCHÖFFLING und KAUSCH (1974) zeigen die Reduzierung des Befalles durch *Botrytis cinerea* aufgrund erhöhter Durchlüftung der Laubwand als Folge von entfernten Trieben auf. PETGEN (2006b) stellte für diese Art der Ertragsregulierung einen Arbeitszeitaufwand von lediglich 15-25 Akh/ha fest.

MORRIS et al. (2004), SCHWAB et al. (2004) und PETGEN (2006b) haben sich in ihren Arbeiten mit der Ausdünnung in Form von Gescheinsreduktion beschäftigt. Bei PETGEN (2006b) wird Gescheinsreduktion vor der Rebblüte als einfach durchzuführende Ausdünnung angeführt, bei der das Geschein mit Daumen und Zeigefinger vom Trieb abgetrennt werden kann und einen Arbeitsaufwand von nur 40-60 Akh/ha verursachen soll. Des weiteren weist PETGEN (2006b) jedoch auf das Risiko durch Verrieslung zum Zeitpunkt der Rebblüte hin, das zur vorhergehenden Gescheinsreduzierung noch nicht kalkuliert werden kann.

Ertragsregulierung in Form von Einzeltraubenausdünnung wurde in den Arbeiten von BIRK und SCHÖFFLING (1966), SCHÖFFLING und KAUSCH (1974), WEISS (1983), WUNDERER und SCHMUCKENSCHLAGER (1990), FOX et al. (1991), KROYER (1993), WAHL et al. (1993), KIEFER und WEBER (1994), EGERER (2000), PALLIOTTI und CARTECHINI (2000), GRASSL und REDL (2001), GRASSL et al. (2002), HAFNER (2003), SCHULTZ et al. (2003), SCHWAB et al. (2004), PETGEN (2006a), MEHOFER et al. (2008) und SPANGL (2010) untersucht und als qualitätsfördernde Ausdünnungsmaßnahme angeführt, wobei annähernd bei allen Arbeiten ein höheres Mostgewicht und ein niedrigerer Gehalt an titrierbarer Säure im Gegensatz zu unausgedünnten Reben angeführt wird. Ein zeitlicher Arbeitsaufwand für Einzeltraubenausdünnung wird von WAHL et al. (1993) bei der Rebsorte Blauer Burgunder von 75 Akh/ha und bei der Rebsorte Blauer Portugieser von 64 Akh/ha angegeben.

PRIOR (2006), REDL et al. (2007) und BECKER (2011) spricht das Problem der Einzeltraubenausdünnung in Bezug auf den phytosanitären Zustand bezüglich es Schadpilzes *Botrytis cinerea* an. PRIOR (2006) und BECKER (2011) zeigen auf, dass Einzeltraubenausdünnung oft eine Dichtbeerigkeit der Trauben fördert, da eine vermehrte Befallshäufigkeit an jenen Trauben dokumentiert wurde.

Zum Thema Traubenteilung existieren Ergebnissen in den Arbeiten von BIRK und SCHÖFFLING (1966), SCHÖFFLING und KAUSCH (1974), FOX und FRISCH (1995), HAFNER (2003), SCHULTZ et al. (2003), SCHWAB et al. (2004), KÜHRER (2005),

PETGEN (2006b), WALG (2006), PETGEN (2007), MEHOFER et al. (2008) und SPANGL (2010). Die Autoren sprechen durchwegs von einer Verbesserung der Traubenqualität, insbesondere wird ein höheres Mostgewicht, in weniger Fällen, eine geringere titrierbare Säure im Gegensatz zu unausgedünnten Reben aufgezeigt. KÜHRER (2005), WALG (2006), REDL et al. (2007) und SPANGL (2010) belegen in Ihren Ergebnissen von Trauben mit Traubenteilung besonders die Verminderung von essigstichigen Beeren und die geringere Befallshäufigkeit durch den Schadpilz *Botrytis cinerea*. HAFNER (2003) stellte bei der Durchführung der Traubenteilung mit Burgundersorten zwischen Rebblüte und Reifebeginn einen relativ hohen Arbeitszeitaufwand von 80 bis 100 Akh/ha fest.

Den Einfluss von Traubenausdünnung zu unterschiedlichen Zeitpunkten dokumentierten WEAVER und POOL (1973), WEISS (1983), JÖRGER und WOHLFAHRT (2002), FERREE et al. (2003), SCHWAB et al. (2004) und MEHOFER et al. (2007) in ihren Arbeiten. Aufgrund der Ergebnisse der oben angeführten Arbeiten scheint auch der Ausdünnungstermin einen wesentlichen Einfluss auf die endgültige Traubenqualität zu haben. Die Intensität der Auswirkung auf die Qualität des Lesegutes kann hierbei besonders von der jeweiligen Ausdünnungsmethodik abhängen, aber auch von Rebsorte zu Rebsorte unterschiedlich ausgeprägt sein.

KELLER et al. (2005) konnte im Gegensatz zu den angeführten Arbeiten fast keinen bis keinen Einfluss von Traubenausdünnung sowie Ausdünnungszeitpunkt auf Mostgewicht, titrierbare Säure, pH und Farbe feststellen. PALLIOTTI und CARTECHINI (2000) betonten besonders die Abhängigkeit der Auswirkung von Traubenausdünnung auf die Traubenqualität von jahrgangsbedingten Unterschieden.

Die Wirtschaftlichkeit der Ausdünnung bezüglich Arbeitskraftstunden und Kostenanalyse ist in den Ergebnissen von WAHL et al. (1993), HEIGEL (1995), HAFNER (2003), PETGEN (2006b) und WALG (2006) dokumentiert. Aus den Ergebnissen geht hervor, dass eine Ausdünnung nur dann sinnvoll sein kann, wenn qualitativ hochwertige Weine zu einem höheren Preis verkauft werden können um den Mehraufwand zu decken. Auch REDL (1987a) und LEONHARDT (1988) weisen darauf hin, dass die Ertragsregulierung eine realistische Abschätzung der Mehrerträge und des Qualitätszieles voraussetzt.

Wie bereits durch eine Vielzahl von Versuchen in der angeführten Literatur bewiesen wurde, kann durch die Traubenausdünnung in Ertragsanlagen eine Steigerung von Mostgewicht und Weinqualität, mit gleichzeitiger Ertragsminderung erreicht werden. Ein weiterer Vorteil der Ertragsregulierung beruht auf einer Entlastung der Rebstöcke (WEISS 1983), wodurch eine vorzeitige Schwächung vermieden und die Lebensdauer der Anlage erhöht wird. Ertragsregulierung nach Fruchtansatz kann dazu beitragen den Ertrag und die Beerenzusammensetzung zur Ernte zu regulieren (PETRIE und CLINGELEFFER 2006).

Die Rebsorte Zweigelt ist die wichtigste und sogleich meist ausgepflanzte Rotweinsorte in allen Weinbauregionen Österreichs (STATISTIK AUSTRIA 2009). Sowohl REDL et al. (1996), SCHWAB et al. (1998) als auch BASLER et al. (2002) heben die Verminderung der Qualität von Rotweinen der Rebsorte Zweigelt durch jahrelange, hohe Erträge hervor. Des weiteren könnten jedoch bei mittleren Erträgen gute bis sehr gute Rotweine produziert werden. COOMBE (1992) weist darauf hin, dass die moderne Kellertechnologie in der Lage zu sein scheint, einige Mängel des Lesegutes ausgleichen zu können, aber dennoch der Weinstock die Grundbasis für die Weinqualität darstellt.

2 Problemstellung

Gemäß VO (EWG) Nr. 823/87 ist in den EU-Mitgliedstaaten für Qualitätswein eines bestimmten Anbaugebietes ein Hektarhöchstertrag in Trauben-, Most- oder Weinmengen festzusetzen, der von den einzelnen Ländern bestimmt wird. In Österreich sieht das Weingesetz BGBl. I Nr. 111/2009 (Weingesetz 2009) vor, dass Weinbautreibende (Bewirtschafter von Weingartenflächen) nicht mehr Prädikats-, Qualitäts- oder Landwein je Ernte eines Jahrganges produzieren und in Verkehr bringen dürfen als die Hektarhöchstmenge von 9.000 kg Weintrauben oder 6.750 l Wein je Hektar im Rebflächenverzeichnis eingetragener und bepflanzter Weingartenfläche. Diese gesetzliche Vorgabe und die zunehmend höheren Qualitätsansprüche am globalisierten Markt stellen den Praktiker vor die Aufgabe, eine geeignete, wirtschaftlich vertretbare Methode zu finden, den Ertrag auf seiner Rebfläche entsprechend zu steuern. Um die Ertragsmenge zu regulieren sind in der Literatur verschiedene Methoden angeführt, die unter anderem vom Rebschnitt, der Triebentfernung über chemische Regulation sowie die Entnahme von Trauben reichen. Laut KELLER et al. (2005) und PETRIE und CLINGELEFFER (2006) ist die Traubenausdünnung (Synonym Fruchtansatzregulierung) international eine der am häufigsten in der Praxis angewandte Methode, da entsprechend der jahrgangsspezifischen Situation in der weinbaulichen Kulturführung reagiert werden kann, um die Erhaltung der pflanzlichen Reservestoffe für eine vitale, langlebige Dauerkultur zur nachhaltigen Traubenproduktion sicherzustellen.

In Österreich ist die Traubenausdünnung eine mittlerweile weit verbreitete Kulturmaßnahme zur jahresspezifischen Feinabstimmung, da sie noch zu einem Zeitpunkt möglich ist, an dem das Ertragspotential bereits grob abgeschätzt werden kann. Zur Thematik der Traubenausdünnung sind international, aber auch in Österreich (z. B.: KROYER 1993, EGERER 2000, GRASSL und REDL 2001), zahlreiche Versuche durchgeführt worden. Diese dokumentieren mehrheitlich einjährige Versuche, die der mehrjährigen Kulturpflanze Rebe nur beschränkte Aussagekraft bieten. Der Verlauf der Beerenentwicklung, des Beerenwachstums und der Beerenreife ist in seiner Abhängigkeit von der Traubenausdünnung bislang noch kaum erforscht.

Dieser Umstand erschien als Anlass, im rotweindominierten Bundesland Burgenland mit der in Österreich meist ausgepflanzten Rotweinsorte Zweigelt (STATISTIK AUSTRIA 2009), die für hohe und regelmäßige Erträge bekannt ist, auf einem Standort mit sandigem, gering wasserspeicherfähigem Boden einen zweijährigen Versuch anzustellen, bei dem physiologische Parameter (Gaswechselleistung, osmotisches Potential, Ascorbat, Nährstoffhaushalt), Wasserhaushalt und Qualitätsparameter im Verlauf der Beerenentwicklung ab der Rebblüte erforscht werden. Die Versuchsvarianten

Traubenteilung, Einzeltraubenausdünnung und eine unausgedünnte Kontrollvariante wurden einerseits aufgrund der Tatsache hergestellt, da diese in Ertragsanlagen üblich sind, andererseits auch aus dem wissenschaftlichen Aspekt, 3 möglichst unterschiedliche Belastungen des Rebtriebes und in weiterer Folge des Rebstockes durch einen extremen Eingriff auf Fruchtbehang und Traubengröße zu bewirken.

Es galt zum einen Daten über die Verteilung von Assimilationsprodukten und Nährstoffen in der Rebe hinsichtlich source:sink Dynamik zu gewinnen zum anderen Hinweise für Stress oder Ressourcenknappheit in der Pflanze zu erhalten. Von KNOLL (2008) und KNOLL und REDL (2012) liegen mehrjährige Ergebnisse von Wasserpotential- und Gaswechselmessungen an der Rebsorte Zweigelt an mehreren Standorten im pannonischen Klimaraum, zu bestimmten Zeitpunkten innerhalb der Vegetationsperiode vor. Um eine mögliche Stressreaktion aufgrund von Ertragsbelastung zu überprüfen wurden Gaswechselmessungen an Blättern sowie Bestimmung des osmotischen Potentials und Nährstoffanalysen verschiedener Pflanzenteile durchgeführt. Das Ascorbat wird als bedeutender, antioxidativer Inhaltsstoff in der Weinbeere angegeben (CRUZ-RUS et al. 2010, MELINO et al. 2009). Somit wurden die Gehalte an Ascorbat und Dehydroascorbat als repräsentative Parameter für oxidative Vorgänge in der heranreifenden Weinbeere untersucht. Um Erklärungen für mögliche Zusammenhänge zwischen den durchgeführten Wasserhaushaltsmessungen und physiologischen Untersuchungen zu erhalten, wurden wöchentlich Beerenreifeparameter kurz nach Fruchtansatz bis zum Lesezeitpunkt bestimmt. Die Untersuchungen wurden in den Jahren 2010 und 2011 in einer bestehenden Ertragsanlage eines Winzers im Weinbaugebiet Neusiedlersee-Hügelland durchgeführt. Ziel dieser Arbeit war es, auf gleichem Standort, unter gleicher Bewirtschaftung, den Einfluss von 2 in der Praxis angewandten Ausdünnungsverfahren auf physiologische Parameter, auf den Wasserhaushalt sowie auf Ertrags- und Qualitätsparameter der Rebsorte Zweigelt zu erforschen, um grundlagenwissenschaftliche Daten als Entscheidungs- und Optimierungshilfe für weinbauliche Kulturmaßnahmen zur Verfügung zu stellen.

N
Pöttelsdorf
© 2012 Google
Google earth

3.1.1 Geologische und bodenkundliche Situation

Nach PALATA (1971) wird das Mattersburger Becken (Teilbecken des Eisenstädter-Soproner Beckens) im Westen und Süden von kristallinem Bergland (kristallines Grundgebirge der Rosalia und des Brennberges) umrandet. Es stellt (zusammen mit den Brennberger Blockschottern und den Auwaldschottern) das älteste Ausgangsmaterial des Raumes für die Bodenbildung dar. Im Becken selbst und am Gebirgsrand von Rosalia und Brennberg sind jedoch Bodenbildungen des Tertiärs erhalten. Die Böden auf Teritärsanden sind naturgemäß leichter, besitzen eine geringe wasserhaltende Kraft und sind daher trocken, manche Flächen sogar sehr trocken. Nur ein kleiner Teil davon ist kalkig, der Großteil kalkfrei, weist eine bindige Bodenart auf und ist hochwertiges Ackerland.

Die geologische Landschaft des Mattersburger Beckens zeigt infolge der Vielfalt an Substraten eine sehr vielfältige Bodendecke. Von den tertiären Ablagerungen, die die ältesten des Beckens darstellen, sind die Tegel und die Sande eindeutig von den übrigen abzutrennen. Im Gemeindegebiet Pöttelsdorf liegen als Ausgangsmaterial Sedimente des Pannoniums und des Samartiums vor (PALATA 1971).

Als Ausgangsmaterial der Bodenbildung auf der Versuchsfläche liegen lt. SCHÖNLAUB (2000) und EBOD (2013) tertiäre Sande mit Anteilen an Schotter und Kalk vor. Als Bodentyp ist auf der Versuchsfläche lt. EBOD (2013) ein sandiger Lockersediment-Rohboden auf Tertiärsedimenten vorhanden, die Wasserverhältnisse werden als trocken bis sehr trocken eingestuft.

3.1.2 Klima und Witterung

Der Bezirk Mattersburg liegt im Bereich des pannonischen Kontinentalklimas, welches sich laut CEHAK (1981) durch kalte, schneearme Winter und heiße, trockene Sommer auszeichnet. Zur Standortcharakterisierung dienen die langjährigen Monatsmittel von Temperatur und Niederschlag der naheliegenden (12 km Entfernung) ZAMG-Station Eisenstadt (Tabelle 1).

Die für den Untersuchungszeitraum relevanten Wetterdaten in Form von Temperatur und Niederschlagsmenge wurden direkt auf der Versuchsfläche durch eine A753-GPRS-Wetterstation (Firma Adcon) erfasst, die im Rahmen des Projektes „Wein-Terroir-Burgenland“ (http://terroir.boku.ac.at) direkt in einer Rebzeile positioniert war. In Verbindung mit dieser Station konnte auch der relative Bodenwassergehalt via Wassergehaltssensoren (C-probes) aufgezeichnet werden, welche direkt in der Rebzeile vergraben waren, und aus den 3 unterschiedlichen Bodentiefen 10, 30 und 50 cm Daten lieferten. Im 2. Versuchsjahr wurde zur Kontrolle auch die Bodenfeuchtigkeit in Gewichtsprozent zu 2 Zeitpunkten

(25.04.11 bzw. 16.09.11) in der Rebzeile aus den Tiefen von 0-30 und 30-60 cm mit der in FRANZ (1974) angeführten Formel (Frischegewicht-Trockengewicht) / Trockengewicht x 100) bestimmt. Hierfür wurden pro Termin 8 Einstiche mit dem Bodenbohrer getätigt und sofort das Frischegewicht bestimmt. In weiterer Folge wurden die Proben im Labor, im Trockenofen bei 90°C getrocknet und letztendlich das Trockengewicht bestimmt.

Tabelle 1: Abweichung der Monatsdurchschnittstemperatur an der Station Pöttelsdorf der Jahre 2010 und 2011 vom langjährigen Mittel an der ZAMG-Station Eisenstadt (1971-2000) und Monatsniederschläge (Station Pöttelsdorf 2010 bzw. 2011) gegenüber dem langjährigem Mittel an der ZAMG-Station Eisenstadt (1971-2000)

	Monat	**langj. Mittel**	**Temp.-Abweichung Versuchsfläche 2010**	**Temp.-Abweichung Versuchsfläche 2011**
Temperatur (°C)	Januar	-0,4		0,4
	Februar	1,3		-1,2
	März	5,5		1,0
	April	9,9	0,8	3,3
	Mai	15,1	-0,8	0,9
	Juni	18,1	0,9	1,5
	Juli	20,2	0,5	-0,7
	August	19,8	-0,3	1,3
	September	15,3	-0,9	3,0
	Oktober	9,8	-1,6	0,3
	November	4,3	2,8	-1,3
	Dezember	1,1	-4,3	2,1
	Monat	**langj. Mittel**	**Versuchsfläche 2010**	**Versuchsfläche 2011**
Niederschlag (mm)	Januar	34		19
	Februar	30		5
	März	45		27
	April	52	72	34
	Mai	63	94	57
	Juni	71	122	97
	Juli	67	76	61
	August	60	224	97
	September	60	151	54
	Oktober	44	44	70
	November	54	44	1
	Dezember	41	48	13

3.2 Versuchsfläche

3.2.1 Charakteristik der Versuchspflanze

Die untersuchte Rebsorte Zweigelt wird abstammungsmäßig, züchterisch, ampelographisch und weinbaulich in Tabelle 2, die Unterlagsrebe Fercal in Tabelle 3 charakterisiert.

Tabelle 2: Charakteristik der Rotwein-Rebsorte Zweigelt lt. MÜLLNER (1975) und ÖSTERREICHISCHES REBSORTENVERZEICHNIS (2012)

Eigenschaft/Merkmal	Beschreibung	
Synonyme	Rotburger, Zweigeltrebe	
Herkunft	Züchtung des Lehr- und Forschungszentrum für Wein- und Obstbau, Klosterneuburg; Prof. Dr. Fritz Zweigelt 1922	
Abstammung	*Vitis vinifera*, Kreuzung St. Laurent x Blaufränkisch	
Verbreitung in Österreich	ca. 6.500 ha, wichtigste Rotweinsorte für alle Weinbauregionen	
Ampelographische Merkmale	***Ausgewachsenes Blatt:*** Kreisförmig bis fünfeckig mit 3 bis 5 Lappen und ebenem Profil; Stielansatz rot Spreite schwach gewaffelt und mittelstark blasig, Blattzähne gerade bis rund gewölbt, Stielbucht wenig offen mit U-förmiger Basis und häufig von Nerven begrenzt, Zähne in der Stielbucht und in den Seitenbucht fehlen, Blattunterseite schwach behaart, mittelstarke Beborstung der Hauptnerven ***Traubenstiel:*** mittellang (5-7 cm) ***Traube:*** mittel bis groß (14-18 cm lang), dicht, Grundtraube zylindrisch mit ein bis drei Flügeln, Beitraube mittelgroß ***Beere:*** rundlich (l = 14-20 mm, b = 14-20 mm), Einzelbeerengewicht gering (~ 2 g), Haut blau bis schwarz und Fruchtfleisch ungefärbt, Geschmack neutral, Samen vollständig ausgebildet	
Phänologie	Austrieb Blütezeit Reifezeit Winterfrost-Resistenz Frühjahrsfrost-Regeneration Plasmopara-Toleranz Oidium-Toleranz Botrytis-Toleranz Platzneigung der Beeren	früh früh bis mittel mittel sehr gut sehr schwach mittel schwach mittel mittel bis stark
Eigenschaften	Geringe Bodenansprüche, starkes Wachstum und hohe Fruchtbarkeit erfordern intensive Laubarbeit und Ausdünnung der Trauben; bei Überlastung oder schlechter Mineralstoffversorgung Kaliumprobleme und Traubenwelke; anfällig auf Stolbur-Phytoplasmose	
Züchterische Bearbeitung	Zahlreiche heimische Züchtungen verfügbar z.B. A 2-1, A 2-2, A 2-3, A 2-4, A 2-5, A 2-6, B 3/4, B 3/5, B 4/8 und GU 3, GU 4, GU 5, GU 6, GU 7, GU 8, GU 9	

Tabelle 3: Charakteristik der Unterlagsrebe Fercal modifiziert nach REDL et al. (1996) und LAUCOU et al. (2008)

Eigenschaft/Merkmal	Beschreibung
Herkunft	Züchtung INRA Bordeaux, 1978
Abstammung	BC 1B (*Vitis berlandieri* x *Ugni blanc*) x 31 Richter (*Vitis berlandieri* x [*Vitis riparia* x *Vitis rupestris* x *Vitis candicans*]), LAUCOU et al. (2008)
Ampelographische Merkmale	***Triebspitze:*** weißwollig behaart; Blattunterseite rötlich gefärbt; Ranken rot ***Trieb:*** lang bei mittlerem Durchmesser, kantig, wollig behaart, an der Sonnenseite vollkommen rot; grüne Knoten Blatt ausgewachsen: glänzend, blasig, gewellt, an der Unterseite stark wollig behaart, Stielbucht U-förmig, behaarte Nerven, mittlere Zahnung ***Wuchs:*** mittel stark, mit vielen Geiztrieben ***Blüte:*** weiblich ***Einjähriges Holz:*** runder Querschnitt, kastanienbraun, Oberfläche kantig und gerieft ***Wurzel:*** sehr gute und schnelle Bewurzelung,
Eigenschaften	***Reblausresistenz:*** sehr gut ***Nematodenresistenz:*** besser als 41 B ***Edelreisaffinität:*** Ertragsaffinität zu allen Sorten sehr gut, Wüchsigkeit sehr stark ***Bodenansprüche:*** Verträgt extrem hohen Kalkgehalt 65 % (Aktivkalkgehalt bis 30 %). Hohe Resistenz gegen Kalkchlorose. Kann in Böden mit einem Chloroseindex (IPC) von 120 gepflanzt werden, wobei Frühjahrsfeuchtigkeit und hohe Temperaturen toleriert werden
Züchterische Bearbeitung	z. B. Klon 242, K-25

Die weinbaulichen Charakteristika der Versuchsanlage sind in Tabelle 4 zu sehen. Der Weingarten, in dem die Untersuchungen durchgeführt wurden, ist im Besitz eines Pöttelsdorfer Weinbaubetriebes (KURZ 2012), der seine Rebflächen nach integrierten Richtlinien (ÖPUL) bewirtschaftet. Die Rebzeilen verlaufen in Hanglage des Marzer Kogels talwärts.

Tabelle 4: Weinbauliche Charakteristik der Versuchsfläche Pieläcker, Bodentyp und Wasserverhältnisse EBOD (2013)

Ried	**Pieläcker**
Flächengröße	0,4 ha
Geologie	Tertiäres Becken
Bodentyp	Sandiger Lockersediment-Rohboden auf Tertiärsedimenten
Wasserverhältnisse	Wechselfeucht mit Überwiegen der trockenen Phase
Sorte	Zweigelt
Unterlage	Fercal
Pflanzjahr	2004
Lage	Nordexponierte Hanglage
Ausrichtung der Rebzeilen	Nordwestlich in Falllinie
Anlageform	Weitraumanlage
Reihenabstand	2,80 m
Stockabstand in der Reihe	1,20 m
Standraum pro Stock	3,36 m²
Erziehungsform	Mittelhohe Kopferziehung
Stammhöhe	80 cm
Rebschnitt	Ein Halbbogen mit 10 Augen, plus1 Ersatzzapfen mit 2 Augen pro Stock, Anschnittstärke somit 3,6 Augen/m²
Bodenpflege in Rebgasse	Natürliche Dauerbegrünung, 2010 und 2011 je 3 Mal pro Vegetationsperiode gemulcht
Bodenpflege in Rebreihe	Mechanisch-händische Unkrautregulation mit Motorsense
Laubwand	Schlank, alle Triebe eingestrickt, 1,20 m hoch

3.2.2 Weinbauliche Kulturmaßnahmen in der Versuchsfläche

Rebschnitt: Der Rebschnitt wurde in beiden Versuchsjahren jeweils Mitte Februar während der Winterruhe der Weinreben durchgeführt. Ein Fruchtbogen mit durchschnittlich 10 Augen und ein Ersatzzapfen mit maximal 2 Augen wurden je Stock belassen. Bei insgesamt 12 Augen/Stock erfolgte somit ein schwacher Anschnitt von rund 3,6 Augen/m² . Das anfallende Schnittgut verblieb in der Fahrgasse und wurde in weiterer Folge beim ersten Mulchgang gehäckselt.

Laubarbeit: Ende Mai 2010 und 2011 erfolgte das Ausbrechen der Doppeltriebe. Die Triebanzahl pro Fruchtbogen wurde auf maximal 8 Triebe pro Fruchtbogen und die Triebanzahl pro Zapfen auf maximal 2 Triebe reguliert. Die Entfernung der Wasserschosse von Kopf und Rebstamm fand im Zuge des ersten Einstrickens (Mitte Mai) statt, wobei der unterste Heftdraht, der mittels Heftdrahtfeder von den Säulen abgespreizt war, wieder direkt an den Säulen fixiert wurde. Ungefähr eine Woche nach Rebblüte wurde erstmals maschinell gegipfelt, in der Folge noch 3 Mal, stets auf eine Höhe von 1,20 m reguliert. Eine Entblätterung der Traubenzone erfolgte nicht, sehr wohl aber eine Entfernung der Geiztriebe im Bereich der ersten bis zur 5. Blattinsertion Ende Juni.

Bodenpflege: Die, mit Gras dominierender Dauerbegrünung, bewachsenen Fahrgassen, wurden jährlich 3 Mal mit einem Schlegelmulcher reguliert. Die Unkrautregulierung im Unterstock erfolgte von Hand mittels Motorsense jeweils kurz nachdem die Begrünung in den Fahrgassen gemulcht wurde.

Düngung: Auf der Versuchsfläche wurde in den letzten 40 Jahren kein Handelsdünger ausgebracht, sehr wohl aber die Ernterückstände in Form von Trester (KURZ 2012).

Pflanzenschutz: Alle Behandlungen wurden laut den aktuellen Richtlinien für die integrierte Produktion (ÖPUL) durchgeführt. In den beiden Versuchsjahren wurden jeweils 8 Pflanzenschutzmittelanwendungen (inkl. Austriebsbehandlung) getätigt. Die Applikation erfolgte mit einem Traktoraufsattelsprüher mit Axialgebläse (Marke Jessur).

Über die Nährstoffversorgung des Bodens der Versuchsfläche informiert ein Ergebnis aus dem Jahr 2010 (Tabelle 5). Wie daraus erkennbar ist, hatte der humusarme, kalkreiche Boden mit mittlerem Tongehalt mindestens eine ausreichende Versorgung von P, K und Mg im Ober- und Unterboden.

Tabelle 5: Ergebnis der Bodenuntersuchung (bei der AGES Wien) der Versuchsfläche (Beprobung April 2010)

	Bodenhorizont			
	0-30 cm		**30-60 cm**	
pH ($CaCl_2$)	7,38		7,80	
$CaCO_3$%	28,0		32,1	
Kalkaktivität	4,6		4,8	
Ton %	10		14	
Humus %	1,4		0,6	
Phosphor (CAL)mg/1000 g	160	D (hoch)	57	C (ausreichend)
Kalium (CAL)mg/1000 g	148	C (ausreichend)	103	C (ausreichend)
Magnesium ($CaCl_2$)mg/1000 g	66	C (ausreichend)	67	C (ausreichend)
% KAK cmolc/kg	10,79		9,21	
Ca % KAK	89,99		90,23	
Mg % KAK	5,7		6,4	
K % KAK	4,2		3,3	

3.3 Anlage des Versuchs

Die Fruchtansatzregulierung wurde im Entwicklungsstadium BBCH 73, 14 bzw. 15 Tage nach Blüte (03.07.10 bzw. 24.06.11), händisch in Form der Versuchsvarianten Traubenteilung und Einzeltraubenausdünnung durchgeführt (Tabelle 6). Als Vergleich verblieb eine unausgedünnte Kontrollvariante.

Bei der Kontrolle war es in einigen Fällen notwendig, den nativen Besatz von 3 Trauben pro Trieb auf 2 Fruchtorgane zu reduzieren. Bei der Variante Traubenteilung wurden 2 Trauben am Trieb belassen, wobei jeweils die distale Traubenhälfte vertikal abgeschnitten wurde, so dass ungefähr nur mehr die Hälfte der Beerenanzahl (ursprünglich ca. 300-400 Beeren/Traube) verblieb. Bei der Einzeltraubenausdünnung reduzierte man auf die basale Traube am Trieb und alle davon apikal inserierten Trauben wurden entfernt.

Jede Variante wurde in einer blockweisen Versuchsanordnung (Abbildung 2) zu je 3 Wiederholungen angelegt (35 Rebstöcke pro Wiederholungsblock, somit 105 Rebstöcke pro Variante). Die Versuchsanordnung blieb in beiden Jahren in dieser Weise bestehen.

Tabelle 6: Versuchsvarianten mit den in der vorliegenden Arbeit nachfolgend verwendeten Abkürzen

Ausdünnungsvariante	Abkürzung	Anmerkungen
Unausgedünnte Kontrolle	UA	2 Trauben/Trieb, entsprechend dem nativen Fruchtbehang, in Einzelfällen Entfernung der 3. apikal inserierten Traube am Trieb
Traubenteilung	TT	2 Trauben/Trieb, Entfernung der distalen Traubenhälfte
Einzeltraubenausdünnung	ETA	1 Traube/Trieb, Entfernung aller apikalerenTrauben

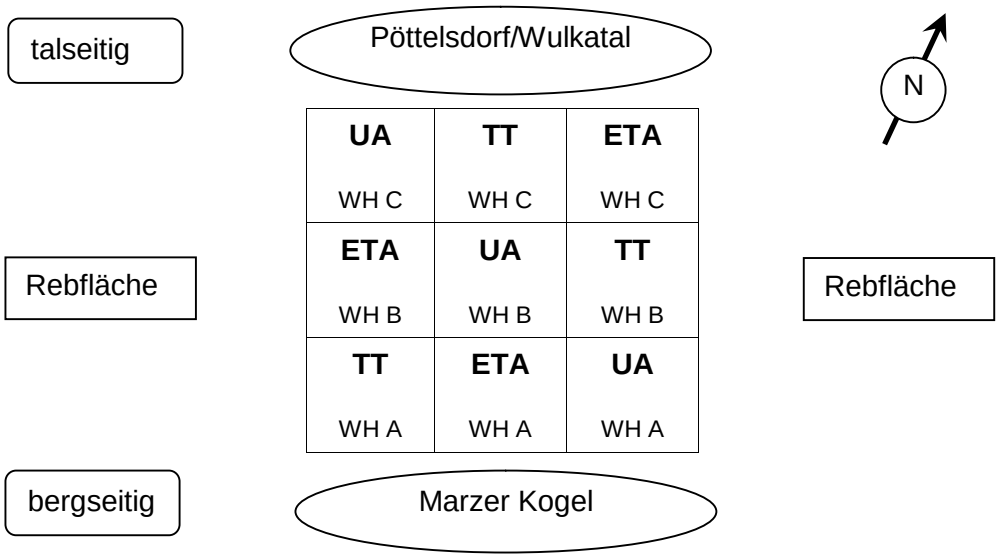


Abbildung 2: Schematischer Anlageplan der Versuchsvarianten

3.4 Untersuchungen im Freiland

3.4.1 Rebenphänologie und vegetative Leistung der Reben

Der phänologische Entwicklungsfortschritt wurde laut BBCH-Code (LORENZ et al. 1994) ab Vegetationsbeginn wöchentlich visuell erfasst. Die Bestimmung der Trieblänge sowie der jeweiligen Blattanzahl pro Trieb erfolgte vor der Rebblüte in den Entwicklungsstadien BBCH 13 (27.04.10 bzw. 21.04.11), BBCH 53 (13.05.10 bzw. 10.05.11) und BBCH 60 (07.06.10 bzw. 27.05.11). Hierfür wurden pro künftiger Ausdünnungsvariante 10 Triebe von repräsentativen Rebstöcke ausgewählt.

3.4.2 Messverfahren zu Physiologie und Wasserhaushalt der Rebe im Freiland

Die zum Thema Messverfahren von Physiologie und Wasserhaushalt der Rebe im Freiland verwendeten Geräte sind in Tabelle 7 angeführt.

Tabelle 7: Pflanzenorgane der Rebe, Untersuchungsparameter und Messgeräte für die Freilanduntersuchungen zu Physiologie und Wasserhaushalt

Pflanzen-organ	Untersuchung	Messgerät	Bezeichnung/Hersteller
Trieb	**Trieblänge**	Maßband	Mannesmann
Blatt	**Wasserpotential**	Scholander Bombe	Soilmoisture Equipment Corp., Santa Barbara, USA
	Parameter	Abkürzung	Messeinheit
	Predawn Water Potential	PWP	MPa
	Gaswechselleistung	Photosynthesis System	LCpro Photosynthesis System/ ADC Hoddesdon
	Parameter	Abkürzung	Messeinheit
	Nettofotosyntheserate	A	µmol $CO_2.m^{-2}.s^{-1}$
	Stomatäre Leitfähigkeit für Wasser	gs	mol $H_2O.m^{-2}.s^{-1}$
	Transpirationsrate	E	mmol $H_2O.m^{-2}.s^{-1}$
	Water Use Efficiency	WUE	A (µmol $CO_2.m^{-2}.s^{-1}$)/ E (mmol $H_2O.m^{-2}.s^{-1}$)

3.4.2.1 Wasserpotentialmessung

Die Bestimmung des Predawn Water Potential erfolgte mit einer Druckkammer in Verbindung mit einer analogen Druckanzeige (Soilmoisture Equipment Corp., Santa Barbara, USA) der Abteilung Pflanzenschutz, BOKU Wien. Die Messungen begannen in beiden Versuchsjahren 17 Tage nach der Blüte (05.07.10 bzw. 27.06.11) und endeten in der Woche des Lesetermines (02.10.10 bzw. 13.09.11). Gemessen wurde das Predawn Water Potential wöchentlich, kurz vor Sonnenaufgang, an 3 Blättern pro Variante (ein Blatt je Parzellenwiederholung – vom selben Rebstock, von dem für die wöchentlichen Untersuchungen Trauben entnommen wurden), die in der Traubenzone lokalisiert waren

(gegenüber der proximal inserierten Traube), von stammnächsten Trieben am Fruchtbogen, nach der Methodik von SCHOLANDER et al. (1965). Die Blätter wurden mittels Rasierklinge an der Basis des Blattstieles vom Trieb abgeschnitten, sofort in ein Plastiksäckchen (Fassungsvermögen 1 l) eingehüllt und unmittelbar danach in die Druckkammer transferiert.

Laut RICHTER (1976) stellt man in der Botanik mit dem Begriff „Wasserpotential“ die Verfügbarkeit von Wasser für Pflanzen dar. In diesem Zusammenhang ist ein Potential die Arbeit, die geleistet werden muss, um eine Einheitsmenge Wasser aus einem System in ein Referenzsystem zu transportieren.

3.4.2.2 Gaswechselmessung

Zur Bestimmung der Gaswechselleistung von Rebblättern wurde im Jahr 2011 ein LCpro Photosynthesis System (ADC, Hoddesdon, York) der Abteilung Pflanzenschutz, BOKU Wien, verwendet. Das Gerät bietet eine Blattkammer (Fläche = 6,25 cm²) sowie Kontrollen zur Steuerung des Mikroklimas innerhalb der Blattkammer. Alle Messungen wurden im Freiland durchgeführt und erfolgten aufgrund von Vorversuchen immer mit Lichtaufsatz, um innerhalb der Blattkammer stets eine standardisierte Lichtintensität von 1000 µmol Photonen $m^{-2}.s^{-1}$ sicherzustellen. Die Luftzufuhr erfolgte über die Außenluft in unmittelbarer Umgebung und der Luftstrom in der Kammer betrug konstant 250 $\mu mol.s^{-1}$. Weiters wurde der Grenzschichtwiderstand für Wasserdampf in der Blattkammer auf (rb) = 0,17 $m^2.s^{-1}$.mol und H-Faktor = 0,168 eingestellt.

Nach SMITH und SMITH (2009) wurde die Nettofotosnytheserate (auch Nettokohlendioxidaufnahme) als Differenz zwischen Fotosyntheserate und Atmungsrate definiert. Von den gemessenen Parametern Nettofotosyntheserate (A) und Transpirationsrate (E) ließ sich der Parameter „Water Use Efficiency“ (WUE) nach LARCHER (1994) berechnen:
WUE = A (µmol $CO_2.m^{-2}.s^{-1}$) / E (mmol $H_2O.m^{-2}.s^{-1}$)

Die Bestimmung der aktuellen Gaswechselleistung im Freiland erfolgte derart: Es wurde ein Blatt in die Blattkammer eingespannt und gewartet, bis sich die H_2O- und CO_2- Werte stabilisiert hatten. Von Vorversuchen war bekannt, dass sich ein stabiler Wert nach ungefähr einer Minute einstellte. Nach manueller Auslösung erfolgte die Aufzeichnung der Daten elektronisch durch das Gerät auf ein Speichermedium.

Gemessen wurde die Gaswechselleistung, im Versuchsjahr 2011, in Abhängigkeit von der Ausdünnungsvariante, in 2 Laubwandbereichen, zum einen von Blättern der Basis- und

Traubenzone (alle Blätter von 1.-6. Nodium am Trieb, teilweise sonnenexponiert) sowie zum anderen von sonnenexponierten Blättern der Laubwandmitte am Haupttrieb (Blattinsertionshöhe 8. Nodium).

Die Messungen der Gaswechselleistung von Blättern der Traubenzone erfolgten an 3 markierten Rebstöcken pro vorjähriger bzw. künftiger Ausdünnungsvariante (ein Stock pro Versuchsvarianten-Wiederholungsblock) des kopfnächsten (proximalen) und des am weitesten vom Stamm entfernten (distalen) Triebes am Fruchtbogen zu folgenden 4 Zeitpunkten: 31.05.11 (BBCH 63, 24 Tage vor Ausdünnung), 03.07.11 (BBCH 75, 9 Tage nach Ausdünnung), 28.07.11 (BBCH 81, 34 Tage nach Ausdünnung) und 12.08.11 (BBCH 85, 49 Tage nach Ausdünnung).

Die Messungen an Blättern der Laubwandmitte (8. Nodium) erfolgten an 10 repräsentativen, zufällig ausgewählten Rebstöcken pro Variante (ein Trieb pro Rebstock, 1 Blatt pro Trieb) zu 3 Zeitpunkten nach erfolgter Ausdünnung am 03.07.11 (BBCH 75, 9 Tage nach Ausdünnung), 28.07.11 (BBCH 81, 34 Tage nach Ausdünnung) und 12.08.11 (BBCH 85, 49 Tage nach Ausdünnung, 31 Tage vor Lese).

Zum Zeitpunkt der Lese (13.09.11) wurden von 3 Trieben pro Variante (1 Rebstock pro Versuchsvarianten-Wiederholungsblock) an allen Blättern die Gaswechselleistung vor Ort gemessen und in weiterer Folge im Labor die Blattfläche und Blattfarbe sowie von den Trauben der beprobten Triebe das Gewicht und Qualität bestimmt.

3.4.2.3 Rebblatt-Nährstoffanalysen

Die Untersuchung der Blätter (Blattspreite und Blattstiele getrennt) auf ihren Nährstoffgehalt erfolgte in beiden Versuchsjahren zu Rebblüte und Reifebeginn. Da zum Zeitpunkt der Rebblüte noch keine Ausdünnungsvarianten auf der Versuchsfläche angelegt waren, wurden von zufällig ausgewählten, repräsentativen Rebstöcken jeweils 25 Blätter aus der Traubenzone (3. Nodium), der Laubwandmitte (8.Nodium) und vom Triebende (3. Blatt unter Triebspitze) entnommen. Zu Reifebeginn erfolgten die Blattproben variantenspezifisch ebenfalls aus der gleichen Insertionshöhe der Traubenzone und Laubwandmitte sowie von der apikalsten Stelle am Haupttrieb (letztes Blatt unterhalb der Rückschnittstelle, i.d. Regel 15. Nodium, einkürzungsbedingt in Abänderung zur Rebblüte).

Die Blattstiele wurden von den Blattspreiten sofort abgetrennt, separat in Plastiksäcke verpackt und zur Analyse an die Fa. Yara (Pocklington, York) versandt. Die Bewertung der Nährstoffkonzentration bzw. -versorgung in der Blattspreite erfolgte anhand der von BERGMANN (1993) und VANEK (1995) veröffentlichten Optimalwerte. Für den Blattstiel bezog man sich auf die von SCHREINER und SKINKIS (2007) publizierten Werte (Tabelle 8).

Tabelle 8: Ausreichende Mineralstoffgehalte für Blätter in der Traubenzone (in % TM), nach BERGMANN (1993), VANEK (1995) sowie SCHREINER und SKINKIS (2007)

		Blattspreite		Blattstiel
Mineralstoff	**Entwicklungs-Stadium**	**BERGMANN**	**VANEK**	**SCHREINER SKINKIS**
N	Blüte	2,30 - 2,80	2,76 - 3,30	
	Reifebeginn		1,76 - 2,10	> 0,50
P	Blüte	0,25 - 0,45	0,24 - 0,30	> 0,20
	Reifebeginn		0,16 - 0,23	> 0,10
K	Blüte	1,20 - 1,60	1,21 - 1,40	1,00 - 3,25
	Reifebeginn		1,00	> 0,50
Mg	Blüte	0,25 - 0,60	0,25 - 0,30	
	Reifebeginn		0,30 - 0,40	
K/Mg	Blüte	≤ 6		
	Durchschnitt		3 – 7	
Ca	Blüte	1,50 - 2,50		
	Durchschnitt		2,00 - 3,00	

3.5 Untersuchungen im Labor

Die für die Untersuchungen in den Labors der BOKU Wien verwendeten Geräte (incl. Hersteller und Gerätebezeichnungen) sind in Tabelle 9 aufgelistet.

Tabelle 9: Reborgane und die für die Labormessungen verwendeten Geräte

Pflanzenorgan	Untersuchung	Meßgerät	Bezeichnung/ Hersteller
Blatt	Blattfläche	Blattflächenmessgerät	LI-COR/LI-3100C
	Blattfarbe	Farbmessgerät	Minolta/Chroma Meter CR-200b
	Osmot. Potential	Dampfdruckosmometer	Wescor/Vapro 5520
	Frischegewicht, Sättigungsgewicht, Trockengewicht	Digitale Waage	Ohaus Corp./Adventurer Pro AS 1502
Beere	Osmot. Potential	Dampfdruckosmometer	Wescor/Vapro 5520
	Frischegewicht, Sättigungsgewicht, Trockengewicht	Digitale Waage	Ohaus Corp./Adventurer Pro AS 1502
	Beerenvolumen	Digitale Schubleere	Mannesmann/ Mannesmann 823-160
	Ascorbatbestimmung	Spektrophotometer	Pharmacia LKB/Biochrom 4060
Traubengerüst	Osmot. Potential	Dampfdruckosmometer	Wescor/Vapro 5520
	Frischegewicht, Sättigungsgewicht	Digitale Waage	Ohaus Corp./Adventurer Pro AS 1502

3.5.1 Blattfarbe

Die Bestimmung der Farbe von Blättern (Blattspreite) aus der Traubenzone in den Versuchsvarianten erfolgte im Versuchsjahr 2011 am 05.09. (BBCH 85, 8 Tage vor Lese) und am 13.09. (BBCH 89, Tag der Lese). Am 05.09. wurden die Rebblätter vom zweit stammnächsten Trieb des Fruchtbogens, gegenüber der untersten Traube untersucht, von denen in weiterer Folge der "Relative Water Content" bestimmt wurde. Am 13.09. gelangten alle Blätter, der Triebe von den 3 repräsentativen Rebstöcken pro Versuchsvariante, zur Messung (15 Blätter pro Trieb). Die Farbmessung erfolgte mit dem Gerät Minolta Chroma Meter CR-200b der Abteilung Gartenbau der BOKU Wien. Dazu wurden die Blattspreiten unter dem Messgerät auf den Labortisch transferiert und zum Messvorgang nach manueller Auslösung das Messergebniss in Form L*,a*,b*-System nach der Methode von HUNTER (1958) abgelesen. Für allfällig weiterführende Berechnungen wurde von allen Blättern die Blattfläche mit einem stationären Blattflächenmessgerät (LI-3100C) des Forschungsglashauses des Deparments für Nutzpflanzenwissenschaften der BOKU Wien gemessen.

3.5.2 Osmotisches Potential

Die Messungen des osmotischen Potentials wurden nach der psychrometrischen Dampfdruckbestimmungsmethode von SPANNER (1951) mit einem Dampfdruckosmometer (Vapro 5520, WESCOR, Logan, Utah) des Instituts für Botanik, BOKU Wien, durchgeführt. Die (festen oder flüssigen) Proben wurden bei dieser Technik in eine Probehalterung transferiert und diese in eine Messkammer geschoben, die anschließend verschlossen wurde. In der Messkammer befand sich ein Feindraht-Thermoelement-Psychrometer, das als Sensor fungierte. Nach einem Messzyklus, der eine Dauer von 80 Sekunden hatte, wurde das Messergebnis in mmol/kg ausgegeben. Dieser Messwert wurde in Mega Pascal (MPa) umgerechnet, da dies die international übliche Einheit zur Angabe des osmotischen Potentials ist.

Bei RICHTER (1976) wird das osmotische Potential als ein Teil des Gesamtwasserpotentials genannt, das stets negativ ist, da die Anwesenheit osmotisch wirksamer Substanzen das Wasserpotential von Lösungen unter das Wasserpotential von reinem Wasser (0 MPa) verringert. Laut TAIZ und ZEIGER (2000) sowie LÖSCH (2003) gelten als osmotisch wirksame Substanzen: Kohlenhydrate (Saccharose, Glucose, Fructose, Fructane, Zuckeralkohole), organische Säuren (Weinsäure, Äpfelsäure, Zitronensäure), anorganische Ionen (Kalium, Kalzium, Magnesium), Aminosäuren (Prolin), Polyole (Mannitol, Pinitol), und quartäre Ammoniumverbindungen (Glycinbetain).

Das osmotische Potential wurde in beiden Versuchsjahren von Rebblättern, Beeren und Traubengerüsten bestimmt. Alle Messungen des osmotischen Potentials haben von 17 Tagen nach Blühende (05.07.10, 27.06.11) bis zur Woche des Lesetermins wöchentlich stattgefunden. Um das Problem einer möglichen passiven Konzentration der osmotisch wirksamen Substanzen durch unterschiedliche Wassersättigungen der verschiedenen Pflanzenteile zu lösen, wurden alle Messobjekte vor den Messungen mit Reinstwasser bis zur vollen Sättigung angereichert (die genaue methodische Vorgehensweise wird im folgenden beschrieben). Zur anschließenden Messung des osmotischen Potentials musste die Zellwand zerstört bzw. das Messobjekt abgetötet werden. Dies wurde mit dem Transfer des Probeobjektes in flüssigen Stickstoff erreicht. Erfolgte eine Messung einer flüssigen Probe (Blatt- bzw. Beerensaft), wurden 10 µl für eine Messung benötigt. Wurde festes Pflanzenmaterial (Traubengerüst) untersucht, musste dieses, entsprechend des Bedarfes für die Messung sowie der jeweiligen Probehalterung, zugeschnitten werden (Scheibe mit 5 mm Durchmesser und ca. 1 mm Höhe). Die spezielle Probeaufbereitung wurde wie folgt vorgenommen:

Osmotisches Potential im Blatt

Pro Versuchsvariante wurden wöchentlich 6 Blätter inklusive Blattstiel (jeweils 2 Blätter von einem Rebstock pro Versuchsparzellenwiederholung) entnommen. Es wurden jene Blätter gewählt, die sich in der apikal höheren Insertion der ebenfalls beprobten Trauben befanden, um einen späteren Vergleich des osmotischen Potentials des Blattes, der Beere sowie des Traubengerüstes zu ermöglichen. Die Blätter wurden unmittelbar nach Abtrennung vom Trieb in Plastiksäckchen (1 l) verpackt, diese wurden luftdicht verschlossen und in geschlossener Kühlkette innerhalb von 2 Stunden ins Labor transportiert. Im Labor wurden die Blattstiele von der Stielbasis (Ansatzstelle am Trieb) unter Reinstwasser 1-2 cm oberhalb der ehemaligen Ansatzstelle am Trieb mittels Rasierklinge abgeschnitten, um eine Hemmung der Aufsättigung durch Embolien im Xylem zu vermeiden. Nach Bestimmung des Blattgewichtes wurden die Blätter nummeriert, in verschließbaren Gefäßen (8 cm Durchmesser, 15 cm Höhe), die mit 2-3 cm Reinstwasser gefüllt waren überführt und zwar so, dass sich die Schnittfläche des Blattstieles unter der Wasseroberfläche befand. Die Gefäße wurden danach verschlossen und 24 Stunden in einem lichtabgeschlossenen Raum bei Zimmertemperatur bis zur vollen Aufsättigung der Blätter gelagert. Nach der Entnahme der Blätter aus dem Gefäß wurde zunächst zur Bestätigung der Aufsättigung das Gewicht ermittelt, dann der Blattstiel entfernt und die Blattspreite in flüssigen Stickstoff transferiert. Um die Beeinflussung des Messergebnisses aufgrund der Präsenz von Xylemsaft in den primären Blattadern zu minimieren, wurden die Intercostalfelder zwischen den Blattadern 1. Ordnung ausgeschnitten (ca. 10 cm^2 Flächengröße) und nur diese ausgepresst. Die Messung des Presssaftes mit dem Dampfdruckosmometer erfolgte unmittelbar nach dem Auspressen.

Osmotisches Potential in der Beere

Wöchentlich wurden 12 Beeren pro Variante (von jeweils den basalsten Trauben am Trieb, von den proximalsten und distalsten Trieben am Fruchtbogen) samt Beerenstiel mittels Rasierklinge von der Traube abgeschnitten. Diese Beeren wurden abgewogen auf einen perforierten Gefäßdeckel übertragen, dass jeder Beerenstiel in einer Deckelperforation positioniert war. Mit diesem Gefäßdeckel wurde ein Gefäß mit Reinstwasser verschlossen, sodass sich die Schnittstellen der Beerenstiele im Reinstwasser befanden. Das Gefäß wurde anschließend mit einem Kunststoffsack (10 l) umhüllt, luftdicht abgeschlossen und in einem dunklen Raum bei Zimmertemperatur gelagert, damit sich die Beeren in einer mit Wasserdampf gesättigten Atmosphäre ohne Licht durch die Beerenstiele aufsättigen konnten. Nach 24 Stunden erfolgte die Entfernung der Beeren vom Gefäßdeckel, die Überprüfung der Aufsättigung geschah durch abermalige Gewichtsbestimmung. Sodann wurden die Beerenstiele abgeschnitten und die Beeren sofort in flüssigen Stickstoff

transferiert. Unmittelbar vor der Messung erfolgte das Auftauen bei Zimmertemperatur (ca. 1 Stunde) und das anschließende Auspressen der Beeren als auch das Messen des Presssaftes mit dem Dampfdruckosmometer.

Osmotisches Potential im Traubengerüst

Von 3 Rebstöcken pro Variante (einer pro Wiederholung) wurde je eine Traube vom proximalen (kopfnächsten) Trieb und eine Traube vom distalen (kopffernsten) Trieb des Fruchtbogens (jeweils die basal inserierte Traube) entnommen. Somit ergab sich wöchentlich ein Probeumfang von 6 Trauben pro Versuchsvariante. Mit den Traubengerüsten (Beeren für andere Untersuchungen verwendet), wurde bei der Aufsättigung genauso verfahren, wie mit den Blättern. Von den aufgesättigten und mit Stickstoff abgetöteten Traubengerüsten wurden aus den in Abbildung 3 beschriebenen Stellen ca. 1 mm dicke Traubengerüstscheiben mittels Rasierklinge geschnitten und diese, um eine passive Konzentration der osmotisch wirksamen Substanzen durch Austrocknung zu vermeiden, sofort in das Dampfdruckosmometer zur Messung des osmotischen Potentials transferiert. Im Detail wurde bei den Traubengerüstscheiben folgenderweise vorgegangen: vom Traubenstiel unmittelbar vor der ersten Verzweigung (TSt), 5 cm apikal der ersten Verzweigung im mittleren Traubengerüstast (TG) und 5 cm apikal der ersten Verzweigung im ersten Seitenast (SA) und zusätzlich im Versuchsjahr 2011 ein Schnitt im Bereich der Traubenspitze (TSp) 8 cm apikal der TG-Schnittstelle.

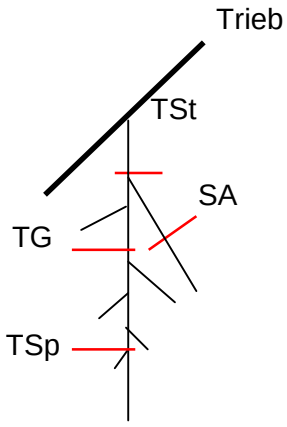


Abbildung 3: Schema eines Traubengerüstes mit der Lokalisation der durchgeführten Schnitte zur Messung des OP im Traubengerüst

3.5.3 Bestimmung von Ascorbat und Dehydroascorbat

Für die quantitative Bestimmung von Ascorbat und Dehydroascorbat wurden in beiden Versuchsjahren wöchentlich, beginnend mit 17 Tagen nach Blühende, Mischproben von 10 Beeren pro Versuchsvariante aufbereitet. Diese Beeren stammten von den wöchentlich entnommenen 6 Trauben pro Versuchsvariante. In weiterer Folge wurde mit der spektrophotometrischen Methode nach den Angaben von LAW et al. (1983) verfahren. Diese Methode basiert auf der Reduktion von Fe^{3+} zu Fe^{2+} durch Ascorbat unter sauren Bedingungen und der nachfolgenden Bildung eines Komplexes zwischen Fe^{2+} und Bipyridyl, der bei 525 nm absorbiert.

Die zu untersuchenden Beeren wurden unmittelbar nach Entnahme der Trauben in geschlossener Kühlkette ca. 20 Minuten zur Aufarbeitung transportiert, vom Traubengerüst abgeschnitten und mittels Rasierklinge und Pinzette in Schale und Fruchtfleisch zerteilt. Die Kerne wurden entfernt, und die Beerenbestandteile sofort in flüssigen Stickstoff eingebracht, um Veränderungen der Proben auszuschließen. Nach Lagerung bei -80°C und Bestimmung des Frischegewichtes wurden die Proben von Fruchtfleisch und Schalen getrennt verarbeitet. Zur Extraktion des Ascorbates wurden die Proben in der Reibschale mit jeweils 6 ml 5 %-iger Trichloressigsäure zu einer homogenen Masse zerrieben und auf Eis gekühlt 30 Minuten inkubiert. Anschließend wurden die Proben zentrifugiert (3000 U/min). Der Überstand wurde zur Reinigung durch Säulchen mit je 0,3 g Polyamid-Adsorbens (Chromabond) zentrifugiert (2800 U/min), um eine Beeinflussung des spektrophotometrischen Messergebnisses durch phenolische Substanzen (insbesondere Anthocyan) zu minimieren.

Zur Ermittlung des Gesamtascorbat-Gehaltes (Ascorbat und Dehydroascorbat) in den Proben wurde zuerst Dehydroascorbat mit Dithiothreitol zu Ascorbat reduziert und anschließend die Ascorbat-Bestimmung durchgeführt (Tabelle 10, Ansatz A). Im Ansatz B (Tabelle 10) wurde das Ascorbat ohne vorhergehende Reduktion von Dehydroascorbat bestimmt. Diese Vorgehensweise ermöglichte die Berechnung des oxidierten Anteiles des Ascorbates. Die Ansätze wurden zur Messung im Spektrophotometer in Quarzküvetten gefüllt. Die Absorption des Fe^{2+}-Komplexes wurde bei 525 nm gegen Reinstwasser als Referenz gemessen. Mit Hilfe einer Eichkurve wurden die Absorptionswerte in die Ascorbatkonzentrationen umgerechnet und auf das Frischegewicht der Proben bezogen.

Tabelle 10: Reihenfolge und Lösungen zur Erstellung der Ansätze für die Ascorbatbestimmung

Ansatz A	Ansatz B
200 µl Extrakt	200 µl Extrakt
200 µl Na-Phosphatpuffer ph=7,4	200 µl Na-Phosphatpuffer ph=7,4
100 µl Dithiothreitol	100 µl H_2O
15 min Reaktionszeit	
100 µl N-ethylmaleimide	100 µl H_2O
30 min Reaktionszeit	
500 µl Trichloressigsäure 2 M	500 µl Trichloressigsäure 2 M
400 µl Phosphorsäure 0,42 %	400 µl Phosphorsäure 0,42 %
400 µl Bipyridyl 4 % in abs. Ethanol	400 µl Bipyridyl 4 % in abs. Ethanol
200 µl Eisen(III)-chlorid 0,03 %	200 µl Eisen(III)-chlorid 0,03 %
Inkubation der Ansätze 1 Stunde bei 37°C	

3.5.4 Relative Water Content

Relative Water Content des Blattes

Die Bestimmung des Relative Water Content (RWC) des Rebblattes wurde in beiden Versuchsjahren, ab 17 Tage nach Blühende, wöchentlich bis zur Woche des Lesetermins (02.10.10 bzw. 13.09.11) durchgeführt. Als Untersuchungsobjekte dienten Rebblätter aus der Traubenzone (ein Blatt pro Versuchsparzellenwiederholung, also 3 pro Variante), vom zweit stammnächsten Trieb des Fruchtbogens, gegenüber der untersten Traube. Unmittelbar nach der Entnahme des Rebblattes wurde vor Ort das Frischegewicht bestimmt, anschließend im Labor Sättigungsgewicht und Trockengewicht. Hierfür erfolgte eine volle Aufsättigung des Blattes mit Reinstwasser über mindestens 24 Stunden (gleiche Vorgehensweise wie bei Aufbereitung der Blattproben zur Messung des OP des Blattes), anschließend wurde das Sättigungsgewicht bestimmt und nach Trocknung bei 60°C das Trockengewicht ermittelt. Der Relative Water Content (RWC) wurde mit der Formel nach BARR und WEATHERLEY (1962) berechnet. Diese Formel lautet:

RWC = (FW-DW)/(SW-DW)

Relative Water Content der Beere

Um den Relative Water Content der Beere zu berechnen, wurden die Beeren (Probeumfang 50 Beeren pro Variante) wöchentlich, ab 17 Tage nach Blühende bis zur Woche des Lesetermins, mitsamt dem Beerenstiel mittels Rasierklinge von der Traube abgetrennt, das Frischegewicht bestimmt und auf einen perforierten Gefäßdeckel transferiert. Mit dem Gefäßdeckel wurde ein Gefäß verschlossen, das mit Reinstwasser gefüllt war. Die Beerenstiele waren somit im Reinstwasser und die Beeren konnten sich bis zur vollen Sättigung mit Wasser anreichern (gleiche Vorgehensweise wie bei Aufbereitung der Beerenproben zur Messung des OP der Beere). Nach Bestimmung des Sättigungsgewichtes wurden die Beeren samt Beerenstiel zum Trocknen in einen Trockenschrank bei 90°C gelegt. Nach Bestimmung des Trockengewichtes konnten Frische-, Sättigungs- und Trockengewicht in die Formel nach BARR und WEATHERLEY (1962) zur Berechnung des Relative Water Content eingesetzt werden.

3.5.5 Nährstoffanalysen von Beerenbestandteilen

In beiden Versuchsjahren wurden im Zeitraum des Reifebeginns (02.08.10 bzw. 23.07.11) und der Lese (02.10.10 bzw. 13.09.11) 100 Beeren pro Variante mittels Rasierklinge und Pinzette in Beerenschale, Beerenfruchtfleisch und Kerne zerlegt. Die Beerenbestandteile wurden in einem Trockenschrank bei 90°C getrocknet und anschließend das Trockengewicht bestimmt. Die Proben wurden an ein externes Labor zur Nährstoffanalyse versandt.

3.5.6 Beerenentwicklung

Beerenvolumen

Zur Bestimmung des Beerenvolumens wurden in beiden Versuchsjahren 17 Tage nach Blühende (05.07.10 bzw. 27.06.11) bis zur Woche des Lesetermins, 50 Beeren pro Variante in der Länge und Breite mit einer digitalen Schubleere (MANNESMANN 823-160) abgemessen. Zuvor erfolgte noch die Bestimmung des 50 Beerengewichtes. Zur Berechnung des Volumens eines Ellipsoiden wurden anschließend die Messwerte in die mathematische Formel nach LEGENDRE (1837) eingesetzt:

$V = 4/3 \times (\pi abc)$

Beerengewicht und Beerenbestandteile

Zeitgleich mit der Bestimmung des Beerenvolumens wurde von 100 Beeren pro Versuchsvariante das Gewicht bestimmt und anschließend zur Analyse von Reifeparametern weitergeleitet. Jene 50 Beeren pro Versuchsvariante, von denen zuvor das Beerenvolumen bestimmt wurde, zerlegte man mittels Rasierklinge und Pinzette in die Bestandteile Schale, Fruchtfleisch und Kerne. Von jeder Beere wurde die Kernanzahl erfasst, das Frischegewicht der zuvor genannten Beerenbestandteile sowie nach Trocknung bei 90°C das Trockengewicht.

Traubenreifeparameter

Zur Bestimmung der Reifeparameter Mostgewicht, titrierbare Säure, Glucose, Fructose, Weinsäure und Äpfelsäure wurde wöchentlich (2010: 38 Tage nach Blühende, 2011: bereits 17 Tage nach Blühende) bis zum Lesetermin pro Versuchsvariante ein Mus (Zerkleinerung bis annähernd homogene Masse) aus 150 Beeren hergestellt. Dieses wurde zentrifugiert (4300 U/min) und der Überstand in einer Kühlkette umgehend an ein externes Labor zur Analyse mittels FTIR weitergereicht. Zur Definition des Zeitpunktes des Reifebeginns (somit Beginn der Beerenwachstumsphase IV) wurde beim Mostgewicht die 30°Oe Marke von Erfahrungswerten aus der Literatur sowie nach Vorversuchen die erste nennenswerte Einlagerung von Glucose von 10 g/l (Steigerung zwischen 2 Messterminen) bei der UA (unausgedünnte Kontrollvariante) herangezogen.

3.6 Ertragsauswertung

Zum betriebsspezifischen Lesetermin wurden von 15 repräsentativen Rebstöcken pro Versuchsvariante alle Trauben gelesen, der Einzelstockertrag (kg) bestimmt und auf die Fläche von einem Hektar (kg/ha) hochgerechnet.

3.7 Mathematische und statistische Auswertung

Die Eingabe aller Daten erfolgte zunächst in das MS Office Programm MS Excel 2007. Grafische Darstellungen wurden ebenfalls mit diesem Programm vorgenommen. Wo es möglich war, wurden die Daten mit dem Programm SPSS 13.0 einer statistischen Prüfung unterzogen. Unterschiede zwischen den Varianten wurden mittels einfaktorieller Varianzanalyse (ANOVA) geprüft. Bei signifikanten F-Werten erfolgte ein Post-Hoc Test (Duncan) zum Vergleich der Mittelwerte. Mit den Kleinbuchstaben a, b, c wurden Mittelwertunterschiede dargestellt (Signifikanzniveau 0,05). Um Korrelationen aufzuzeigen wurde der Korrelationskoeffizient (Pearson) verwendet.

Als Signifikanzniveaus galten wie folgt:	$p \leq 0{,}001$	***
	$p \leq 0{,}01$	**
	$p \leq 0{,}05$	*
	$p > 0{,}05$	n.s.

3.8 Abkürzungen

In Tabelle 11 sind die in der vorliegenden Arbeit verwendeten Abkürzungen aufgelistet.

Tabelle 11: In der vorliegenden Arbeit verwendete Abkürzungen

A	Nettofotosyntheserate
BBCH	Bundesanstalt, Bundessortenamt und chemische Industrie
BG	Beerengewicht
DW	Trockengewicht
E	Transpirationsrate
F	Beerenfruchtfleisch
K	Kerne
FW	Frischegewicht
LW	Laubwandmitte
MPa	Megapascal
OP	Osmotisches Potential
Oe	Oechsle
RWC	Relative Water Content
S	Beerenschale
SA	Seitenästchen
TE	Triebende
TG	Traubengerüstmitte
TM	Trockenmasse
TnB	Tage nach Blüte
TSp	Traubenspitze
TSt	Traubenstiel
TZ	Traubenzone
WP	Wasserpotential
WUE	Water Use Efficiency
PWP	Predawn Water Potential

4 Ergebnisse

4.1 Phänologische Entwicklung der Reben im Blickfeld der Witterung

Neben den kalendarischen Daten der Rebenentwicklungsstadien und den Terminen der versuchsmäßigen Traubenansatzregulierung (Tabelle 12) sind zur bildlichen Darstellung in den Abbildungen 4 und 5 auch die am Versuchsstandort gemessenen Mittel, Minima und Maxima der Temperatur sowie die Tagesniederschlagssummen von April bis Oktober mitsamt den Beerenwachstumsphasen dargestellt. Auffällige, jahresspezifische Witterungsereignisse gab es wie folgt:

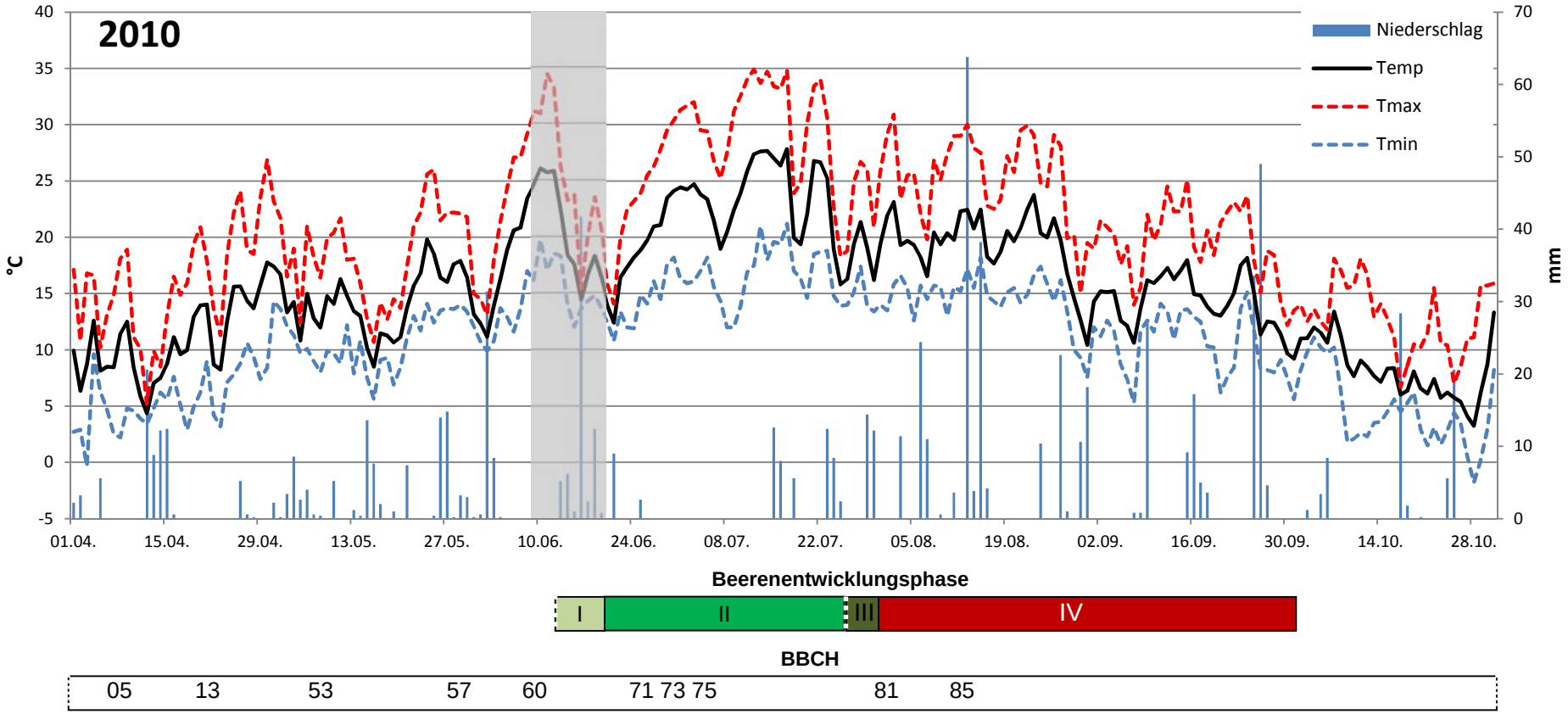
Das Jahr 2010 zeichnete sich besonders durch niederschlagsreiche Sommermonate aus. In den Monaten Juni, August und September fielen außerordentlich hohe Niederschlagsmengen. Die erste Julihälfte des Jahres hingegen war komplett niederschlagsfrei. In den Herbstmonaten September und Oktober wurden unterdurchschnittliche Temperaturen gemessen. Ende Oktober wurden Temperaturen unter 0°C verzeichnet, worauf der Laubfall in wenigen Tagen abgeschlossen war.

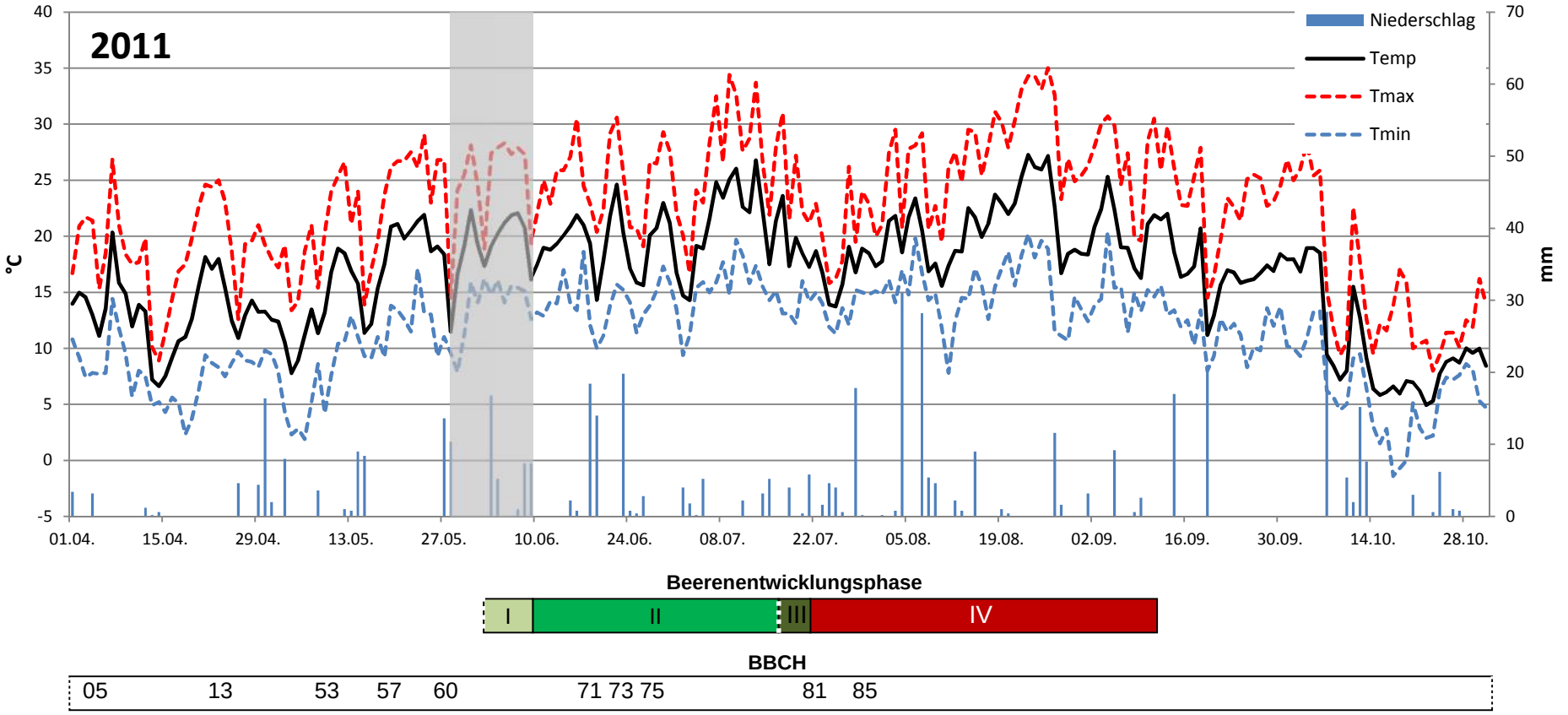
Im Gegensatz zum ersten Versuchsjahr gestalteten sich die Sommermonate im Jahr 2011 auffallend niederschlagsarm und die zweite Septemberhälfte blieb ganz niederschlagsfrei. Die Monate Juni, August und September hatten überdurchschnittliche Temperaturen aufzuweisen.

Tabelle 12: Entwicklungsstadien der Rebe laut visueller Bonitur im zeitlichen Verlauf beider Versuchsjahre

Makrostadium	Beschreibung	BBCH	Versuchs-variante	2010		2011	
				Datum	TnB	Datum	TnB
Austrieb	Grünknospenstadium, erstes Grün des Triebes sichtbar	07		06.04.	-	03.04.	-
Blattentwicklung	3 Laubblätter entfaltet	13		27.04.	-	21.04.	-
Differenzierung der Blütenanlagen	Infloreszenzen deutlich sichtbar	53		13.05.	-	10.05.	-
	Infloreszenzen voll entwickelt	57		04.06.	-	19.05.	-
Blüte	Beginn der Blüte: 10% der Blütenkäppchen abgeworfen	61		09.06.	-	29.05.	-
	Ende der Blüte	69		18.06.	-	10.06.	-
Fruchtentwicklung	Fruchtansatz (Vergrößerung Fruchtknoten)	71		27.06.	9	17.06.	7
	Beeren schrotkorngroß	73		29.06.	11	23.06.	13
	AUSDÜNNUNG			03.07.	15	24.06.	14
	Beeren erbsengroß, Trauben hängen	75	UA	05.07.	17	25.06.	15
			TT				
			ETA				
Fruchtreife	Färbung der Beeren	81	UA	09.08.	52	25.07.	45
			TT	06.08.	49	25.07.	45
			ETA	02.08.	45	23.07.	43
	LESE			02.10.	106	13.09.	95
Eintreten der Vegetationsruhe	Abschluss der Holzreife	91	UA	04.10.	108	27.09.	109
			TT				
			ETA				
	Ende des Laubblattfalls	97	UA	29.10.	133	04.11.	145
			TT				
			ETA				

Anmerkungen zu Abkürzungen: Versuchsvarianten: UA = unausgedünnte Kontrollvariante, TT = Traubenteilung, ETA = Einzeltraubenausdünnung
Termin: TnB = Tage nach Blüte


2010
Niederschlag
Temp
Tmax
Tmin
°C
mm
40
35
30
25
20
15
10
5
0
-5
70
60
50
40
30
20
10
0
01.04.
15.04.
29.04.
13.05.
27.05.
10.06.
24.06.
08.07.
22.07.
05.08.
19.08.
02.09.
16.09.
30.09.
14.10.
28.10.
Beerenentwicklungsphase
I
II
III
IV
BBCH
05
13
53
57
60
71 73 75
81
85


2011
Niederschlag
Temp
Tmax
Tmin
°C
mm
40
35
30
25
20
15
10
5
0
-5
70
60
50
40
30
20
10
0
01.04.
15.04.
29.04.
13.05.
27.05.
10.06.
24.06.
08.07.
22.07.
05.08.
19.08.
02.09.
16.09.
30.09.
14.10.
28.10.
Beerenentwicklungsphase
I
II
III
IV
BBCH
05
13
53
57
60
71 73 75
81
85

Versuchsjahr 2010

Austrieb: Wie aus Tabelle 12 und Abbildung 4 hervorgeht, begann der Austrieb Anfang April. Um den 27.04.11 war das 3-Blattstadium erreicht.

Rebblüte: Der Beginn der Rebblüte konnte am 09.06.10 beobachtet werden, in einer überdurchschnittlich heißen und niederschlagsfreien Phase. Ab 13.06.10 verzögerten tägliche Niederschläge (am 16.06.10 sogar 41,6 mm) und ein starker Temperatursturz (am 21.06.10 Tmin: 10,8°C) den Blühverlauf (9 Tage) und die weitere Vegetationsentwicklung.

Fruchtansatz bis Reifebeginn: Der Juli hatte überdurchschnittlich hohe Temperaturen und in der ersten Hälfte keinen Niederschlag. Die höchste Tagesdurchschnittstemperatur des Sommers wurde am 13.07.10 mit 27,7°C (Tmax: 33,7°C) verzeichnet. Die Beerenentwicklung verlief zunächst dennoch nicht abnormal langsam (7 Tage schrotkorngroße Beeren, BBCH 73). Erbsengroße Beeren und hängende Trauben wurden 17 Tage nach Blühende beobachtet. 42 Tage nach Beendigung der Rebblüte, am 30.07. wurde das Überschreiten der 30°Oe Marke bei der UA festgestellt.

Fruchtreife: Am 02.08.10 wurden die ersten gefärbten Beeren bei der ETA beobachtet. Bei der TT zeigte sich der Farbumschlag 4 Tage später und bei der UA sogar erst eine Woche nach der ETA. Das Niederschlags-Monatsdurchschnittsmittel des Monates August mit 223,8 mm stellte die 3,7-fache Menge des langjährigen Mittels dar. Somit fand der Beginn der Beerenentwicklungsphase IV in Tagen mit relativ hohen Niederschlagsmengen statt. Das höchste Tagesniederschlagsmittel war am 13.08.10 mit 63,8 mm zu verzeichnen. Die Monatsdurchschnittstemperatur August wich vom langjährigen Mittel um -0,3°C ab. Auch der September zeichnete sich durch unterdurchschnittliche Temperaturen und überdurchschnittliche Niederschläge aus. Am 02.10.10 wurde die Lese durchgeführt. Die Beerenentwicklungsphase IV dauerte somit 64 Tage.

Versuchsjahr 2011

Austrieb: Der Austrieb begann am 03.04.11 (Tabelle 12, Abbildung 5). Der Monat April verlief niederschlagsarm und überdurchschnittlich temperiert, wobei nur 65,5 % des Erwartungswertes an Niederschlag anfiel. Am 21.04.11 konnte bereits das 3- bis 5-Blattstadium festgestellt werden. Die überdurchschnittliche, trockene und warme Witterung setzte sich im Monat Mai fort und am 10.05.11 waren bereits 5-6 Laubblätter an den Trieben entfaltet.

Rebblüte: Am 29.05.11 wurde der Beginn der Rebblüte festgestellt. Am Vortag und am Tag des Blühbeginns wurden Tagesniederschlagssummen von jeweils knapp über 10 mm gemessen und es waren deutlich niedrigere Temperaturen als zum Blühbeginn des Vorjahres zu verzeichnen (09.06.10: 26,0°C; 29.05.11: 16,6°C). Nach Blühbeginn kam es jedoch zu einer Erwärmung und während der folgenden 5 Tage der Rebblüte fiel kein

Niederschlag an. Im Gegensatz zum Versuchsjahr 2011 ergab sich eine längere Blütedauer von 12 Tagen aufgrund niedrigerer Durchschnittstemperaturen im Zeitraum der Blüte (2010: 21,3°C; 2011: 19,5°C). Jedoch konnten weniger Temperaturschwankungen (2010: 22,4°C; 2011: 20,4°C) und niedrigere Niederschlagsmengen (2010: 56,4 mm; 2011: 37,8 mm) festgestellt werden.

Fruchtansatz bis Reifebeginn: Der Monat Juni entsprach von der Monatsdurchschnittstemperatur dem langjährigen Mittel und hatte nur geringfügig überdurchschnittliche Niederschläge aufzuweisen. Im Gegensatz zur Witterung der Beerenentwicklungsphase II des Vorjahres war im Juli keine vergleichbare Trocken- und Hitzephase zu verzeichnen. Die Temperaturen waren leicht unterdurchschnittlich und ebenso die Niederschlagsmengen, die in mehreren kleinen Tagesniederschlagssummen von 5 mm oder geringeren Mengen anfielen. Das Beerenentwicklungsstadium der Schrotkorngröße der Beeren (BBCH 73) verlief laut visueller Bonitur aufgrund der geringeren Hitze und weniger Trockenheit mit einer Dauer von nur 3 Tagen im Vergleich zum Vorjahr relativ rasch. Bei der UA wurde 42 Tage nach abgeschlossener Rebblüte die 30°Oe-Marke überschritten. Sehr auffällig erscheint die gleiche Zeitdauer bis Reifeeintritt beider Versuchsjahre trotz unterschiedlichem Blüteabschluss-Datum (2010: 18.06.; 2011: 10.06.) und unterschiedlichen Witterungsbedingungen.

Fruchtreife: In der letzten Juliwoche, am 23.07.11 war der erste Farbumschlag von Beeren bei der ETA zu verzeichnen. Im Gegensatz zum Vorjahr wurde bei den anderen beiden Varianten schon 2 Tage danach ebenfalls eine Färbung der Beeren festgestellt. Im Monat August wurden überdurchschnittliche Temperaturen und nur geringfügig überdurchschnittliche Niederschlagsmengen gemessen. Die höchste Tagesniederschlagssumme der Sommermonate konnte am 07.08.11 mit nur 28,2 mm verzeichnet werden. Besonders der Monat September fiel bezogen auf die Erwartungswerte und vor allem im Vergleich mit dem Vorjahr überdurchschnittlich trocken und warm aus. Bei Gegenüberstellung von Temperatur und Niederschlagsdaten im Zeitraum der Beerenentwicklungsphase IV beider Versuchsjahre war ein deutlicher Unterschied erkennbar: Niederschlagssumme (2010: 387 mm; 2011: 141 mm); Temperaturmittel (2010: 16,8°C; 2011: 20,1°C). Am 13.09.11 wurde gelesen, woraus sich eine zeitliche Dauer der Beerenentwicklungsphase IV von 54 Tagen ergab.

4.2 Vegetative Entwicklung bis zur Blüte

Durch die entsprechende Auswahl von Rebstöcken bei der Versuchsanlage (Tabelle 13) konnte sichergestellt werden, dass hinsichtlich der Vitalität relativ homogene Vorraussetzungen für eine Fruchtansatzregulierung gegeben waren. Dies bestätigen auch

die nicht signifikanten Werte im phänologischen Stadium BBCH 13 um 7 cm, BBCH 53 mit 22 bis 27 cm und BBCH 60 (Blühbeginn) mit rund 82 cm (bei 10 Blättern pro Trieb).

Tabelle 13: Trieblänge und Blattanzahl zu BBCH 13, 53 und 60 im Versuchsjahr 2010, ermittelt an den für Versuchsvarianten vorgesehenen Rebstöcken

Jahr	Datum	Phänolog. Stadium	Variante ab TnB 15	Trieblänge cm	Blattanzahl pro Trieb
2010	27.04.	BBCH 13	UA	6,9a	3,0a
			TT	7,0a	3,1a
			ETA	7,2a	3,1a
			F-Wert	0,4n.s.	0,0n.s.
	13.05.	BBCH 53	UA	27,1b	5,5a
			TT	22,5a	5,4a
			ETA	23,7ab	5,3a
			F-Wert	2,6n.s.	0,91n.s.
	07.06.	BBCH 60	UA	81,7a	10,5a
			TT	82,3a	10,4a
			ETA	82,9a	10,6a
			F-Wert	0,1n.s.	0,9n.s.

Tabelle 14: Trieblänge und Blattanzahl zu BBCH 13, 53 und 60 im Versuchsjahr 2011, in Abhängigkeit der im ersten Versuchsjahr vorgenommenen Ausdünnungsvarianten

Jahr	Datum	Phänolog. Stadium	Variante Im Vorjahr	Trieblänge cm	Blattanzahl pro Trieb
2011	21.04.	BBCH 13	UA	7,4a	3,5a
			TT	7,6a	3,0a
			ETA	7,5a	3,5a
			F-Wert	0,2n.s.	0,4n.s.
	10.05.	BBCH 53	UA	31,6a	5,7a
			TT	29,7a	5,4a
			ETA	30,5a	5,5a
			F-Wert	0,7n.s.	1,9n.s.
	27.05.	BBCH 60	UA	86,7a	10,9a
			TT	87,3a	10,9a
			ETA	87,9a	11,0a
			F-Wert	0,1n.s.	0,0n.s

Im Folgejahr 2011 (Tabelle 14) reagierten die gleichen Rebstöcke, an denen bereits 2010 Trieblänge und Blattanzahl ermittelt wurde, auf die Fruchtausdünnung im Vorjahr bis zur Rebblüte in der vegetativen Entwicklung mit keinem statistisch signifikantem Unterschied. Auffällig erschienen die längeren Triebe sowie höhere Blattanzahl/Trieb im Jahr 2011.

4.3 Physiologie der Rebe

4.3.1 Gaswechselleistung der Blätter

In Tabelle 15 sind für 2011 Mittelwerte der Gaswechselparameter zu 4 Entwicklungsstadien für die Blätter im unteren Teil der Laubwand (1. bis 6. Blattinsertion) aufgelistet.

Tabelle 15: Nettofotosnytheserate (A), stomatäre Leitfähigkeit (gs) und Water Use Efficiency (WUE) von Blättern der unteren Laubwand in Abhängigkeit von der Ausdünnungsvariante zu 4 verschiedenen Zeitpunkten des Versuchsjahres 2011

Zeitpunkt	Tage vor Ausdünnung	Im Vorjahr Variante	A µmol $CO_2.m^{-2}.s^{-1}$	gs mol $H_2O.m^{-2}.s^{-1}$	WUE
BBCH 63	24	UA	10,18a	0,094a	3,48a
		TT	11,12a	0,128b	3,74ab
		ETA	11,10a	0,123b	4,00b
		F-Wert	1,19n.s.	7,498**	7,38**
	Tage nach Ausdünnung	**Variante**	**A** µmol $CO_2.m^{-2}.s^{-1}$	**gs** mol $H_2O.m^{-2}.s^{-1}$	**WUE**
BBCH 75	10	UA	12,49a	0,151a	5,06a
		TT	12,63a	0,159a	4,96a
		ETA	12,74a	0,164a	6,43b
		F-Wert	0,07n.s.	0,548n.s.	5,17*
BBCH 81	34	UA	9,94a	0,146a	4,12a
		TT	10,15a	0,146a	5,29b
		ETA	11,42a	0,149a	6,06b
		F-Wert	1,83n.s.	0,185 n.s.	10,78***
BBCH 85	49	UA	9,28a	0,143a	7,77b
		TT	10,82a	0,144a	5,12a
		ETA	10,97a	0,151a	6,73b
		F-Wert	2,92n.s.	0,266n.s.	9,45***

Im Jahr 2011 zeigte sich zur Vorblüte (BBCH 63) bei Rebstöcken, an denen im Vorjahr eine Fruchtansatzregulierung durchgeführt wurde, eine zahlenmäßige etwas höhere, aber statistisch nicht signifikante Nettofotosyntheserate (um ca. 1 µmol $CO_2.m^{-2}.s^{-1}$), sehr wohl aber eine signifikant höhere stomatäre Leitfähigkeit (gs) und Water Use Efficency (WUE) als bei der unausgedünnten Kontrollvariante. Die höchste A und gs konnten zu BBCH 63 bei der TT bestimmt werden, jedoch nicht die höchste WUE. Nach erfolgter Ausdünnung war bei den Blättern im unteren Laubwandbereich des Triebes (1.-6. Nodium) der Variante ETA bei allen weiteren Messterminen die zahlenmäßige, jedoch nicht signifikant höchste A (höchster Mittelwert zu BBCH 75: 12,74 µmol $CO_2.m^{-2}.s^{-1}$) nachzuweisen. Diese hatte auch immer bei gs und WUE (mit Ausnahme zu BBCH 85) die zahlenmäßig höchsten Werte aller 3 Varianten. Auffallend erscheint die Tatsache, dass zu BBCH 85 die höchste WUE (7,77) bei der UA zu verzeichnen war. Dies lässt sich jedoch mit einer im Verhältnis zur Nettofotosyntheserate geringen Transpirationsrate (E) zu erklären. Bei der Water Use

Efficiency waren zwar zu BBCH 75, 81 und 85 signifikante Unterschiede zwischen den Varianten gegeben, aber nur zu BBCH 81 aufgrund signifikant höherer WUE der Ausdünnungsvarianten. An den meisten Messzeitpunkten waren bei den Ausdünnungsvarianten zahlenmäßig, jedoch nicht statisitsch signifikant höhere Gaswechselparameter festzustellen.

Tabelle 16: Nettofotosnytheserate (A), stomatäre Leitfähigkeit (gs), und Water Use Efficiency (WUE) von 10 zufällig ausgewählten Blättern aus der Laubwandmitte (8. Insertionshöhe) in Abhängigkeit von der Ausdünnungsvariante an 3 verschiedenen Zeitpunkten des Versuchsjahres 2011

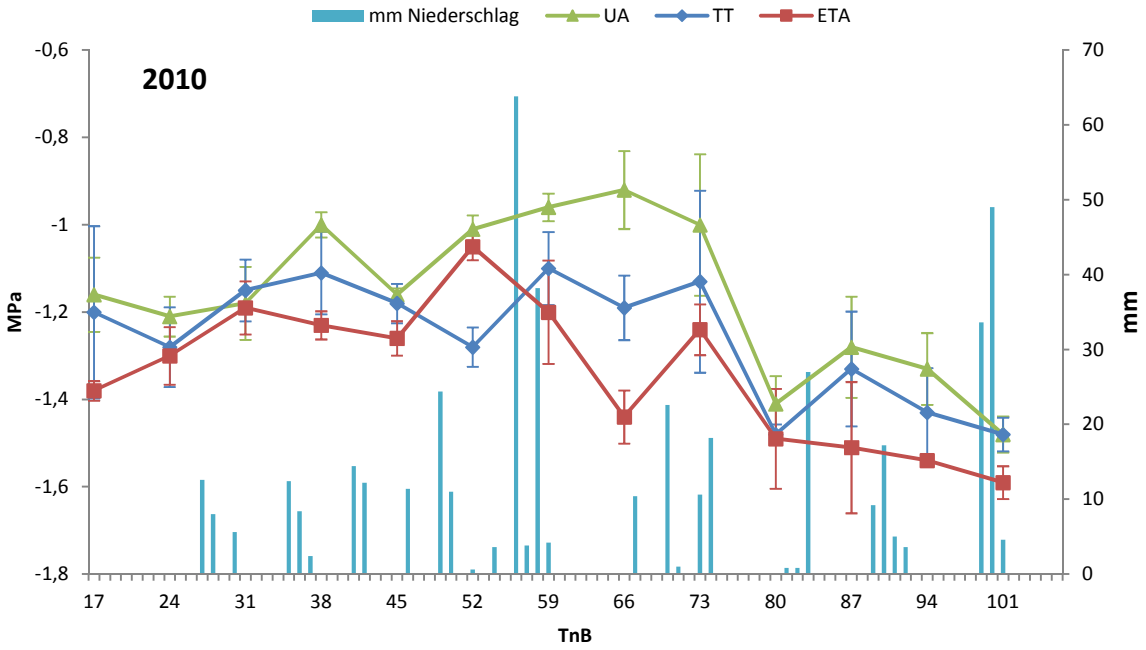
Zeitpunkt	Tage nach Ausdünnung	Variante	A µmol $CO_2.m^{-2}.s^{-1}$	gs mol $H_2O.m^{-2}.s^{-1}$	WUE
BBCH 75	10	UA	14,26a	0,179a	4,46a
		TT	15,82b	0,256b	5,59b
		ETA	15,97b	0,201a	5,04ab
		F-Wert	5,30*	10,884***	7,71**
BBCH 81	34	UA	12,89a	0,181a	5,00a
		TT	14,03a	0,253b	5,18a
		ETA	14,38a	0,240b	5,43a
		F-Wert	1,90n.s.	4,422*	0,70n.s.
BBCH 85	49	UA	12,83a	0,130a	3,98a
		TT	14,07a	0,172b	4,42a
		ETA	14,99a	0,159ab	4,70a
		F-Wert	2,33n.s.	3,58*	2,23n.s.

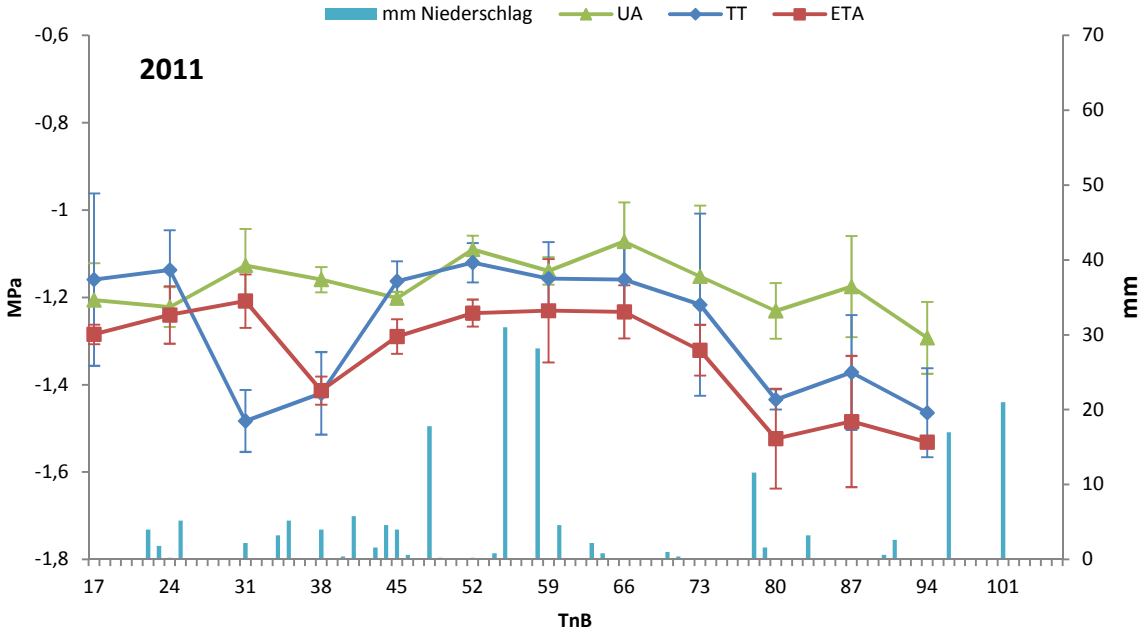
Auch bei den Rebblättern der 8. Insertion am Trieb (Tabelle 16) wird bei zufälliger Stichprobe ein Unterschied des Ausdünnungseffektes deutlich. Zu allen 3 Messterminen konnte eine zahlenmäßig beachtlich höhere stomatäre Leitfähigkeit (gs) und eine höhere Nettofotosyntheserate (A) bei Blättern der TT und ETA gemessen werden. Eine statistische Absicherung war hingegen nur zu BBCH 75 gegeben. Innerhalb der Ausdünnungsvarianten hatte die ETA zu allen 3 Zeitpunkten eine höhere Nettofotosyntheserate, ebenfalls die höchste Water Use Efficiency zu Reifebeginn (BBCH 81) und zum Weichwerden der Beeren (BBCH 85). Zu Erbsengröße der Beeren (BBCH 75) wurde bei der TT aufgrund einer im Vergleich zur ETA niedrigeren Transpirationsrate (E) die höchste WUE berechnet. Die TT verfügte über die im Vergleich zur UA höchste stomatäre Leitfähigkeit zu allen 3 Messterminen. Gegenüber der UA war diese stets signifikant abzusichern.

4.3.2 Osmotisches Potential im Blatt

In beiden Versuchsjahren erreichten die Blätter in der Traubenzone aller 3 Versuchsvarianten zu TnB 17 ein OP im Bereich von -1,1 MPa und -1,4 MPa (Abbildung 6). Bei Betrachtung des weiteren Verlaufes lässt sich für die unausgedünnte Kontrollvariante (UA) in beiden Versuchsjahren bis zu TnB 66 eine geringfügige Zunahme (Verlauf von negativeren Werten zu weniger negativen Werten) im Gegensatz zu den Ausdünnungsvarianten erkennen. 2010 war dieser Unterschied stärker ausgeprägt. Nach der genannten Zunahme bzw. dem annähernd stabilen Verlauf im OP bis TnB 59 war 2010 und 2011 bei den Ausdünnungen (bei der Kontrolle 7 Tage später) eine diskontinuierliche Abnahme (Verlauf von weniger negativen Werten zu negativeren Werten) bis zur Lese hin festzustellen. Am letzten Beprobunsgzeitpunkt 2010 und 2011 lag das OP im Blatt bei allen Versuchsvarianten in einem Bereich von -1,2 MPa bis -1,6 MPa.

Auffällig erscheinen die unterschiedlichen Reaktionen der Varianten im ersten Versuchsjahr nach TnB 52 bis TnB 73 (ca. 2 Monate nach Blüte) nach den sehr hohen Niederschlagsmengen (110 mm) zwischen TnB 56 und 59. Zu TnB 66 an dem zwischen den Varianten der größte Unterschied (Signifikanz am Absatzende angeführt) im Verlauf zu verzeichnen war. Im Gegensatz zu den Ausdünnungsvarianten, bei denen das OP zu TnB 66 abnimmt (TT -1,19 MPa; ETA -1,44 MPa), war bei der UA eine Zunahme (-0,92 MPa) nachzuweisen. Interessant erscheint die Tatsache, dass die UA kurz vor der Lese ein gleich niedriges OP wie die TT (-1,48 MPa) aufweisen konnte, obwohl diese über den gesamten Verlauf im Schnitt ein weniger negatives OP als die Ausdünnungsvarianten zu verzeichnen hatte. Nicht nur zum Zeitpunkt der Lese, sondern auch an den meisten übrigen Messterminen wurde bei der ETA das negativste osmotische Potential im Presssaft der Blattspreite - somit eine höhere Konzentration an osmotisch wirksamen Substanzen - gemessen, bei der UA dagegen das am geringsten negative OP. Zu TnB 38 ($p = 0,032$*) und TnB 66 ($p = 0,001$**) konnte für die Ausdünnungsvarianten ein signifikant negativeres OP im Blattsaft - also ein höherer Gehalt an osmotisch wirksamer Substanzen - als bei der Kontrollvariante nachgewiesen werden (Tabelle 17).


mm Niederschlag
UA
TT
ETA
2010
-0,6
-0,8
-1
-1,2
-1,4
-1,6
-1,8
MPa
70
60
50
40
30
20
10
0
mm
17
24
31
38
45
52
59
66
73
80
87
94
101
TnB


mm Niederschlag
UA
TT
ETA
2011
-0,6
-0,8
-1
-1,2
-1,4
-1,6
-1,8
MPa
70
60
50
40
30
20
10
0
mm
17
24
31
38
45
52
59
66
73
80
87
94
101
TnB

(Beerenentwicklungsphase II) im Gegensatz zum Vorjahr und gegenüber der UA auf. Von TnB 66 bis zur Lese hin war bei den Ausdünnungen ein zahlenmäßig deutlich negativeres OP - jedoch nicht signifikant - gegenüber der UA zu erkennen (Tabelle 17). Ein signifikant negativeres OP im Blattsaft der Ausdünnungsvarianten als bei der Kontrollvariante war 2011 jedoch nur zu TnB 38 ($p = 0,008^*$) nachzuweisen.

Die Traubenausdünnungen wiesen fast ausnahmslos in beiden Versuchsjahren ein negativeres OP im Presssaft der Blattspreite als die Reben im Vollertrag auf und somit eine höhere Konzentration an osmotisch wirksamen Substanzen.

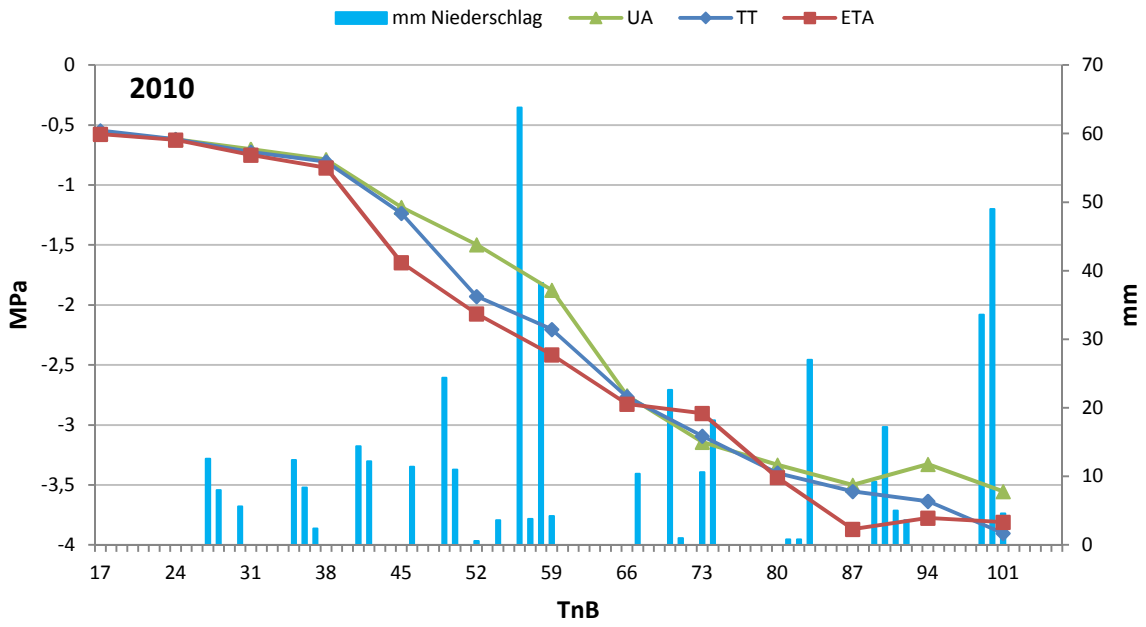
Tabelle 17: Statistische Prüfung des osmotischen Potentials (OP) in Blättern gegenüber der 1. basalen Traube zu den 3 phänologischen Leitterminen BBCH 75, 81 und 89 beider Versuchsjahre in Abhängigkeit von der Ausdünnungsvariante

Versuchsjahr	TnB	Phänolog. Stadium	Variante	OP im Blatt
2010	17	BBCH 75	UA	-1,20a
			TT	-1,16a
			ETA	-1,38a
			F-Wert	1,73n.s.
	45	BBCH 81	UA	-1,16b
			TT	-1,19ab
			ETA	-1,26a
			F-Wert	4,75n.s.
	101	BBCH 89	UA	-1,48a
			TT	-1,48a
			ETA	-1,59a
			F-Wert	1,96n.s.
2011	17	BBCH 75	UA	-1,21a
			TT	-1,16a
			ETA	-1,29a
			F-Wert	1,55n.s.
	45	BBCH 81	UA	-1,20a
			TT	-1,16a
			ETA	-1,29a
			F-Wert	0,93n.s.
	94	BBCH 89	UA	-1,29a
			TT	-1,46a
			ETA	-1,53a
			F-Wert	3,27n.s.

4.3.3 Osmotisches Potential in der Beere

Generell wiesen die beiden klimatisch unterschiedlichen Versuchsjahre einen sehr ähnlichen Verlauf des OP im Saft der Beeren auf (Abbildung 7). 2010 und 2011 befand sich das OP im Beerensaft zu TnB 17 aller Varianten auf einem Niveau um -0,5 MPa. Ab TnB 38 beider Versuchsjahre (OP zw. -0,5 und -1,0 MPa) war ein variantenspezifisches Auseinanderdriften in der Reihenfolge UA, TT und ETA hin zu negativeren Werten deutlich erkennbar. Das geringer negative OP der Kontrollvariante und somit eine geringere Konzentration an osmotisch wirksamen Substanzen, war bis weit in die Beerenentwicklungsphase IV zu bestimmen und zwar 2011 über längere Zeit als 2010. Ab einem bestimmten Zeitpunkt hingegen (2010: TnB 66, 2011: TnB 80) erreicht die UA ähnlich negative Werte wie die Ausdünnungsvarianten. Kurz vor Lesezeitpunkt beider Versuchsjahre hatten alle Versuchsvarianten ein OP zwischen -3,5 MPa und -4,0 MPa aufzuweisen. Auffällg erscheint die im Gegensatz zum Blatt augenscheinlich geringe bis kaum erkennbare Reaktion des OP's auf Niederschlagsereignisse.

Wie im Blatt konnte auch im Beerensaft bei allen Varianten der negativste Wert des osmotischen Potentials beider Versuchsjahre wenige Tage vor der Lese (bzw. ETA 2010 und UA 2010 maximal 2 Wochen davor) festgestellt werden. Die UA hatte im Durchschnitt in beiden Jahren das am geringsten negativste OP im Beerensaft zu verzeichnen. Am letzten Beprobungszeitpunkt 2010 (TnB 101) hatte die TT das negativste OP (-3,90 MPa) und 2011 (TnB 94) die ETA (-3,79 MPa).


mm Niederschlag
UA
TT
ETA
2010
MPa
mm
TnB
0
-0,5
-1
-1,5
-2
-2,5
-3
-3,5
-4
70
60
50
40
30
20
10
0
17
24
31
38
45
52
59
66
73
80
87
94
101

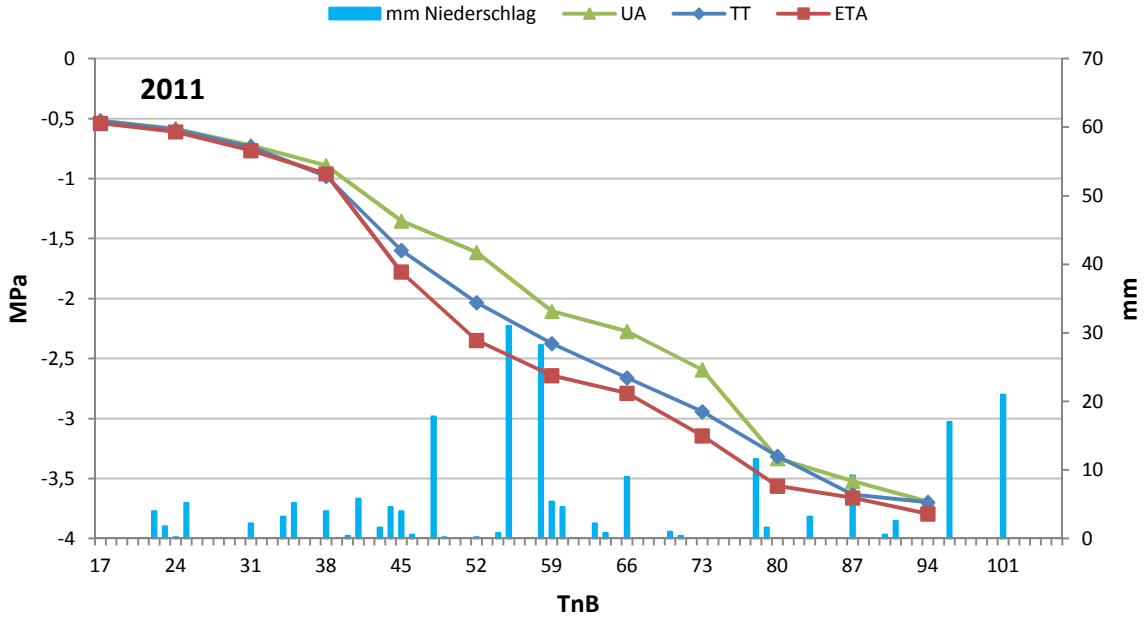
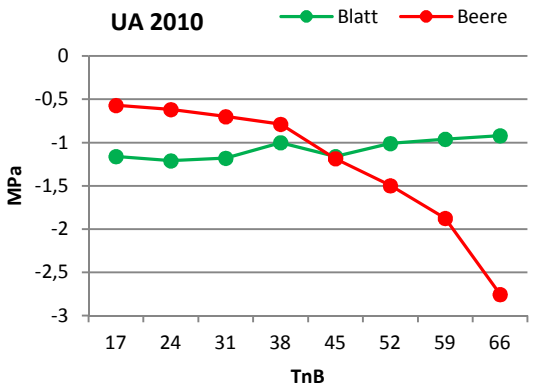
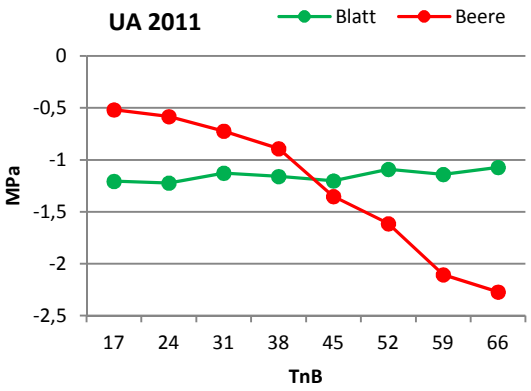

mm Niederschlag
UA
TT
ETA
2011
MPa
mm
TnB
0
-0,5
-1
-1,5
-2
-2,5
-3
-3,5
-4
70
60
50
40
30
20
10
0
17
24
31
38
45
52
59
66
73
80
87
94
101

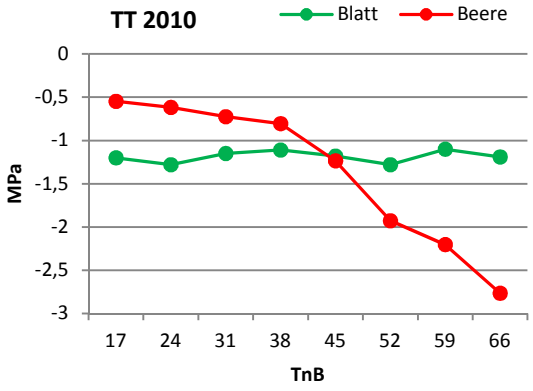
Tabelle 18: Statistische Prüfung des osmotischen Potentials (OP) im Beerensaft in Abhängigkeit von der Ausdünnungsvariante zu 3 phänologischen Leitterminen, beider Versuchsjahre

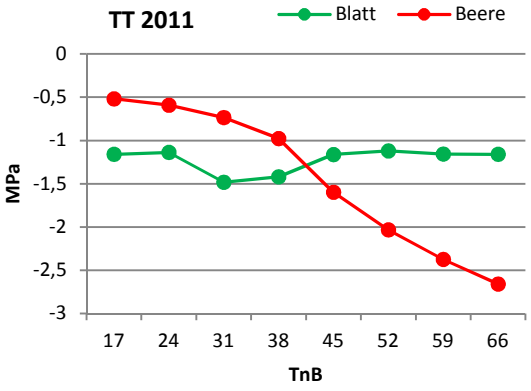
Jahr	TnB	Phänolog. Stadium	Variante	OP id Beere
2010	17	BBCH 75	UA	-0,57a
			TT	-0,55a
			ETA	-0,58a
			F-Wert	1,70n.s.
	45	BBCH 81	UA	-1,19c
			TT	-1,23b
			ETA	-1,65a
			F-Wert	27,34***
	101	BBCH 89	UA	-3,55c
			TT	-3,90a
			ETA	-3,81b
			F-Wert	7,31**
2011	17	BBCH 75	UA	-0,52b
			TT	-0,52b
			ETA	-0,54a
			F-Wert	1,53n.s.
	45	BBCH 81	UA	-1,35c
			TT	-1,60b
			ETA	-1,78a
			F-Wert	29,47***
	94	BBCH 89	UA	-3,69a
			TT	-3,70a
			ETA	-3,79a
			F-Wert	2,55n.s.

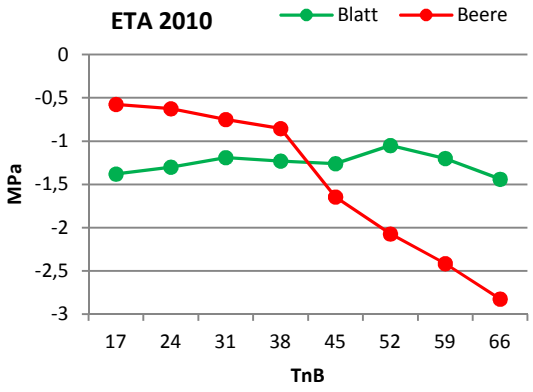
Beim Vergleich der zeitlichen Entwicklung des OP des Blattes mit dem OP der Beere (Abbildung 8) fällt ein markanter Kreuzungspunkt der beiden Verläufe in der Zeit zwischen TnB 38 und 45 über alle Varianten und Jahre auf. Vor Reifebeginn (TnB 38) hatte die Beere zu jedem Beprobungszeitpunkt ein weniger negatives OP als das Blatt. Nach Reifebeginn (TnB 45) wies das OP der Beeren stets negativere Werte auf als das der Blätter. Dieses Ergebnis erscheint deshalb besonders interessant, weil nahezu zum gleichen Zeitpunkt der Eintritt in die Beerenentwicklungsphase IV, also der Beginn der Beerenfärbung und des Weichwerdens der Beeren, d. h. der Beginn der Beerenreife stattfindet. Aus Abbildung 8 ist weiters zu entnehmen, dass das OP der Beere bei der ETA (in geringerem Ausmaß auch bei der TT) bereits vor der UA das OP des Blattes unterschreitet.

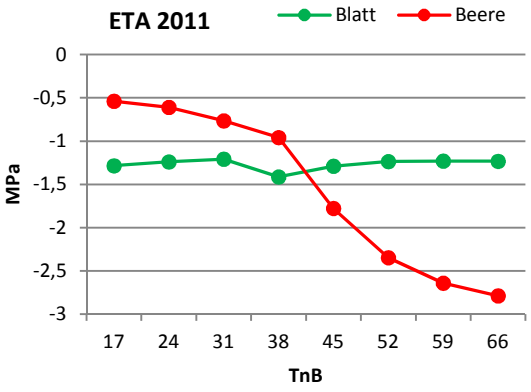

UA 2010
Blatt
Beere
0
-0,5
-1
-1,5
-2
-2,5
-3
MPa
17
24
31
38
45
52
59
66
TnB

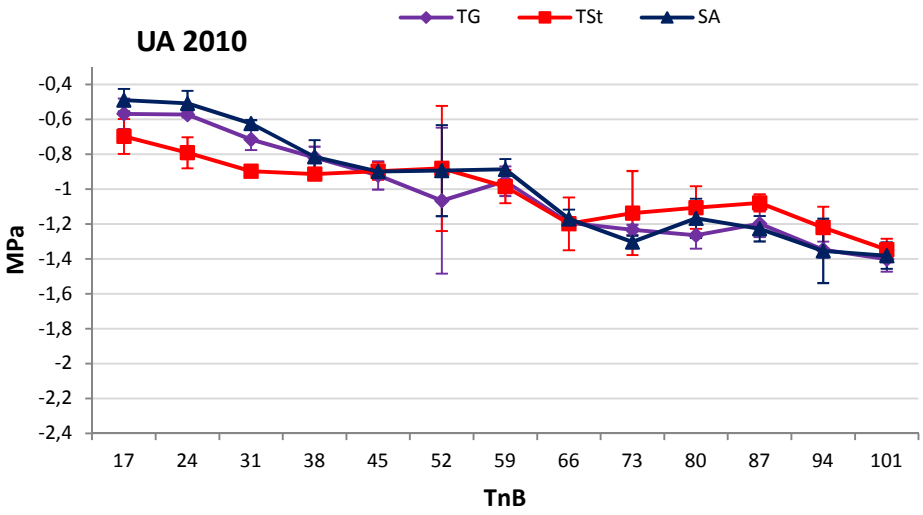

UA 2011
Blatt
Beere
0
-0,5
-1
-1,5
-2
-2,5
MPa
17
24
31
38
45
52
59
66
TnB

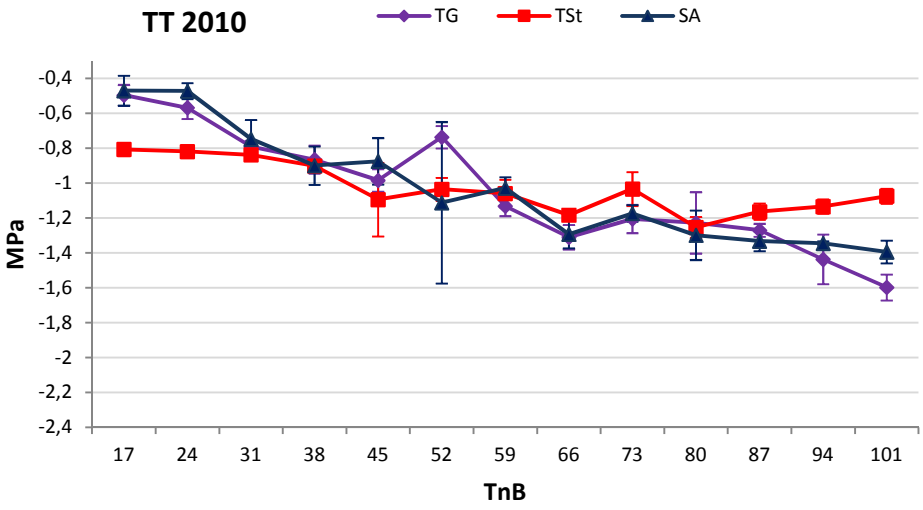

TT 2010
Blatt
Beere
0
-0,5
-1
-1,5
-2
-2,5
-3
MPa
17
24
31
38
45
52
59
66
TnB

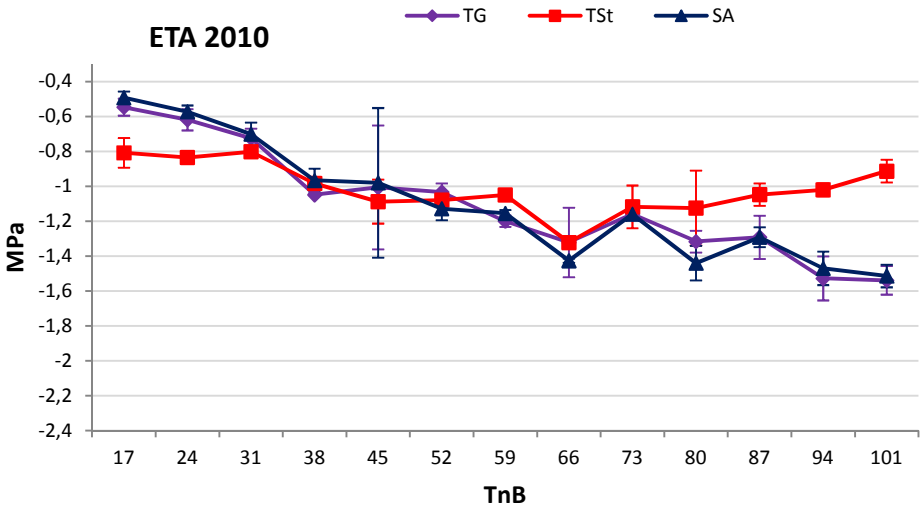

TT 2011
Blatt
Beere
0
-0,5
-1
-1,5
-2
-2,5
-3
MPa
17
24
31
38
45
52
59
66
TnB

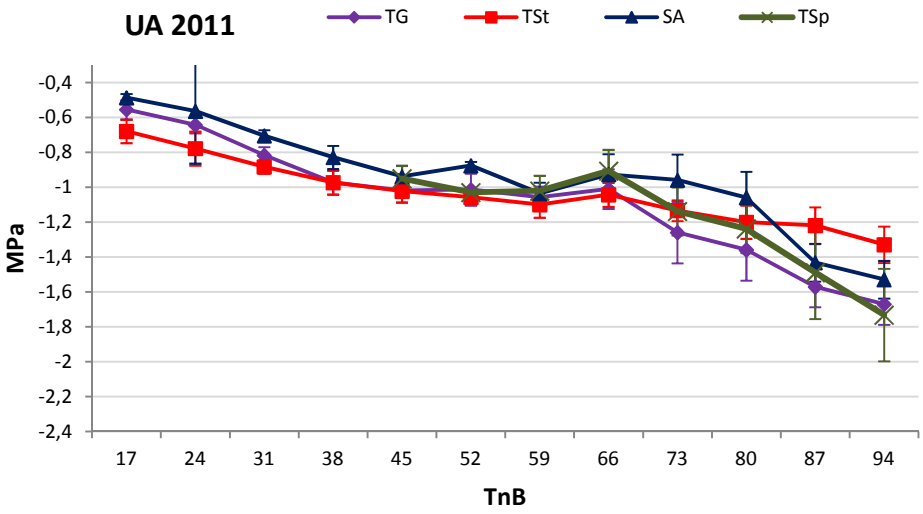

ETA 2010
Blatt
Beere
0
-0,5
-1
-1,5
-2
-2,5
-3
MPa
17
24
31
38
45
52
59
66
TnB

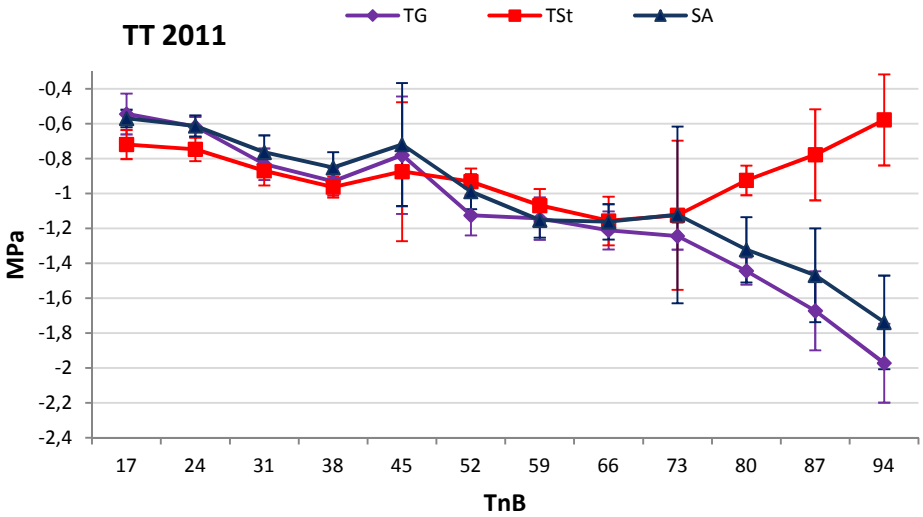

ETA 2011
Blatt
Beere
0
-0,5
-1
-1,5
-2
-2,5
-3
MPa
17
24
31
38
45
52
59
66
TnB

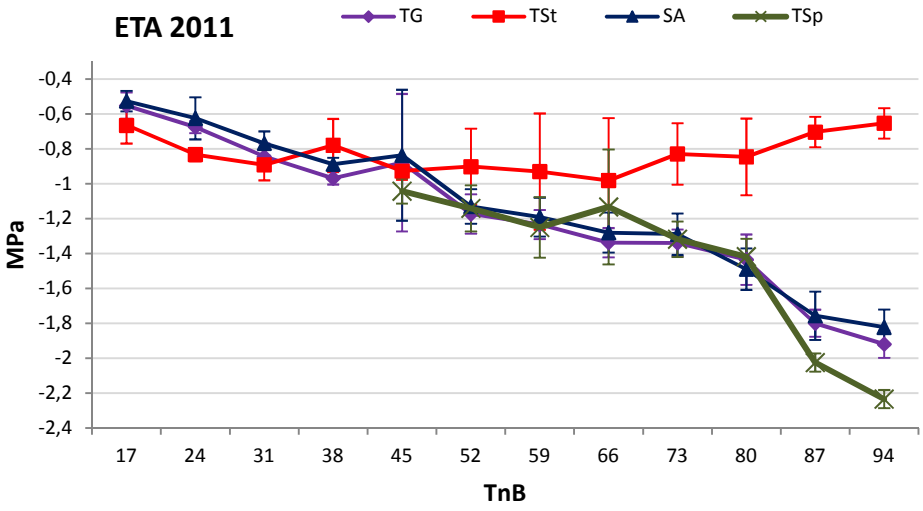

UA 2010
TG
TSt
SA
MPa
-0,4
-0,6
-0,8
-1
-1,2
-1,4
-1,6
-1,8
-2
-2,2
-2,4
17
24
31
38
45
52
59
66
73
80
87
94
101
TnB


TT 2010
TG
TSt
SA
MPa
-0,4
-0,6
-0,8
-1
-1,2
-1,4
-1,6
-1,8
-2
-2,2
-2,4
17
24
31
38
45
52
59
66
73
80
87
94
101
TnB


ETA 2010
TG
TSt
SA
MPa
-0,4
-0,6
-0,8
-1
-1,2
-1,4
-1,6
-1,8
-2
-2,2
-2,4
17
24
31
38
45
52
59
66
73
80
87
94
101
TnB


UA 2011
TG
TSt
SA
TSp
-0,4
-0,6
-0,8
-1
-1,2
-1,4
-1,6
-1,8
-2
-2,2
-2,4
MPa
17
24
31
38
45
52
59
66
73
80
87
94
TnB


TT 2011
TG
TSt
SA
-0,4
-0,6
-0,8
-1
-1,2
-1,4
-1,6
-1,8
-2
-2,2
-2,4
MPa
17
24
31
38
45
52
59
66
73
80
87
94
TnB


ETA 2011
TG
TSt
SA
TSp
-0,4
-0,6
-0,8
-1
-1,2
-1,4
-1,6
-1,8
-2
-2,2
-2,4
MPa
17
24
31
38
45
52
59
66
73
80
87
94
TnB

Das OP des Traubengerüstes in den Traubengerüstscheiben mit den 3 Scheibenbezeichnungen (TSt, TG, SA) lag in beiden Versuchsjahren, bei der ersten Messung zu TnB 17 bei allen 3 Versuchsvarianten im Bereich von -0,4 MPa bis -1,0 MPa (Abbildungen 9 und 10). Mit Ausnahme des Traubenstiels der Ausdünnungsvarianten war eine diskontinuierliche Abnahme des OP im zeitlichen Verlauf bei allen Schnittstellen im Traubengerüst bis zum Lesezeitpunkt auszuweisen. Eine Abnahme des OPs vom ersten Beprobungszeitpunkt bis Lese war auch bei Blatt und Beere zu erkennen. Beide Ausdünnungsvarianten weichen ab einem bestimmten Zeitpunkt von diesem Trend ab, die ETA am frühesten und am intensivsten (2011 bereits ab TnB 52). Bei TT und ETA konnten an einem unterschiedlichen Zeitpunkt nach Reifebeginn in beiden Versuchsjahren eine Zunahme des OPs im TSt verzeichnet werden, bei der kurz vor Lese ein OP zwischen -0,6 MPa und -1,2 MPa festgestellt werden konnte. Am letzten Beprobungszeitpunkt lag das OP in TG und SA bei allen Varianten zwischen -1,2 MPa bis -2,0 MPa bzw. in der TSp der UA und der ETA 2011 zwischen -1,6 MPa und -2,2 MPa. Das negativste OP in allen Traubengerüstscheiben (TStp, TG, SA, TSp) konnte in beiden Versuchsjahren bei der ETA nachgewiesen werden, hingegen das am geringsten negative bei der UA.

Im Versuchsjahr 2010 wurde kurz vor dem Lesezeitpunkt das negativste OP in der Traubengerüstmitte bei der TT mit -1,60 MPa bestimmt und 2011 bei der ETA mit -1,92 MPa. Zu Lesereife 2011 wurde in der Traubengerüstspitze der ETA mit -2,23 MPa der negativste Wert beider Versuchsjahre im Traubengerüst aller Varianten festgestellt.

Über die Signifikanzverhältnisse der Ergebnisse über das OP im Traubengerüst informiert Tabelle 19.

An fast allen Beprobungsterminen konnte in den Traubengerüsten von Reben mit Traubenausdünnung distal des Traubenstieles eine höhere Konzentration von osmotisch wirksamen Substanzen gegenüber Reben mit vollem Fruchtbehang nachgewiesen werden. Im Traubenstiel war ab einem bestimmten Zeitpunkt nach Reifebeginn bei Reben ohne Ertragsregulierung ein höherer Gehalt an osmotisch wirksamen Substanzen zu dokumentieren.

Tabelle 19: Statistische Prüfung des Osmotischen Potentials (OP) in Traubenstiel (TSt), Traubengerüstmitte (TG), Seitenästchen (SA) in Abhängigkeit von der Ausdünnungsvariante zu 3 phänologischen Leitterminen beider Versuchsjahre

Jahr	TnB	Zeitpunkt	Variante	OP TSt	OP TG	OP SA
2010	17	BBCH 75	UA	-0,79a	-0,57a	-0,49a
			TT	-0,82a	-0,50a	-0,47a
			ETA	-0,84a	-0,55a	-0,49a
			F-Wert	3,16n.s.	1,24n.s.	2,92n.s.
	45	BBCH 81	UA	-0,90b	-0,92a	-0,88c
			TT	-1,09a	-0,98a	-0,90b
			ETA	-1,09a	-1,01a	-0,98a
			F-Wert	3,92*	0,99n.s.	31,41***
	101	BBCH 89	UA	-1,35a	-1,40c	-1,38a
			TT	-1,07a	-1,60a	-1,39a
			ETA	-0,91b	-1,54b	-1,51a
			F-Wert	8,95**	10,78**	1,06n.s.
2011	17	BBCH 75	UA	-0,68a	-0,55a	-0,49a
			TT	-0,72a	-0,54a	-0,53a
			ETA	-0,67a	-0,55a	-0,61a
			F-Wert	0,52n.s.	0,04n.s.	0,84n.s.
	45	BBCH 81	UA	-1,02a	-1,01a	-0,84b
			TT	-0,87b	-0,78b	-0,72b
			ETA	-0,93b	-0,88a	-0,94a
			F-Wert	5,31*	6,83*	2,87n.s.
	94	BBCH 89	UA	-1,33a	-1,67b	-1,53b
			TT	-0,58b	-1,97a	-1,74a
			ETA	-0,65b	-1,92a	-1,82a
			F-Wert	29,60***	4,25*	4,66*

4.3.5 Ascorbat in Beerenfruchtfleisch und Beerenschale

Generell war bei allen 3 Versuchsvarianten der Gehalt an Gesamtascorbat (Ascorbat und Dehydroascorbat) in der Beerenschale wesentlich höher als im Beerenfruchtfleisch. Besonders auffallend waren in beiden Versuchsjahren die Änderungen des Ascorbatgehaltes im Verlauf der Beerenentwicklung. Sowohl in der Beerenschale als auch im Fruchtfleisch nahm während der Beerenentwicklung bei allen Varianten der Ascorbatgehalt bis zu Reifebeginn stark ab (Tabelle 20 und 21, Abbildung 11 und 12). Danach blieb die Ascorbatkonzentration in beiden Beerenbestandteilen bis zur Lese auf einem niedrigen Niveau. Die Tatsache, dass die Absolutgehalte an Ascorbat zum Lesezeitpunkt verglichen mit der ersten Probennahme bereits sehr niedrig waren, ist grundsätzlich zu beachten, wenn im Folgenden versucht wird, Unterschiede im Ascorbatgehalt der Beeren zwischen den 3 Varianten herauszuarbeiten.

Bedingt durch den allgemein starken Rückgang während der Beerenreife waren die Absolutgehalte an Ascorbat kurz vor dem Lesezeitpunkt bereits sehr niedrig. Dies ist grundsätzlich zu beachten, wenn im Folgenden versucht wird, Unterschiede im Ascorbatgehalt der Beeren zwischen den 3 Varianten herauszuarbeiten.

Tabelle 20: Ascorbatgehalt von Beerenfruchtfleisch und –schale im Jahr 2010 in Abhängigkeit von der Ausdünnungsvariante; Linie zwischen TnB 38 und 45 zeigt den Zeitraum des Reifebeginns an

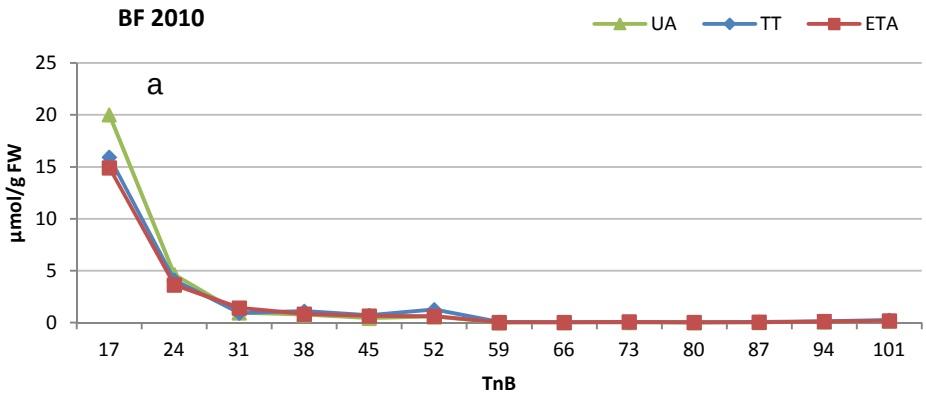
TnB	Ascorbat µmol/g FG					
	Beerenfruchtfleisch			Beerenschale		
	UA	TT	ETA	UA	TT	ETA
17	20,02	15,93	14,93	77,31	109,23	50,53
24	4,64	4,10	3,64	51,33	48,94	51,04
31	0,96	0,94	1,43	35,60	33,73	38,64
38	0,77	1,10	0,83	31,90	33,69	33,60
45	0,44	0,72	0,65	22,52	28,72	22,80
52	0,58	1,26	0,61	1,10	2,31	2,11
59	0,01	0,05	0,02	1,29	0,24	0,13
66	0,02	0,03	0,02	0,12	0,31	0,47
73	0,04	0,04	0,08	0,22	0,39	0,95
80	0,02	0,04	0,04	0,21	0,21	0,24
87	0,03	0,05	0,05	0,44	0,51	0,55
94	0,10	0,12	0,11	0,53	0,63	0,66
101	0,17	0,24	0,19	0,72	0,78	0,81

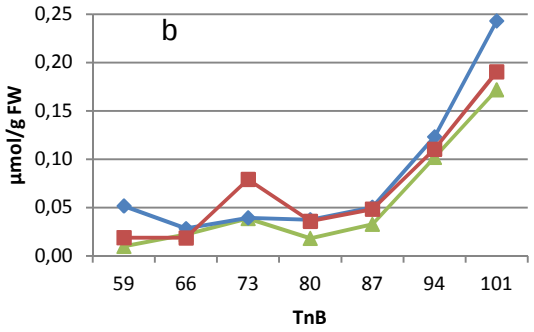
Vergleicht man die Ascorbatgehalte am ersten Beprobungstermin (TnB 17) zwischen 2010 und 2011, war sowohl in der Beerenschale als auch im Beerenfruchtfleisch ein unterschiedlich hohes Ausgangsniveau mit den höheren Konzentrationen im Jahr 2010 zu erkennen. In der Beerenschale nahm im Jahr 2010 der Ascorbatgehalt nur allmählich ab, sodass im ersten Versuchsjahr vor Reifebeginn noch eine deutlich höhere Konzentration vorhanden war als 2011 (Tabelle 20 und 21, Abbildung 11a und 12a). Im Beerenfruchtfleisch hingegen war in beiden Versuchsjahren bereits beim 2. Analysentermin ein starker Konzentrationsabfall zu verzeichnen. Zur Lesereife war 2010 in Fruchtfleisch und Schale verglichen mit 2011 noch immer ein deutlich höherer Ascorbatgehalt festzustellen (Tabelle 20 und 21, Abbildung 11b und 12b).

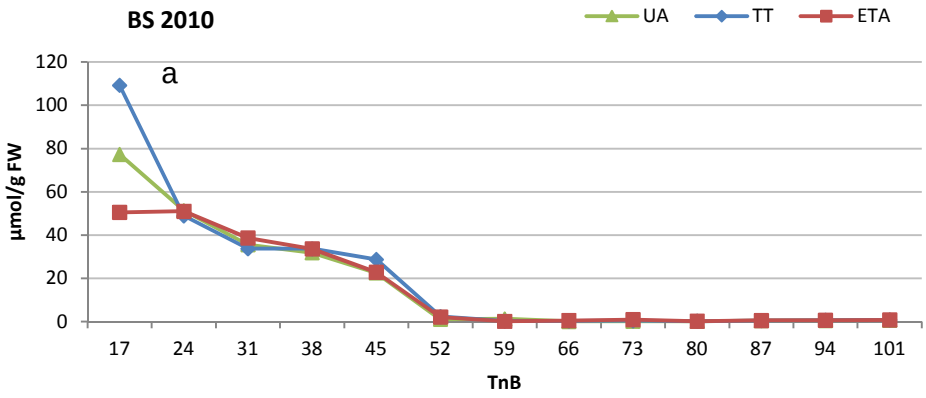
Bei einem Vergleich der Ascorbatgehalte zwischen den verschiedenen Versuchsvarianten zeigte sich, dass am letzten Beprobungstermin des ersten Versuchsjahres (2010) bei den Ausdünnungsvarianten höhere Ascorbatkonzentrationen in Beerenfruchtfleisch und Beerenschale bestimmt werden konnten als bei der unausgedünnten Kontrollvariante (Tabelle 20, Abbildung 11b). Im Jahr 2011 konnte hingegen kein klarer Einfluss der Traubenausdünnung auf den Ascorbatgehalt verzeichnet werden. Zu Reifebeginn enthielt die Ausdünnungsvariante ETA die höchsten Ascorbatkonzentrationen in Beerenfruchtfleisch und –schale. Die niedrigsten Gehalte konnten in beiden Beerenbestandteilen bei der TT bestimmt werden. Kurz vor dem Lesezeitpunkt 2011 waren wie im vorhergehenden Versuchsjahr im Fruchtfleisch die höchsten Ascorbatgehalte bei der TT vorhanden, die niedrigsten bei der ETA. In der Beerenschale war jedoch bei der ETA die höchste Konzentration nachzuweisen und bei der TT die niedrigste (Tabelle 21, Abbildung12b).

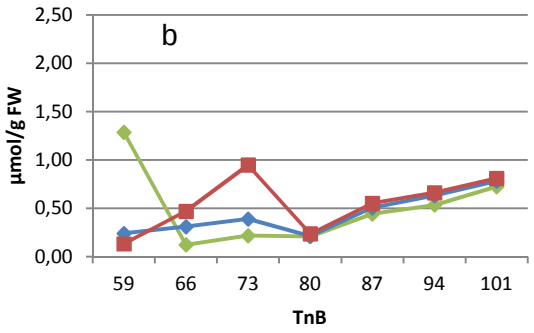
Tabelle 21: Ascorbatgehalt von Beerenfruchtfleisch und –schale des Versuchsjahres 2011 in Abhängigkeit von der Ausdünnungsvariante; Linie zwischen TnB 38 und 45 zeigt den Zeitraum des Reifebeginns an

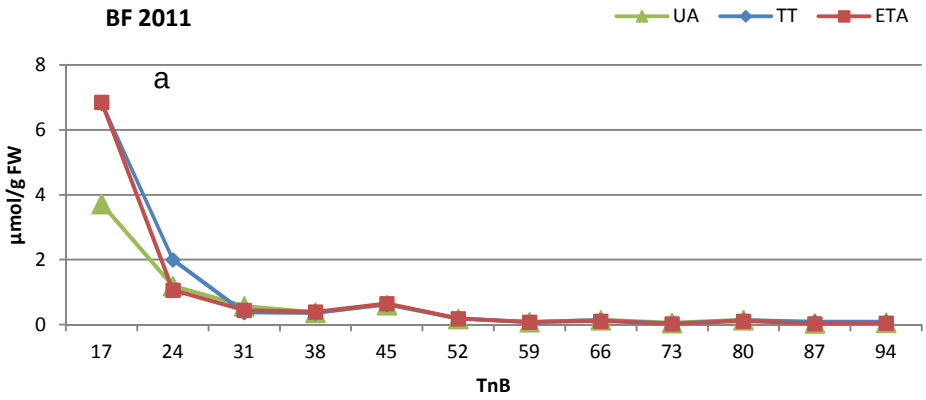
TnB	Ascorbat µmol/g FG					
	Beerenfruchtfleisch			Beerenschale		
	UA	TT	ETA	UA	TT	ETA
17	3,72	6,82	6,86	19,43	24,35	22,44
24	1,20	1,06	1,06	1,96	1,68	2,21
31	0,57	0,37	0,44	1,01	1,81	1,47
38	0,37	0,35	0,40	1,00	0,95	2,12
45	0,61	0,64	0,65	0,96	1,11	1,16
52	0,18	0,19	0,19	2,29	2,11	1,60
59	0,08	0,10	0,08	0,59	1,20	0,81
66	0,15	0,14	0,12	0,71	1,15	1,30
73	0,06	0,03	0,03	0,85	0,18	0,35
80	0,15	0,10	0,11	0,75	1,17	1,33
87	0,04	0,09	0,03	0,19	0,19	0,20
94	0,07	0,09	0,05	0,25	0,24	0,31

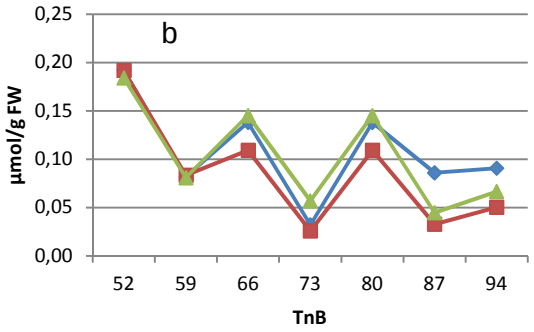

BF 2010
UA
TT
ETA
a
µmol/g FW
25
20
15
10
5
0
17
24
31
38
45
52
59
66
73
80
87
94
101
TnB

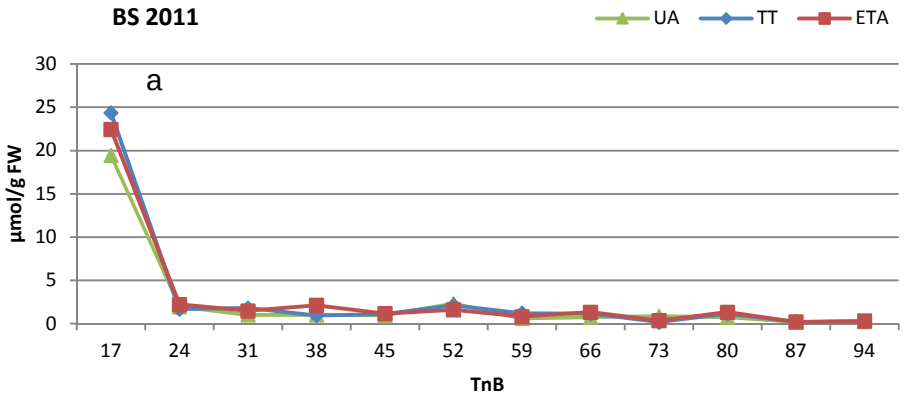

b
µmol/g FW
0,25
0,20
0,15
0,10
0,05
0,00
59
66
73
80
87
94
101
TnB

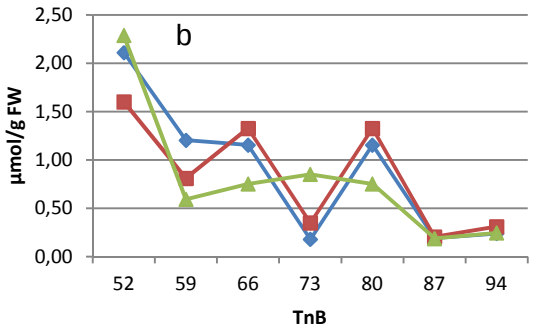

BS 2010
UA
TT
ETA
a
µmol/g FW
120
100
80
60
40
20
0
17
24
31
38
45
52
59
66
73
80
87
94
101
TnB


b
µmol/g FW
2,50
2,00
1,50
1,00
0,50
0,00
59
66
73
80
87
94
101
TnB


BF 2011
UA
TT
ETA
a
µmol/g FW
8
6
4
2
0
17
24
31
38
45
52
59
66
73
80
87
94
TnB

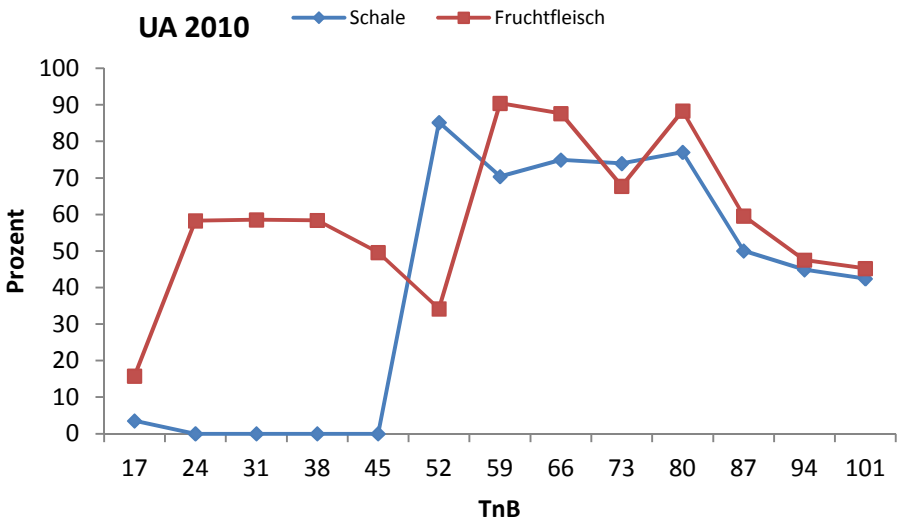

b
µmol/g FW
0,25
0,20
0,15
0,10
0,05
0,00
52
59
66
73
80
87
94
TnB

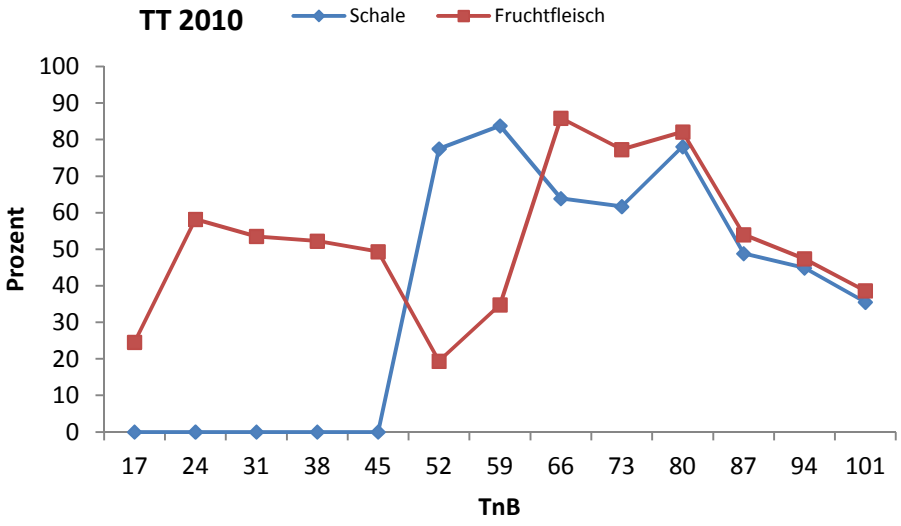

BS 2011
UA
TT
ETA
a
µmol/g FW
30
25
20
15
10
5
0
17
24
31
38
45
52
59
66
73
80
87
94
TnB

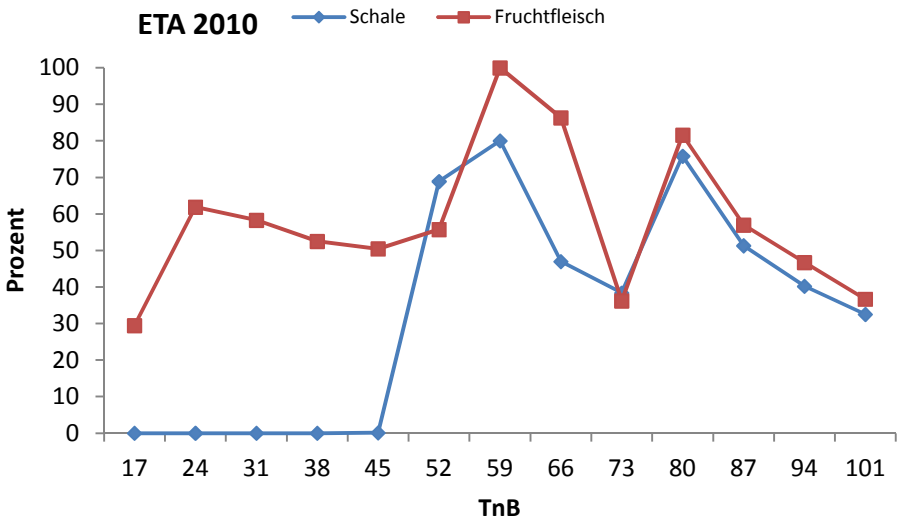

b
µmol/g FW
2,50
2,00
1,50
1,00
0,50
0,00
52
59
66
73
80
87
94
TnB

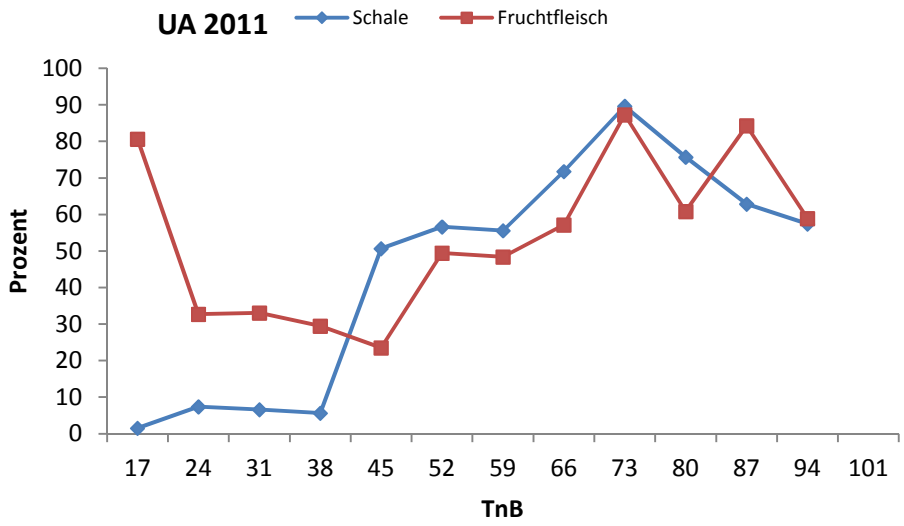
In den Abbildungen 13 und 14 ist der Verlauf des prozentuellen Anteiles von oxidiertem Ascorbat (Dehydroascorbat) am Gesamtascorbat in Beerenfruchtfleisch und Beerenschale der Versuchsjahre 2010 und 2011 variantenspezifisch dargestellt. In der Beerenschale lag in beiden Versuchsjahren das Ascorbat vor Reifebeginn fast ausschließlich in der reduzierten Form vor. Im Zeitraum des Reifebeginns (2010 ab TnB 45, 2011 ab TnB 38) konnte bei allen Varianten eine rasche Steigerung des oxidierten Anteils auf bis zu 80 % festgestellt werden. Danach blieb der Anteil der oxidierten Form auf einem relativ hohen Niveau.

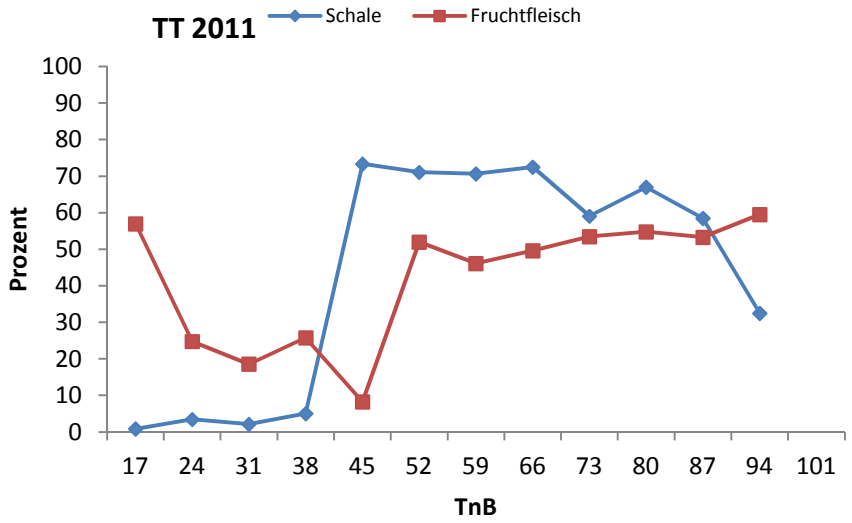
Im Fruchtfleisch fällt auf, dass bereits vor Reifebeginn das Ascorbat zu einem beträchtlichen Anteil in der oxidierten Form vorlag. Außerdem ist im Fruchtfleisch ein Vergleich des Verlaufes des oxidierten Ascorbatanteiles zwischen den ersten Beprobungsterminen beider Versuchsjahre bemerkenswert. 2010 war ein Anstieg des oxidierten Anteiles von rund 30 % auf bis zu 60 % vom ersten auf den 2. Beprobungstermin festzustellen, während im gleichen Zeitraum des Folgejahres ein prozentueller Abfall des oxidierten Ascorbates von über 50 % auf 30 % verzeichnet wurde. Zu Reifebeginn des ersten Versuchsjahres lag der oxidierte Anteil im Fruchtfleisch bei allen 3 Varianten um 50 %, im 2. Versuchsjahr bei der UA unter 30 % und bei den beiden Ausdünnungsvarianten sogar unter 10 %. Ein Trend im Ablauf der Oxidation des Ascorbates im Fruchtfleisch konnte in beiden Versuchsjahren bei allen 3 Varianten erkannt werden. Ein Beprobungstermin nach der verstärkten Oxidation von Ascorbat in der Beerenschale (2010: TnB 59, 2011: TnB 52; also im Zeitraum nach Reifebeginn) trat ebenfalls eine intensive Oxidation des Ascorbates im Fruchtfleisch ein. Kurz vor dem Lesezeitpunkt des ersten Versuchsjahres befanden sich die Versuchsvarianten auf einem Niveau um 40 %, wobei die UA den höchsten Anteil an oxidiertem Ascorbat mit 45 % zu verzeichnen hatte. Im Versuchsjahr 2011 lagen die prozentuellen Anteile an oxidiertem Ascorbat bei allen Varianten höher als im Vorjahr, nämlich um 50 %. Der oxidierte Anteil der einzelnen Versuchsvarianten war relativ ähnlich, wobei die TT mit 59 % am höchsten lag.

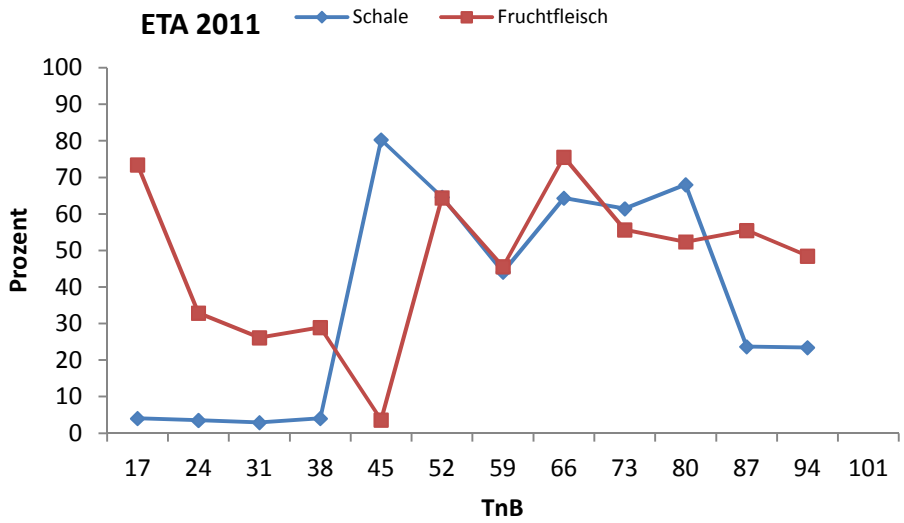

UA 2010
Schale
Fruchtfleisch
Prozent
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
17
24
31
38
45
52
59
66
73
80
87
94
101
TnB

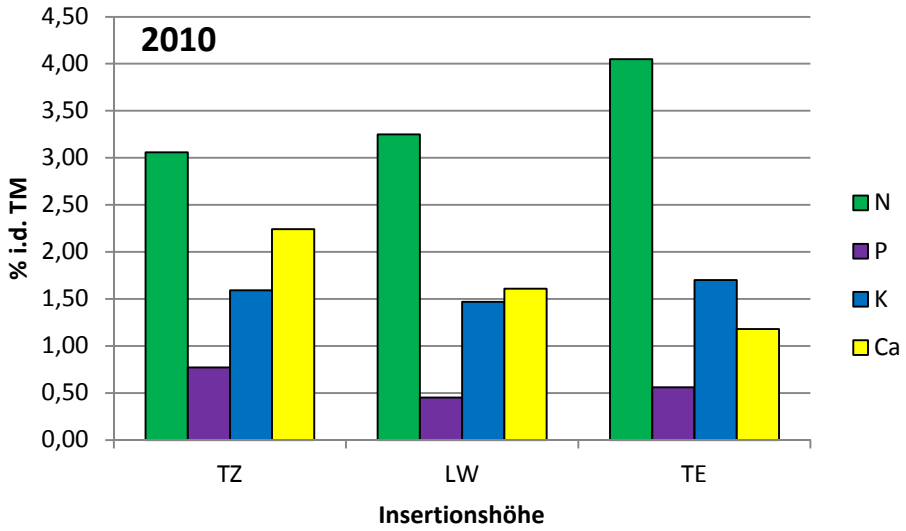

TT 2010
Schale
Fruchtfleisch
Prozent
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
17
24
31
38
45
52
59
66
73
80
87
94
101
TnB

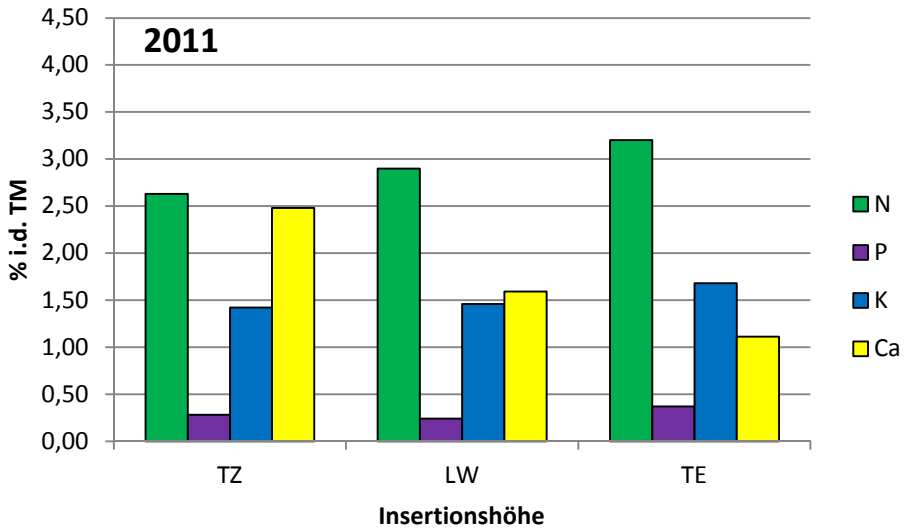

ETA 2010
Schale
Fruchtfleisch
Prozent
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
17
24
31
38
45
52
59
66
73
80
87
94
101
TnB


UA 2011
Schale
Fruchtfleisch
Prozent
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
17
24
31
38
45
52
59
66
73
80
87
94
101
TnB

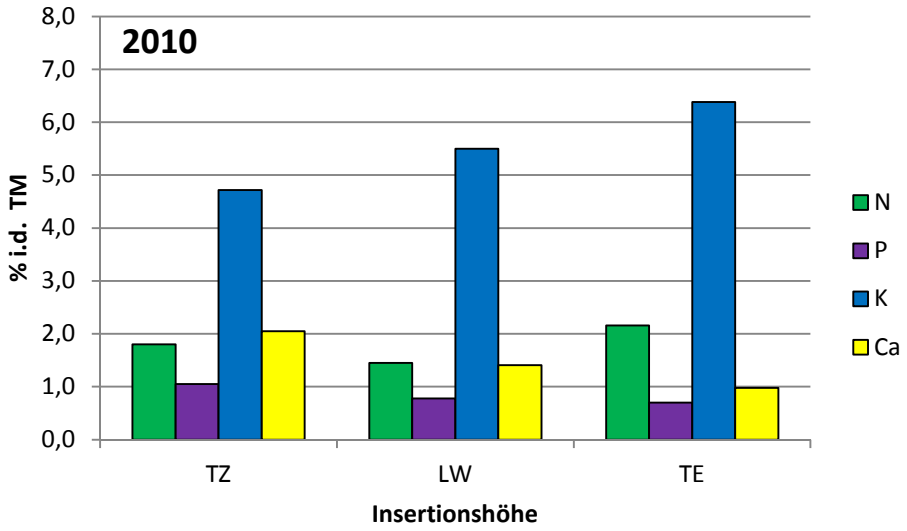

TT 2011
Schale
Fruchtfleisch
Prozent
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
17
24
31
38
45
52
59
66
73
80
87
94
101
TnB

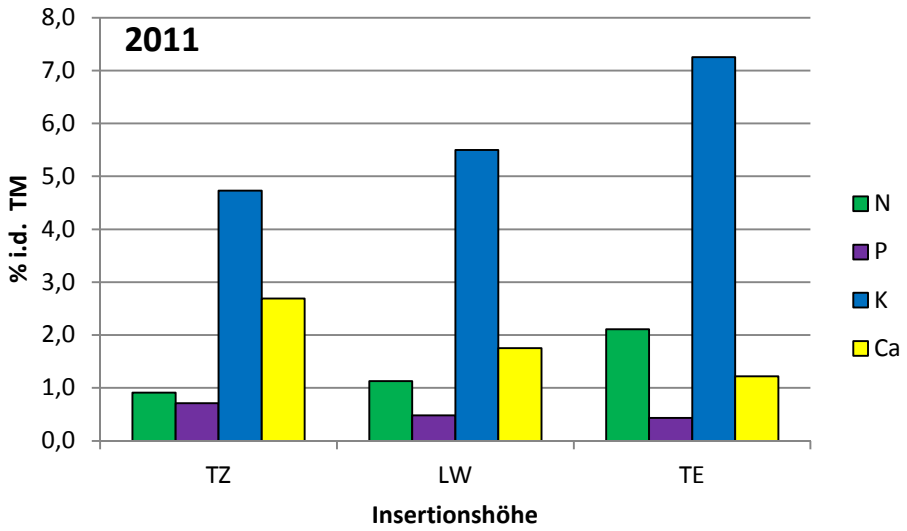

ETA 2011
Schale
Fruchtfleisch
Prozent
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
17
24
31
38
45
52
59
66
73
80
87
94
101
TnB


2010
4,50
4,00
3,50
3,00
2,50
2,00
1,50
1,00
0,50
0,00
% i.d. TM
TZ
LW
TE
Insertionshöhe
N
P
K
Ca

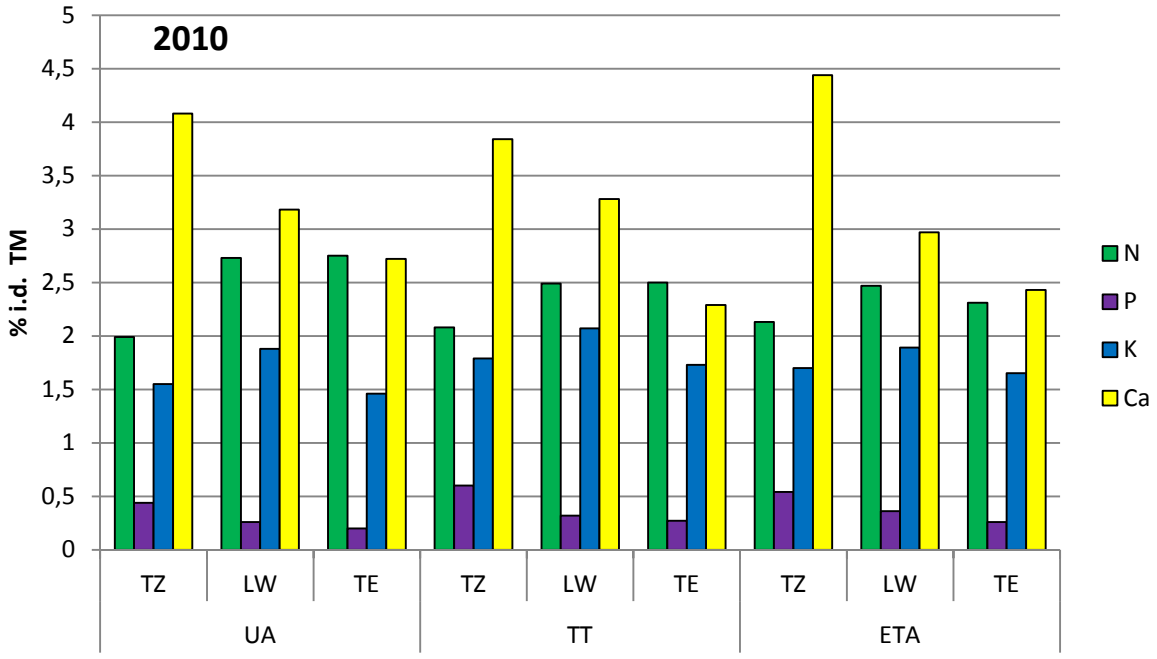

2011
4,50
4,00
3,50
3,00
2,50
2,00
1,50
1,00
0,50
0,00
% i.d. TM
TZ
LW
TE
Insertionshöhe
N
P
K
Ca

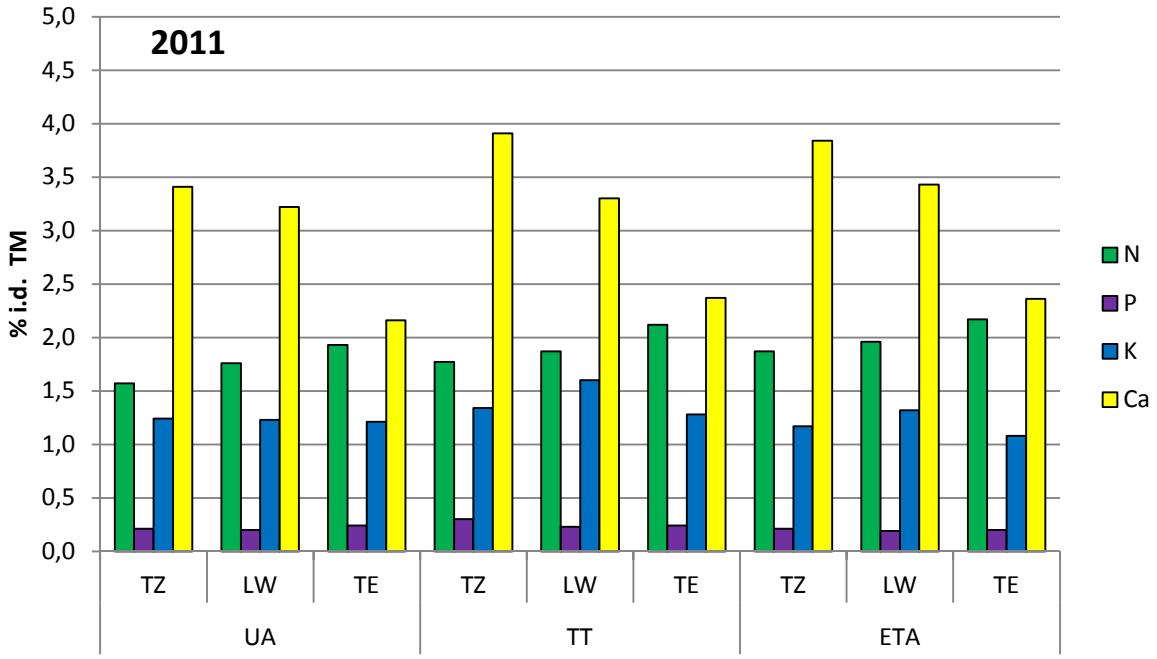
einen um 11 % höheren Gehalt im 2. Versuchsjahr als 2010. Hinsichtlich der Position am Trieb zeigte Stickstoff in beiden Versuchsjahren eine ansteigende Konzentration von Traubenzone (2010: 3,06 %; 2011: 2,63 %) bis zum oberen Triebbereich hin (2010: 4,05 %; 2011: 3,02 %). Jüngere Blätter am Trieb erwiesen sich demnach zur Blüte stickstoffreicher. Bei Phosphor konnten im ersten Versuchsjahr die höchsten Gehalte in der Traubenzone (0,77 %), 2011 jedoch am Triebende (0,37 %) festgestellt werden. Der K-Ggehalt ließ im Vergleich zu den anderen Nährstoffkonzentrationen (N, P, Ca) keinen auffallenden Unterschied bezogen auf Insertionshöhe erkennen, obwohl in beiden Jahren zur Rebblüte die höchste K-Konzentration in Blättern im oberen Bereich der Triebes (2010: 1,70 %; 2011: 1,68 %) nicht zu übersehen war. Kalzium verhielt sich 2010 und 2011 konträr zu Stickstoff, es verringerte sich mit zunehmender Insertionshöhe von Traubenzone (2010: 2,24 %; 2011: 2,48 %) bis Triebspitze (2010: 1,18 %; 2011: 1,11 %).


2010
8,0
7,0
6,0
5,0
4,0
3,0
2,0
1,0
0,0
% i.d. TM
TZ
LW
TE
Insertionshöhe
N
P
K
Ca


2011
8,0
7,0
6,0
5,0
4,0
3,0
2,0
1,0
0,0
% i.d. TM
TZ
LW
TE
Insertionshöhe
N
P
K
Ca

Gehalte im ersten Versuchsjahr vorhanden waren als 2011, während Ca in allen Insertionshöhen reichlicher nachzuweisen war als 2010. Bei P wurden im Blattstiel die niedrigsten Gehalte aller untersuchten Nährstoffe festgestellt sowie die geringste Veränderung der P-Konzentration innerhalb der 3 Insertionshöhen.


2010
% i.d. TM
5
4,5
4
3,5
3
2,5
2
1,5
1
0,5
0
TZ
LW
TE
UA
TT
ETA
N
P
K
Ca


2011
% i.d. TM
5,0
4,5
4,0
3,5
3,0
2,5
2,0
1,5
1,0
0,5
0,0
TZ
LW
TE
UA
TT
ETA
N
P
K
Ca

Wie schon im Zeitraum der Rebblüte (09.06.10, 29.05.11) waren auch im Zeitraum des Reifebeginns (02.08.10, 23.07.11) in der Blattspreite höhere Konzentrationen von N, P und K im ersten, niederschlagsreicheren Versuchsjahr feststellbar (Abbildung 17).

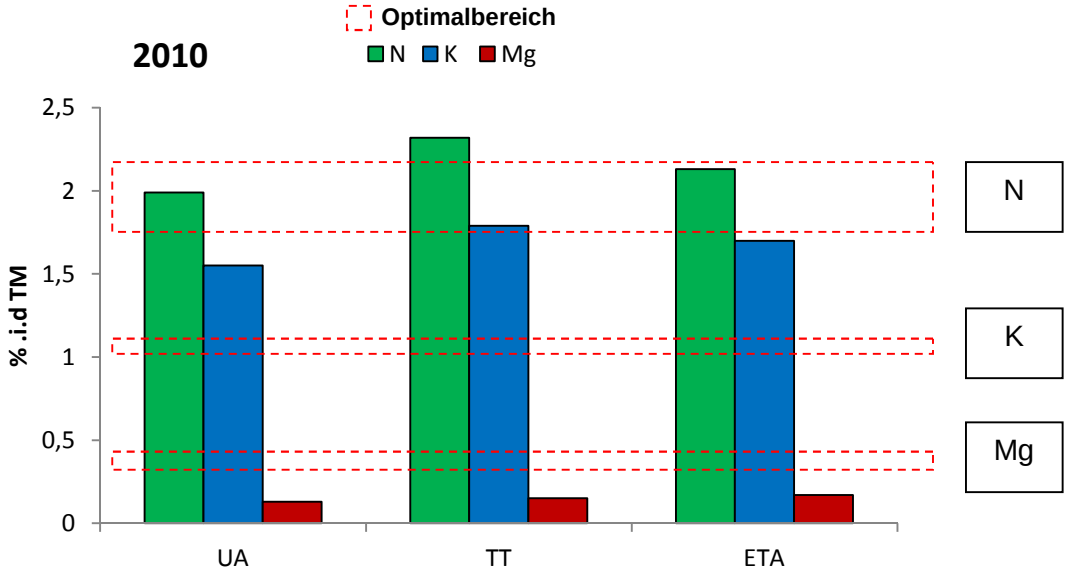
Zu Reifebeginn waren die **N**-Gehalte mit 1,77 % bis 2,75 % im Gegensatz zur Rebblüte (2,63-4,05 %) deutlich geringer. 2010 war der Gehaltsunterschied zwischen Laubwandmitte und Triebende viel weniger ausgeprägt als im darauffolgenden Jahr 2011, wo ein relativ gleichmäßiger Anstieg von unten nach oben im Verlauf der bis zur 3. geprüften Insertionshöhe ausgewiesen werden konnte. Außer bei der ETA 2010 ließ sich in beiden Versuchsjahren bei allen Varianten eine Konzentrationszunahme von Stickstoff von der Traubenzone (ältere Blätter) bis Triebende (jüngere Blätter) nachweisen. Bei der ETA 2010 war die höchste Konzentration in der Laubwandmitte mit 2,47 % lokalisiert. Im ersten Versuchsjahr war ein höherer N-Gehalt bei der UA (TE 2,75 %) als bei den Ausdünnungen zu verzeichnen und im Folgejahr waren in allen 3 Insertionshöhen höhere N-Konzentrationen bei den Ausdünnungen nachzuweisen, wobei dieser Effekt am deutlichsten in der Traubenzone erkennbar war. Der höchste N-Gehalt in der Traubenzone mit 2,17 % war bei der ETA gegeben.

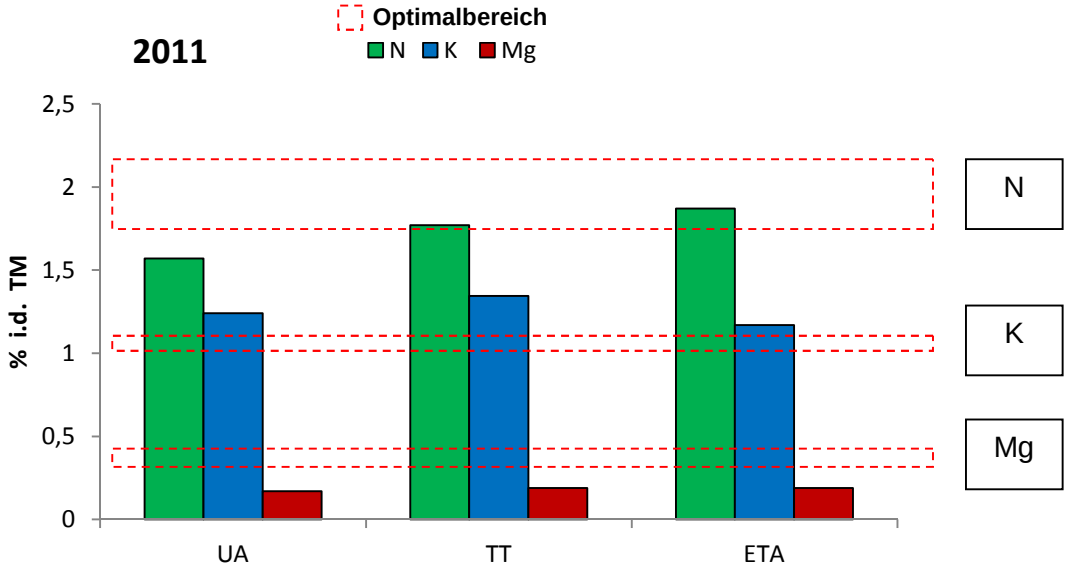
Lag der **P-**Gehalt in der Blattspreite zu Rebblüte in einem Bereich von 0,24-0,77 % vor, gab es zu Reifebeginn mit 0,19 % bis 0,60 % geringfügig niedrigere Konzentrationen. Im Versuchsjahr 2010 konnte bei allen 3 Varianten eine Konzentrationsabnahme von Phosphor von Traubenzone in Richtung Triebspitze (im Bereich von 0,60-0,20 %) festgestellt werden, welche sich im Jahr 2011 nur bei der TT bestätigte. Bei ETA und UA waren im Gegensatz dazu äußerst geringe Unterschiede zwischen den Insertionshöhen (im Bereich von 0,19-0,24 %) vorhanden. Zwischen Ausdünnungsvarianten und Kontrolle konnte relativ wenig Unterschied im P-Gehalt der Blattspreite verzeichnet werden. In beiden Versuchsjahren war der höchste Gehalt an Phosphor in den Blattspreiten der Traubenzone der TT (2010: 0,60 %; 2011: 0,30 %) nachzuweisen.

K wies zu Reifebeginn mit (1,60-2,07 %) eine deutlich höhere Konzentration auf als zur Rebblüte (1,42-1,70 %). Die höchsten K-Gehalte konnten in beiden Versuchsjahren und bei allen 3 Varianten in der Laubwandmitte lokalisiert werden, wobei die TT die höchsten Konzentrationen (2010: 2,07 %; 2011: 1,60 %) zu verzeichnen hatte. Im Folgejahr war dieser Trend bei grundsätzlich geringeren Unterschieden zwischen den 3 Insertionshöhen bei der UA (LW 1,24 %) am schwächsten ausgeprägt. Es konnte somit in beiden Jahren ein höherer K-Gehalt in den Blattspreiten der Ausdünnungsvarianten gegenüber der Kontrolle verzeichnet werden.

Während **Ca** zur Blüte in einem Bereich von 1,11-2,48 % vorlag, waren zu Reifebeginn höhere Konzentrationen von 2,16-4,44 % auf deutlich höherem Niveau. Im gesamten Versuchszeitraum gab es bei allen 3 Varianten den höchsten Ca-Wert in der Traubenzone (ältere Blätter, 3.-5. Nodium) und den niedrigsten am Triebende (jüngere Blätter, 9.-10. Nodium). Zu Reifebeginn hatte die ETA 2010 (TZ 4,44 %) die höchsten Werte aufzuweisen und 2011 die TT (TZ 3,91 %). Im ersten Versuchsjahr waren nur relativ wenig deutliche Unterschiede zwischen den Ausdünnungsvarianten erkennbar, sehr wohl aber im 2. Versuchsjahr, wo bei den Fruchtansatzregulierungen in allen 3 Insertionshöhen höhere Ca-Gehalte in der Blattspreite nachgewiesen wurden.

Ohne der Diskussion vorzugreifen lagen 2010 und 2011 die Gehalte an N annähernd im Optimalbereich, K über dem Optimum und Mg unter den in der Literatur angegebenen Optima (Abbildung 18).


Optimalbereich
2010
N K Mg
2,5
2
1,5
1
0,5
0
% i.d TM
UA
TT
ETA
N
K
Mg

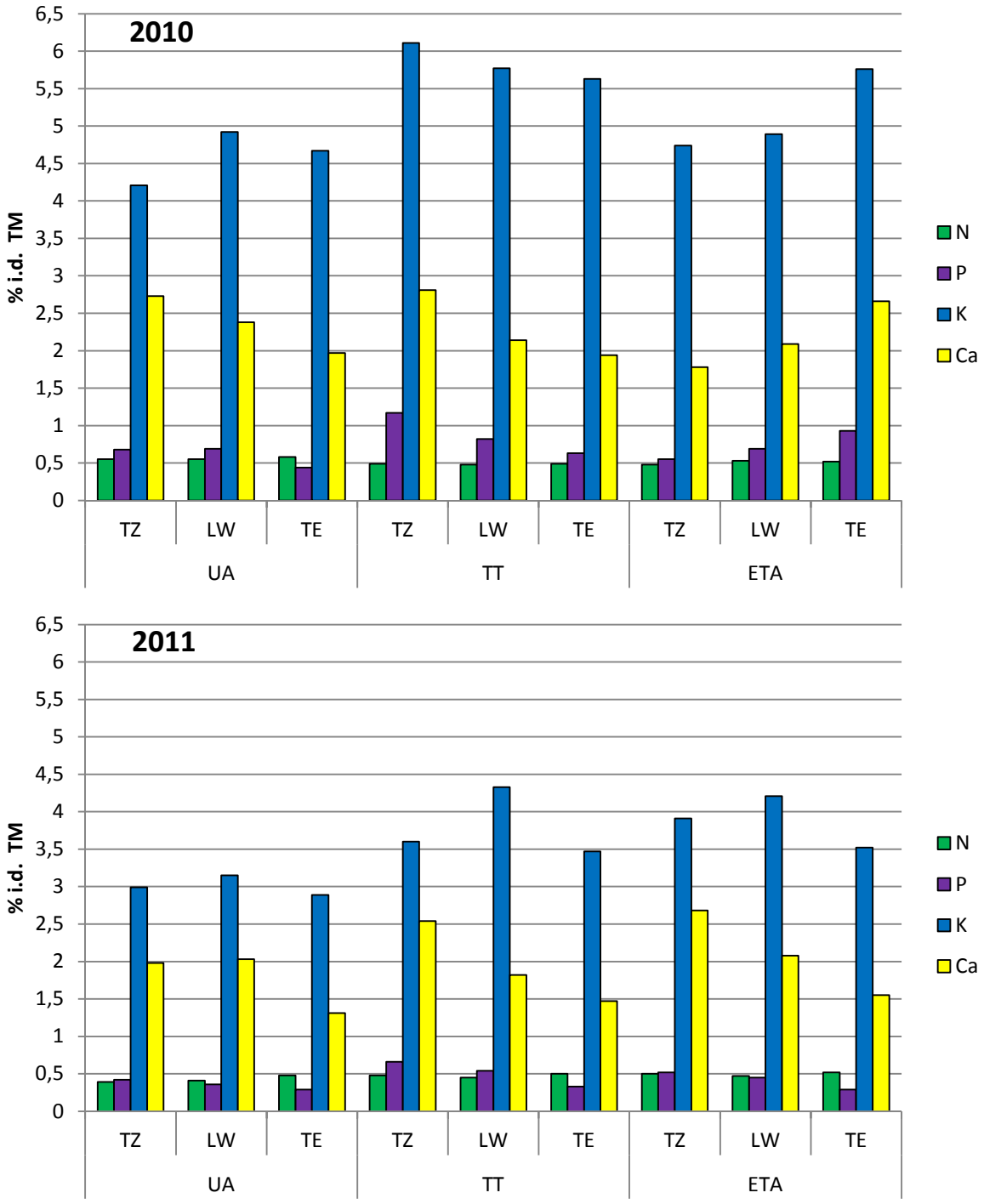

Optimalbereich
2011
N K Mg
2,5
2
1,5
1
0,5
0
% i.d. TM
UA
TT
ETA
N
K
Mg

Unterschied im K/Ca-Verhältnis der Ausdünnungen gegenüber der Kontrollvariante zu erkennen.

Auch beim N/K-Verhältnis war zu allen Beprobungsterminen und bei allen Varianten eine Zunahme des Verhältniswertes Richtung Triebspitze festzustellen, was Ursache des höheren N-Gehaltes in den apikal lokalisierten Blattspreiten im Bereich des Triebendes war. Der größte Unterschied zwischen beiden Versuchsjahren ließ sich bei der ETA (TZ 2011) erkennen. Im N/K-Verhältnis wurde kein deutlicher Unterschied zwischen Ausdünnungsvarianten und Kontrolle nachgewiesen.

Tabelle 22: Nährstoff-Verhältnisse (K/Mg, K/Ca und N/K) in der Blattspreite im Zeitraum des Reifebeginns (02.08.10 bzw. 23.07.11) in Abhängigkeit von der Ausdünnungsvariante und der Blattinsertion

		K/Mg		K/Ca		N/K	
Variante	Insertion	2010	2011	2010	2011	2010	2011
UA	TZ	7,05	7,29	0,38	0,36	1,28	1,27
	LW	10,44	8,20	0,59	0,38	1,45	1,43
	TE	8,59	9,31	0,54	0,56	1,88	1,60
TT	TZ	11,93	7,05	0,47	0,34	1,20	1,17
	LW	13,80	9,41	0,63	0,48	1,30	1,32
	TE	12,36	9,85	0,76	0,54	1,45	1,66
ETA	TZ	10,00	6,16	0,38	0,30	1,25	1,48
	LW	13,50	7,76	0,64	0,38	1,31	1,60
	TE	12,69	8,31	0,68	0,46	1,40	2,01


2010
% i.d. TM
6,5
6
5,5
5
4,5
4
3,5
3
2,5
2
1,5
1
0,5
0
TZ
LW
TE
UA
TT
ETA
N
P
K
Ca
2011
% i.d. TM
6,5
6
5,5
5
4,5
4
3,5
3
2,5
2
1,5
1
0,5
0
TZ
LW
TE
UA
TT
ETA
N
P
K
Ca

Die **N**-Konzentration (Abbildung 19) des Blattstieles zu Reifebeginn (0,48-0,85 %) war auf einem deutlich niedrigeren Niveau als noch zur Rebblüte (0,91-2,16 %). Mit Ausnahme der ETA 2010 konnte in beiden Versuchsjahren bei allen Varianten, wie auch bei der Blattspreite, eine Zunahme von N in Richtung Triebspitze (apikalere, jüngere Blätter) verzeichnet werden. Die höchste N-Konzentration konnte 2010 bei der UA mit 0,58 % und 2011 bei der ETA mit 0,52 % ausgewiesen werden, wobei bemerkt werden muss, dass die maximale Differenz zwischen den Varianten nur 0,13 % beträgt und somit kein deutlicher Unterschied im N-Gehalt des Blattstieles der Ausdünnungsvarianten gegenüber der Kontrollvariante nachgewiesen wurde.

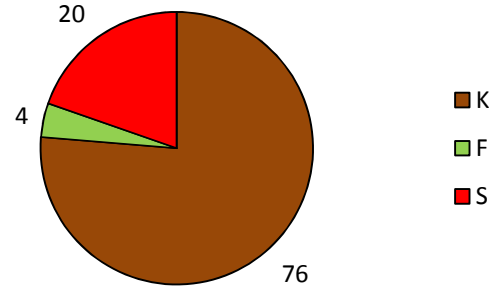
Zu Reifebeginn lag ein **P**-Gehalt im Blattstiel von 0,29 % bis 0,93 % vor, wobei zu Rebblüte Konzentrationen von 0,43-1,05 % festzustellen waren. Mit Ausnahme der ETA 2010 konnte in beiden Jahren bei allen Varianten eine Abnahme von P Richtung Triebspitze verzeichnet werden. Die TT hatte 2010 und 2011 den höchsten P-Gehalt (2010: 1,17 %, 2011: 0,66 %) aufzuweisen. In beiden Jahren (in verstärktem Ausmaß 2010) konnte eine höhere P-Konzentration bei den Ausdünnungen als bei der Kontrollvariante verzeichnet werden.

Bei Vergleich der Ergebnisse der **K**-Konzentration in Blattspreiten (Abbildung 17) mit den Blattstielen (Abbildung 19) zu Reifebeginn und Rebblüte sind in beiden Jahren vor allem die höheren K-Werte in den Blattstielen auffallend, sowie die Tatsache, dass 2011 bei allen Varianten deutlich geringere K-Gehalte im Gegensatz zum niederschlagsreicheren Vorjahr zu verzeichnen waren. Im Vergleich mit der **Kalium**-Konzentration des Blattstieles zu Rebblüte, bei der ein K-Gehalt in einem Bereich von 4,72-7,25 % vorlag, waren zu Reifebeginn Konzentrationen von 2,89 % bis 6,11 % festzustellen. Im Versuchsjahr 2010 war die höchste K-Konzentration bei jeder Variante in einer anderen Insertionshöhe lokalisiert, nämlich bei der TT in der Traubenzone (6,11 %), bei der ETA in der Triebspitze (5,76 %) und bei der UA in der Laubwandmitte (4,92 %). Im Folgejahr konnte bei allen 3 Varianten die höchste Konzentration in der Laubwandmitte festgestellt werden. In beiden Jahren waren bei der TT die höchsten K-Konzentrationen (2010: 6,11 %; 2011: 4,33 %) zu verzeichnen. Sehr deutlich wurde 2010 und 2011 ein höherer K-Gehalt in den Blattstielen der ausgedünnten Reben im Gegensatz zur Kontrolle festgestellt.

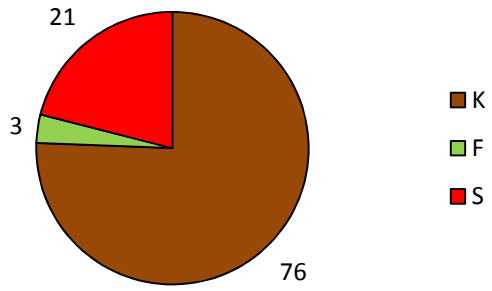
Die Blattstiele hatten im Zeitraum des Reifebeginns **Ca**-Konzentrationen in einem Bereich von 1,31-2,81 % aufzuweisen, wobei im Vergleich zur Rebblüte 0,98-2,69 % vorhanden waren. Bei Vergleich mit den Ergebnissen der Blattspreite konnte mit Ausnahme der ETA 2010 und UA 2011, ein Konzentrationsgefälle von Traubenzone bis Triebspitze nachgewiesen werden, bei der sich die höchste Konzentration in älteren, basalen Blättern

(Traubenzone) befand und die niedrigste bei apikal inserierten, jüngeren Blättern (Triebende). Bei Vergleich des Ca-Gehaltes der Versuchsvarianten konnte die höchste Konzentration 2010 bei der TT (2,81 %) und 2011 bei der ETA (2,68 %) ausgewiesen werden. In beiden Jahren (intensiver ausgeprägt 2011) war in den Blattstielen der Ausdünnungsvarianten mehr Ca-Gehalt als bei der Kontrollvariante nachzuweisen.

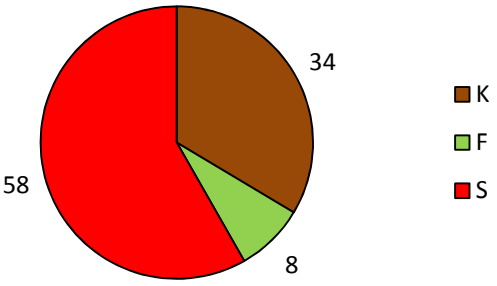
N %



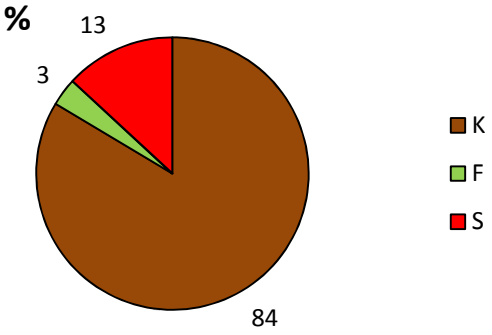
P %



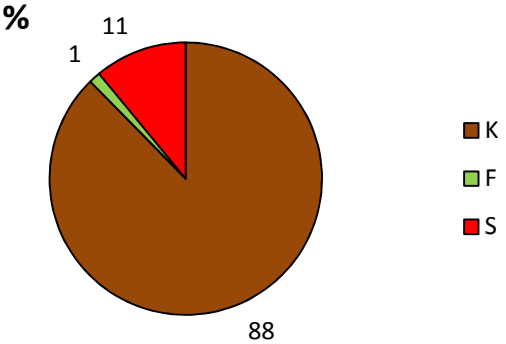
K %

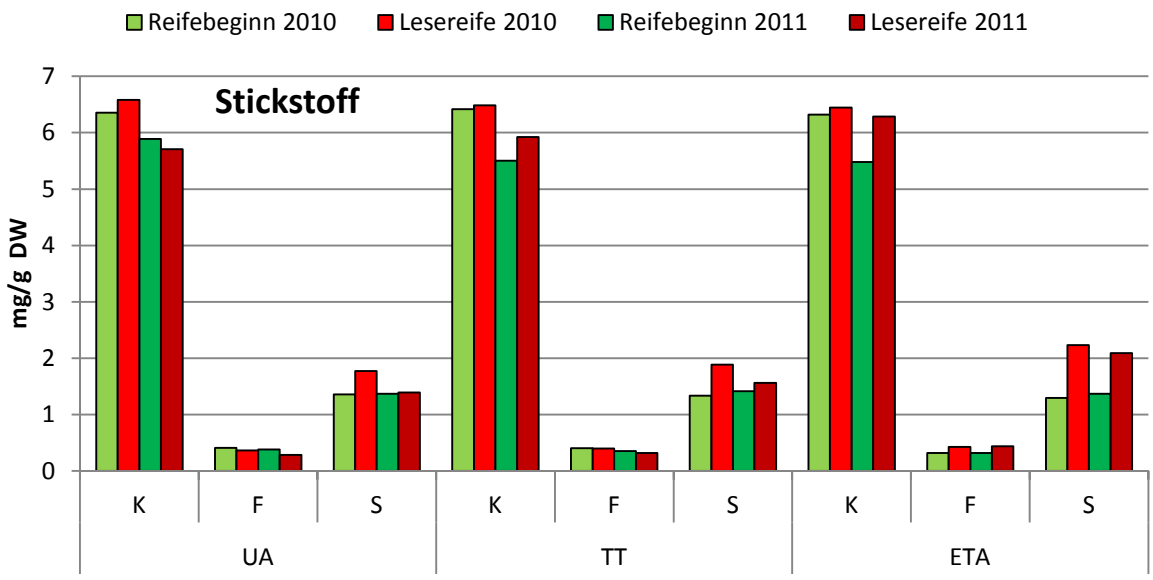


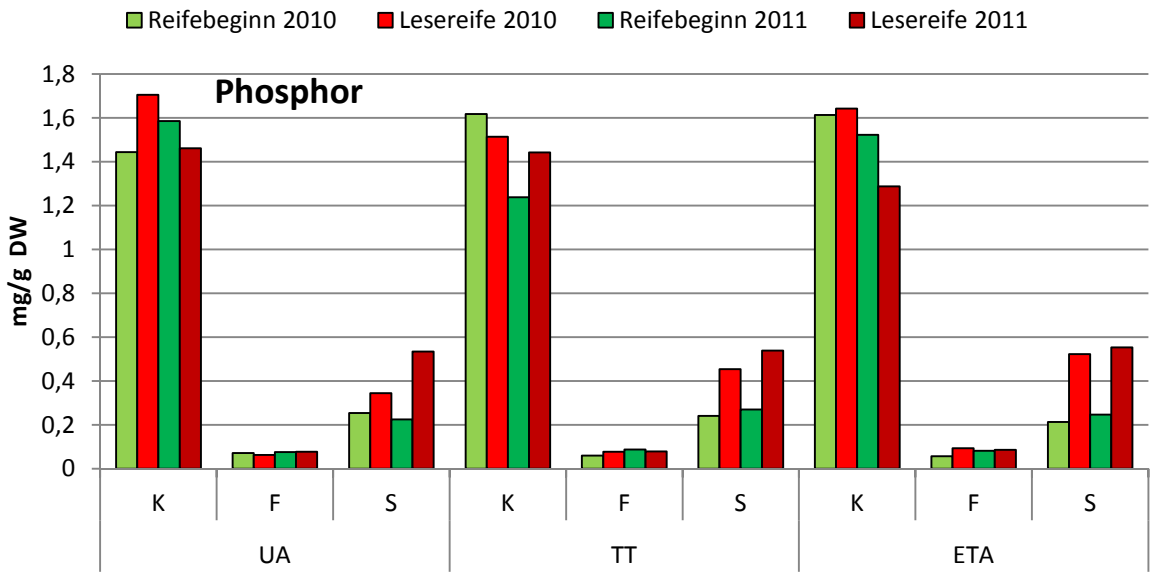
Mg %



Ca %



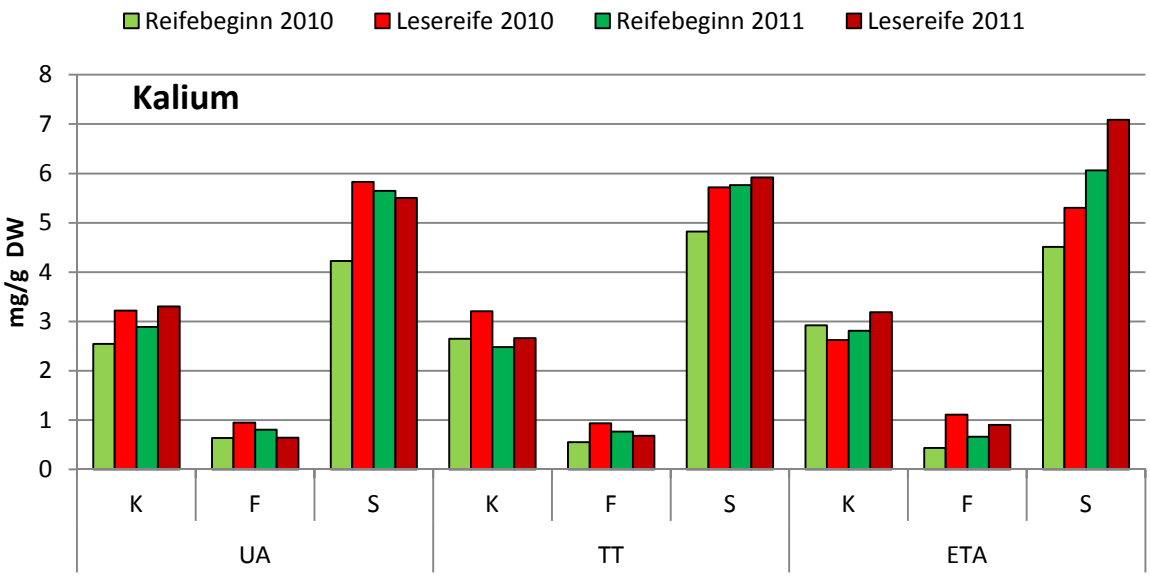

Reifebeginn 2010
Lesereife 2010
Reifebeginn 2011
Lesereife 2011
Stickstoff
mg/g DW
0
1
2
3
4
5
6
7
K
F
S
K
F
S
K
F
S
UA
TT
ETA


Reifebeginn 2010
Lesereife 2010
Reifebeginn 2011
Lesereife 2011
Phosphor
mg/g DW
1,8
1,6
1,4
1,2
1
0,8
0,6
0,4
0,2
0
K
F
S
K
F
S
K
F
S
UA
TT
ETA

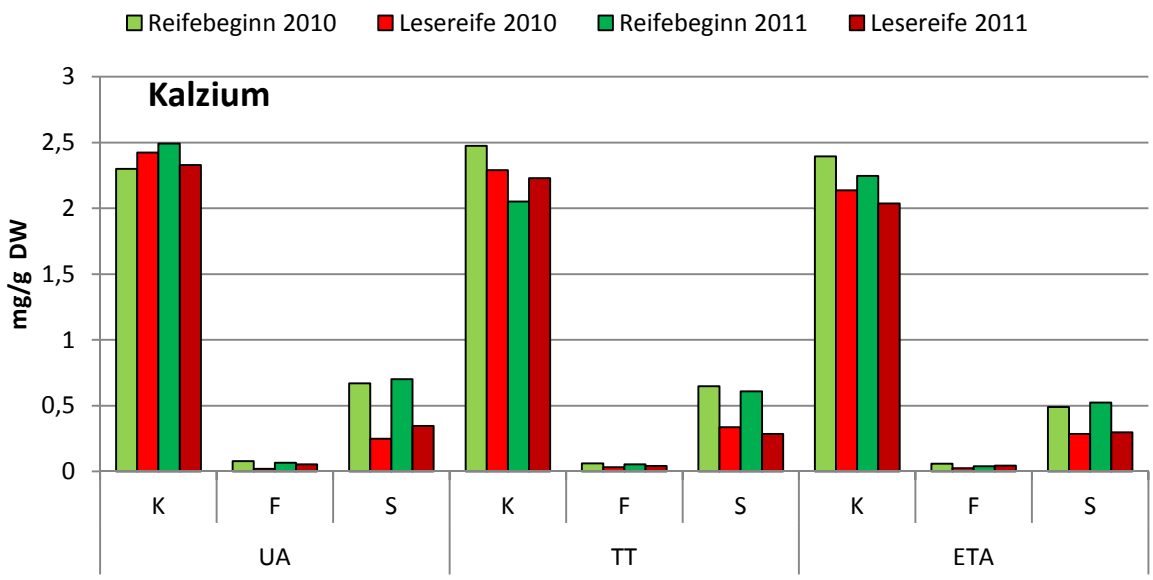
ETA und UA zur Lese höher war, während dies bei der TT zu Reifebeginn der Fall war. Im Beerenfruchtfleisch konnte bei TT und ETA eine leichte Zunahme und bei der UA eine leichte Abnahme festgestellt werden. Die höchste P-Konzentration in den Kernen konnte bei der UA (1,70 mg/g DW) ausgewiesen werden, im Beerenfruchtfleisch und der Schale bei der ETA (F: 0,09 mg/g DW; S: 0,52 mg/g DW). Bei variantenspezifischer Aufsummierung der P-Gehalte der einzelnen Beerenbestandteile ergaben sich zur Lese 2010 folgende Werte in mg/g DW: UA 2,11; TT 2,05 und ETA 2,26.

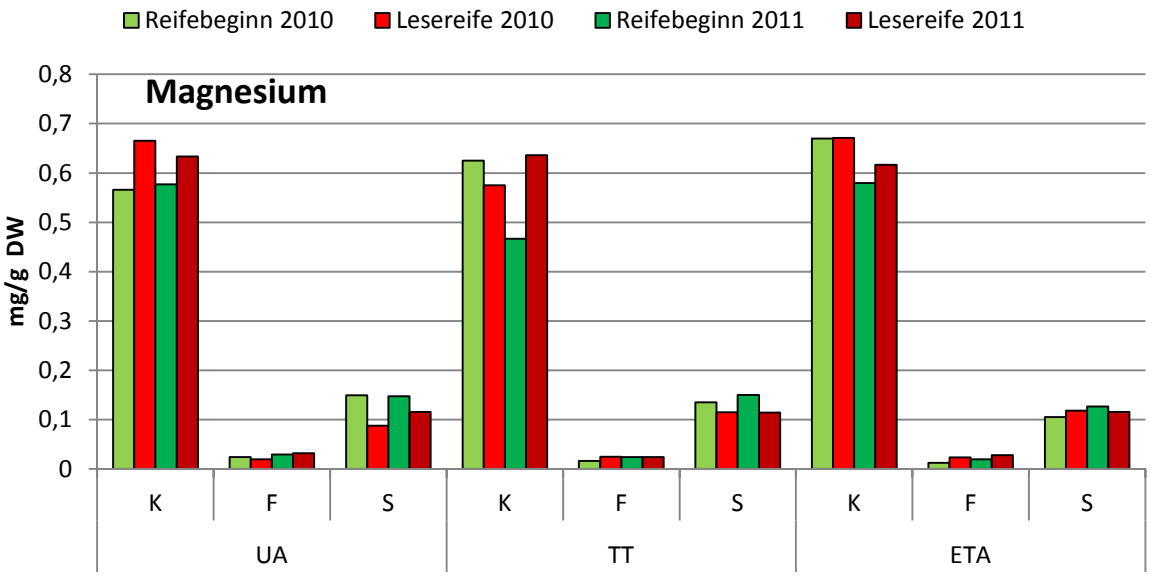
Ein auffälliges Merkmal im **P**-Gehalt der Beerenbestanteile des Versuchsjahres **2011** bestand darin, dass die höheren P-Werte in den Kernen bei der ETA und der UA zu Reifebeginn zu verzeichnen waren, jedoch bei der TT zur Lese. Diese Tatsache erscheint gegensätzlich zum Konzentrationsverhalten des Vorjahres. Eine Gemeinsamkeit beider Versuchsjahre besteht aber im Konzentrationsverlauf der Beerenschale, bei der die höheren Konzentrationen zur Lese feststellbar waren. Im Beerenfruchtfleisch war nur ein relativ geringer Unterschied zwischen Varianten und Beprobungszeitpunkt zu erkennen. Wie im Jahr 2010 waren die höchsten P-Werte zum Lesezeitpunkt in der Beerenschale und Beerenfruchtfleisch bei der ETA (F 0,09 mg/g DW; S 0,55 mg/g DW) zu finden und in den Kernen bei der UA (1,46 mg/g DW). Zur Lese 2011 waren in Summe pro Variante folgende Konzentrationen (in mg/g DW) vorhanden: UA 2,07; TT 2,06 und ETA 1,93.

In den beiden Versuchsjahren 2010 und 2011 konnte kein markanter Unterschied in der P-Konzentration der Beerenbestandteile zwischen Ausdünnungsvarianten und Kontrolle ausgewiesen werden. Im Mittel beider Jahre ergaben sich folgende variantenspezifische P-Konzentrationen in den Beeren (in mg/g DW): UA 2,09; TT 2,06 und ETA 2,10.


Reifebeginn 2010
Lesereife 2010
Reifebeginn 2011
Lesereife 2011
Kalium
mg/g DW
8
7
6
5
4
3
2
1
0
K
F
S
K
F
S
K
F
S
UA
TT
ETA

Über beide Versuchsjahre konnte kein deutlicher Unterschied in der K-Konzentration der Beerenbestandteile zwischen Ausdünnungsvarianten und Kontrollvariante ausgewiesen werden, jedoch ein klar erkennbarer höherer K-Gehalt der ETA 2011 aufgrund der auffallend höheren K-Konzentration in der Beerenschale gegenüber UA und TT. Im Mittel beider Jahre ergaben sich folgende variantenspezifische K-Konzentrationen in den Beeren (in mg/g DW): UA: 9,63; TT: 9,66; ETA: 10,41.


Reifebeginn 2010
Lesereife 2010
Reifebeginn 2011
Lesereife 2011
Kalzium
mg/g DW
3
2,5
2
1,5
1
0,5
0
K
F
S
K
F
S
K
F
S
UA
TT
ETA


Reifebeginn 2010
Lesereife 2010
Reifebeginn 2011
Lesereife 2011
Magnesium
mg/g DW
0,8
0,7
0,6
0,5
0,4
0,3
0,2
0,1
0
K
F
S
K
F
S
K
F
S
UA
TT
ETA

gleichfalls auch den höchsten Gehalt aller 3 Varianten. Die ETA war zur Lese die einzige Variante mit einer Zunahme der Mg-Konzentration in der Beerenschale von Reifebeginn bis Lese und hatte auch die höchste Konzentration (0,12 mg/g DW) der Versuchsvarianten aufzuweisen. Bei variantenspezifischer Aufsummierung der Mg-Gehalte der einzelnen Beerenbestandteile ergaben sich zum Lesezeitpunkt 2010 folgende Werte (in mg/g DW): UA 0,77; TT 0,71 und ETA 0,81.

Im Versuchsjahr **2011** war bei allen Varianten eine Zunahme von **Mg** in den Kernen von Reifebeginn bis Lese nachzuweisen. Am stärksten war diese bei der TT ausgeprägt, die auch die höchste Konzentration (0,64 mg/g DW) zum Zeitpunkt der Lese aufweisen konnte. Im Beerenfruchtfleisch war eine geringe Zunahme zur Lese bei der ETA und der UA zu erkennen. Die TT hatte zu beiden Beprobungsterminen im Gegensatz zu den anderen Varianten relativ ähnliche hohe Mg-Gehalte im Fruchtfleisch. Die höchste Konzentration war bei der UA (0,03 mg/g DW) festzustellen. In der Beerenschale hatten alle 3 Varianten zu Reifebeginn höhere Mg-Gehalte als zur Lese. Die zum Lesezeitpunkt in geringem Ausmaß höchste Konzentration in der Beerenschale wurde bei der UA (0,12 mg/g DW) verzeichnet. Zur Lese 2011 waren in Summe pro Variante folgende Konzentrationen (in mg/g DW) vorhanden: UA: 0,78, TT: 0,77 und ETA: 0,76.

In beiden Versuchsjahren konnte kein deutlicher Unterschied im Mg-Gehalt der Beerenbestandteile zwischen Ausdünnungsvarianten und Kontrollvariante nachgewiesen werden. Im Mittel beider Jahre ergaben sich folgende variantenspezifische Mg-Konzentrationen in den Beeren (in mg/g DW): UA: 0,78; TT: 0,74; ETA: 0, 79.

4.4 Wasserhaushalt der Rebe

4.4.1 Predawn Water Potential im Jahresgang von Rebblüte bis Lese

Zu TnB 17 des Jahres 2010 war ein Predawn Water Potential (PWP) der Versuchsvarianten zwischen -0,14 und -0,15 MPa festzustellen, wogegen zum gleichen Zeitpunkt 2011 mit Werten im Bereich von -0,18 bis -0,20 MPa ein etwas stärkerer Trockenstress vorlag (Abbildung 26). Auffallend war das in beiden Versuchsjahren stark negative Wasserpotential zwischen TnB 30 und TnB 40 (Ende Beerenentwicklungsphase II), sowie der rasche Verlauf zu weniger negativen Werten im Bereich zwischen TnB 40-50 (Beginn Beerenentwicklungsphase IV), obwohl im 2. Versuchsjahr zu diesem Zeitpunkt noch keine hohen Niederschlagsmengen (über 20 mm) zu verzeichnen waren und auch beim relativen Bodenwassergehalt (C-probes) der unteren Bodenschichten (30, 50 cm) kein Anstieg nachgewiesen wurde. Ab TnB 60 war im kühleren, niederschlagsreichen Jahr 2010, als auch warmen, niederschlagsärmeren Jahr 2011 bei allen Varianten eine diskontinuierliche Abnahme des PWP bis zur Lese zu verzeichnen. Am letzten Beprobungstermin vor der Lese 2010 (TnB 101) war bei den Versuchsvarianten ein PWP zwischen -0,17 und -0,20 MPa zu verzeichnen, wogegen kurz vor Lese 2011 (TnB 94) ein deutlich niedrigeres PWP im Bereich von -0,22 bis -0,32 MPa ausgewiesen wurde.

Generell lässt sich feststellen, dass bei allen 3 Fruchtausdünnungsvarianten im gleichen Zeitraum der Beerenentwicklung (TnB 17 bis TnB 101) des ersten Versuchsjahres immer ein weniger negatives PWP in Blättern der Traubenzone (3.-5. Nodium) gemessen wurde als im Folgejahr (Abbildung 26). 2010 wurden innerhalb des Zeitraumes zwischen TnB 17 und TnB 101 höhere Niederschlagsmengen aufgezeichnet als 2011 (2010: 451 mm; 2011: 211 mm) und ein daraus resultierender durchschnittlich höherer relativer Bodenwassergehalt in allen 3 gemessenen Bodentiefen (10, 30, 50 cm) festgestellt (Tabelle 23). Wie ebenfalls aus Abbildung 26 und Tabelle 23 hervorgeht, war der höchste Bodenwassergehalt von TnB 17 bis Lese in beiden Versuchsjahren fast ausschließlich in der obersten Bodenschicht festzustellen. Ein jahresbedingter Unterschied im relativen Bodenwassergehalt lässt sich vor allem dahingehend feststellen, dass 2010 vor Reifebeginn in allen 3 Bodentiefen ein niedrigerer relativer Bodenwassergehalt als 2011 nachgewiesen wurde und nach Reifebeginn ein deutlich höherer relativer Bodenwassergehalt aufgezeichnet werden konnte. Die Werte aus 2011 wiederum waren im relativen Bodenwassergehalt vor und nach Reifebeginn in allen 3 Bodentiefen auf relativ gleichem Niveau.

Tabelle 23: Mittelwert des relativen Bodenwassergehaltes (C-probes) in den Bodentiefen 10, 30 und 50 cm von TnB 17 bis TnB 42 (vor Reifebeginn) sowie TnB 43 bis Lese (nach Reifebeginn) beider Versuchsjahre

Jahr	Zeitraum	Relativer Bodenwassergehalt		
		10 cm	30 cm	50 cm
2010	Vor Reifebeginn	15	10	11
	Nach Reifebeginn	22	16	16
2011	Vor Reifebeginn	17	13	14
	Nach Reifebeginn	18	13	14

In Tabelle 24 ist der Wassergehalt in Gewichtsprozent von Oberboden und Unterboden zu zwei verschiedenen Zeitpunkten des Versuchsjahres 2011 aufgelistet. Der Wassergehalt im Unterboden von 25.04. unterscheidet sich von dem am 16.09. um nur 0,6 %, während im Oberboden eine Differenz von 4,8 % vorliegt. Im Vergleich mit den Daten der Bodenfeuchtesensoren (C-probes) kann auch eine geringere Schwankung des relativen Bodenwassergehaltes im Unterboden im Vergleich mit dem Oberboden im Zeitraum von TnB 17 bis TnB 101 festgestellt werden. Die geringen Tagesniederschlagssummen zwischen TnB 80 und TnB 94 hatten vermutlich ausschließlich eine Auswirkung auf den relativen Bodenwassergehalt (C-probes) in 10 cm Bodentiefe, da keine Veränderung im relativen Bodenwassergehalt in 30 cm und 50 cm Bodentiefe zu den Niederschlagsereignissen verzeichnet wurde.

Tabelle 24: Wassergehalt in Gewichtsprozent von Ober- und Unterboden vom 25.04.11 und 16.09.11

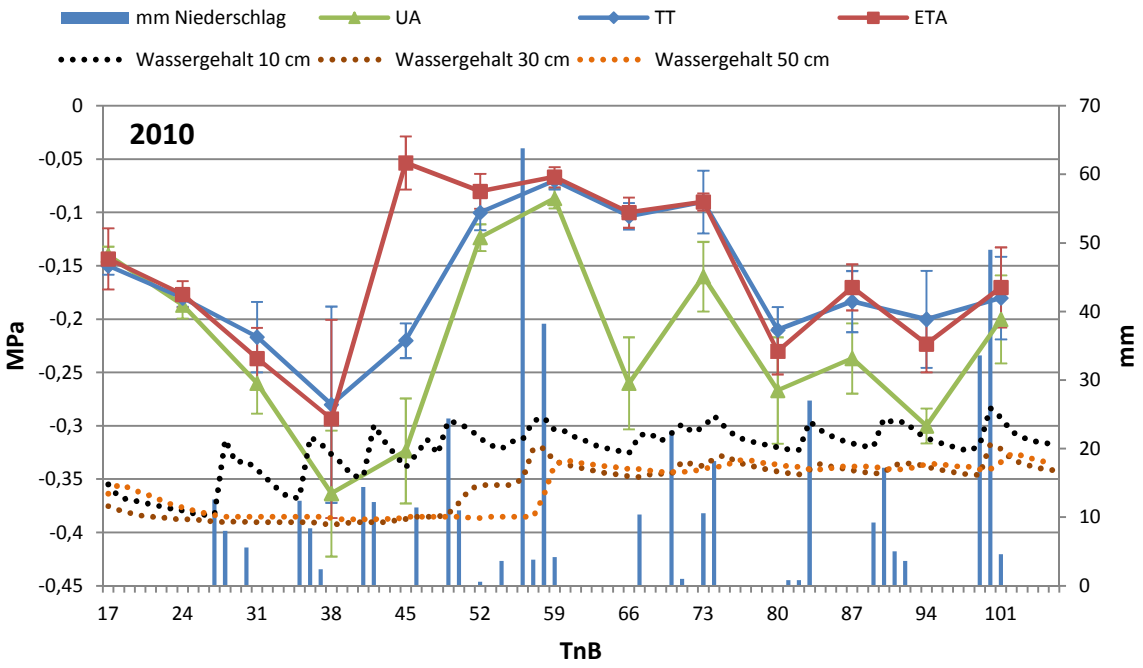
Bodentiefe	Wassergehalt in Gewichtsprozent	
	25.04.11	16.09.11
Oberboden 0-30 cm	5,18	9,98
Unterboden 30-60 cm	6,71	6,11

Im Jahr 2010 waren die ersten deutlichen Variantenunterschiede zu TnB 31 zu verzeichnen (Abbildung 26). Gegen Ende der Beerenentwicklungsphase II (TnB 38) wurde das negativste PWP bei der UA (- 0,36 MPa) und das höchste bei der TT (-0,28 MPa) nachgewiesen. Die am geringsten negativen Werte (zwischen -0,50 MPa und -1,00 MPa) mit klar erkennbarem Unterschied der Ausdünnungsvarianten TT und ETA gegenüber der UA waren im Zeitraum von TnB 45 bis TnB 73 (Beerenentwicklungsphase IV) zu verzeichnen. Die UA überschritt die -0,10 MPa-Marke trotz relativ hoher Niederschläge erst 3 Wochen nach der ETA. Im Zeitraum der Lese (TnB 101) hatte die UA das niedrigste PWP mit -0,20 MPa aufzuweisen und die ETA mit -0,17 MPa das höchste (Tablle 25).

Im Versuchsjahr 2011 konnten erste Varianteneffekte bereits zu TnB 24 aufgezeichnet werden (Abbildung 26). Das negativste Predawn Water Potential wurde am TnB 31 (2. Hälfte der Beerenentwicklungsphase II) bei der UA mit -0,37 MPa und das am geringsten negative bei der ETA mit -0,32 MPa gemessen. Das höchste Predawn Water Potential bei allen 3 Varianten konnte zu TnB 59 (UA -0,14 MPa, TT -0,13 MPa, ETA -0,12 MPa) ausgewiesen

werden. Am letzten Messtermin (TnB 94) war wie auch im ersten Versuchsjahr bei der UA das negativste PWP mit -0,32 MPa zu verzeichnen und bei der TT mit -0,22 MPa das höchste (Tabelle 25).

Im ersten Versuchsjahr konnte bei den Ausdünnungsvarianten zu TnB 45 und TnB 66 ein signifikant geringer negatives PWP als bei der unausgedünnten Kontrolle nachgewiesen werden. Im Jahr 2011 hatten die Ausdünnungsvarianten zu TnB 45, TnB 73, TnB 80, TnB 87 und TnB 94 ein signifikant geringer negatives PWP gegenüber der UA aufzuweisen.


mm Niederschlag
UA
TT
ETA
Wassergehalt 10 cm
Wassergehalt 30 cm
Wassergehalt 50 cm
2010
MPa
mm
TnB
0
-0,05
-0,1
-0,15
-0,2
-0,25
-0,3
-0,35
-0,4
-0,45
70
60
50
40
30
20
10
0
17
24
31
38
45
52
59
66
73
80
87
94
101

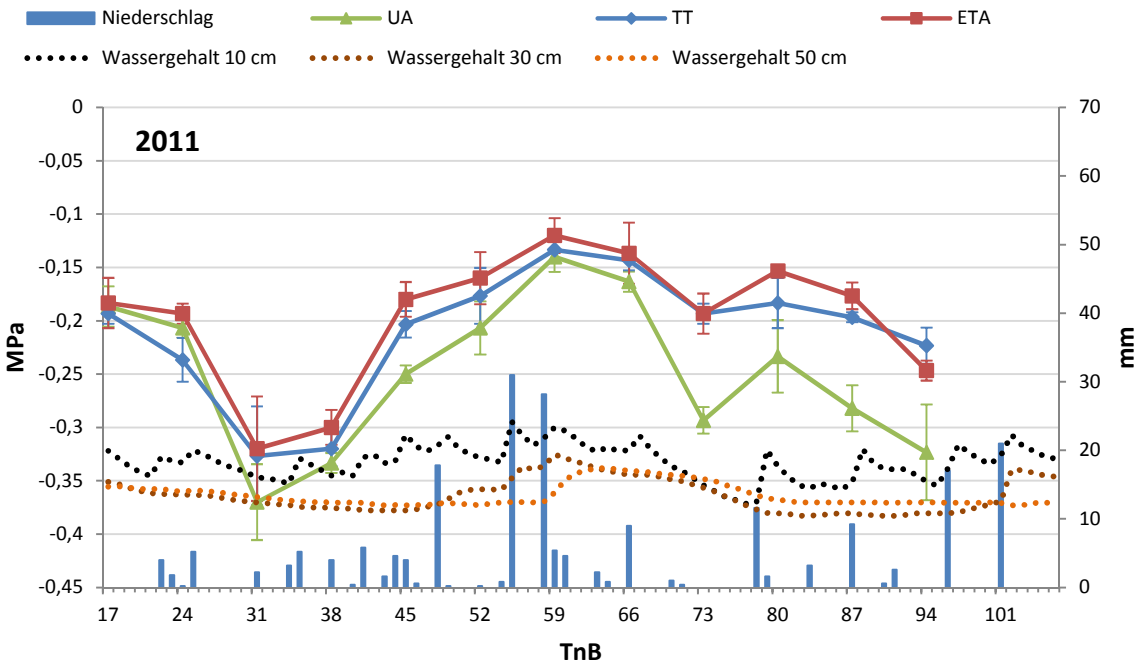

Niederschlag
UA
TT
ETA
Wassergehalt 10 cm
Wassergehalt 30 cm
Wassergehalt 50 cm
2011
MPa
mm
TnB
0
-0,05
-0,1
-0,15
-0,2
-0,25
-0,3
-0,35
-0,4
-0,45
70
60
50
40
30
20
10
0
17
24
31
38
45
52
59
66
73
80
87
94
101

Tabelle 25: Statistische Prüfung des Predawn Water Potential von Blättern der Traubenzone in Abhängigkeit von der Ausdünnungsvariante, zu 3 phänologischen Leitterminen beider Versuchsjahre

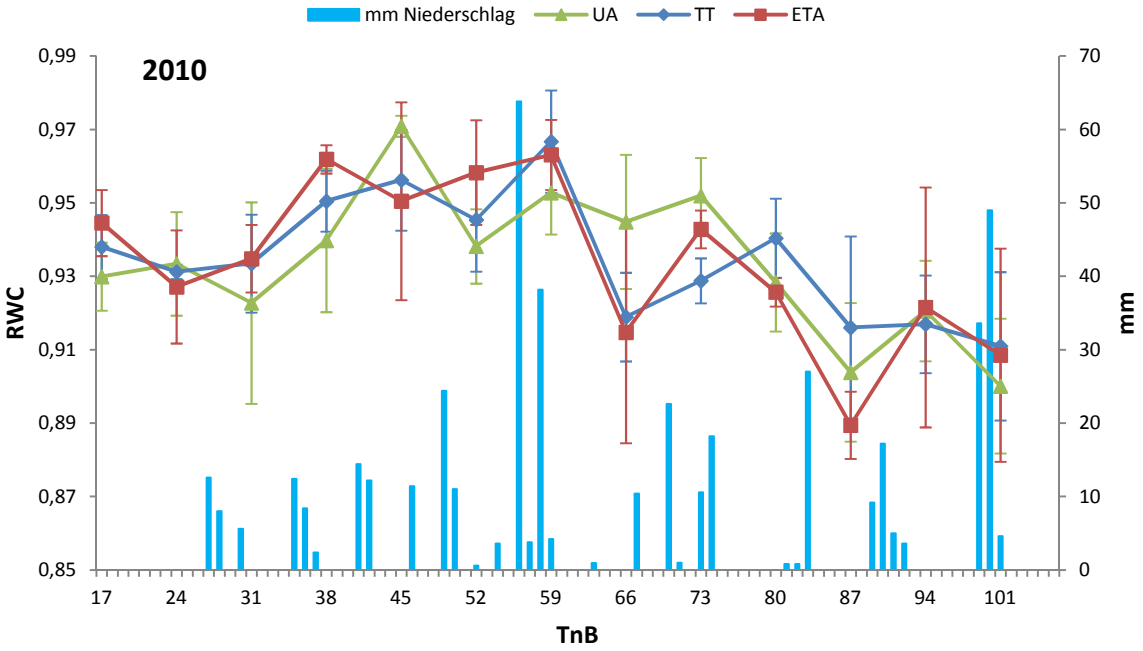
Jahr	TnB	Phänolog. stadium	Variante	Predawn Water Potential
2010	17	BBCH 75	UA	-0,19a
			TT	-0,18a
			ETA	-0,18a
			F-Wert	0,41n.s.
	45	BBCH 81	UA	-0,32a
			TT	-0,22b
			ETA	-0,05c
			F-Wert	19,06**
	101	BBCH 89	UA	-0,20a
			TT	-0,18a
			ETA	-0,17a
			F-Wert	3,14n.s.
2011	17	BBCH 75	UA	-0,19a
			TT	-0,19a
			ETA	-0,18a
			F-Wert	0,16n.s.
	45	BBCH 81	UA	-0,25a
			TT	-0,20b
			ETA	-0,18b
			F-Wert	15,59**
	94	BBCH 89	UA	-0,32a
			TT	-0,22b
			ETA	-0,25b
			F-Wert	6,84*

4.4.2 Relative Water Content des Blattes

Zu TnB 17 des ersten Versuchsjahres hatte der RWC ein Niveau zwischen 0,92 und 0,95. Zum gleichen Zeitpunkt des 2. Versuchsjahres war ein RWC der Varianten in einem höheren Bereich von 0,94 bis 0,97 zu erkennen. Beide Jahre kennzeichnet im Verlauf ein Plateau bzw. eine leichte Zunahme im RWC bis in die beginnende Beerenentwicklungsphase IV (2010: TnB 59, 2011: TnB 45) und eine darauf folgende Abnahme bis zum letzten Beprobungszeitpunkt. Zum letzten Beprobungszeitpunkt 2010 war bei den Varianten ein RWC in einem Bereich von 0,90 bis 0,91 nachzuweisen, im 2. Versuchsjahr ein deutlich niedriger RWC bei allen Varianten zwischen 0,86 bis 0,88.

Im ersten Versuchsjahr war kein deutlicher Varianteneffekt zu erkennen (Abbildung 27). In weiterer Folge konnte auch zu keinem Beprobungstermin ein statistisch signifikanter Unterschied zwischen den Varianten festgestellt werden (Tabelle 26). Am letzten Beprobungszeitpunkt war bei den Ausdünnungsvarianten ein höhrerer RWC (UA 0,90; TT und ETA 0,91) festzustellen.

Im Versuchsjahr 2011 war im Gegensatz zu 2010 ein klar erkennbarer Unterschied im Verlauf des RWC von Ausdünnungsvarianten gegenüber Kontrollvariante auszuweisen (Abbildung 27). An fast allen Beprobungszeitpunkten war bei TT und ETA ein höherer RWC als bei der UA nachweisbar. Kurz vor der Lese (TnB 94) war wie bereits im Vorjahr bei der UA ein niedrigerer RWC von 0,87 als bei TT 0,88 und ETA 0,88, zu bestimmen. 2011 konnte bei den Ausdünnungsvarianten zu TnB 73 ($p = 0,008^{**}$) und TnB 94 ($p = 0,014^{*}$) ein signifikant höherer RWC als bei der Kontrolle verzeichnet werden (Tabelle 26).


mm Niederschlag
UA
TT
ETA
2010
RWC
mm
TnB
0,99
0,97
0,95
0,93
0,91
0,89
0,87
0,85
70
60
50
40
30
20
10
0
17
24
31
38
45
52
59
66
73
80
87
94
101

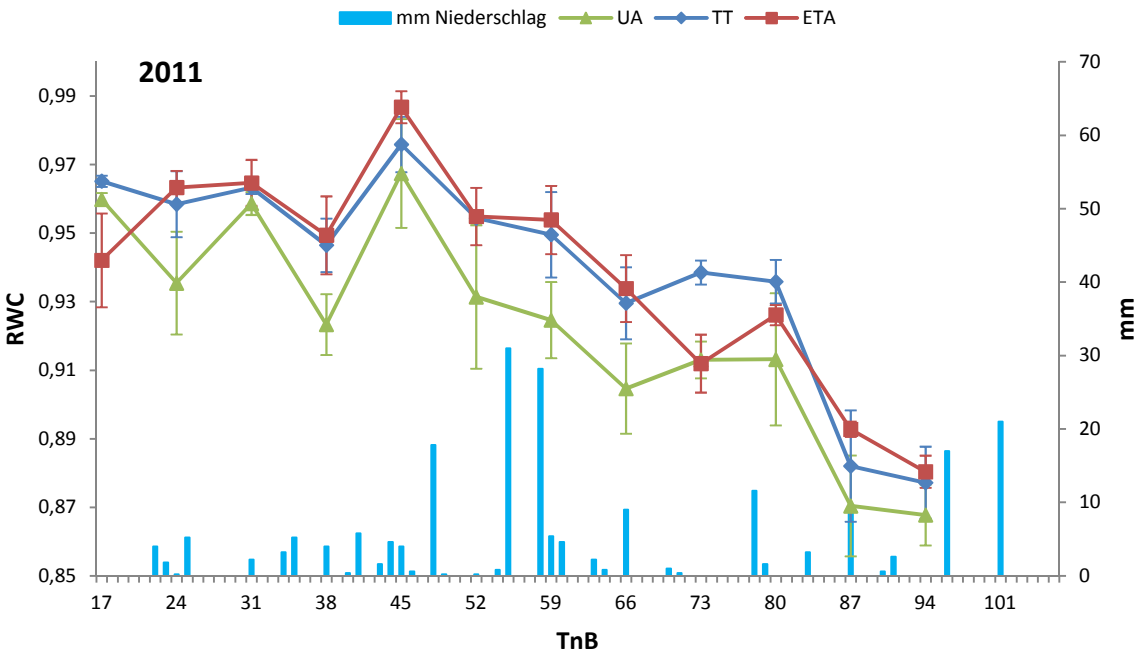

mm Niederschlag
UA
TT
ETA
2011
RWC
mm
TnB
0,99
0,97
0,95
0,93
0,91
0,89
0,87
0,85
70
60
50
40
30
20
10
0
17
24
31
38
45
52
59
66
73
80
87
94
101

Tabelle 26: Statistische Prüfung des RWC von Blättern der Traubenzone in Abhängigkeit von der Ausdünnungsvariante zu 3 phänologischen Leitterminen beider Versuchsjahre

Jahr	TnB	Phänolog. stadium	Variante	RWC Blatt
2010	17	BBCH 75	UA	0,930a
			TT	0,938a
			ETA	0,945a
			F-Wert	1,32n.s.
	45	BBCH 81	UA	0,971a
			TT	0,956a
			ETA	0,951a
			F-Wert	0,38n.s.
	101	BBCH 89	UA	0,900a
			TT	0,911a
			ETA	0,908a
			F-Wert	0,02n.s.
2011	17	BBCH 75	UA	0,960b
			TT	0,965b
			ETA	0,942a
			F-Wert	4,55n.s.
	45	BBCH 81	UA	0,967a
			TT	0,975b
			ETA	0,986b
			F-Wert	1,61n.s.
	94	BBCH 89	UA	0,868a
			TT	0,877b
			ETA	0,880b
			F-Wert	9,32*

4.4.3 Blattfarbe und Relative Water Content im Blatt

Aus Tabelle 27 geht hervor, dass 8 Tage vor der Lese im Versuchsjahr 2011 (TnB 87) die Blätter der Traubenzone der beiden Ausdünnungsvarianten einen geringeren Gelbanteil (b*), sowie eine dünklere Blattfarbe (L*) und höheren relativen Wassergehalt aufwiesen. Besonders auffällig ist der Unterschied des blau/gelb Farb-Parameters (b*) der ETA gegenüber den anderen beiden Varianten (ein höherer b*-Wert zeigt einen höheren Gelb-Anteil an).

Am 05.09.11 war bei den Ausdünnungsvarianten eine signifikant dünklere Blattfarbe L* (p = 0,006*), ein signifikant geringerer Gelbanteil b* (p = 0,003**) und ein signifikant höheres a*/b*-Verhältnis, jedoch kein signifikant höherer RWC im Blatt gegenüber der Kontrolle nachzuweisen. Alle Varianten konnten eine negative Korrelation zwischen dem a*/b*-Verhältnis und dem RWC aufweisen, bei TT und UA konnten die engsten Korrelationen zwischen diesen beiden Parametern ausgewiesen werden.

Tabelle 27: Blatthelligkeit (L*), Grün-Rotanteil (a*), Blau-Gelbanteil (b*), Blattfarbe und Relative Water Content (RWC) von Blättern der Traubenzone sowie Korrelationskoeffizient a*/b* vs. RWC am 05.09.11 (BBCH 85)

Variante	L*	a*	b*	a*/b*	Blattfarbe	RWC	r (a*/b* vs. RWC)
UA	46,0	-15,3	28,2	-0,54		0,85	
	44,6	-14,8	26,7	-0,55		0,87	
	45,4	-16,9	29,4	-0,57		0,89	
MW	45,3	-15,7	28,1	-0,56		0,87	-0,94n.s.
TT	42,7	-15,2	22,0	-0,69		0,88	
	40,2	-15,4	22,0	-0,70		0,90	
	43,1	-17,6	25,9	-0,68		0,86	
MW	42,0	-16,1	23,3	-0,69		0,88	-1,00*
ETA	41,2	-14,0	19,4	-0,72		0,89	
	38,2	-10,4	13,1	-0,79		0,89	
	39,7	-12,7	17,0	-0,75		0,90	
MW	39,7	-12,4	16,5	-0,75		0,89	-0,52n.s.

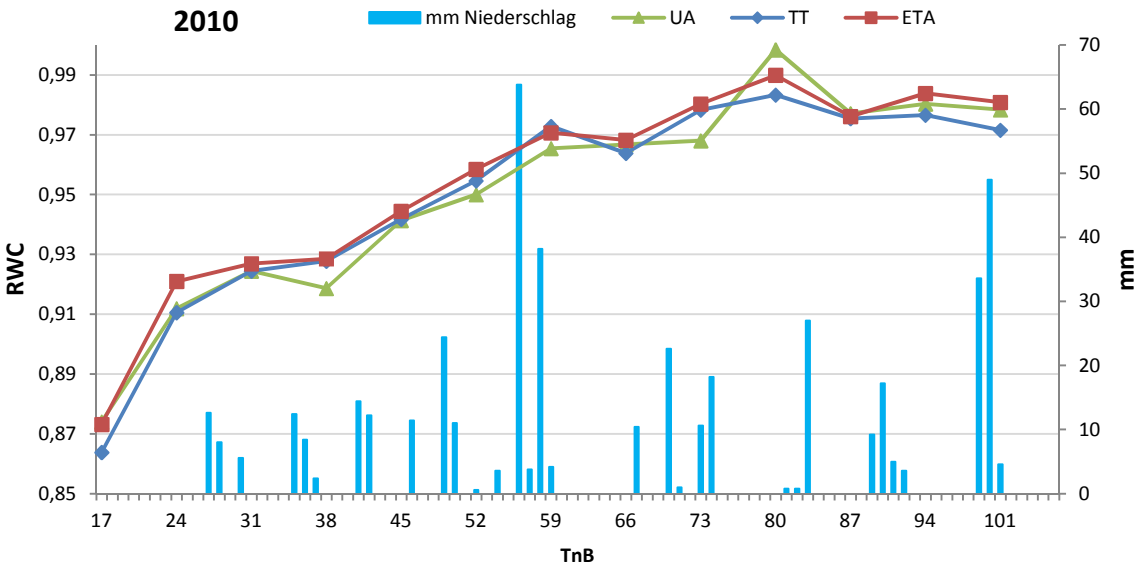
4.4.4 Relative Water Content der Beeren

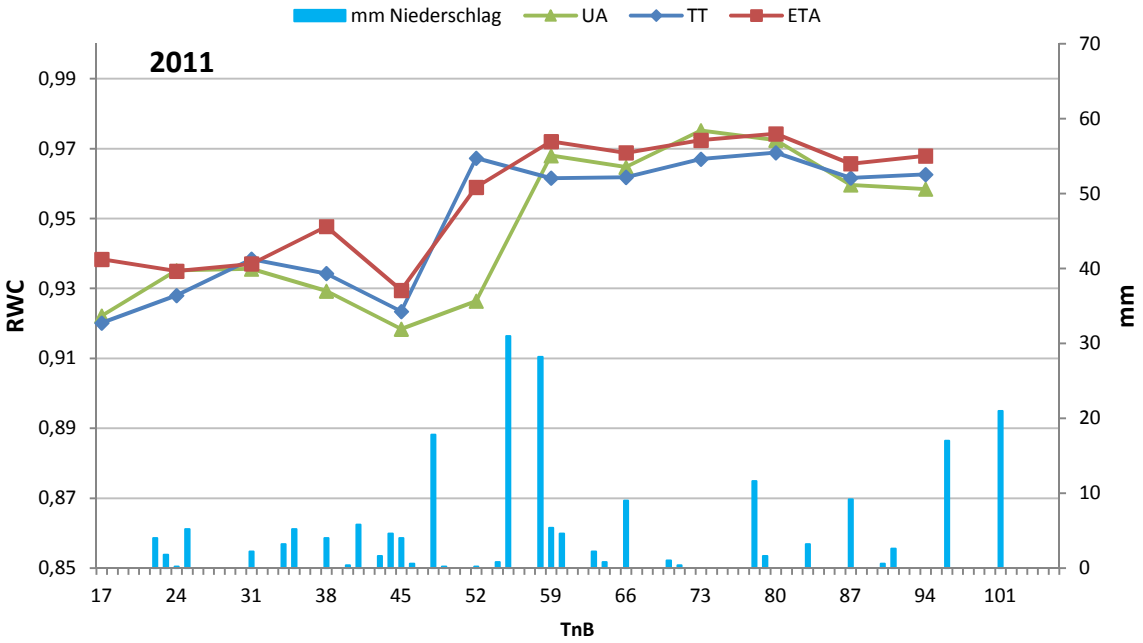
Der RWC-Verlauf lässt in beiden Versuchsjahren (Abbildung 28) eine Zunahme vom ersten Beprobungstermin (TnB 17) bis kurz vor Lese (2010 TnB 101 bzw. 2011 TnB 94) erkennen. Zu TnB 17 des Jahres 2010 war ein RWC der Versuchsvarianten zwischen 0,86 und 0,88 festzustellen, wogegen zum gleichen Zeitpunkt 2011 ein RWC im Bereich von 0,92 bis 0,94 bestimmt wurde. Am letzten Beprobungstermin vor der Lese 2010 war bei den Versuchsvarianten ein RWC zwischen 0,97 und 0,99 zu verzeichnen, jedoch am letzten Beprobungstermin 2011 ein geringerer RWC im Bereich von 0,95 bis 0,97 ausgewiesen wurde.

Im Versuchsjahr 2010 wurde zu Beginn (TnB 17-24) eine relativ rasche Zunahme des relativen Wassergehaltes nachgewiesen. Des weiteren ist im Gegensatz zum Folgejahr eine nahezu kontinuierliche Zunahme bis TnB 80 mit anschließender Stabilisierung zwischen RWC 0,98 und RWC 0,97 zu erkennen. Am letzten Beprobungstermin vor der Lese war der höchste RWC in den Beeren der ETA mit 0,98 zu verzeichnen und in den Beeren der TT mit 0,97 der geringste.

Im 2. Versuchsjahr fällt von TnB 17 bis TnB 45 (größtenteils Beerenentwicklungsphase II) ein nahezu konstanter RWC auf einem Niveau zwischen 0,92 und 0,95 auf sowie mit einer relativ intensiven Zunahme zwischen TnB 45 und 52 (Beginn Beerenentwicklungsphase IV). Die Ausdünnungsvarianten hatten diesen Anstieg im RWC bereits einen Beprobungstermin vor der UA zu verzeichnen. Diese reagierte mit einer Zunahme erst zu TnB 59. Die Differenz im RWC (0,04) zwischen Ausdünnungsvarianten und UA zu TnB 52 war die größte in beiden Versuchsjahren. Auffallend erscheint im Vergleich zum Vorjahr eine relativ geringe Veränderung bzw. Stabilisierung des RWC ab TnB 59, wobei alle Varianten einen RWC von 0,97 kaum überschritten. Bemerkenswert erscheint ebenfalls, dass der RWC aller 3 Versuchsvarianten im Zeitraum des Reifebeginns (TnB 45) niedriger war als der im ersten Versuchsjahr (2010: UA 0,94; TT 0,94; ETA 0,95; 2011: UA 0,92; TT 0,92; ETA 0,93). Bei den letzten 2 Beprobungsterminen befanden sich sowohl Ausdünnungsvarianten, als auch UA unterhalb von RWC 0,97. Am letzten Beprobungstermin (TnB 94) wies die ETA mit 0,96 den höchsten RWC und die UA mit 0,95 den niedrigsten RWC auf.

Bis auf TnB 52 des Versuchsjahres 2011 war im Gegensatz zum RWC des Blattes kein vergleichbar großer Unterschied zwischen Ausdünnungs- und Kontrollvariante erkennbar bzw. auch keine vergleichbare Reaktion des RWC auf Niederschlagsereignisse.


2010
mm Niederschlag
UA
TT
ETA
RWC
mm
TnB
0,99
0,97
0,95
0,93
0,91
0,89
0,87
0,85
70
60
50
40
30
20
10
0
17
24
31
38
45
52
59
66
73
80
87
94
101


mm Niederschlag
UA
TT
ETA
2011
RWC
mm
TnB
0,99
0,97
0,95
0,93
0,91
0,89
0,87
0,85
70
60
50
40
30
20
10
0
17
24
31
38
45
52
59
66
73
80
87
94
101

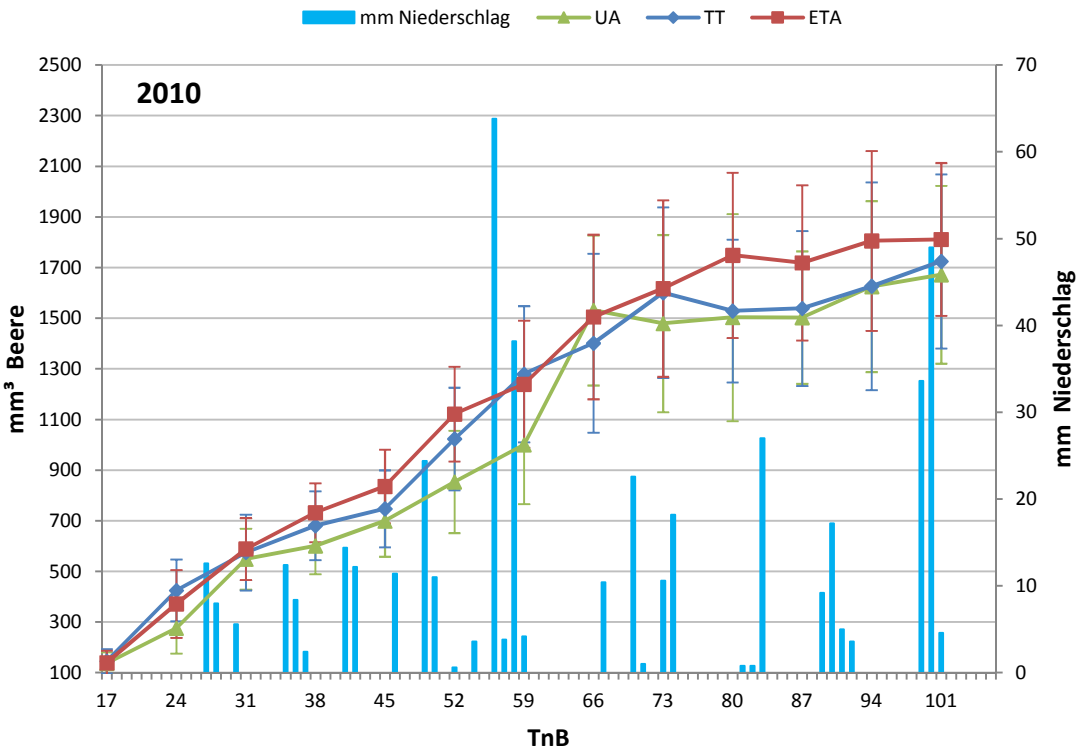
4.5 Beerenqualität

4.5.1 Beerenvolumen

Am ersten Beprobungstermin (TnB 17) des Jahres 2010 wurden bei den Versuchsvarianten Beerenvolumina in einem Bereich von 130-150 mm³ ermittelt, wogegen zum gleichen Zeitpunkt des Folgejahres bereits Volumina von 270-370 mm³ festgestellt wurden. Bei Betrachtung des Verlaufes des Beerenvolumens 2010 und 2011 (Abbildung 29), fällt eine Zunahme des Volumens (2010 bis TnB 38, 2011 bis TnB 31; beide Jahre Beerenentwicklungsphase II) auf, die im Zeitraum kurz vor Reifebeginn an Intensität verliert. Nach TnB 45 konnte eine weitere intensive Zunahme des Volumens bei allen 3 Varianten nachgewiesen werden, wobei der Verlauf 2010 kontinuierlicher erscheint und das Folgejahr fast ein Plateau nach TnB 73 aufweist, bei dem die Volumina zur Lese im Gegensatz zum Vorjahr kleiner sind als zu vorhergehenden Beprobungsterminen. Kurz vor Lesezeitpunkt 2010 hatten die Varianten Beerenvolumina im Bereich von 1.670-1.820 mm³ aufzuweisen, im 2. Versuchsjahr wurden am letzten Beprobungstermin Volumina zwischen 1.690 und 2.020 mm³ bestimmt.

Im Zeitraum um den Reifebeginn 2010 (TnB 45) wies die ETA das größte Beerenvolumen mit 836 mm³ auf und die UA das kleinste Volumen mit 700 mm³. Sehr auffällig ist die intensive Volumenszunahme der UA zu TnB 66 (Beerenentwicklungsphase IV), wobei ausschließlich zu diesem Zeitpunkt größere Beeren festgestellt werden konnten als bei den Ausdünnungsvarianten. Wenige Tage vor Lesezeitpunkt hatte die ETA das größte Beerenvolumen mit 1.812 mm³ und die UA das geringste mit 1.673 mm³. Der größte Varianteneffekt konnte im ersten Versuchsjahr bei der ETA gegenüber der TT und UA festgestellt werden.

Im Folgejahr wurden bereits zum ersten Beprobungstermin (TnB 17, Beerenentwicklungsphase II) bei allen Varianten größere Beerenvolumina als 2010 gemessen. Kurz nach Reifebeginn (TnB 45) waren die größten Beeren bei der ETA mit 1.185 mm³ und bei der UA die kleinsten mit 929 mm³ festzustellen. Die intensivste Volumenszunahme der Beeren aller 3 Varianten war zu TnB 59 (Beerenentwicklungsphase IV), nach den höchsten Tagesniederschlagsmengen, die während der Sommermonate gemessenen wurden, zu beobachten. Einen Tag vor Lese (TnB 94) hatten trotz vorhergender Volumensabnahmen alle Varianten größere Beeren als im Vorjahr, wobei die größten bei der ETA mit 2.014 mm³ und die kleinsten bei der UA mit 1.650 mm³ gemessen wurden. 2011 konnte ein weitaus deutlicherer variantenspezifischer Unterschied im Beerenvolumen (besonders die variantenspezifische Differenzierung mit zunehmender Beerenentwicklung) erkannt werden als 2010.


mm Niederschlag
UA
TT
ETA
2010
mm³ Beere
mm Niederschlag
TnB
2500
2300
2100
1900
1700
1500
1300
1100
900
700
500
300
100
70
60
50
40
30
20
10
0
17
24
31
38
45
52
59
66
73
80
87
94
101

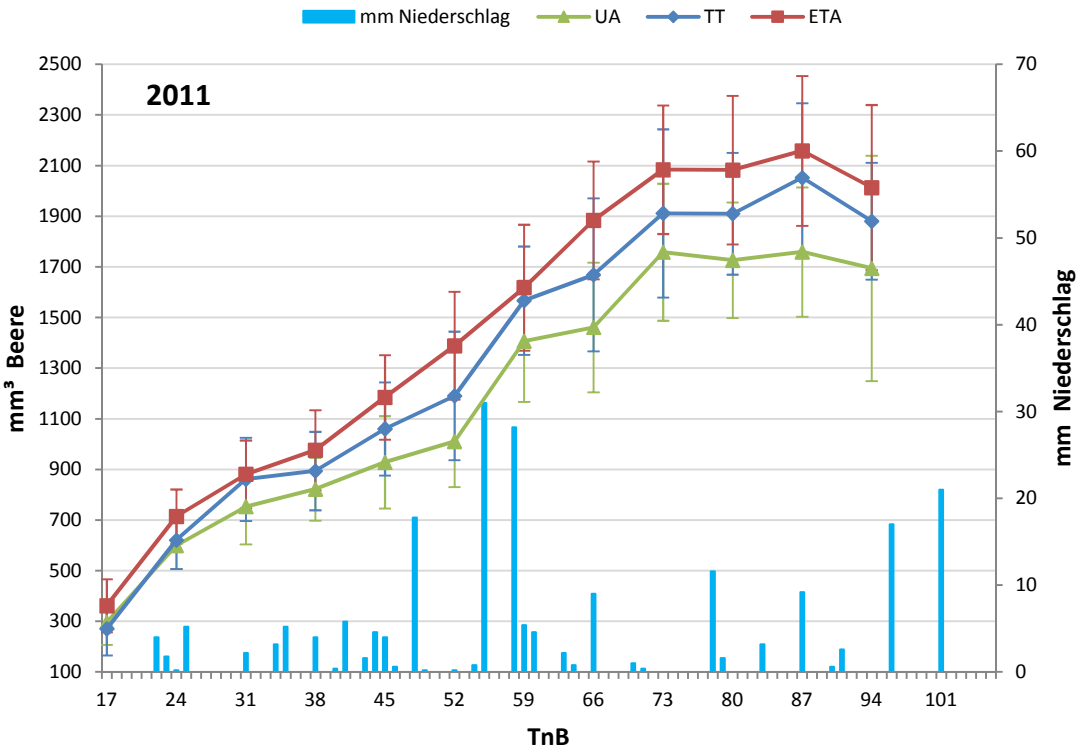

mm Niederschlag
UA
TT
ETA
2011
mm³ Beere
mm Niederschlag
TnB
2500
2300
2100
1900
1700
1500
1300
1100
900
700
500
300
100
70
60
50
40
30
20
10
0
17
24
31
38
45
52
59
66
73
80
87
94
101

Tabelle 28: Statistische Prüfung von Beerenvolumen und Kernanzahl (n = 50 Beeren) in Abhängigkeit von der Ausdünnungsvariante und Korrelation Beerenvolumen vs. Kernanzahl zu 3 phänologischen Leitterminen beider Versuchsjahre

Jahr	TnB	Phänolog. Stadium	Variante	Beerenvolumen mm³	Kernanzahl	Korrelations-Koeffizient
2010	17	BBCH 75	UA	137,1a	2,1a	0,50**
			TT	145,8a	2,2a	0,70**
			ETA	139,3a	2,1a	0,59**
			F-Wert	0,5n.s.	0,6n.s.	
	45	BBCH 81	UA	699,6a	2,1a	0,48**
			TT	747,9a	2,2ab	0,40**
			ETA	835,9b	2,4b	0,65**
			F-Wert	10,9***	3,5*	
	101	BBCH 89	UA	1672,5a	2,1a	0,67**
			TT	1725,3a	2,2a	0,66**
			ETA	1811,8b	2,3a	0,71**
			F-Wert	3,9*	0,6n.s.	
2011	17	BBCH 75	UA	297,1a	2,2a	0,52**
			TT	270,6a	2,2a	0,52**
			ETA	362,1b	2,2a	0,53*
			F-Wert	10,9***	0,6n.s.	
	45	BBCH 81	UA	928,6a	2,5a	0,37**
			TT	1060,4b	2,4a	0,52**
			ETA	1185,0c	2,6a	0,50**
			F-Wert	25,5***	0,4n.s.	
	94	BBCH 89	UA	1694,5a	2,2a	0,80**
			TT	1880,7b	2,2a	0,32*
			ETA	2013,5b	2,3a	0,50**
			F-Wert	10,6***	0,8n.s.	

Im Versuchsjahr 2010 waren zu TnB 24, TnB 38, TnB 45, TnB 52 und TnB 59 signifikant größere Beerenvolumina bei den Ausdünnungsvarianten gegenüber der Kontrollvariante auf einen Signigikanzniveau von p = 0,000*** nachzuweisen.

Im Versuchsjahr 2011 wurden an jedem Beprobungstermin von TnB 31 bis TnB 94 signifikant größere Beerenvolumina bei den Ausdünnungsvarianten als bei der Kontrollvariante auf einen Signifikanzniveau von p = 0,000*** nachgewiesen.

Aufgrund der vorliegenden Ergebnisse war 2010 und 2011 ein deutlicher Effekt der manuellen Traubenausdünnung auf das Beerenvolumen zu verzeichnen.

In beiden Versuchsjahren konnte kein signifikanter Unterschied in der Kernanzahl zwischen Ausdünnungs- und Kontrollvariante festgestellt werden. Es wurde zu jedem Untersuchungstermin eine positive Korrelation zwischen Beerenvolumen und Kernanzahl ausgewiesen (Tabelle 28) sowie eine positive Korrelation (Tabelle 29) von über r = 0,90 zwischen Beerenvolumen und Kerngewicht im Zeitraum des Reifebeginns (TnB 45) und wenige Tage vor der Lese (TnB 94) beider Versuchsjahre nachgewiesen.

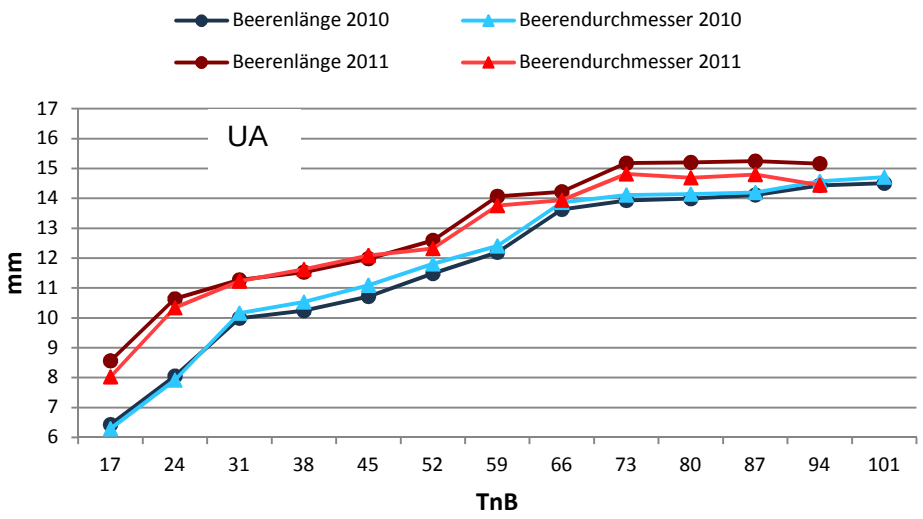
Tabelle 29: Variantenunabhängige Korrelation von Beerenvolumen und Kerngewicht (n = 3) kurz nach Reifebeginn (TnB 45) und kurz vor Lese (TnB 94) beider Versuchsjahre

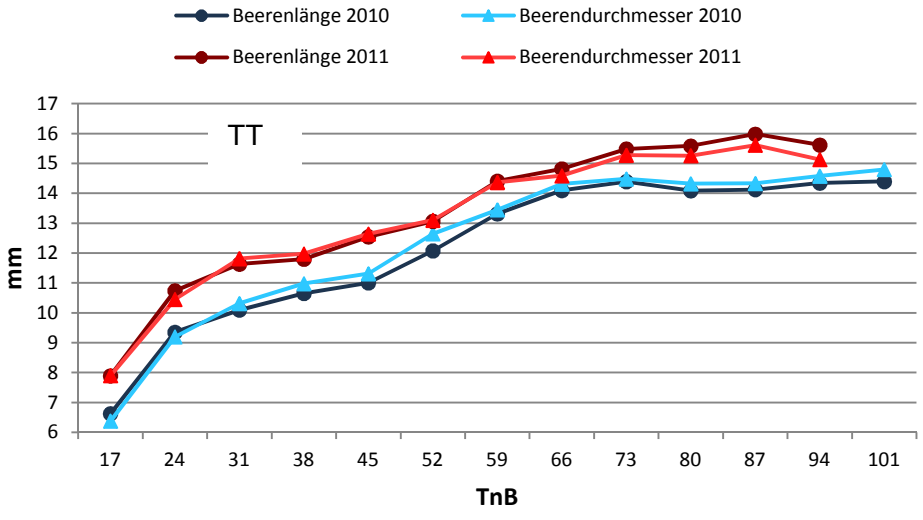
Jahr	TnB	Beerenvolumen mm³	Kerngewicht g	Korrelations-koeffizient
2010	45	761,13	4,46	0,99n.s.
	94	1578,27	4,49	0,99n.s.
2011	45	1508,00	4,92	0,97n.s.
	94	1862,90	5,69	0,93n.s.

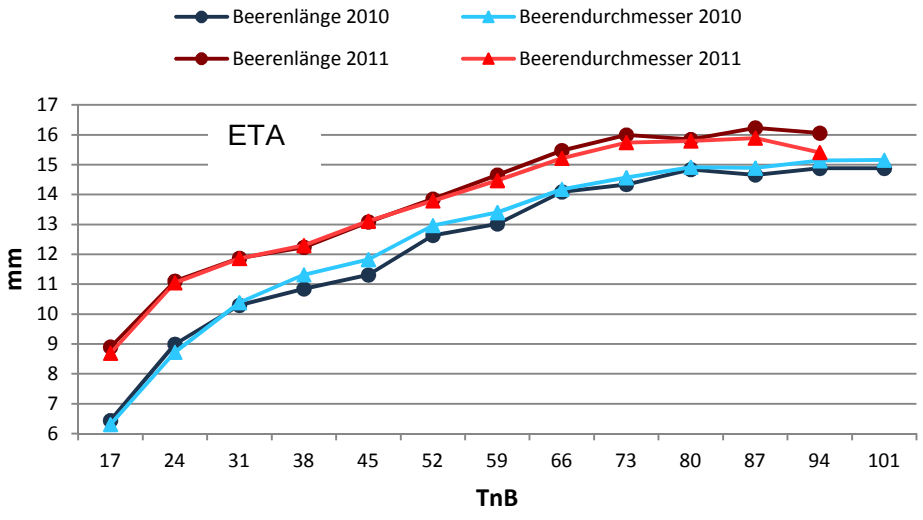
Auffallend erschien die Tatsache, dass zu Beginn Beerenentwicklungsphase IV im Versuchsjahr 2010 alle Varianten weniger als 50 % ihres maximalen Beerengewichtes und Beerenvolumens erreicht hatten, im Versuchsjahr 2011 jedoch bereits mehr als 50 % (Tabelle 30).

Tabelle 30: Beerenvolumen (n = 50 Beeren) und Beerengewicht (n = 50 Beeren) nach Reifebeginn (02.08.10 TnB 45, 25.07.11 TnB 45) in Relation zur Maximalgröße (23.09.10 TnB 101; 05.09.11 TnB 87)

	2010		2011	
	% Beerenvolumen	% Beerengewicht	% Beerenvolumen	% Beerengewicht
UA	41,83	36,92	52,78	50,22
TT	43,35	38,94	51,66	51,68
ETA	46,13	45,64	54,90	56,15


Beerenlänge 2010
Beerendurchmesser 2010
Beerenlänge 2011
Beerendurchmesser 2011
UA
mm
17
16
15
14
13
12
11
10
9
8
7
6
17
24
31
38
45
52
59
66
73
80
87
94
101
TnB


Beerenlänge 2010
Beerendurchmesser 2010
Beerenlänge 2011
Beerendurchmesser 2011
TT
mm
17
16
15
14
13
12
11
10
9
8
7
6
17
24
31
38
45
52
59
66
73
80
87
94
101
TnB

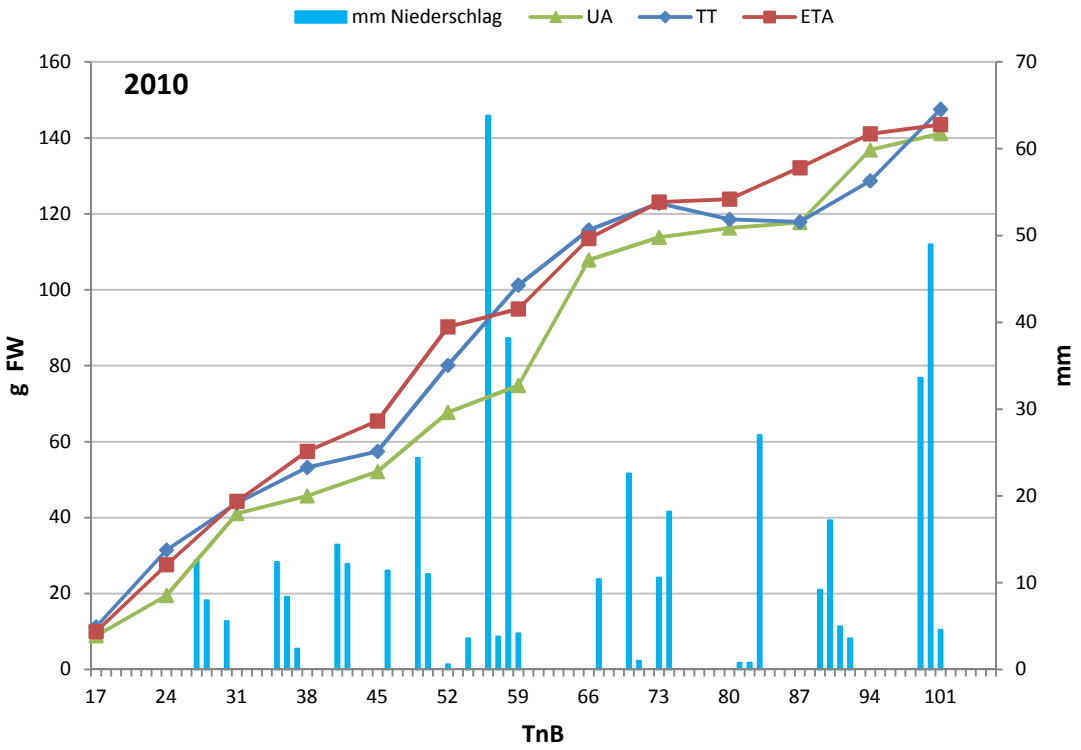

Beerenlänge 2010
Beerendurchmesser 2010
Beerenlänge 2011
Beerendurchmesser 2011
ETA
mm
17
16
15
14
13
12
11
10
9
8
7
6
17
24
31
38
45
52
59
66
73
80
87
94
101
TnB

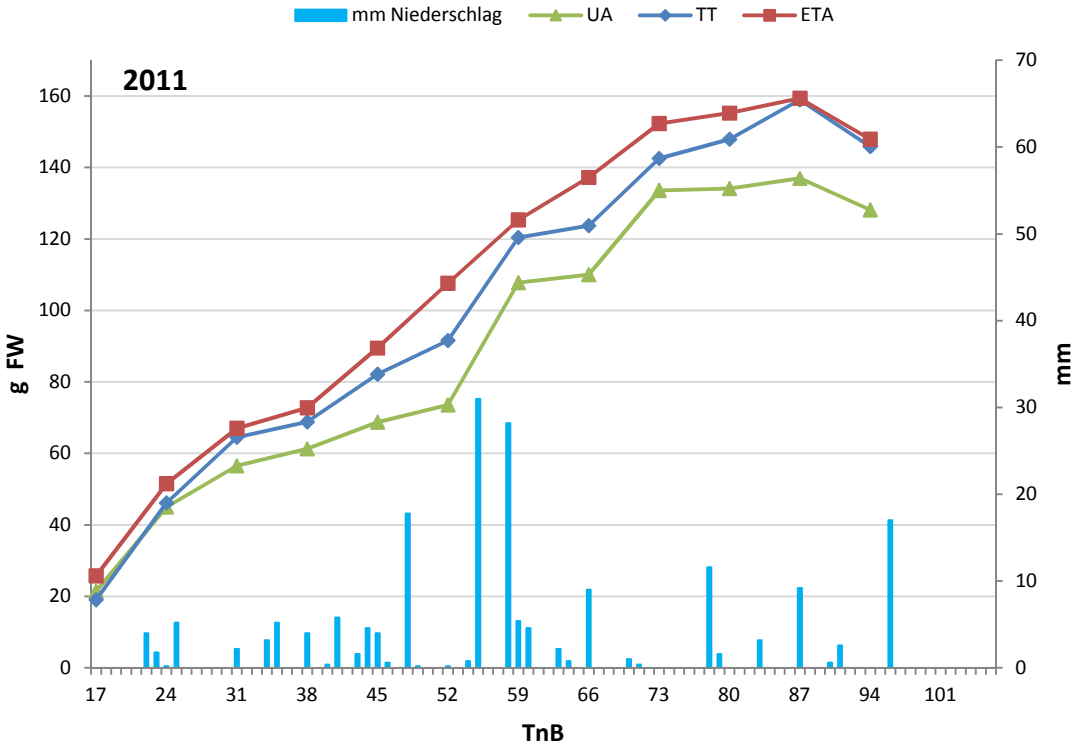
Wie aus Abbildung 30 auffällig hervorgeht, wurden zu den meisten Messterminen des Jahres 2010 größere Beerendurchmesser als Beerenlängen gemessen. Im Folgejahr, in dem bei allen Versuchsvarianten im Vergleich zu 2010 größere Durchmesser und Längen gemessen wurden, war besonders zum letzten Beprobungszeitpunkt, an dem sich Beerenvolumen und Beerengewicht verringerten, eine intensive Abnahme des Beerendurchmessers zu erkennen, woraus eine größere Beerenlänge im Gegensatz zum Beerendurchmesser resultierte. Wie aus Tabelle 31 ersichtlich ist, war der Volumensverlust der Beeren beim Beerendurchmesser (13.09.11 UA 0,37 mm; TT 0,48 mm; ETA 0,48 mm) prozentuell höher als bei der Beerenlänge (13.09.11 UA 0,08 mm; TT 0,36 mm; ETA 0,18 mm). Ein Verlust an Beerenvolumen wurde bereits am 29.08.11 zu TnB 80, 15 Tage vor der Lese festgestellt.

Tabelle 31: Prozentueller Verlust von der maximalen Beerenlänge und des maximalen Beerendurchmessers kurz vor Lese des Versuchsjahres 2011 (TnB 94)

	% Verlust UA	% Verlust TT	% Verlust ETA
Beerenlänge	0,52	2,28	1,08
Beerendurchmesser	2,37	3,10	3,03

Das Beerenvolumen (Abbildung 29) verringerte sich im Zeitraum vor der Lese 2011 aufgrund einer Abnahme des Beerendurchmessers (Abbildung 30) und geht zeitlich mit der Abnahme des Beerengewichtes (Abbildung 31) und des RWC der Beere (Abbildung 28) einher.


mm Niederschlag
UA
TT
ETA
2010
g FW
mm
TnB
0
20
40
60
80
100
120
140
160
0
10
20
30
40
50
60
70
17
24
31
38
45
52
59
66
73
80
87
94
101


mm Niederschlag
UA
TT
ETA
2011
g FW
mm
TnB
0
20
40
60
80
100
120
140
160
0
10
20
30
40
50
60
70
17
24
31
38
45
52
59
66
73
80
87
94
101

Bei Vergleich des Verlaufes des Beerengewichtes in beiden Jahren (Abbildung 31) fiel auf, dass zu jedem Beprobungszeitpunkt des Jahres 2011 bei allen Versuchsvarianten mit Ausnahme der UA zu TnB 94, ein höheres 100 Beerengewicht festgestellt wurde als im Vorjahr. Zu TnB 17 des ersten Versuchsjahres befanden sich die Varianten auf einem Niveau von unter 10 g, während zum gleichen Zeitpunkt des Folgejahres bereits 100 Beerengewichte zwischen 15 g und 25 g erfasst wurden. Im weiteren Verlauf war eine sprunghafte Gewichtszunahme der UA von über 30 g nach den Niederschlagssummen zwischen TnB 52 und 59 in beiden Versuchsjahren zu bemerken. 2011 zeichnete sich im Gegensatz zum ersten Versuchsjahr im Verlauf ein deutlich höheres 100 Beerengewicht der Ausdünnungsvarianten gegenüber der Kontrolle ab. Am letzten Beprobungszeitpunkt 2010 (TnB 101) befanden sich die Varianten zwischen 140 g und 150 g und kurz vor Lese 2011 (TnB 94) war bei den Versuchsvarianten ähnlich wie im Vorjahr ein 100 Beerengewicht zwischen 125 g und 150 g festzustellen, wobei bei der UA das deutlich geringste Gewicht bestimmt wurde.

An den meisten Beprobungszeitpunkten des Versuchsjahres 2010 hatte die ETA das höchste 100 Beerengewicht aufzuweisen, zum Lesezeitpunkt wurde jedoch das höchste Gewicht bei der TT (147,5 g) nachgewiesen. Bis auf TnB 94 war im gesamten Versuchszeitraum das niedrigste Beerengewicht bei der UA festzustellen. Die maximale Differenz des Beerengewichtes zwischen den Varianten wurde zu TnB 59 ausgewiesen (20,1 g), wobei zu diesem Zeitpunkt die TT das höchste Gewicht und die UA das niedrigste zu verzeichnen hatte. Zum Lesezeitpunkt war im Gegensatz dazu eine relativ geringe Differenz von nur 6,4 g, wobei ebenfalls das höchste bei der TT und das niedrigste bei der UA festgestellt werden konnte.

Im 2. Versuchsjahr konnte über den gesamten Versuchszeitraum bei der ETA das höchste und bei der UA das niedrigste Beerengewicht nachgewiesen werden. Die maximale Differenz zwischen den Varianten ergab sich zu TnB 52 mit 34,0 g. Im Gegensatz zum Vorjahr war zur Lese eine größere Differenz im Beerengewicht zwischen den Varianten von 19,8 g festzustellen. Das höchste Beerengewicht wurde bei der ETA mit 147,9 g und das niedrigste bei der UA mit 128,1 g bestimmt. Das Jahr 2011, das sich durch wärmere, trockenere Witterung auszeichnete, hatte einen weitaus deutlicheren Varianteneffekt im Beerengewicht der Ausdünnungsvarianten gegenüber der Kontrolle als das kühlere, niederschlagsreiche Jahr 2010 aufzuweisen.
Somit konnte in der vorliegenden Arbeit ein Einfluss der Fruchtansatzregulierung auf das Beerengewicht nachgewiesen werden.

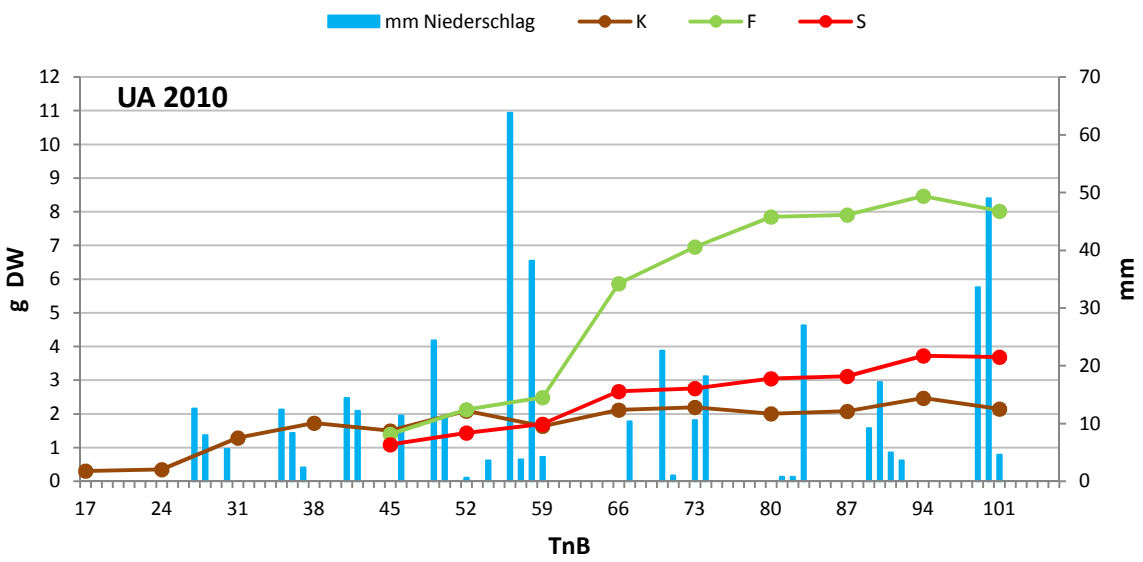
4.5.4 Beerenbestandteile

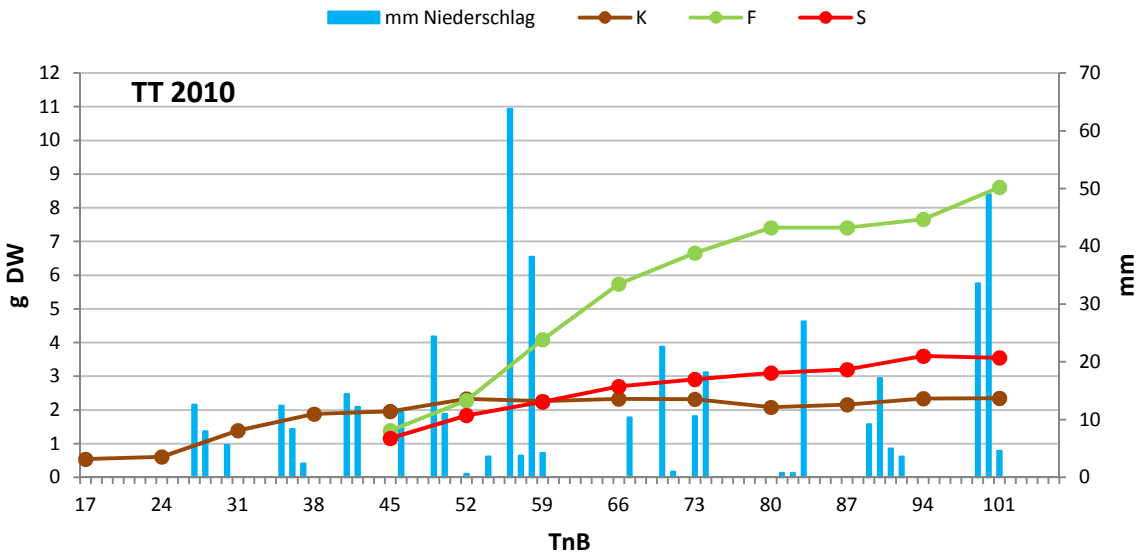
Aus den Abbildungen 32 und 33 geht hervor, dass das Kerntrockengewicht (K) in beiden Versuchsjahren bis Reifebeginn bei allen 3 Varianten zunahm, wobei nach Reifebeginn (nach TnB 42) eine Stabilisierung im Gewicht erkennbar war. So war nur eine vergleichsweise geringe, in einzelnen Fällen keine weitere Zunahme zu verzeichnen. Nach Eintritt in die Beerenwachstumsphase IV konnte beim Trockengewicht (DW) des Beerenfruchtfleisches (F) eine starke Zunahme verzeichnet werden, die sich bis auf wenige Unterbrechungen bis zum Lesezeitpunkt fortsetzte. Im Falle der Beerenschale (S) wurde eine kontinuierliche Trockengewichtszunahme vom ersten Beprobungszeitpunkt bis zur Lese nachgewiesen.
Alle in diesem Unterkapitel angeführten Trockengewichte beziehen sich auf einen Probeumfang von 50 Beeren.

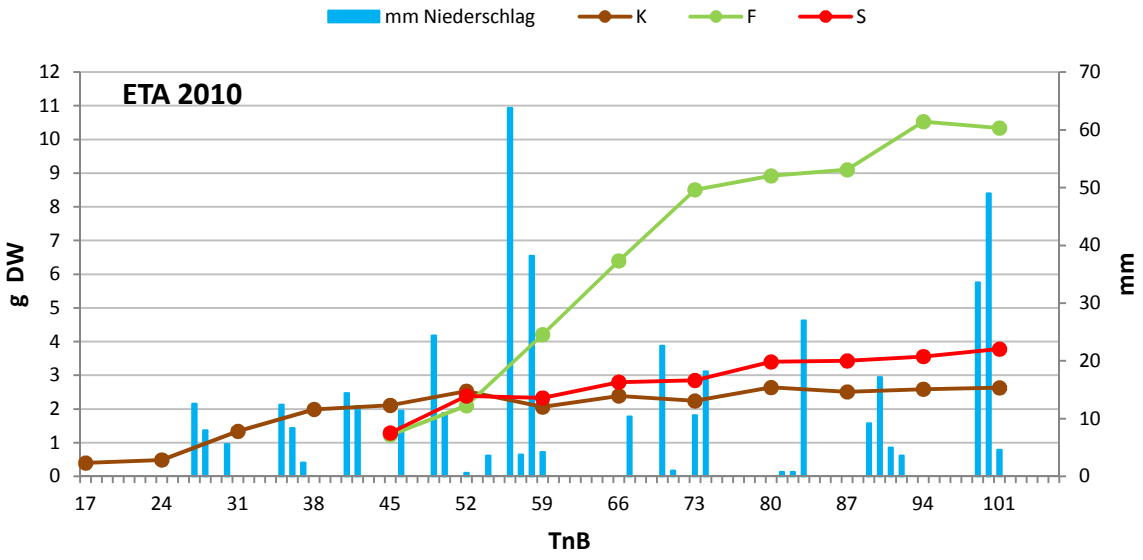
Kurz nach Reifebeginn des ersten Versuchsjahres (TnB 45), konnte das höchste Kern-DW (2,11 g) und Schalen-DW (1,29 g) bei der ETA festgestellt werden, das höchste Fruchtfleisch-DW wurde bei der UA (1,40 g) bestimmt. Das niedrigste DW wurde bei Kernen (1,50 g) und Schale (1,09 g) bei der UA verzeichnet, beim Fruchtfleisch bei der ETA (1,23 g). Das höchste Fruchtfleisch-DW (10,34 g) zur Lese war bei der ETA gegeben, das geringste DW bei Kernen (2,15 g) und Fruchtfleisch (8,02 g) bei der UA sowie das niedrigste Schalengewicht (3,55 g) bei der TT.

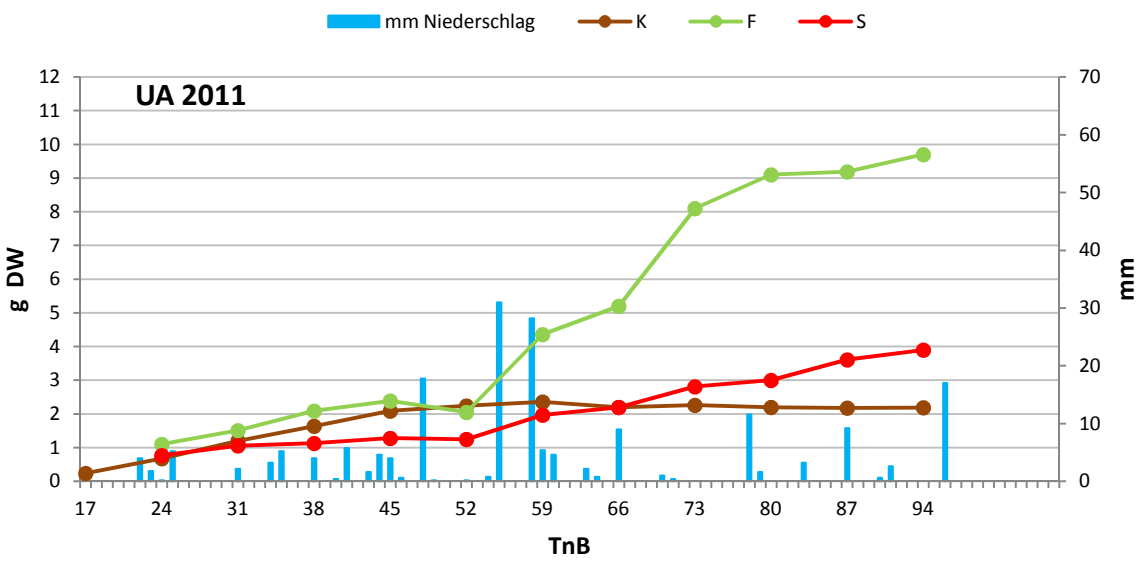
Mit Beginn der Beerenwachstumsphase IV (nach TnB 42) im Versuchsjahr 2011 war bei der ETA sowohl bei Kernen (2,58 g), Fruchtfleisch (2,78 g) und Beerenschale (1,75 g) das höchste DW festzustellen und das geringste DW in allen Beerenbestandteilen bei der UA (K: 2,09 g; F: 2,39 g; S: 1,28 g). Am Lesetermin hatten TT und ETA ein gleich hohes DW (2,66 g) bei den Kernen aufzuweisen, das höher war als jenes der UA (2,19 g). In Beerenfruchtfleisch und Beerenschale konnte das höchste DW bei der ETA (F: 11,30 g, S: 4,45 g) bestimmt werden. Das niedrigste DW war zur Lese in allen Beerenbestandteilen bei der UA (K: 2,19 g; F: 9,70 g; S: 3,90 g) vorhanden.

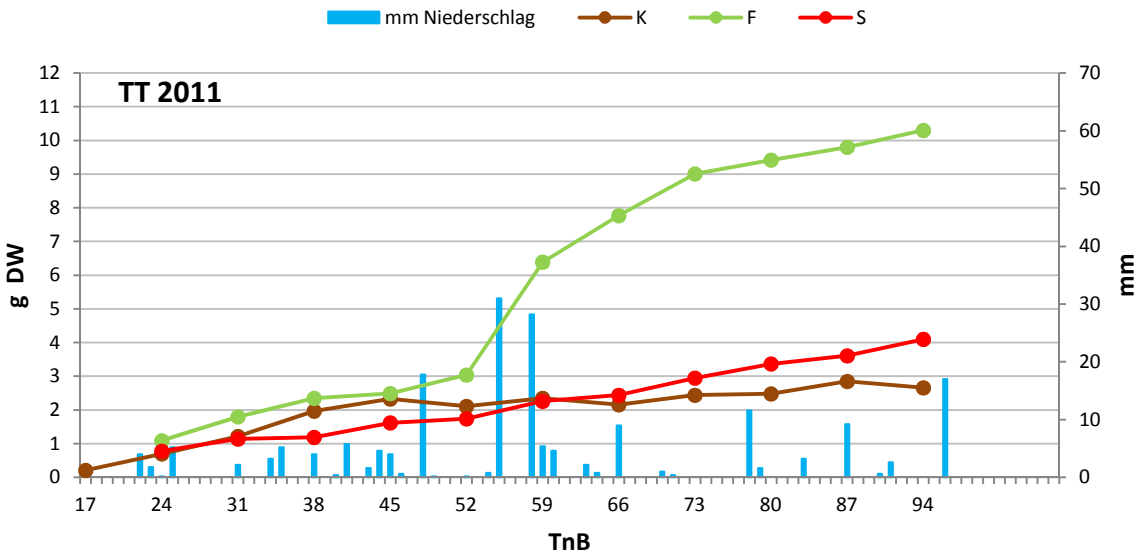
Aus den Ergebnissen im vorliegenden Unterkapitel geht hervor, dass die Ausdünnung einen Einfluss auf das DW der Beerenbestandteile Kerne, Fruchtfleisch und Schale in den Versuchsjahren 2010 und 2011 hatte.

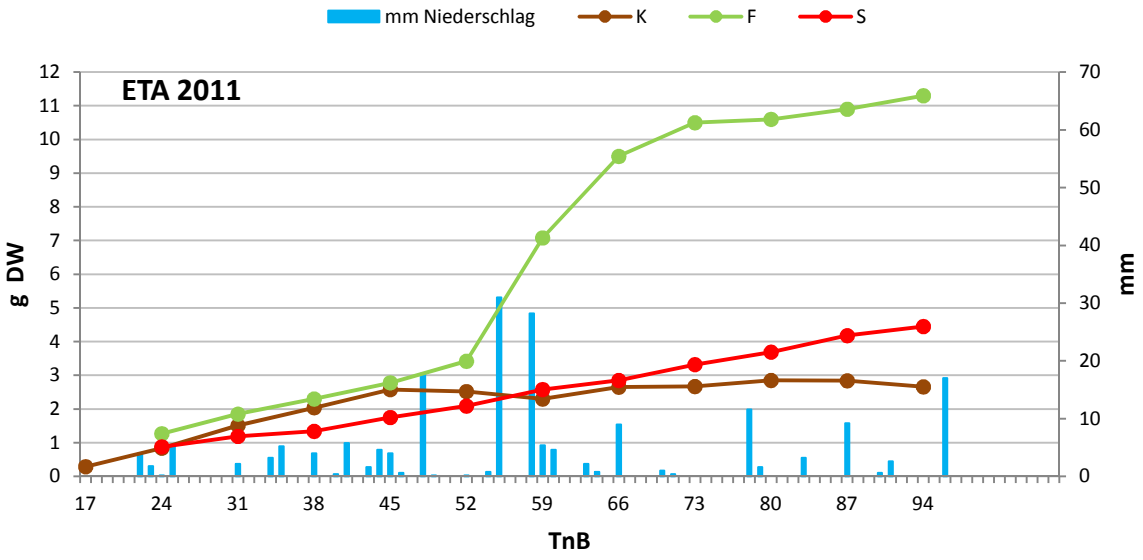

mm Niederschlag
K
F
S
UA 2010
g DW
mm
TnB
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
0
10
20
30
40
50
60
70
17
24
31
38
45
52
59
66
73
80
87
94
101


mm Niederschlag
K
F
S
TT 2010
g DW
mm
TnB
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
0
10
20
30
40
50
60
70
17
24
31
38
45
52
59
66
73
80
87
94
101


mm Niederschlag
K
F
S
ETA 2010
g DW
mm
TnB
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
0
10
20
30
40
50
60
70
17
24
31
38
45
52
59
66
73
80
87
94
101


mm Niederschlag
K
F
S
UA 2011
g DW
mm
TnB
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
0
10
20
30
40
50
60
70
17
24
31
38
45
52
59
66
73
80
87
94


mm Niederschlag
K
F
S
TT 2011
g DW
mm
TnB
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
0
10
20
30
40
50
60
70
17
24
31
38
45
52
59
66
73
80
87
94


mm Niederschlag
K
F
S
ETA 2011
g DW
mm
TnB
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
0
10
20
30
40
50
60
70
17
24
31
38
45
52
59
66
73
80
87
94

4.5.5 Traubenreifeverlauf

Die Erfassung des Traubenreifeverlaufes in den Versuchsjahren 2010 und 2011 anhand der Parameter Mostgewicht, Glucose, Fructose, titrierbare Säure, Weinsäure und Äpfelsäure ist in den Abbildungen 34 bis 39 grafisch dargestellt. Trotz relativ großer klimatischer Unterschiede in beiden Jahren werden im Folgenden auch ähnliche Entwicklungen der Versuchsvarianten augenscheinlich.

Mostgewicht

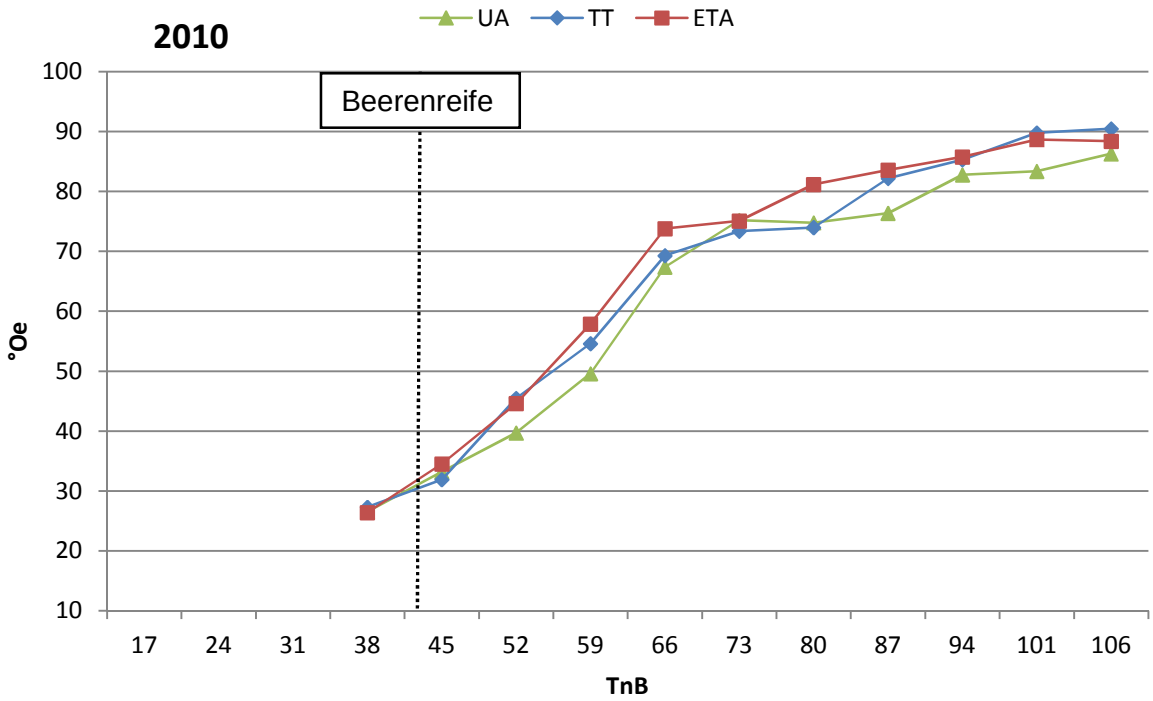
Die 30°Oe-Marke wurde in beiden Versuchsjahren und bei allen Varianten in der Phase zwischen TnB 38 bis 45 überschritten. Es ergab sich eine erste deutliche Differenz zwischen den Versuchsvarianten. Im 2. Versuchsjahr erscheint der intensive Anstieg im Mostgewicht von TnB 38 bis 45 beachtlich, bei dem die Ausdünnungsvarianten in einer Woche einen Sprung von ca. 25°Oe bis über 40°Oe aufwiesen. Zu TnB 45 lag die Gradation der Ausdünnungsvarianten und Kontrolle zwischen 30 und 40°Oe, wobei diese im Versuchsjahr 2011 bereits um die 40°Oe lag. Eine Gemeinsamkeit im weiteren Verlauf beider Versuchsjahre wurde zu TnB 66 festgestellt, da beide Ausdünnungsvarianten zu diesem Zeitpunkt um die 70°Oe zu verzeichnen hatten. Die Zunahme des Mostgewichtes im Verlauf des Jahres 2010 erfolgte bis ca. 70°Oe, relativ rasch (innerhalb 3 Wochen) und hatte zu TnB 66 höhere Gradationen als im gleichen Zeitraum des Folgejahres aufzuweisen, wonach sich die wöchentliche Steigerung im Mostgewicht ab TnB 66 deutlich verringerte (bis 70°Oe durchschnittlich 9,6°Oe pro Woche; nach 70°Oe durchschnittlich 3,4°Oe pro Woche). 2011 konnte ein kontinuierlicherer Verlauf in der gleichen Reifephase festgestellt werden (bis 70°Oe durchschnittlich 10,9°Oe pro Woche; nach 70°Oe durchschnittlich 6,1°Oe pro Woche). Die 75°Oe Marke wurde in beiden Versuchsjahren als erste Variante von der ETA überschritten. Am letzten Beprobungszeitpunkt des ersten Versuchsjahres (TnB 106) wurde bei den Varianten ein Mostgewicht im Bereich von 86 bis 91°Oe bestimmt, im Jahr 2011 wurden kurz vor Lese (TnB 94) Gradationen zwischen 90 und 93°Oe und somit ein geringerer Unterschied zwischen Ausdünnungsvarianten und Kontrolle im Vergleich zum Vorjahr festgestellt.

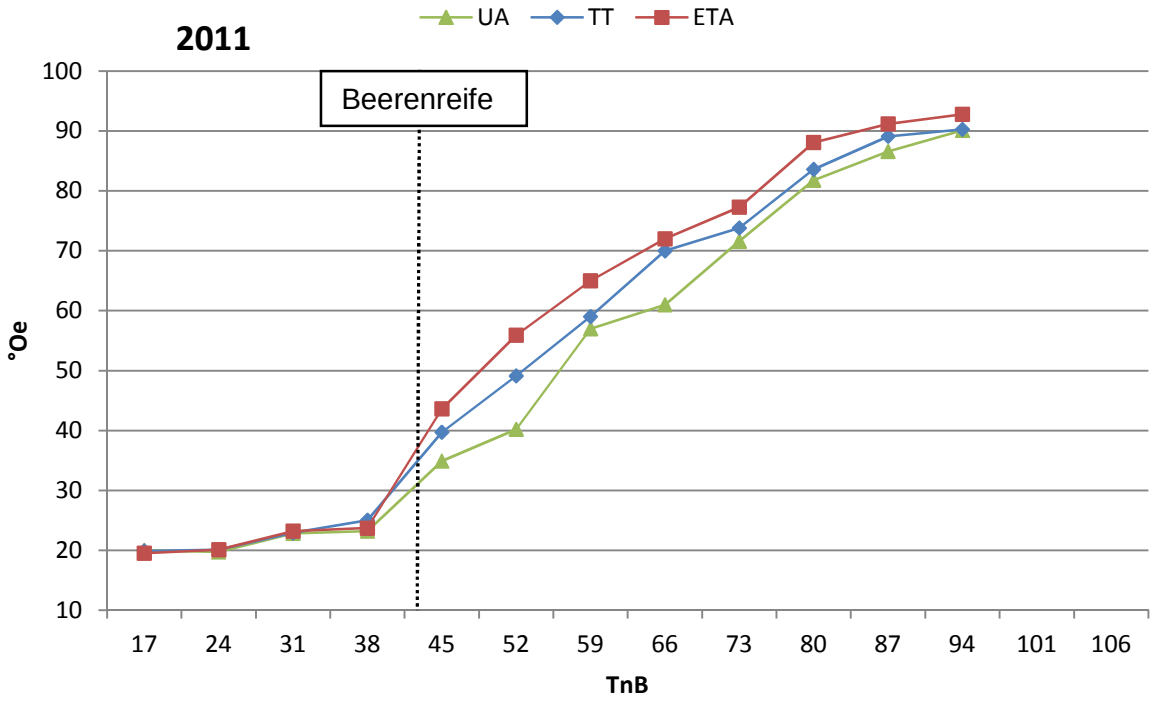
Zu TnB 45 (Beginn Beerenentwicklungsphase IV) des ersten Versuchsjahres war das höchste Mostgewicht bei der ETA mit 34,5°Oe zu verzeichnen und das niedrigste bei der TT mit 31,9°Oe. Auffallend erschien die intensive Zunahme im Mostgewicht bei allen Varianten von TnB 59 bis 66, was möglicherweise auf die hohen Niederschlagsmengen in diesem Zeitraum zurückzuführen ist. Am stärksten war diese Zunahme bei der UA mit 17,8°Oe ausgeprägt. Zum Zeitpunkt der Lese hatte die TT das höchste Mostgewicht mit 90,5°Oe mit geringem Unterschied zur ETA (88,4°Oe) aufzuweisen und die UA mit 86,3°Oe das

niedrigste. Die größte Differenz zwischen den Varianten ergab sich zu TnB 87 als die ETA 7,2°Oe mehr Mostgewicht als die UA zu verzeichnen hatte.

Aufgrund der Erfahrung des ersten Jahres wurden die Reifeparameter bereits 17 Tage nach der Blüte in Beerenentwicklungsphase II bestimmt. Die Ergebnisse im 2. Versuchsjahr (Abbildung 34) zeigten deutlich, dass die Gradation von TnB 17 bis TnB 38 eindeutig unter 30°Oe lag und Kontroll- sowie Ausdünnungsvarianten ein annähernd gleich hohes Mostgewicht zu verzeichnen hatten. Das höchste Mostgewicht konnte sowohl zu TnB 45 (Beginn Beerenentwicklungsphase IV), als auch zur Lese bei der ETA festgestellt werden (TnB 45: 43,6°Oe; TnB 94: 92,8°Oe) und gleichfalls zu beiden Zeitpunkten das niedrigste bei der UA (TnB 45: 34,9°Oe; TnB 94: 90,1°Oe). Wie auch im ersten Versuchsjahr schien die UA am stärksten auf Niederschlagsereignisse zu reagieren, was aus der intensiven Mostgewichtszunahme (16,8°Oe) zwischen TnB 52 und 59 hervorging. In diesem Zusammenhang erschien auch interessant, dass die UA in der Reife bis TnB 73 ein niedrigeres Mostgewicht als zu TnB 73 des Jahres 2010 aufzuweisen hatte. Im Jahr 2011 war die größte Differenz ebenfalls zwischen UA und ETA festzustellen und zwar zu TnB 52 mit 15,7°Oe Vorsprung im Mostgewicht der ETA. Trotz geringer Differenz im Mostgewicht am letzten Beprobungszeitpunkt (TnB 94) war im Verlauf des (wärmeren, niederschlagsärmeren) Jahres 2011 augenscheinlich ein größerer Unterschied zwischen Kontrollvariante und Ausdünnungsvarianten gegeben.

Die Ausdünnung hatte in der vorliegenden Arbeit einen Einfluss auf den Verlauf des Mostgewichtes. Am letzten Beprobungszeitpunkt beider Jahre, kurz vor der Lese, war ein geringfügig höheres Mostgewicht der Ausdünnungsvarianten gegenüber der Kontrolle zu bestimmen.


2010
UA
TT
ETA
Beerenreife
°Oe
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
17
24
31
38
45
52
59
66
73
80
87
94
101
106
TnB

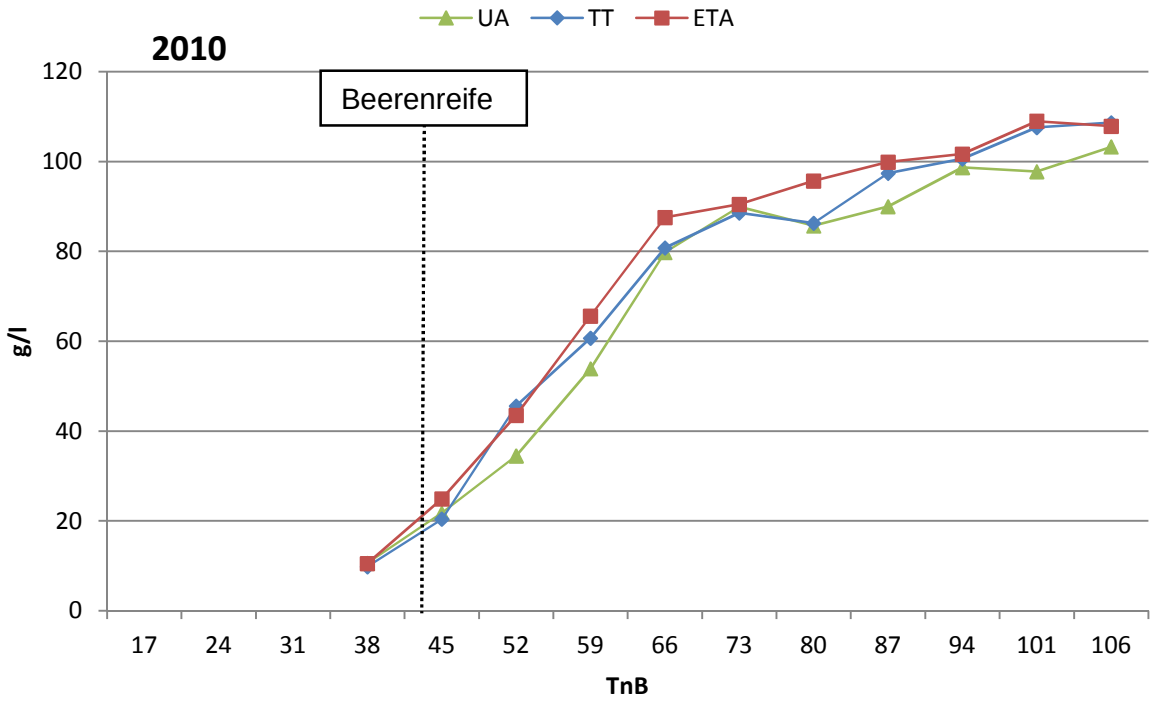

2011
UA
TT
ETA
Beerenreife
°Oe
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
17
24
31
38
45
52
59
66
73
80
87
94
101
106
TnB

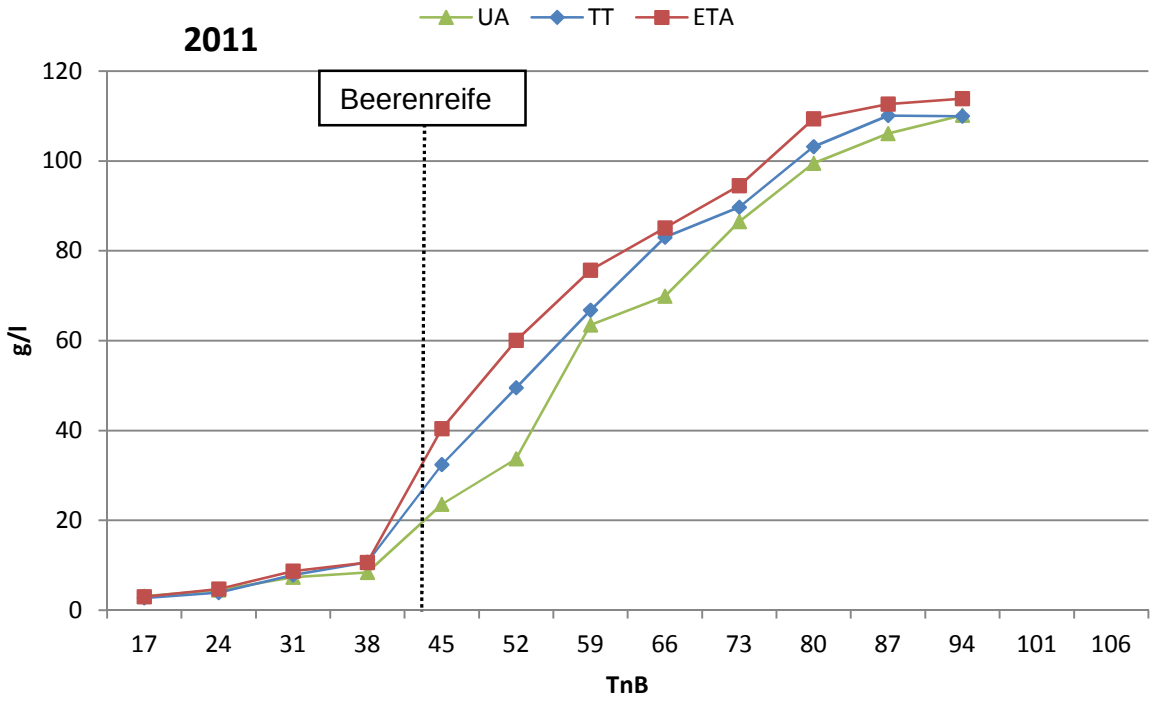
Glucose

Aus dem Verlauf der Glucosekonzentration im Beerensaft (Abbildung 35) geht hervor, dass im Zeitraum des Reifebeginns (TnB 38-45) beider Versuchsjahre alle Varianten eine Steigerung im Glucosegehalt um 10 g/l aufwiesen. Im Jahr 2011 war zwischen TnB 17 und 38 bei allen Varianten keine Konzentration über 10 g/l festzustellen. Ein erster variantenspezifischer Unterschied wurde in beiden Jahren ab Reifebeginn nachgewiesen. Im ersten Versuchsjahr ergab sich im Gegensatz zum Folgejahr bis TnB 66 ein steilerer Anstieg, jedoch ab TnB 66 ein flacherer Anstieg in der Konzentration von Glucose. Zum Lesezeitpunkt 2010 konnten bei den Versuchsvarianten Glucosekonzentrationen in einem Bereich von 103-108 g/l nachgewiesen werden und am letzten Beprobungszeitpunkt 2011 Gehalte zwischen 110 und 114 g/l.

Kurz nach Reifebeginn 2010 (TnB 45) wurde der höchste Glucose-Gehalt bei der ETA mit 24,9 g/l bestimmt, der niedrigste bei der TT mit 20,4 g/l. Zu TnB 106 war die höchste Konzentration bei der TT mit 108,7 g/l zu verzeichnen. Die UA hatte mit 103,3 g/l den geringsten Glucose-Gehalt aufzuweisen.

Mit beginnender Beerenentwicklungsphase IV (TnB 45) des 2. Versuchsjahres war die ETA die Variante, bei der mit 40,4 g/l die höchste Glucose Konzentration nachgewiesen wurde sowie die UA mit 23,6 g/l die Variante, bei der der geringste Gehalt festgestellt wurde. Zu TnB 94 war ebenfalls bei der ETA der höchste Gehalt mit 113,9 g/l zu erkennen und in gleicher Rangabfolge wie im Zeitraum des Reifebeginns der niedrigste bei der UA mit 110,0 g/l. Im Verlauf des 2. Versuchsjahres konnte ein deutlicherer Unterschied im Glucosegehalt der Ausdünnungsvarianten im Gegensatz zur Kontrolle als im Jahr 2010 nachgewiesen werden.


UA
TT
ETA
2010
Beerenreife
120
100
80
60
40
20
0
g/l
17
24
31
38
45
52
59
66
73
80
87
94
101
106
TnB


UA
TT
ETA
2011
Beerenreife
120
100
80
60
40
20
0
g/l
17
24
31
38
45
52
59
66
73
80
87
94
101
106
TnB

Fructose

Bei Vergleich des Verlaufes des Fructosegehaltes im Beerensaft beider Versuchsjahre fällt wie auch beim Glucosekonzentrations-Verlauf eine erste Steigerung in der Konzentration von über 10 g/l, sowie ein erster variantenspezifischer Verlauf im Zeitraum des Reifebeginns auf.Auffällig erscheint der Unterschied im Gehalt der Versuchsjahre zu TnB 45. Da 2010 die Varianten Konzentrationen in einem Bereich von 6-13 g/l aufzuweisen hatten, 2011 jedoch bereits zwischen 17 und 33 g/l. Die Ausdünnungsvarianten waren im Unterschied zur UA in beiden Jahren zu TnB 66 auf einem Niveau um 80 g/l, wobei ab TnB 66 ähnlich wie bei Mostgewicht (Abbildung 34) und Glucose (Abbildung 35) ein flacherer Konzentrationsanstieg im Verlauf aller Varianten nachgewiesen wurde. Zum Lesezeitpunkt im Jahr 2010 hatten die Varianten einen Fructosegehalt im Bereich von 104-112 g/l zu verzeichnen, im Folgejahr wurden Konzentrationen zwischen 107-112 g/l festgestellt.

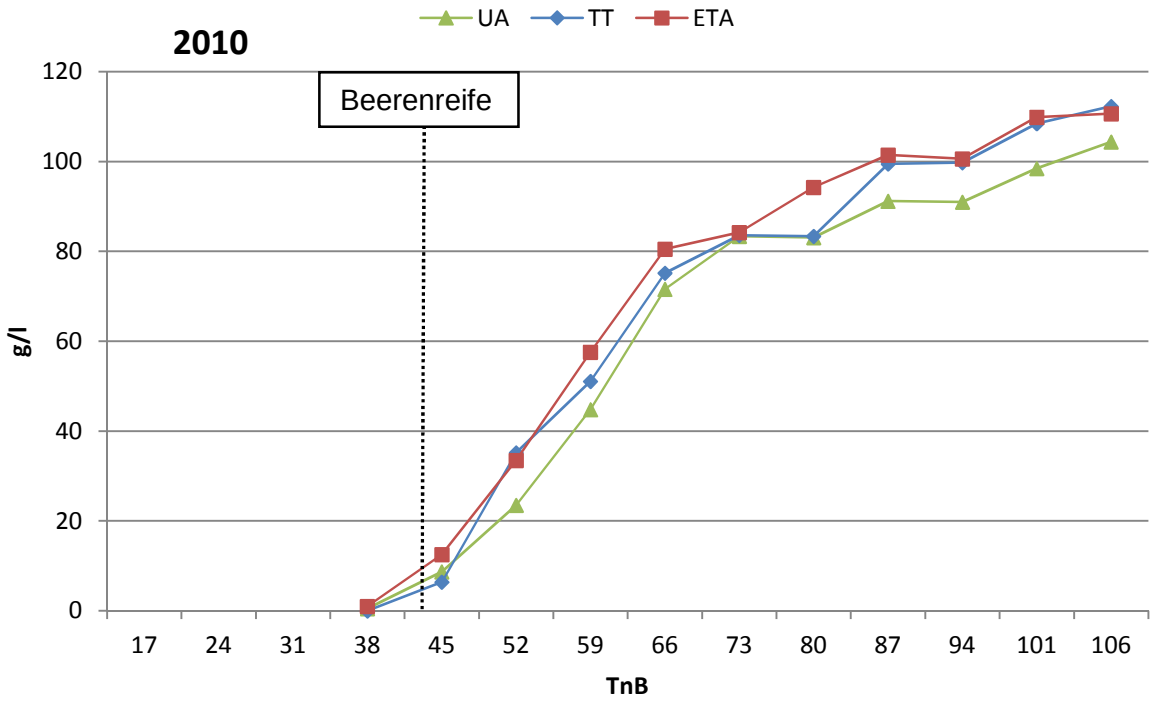
Nach Reifebeginn (TnB 45) des ersten Versuchsjahres war der höchste Fructosegehalt bei der ETA mit 12,5 g/l zu bestimmen und der niedrigste bei der TT mit 6,4 g/l. Zum TnB 106 war die höchste Konzentration bei der TT mit 112,3 g/l festzustellen und die niedrigste bei der UA mit 104,4 g/l.

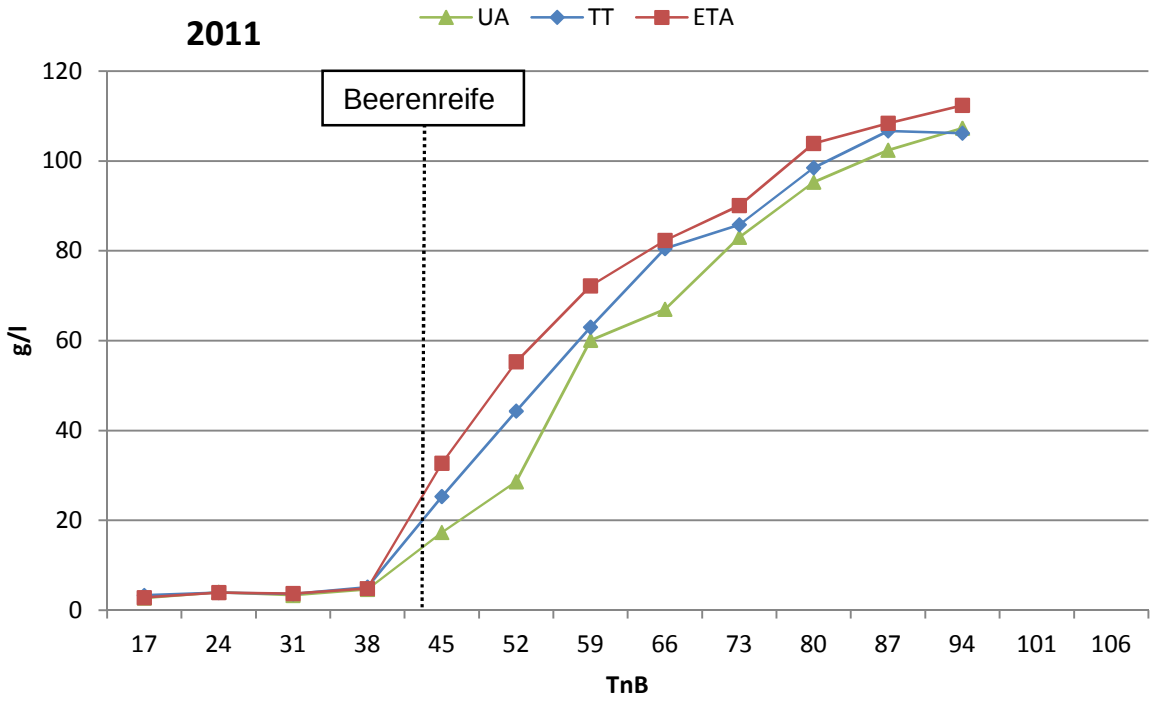
Im Jahr 2011 wurde der höchste Fructosegehalt sowohl im Zeitraum des Reifebeginns, als auch einen Tag vor der Lese bei der ETA (TnB 45: 32,7 g/l; TnB 94: 112,4 g/l) ausgewiesen und zu beiden Zeitpunkten die niedrigste bei der UA (TnB 45: 17,3 g/l; TnB 94: 106,2 g/l).

Tabelle 32: Glucose-Fructose-Verhältnis am letzten Beprobungszeitpunkt beider Versuchsjahre (2010: TnB 106; 2011: TnB 94) in Abhängigkeit von der Ausdünnungsvariante

	Glucose-Fructose-Verhältnis	
	2010	**2011**
UA	0,99	1,03
TT	0,97	1,04
ETA	0,97	1,02

Aus Tabelle 32 geht hervor, dass sowohl 2010, als auch 2011 eine relativ geringe Differenz der Versuchsvarianten im Glucose-Fructose-Verhältnis im hundertstel Dezimalbereich berechnet wurde. 2011 war das Verhältnis größer, aufgrund einer geringeren Konzentration an Glucose als an Fructose.


2010
UA
TT
ETA
Beerenreife
120
100
80
60
40
20
0
g/l
17
24
31
38
45
52
59
66
73
80
87
94
101
106
TnB


2011
UA
TT
ETA
Beerenreife
120
100
80
60
40
20
0
g/l
17
24
31
38
45
52
59
66
73
80
87
94
101
106
TnB

Titrierbare Säure

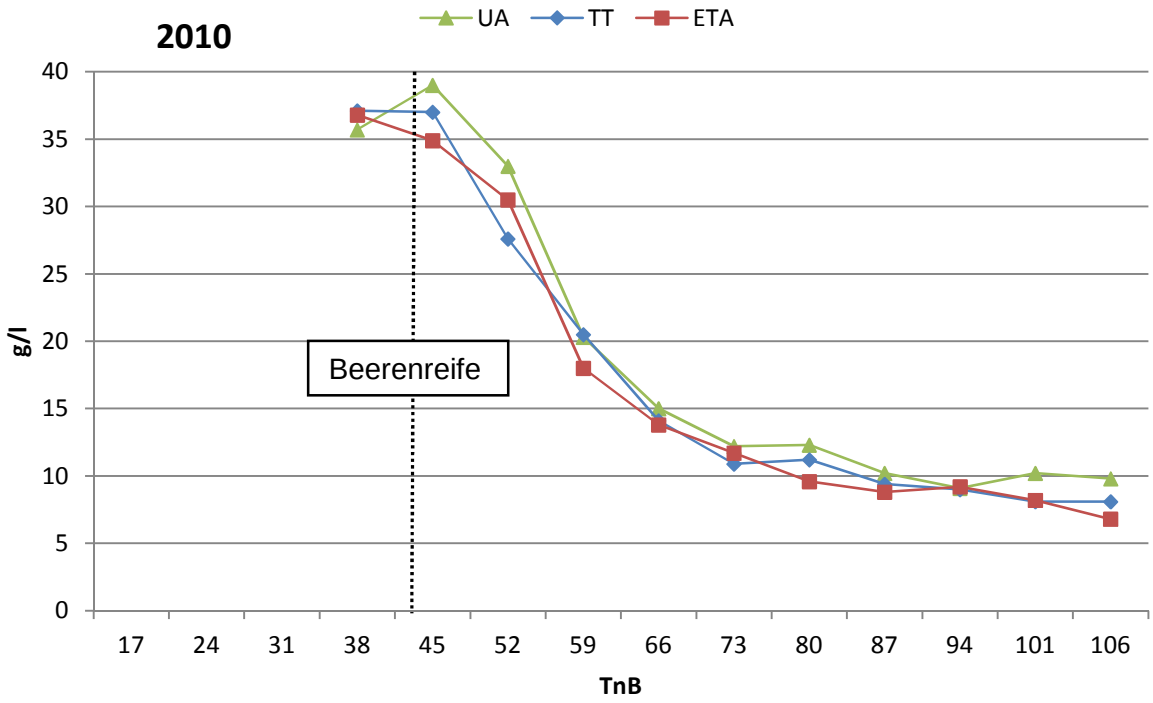
Nach Reifebeginn im niederschlagsreichen und niedertemperierten Jahr 2010 (TnB 45) war ein Gehalt an titrierbarer Säure der Versuchsvarianten zwischen 34,9-39,0 g/l festzustellen und zum selben Zeitpunkt des niederschlagsarmen und höhertemperierten Folgejahres 2011 ein annähernd ähnlich hoher im Bereich von 35,6-37,7 g/l (Abbildung 37). Dieser Säurepeak (der Zeitpunkt zu dem der höchste Säurewert im Verlauf bestimmt wurde) konnte in beiden Jahren nach Reifebeginn (TnB 45) verzeichnet werden. Die anfänglich stark abfallende Säurekurve wurde ca. 5 Wochen nach Reifebeginn wesentlich flacher (besonders 2010). Zum Lesezeitpunkt 2010 wurden bei allen 3 Varianten Konzentrationen an titrierbarer Säure zwischen 6,8 und 9,8 g/l und zum letzten Beprobungszeitpunkt 2011 annähernd gleich hohe Gehalte im Bereich von 6,4 und 8,0 g/l ausgewiesen.

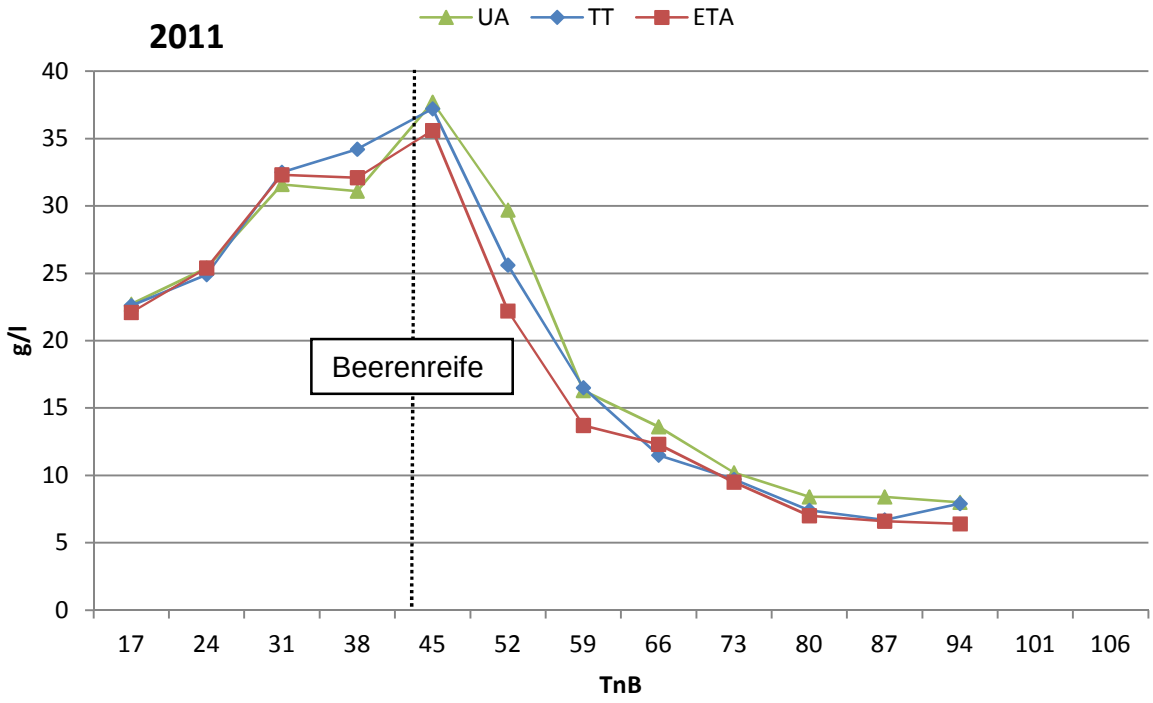
Mit beginnender Beerenentwicklungsphase IV (TnB 45) im Jahr 2010 hatte die UA die höchste Konzentration an titrierbarer Säure mit 39,0 g/l aufzuweisen und die geringste Konzentration war bei der ETA mit 34,9 g/l zu verzeichnen. Zu TnB 106 war ebenfalls der höchste Gehalt bei der UA mit 9,8 g/l festzustellen und der niedrigste bei der ETA mit 6,8 g/l.

Im Jahr 2011 waren im Gegensatz zu den Reifeparametern Mostgewicht, Glucose und Fructose (Abbildungen 34-36) bei titrierbarer Säure, Weinsäure und Äpfelsäure (Abbildungen 37-39) bereits vor TnB 38 (Beerenentwicklungsphase II) Differenzen bei den Versuchsvarianten festzustellen. Im Versuchsjahr 2011 hatte ebenfalls die UA die höchste und die ETA die niedrigste Konzentration und zwar kurz nach Reifebeginn (TnB 45) UA 37,7 g/l, ETA 35,6 g/l und zu TnB 94 UA 8,0 g/l, ETA 6,4 g/l.

Aus den Verläufen beider Versuchsjahre war an den meisten Terminen ein höherer Gehalt an titrierbarer Säure in der unausgedünnten Kontrolle vorhanden, wobei der Varianteneffekt am letzten Beprobungszeitpunkt vor der Lese im ersten (kühleren, niederschlagsreicheren) Jahr deutlicher erkennbar war.

Die Ergebnisse der beiden Versuchsjahre weisen auf einen Einfluss der Ausdünnung auf die titrierbare Säure im Beerensaft hin.


2010
UA
TT
ETA
40
35
30
25
20
15
10
5
0
g/l
Beerenreife
17
24
31
38
45
52
59
66
73
80
87
94
101
106
TnB


2011
UA
TT
ETA
40
35
30
25
20
15
10
5
0
g/l
Beerenreife
17
24
31
38
45
52
59
66
73
80
87
94
101
106
TnB

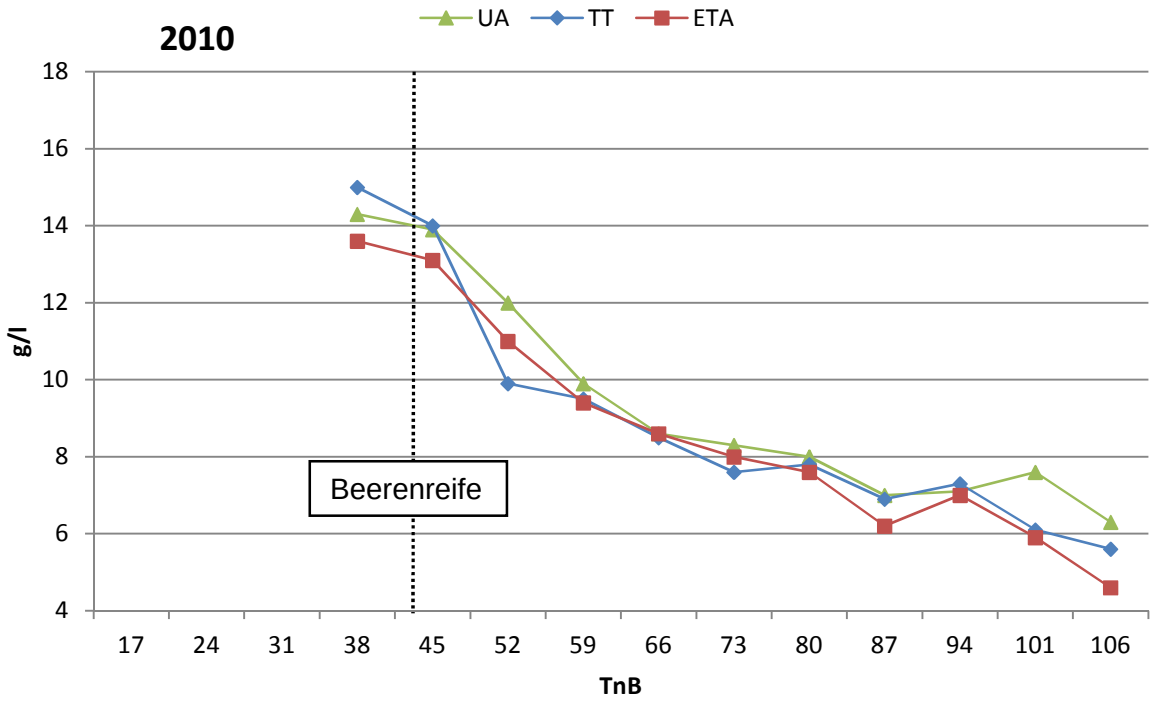
Weinsäure

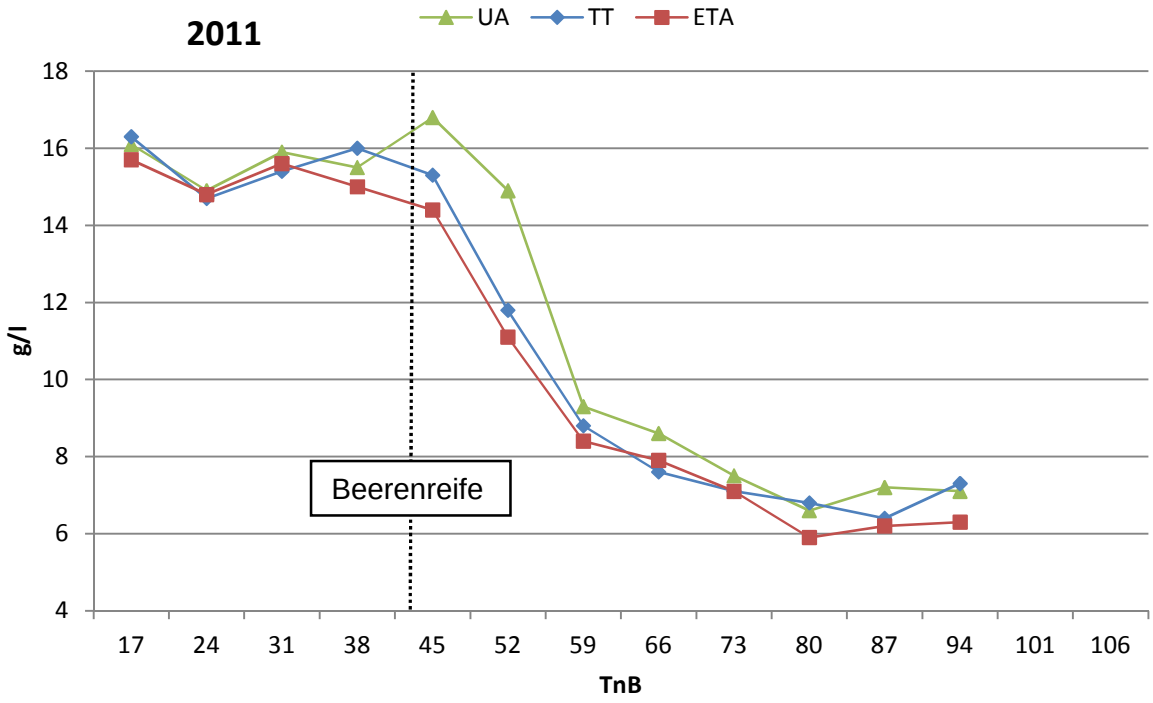
Nach Reifebeginn 2010 (TnB 45) wurden bei den Versuchsvarianten Weinsäuregehalte zwischen 13,1 und 14,0 g/l bestimmt, hingegen zum selben Termin des 2. Versuchsjahres auffallend höhere Konzentrationen im Bereich von 14,4 und 16,8 g/l nachgewiesen (Abbildung 38). Nach Reifebeginn 2010 nimmt die Säurekonzentration im Vergleich zum Folgejahr, während der Beerenentwicklungsphase IV, augenscheinlich kontinuierlicher ab. Von TnB 45 bis TnB 59 war im Jahr 2011 konnte eine vergleichsweise rasche Abnahme zu verzeichnen, nach Tnb 59 bis TnB 94 eine offensichtlich geringere Abnahme zwischen den Beprobungsterminen bei allen Varianten nachgewiesen werden. Zum Lesezeitpunkt im Jahr 2010 hatten die Varianten Weinsäuregehalte im Bereich von 4,6-6,3 g/l zu verzeichnen, im Folgejahr wurden Konzentrationen zwischen 6,3 und 7,3 g/l gemessen.

Nach Reifebeginn des ersten Versuchsjahres (TnB 45) hatte die TT den höchsten Weinsäuregehalt mit 14,0 g/l aufzuweisen und die ETA den geringsten mit 13,1 g/l. Zu TnB 106 war die höchste Konzentration bei der UA mit 6,3 g/l zu verzeichnen und die niedrigste bei der ETA mit 4,6 g/l.

Im Jahr 2011 wurde der höchste Weinsäuregehalt nach Reifebeginn (TnB 45) bei der UA mit 16,8 g/l und der niedrigste bei der ETA mit 14,4 g/l festgestellt. Zu TnB 94 war die höchste Säurekonzentration bei der TT mit 7,3 g/l nachzuweisen und die Variante mit der niedrigsten Weinsäurekonzentration war die ETA mit 6,3 g/l. Am letzten Beprobungstermin des 2. Versuchsjahres war somit ein geringerer Varianteneffekt als im ersten Versuchsjahr zu erkennen.

Aus den Ergebnissen im vorliegenden Unterkapitel war ein deutlicher Einfluss in der Weinsäurekonzentration nur bei der ETA, jedoch nicht bei der TT gegenüber der Kontrollvariante in beiden Versuchsjahren zu erkennen.


2010
UA
TT
ETA
18
16
14
12
10
8
6
4
g/l
Beerenreife
17
24
31
38
45
52
59
66
73
80
87
94
101
106
TnB


2011
UA
TT
ETA
18
16
14
12
10
8
6
4
g/l
Beerenreife
17
24
31
38
45
52
59
66
73
80
87
94
101
106
TnB

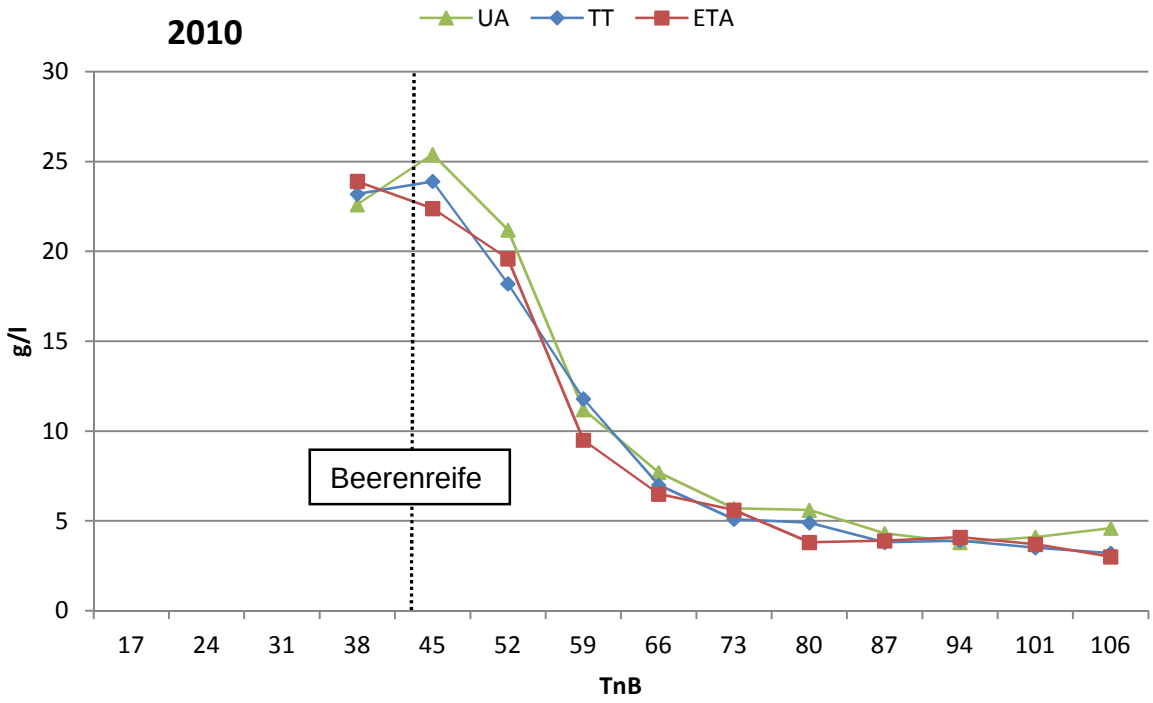
Äpfelsäure

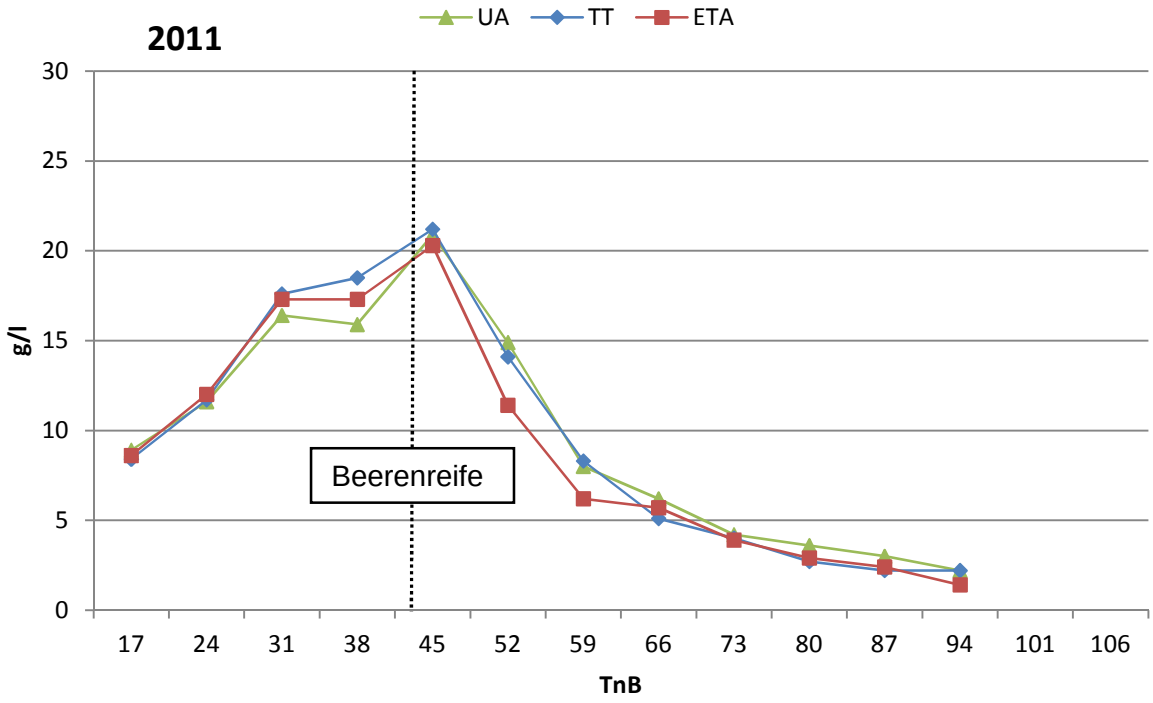
Nach Reifebeginn (TnB 45) 2010 ließen sich auffällig höhere Äpfelsäurekonzentrationen der Versuchsvarianten im Bereich von 22,4-25,4 g/l im Vergleich mit den Gehalten zum selben Termin des 2. Versuchsjahres zwischen 14,4 und 16,8 g/l feststellen (Abbildung 39). Nach Einsetzen der Beerenreife konnte in beiden Jahren eine intensive Abnahme des Äpfelsäuregehaltes bei allen Varianten nachgewiesen werden. Während im Jahr 2010 von TnB 73 bis TnB 106 augenscheinlich kaum eine Veränderung der Konzentration verzeichnet werden konnte, wurde 2011 ab TnB 66 im Gegensatz zur vorhergehenden Entwicklung (TnB 45–66) eine geringere, aber doch kontinuierliche Abnahme bis TnB 94 festgestellt. Zum Lesezeitpunkt des 1. Versuchsjahres wurden bei den Varianten Äpfelsäurekonzentrationen zwischen 3,0 und 4,6 g/l dokumentiert und am letzten Beprobungszeitpunkt 2011 (TnB 94) relativ niedrige Gehalte von 1,4-2,2 g/l.

Die höchste Äpfelsäurekonzentration nach Reifebeginn des Versuchsjahres 2010 (TnB 45) konnte bei der UA mit 25,4 g/l und die niedrigste bei der ETA mit 22,4 g/l nachgewiesen werden. Zu TnB 106 hatte gleichfalls die UA die höchsten Äfpelsäurewerte mit 4,6 g/l zu verzeichnen und die ETA die niedrigsten mit 3,0 g/l.

2011 fiel im Bereich der Beerenentwicklungsphase II (zwischen TnB 31 und 38) eine im Gegensatz zu den vorhergehenden und nachfolgenden Beprobungsterminen bei TT nur eine geringfügige Zunahme bzw bei ETA und UA sogar eine Abnahme des Äpfelsäuregehaltes auf. Dieser variantenspezifische Konzentrationsunterschied vor Reifebeginn reduzierte sich nach Reifebeginn (TnB 45) wieder deutlich. Im Jahr 2011 wurde der höchste Äpfelsäuregehalt nach Reifebeginn (TnB 45) bei der TT mit 21,2 g/l ausgewiesen und der niedrigste bei der ETA mit 20,3 g/l. Zu TnB 94 konnten die höchsten Äpfelsäurekonzentrationen bei TT und UA mit 2,2 g/l bestimmt werden und der niedrigste bei der ETA mit 1,4 g/l.

In beiden Versuchsjahren konnte, vor allem in der 2. Hälfte der Beerenentwicklungsphase IV, kaum ein Einfluss der Ausdünnungsvarianten auf den Äpfelsäuregehalt im Vergleich mit der Kontrolle festgestellt werden.


2010
UA
TT
ETA
30
25
20
15
10
5
0
g/l
Beerenreife
17
24
31
38
45
52
59
66
73
80
87
94
101
106
TnB


2011
UA
TT
ETA
30
25
20
15
10
5
0
g/l
Beerenreife
17
24
31
38
45
52
59
66
73
80
87
94
101
106
TnB

4.6 Traubenertrag

In Tabelle 33 sind die Traubenerträge der Ausdünnungsvarianten bzw. der Kontrollvariante von gesunden, vermarktungsfähigen Trauben beider Versuchsjahre gegenübergestellt. Bei allen Versuchsvarianten konnte im Jahr 2011 ein höherer Traubenertrag festgestellt werden. Sowohl im ersten, als auch im 2. Versuchsjahr konnte die UA den höchsten Traubenertrag/Stock und somit auch den höchsten hochgerechneten Traubenertrag/ha aufweisen. Das geringste Einzeltraubengewicht konnte bei der TT festgestellt werden, wobei die TT bei der Traubenanzahl und beim Traubengewicht vorwiegend 2010, annähernd hohe Werte zu verzeichnen hatte wie die UA. Den geringsten Stockertrag und auch den geringsten hochgerechneten Traubenertrag/ha, jedoch das höchste Einzeltraubengewicht, war in beiden Versuchsjahren bei der ETA zu verzeichnen. Angesichts der deutlichen Ertragsmengenunterschiede zwischen den Versuchsvarianten fällt der geringe Unterschied im Mostgewicht (vor allem 2011 mit nur 1,1°Oe) auf. Das höchste Mostgewicht zum Lesezeitpunkt 2010 wies die TT auf und 2011 die ETA. Die niedrigste Gradation wurde 2010 bei der UA bestimmt und 2011 bei UA und TT mit gleich hohem Mostgewicht. Aus Tabelle 34 geht hervor, dass UA und TT eine signifikant höhere Traubenanzahl/Stock als die ETA zu verzeichnen hatten und die Kontrollvariante UA ein signifikant höheres Traubengewicht/Stock als die Ausdünnungsvarianten TT und ETA aufzuweisen hatte.

Tabelle 33: Traubenerträge und Mostgewicht der Versuchsvarianten beider Versuchsjahre

	2010			2011		
	UA	**TT**	**ETA**	**UA**	**TT**	**ETA**
Einzeltraubengewicht g	227	204	291	242	213	280
Traubenanzahl/Stock	16,0	15,8	8,3	16,7	16,0	9,0
Traubengewicht/Stock kg	3,63	3,23	2,42	4,04	3,41	2,53
Hochgerechneter Traubenertrag kg/ha	10.813	9.623	7.222	12.014	10.149	7.520
Mostgewicht °Oe	86,3	90,5	88,4	92,4	92,4	93,4

Tabelle 34: Statistische Prüfung von Traubenanzahl/Stock und Traubengewicht/Stock (kg) in Abhängigkeit von der Ausdünnungsvariante zum Lesezeitpunkt beider Versuchsjahre (02.10.10 und 13.09.11)

Versuchsjahr	Variante	Traubenanzahl/ Stock	Traubengewicht/ Stock
2010	UA	16,00b	3,63c
	TT	15,87b	3,23b
	ETA	8,33a	2,43a
	F-Wert	220,32***	24,14***
2011	UA	16,67b	4,04c
	TT	16,00b	3,41b
	ETA	9,00a	2,53a
	F-Wert	51,81***	22,17***

4.7 Traubenertrag in Abhängigkeit von Fotosynthese und Blattfarbe

In Tabelle 35 sind Blattfläche, Blattfarbe, Gaswechselparameter, Ertrag sowie Reifeparameter von 3 Trieben pro Ausdünnungsvariante zum Lesezeitpunkt des 2. Versuchsjahres (13.09.11) aufgelistet.

Die beiden Ausdünnungsvarianten hatten eine größere Blattfläche, eine signifikant dünklere Blattfarbe (p = 0,000***), einen signifikant niedrigeren Gelbanteil (p = 0,000***), ein höheres a*/b*-Verhältnis, eine höhere Nettofotosyntheserate, eine höhere stomatäre Leitfähigkeit sowie eine höhere Water Use Efficiency aufzuweisen.
Die größte Blattfläche/Trieb konnte bei der TT gemessen werden, gleichfalls konnte bei der TT eine höhere WUE aufgrund einer geringeren Transpirationsrate als bei der ETA berechnet werden. Die dunkelste Blattfarbe und höchste Nettofotosyntheserate war bei der ETA festzustellen.
Die Triebe der UA hatten einen höheren Traubenertrag als die Ausdünnungsvarianten. Bei Vergleich der Reifeparameter im Beerensaft wurde bei TT und UA ein Mostgewicht von 92,4°Oe ausgewiesen, die ETA hatte das höchste Mostgewicht mit 93,4°Oe. Sehr deutlich erkennbar (jedoch nicht signifikant) sind die höheren FAN und NH4 Gehalte der Ausdünnungsvarianten im Vergleich zur Kontrolle.

Aus den Ergebnissen vom Lesezeitpunkt 2011 war ein Einfluss der Fruchtansatzregulierung auf Blatt, Traube und Beerensaft erkennbar.

Tabelle 35: Blattfläche (mm²), Blatthelligkeit (L*), Grün-Rotanteil (a*), Blau-Gelbanteil (b*), Quotient aus Grün-Rotanteil und Blau-Gelbanteil (a*/b*), Blattfarbe, Nettofotosyntheserate (A, µmol $CO_2.m^{-2}.s^{-1}$), stomatäre Leitfähigkeit (gs, mol H_2O $m^{-2}.s^{-1}$), Water Use Efficiency (WUE, A/E) von 15 Blätter pro Trieb (jeder MW n = 15), 3 Triebe pro Variante, sowie Ertrag (g), Mostgewicht (°Oe), hefeverfügbarer Stickstoff (FAN, mg/l) und Ammonium (NH4, mg/l) pro Trieb zum Lesezeitpunkt (2011-09-13)

		Mittelwert/Trieb								Traubengewicht	°Oe	FAN	NH4
Variante	Blattfläche Σ	L*	a*	b*	a*/b*	Blattfarbe	A	gs	WUE	/Trieb g		mg/l	mg/l
UA	2353,26	43,26	-12,04	25,41	-0,47		8,93	0,191	6,29	548,24	93,2	80	51
	2521,17	46,76	-13,89	26,75	-0,52		7,44	0,078	4,85	509,42	92,6	97	52
	2602,51	42,45	-11,59	20,99	-0,55		6,97	0,063	3,84	472,66	91,4	103	54
	7476,94	44,16	-12,51	24,38	-0,52		7,78	0,111	4,99	510,11	92,4	93	52
TT	2569,51	41,22	-13,03	21,51	-0,61		7,23	0,193	4,95	469,64	92,0	124	67
	2742,66	41,22	-13,03	21,51	-0,61		10,66	0,157	6,79	372,42	92,3	100	55
	2453,47	37,61	-11,11	15,25	-0,73		6,14	0,058	4,57	386,92	92,9	106	62
	7765,64	40,01	-12,39	19,42	-0,65		8,01	0,136	5,44	409,66	92,4	103	61
ETA	2539,62	39,85	-13,02	19,61	-0,66		7,67	0,186	5,13	330,05	91,3	142	75
	2391,25	38,92	-12,04	17,21	-0,70		9,81	0,086	5,63	281,39	93,3	138	75
	2677,59	40,08	-13,06	20,05	-0,65		9,68	0,075	4,78	371,18	95,5	101	58
	7608,46	39,62	-12,71	18,96	-0,67		9,05	0,116	5,18	327,54	93,4	127	69

5 Diskussion

In den beiden Versuchsjahren 2010 und 2011 wurde mit Hilfe von physiologischen Untersuchungen in Kombination mit Wasserhaushaltsuntersuchungen und praxisrelevanten Qualitätsparametern die Auswirkung von in der Praxis üblichen Ertragsregulierungsmaßnahmen in Form von manueller Ausdünnung auf die Rotwein Rebsorte Zweigelt erforscht. Der Einfluss der Traubenausdünnung gestaltete sich in der vorliegenden Arbeit äußerst komplex, in den Wechselwirkungen außerordentlich vielfältig und erfordert intensive Diskussion.

Witterung und Phänologie

Aufgrund der aufgezeichneten Klimadaten wird die unterschiedliche Witterung während der Vegetationsperioden der Jahre 2010 und 2011 in Bezug auf Temperatur und Niederschlagsintensität deutlich. Dies spiegeln auch die Abweichungen der Monatsmittel der langjährigen Temperatur- und Niederschlagsdaten wider.

Im ersten Versuchsjahr wurden an Rebstöcken Trieblängen und Blattanzahl bestimmt, um Homogenität der Rebstöcke am Versuchsstandort zu sichern. Im 2. Versuchsjahr wurden ebenfalls Trieblängen und Blattanzahl erhoben, um mögliche Folgewirkungen der im Vorjahr durchgeführten Ausdünnungen auf die vegetative Leistung der Rebe festzustellen. Wie in den Arbeiten von FERREE et al. (2003) und KELLER et al. (2005) konnte jedoch keine Auswirkung der Ertragsregulierung in Form von Traubenausdünnung auf das Trieblängenwachstum der Rebe beobachtet werden, wogegen EIBACH und ALLEWELDT (1983) mit zunehmender Anwesenheit von Trauben pro Trieb eine Reduktion der Trieblänge dokumentieren. Das raschere Triebwachstum im Jahr 2011 kann mit den höheren Durchschnittstemperaturen sowie geringeren, niedrigen Temperaturminima (unter 5°C) zwischen BBCH 05 und BBCH 60 im Gegensatz zum gleichen Zeitraum des Vorjahres erklärt werden. Bei EIBACH und ALLEWELDT (1984) und PONI et al. (1993) wird ebenfalls von einem rascheren Fortschritt im vegetativem Wachstum der Weinrebe bei höheren Temperaturen berichtet.

Trotz der hohen Niederschlagssummen (79 mm) während der Rebblüte 2010, war diese mit einer Blütedauer von 9 Tagen um 3 Tage früher abgeschlossen als in der niederschlagsärmeren Blütephase 2011. Im Zeitraum der Vorblüte wurden 2010 über mehrere Tage (10.06.-12.06.) relativ hohe Tagesdurchschnittstemperaturen um die 26°C aufgezeichnet. Auch HOFÄCKER et al. (1976) und ALLEWELDT et al. (1984) heben hervor, dass für einen raschen Ablauf der Rebblüte vor allem in der beginnenden Blütephase warme Temperaturen in einem Bereich von 22-26°C förderlich sind. Die Befruchtungsstörung im Jahr 2010 ist mit den starken Niederschlägen und dem damit verbundenen

Temperatureinbruch (15°C Tagesdurchschnitt) am 16.06. zu erklären. Eine Reduktion der Beerenanzahl aufgrund von Niederschlagsereignissen während der Rebblüte wurde auch von SCHNEIDER und STAUDT (1978) und ALLEWELDT et al. (1984) dokumentiert.

Zum Zeitpunkt der Vorblüte 2011 waren im Vergleich zum Vorjahr niedrigere Temperaturen (12°C) zu verzeichnen, die mit Niederschlagsmengen von 12 mm begleitet wurden, jedoch konnten in den folgenden Tagen höhere Durchschnittstemperaturen (über 20°C) und im Gegensatz zum Vorjahr geringere Niederschlagsmengen aufgezeichnet werden (maximal 15 mm). Die Rebblüte des 2. Versuchsjahres, mit einer Dauer von 13 Tagen, war um 3 Tage länger als die des Vorjahres.

Obwohl die Witterung während der Beerenentwicklungsphase II 2010 (1. Julihälfte trocken, heiß) sich deutlich von der des Folgejahres unterschied (1. Julihälfte warm, geringe Niederschlagsmengen) und die Blütedauer beider Jahre unterschiedlich lang war, war die zeitliche Dauer vom Abschluss der Rebblüte bis Reifebeginn (= Beerenentwiclungsphase II) beider Jahre gleich lang (2010 und 2011 bis TnB 42). ALLEWELDT (1967), FARMAHAN und PANDEY (1976) und ESTEBAN et al. (1999) konnten im Vergleich zu den eigenen Daten eine beinahe gleiche Zeitspanne zwischen Rebblüte und Reifebeginn über mehrere Jahre hindurch beobachten. Die sogenannte Sistierphase (Beerenwachstumsphase III) wurde aufgrund der Parameter Mostgewicht und Glucose wenige Tage vor Reifebeginn (vor TnB 42) geschätzt. FARMAHAN und PANDEY (1976) und OJEDA et al. (1999) positionierten die Sisitierphase zeitlich ebenfalls hinsichtlich dieser Parameter. ESTEBAN et al. (1999) heben besonders die Konzentrationssteigerung von Glucose als Indikator des Reifebeginnes hervor. Auch in der vorliegenden Arbeit wurde zum Zeitpunkt der visuellen Bonitur des Farbumschlages und besonders auffällig an dem Kreuzungspunkt des OP des Blattes und der Beere eine markante Steigerung an Glucose und Fructose in der Beere (erstmals nach der Blüte über 10 g/l) festgestellt. In beiden Versuchsjahren zeigte die ETA als erste der 3 Versuchsvarianten gefärbte Beeren, während die UA als letzte Variante mit dem Farbumschlag begann. Im ersten Versuchsjahr trat bei der UA erst eine Woche nach der ETA der Reifebeginn ein, im Folgejahr waren es nur 2 Tage. Die Dauer der anschließenden Beerenentwicklungsphase IV (Beerenreife) wurde vom Lesetermin bestimmt. Um die vom Winzer gewünschte Traubenqualität zum Erntezeitpunkt zu erzielen, wurde 2010 106 Tage nach Beendigung der Rebblüte und im 2. Versuchsjahr 95 Tage nach Rebblüte mit annähernd gleich hoher Gradation um die 90°Oe gelesen.

5.1 Diskussion Physiologie

Gaswechselleistung

Die Blätter der unteren Laubwandzone der UA wiesen zu allen 4 Messterminen die niedrigste Nettofotosyntheserate auf, jedoch ohne statistische Absicherung. Besonders auffallend ist die niedrigste Nettofotosyntheserate der UA bereits vor der Fruchtansatzregulierung (BBCH 60), was eine Folgewirkung der Ertragsbelastung des Vorjahres sein könnte. Nach erneuter Anlage der Versuchsvarianten war die höchste Nettofotosyntheserate, die höchste stomatäre Leitfähigkeit und die höchste Water Use Efficiency bis auf eine Ausnahme (WUE zu BBCH 85) stets bei den Ausdünnungsvarianten zu verzeichnen. Auch von RUBIO et al. (2004) ohne Angabe der Lokalisation der gemessenen Blätter, KOBLET et al. (1996) an Blättern von Haupt- und Geiztrieben und INTRIGLIOLO und CASTEL (2011) an 3 sonnenexponierten Blättern von Haupttrieben konnte kein signifikanter Unterschied in der Nettofotosyntheserate von ausgedünnten Rebstöcken im Gegensatz zu Reben mit Vollertrag festgestellt werden. Im Gegensatz zu den Ergebnissen in einem Gewächshausversuch von EIBACH und ALLEWELDT (1984) mit Müller-Thurgau und Bacchus in Deutschland, von KOBLET et al. (1996), in einem Freilandversuch mit Pinot Noir und Müller-Thurgau in den USA, bei einem Versuch mit Topfreben und von KAPS und CAHOON (1989) mit Seyval blanc in den USA, konnte in der vorliegenden Arbeit bei Rebstöcken mit mehr Fruchtbehang keine höhere Nettofotosyntheserate gemessen werden, sondern zu allen Messterminen eine niedrigere, was auch bei einem Freilandversuch von EDSON et al. (1993) mit Seyval Blanc in den USA festgestellt wurde. Bei der stomatären Leitfähigkeit konnte ein signifikanter Unterschied zwischen den Varianten nur zu Rebblüte (also vor erfolgter Ausdünnung des 2. Versuchsjahres) verzeichnet werden. An Blättern von Trieben mit geringerer Ertragsbelastung im Gegensatz zu Trieben mit vollem Traubenbehang konnte auch RUBIO et al. (2004) eine höhere gs nachweisen. Die UA zeigte bei allen Messzeitpunkten die niedrigste gs als auch zum gleichen Zeitpunkt das negativste PWP. Bei den Blättern der unteren Laubwandzone konnte bis auf die Messung zu BBCH 85, neben dem negativsten PWP und der niedrigsten gs zusätzlich die niedrigste WUE dokumentiert werden. Die WUE war der einzige Parameter, bei dem zu allen Messterminen ein signifikanter Unterschied zwischen den Varianten (jedoch keine signifikant höhere WUE bei den Ausdünnungsvarianten) nachgewiesen werden konnte. BAEZA et al. (2005) verzeichneten ebenfalls bei Rebstöcken mit unterschiedlichen Erziehungsformen und den daraus resultierenden Ertragsunterschieden eine höhere WUE bei Rebstöcken mit geringerem Ertrag. KNOLL und REDL (2012) wiesen sowohl eine höhere WUE als auch eine höhere

Nettofotosyntheserate von Blättern der basalen Triebzone bis ins späte Blattalter bei Reben mit gemäßigtem Traubenbehang nach.

Bei den sonnenexponierten, jüngeren Blättern der Laubwandmitte konnte im Gegensatz zu den älteren, teilweise sonnenexponierten Blättern der Traubenzone ein deutlicher Unterschied zwischen Ausdünnung und unausgedünnter Kontrolle festgestellt werden. Mitte August wurde die niedrigste Nettofotosyntheserate bei der UA (12,83 µmol $CO_2.m^{-2}.s^{-1}$) und der höchste bei der ETA (14,99 µmol $CO_2.m^{-2}.s^{-1}$) verzeichnet. KNOLL (2008) konnte im Vergleich dazu von mehreren Standorten im pannonischen Klimaraum eine Nettofotosyntheserate von 12 bis 17 µmol $CO_2.m^{-2}.s^{-1}$ bei Blättern der Laubwandmitte von Zweigeltreben feststellen. Bei der UA war sowohl die niedrigste stomatäre Leitfähigkeit, als auch die niedrigste WUE nachzuweisen. Nur zum Messtermin vor Reifebeginn konnte bei der TT eine höhere WUE berechnet werden, da die ETA eine höhere Transpirationsrate zu diesem Zeitpunkt zu verzeichnen hatte. Bezugnehmend auf die niedrigste WUE und gs der UA erscheint der Zusammenhang mit den Ergebnissen des PWP und des RWC der Blätter interessant, wo ebenfalls die niedrigsten Parameter bei der Kontrollvariante an den jeweiligen Messzeitpunkten bestimmt wurden. Vor Reifebeginn war bei den Ausdünnungen eine signifikant höhere Nettofotosyntheserate und Water Use Efficiency festzustellen, zu Reifebeginn (BBCH 81) und nach Reifebeginn (BBCH 85) ausschließlich eine signifikant höhere stomatäre Leitfähigkeit bei den Fruchtansatzregulierungen TT und ETA. Jedoch konnten zahlenmäßig stets bei den Ausdünnungsvarianten eine höhere Nettofotosyntheserate und WUE gemessen werden.

Zum Lesezeitpunkt des 2. Versuchsjahres waren bei Messung aller Blätter am Trieb, bei den Reben mit nativem Fruchtbehang, der meiste Gelbanteil, die niedrigste Nettofotosyntheserate und der höchste Traubenertrag pro Trieb zu verzeichnen, sowie zu Reifebeginn weniger N und Mg in den Blättern als bei TT und ETA, was auf eine Belastung des Triebes durch Ertrag hinweisen kann. ALLEWELDT et al. (1984) und RUBIO et al. (2004) dokumentieren in diesem Zusammenhang anhand mehrjähriger Versuche einen erhöhten Nährstoffentzug sowie Verringerung der Gaswechselleistung der Rebe durch langjährige hohe Ertragsbelastung.

Die Reduktion von Traubengewicht am Trieb hatte eine höhere Nettofotosyntheseleistung zur Folge, meist jedoch nur mit einer Differenz von ungefähr 1 µmol $CO_2.m^{-2}.s^{-1}$. Dieser Effekt macht sich mit zunehmendem Reifefortschritt stärker bemerkbar. In der vorliegenden Arbeit war somit nach nur einem Versuchsjahr bereits eine Auswirkung der manuellen Traubenausdünnung auf die Gaswechselleistung im Folgejahr erkennbar.

OP im Blatt und Beerensaft

Bei Betrachtung der saisonalen Verläufe in den Ergebnissen der vorliegenden Arbeit fällt eine Veränderung nach intensiven Niederschlagsereignissen des OPs im Blatt jedoch nicht beim OP der Beere und des Traubengerüstes auf. Bei höheren Niederschlagsmengen konnten weniger negative Werte gemessen werden als bei geringem bzw. keinem Niederschlag. Auch ALLEWELDT und GEISLER (1958) und ALLEWELDT (1961) konnten in Rebblättern (ohne Angabe der Insertionshöhe am Trieb) von Rebstöcken mit geringeren Bewässerungsmengen ein negativeres OP als von Rebstöcken mit höheren Bewässerungsmengen feststellen. Des weiteren konnten ALLEWELDT und GEISLER (1958) wie in der vorliegenden Arbeit, eine Abnahme (Verlauf zu negativeren Werten) des OP des Blattes im Verlauf der Saison bis zur Ernte verzeichnen. Diese, im Verlauf der Saison verzeichnete Abnahme im OP war in Blatt, Beere, sowie im Traubengerüst (mit Ausnahme des Traubenstiels) nachzuweisen. Wie auch beim PWP scheint der relative Bodenwassergehalt lt. C-probes keinen großen Einfluss auf das OP im Blatt zu haben.

BECK (1999) konnte im Weinbaugebiet Neusiedlersee-Hügelland während der Beerenentwicklung ein OP in Rebblättern der Traubenzone zwischen -0,8 und -1,49 MPa bestimmten. ALLEWELDT (1967) stellte aufgrund seiner Ergebnisse fest, dass der osmotische Wert ausgewachsener Blattspreiten der europäischen Kulturrebe unter normalen Umwelt- und Anbaubedingungen im mitteleuropäischen Raum in einem Bereich von -1,0 bis -1,6 MPa liegt. In beiden Versuchsjahren lagen die Messwerte fast ausschließlich in diesem Bereich.

Ein Unterschied des OP zwischen Traubenausdünnung und Reben im Vollertrag wird im Blatt sehr deutlich, wonach die Ausdünnungsvarianten in beiden Jahren, zu fast allen Beprobungsterminen, besonders im trockeneren, wärmeren Jahr 2011 ein negativeres OP als die Kontrollvariante aufweisen konnten. Dies kann in der vorliegenden Arbeit mit der höheren Konzentration von Kalium in den Blattspreiten von TT und ETA gegenüber der UA erklärt werden. Bei den Ausdünnungsvarianten war überdies an bestimmten Beprobungsterminen im Verlauf ein statistisch signifikant negativeres OP als bei der Kontrollvariante nachzuweisen.

In beiden Versuchsjahren und bei allen 3 Versuchsvarianten hatte das OP im Beerensaft erstmals nach Reifebeginn negativere Werte als das OP im Blattsaft. Dies ist möglicherweise in Zusammenhang mit zunehmendem Mostgewicht, Glucose und Fructose, also mit der intensiv gesteigerten Akkumulation von osmotisch wirksamen Substanzen laut TAIZ und ZEIGER (2000) in die Beere ab diesem Zeitpunkt zu erklären, wie sie auch LÖSCH (2003) bei verschiedenen Kulturpflanzen und POSSNER und KLIEWER (1985) bei der Rebsorte Chardonnay nachweisen konnten. Mit Einsetzen der Beerenreife laufen in den Beeren erhebliche Veränderungen bei verschiedenen chemischen Zusammensetzungen ab, unter

anderem eine rasche Steigerung der Zuckerakkumulation und eine Reduktion an organischen Säuren (COOMBE 1992).

Bis zu Reifebeginn (Beerenwachstumsphasen I und II) war in den beiden Versuchsjahren bei der Rebsorte Zweigelt offensichtlich eine höhere Konzentration von osmotisch wirksamen Substanzen im Rebblatt der Traubenzone als in der Beere vorhanden.

Der kontinuierliche Verlauf zu negativerem OP in der Beere in der Zeit nach Reifebeginn kann in der vorliegenden Arbeit nicht nur aufgrund der laufenden Einlagerung der lt. MORGAN (1984) und TAIZ und ZEIGER (2000) osmotisch wirksamen Zucker Glucose und Fructose bestätigt werden, sondern auch durch eine Zunahme des osmotisch wirksamen anorganischen Ions Kalium in der Beere von Reifebeginn bis Lesezeitpunkt. ROGIERS et al. (2000) und ETCHEBARNE et al. (2009) erklären diesen Umstand mit einer Verschiebung von source:sink zwischen Blatt und Beere zu Reifebeginn und somit einer Umlagerung von Kalium in die Beere bzw. zur Herstellung eines osmotischen Gradienten Richtung Beere.

Interessant scheint der offensichtlich geringe Einfluss von Niederschlagsereignissen auf das OP der Beere im Vergleich zum OP des Blattes. Beide Jahre kennzeichnete eine annähernd kontinuierliche Abnahme des OP der Beere bis kurz vor Lese, obwohl die Beeren im 2. Versuchsjahr einen im Vergleich zu 2010 höchst unterschiedlichen Verlauf des RWC zeigten. Möglicherweise steht die Einlagerung von osmotisch wirksamen Substanzen in die Beere nicht in direktem Zusammenhang mit der Wasserversorgung der Beere. OLLAT und GAUDILLERE (1996), ROGIERS et. al (2000), OLLAT et al. (2002) und KELLER et al. (2006) sprechen der Wasserversorgung der Beere nach Reifebeginn (Beerenentwicklungsphase IV) in Zusammenhang mit Kalium-Akkumulation und Kohlenhydrateinlagerung wenig Bedeutung zu und begründen dies mit einer vielfach stärkeren Belieferung der Beere über das Phloem gegenüber dem Xylem.

Das OP in den Beeren der Ausdünnungsvarianten war ab Eintritt in die Beerenentwicklungsphase IV beider Jahre deutlich negativer als das der Kontrolle und zu bestimmten Zeitpunkten sogar statistisch signifikant negativer. Dieser Umstand kann einerseits durch die untersuchten Reifeparameter Glucose und Fructose bestätigt werden, die bei TT und ETA an fast allen Beprobungsterminen im Verlauf in höheren Konzentrationen vorhanden waren und andererseits durch eine höhere Kaliumkonzentration in den Beeren von TT und ETA im 2. Versuchsjahr. Ein Einfluss von Ertragsbelastung auf das OP der Beere konnte in beiden Jahren somit deutlich dokumentiert werden.

OP im Traubengerüst

Nach eigenen Untersuchungen war im OP des Traubengerüstes in beiden Versuchsjahren und bei allen 3 Varianten eine Abnahme von Traubenstiel bis Traubenspitze festzustellen. Die Abnahme des osmotischen Potentials Richtung Traubenspitze steht möglicherweise mit

einem osmotischen Gradienten in Zusammenhang, der den Wasserhaushalt innerhalb des Traubengerüstes bis zu den Beeren in der Traubenspitze gewährleistet. Auch LANG und DÜRING (1991) weisen auf die Existenz eines osmotischen Gradienten zur Gewährleistung der Wasserversorgung der Beeren hin.

Sehr auffallend war die im Verlauf anfängliche Abnahme des OP im Traubenstiel der Ausdünnungsvarianten, die jedoch, an einem pro Variante und Versuchsjahr unterschiedlichem Zeitpunkt, nach Reifebeginn in eine Zunahme des osmotischen Potentials bis zur Lese überging. Möglicherweise steht diese Tatsache in Zusammenhang mit der Einlagerung von Lignin in die Zellwände im Bereich der Ansatzstelle der Trauben an Trieb, wie sie auch bei ALLEWELDT (1967) beschrieben wird. Aufgrund visueller Bonitur konnte eine intensivere und frühzeitigere Lignifizierung der Traubenstiele bei den Ausdünnungsvarianten beobachtet werden. Die Trauben mit Ertragsregulierung schienen somit eine raschere physiologische Entwicklung durchlaufen zu haben. Bei Reben mit Vollertrag, bei denen in beiden Jahren eine spätere Lignifizierung des Traubenstieles aufgezeichnet wurde, konnte jedoch keine Zunahme im OP des Traubenstiels nachgewiesen werden. Möglicherweise war aufgrund der späteren Lignifizierung der UA bis zur Lese hin eine höhere Konzentration von osmotisch wirksamen Substanzen im Traubenstiel vorhanden.

Am letzten Beprobungszeitpunkt beider Versuchsjahre konnte bei den Ausdünnungsvarianten in der Traubengerüstmitte und im 1. Seitenästchen des Traubengerüstes ein negativeres OP als bei der Kontrolle festgestellt werden. Bei den Ausdünnungen konnte zu diesem Zeitpunkt ebenfalls ein negativeres OP im Beerensaft und in der Blattspreite, sowie eine höhere Glucose- und Fructosekonzentration in der Beere nachgewiesen werden. Aufgrund des höheren RWCs in den Beeren und Blättern der Ausdünnungsvarianten kann das negativere OP in den Blättern, in den Beeren und in den Traubengerüsten der TT und ETA somit nicht als Wasserstressindikator (LÖSCH 2003) angesehen werden, sondern als Indikator für eine bessere Versorgung der untersuchten Pflanzenteile mit osmotisch wirksamen Substanzen. Die manuelle Traubenausdünnung zeigte in den beiden Versuchsjahren somit einen Einfluss auf das OP in Blattspreite und Fruchtorgan.

Ascorbat

Im Gegensatz zu anderen Arbeiten in der Literatur, in denen Ascorbat in ganzen Weinbeeren bestimmt wurde (MELINO et al. 2009, CRUZ-RUS et al. 2010), konnte bei der vorliegenden Untersuchung durch getrennte Analyse von Ascorbat in der Schale und im Fruchtfleisch der Beeren aufgezeigt werden, dass sich der größte Teil des Ascorbats bei der hier untersuchten

Sorte Zweigelt in der Schale befand. Die Ascorbat-Gehalte im Fruchtfleisch waren bei allen Probennahmen wesentlich geringer.

Die saisonalen Verläufe zeigten, dass bei der ersten Probenahme 17 Tage nach Beendigung der Blüte die Ascorbatgehalte sowohl in der Beerenschale als auch im -fruchtfleisch im Vergleich zu den späteren Probenterminen am höchsten waren und bis zum Reifebeginn rasch abnahmen. MELINO et al. (2009) fanden bei der Rotweinsorte *Vitis vinifera* L. Shiraz und bei der Weißweinsorte *Vitis vinifera* L. Semillon, dass im Verlauf der sehr frühen Beerenentwicklung vom Fruchtansatz bis zum Stadium der erbsengroßen Beeren der Ascorbatgehalt stark anstieg und danach bis zur Beerenreife wieder abnahm. Eine relativ hohe Ascorbatkonzentration dürfte demzufolge für die unreifen grünen Beeren charakteristisch sein. Bei der Sorte Zweigelt könnte das Ascorbat in diesem frühen Entwicklungsstadium der Beeren in der Schale und im Fruchtfleisch unterschiedliche Funktionen ausüben. Die hohen Ascorbatkonzentrationen in der Schale lagen fast ausschließlich in der reduzierten Form vor, was auf eine vollständige und rasche Regeneration von Ascorbat im Falle einer Oxidation hinweist. In den grünen Schalen dürfte Ascorbat demzufolge vorwiegend als antioxidative Komponente wirken und vor Schäden durch reaktive Sauerstoffspezies schützen, die endogen in der Fotosynthese oder durch Stresseinwirkung entstehen können. Diese Annahme könnte auch erklären, dass im Versuchsjahr 2010 bei Stress durch heiße und trockene Witterung in dieser Phase der Beerenentwicklung die Ascorbatgehalte in der Schale beträchtlich höher lagen als im darauffolgenden Jahr. Auch CRUZ-RUS et al. (2010) fanden, dass bei *Vitis vinifera* L. Palomino Stress in Form von hohen Lichtintensitäten den Ascorbatgehalt der Beeren vor Reifebeginn steigerte. Im Vergleich zur Schale waren im Fruchtfleisch der grünen Beeren die Ascorbatgehalte deutlich niedriger und lagen im Durchschnitt zwischen 30 % und 50 % in der oxidierten Form vor. Dieser Befund könnte darauf hinweisen, dass das Ascorbat im Fruchtfleisch in diesem frühen Entwicklungsstadium einem verstärkten Abbau durch die Ascorbat-Oxidase unterliegt, der mit dem intensiven Wachstum der Beeren in diesem Zeitraum in Zusammenhang steht. Wie bereits in der Einleitung dargestellt, spielt der Abbau von Ascorbat zu Dehydroascorbat in der Zellwand eine wichtige Rolle beim Streckungswachstum in der frühen Fruchtentwicklung (LIN und VARNER 1991, SANMARTIN et al. 2007, IOANNIDI et al. 2009).

Nach Einsetzen der Beerenreife blieb die Ascorbatkonzentration bei der hier untersuchten Sorte Zweigelt sowohl in der Schale als auch im Fruchtfleisch der Beeren bis zur Lese auf einem niedrigen Niveau, wobei der oxidierte Anteil in diesem Zeitraum in beiden Beerenbestandteilen sehr hoch war (durchschnittlich zwischen 50 % und 90 %). Dieses Ergebnis steht im Gegensatz zu anderen Untersuchungen in der Literatur. MELINO et al. (2009) fanden bei den Sorten Shiraz und Semillon, dass der Gesamtgehalt an Ascorbat in

den Beeren vom Reifebeginn bis zur Lese zunahm und damit verbunden der Anteil an reduziertem Ascorbat gegenüber Dehydroascorbat stark anstieg. Auch CRUZ-RUS et al. (2010) konnten bei der Sorte Palomino während der Beerenreife eine Ascorbatzunahme feststellen. Das unterschiedliche Verhalten der Sorte Zweigelt in Hinblick auf die Veränderungen im Ascorbat der Beeren während der Reife im Vergleich zu anderen Sorten in der Literatur lässt sich durch Gehaltsbestimmungen alleine nicht erklären. Nur die Analyse der Aktivität oder der Expression relevanter Enzyme der Ascorbatbiosynthese und des –abbaus könnten kausale Ursachen aufzeigen. Der hohe Anteil an oxidiertem Ascorbat sowohl in der Beerenschale als auch im Beerenfruchtfleisch weist in diesem Stadium der Beerenentwicklung auf eine nachlassende Kapazität der Enzyme hin, die an der Regeneration des reduzierten Ascorbats beteiligt sind.

Was den Einfluss der Ertragsregulierung auf das Ascorbat in den Beeren betrifft, so konnten in der Woche des Lesetermines in beiden Versuchsjahren fast ausnahmslos in der Beerenschale und im Fruchtfleisch geringfügig höheren Ascorbatgehalte bei den Ausdünnungsvarianten im Vergleich zu den Reben mit vollem Fruchtbehang bestimmt werden. Bei der ETA war gegenüber der TT mehr Gesamtascorbat in der Schale vorhanden. Im Fruchtfleisch waren jedoch in der TT die Ascorbatgehalte am höchsten. Somit war ein Einfluss der Ertragsbelastung pro Trieb und der Traubengröße auf den Ascorbatgehalt der Beeren nachzuweisen. Möglicherweise würde sich bei einer Rebsorte, bei der das Ascorbat in den Beeren zwischen Reifebeginn und Lesezeit nochmals ansteigt, eine Traubenausdünnung stärker auf den Ascorbat-Gehalt der Beeren zur Lese auswirken als bei der Sorte Zweigelt.

Da lt. BRADSHAW et al. (2011) die antioxidativen Eigenschaften von Ascorbat in den Beeren auf den Weiterverarbeitungsprozess einen günstigen Effekt haben, ist eine Erhöhung des Ascorbat-Gehaltes der Beeren durch Ertragsregulierung auch kellerwirtschaftlich von Interesse. In diese Richtung weisen auch die Untersuchungen von BUBOLA et al. (2009), die bei *Vitis vinifera* L. Teran eine höhere antioxidative Kapazität in Weinen von Rebstöcken mit Ertragsregulierung in Form von Einzeltraubenausdünnung erzielen konnten.

Nährstoffe in der Blattspreite und dem Blattstiel

Die Nährstoffversorgung in Ober- und Unterboden der Versuchsfläche war sowohl bei P, K und Mg mindestens in ausreichendem Maße vorhanden.

Bei Vergleich mit dem bei BERGMANN (1993) angegebenen Optimalbereich für **Stickstoff** von 2,30 - 2,80 % i. d. TM lag der Gehalt in **Blattspreiten** der Traubenzone zur Rebblüte des Versuchsjahres 2010 in höherer Konzentration vor. Jedoch liegt der Wert noch innerhalb des Bereiches der optimalen Versorgung (VANEK 1995), der diesen höher ansetzt (2,76 – 3,30 % i. d. TM). Zu Reifebeginn 2010 war bei den beiden Ausdünnungsvarianten ein

höherer N-Gehalt festzustellen, aber nicht bei den Reben im Vollertrag, als der bei VANEK (1995) optimal angegebene. Zur Rebblüte 2011 wurde ein N-Gehalt in der Blattspreite bestimmt werden, der der Optimalversorgung lt. BERGMANN (1993) entspricht, jedoch unterhalb des Optimalbereiches von VANEK (1995) liegt. Zu Reifebeginn des 2. Versuchsjahres war, wie schon im Vorjahr, unter Berücksichtigung des Nährstoffbereiches von VANEK (1995) bei den beiden Ausdünnungsvarianten ein höherer N-Gehalt festzustellen, jedoch eine Unterversorgung bei den unausgedünnten Reben. Generell ist anzumerken, dass der N-Gehalt der Blattspreiten in beiden Versuchsjahren zum Zeitpunkt der Rebblüte bei allen Varianten höher war als jener zu Reifebeginn. Auch REDL (1983) konnte eine stetige Abnahme der N-Konzentration der Blattspreite von Rebblüte bis Lese feststellen.

In Übereinstimmung mit den Ergebnissen von WERMELINGER und KOBLET (1990) konnte eine Abnahme der N-Konzentration mit zunehmender Insertionshöhe nachgewiesen werden. Im Jahr 2010 wurden in allen Blatt- und Beerenbestandteilen höhere N- und Ca-Konzentrationen festgestellt, was möglicherweise mit der hohen Mobilität dieser Nährstoffe lt. BERGMANN (1993) und mit den vergleichsweise hohen Niederschlägen im ersten Versuchsjahr im Gegensatz zu 2011 zusammenhängt.

Die geringeren N-Konzentrationen in der Blattspreite der unausgedünnten Kontrollvariante des 2. Versuchsjahres können einerseits durch das Vorhandensein mehrerer sinks (Beeren) erklärt werden, wie bei KLIEWER und FREEMAN (1970) und SCHREINER und SCAGEL (2006) beschrieben wird, andererseits mit einer möglichen Auslaugung der Reben mit vollem Fruchtbehang durch die hohen Ertragsmengen des Jahres 2010. Somit konnte in der vorliegenden Arbeit ein Einfluss der Traubenausdünnung auf die N-Konzentration in der Blattspreite nachgewiesen werden. Bei Gegenüberstellung von Traubenteilung und Einzeltraubenausdünnung und somit Bezug nehmend auf die Traubengröße bzw. pro Trieb Belastung war ebenfalls ein variantenspezifischer Unterschied in der N-Konzentration der Blattspreite mit einem höherem Gehaltsniveau bei der ETA gegeben.

Im **Blattstiel** konnte zu Reifebeginn beider Versuchsjahre mit Ausnahme der unausgedünnten Variante 2011 (> 0,5 % i.d. TM) eine ausreichende Stickstoffversorgung des Blattstieles bei allen Varianten lt. SCHREINER und SKINKIS (2007) festgestellt werden. Die N-Gehalte im Blattstiel aller Varianten befanden sich in einer relativ engen Bandbreite und zeigten weder einen klaren Insertions- noch Jahreseffekt, obwohl zu Rebblüte und somit vor der Traubenansatzregulierung 2011, wie in der Blattspreite eine Zunahme der N-Konzentration Richtung Triebspitze zu erkennen war. Somit konnte kein Einfluss der Traubenausdünnung auf die N-Versorgung im Blattstiel nachgewiesen werden, auch nicht zwischen den beiden Ausdünnungsvarianten.

In Bezug auf die Nährstoffoptima lt. BERGMANN (1993), VANEK (1995) konnte in beiden Jahren eine Überversorgung von **Phosphor** in den **Blattspreiten** nachgewiesen werden. Möglicherweise steht diese überhöhte P-Konzentration in Zusammenhang mit dem hohen P-Gehalt im Oberboden laut der, in der vorliegender Arbeit dokumentierten, Bodennährstoffuntersuchung. Es war kein eindeutiger Einfluss der Traubenausdünnung auf die P-Versorgung in den beiden Versuchsjahren festzustellen.

Eine Abnahme des P-Gehaltes mit zunehmender Insertionshöhe war fast ausnahmslos sowohl in Blattspreite, als auch im **Blattstiel** zu erkennen. Unter Berücksichtigung der Optimalwerte von SCHREINER und SKINKIS (2007) von > 0,20 % i.d. TM war zu Rebblüte und zu Reifebeginn beider Versuchsjahre bei allen Versuchsvarianten eine ausreichende Versorgung des Blattstieles mit Phosphor vorhanden. In beiden Jahren war in geringfügigem Ausmaß eine höhere P-Versorgung bei den Ausdünnungsvarianten und somit ein Einfluss der Traubenausdünnung auf den P-Gehalt im Blattstiel zu verzeichnen, jedoch kein Unterschied zwischen Traubenteilung und Einzeltraubenausdünnung.

Die **K**-Gehalte in der **Blattspreite** der Traubenzone waren in beiden Versuchsjahren sowohl zur Rebblüte, als auch zu Reifebeginn deutlich höher als die von VANEK (1978), BERGMANN (1993) und VANEK (1995) angegebenen Optimalwerte. Diese Tatsache hängt möglicherweise mit dem, im Vergleich zu anderen Unterlagen, hohen K-Aufnahmevermögen der Unterlagsrebe Fercal zusammen, worauf auch FARDOSSI (2002) hinweist. In diesem Zusammenhang kann die variantenunabhängig niedrige **Mg**-Konzentration (unter dem Optimum von VANEK 1995) der **Blattspreiten** der Traubenzone möglicherweise mit dem Antagonismus zwischen Kalium und Magnesium erklärt werden, wie er bei VANEK (1978), BERGMANN (1993) und VANEK (1995) beschrieben wurde.

In Bezug auf die K-Verteilung in der Laubwandzonierung konnte in fast allen Fällen ein Trend zur höchsten Konzentration in der Laubwandmitte erkannt werden, wobei bei der Kontrollvariante im 2. Versuchsjahr im Gegensatz zu den Ausdünnungsvarianten keine deutlich höhere K-Versorgung in der Laubwandmitte zu verzeichnen war. Bei den Traubenausdünnungen war stets ein höherer K-Gehalt in den Blattspreiten als bei Reben im Vollertrag vorhanden. Aus den vorliegenden Ergebnissen geht ein Einfluss der Traubenausdünnung auf die K-Versorgung der Blattspreite hervor. Bezüglich Veränderung der Traubengröße (TT und ETA) konnte kein unterschiedlicher Effekt zwischen den beiden Ausdünnungsvarianten nachgewiesen werden.

Generell kann eine auffallend höhere K-Konzentration im **Blattstiel** im Gegensatz zur Blattspreite festgestellt werden. Diese Tatsache deckt sich mit den Ergebnissen von GRIESZLER (2009). Die K-Konzentration war mit Ausnahme der Kontrollvariante 2011 mit Werten mit zum Teil über 4 % i. d. TM deutlich höher als der angegebene Optimalbereich (0,50 – 3,25 % i. d. TM) lt. SCHREINER und SKINKIS (2007). Ein klarer Trend mit der

höchsten K-Konzentration in der Laubwandmitte wie bei der Blattspreite war nur im 2. Versuchsjahr erkennbar. Beim K-Gehalt war der deutlichste variantenspezifische Unterschied der untersuchten Nährstoffe im Blattstiel sichtbar. So wiesen in beiden Versuchsjahren die Traubenausdünnungen einen höheren K-Gehalt im Blattstiel als die Kontrollvariante auf. Ein Einfluss der Traubenausdünnung auf die K-Versorgung konnte im Blattstiel nachgewiesen werden, jedoch nicht ein Einfluss der Veränderung der Traubengröße auf die K-Versorgung.

Der **Ca**-Gehalt in der Blattspreite zum Zeitpunkt der Rebblüte beider Versuchsjahre befand sich innerhalb des Bereiches der ausreichenden Versorgung lt. BERGMANN (1993). Zu Reifebeginn jedoch konnte in beiden Versuchsjahren bei allen Varianten eine deutlich höhere Konzentration festgestellt werden als die lt. VANEK (1995) angegebene Optimalversorgung. Wie bei ROGIERS et al. (2000) dokumentiert wurde, konnten in den älteren Blattspreiten der Traubenzone höhere Ca-Gehalte als in den jüngeren, höher inserierten Blattspreiten verzeichnet werden. Dieser Trend wurde auch bei den Blattstielen sichtbar. Im ersten, niederschlagsreicheren Versuchsjahr war kein variantenspezifischer Unterschied erkennbar. Bei BERGMANN (1993) und ROGIERS et al. (2006a) wird Ca als leicht mobilisierbarer Bodennährstoff genannt, somit könnte dies eine Möglichkeit für die ähnliche Ca-Konzentration aller Varianten im niederschlagsreichen Jahr 2010 sein. Im 2., trockeneren Jahr dagegen war eindeutig weniger Ca in den Blattspreiten von Reben mit vollem Fruchtbehang vorhanden.

Aufgrund der vorliegenden Ergebnisse war ein Einfluss der Traubenausdünnung auf die Ca-Versorgung der Blattspreite und des Blattstieles nachzuweisen, jedoch kein Unterschied der Ca-Versorgung in Bezug auf die Traubengröße.

Nährstoffverhältnisse

Die K/Mg-Verhältniswerte lagen in beiden Versuchsjahren in den 3 untersuchten Insertionshöhen aller 3 Varianten oberhalb des von BERGMANN (1993) genannten Grenzbereiches von ≤ 6. Bei Vergleich der K/Mg-Verhältnisse mit dem von VANEK (1995) genannten Optimalbereich von 3-7 konnte festgestellt werden, dass nur das K/Mg-Verhältnis der Blattspreiten in der Traubenzone der UA (6,16) des Jahres 2011 innerhalb dieses Bereiches lag. Bei allen anderen Insertionshöhen der UA beider Jahre und im verstärktem Ausmaß bei den Ausdünnungsvarianten lag das K/Mg-Verhältnis deutlich über einem Bereich von 3-7.

Sowohl beim K/Ca-Verhältnis als auch beim N/K-Verhältnis war kein Einfluss der Traubenausdünnung festzustellen.

Nährstoffe in der Beere

Fast ausnahmslos konnten in der Beere höhere **N**-Gehalte im ersten Versuchsjahr bestimmt werden. Auch in den Blattspreiten und Blattstielen waren bei allen Varianten höhere N-Konzentrationen im ersten Versuchsjahr zu beobachten, was mit der hohen Mobilität von Stickstoff im Boden lt. BERGMANN (1993) und AMIRI und FALLAHI (2007) begründet werden kann. Diese war möglicherweise durch die höheren Niederschlagsmengen im ersten Versuchsjahr gegeben. In der vorliegenden Arbeit war zum Lesezeitpunkt ein N-Gehalt in den Beeren von Zweigelt mit 7-9 mg/g DW vorhanden der geringfügig höher liegt als der von ROGIERS et al. (2000) publizierte von 5-6 mg/g DW in den Beeren von Shiraz. Der Grund für den höheren Bereich im eigenen Versuch könnte auf eine bessere Versorgung aufgrund Traubenausdünnung zurückzuführen sein.

Ein klarer Trend in der N-Verteilung innerhalb der Beere konnte variantenunabhängig mit der höchsten Konzentration in den Kernen und der niedrigsten im Beerenfruchtfleisch nachgewiesen werden. Bei Summierung der N-Gehalte der Beerenbestandteile konnte zum Lesezeitpunkt beider Versuchsjahre in den Beeren der Ausdünnungsvarianten mehr Stickstoff als in der Kontrollvariante nachgewiesen werden.

Auch PALLIOTTI und CARTECHINI (2000) dokumentieren in Beeren mit Traubenausdünnung höhere N-Konzentrationen. Ebenso beobachteten KLIEWER und OUGH (1970) höhere N-Gehalte in Beeren von Rebstöcken mit weniger Ertrag dokumentieren. Bei den Ausdünnungsvarianten wurde des weiteren ein höheres Beerengewicht und Beerenvolumen im Gegensatz zu unausgedünnten Reben bestimmt, was sich mit Ergebnissen von KELLER et al. (2005) und ABD EL-RAZEK et al. (2011) deckt, die ebenfalls eine höhere N-Konzentration in größeren Beeren feststellten.

Auffallend erscheint, dass die ETA in beiden Versuchsjahren zu Reifebeginn die niedrigsten N-Gehalte in allen Beerenbestandteilen aufwiesen und zur Lese die deutlich höchsten. Zu

Reifebeginn war jedoch bei der ETA die höchste N-Konzentration in den Blättern der Traubenzone zu verzeichnen. Möglicherweise liegt durch die Traubenausdünung im Gegensatz zu den anderen Varianten eine unterschiedliche source:sink Gewichtung vor, wie auch bei KAPS und CAHOON (1992) beschrieben wird.

In der vorliegenden Arbeit konnte somit ein Einfluss der Traubenausdünnung auf den N-Gehalt der Beere nachgewiesen werden, ebenso ein Einfluss der Traubenausdünnung auf Traubengröße und Beerengröße, wobei sich hierbei besonders die ETA (aufgrund des hohen N-Gehalts in der Beerenschale) hervorhob.

Ein klarer Trend im Akkumulationsverhalten von **Phosphor** mit der deutlich höchsten Konzentration in den Kernen wurde auch von ROGIERS et al. (2006a) dokumentiert. Dabei wird den Kernen der größte P-sink-Status gegenüber den anderen Beerenbestandteilen zugesprochen. Zum Zeitpunkt der Lese waren bei ROGIERS et al. (2006a) P-Gehalte in Beeren von Shiraz von 0,5-0,6 mg/g DW vorhanden, wobei in der vorliegenden Arbeit höhere Konzentrationen zur Lese in einem Bereich von 1,9-2,3 mg/g DW nachgewiesen wurden. Möglicherweise steht der erhöhte P-Gehalt im Oberboden der Versuchsfläche mit diesem Gehaltsniveau in Verbindung.

Außer in der Konzentrationszunahme von P in den Beerenschalen zur Lese hin war zwischen den Varianten keine Gemeinsamkeit der Konzentrationsveränderung von Phosphor in Kernen und Fruchtfleisch zu verzeichnen.

Die Traubenausdünnung und die Veränderung der Traubengröße (TT, ETA) zeigten in beiden Versuchsjahren keinen deutlichen Einfluss auf den P-Gehalt der Beere.

Wie in der Arbeit von ROGIERS et al. (2006a) aufgezeigt wird, war **Kalium** der Makronährstoff, mit der größten vorhandenen Menge in der Beere zur Lesereife. Bei Summierung der Kaliumgehalte der Beerenbestanteile pro Variante war eine Zunahme von Reifebeginn bis Lese festzustellen. Auch PIERCE und HIGINBOTHAM (1970), POSSNER und KLIEWER (1985) sowie ROGIERS et al. (2000) weisen auf eine, im Zuge der fortschreitenden Beerenentwicklung zunehmende K-Konzentration in der Beere hin. Damit könnte auch der kontinuierliche Verlauf des OP in der Beere zu negativeren Werten im Zuge der Beerenreife erklärt werden. WILLIAMS und BISCAY (1991) zeigen auf, dass die Belieferung der Beere mit Kalium in der Beerenwachstumsphase IV von den vegetativen Pflanzenorganen stammt, bei denen der Kaliumgehalt abnimmt. Laut VÉRY und SENTENAC (2003) ist K+ das wichtigste osmotisch aktive Kation im Phloem der Weinbeere und scheint die Akkumulation von Zuckern zu fördern, sowie an der Herstellung eines osmotischen Gradienten von Blättern (source) und Beeren (sinks) beteiligt zu sein.

Im Gegensatz zu bestehenden Ergebnissen von K-Gehalten in Beeren zu Lesereife von ROGIERS et al. (2006a) mit Shiraz in Australien von 5-6 mg/g DW und ETCHEBARNE et al. (2009) mit Grenache Noir in Frankreich von 3-7 mg/g DW konnten in der vorliegenden Arbeit

höhere K-Gehalte in Beeren in einem Bereich von 9-11 mg/g DW gemessen werden. Wie auch bei Stickstoff könnte die Ertragsregulierung ein mögliche Ursache für höhere K-Gehalte in den Zweigelt Beeren des vorliegenden Versuches sein.

Bei Betrachtung der Kaliumkonzentrationen der einzelnen Beerenbestandteile fällt auf, dass die höchste Konzentration in beiden Versuchsjahren sowohl bei Ausdünnungsvarianten, als auch Kontrollvariante in der Beerenschale zu lokalisieren war. Diese Tatsache wird auch in den Arbeiten von ILAND und COOMBE (1988), MPELASOKA et al. (2003) und ROGIERS et al. (2006a) dokumentiert. Eine eindeutige Tendenz der Beerenbestandteile bei der Zunahme der K-Konzentration von Reifebeginn bis Lesereife über beide Versuchsjahre war in den Ergebnissen der vorliegenden Abeit jedoch nicht festzustellen.

Die ETA fiel durch ihre hohe K-Konzentration im 2. Versuchsjahr auf (insbesondere der hohe K-Gehalt in der Beerenschale) und wies gleichfalls die höchste Konzentration gegenüber den anderen Versuchsvarianten aufweisen. In beiden Versuchsjahren konnte somit kein eindeutiger Einfluss der Traubenausdünnung auf die K-Konzentration in der Beere nachgewiesen werden, sehr wohl aber ein Einfluss der Traubengröße (ETA) .

Vergleicht man die Gehalte an **Kalzium** beider Versuchsjahre, so geht hervor, dass im ersten Jahr alle Varianten höhere Konzentrationen aufwiesen als im Folgejahr. Diese Tatsache stimmt mit den Ergebnissen von BERGMANN (1993), ROGIERS et al. (2000) und ETCHEBARNE et al. (2009) überein, die als Ursache für eine vermehrte Kalzium-Akkumulation in der Beere gute Wasserversorgung der Rebe, sowie die hohe Mobilität von Kalzium im Boden angeben. Wie auch POSSNER und KLIEWER (1985) und ESTEBAN et al. (1999) in ihren Arbeiten belegen konnten, nahm in beiden Versuchsjahren der K-Gehalt in der Beere von Reifebeginn bis Lese zu, sowie parallel dazu der Ca-Gehalt ab. Als mögliche Ursache wird hierbei auf den Kalium-Kalzium Antagonismus verwiesen, wie er auch bei BERGMANN (1993) beschrieben wird. ETCHEBARNE et al. (2009) zeigten hingegen auf, dass K und Ca unabhängig voneinander akkumulieren und ihre zeitliche Konzentrationsveränderung in der Frucht und der Gehalt in der Beere hauptsächlich vom Wasserhaushalt abhängen.

In den Beeren zur Lese, waren verglichen mit den Ca-Gehalten von ROGIERS et al. (2006a) mit Shiraz in Australien von 0,4-0,6 mg/g DW und ETCHEBARNE et al. (2009) mit Greanche Noir in Frankreich von 0,1-0,4 mg/g DW höhere Konzentrationen in Zweigelt Beeren von 2,3-2,8 mg/g DW im eigenen Versuch festzustellen. Eine mögliche Erklärung für diesen Umstand könnte der kalkhaltige Boden der Versuchsfläche sein, da auch bei CHARDONNET und DONECHE (1995) ein Zusammenhang von Kalkgehalt im Boden und in der Beere beschrieben wird.

Die höchste Ca-Konzentration bezogen auf die Beerenbestandteile war in beiden Versuchjahren bei allen Varianten in den Kernen festzustellen, was mit den Ergebnissen von

ROGIERS et al. (2006a) übereinstimmt. CABANNE und DONECHE (2001) und ETCHEBARNE et al. (2009) konnten jedoch bei mehreren Rebsorten über mehrere Jahre keinen eindeutigen Beerenbestandteil mit der höchsten Ca-Konzentration bestimmen. Fast ausnahmslos konnte variantenunabhängig in beiden Versuchsjahren bei allen Beerenbestandteilen eine Abnahme der Ca-Konzentration ausgewiesen werden. In Hinblick auf den phytosanitären Zustand der Beeren wird der Ca-Gehalt der Beere laut CHARDONNET und DONECHE (1995) als wichtiger Faktor für die Widerstandsfähigkeit der Frucht gegenüber diversen Pflanzenpathogenen erachtet. Der höchste Ca-Gehalt in der Beerenschale zu Lesereife war in der vorliegenden Arbeit jahresspezifisch entweder bei Kontrollvariante oder Traubenteilung nachzuweisen und der niedrigste in beiden Jahren bei der ETA. Bei PRIOR (2006), REDL (2007a) und BECKER (2011) wird die erhöhte Anfälligkeit der ETA gegenüber dem Schadpilz *Botrytis cinerea* angesprochen. Möglicherweise steht diese erhöhte Anfälligkeit der ETA in Zusammenhang mit einer niedrigen Ca-Konzentration und gleichzeitig hohen N-Konzentration in der Beere. 2011 war bereits zu Reifebeginn bei den unausgedünnten Reben die höchste Ca-Konzentration in der Beere vorhanden, was im Vergleich mit den Ca-Konzentrationen der Blätter interessant erscheint, wo die Kontrollvariante die niedrigsten Konzentrationen gegenüber den Ausdünnungen zeigte. Möglicherweise lag im vorliegenden Versuch eine unterschiedliche sink:source Dynamik von Ca bei den unausgedünnten Reben vor, wie sie bei ROGIERS et al (2006a) beschrieben wird. Jedoch könnte die Ursache auch auf einen N/Ca Antagonismus lt. BERGMANN (1993) aufgrund der im Vergleich zu den Ausdünnungsvarianten niedrigen N-Konzentration in Beeren der Reben mit vollem Fruchtbehang zurückzuführen sein. Aufgrund der Ergebnisse der beiden Versuchsjahre wurde ein Einfluss der Traubenausdünnung auf den Ca-Gehalt der Beere dokumentiert, sowie ein Einfluss der Traubengröße (ETA) auf die Ca-Konzentration in der Beere.

In beiden Versuchsjahren konnte bei allen Varianten eine Zunahme von **Magnesium** von Reifebeginn bis Lese ausgewiesen werden. Eine Zunahme im Mg-Gehalt im Zuge der Beerenentwicklung konnten auch ETCHEBARNE et al. (2009) feststellen.

Bei Vergleich der in der vorliegenden Arbeit bestimmten Mg-Konzentrationen in den Beeren zu Lesereife in einem Bereich von 0,70-0,85 mg/g DW wiesen ROGIERS et al. (2006a) bei Shiraz in Australien mit 0,16-0,2 mg/g DW und ETCHEBARNE et al. (2009) bei Greanche Noir in Frankreich von 0,1-0,4 mg/g DW geringfügig niedrigere Mg-Gehalte nach.

Der höchste Mg-Gehalt konnte 2010 und 2011 innerhalb der Beerenbestandteile bei Ausdünnungsvarianten und Kontrollvariante in den Kernen nachgewiesen werden. Bei Aufsummierung der Mg-Gehalte der gesamten Beere pro Variante war kein deutlicher variantenspezifischer Konzentrationsunterschied zu erkennen. In der vorliegenden Arbeit

konnte somit kein Einfluss der Traubenausdünnung oder der Veränderung der Traubengröße auf den Mg-Gehalt in der Beere dokumentiert werden.

5.2 Diskussion Wasserhaushalt der Rebe

Bodenwassergehalt

In Hinblick auf die von der Niederschlagsintensität unterschiedlichen Versuchsjahre fällt im Bodenwassergehalt beider Versuchsjahre auf, dass der höchste relative Bodenwassergehalt über den gesamten Untersuchungszeitraum fast ausnahmslos in der obersten Bodentiefe (10 cm) vorhanden war. Diese Tatsache ist möglicherweise auf die konservierende Bodenbearbeitung (kein offener Boden) im Rebbestand zurückzuführen, bei der nach 3-maliger Mulchung der Dauerbegrünung pro Vegetationsperiode das Schnittgut in der Rebgasse verblieb. Andererseits erscheint diese Tatsache des höchsten Bodenwassergehaltes innerhalb der obersten 10 cm der Bodenschicht nicht optimal, da sich die Hauptwurzelmasse der Weinrebe lt. ALLEWELDT (1967a) in einer Bodentiefe von 20-40 cm befindet. Des weiteren war bei der Mehrzahl der aufgezeichneten Tagesniederschlagssummen nur eine deutlich erkennbare Reaktion der C-probes in der obersten Bodenschicht (10 cm) festzustellen. Möglicherweise waren die Tagesniederschlagsmengen in den Versuchsjahren großteils zu gering, um Reaktionen der C-probes in 30 cm und 50 cm hervorzurufen oder es wurde die Bodenfeuchtigkeit auf der Versuchsfläche tatsächlich in Tiefen von 30 cm und 50 cm in den beiden Jahren 2010 und 2011 kaum durch Niederschläge beeinflusst.

Im Vergleich des Verlaufes des relativen Bodenwassergehaltes (C-probes) mit dem Verlauf des PWP konnte nur zu wenigen Zeitpunkten ein Zusammenhang dieser beiden Parameter erkannt werden. Die am deutlichsten zeitgleiche Reaktion beider Parameter wurde in beiden Jahren zwischen TnB 52 und 59 aufgezeichnet, als die höchsten Tagesniederschlagssummen innerhalb des saisonalen Messganges anfielen. In diesem Zeitraum war das am geringsten negative PWP und eine Erhöhung des relativen Bodenwassergehaltes in allen 3 Bodentiefen (10 cm, 30 cm und 50 cm) zu verzeichnen. Hingegen wurde im Zeitraum der Beerenentwicklungsphase II in beiden Jahren ein stetig abfallender Verlauf des PWP mit dem Tiefpunkt gegen Ende der Beerenentwicklungsphase II nachgewiesen, wo das negativste PWP im Verlauf aller Varianten aufgezeichnet wurde. Jedoch konnte im gleichen Zeitraum keine Verringerung des relativen Bodenwassergehaltes festgestellt werden. Auch die diskontinuierliche, aber klar erkennbare Verringerung des PWP ab TnB 66 bis Lesezeitpunkt geht nicht mit einer Abhnahme im relativen Bodenwassergehalt (C-probes) einher. Möglicherweise existiert eine vom relativen Bodenwassergehalt (C-probes) unabhängige Entwicklung im Wasserhaushalt der Rebe. Auch in den Arbeiten von

ETCHEBARNE et al. (2009) und SANTESTEBAN et al. (2011a) war eine von Bewässerung unabhängige Entwicklung des PWP in mehreren Versuchjahren feststellbar, insbesondere eine Abnahme des PWP zu negativeren Werten vor Reifebeginn. Eine weitere Erklärung für den augenscheinlich geringen Zusammenhang zwischen PWP und relativem Bodenwassergehalt könnte eine geringe Effizienz von C-probes auf dem sandigen Boden der Versuchsfläche sein. Die beiden Tagesergebnisse von April und September 2011 die den Wassergehalt in Gewichtsprozent wiedergeben, lassen ähnlich wie die Daten der C-probes wenig Schwankung im Wassergehalt des Unterbodens erkennen.

Predawn Water Potential

Die in dieser Arbeit vorliegenden Predawn Water Potential-Ergebnisse dürfen ausschließlich in Zusammenhang mit dem Versuchsstandort und der Witterung der beiden Versuchsjahren gesehen werden, denn wie die Messungen von BECK (1999) zeigen, ergaben Bodenpflege, Witterung am Messtag, Jahr und Standort eine signifikante Beeinflussung des Predawn Water Potential.

Generell können bei Betrachtung des saisonalen Predawn Water Potential Verlaufes der Blätter der Traubenzone beider Versuchsjahre negativere Messwerte in der Woche des Lesetermins als zu Messbeginn zu TnB 17 festgestellt werden. Dieser Umstand ist möglicherweise nicht nur mit mangelnder Wasserverfügbarkeit, sondern auch mit dem Alterungsprozess der Blätter zu erklären. Auch KNOLL (2008) dokumentiert ein negativeres Predawn Water Potential bei Blätter der Traubenzone im saisonalen Verlauf.

Rebstöcke mit höherem Traubenertrag zeigten bei WILLIAMS und BAEZA (2007) eine intensivere Abnahme des Stem Water Potential im saisonalen Verlauf, was einerseits einen Anstieg des täglichen Stockwasserkonsums anzeigt, andererseits eine Erhöhung des Wasserkonsums am Morgen, was wiederum mit dem Umstand begründet wird, dass die Anwesenheit von Früchten eine gesteigerte Stomataöffnung bewirkt, um die CO_2 Fixierung zu erhöhen. Dieser Zusammenhang lässt sich im Vergleich mit den Daten in der vorliegenden Arbeit nicht bestätigen, da gerade bei den Ausdünnungsvarianten eine höhere stomatäre Leitfähigkeit im Gegensatz zur Kontrollvariante festgestellt wurde.

Die Ausdünnungsvarianten zeigten bei Niederschlagsereignissen eine raschere Reaktion mit Erhöhung des PWP zu weniger negativen Werten im Gegensatz zur Kontrollvariante, insbesondere nach vorhergenden Trockenphasen. Eine Aufsättigung der Pflanze bis 0 MPa vor Sonnenaufgang wurde in beiden Versuchsjahren nicht festgestellt. Das am geringsten negative Predawn Water Potential wurde 2010 zu TnB 45 mit -0,05 MPa bei der ETA gemessen. SANTESTEBAN et al. (2011c) dokumentieren in ihren Arbeiten den Zusammenhang von negativem Predawn Water Potential und niedrigem Mostgewicht zu Lesereife. In der vorliegenden Arbeit war bei den Reben mit der höchsten Ertragsbelastung

in beiden Versuchsjahren mit beginnender Beerenentwicklungsphase IV und in der Woche des Lesetermins das negativste Predawn Water Potential und auch das niedrigste Mostgewicht zu verzeichnen. Hier muss jedoch bemerkt werden, dass die Differenz in beiden Jahren nicht größer als 5°Oe war.

In den Arbeiten von SCHULTZ (2003), RUPP (2007) und SANTESTEBAN et al. (2011c) wird für den Zeitraum der Beerenentwicklungsphase IV ein sogenannter „moderater“ oder „milder“ Wasserstress in Bezug auf das Predawn Water Potential in einem Bereich von -0,10 bis -0,30 MPa angegeben, der sich auf die Traubenqualität positiv auswirken soll, da übermäßiges vegetatives Wachstum durch den Trockenstress gebremst wird und somit mehr Assimiliate in die Beeren transportiert werden können. Auch GIRONA et al. (2009) und ZSOFI et al. (2011) zeigen auf, dass sich Trockenstress vor Reifebeginn negativ auf die Beerenqualität auswirkt, während Trockenstress nach Reifebeginn bis zu einem gewissen Schwellenwert im Wasserpotential einen positiven Effekt auf die Beerenreife zur Folge hat.

Im Rahmen der Untersuchungen hatten die einzelnen Versuchsvarianten den folgenden prozentuellen Anteil an Messterminen, bei denen das PWP 2010 in einem Bereich von -0,10 bis -0,30 MPa lag: UA 76 %, TT 85 %, ETA 69 %. Im Jahr 2011 ergab sich eine folgende Aufteilung: UA: 75 %, TT und ETA 85 %. Die UA hatte 2010 76 % weil sich das PWP der restlichen Messtermine vorwiegend auf einem negativeren Niveau (unter -0,30 MPa) befand. Bei der ETA konnten 69 % berechnet werden, weil die verbleibenden Messtermine fast ausschließlich über der -0,10 MPa-Marke anzuordnen waren.

Interessant erscheinen diese Prozentzahlen in Zusammenhang mit den Reifeparametern zum Lesezeitpunkt, da 2010 bei der TT das höchste Mostgewicht bestimmt werden konnte und 2011 die beiden Ausdünnungsvarianten (wenn auch nur geringfügig) ein höheres Mostgewicht im Gegensatz zur Kontrollvariante aufwiesen.

In den überwiegenden Ergebnissen der bestehenden Literatur wurden Auswirkungen der Traubenausdünnung auf die Rebe, die im Zeitraum des Reifebeginns durchgeführt wurde, berichtet. Wie jedoch aus der vorliegenden Arbeit aus den Verläufen beider Versuchsjahre zu entnehmen ist, war bereits im Zeitraum der Beerenwachstumsphase II ein niedrigeres Predawn Water Potential bei unausgedünnten Reben auffallend, was einen Einfluss der Fruchtansatzregulierung vor Reifebeginn auf das PWP der Rebe deutlich macht.

Hervorzuheben sind in beiden Versuchsjahren das signifikant höhere PWP der Ausdünnungsvarianten als bei der Kontrollvariante kurz nach Reifebeginn, sowie das signifikant höhere PWP der Ausdünnungsvarianten gegenüber der Kontrolle an jedem Messtermin in der 2. Hälfte der Beereentwicklungsphase IV des trockeren, wärmeren Jahres 2011.

Aufgrund der Ergebnisse in der vorliegenden Arbeit konnte ein Einfluss der Traubenausdünnung sowie ein Effekt der Traubengröße auf das PWP nachgewiesen werden.

RWC und Blattfarbe

Wie bereits WERMELINGER und KOBLET (1990) und PATAKAS et al. (1997) dokumentierten, war mit fortschreitender Saison eine Abnahme des RWC von Blättern in der Traubenzone (somit ältere Blätter als alle davon am Trieb apikal inserierten Blätter) erkennbar. Parallel dazu war eine saisonale Abnahme beim PWP, beim Stickstoff der Blattspreite und in geringerem Ausmaß auch bei der Nettofotosyntheserate ersichtlich. Wie im Verlauf des OP des Blattes und des OP der Beere war auch beim RWC des Blattes und dem RWC der Beere kein Zusammenhang auffallend. Es konnte eine deutliche Reaktion des Blattes auf Niederschlagsereignisse dokumentiert werden, jedoch keine vergleichbar deutliche Reaktion bei der Beere. Im 2., niederschlagsärmeren Versuchsjahr konnte im Gegensatz zu 2010 ein deutlicherer Unterschied im RWC der Blätter der beiden Ausdünnungsvarianten gegenüber der Kontrolle mit vollem Fruchtbehang dokumentiert werden, sowie kurz vor Lese 2011 ein signifikant höherer RWC der Blätter von Reben mit Fruchtausdünnung als bei Reben im Vollertrag.

Bei Blättern der Traubenzone der beiden Ausdünnungsvarianten war am 05.09.11 ein signifikant geringerer Gelb-Farbanteil (niedrigere b* Werte) sowie eine signfikant dünklere Blattfarbe (niedrigere L* Werte) und ein höherer Relative Water Content zu verzeichnen. Am 13.09.11 (Lesezeitpunkt) konnte auch an allen Blättern eines Triebes ein signifikant geringerer Gelb-Farbanteil (niedrigere b* Werte) sowie eine signfikant dünklere Blattfarbe (niedrigere L* Werte) bei den Ausdünnungen nachgewiesen werden. Wie in der vorliegenden Arbeit konnten auch SCHWAB et al. (2004) bei der Rebsorte Silvaner bei TT und ETA höhere FAN-Gehalte gegenüber Reben im Vollertrag nachweisen. In Zusammenhang mit der intensiveren Grünfärbung der Blätter der Ausdünnungsvarianten erscheint auch der höhere N- und Mg-Gehalt in den Blattspreiten und Blattstielen der ausgedünnten Rebstöcke (zu Rebblüte und Reifebeginn) sowie deren höhere Fotosyntheseleistung erwähnenswert. Bei BERGMANN (1993) und MARSCHNER (1995) wird der Nährstoff Magnesium in seiner Funktion als Zentralatom des Chlorophylls als essentiell für die Vitalität aller fotosynthetisch aktiven Pflanzen angeführt. Auch HOLZAPFEL und TREEBY (2007) konnten eine dünklere Blattfarbe bei Blättern mit höherem N-Gehalt verzeichnen, sowie PRIETO et al. (2012) eine höhere Fotosyntheseleistung bei Blättern mit besserer N-Versorgung. Zum Lesezeitpunkt 2011 konnte in diesem Zusammenhang ebenfalls eine höhere Ertragsbelastung pro Trieb der unausgedünnten Kontrolle nachgewiesen werden. Somit könnte eine Ressourcenknappheit bzw. Auslaugung (besonders im 2. Versuchsjahr) der Kontrollvariante

aufgrund eines Ertragseffektes im Gegensatz zu den Ausdünnungsvarianten vorliegen. Die ETA zeigte gegenüber der TT fast durchwegs das dunkelste Blatt mit dem höchsten Grün-Rotanteil, den höchsten RWC, die höchste Nettofotosyntheserate als auch günstigere Reifeparameterwerte, die in Kombination mit diesen Messungen bestimmt wurden. Dieser Umstand lässt auch einen Einfluss der Veränderung der Traubengröße auf die Physiologie, den Wasserhaushalt und die Qualität von Blatt und Beere erkennen.

Der Effekt der Traubenausdünnung wird 2011 beim RWC der Beere der Kontrollvariante besonders deutlich, da diese erst eine Woche nach den Ausdünnungsvarianten (TnB 59) ein ähnlich hohes Niveau im RWC um 0,97 erreichte, sowie im Zeitraum des Schrumpfens der Beeren vor dem Lesezeitpunkt einen niedrigeren RWC als die Ausdünnugsvarianten aufweisen konnte. Im RWC der Beere konnte im Gegensatz zum RWC des Blattes ein weniger ausgeprägter variantenspezifischer Unterschied ausgewiesen werden, jedoch war an den meisten Beprobungsterminen ein höherer RWC bei den Ausdünnungsvarianten erkennbar. In der vorliegenden Arbei konnte somit ein Einfluss der Traubenausdünnung, als auch ein Einfluss der Traubengröße auf den RWC des Blattes und der Beere festgestellt werden.

5.3 Diskussion Beerenqualität und Beerengröße

Beerenvolumen und Beerengewicht

Wie in den Arbeiten von SCHULTZ et al. (2003) mit Lemberger und PETGEN (2006a) mit Weißer Burgunder konnten im vorliegenden Versuch bei Rebstöcken der großtraubigen Sorte Zweigelt mit Einzeltraubenausdünnung und Traubenteilung stets größere, schwerere Beeren gemessen werden als bei Rebstöcken mit vollem Fruchtbehang. Diese Tatsache war bereits ab dem ersten Beprobungstermin wenige Tage nach Fruchtansatz und durchgeführter Ausdünnung in der Beerenwachstumsphase II festzustellen, was einen Einfluss der Traubenausdünnung auf das Beerenvolumen bereits in der frühen Beerenentwicklungsphase II erkennen ließ.

BECKER und ZIMMERMANN (1984), PONI et al. (1994) und OJEDA et al. (2001) zeigten auf, dass die Beerengröße von Wasserdefiziten von der Blüte bis Lese beeinflusst wird, jedoch Wasserdefizite zwischen Blüte und Reifebeginn mehr Effekt auf die endgültige Beerengröße haben. Auffällig erscheinen in den vorliegenden Ergebnissen die größeren Beerenvolumina aller Varianten im niederschlagsärmeren Versuchsjahr 2011. Bei Vergleich der Niederschlagsmengen zwischen Rebblüte und Reifebeginn kann jedoch festgestellt werden, dass im Jahr 2010 im Vergleich zum Folgejahr im Zeitraum der Beerenwachstumsphase II durchschnittlich höhere Temperaturen (2010: 22,6°C; 2011: 20,1°C) und niedrigere Niederschlagsmengen (2010: 78 mm, 2011: 92 mm) zu verzeichnen

waren. 2011 waren somit durchschnittlich höhere Temperaturen und höhere Niederschlagsmengen für die Beeren im Entwicklungsstadium II gegeben, woraus unter anderem ein größeres Beerenvolumen und ein höheres Beerengewicht resultierte. In Zusammenhang damit fällt die interessante Tatsache auf, dass die Beeren aller Varianten zu Reifebeginn des ersten Versuchsjahres noch weniger als die Hälfte des Maximalvolumens erreicht hatten, im Folgejahr bereits mehr als 50 % des maximalen Beerenvolumens. Auch MATTHEWS und ANDERSON (1989), PONI et al. (1993), SIPIORA und GUITIERREZ (1998) und INTRIGLIOLO und CASTEL (2010) berichten in ihren Ergebnissen bei Bewässerungsversuchen zwischen Rebblüte und Reifebeginn (Beerenentwicklungsphase II) von größeren Beerenvolumina bei Rebstöcken mit höheren Bewässerungsmengen.

Bei den Reben mit vollem Fruchtbehang wurden bereits vor Reifebeginn (Beerenentwicklungsphase II) die kleinsten Beeren gemessen werden. Zum gleichen Zeitpunkt wurde bei dieser Variante auch das niedrigste Predawn Water Potential und der geringste RWC in der Beere bestimmt. Auch CHRISTENSEN (1975), MCCARTHY (1997, 2000) und KELLER et al. (2005) konnten bei Beeren mit geringerem Wassergehalt vor Reifebeginn kleinere Volumina messen und führten dies auf eine geringere Zellanzahl in der Beere im Vergleich zu Beeren mit höherem Wassergehalt zurück. KLENERT (1974) merkt an, dass das Größenwachstum der Beeren während der ersten beiden Wachstumsphasen am sensibelsten ist, beziehungsweise ungewöhnlich rasche oder stark hemmende Volumen und Gewichtszunahmen in dieser Zeit bis zur Ernte nachwirken. Besonders im 2. (wärmeren, trockeneren) Versuchsjahr waren kurz vor der Lese bei der unausgedünnten Kontrolle gegenüber den Ausdünnungsvarianten signifikant kleinere Beerenvolumina und ein deutlich niedrigerer RWC in der Beere nachweisbar.

Eine Woche bevor die 30°Oe Marke überschritten wurde, war ein relativ geringer Beerenvolumenzuwachs im Gegensatz zu den vorhergehenden Beprobungsterminen festzustellen (2010: TnB 38-45; 2011: TnB 31-38). Möglicherweise handelt es sich hierbei um einen Indikator für die Beerenentwicklungsphase III, die sogenannte Sistierphase. Auch HARRIS et al. (1968), RAPP und KLENERT (1974), COOMBE (1992) und KELLER et al. (1999, 2005, 2006) sprechen von einer Sistierphase im Beerenentwicklungsfortschritt aufgrund eines kurzzeitig verminderten Zuwachses im Beerenvolumen.

FARMAHAN und PANDEY (1976), ALLEWELDT et al. (1981), DÜRING und DAVTYAN (2002) und ROGIERS et al. (2004) stellten in anatomischen Studien des Beerenwachstums fest, dass in den Beeren nach Reifebeginn, im Gegensatz zu den Beerenwachstumphasen I und II, nur mehr Zellstreckung stattfindet. Die Reben mit vollem Fruchtbehang reagierten im Beerenwachstum auf höhere Niederschlagsmengen nach Reifebeginn in beiden Versuchsjahren (besonders zu TnB 56 im Jahr 2010) auffällig stärker als die beiden Ausdünnungsvarianten, was auch beim Beeren-, und Mostgewicht jedoch nicht beim RWC

der Beere zu ersehen ist. Auch ROGIERS et al. (2004), MEHOFER et al. (2008) und INTRIGLIOLO und CASTEL (2011) konnten bei Reben mit höherer Ertragsbelastung bei intensiver Bewässerung in der Beerenentwicklungsphase IV eine rasche Steigerung des Beeren- und Mostgewichtes feststellen.

Beim RWC wurde bereits der Wassergehalt in der Beere in Zusammenhang mit den Niederschlagssummen diskutiert. Auch bei Betrachtung der Durchschnittstemperaturen wird der witterungsbedingte Jahresunterschied deutlich. So kann im Zeitraum der Beerenwachstumsphase IV ein Temperaturmittel von 16,8°C im Jahr 2010 und von 20,2°C im Jahr 2011 festgestellt werden. Die größeren und schwereren Beeren aller Versuchsvarianten im 2. Versuchsjahr sind, wie auch bei ALLEWELDT (1967), COOMBE (1992), DÜRING und DAVTYAN (2002) beschrieben, somit möglicherweise auch auf die höheren Durchschnittstemperaturen in Beerenwachstumsphase IV zurückzuführen.

In Übereinstimmung mit PETRIE et al. (2000a), FRIEND et al. (2009) und GRAY und COOMBE (2009) konnte sowohl eine positive Korrelation zwischen Beerenvolumen und Kernanzahl berechnet werden, als auch mindestens eine positive Korrelation von r=0,930n.s. zwischen Beerenvolumen und Kerngewicht, was sich mit den Ergebnissen von FRIEND et al. (2009) und GRAY und COOMBE (2009) deckt.

Wie in den Ergebnissen des vorliegenden Versuches dokumentierten LANG und THORPE (1989), LEE et al. (1989), LEE (1990), LANG und DÜRING (1991) und GREENSPAN et al. (1994) kleinere Fruchtvolumina bei Kulturpflanzen mit niedrigerem Predawn Water Potential. SANTESTEBAN et al. (2011c) konnte kleinere Beerenvolumina an Rebstöcken mit negativerem PWP bei *Vitis vinifera* L. cv. Tempranillo in Spanien feststellen.

In der vorliegenden Arbeit konnte ein Einfluss der Traubenausdünnung auf das Beerenvolumen und Beerengewicht nachgewiesen werden, vor allem im 2. Versuchsjahr, das sich durch Trockenheit und höhere Temperaturen kennzeichnete.

Bei den Kernen war bis Reifebeginn beider Versuchsjahre der Großteil der Trockengewichtszunahme (bei allen Varianten über 80 % des Kernmaximalgewichtes zur Lese) zu verzeichnen. FRIEND et al. (2009) dokumentieren in ihren Ergebnissen in diesem Zusammenhang, dass das Kernwachstum fast zur Gänze vor Reifebeginn abgeschlossen wird. Wie auch OJEDA et al. (1999) und FRIEND et al. (2009) feststellen konnte, veränderte sich das Kerngewicht nach Reifebeginn nur mehr geringfügig im Gegensatz zu Beerenentwicklungsphase I und II. Von Rebblüte bis Reifebeginn wurde in beiden Versuchsjahren annähernd die Hälfte des Maximalvolumens und Gewichtes der Beere erreicht, woraus hervorgeht, dass Veränderungen im Beerengewicht nach Reifebeginn kaum von den Kernen beeinflusst wird, sondern primär von Zunahme des Fruchtfleischgewichtes und zu einem geringeren Anteil des Beerenschalengewichtes. Diese Form der Entwicklung

hinsichtlich der Beerenbestandteile steht in Übereinstimmung mit den Ergebnissen von RAPP und KLENERT (1974) und FRIEND et al. (2009).

Interessant erscheint die unterschiedliche Reaktion des DW des Fruchtfleisches aller Varianten auf höhere Niederschlagsmengen (zwischen TnB 52 und 59 beider Versuchsjahre). 2010 und 2011 reagieren die unausgedünnten Reben mit einer stärkeren Volumenszunahme als die Ausdünnungsvarianten. PETRIE et al. (2000a), ROGIERS et al. (2004) und MEHOFER et al. (2008) erklären diese Fähigkeit der raschen Akkumulation von Trockenmasse in ihren Arbeiten mit der hohen Leistungsfähigkeit der Weinrebe trotz hoher Ertragsbelastung bei intensiver Bewässerung.

Die Reben im Vollertrag hatten in der Woche des Lesetermins beider Versuchsjahre das geringste DW im Fruchtfleisch aufzuweisen, sowie das geringste Mostgewicht und den niedrigsten N-Gehalt, was einen Einfluss der Traubenausdünnung auf das N-Akkumulationsverhalten des Fruchtfleisches deutlich macht.

In der Beerenschale konnte in beiden Versuchsjahren vom ersten bis zum letzten Beprobungstermin eine relativ kontinuierliche Zunahme im DW bei allen Varianten dokumentiert werden. Im Jahr 2011 hatten alle Varianten ein höheres DW in der Beerenschale zu verzeichnen als im Vorjahr. Im 2. Versuchsjahr wurde zeitgleich wie beim Fruchtfleisch eine vermehrte Zunahme im DW nach einer Phase intensiver Niederschläge bestimmt. Auch PETRIE et al. (2000a) konnte eine Zunahme im Gewicht der Schale bei intensiveren Wassergaben nach einer Trockenperiode in der Beerenentwicklungsphase IV feststellen. In beiden Jahren hatte die ETA in der Beerenschale das höchste DW, den höchsten N- und K-Gehalt und die Reben mit vollem Fruchtbehang das niedrigste DW in der Beerenschale, als auch den niedrigsten N- und K-Gehalt aufzuweisen, was einen Einfluss der Traubenausdünnung, als auch einen Einfluss der Traubengröße auf das DW der Beerenschale erkennen lässt.

In den beiden Versuchsjahren konnte somit ein Effekt der Traubenausdünnung und der Traubengröße auf das Trockengewicht sowie auf Zusammensetzung von Kernen, Fruchtfleisch und Schale nachgewiesen werden.

5.4 Diskussion Ertrag und Reifeparameter

Ertrag

Bei einer in der frühen Beerenentwicklungsphase II (14-15 Tage nach abgeschlossener Rebblüte) durchgeführten Traubenansatzregulierung konnte zum Lesezeitpunkt ein signifikant geringerer Traubenertrag als bei der unausgedünnten Kontrolle nachgewiesen werden. Dieser geringere Traubenertrag ist als direkte Konsequenz der Reduktion von der Traubenanzahl bzw. das Entfernen von Traubenteilen zu verstehen. Bei der Einzeltraubenausdünnung wurde eine Reduktion unterhalb der gesetzlich vorgeschriebenen Hektarhöchstertragsmenge zur Produktion von Land-, Qualitäts-, und Prädikatswein lt. Weingesetz BGBl. I Nr. 111/2009 (Weingesetz 2009) von 9.000 kg/ha erreicht. Obwohl bei der Herstellung der TT 50 % der Beeren weggeschnitten wurden, konnte keine Reduktion unterhalb der Hektarhöchstertragsmenge erreicht werden, was sich mit dem hohem Beerengewicht der TT erklären lässt.

Bei Betrachtung der hochgerechneten Ertragsmenge der unausgedünnten Kontrollvariante beider Jahre (2010: 10.813 kg/ha, 2011: 12.014 kg/ha) wird das hohe Ertragspotential der Rebsorte Zweigelt wie auch bei REDL et al. (1996), SCHWAB et al. (1998) und BASLER und PFENNINGER (2002) bestätigt. Diese ha-Erträge wurden trotz eines schwachen Anschnittes (9 Augen/Fruchtbogen ≈ 4 Augen/m²) erreicht.

Die variantenspezifische Jahresdifferenz der Erträge zwischen 2010 und 2011 betrug bei der UA 1.201 kg/ha, bei der TT 526 kg/ha und bei der ETA 298 kg/ha. Die deutlich größte Differenz war somit bei den Reben im Vollertrag gegeben und die geringste bei der ETA. Obwohl 2 witterungsbedingt sehr unterschiedliche Jahre vorlagen, verhielt sich sogar die Kontrollvariante mit der größten Jahresertragsdifferenz aufgrund von Erfahrungswerten relativ ertragsstabil, was möglicherweise auf eine jahrelange nachhaltige Kulturpflege mit schwachem Anschnitt und daraus resultierende Reservestoffeinlagerung zurückzuführen ist. Auf dem auf der Versuchsfläche vorliegenden sandigen Boden mit wenig Wasserspeicherfähigkeit scheint die Unterlagsrebe Fercal die Rebsorte Zweigelt ausreichend versorgt zu haben.

Im kühleren Jahr fällt bei unausgedünnten Reben aufgrund des höchsten Gehaltes an titrierbarer Säure innerhalb der Versuchsvarianten ein Qualitätseffekt auf. Beim Mostgewicht konnte jedoch in beiden Versuchsjahren zu Lesereife kein markanter Unterschied zwischen den Varianten ausgewiesen werden, wobei Ertragsunterschiede von bis zu 4.500 kg/ha gegeben waren. Offenbar kommen qualitativ auffällige Mängel eher in ungünstigen Jahren zum Ausdruck. Obwohl die Reben mit vollem Fruchtbehang ab Reifebeginn bei machen Reifeparametern während der Beerenreife (Beerenentwicklungsstadium IV) zeitlich hinter den Ausdünnungsvarianten lagen, konnten sie in beiden, klimatisch unterschiedlichen

Versuchsjahren zum Lesezeitpunkt annähernd gleich hohe Ergebnisse aufweisen wie die Rebstöcke mit Traubenausdünnung. Bezüglich Nachhaltigkeit von Ertragsmenge sowie Traubenqualität fällt im Vergleich der beiden Versuchsjahre besonders die unausgedünnte Kontrolle durch die größten Schwankungen im Ertrag sowie bei den Reifeparametern Mostgewicht und titrierbare Säure auf. Die ausgedünnten Zweigeltreben scheinen sich somit auf diesem Standort in den 2 klimatisch unterschiedlichen Jahren 2010 und 2011, hinsichtlich Ertragsmenge sowie Traubenqualität konstanter zu verhalten als die Reben ohne Ertragsregulierung.

Aufgrund der Ergebnisse der physiologischen und Wasserhaushaltsuntersuchungen erschienen die ausgedünnten Reben vitaler und leistungsfähiger, jedoch ist dies aufgrund einiger üblicher Reifeparameter schwer erklärbar. An dieser Stelle sei jedoch erwähnt, dass angesichts derartig hoher Erträge, die aus einer erhöhten Einzelstockbelastung resultieren, durch jahrelange Belastung der Rebe, verschiedenste negative Folgewirkungen in weinbaulicher und in weiterer Folge kellerwirtschaftlicher Sicht auftreten können, wie sie bei WAHL et al. (1993) genannt werden. WUNDERER und SCHMUCKENSCHLAGER (1990) und SCHWAB et al. (2004) bemerken, dass Trauben- oder Triebreduzierungen zu Reifebeginn (BBCH 81) den Qualitätszuwachs stärker unterstützen als frühzeitige Reduzierungen von Gescheinen, Trieben oder Trauben bereits vor Reifebeginn. Im Zuge dessen ist abermals zu bemerken, dass die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit sich ausschließlich auf eine einmalige Ausdünnung zum Zeitpunkt der Schrotkorngröße der Beeren (BBCH 73) beziehen. Dieser Ausdünnungstermin wurde ausgewählt, um mögliche Effekte der Ausdünnung auf die untersuchten Pflanzenorgane bereits vor Reifebeginn festzustellen, was nachweisbar der Fall war und den Schluss zulässt, dass bereits in diesem Beerenentwicklungsstadium wichtige Ressourcen der Weinrebe zur Bildung der Fruchtorgane umgesetzt werden.

In diesem Zusammenhang wird bei SCHÖFFLING und KAUSCH (1974), REDL (1987a), KIEFER und WEBER (1994), SCHWAB et al. (2004) aufgezeigt, dass eine Belastung der Rebe durch jahrzehntelange hohe Ertragsausbeute schlechte Folgen für die Lebensdauer einer weinbaulichen Dauerkultur sowie für die Qualität der daraus produzierten Weine zur Folge haben kann.

Mostgewicht und Zucker

In Übereinstimmung mit ALLEWELDT et al. (1984), COOMBE (1992), ESTEBAN et al. (1999) und COOMBE und MCCARTHY (2000) wurde vor Eintreten der Beerenreife stets ein Mostgewicht im Bereich von 20-30°Oe verzeichnet. Im Zeitraum zwischen 38 und 45 Tagen nach Blüte fiel eine intensive Steigerung (erstmals 10 g/l innerhalb einer Woche) des Glucose-Gehaltes auf. Diese Konzentrationssteigerung, die bei den Ausdünnungsvarianten

mit höherer Intensität festgestellt wurde, geht zeitlich mit der visuellen Bonitur des Farbumschlages der Beeren, der erstmaligen Überschreitung der 30°Oe-Marke, sowie dem Kreuzungspunkt von OP Blatt und OP Beere einher und könnte demnach, neben anderen Parametern (z. B. pH-Wert, Beerengröße, Anthocyankonzentration, verschiedene Zucker), ein interessanter Indikator für weitere Untersuchungen zur genaueren Bestimmung der beginnenden Beerenwachstumsphase IV sein.

In der vorliegenden Arbeit konnte im kühleren, niederschlagsreichen Jahr 2010 ein geringfügig höheres Mostgewicht der Traubenteilung und der Einzeltraubenausdünnung verzeichnet werden. Im wärmeren, niederschlagsärmeren Jahr 2011 wiesen jedoch die unausgedünnte Kontrolle und die Traubenteilung dieselbe Gradation auf und nur die Einzeltraubenausdünnung ein höheres Mostgewicht. In beiden Versuchsjahren war im Verlauf eine zeitliche Verzögerung der Reben im Vollertrag festzustellen, hingegen war zu Lesezeitpunkt die Differenz im Mostgewicht zwischen den Varianten von relativ geringem praxisrelevanten Ausmaß. Bei bestehenden Arbeiten mit manuell hergestellten Traubenausdünnungen von SCHÖFFLING und KAUSCH (1974), WEISS (1983), WAHL et al. (1993), KROYER (1993), KIEFER und WEBER (1994), FOX und FRISCH (1995), PALLIOTTI und CARTECHINI (2000), GRASSL et al. (2001, 2002), HAFNER (2003), SCHULTZ (2003), SCHWAB et al. (2004), KÜHRER (2005), PETGEN (2006a), PETRIE und CLINGELEFFER (2006), WALG (2006), PETGEN (2007), MEHOFER et al. (2008), SPANGL (2010) und INTRIGLIOLO und CASTEL (2011) konnte bei den Ausdünnungsvarianten ein höheres Mostgewicht im Vergleich zu Lesegut von Reben im Vollertrag festgestellt werden.

Höchst auffällig erscheint der geringe Unterschied in der Gradation der Ausdünnungsvarianten gegenüber der Kontrollvariante zum Lesezeitpunkt, bei einem gleichzeitig verhältnismäßig hohen Unterschied in der Ertragsmenge. LORENZO et al. (2002) konnten ebenfalls eine Steigerung des Mostgewichtes durch Traubenausdünnung bei nur 50 % der Fälle feststellen und erklärten diesen Umstand als eine Konsequenz der Leistungsfähigkeit der Rebe zu effizienter sink:source Regulation, welche zu einer größeren Belieferung von Fotosyntheseprodukten in die verbleibenden Trauben führt. Auch NUZZO und MATTHEWS (2006) und SANTESTEBAN et al. (2011c) diskutieren die Relevanz von Traubenausdünnung und belegen aufgrund ihrer Ergebnisse, dass in Gegenden, wo die Länge der Saison einen entsprechenden Zeitraum für die Beerenreife garantiert, das erwünschte Mostgewicht ohnehin erreicht wird. Des weiteren merken PETRIE und CLINGELEFFER (2006) an, dass bei optimalen Umgebungsbedingungen Ertragsregulierungsmaßnahmen kaum oder keinen Einfluss auf das Mostgewicht haben.

Bereits CHRISTENSEN (1975), COOMBE (1992) und COOMBE und MCCARTHY (2000) zeigen auf, dass Umwelteinflüsse trotz jahrelanger, gleicher Bearbeitung und Ertragsregulierung große Unterschiede im Mostgewicht und anderen Reifeparametern

bewirken können. Bei Betrachtung der unterschiedlichen saisonalen Verläufe im Mostgewicht mit fortschreitender Reife können mögliche Reaktionen des Verlaufes der Mostgradation auf Witterungseinflüsse erkannt werden. Der relativ langsame Reifeverlauf ab TnB 66 im Jahr 2010 (ab der 70°Oe Marke) ist möglicherweise auf die hohen Niederschlagsmengen im Zeitraum der Beerenentwicklungsphase IV zurückzuführen. Auch HOFÄCKER et al. (1976), SCHULTZ (2003) und RUPP (2007) dokumentieren eine verringerte Zunahme des Mostgewichtes während der Beerenreife nach Phasen mit intensiven Niederschlagsereignissen.

Im Reifeverlauf konnte trotz der jahresspezifisch, klimatisch unterschiedlichen Versuchsjahre ein höheres Mostgewicht der Ausdünnungsvarianten (Beerenentwicklungsphase IV) an fast allen Messterminen festgestellt werden. Bei Vergleich der Verläufe der Mostgradationen beider Versuchsjahrgänge fällt ein unterschiedlich schneller Reifefortschritt aber auch ein Unterschied in der Reifeintensität auf. Die ETA hatte gegenüber den anderen Varianten an fast allen Messterminen das höchste Mostgewicht sowie eine intensive Gradationssteigerung zu Reifebeginn zu verzeichnen. In den Arbeiten von SCHÖFFLING und KAUSCH (1974), SCHULTZ et al. (2003) und SCHWAB et al. (2004) wird der ETA auch eine höhere Gradation gegenüber einer TT oder unausgedünnten Reben zugesprochen.

In den Versuchsjahren 2010 und 2011 ergab sich aus weinbaulicher Sicht in der vorliegenden Arbeit kein praxisrelevanter Einfluss der Traubenausdünnung auf das Mostgewicht zum Lesezeitpunkt, jedoch war ein Effekt der schnelleren Mostgewichtszunahme der Ausdünnungsvarianten bzw. auch ein Effekt der Traubengröße erkennbar.

Wie auch beim Mostgewicht konnte ab TnB 66 des ersten Versuchsjahres eine deutliche Verringerung der Konzentrationssteigerung von **Glucose** verzeichnet werden, welche möglicherweise mit den hohen Niederschlagssummen der vorhergehenden Wochen, beziehungsweise mit der sehr hohen Niederschlagssumme zu TnB 56 (63 mm) in Zusammenhang gebracht werden kann. Bei ESTEBAN et al. (1999) wurde ebenfalls ein geringerer Glucosegehalt bei exzessiver Bewässerung nachgewiesen. Die TT und in deutlicherem Ausmaß die ETA hatten in beiden klimatisch unterschiedlichen Jahren, im Verlauf und zu Lesezeitpunkt einen höheren Glucosegehalt als die unausgedünnten Reben aufzuweisen. Auch bei WEAVER et al. (1961), SAFRAN (1977) und BRAVDO et al. (1984) konnte eine verzögerte Zuckereinlagerung bei Rebstöcken mit mehr Ertrag festgestellt werden.

In der vorliegenden Arbeit konnte ein Einfluss der manuellen Traubenausdünnung auf die Glucosekonzentration im Beerensaft nachgewiesen werden.

Im Konzentrationsverlauf und in der zeitlichen und der variantenabhängigen Entwicklung verlief die Zunahme an **Fructose** in der Beere relativ parallel zu der von Glucose. Auch

COOMBE (1987) konnte feststellen, dass Fructose und Glucose zu fast gleichen Anteilen in der Beere im Verlauf der Beerenreife akkumulieren.
Ein interessanter Unterschied zwischen den beiden Versuchsjahren besteht darin, dass zu Lesetermin 2010 bei allen Varianten die Fructosegehalte höher als die Glucosegehalte waren und zur Lese 2011 die Glucosegehalte höher als die Fructosegehalte. Eine jahresspezifisch, unterschiedliche Rangabfolge der Konzentration der beiden Monosaccharide zeigen auch ESTEBAN et al. (1999) als Ursache von klimatischen Einflüssen auf, insbesondere die vermehrte Akkumulation von Fructose bei höheren Niederschlagsmengen.
WÜRDIG und WOLLER (1989) zeigen auf, dass in Mosten von gesundem Lesegut das Verhältnis zwischen Glucose und Fructose meist 1:1 beträgt. Wie aus den Ergebnissen hervorgeht, war dies zum Lesepunkt beider Versuchsjahre mit äußerst geringen Abweichungen bei allen Versuchsvarianten der Fall.
Die Ausdünnungsvarianten hatten annähernd während des gesamten Beerenreifeverlaufes beider Versuchsjahre höhere Fructose-Gehalte aufzuweisen als die Kontrolle. Wie auch beim Glucosegehalt war die höchste Fructosekonzentration (besonders im trockeneren, wärmeren Jahr 2011) bei der ETA zu verzeichnen.
Ein Einfluss der Traubenausdünnung auf den Fructose-Gehalt der Beere konnte in beiden Versuchsjahren nachgewiesen werden, im wärmeren, trockeneren Jahr war auch ein Effekt der Traubengröße erkennbar.

Titrierbare Säure und organische Säuren

Bereits in der Beerenentwicklungsphase II waren im Gegensatz zu Mostgewicht und den untersuchten Zuckern variantenspezifsche Unterschiede in der Säurekonzentration nachweisbar, jedoch ohne gleichbleibende Varianten-Rangabfolge. Wie auch in den Ergebnissen von ESTEBAN et al. (1999) dokumentiert wird, konnte bei überdurchschnittlich hohen Temperaturen und geringen Niederschlagsmengen in der Beerenentwicklungsphase II (Fruchtansatz bis Reifebeginn) ein höherer Gehalt an titrierbarer Säure (vor allem bei Reben im Vollertrag) und auch eine höhere Konzentration an Äpfelsäure im Zeitraum des Reifebeginns festgestellt werden. RUFFNER (1982) zeigt auf, dass die Säurekonzentration der reifenden Beere von mehreren exogenen Faktoren beeinflusst wird, besonders von der Temperatur. Die Temperaturmittel der Monate August und September (Beerenentwicklungsphase IV) 2010 liegen deutlich unter jenen des selben Zeitraumes des Folgejahres. 2010 wurde bei allen Varianten ein höherer Gehalt an titrierbarer Säure in der 2. Hälfte der Beerenenwicklungsphase IV als im Jahr 2011 bestimmt. In den Arbeiten von ALLEWELDT et al. (1984) und ESTEBAN (1999) wurden ebenfalls höhere Gehalte an titrierbarer Säure im Beerensaft bei niedrigen Temperaturen nach Reifebeginn verzeichnet.

Kurz vor Lesetermin des kühleren, niederschlagsreicheren Versuchsjahres 2010 war im Gegensatz zum wärmeren, niederschlagsärmeren Folgejahr ein Unterschied zwischen Ausdünnungsvarianten und Kontrollvariante in Bezug auf den Gehalt an titrierbarer Säure deutlicher (TT 8,1 g/l, ETA 6,3 g/l, UA 9,8 g/l). Auch ALLEWELDT et al. (1984), PALLIOTTI und CARTECHINI (2000) und MEHOFER et al. (2008) konnten bei Traubenausdünnung in kühleren, niederschlagsreicheren Jahren im Vergleich zu wärmeren, trockeneren Jahren deutlich weniger titrierbare Säure bei Ausdünnungen, als bei Reben im Vollertrag bestimmen.

Der höchste Gehalt an titrierbarer Säure konnte bei allen Varianten nach Reifebeginn (TnB 42) gemessen werden. Auch aus den mehrjährigen Ergebnissen von ESTEBAN et al. (1999) zur Beerenentwicklung geht hervor, dass die höchste Säurekonzentration in der Beere im Zeitraum des Reifeeintritts bestimmt wurde. Die Ausdünnungen hatten gegenüber der unausgedünnten Kontrolle in beiden Versuchsjahren einen niedrigeren Gehalt an titrierbarer Säure im Zeitraum des Reifebeginns und zum Lesezeitpunkt aufzuweisen. SCHÖFFLING und KAUSCH (1974), WEISS (1983), WAHL et al. (1993), KIEFER und WEBER (1994), FOX und FRISCH (1995), PALLIOTTI und CARTECHINI (2000), GRASSL et al. (2001, 2002), HAFNER (2003), SCHULTZ (2003), RUBIO et al. (2004), SCHWAB et al. (2004), KÜHRER (2005), PETGEN (2006a), PETRIE und CLINGELEFFER (2006), WALG (2006), PETGEN (2007), MEHOFER et al. (2008), und SPANGL (2010) konnten ebenfalls einen höheren Gehalt an titrierbarer Säure in Beeren von Reben mit mehr Fruchtbehang gegenüber Reben mit manueller Ertragsregulierung in Form von Traubenausdünnung feststellen. Es erscheint interessant, dass die Reben im Vollertrag in beiden Jahren im Zeitraum des Reifebeginns den niedrigsten RWC der Beere, die geringste Beerengröße und auch das negativste PWP im Blatt zu verzeichnen hatten. Der höhere Säurewert gegenüber den Ausdünnungsvarianten könnte somit möglicherweise auch auf eine Konzentration aufgrund Wasserverlust zurückzuführen sein. Zwischen TnB 52 und TnB 59 wurden in beiden Versuchsjahren hohe Niederschlagssummen, ein Anstieg im RWC der Beere (in verstärktem Ausmaß bei der unausgedünnten Kontrolle) und die stärkste Abnahme im Gehalt an titrierbarer Säure bei allen Varianten (am stärksten bei der unausgedünnten Kontrolle) verzeichnet. In diesem Fall könnte somit ein Verdünnungseffekt durch erhöhte Wassersättigung der Beere auf die Konzentration an titrierbarer Säure vorliegen.

RUFFNER (1982a) merkt an, dass hohe Säuregehalte im Beerensaft in den meisten Fällen mit niedrigeren Zuckerkonzentrationen korrelieren, wobei niedrige Säurekonzentrationen sowohl mit hoher, als auch mit niedriger Zuckerkonzentration zusammenhängen kann und in Kontext mit den Klimabedingungen gesehen werden muss. Im kühleren Jahr hatte die TT zwar das höchste Mostgewicht aufzuweisen, jedoch in beiden Jahren die ETA die niedrigste titrierbare Säure zu verzeichnen. Bei SCHÖFFLING und KAUSCH (1974) wurde bei einer

ETA und TT annähernd die gleiche Mostgradation erreicht, jedoch war in Übereinstimmung mit eigenen Ergebnissen bei der TT ein höherer Gehalt an titrierbarer Säure festzustellen. Im Verlauf der regelmäßigen Messungen fiel vor allem die ETA an fast allen Messterminen aufgrund der niedrigsten Konzentration an titrierbarer Säure auf. Der Unterschied zwischen TT und Reben mit vollem Fruchtbehang war im Gegensatz dazu relativ gering. Auch SCHÖFFLING und KAUSCH (1974), WEISS (1983), WUNDERER und SCHMUCKENSCHLAGER (1990), FOX et al. (1991), KROYER (1993), KIEFER und WEBER (1994), EGERER (2000), PALLIOTTI und CARTECHINI (2000), GRASSL et al. (2002), SCHWAB et al. (2004), MEHOFER et al. (2008) und SPANGL (2010) konnten einen geringeren Gehalt an titrierbarer Säure bei einer ETA gegenüber anderen Ausdünnungsmethoden verzeichnen.

Unter Berücksichtigung der jahresspezifischen Witterungsunterschiede konnte in der vorliegenden Arbeit sowohl ein Einfluss der manuellen Traubenausdünnung insbesondere in Form der Einzeltraubenausdünnung, als auch ein Effekt der Traubengröße auf den Gehalt an titrierbarer Säure im Beerensaft nachgewiesen werden.

Nach Reifebeginn beider Versuchsjahre konnte eine kontinuierliche Konzentrationsabnahme, hingegen eine stets höhere Konzentration von **Weinsäure** als Äpfelsäure verzeichnet werden. Die Konzentrationsdifferenz zwischen Weinsäure und Äpfelsäure erhöhte sich mit fortschreitender Reife, was auch ESTEBAN et al. (1999) dokumentieren konnten. Im Zeitraum des Reifebeginns und zur Lese 2011 war bei allen 3 Varianten höhere Weinsäurekonzentrationen im Vergleich zum Vorjahr festzustellen. Auch ESTEBAN et al. (1999) konnten in Jahren mit höheren Niederschlagssummen und kühleren Temperaturen niedrigere Weinsäuregehalte nachweisen als in trockenen, warmen Jahren. Kurz nach Reifebeginn 2011 war bei den Reben im Vollertrag die deutlich höchste Weinsäurekonzentration (16,8 g/l) gegenüber den Ausdünnungen zu bestimmen. Auffallend erscheint der darauf folgende rasche Konzentrationsrückgang zwischen TnB 52 und 59. Möglicherweise ist dieser Umstand auf die angefallenen Niederschlagsmengen (65 mm) in diesem Zeitraum zurückzuführen. Auch ESTEBAN et al. (1999) konnten einen Rückgang im Weinsäuregehalt nach intensiver Bewässerung in der Beerenentwicklungsphase IV nachweisen.

Wie auch bei der titrierbaren Säure, fiel vor allem die ETA durch die im Verlauf fast durchgehend niedrigen Weinsäurekonzentraionen auf. Die TT und die unausgedünnte Kontrolle hatten (besonders in der 2. Hälfte der Beerenentwicklungsphase IV) oftmals relativ ähnlich hohe Weinsäure-Gehalte zu verzeichnen und nur am letzten Messtermin des kühleren, niederschlagsreicheren Jahres 2010 war bei der TT eine niedrige Konzentration an Weinsäure gegeben als bei den Reben mit vollem Fruchtbehang.

In der vorliegenden Arbeit konnte ein Einfluss der manuellen Traubenausdünnung, insbesondere bei der Einzeltraubenausdünnung, auf die Weinsäurekonzentration im Beerensaft nachgewiesen werden, jedoch kein Einfluss der Traubengröße auf den Gehalt an Weinsäure.

Im Verlauf des niedrigtemperierten Jahres 2010 war bei allen 3 Varianten, an fast allen Messterminen innerhalb der Beerenentwicklungsphase IV ein höherer Gehalt an **Äpelsäure** nachzuweisen, was sich mit den Ergebnissen von LAKSO und KLIEWER (1978) und ESTEBAN et al. (1999) deckt. Deren Diskussionen zufolge wird dieser Umstand mit den kühleren Temperaturen erklärt, die die Veratmung der Äpfelsäure im Zuge der Beerenreife verlangsamen. Dies könnte die Abflachung der Konzentrationsabnahme ab TnB 73 des kühleren Jahres erklären. Im höhertemperierten Jahr ist ebenfalls eine Abflachung der Kurve zu erkennen, jedoch wird diese von einem relativ kontinuierlichen Konzentrationsabfall bis zum Lesezeitpunkt charakterisiert. LAKSO und KLIEWER (1978) hatten ebenfalls eine höhere Äpfelsäurekonzentration im Verlauf der Beerentwicklungsphase IV zu verzeichnen, wenn diese in einen Zeitraum von kühleren Temperaturbedingungen fiel.

Interessant erscheint die äußerst geringe Konzentrationsveränderung von TnB 31 bis TnB 38 im Jahr 2011. Dieses Ereignis kann zeitlich unmittelbar vor Reifebeginn angesiedelt werden und kann ein Hinweis auf die Beerenwachstumsphase III (auch Sistierphase) sein. Auch RUFFNER und HAWKER (1977), RUFFNER (1982a,b) und SWEETMAN et al. (2009) konnten eine Unterbrechung in der Konzentrationszunahme von Äpfelsäure vor Reifebeginn feststellen und geben als Erklärung eine Sistierphase (lagphase) im Verlauf der Beerenentwicklung an.

Im Gegensatz zum Verlauf der titrierbaren Säure und der Weinsäure waren bei der Äpfelsäure weniger variantenspezifische Unterschiede erkennbar. Die unausgedünnte Kontrolle hatte jedoch in den meisten Fällen mit geringfügiger Differenz zu den anderen Varianten den höchsten Äpfelsäuregehalt aufzuweisen. CORINO et al. (1991) und INTRIGLIOLO und CASTEL (2010) konnten in Übereinstimmung dazu bei einer ETA eine niedrigere Äpfelsäurekonzentration als bei Reben mit vollem Fruchtbehang bestimmten.

Aus den Ergebnissen der vorliegenden Arbeit war ein Einfluss der Traubenausdünnung auf die Konzentration an Äpfelsäure im Beerensaft nachzuweisen. Allerdings nur im kühleren, niederschlagsreicheren Jahr geschah dies in praxisrelevantem Ausmaß. Ein Effekt der Traubengröße auf den Äpfelsäuregehalt konnte nicht nachgewiesen werden.

6 Zusammenfassung

In den Jahren 2010 und 2011 wurden in einer bestehenden Ertragsanlage im Weinbaugebiet Neusiedlersee-Hügelland (Burgenland) Untersuchungen zur Fruchtansatzregulierung in Form der manuellen Traubenausdünnung mit der Rotweinsorte Zweigelt (St. Laurent x Blaufränkisch) durchgeführt. Dabei war das Ziel, die Auswirkungen von einer bereits 2 Wochen nach Blüte (BBCH 73) vorgenommenen Traubenteilung (native Traubenanzahl/Trieb belassen, jeweils die distale Traubenhälfte mit ca. 50 % der Beeren abgeschnitten) und einer Einzeltraubenausdünnung (nur die basale Traube am Trieb belassen) auf physiologische Parameter (Gaswechselleistung, Wasserhaushalt, osmotisches Potential, Ascorbat, Nährstoffhaushalt u. a.) und die Erntequalität im Vergleich zu Reben mit nativem, unkorrigierten Fruchtbehang zu erforschen. In den beiden witterungsmäßig sehr unterschiedlichen Versuchsjahren hatten die (am 2.-6. Nodium inserierten) Blätter von Trieben ohne Fruchtansatzregulierung generell ein negativeres Predawn Water Potential (PWP) und einen niedrigeren Relative Water Content (RWC), also mehr Trockenstress, einen niedrigeren N- und Mg-Gehalt und ein weniger negatives osmotisches Potential (d.h. eine geringere Konzentration an osmotisch wirksamen Substanzen) und 2011 auch eine niedrigere Nettofotosyntheserate. Ebenso hatten die Beeren der Kontrollvariante gegenüber den Ertragsregulierungen einen geringeren RWC, ein geringer negatives osmotisches Potential (OP), niedrigere Ascorbatgehalte, weniger N und weniger gärungsrelevante N-Formen, mehr Ca, ein geringeres Beerengewicht und –volumen, eine leichte Reifeverzögerung (max. 1 Woche), aber interessanterweise zur Lese eine annähernd gleich hohe Mostgradation. Während unter ungünstigeren Bedingungen (2010) deutlich mehr titrierbare Säure im Most (um 3 g/l) bei Reben mit vollem Fruchtbehang vorlag, war im sonnenreichen Jahr (2011) diesbezüglich kaum ein Unterschied festzustellen. Grundsätzlich reagierten die Reben ohne Ertragsregulierung mit stärkerer Jahresschwankung (Ertrag, Mostgewicht, titrierbare Säure). Im direkten Vergleich der beiden Fruchtansatzregulierungen hatten die Blätter der Einzeltraubenausdünnung eine bessere Wasserversorgung (anhand PWP und RWC), eine höhere Nettofotosyntheserate, einen höheren N- und Mg-Gehalt und ein negativeres OP (höherer Gehalt osmotisch wirksamer Substanzen). Bei den Beeren der Einzeltraubenausdünnung waren ein höherer RWC, ein negativeres OP, geringfügig erhöhte Ascorbatgehalte, mehr N und mehr gärungsrelevante N-Formen, weniger Ca, ein höheres Beerengewicht und –volumen und die stärkste Reifeverfrühung nachzuweisen. Die vorliegenden Ergebnisse zeigen, welches Potential eine bedarfsgerechte Fruchtansatzregulierung vinifizierenden Betrieben bietet, um bei reservestoffreicheren, vitaleren und langlebigeren Reben nachhaltig, stabile Erträge und Qualitäten zu produzieren.

7 Literatur

ABD EL-RAZEK, E.; TREUTTER, D.; SALEH, M.M.S.; EL-SHAMMAA, M.; FOUAD, A.A.; ABDEL-HAMID, N. (2011): Effect of nitrogen and potassium fertilization on productivity and fruit quality of 'crimson seedless' grape. Agriculture and Biology Journal of North America 2: 330-340

ACEVEDO-OPAZO, C.; ORTEGA-FARIAS, S.; FUENTES, S. (2010): Effects of grapevine (*Vitis vinifera* L.) water status on water consumption, vegetative growth and grape quality: Anirrigation scheduling application to achieve regulated deficit irrigation. Agricultural Water Management 97: 956-964

ALLEWELDT, G. (1961): Untersuchungen über die Zellsaftkonzentration bei Reben. II. der osmotische Wert von di- und tetraploiden Reben sowie von einigen interspezifischen Kreuzungsstämmen. Vitis 3: 48-56

ALLEWELDT, G. (1967a): Physiologie der Rebe. Forschungsergebnisse der Jahre 1956 – 1960. Vitis 6: 48-62

ALLEWELDT, G. (1967b): Physiologie der Rebe. Forschungsergebnisse der Jahre 1961 – 1964. Vitis 6: 63-81

ALLEWELDT, G.; DÜRING, H.; JUNG, K.H. (1984): Zum Einfluss des Klimas auf Beerenentwicklung, Ertrag und Qualität bei Reben: Ergebnisse einer siebenjährigen Faktorenanalyse. Vitis 23: 127-142

ALLEWELDT, G.; ENGEL, M.; GEBBING, (1981): Histologische Untersuchungen an Weinbeeren. Vitis 20: 1-7

ALLEWELDT, G.; EIBACH, R.; RÜHL, E. (1982): Untersuchungen zum Gaswechsel der Rebe I. Einfluss von Temperatur, Blattalter und Tageszeit auf Nettophotosynthese und Transpiration. Vitis 21: 93-100

ALLEWELDT, G.; GEISLER, G. (1958): Untersuchungen über die Zellsaftkonzentration bei Reben. I. Modifikabilität und Variabilität des osmotischen Wertes. Vitis 1: 181-196

ALLEWELDT, G.; HIFNY, H. A. A. (1972): Zur Stiellähme der Reben. II. Kausalanalytische Untersuchungen. Vitis 11: 10-28

ALSINA, M.M.; SMART D.R.; BAUERLE, T.; HERRALDE, F.; BIEL, C.; STOCKERT, C.; NEGRON, C.; SAVE, R. (2011): Seasonal changes of whole root system conductance by a drought-tolerant grape root system. Journal of Experimental Botany 62: 99-109

AMIRI, M.E.; FALLAHI, E. (2007): Influence of Mineral Nutrients on Growth, Yield, Berry Quality, and Petiole Mineral Nutrient Concentrations of Table Grape. Journal of Plant Nutrition 30: 463-470

BABU, R.C.; PATHAN, M.S.; BLUM, A.; NGUYEN, H.T. (1999): Comparison of Measurement Methods of Osmotic Adjustment in Rice Cultivars. Crop Science 39: 150–158

BAEZA, P.; RUIZ, C.; CUEVAS, E.; SOTES, V. AND LISSARRAGUE, J.R. (2005): Ecophysiological and agronomic response of Tempranillo grapevines to four training systems. American Journal of Enology and Viticulture 56: 129–138

BAEZA, P.; SANCHEZ-DE-MIGUEL, P.; CENTENO, A.; JUNQUERA, P.; LINARES, R. and LISSARRAGUE, J.R. (2007): Water relations between leaf water potential, photosynthesis and agronomic vine response as a tool for establishing thresholds in irrigation scheduling. Scientia Horticulturae 114: 151–158

BARR, H.D.; WEATHERLEY, P.E. (1962): A re-examination of the relative turgidity technique for estimating water deficit in leaves. Australian Journal of Biological Sciences 15: 413-428

BASLER, P. (1980): Lohnt sich das Ausdünnen von Trauben? Obst- und Weinbau 116: 559-561

BASLER, P.; PFENNINGER, H. (2002): Zweigelt. Obst- und Weinbau 138: 253

BATZER, O; STÄHELI, O: (2003): Österreichs Weinexport 2002 auf Rekordniveau. Schweizerische Weinzeitung 111: 8-10

BECK, E.; BURKERT, A.; HOFMAN, M. (1983): Uptake of l-ascorbate by intact spinach chloroplasts. Plant Physiology 73: 41-45

BECK, H. (1999): Der Einfluss von Bodenbearbeitungsmaßnahmen auf den Wasserhaushalt der Weinrebe im burgenländischen Weinbau. Diplomarbeit, Universität für Bodenkultur, Wien

BECKER, A. (2011): Vorsicht bei der Traubenausdünnung: Des Guten oft zu viel. Der Winzer 67(7): 22-25

BECKER, N.; ZIMMERMANN, H. (1984): The effect of different amounts of water on grapevines in containers, on shoot maturation, berry development an wine quality. Bulletin de l'OIV 57: 584-596

BERGMANN, W. (1993): Ernährungsstörungen bei Kulturpflanzen. Gustav Fischer Verlag, Jena

BERTAMINI, M.; NEDUNCHEZHIAN, N. (2003): Photosynthetic functioning of individual grapevine leaves (*Vitis vinifera* L. cv. Pinot noir) during ontogeny in the field. Vitis 42: 13-17

BIRK, H.; SCHÖFFLING, H. (1966): Der Einfluß des Traubenentfernens auf die quantitativen und qualitativen Ertragseigenschaften bei Riesling und Müller-Thurgau im Jahr 1963. Mitteilungen Klosterneuburg 16: 445-456

BOSELLI, M.; VOLPE, B.; DIVAIO, C. (1995): Effect of seed number per berry on mineral composition of grapevine (*Vitis vinifera* L.) berries. Journal of Horticultural Sciences 70: 509-515

BRAVDO, B.; HEPNER, Y; LOINGER, C.; COHEN, S.; TABACMAN, H. (1984): Effect of crop level on growth, yield and wine quality of a high yielding Carignane vineyard. American Journal of Enology and Viticulture 35: 247-252

BRADSHAW, M.P.; BARRIL, C.; CLARK, A.C.; PRENZLER, P.D.; SCOLLARY, G.R. (2011): Ascorbic Acid: A Review of its Chemistry and Reactivity in Relation to a Wine Environment. Critical Reviews in Food Science and Nutrition 51: 479-498

BUBOLA, M.; KOVACEVIC GANIC, K.; PERSURIC, D.; PLASVA, T.; PAVAT, D. (2009): Phenolic composition and antioxidant activity of cv. Teran wines produced from vines with different crop levels. 32nd World Congress of Vine and Wine. 7th General Assembly of the OIV: 7-13

CABANNE, C.; DONECHE, B. (2001): Changes in polygalacturonase activity and calcium content during ripening of grape berries. American Journal of Enology and Viticulture 52: 331-335

CAKMAK, I. (2005): The role of potassium in alleviating detrimental effects of abiotic stresses in plants. Journal of Plant Nutrition and Soil Sciences 168: 521-530

CEHAK, K. (1981): Das österreichische Klimadatenbuch, Teil I: Klimakarten. Selbstverlag der Forschungsgesellschaft für Wohnen, Bauen und Planen, Wien

CHALMERS, Y.M.; DOWNEY, M.O.; KRSTIC, M.P.; LOVEYS, B.R.; DRY, P.R. (2010): Influence of sustained deficit irrigation on colour parameters of Cabernet Sauvignon and Shiraz microscale wine fermentations. Australian Journal of Grape and Wine Research 16: 301-131

CHARDONNET, C.; DONECHE, B. (1995): Relation between calcium content and resistance to enzymatic digestion of the skin during grape ripening. Vitis 34: 95-98

CHORTI, E.; GUIDONI, S.; FERRANDINO, A.; NOVELLO, V. (2010): Effect of different cluster sunlight exposure levelson ripening and anthocyanin accumulation in Nebbiolo grapes. American Journal of Enology and Viticulture 61: 23-30

CHRISTENSEN, P. (1975): Response of ‘Thompson Seedless’ grapevines to the timing of preharvest irrigation cut-off. American Journal of Enology and Viticulture 26: 188–194.

CLARKSON, D.T.; HANSON, J.B. (1980): The mineral nurtrition of higher plants. Annual Review of Plant Physiology 31: 239-298

COOMBE, B.G. (1989): The grape berry as a sink. Acta Horticulturale 239: 149-158

COOMBE, B.G. (1987): Distribution of solutes within the developing grape berry in relation of its morphology. American Journal of Enology and Viticulture 38: 120-127

COOMBE, B.G. (1992): Research on the development and ripening of the grape berry. American Journal of Enology and Viticulture 43: 101–110

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

CONRADIE, W.J. (1981): Seasonal uptake of nurtrients by Chenin blanc in sand culture. II. Phosphorus, potassium, calcium and magnesium. South African Journal of Enology and Viticulture 2: 7-13

CORINO, L.; RUARO, P.; RENOSIO, G.; RABINO, M.; MALERBA, G. (1991): Cluster thinning on the Barbera vine in some areas of Monferrato. Viticultural behaviour. Vignevini, Bologna 18: 51-55

CREASY, G.L.; PRICE, F.; LOMBARD, P.B. (1993): Evidence for xylem discontinuity in Pinot Noir and Merlot: Dye uptake and mineral composition during berry ripening. American Journal of Enology and Viticulture 50: 418-434

CRUZ DE CARVALHO, M.H. (2008): Drought stress and reactive oxygen species. Plant Signaling & Behavior 3: 156-165

CRUZ-RUS, E.; BOTELLA, M.A.; VALUPESTA, V.; GOMEZ-JIMENEZ, M.C. (2010): Analysis of genes involved in L-ascorbic acid biosynthesis during growth and ripening of berries. Journal of Plant Physiology 167: 739-748

CZECHI, F. (2002): Die Ausdünnmaschine "Darwin 2000" - erste praktische Erfahrungen. Obstbau 27: 234-236

DALTON, D.A.; BAIRD, L.M.; LANGEBERG, L.; TAUGHER, C.Y.; ANYAN, W.R.; VANCE, C.P.; SARATH, G. (1993): Subcellular localization of oxygen defence enzymes in soybean (Glycine max[L.] Merr.) root nodules. Plant Physiology 102: 481-489

DAVEY, M.W.; VAN MONTAGU, M.; INZE, D.; SANMARTIN, M.; KANELLIS, A.; SMIRNOFF, N.; BENZIE, I.J.J.; STRAIN, J.J.; FAVELL, D.; FLETCHER, J. (2000): Plant L-ascorbic acid: chemistry, function, metabolism, bioavailability and effects of processing. Journal of the Science of Food and Agriculture 80: 825–860

DONECHE, B.; CHARDONNET, C. (1992): Evolution and localization or the main cations during grape berry development. Vitis 31: 175-181

DRAWERT, F.; STEFFAN, H. (1965): Biochemisch-physiologisch durchgeführte Untersuchungen an Traubenbeeren. Vitis 5: 27-34

DUHME, F.; RICHTER, H. (1997): Druckkammermethode. In: Methoden der Pflanzenökologie. Hrsg. Kreeb, K., Gustav Fischer Verlag, Jena. 136-142

DÜRING, H. (1984): Evidence for osmotic adjustment to drought in grapevines (*Vitis vinifera* L.). Vitis 23: 1-10

DÜRING, H. (1985): Osmotic adjustment in grapevines. Acta Horticulturae 171: 315-322

DÜRING, H. (1987a): Stomatal responses to alternations of soil and air humidity in grapevines. Vitis 26: 9-18

DÜRING, H. (1987b): Zur Trockentoleranz des Riesling. Wein–Wissenschaft 42: 391-399

DÜRING, H. (1988): CO2 assimilation and photorespiration of grapevine leaves: Responses to light and drought. Vitis 27: 199-208

DÜRING, H. (2003): Stomatal and mesophyll conductances control CO_2 transfer to chloroplasts in leaves of grapevine (*Vitis vinifera* L.). Vitis 42: 65-68

DÜRING, H.; DAVTYAN, (2002): Developmental changes of primary processes of photosynthesis in sun- and shade-adapted berries of two grapevine cultivars. Vitis 41: 63-67

DÜRING, H.; LOVEYS. B.R. (1982): Diurnal changes in water relations and abscisic acid in field grown *Vitis vinifera* cvs. Vitis 27: 223-232

EBADI, A.; MAY, P.; COOMBE, B.G. (1996): Effect of short-term temperature and shading on fruit-set, seed and berry development in model vines of *V. vinifera*, cvs Chardonnay and Shiraz.Australian Journal of Grape and Wine Research 2: 1-8

EBOD (2013): Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft. Digitale Bodenkarte von Österreich. http://gis.lebensministerium.at/eBOD/frames/index.php?&146=true&gui_id=eBOD (17.01.2013)

EDSON, C.E.; HOWELL, G.S.; FLORE, J.A. (1993): Influence of Crop Load on Photosynthesis and Dry Matter Partitioning of Several Grapevines I. Single Leaf and Whole Vine Response Pre- and Post- harvest.American Journal of Enology and Viticulture 44: 139-147

EGERER, A. (2000): Einfluss der Traubenausdünnung auf den Krankheitsbefall und die Traubenertragsleistung. Diplomarbeit, Universität für Bodenkultur, Wien

EGGENBERGER, W.; KOBLET, W.; MISCHLER, M.; SCHWARZENBACH, H.; SIMON, J.L. (1990): Weinbau. Verlag Landwirtschaftliche Lehrmittelzentrale, Zollikofen

EIBACH R.; ALLEWELDT, G. (1983): Einfluß der Wasserversorgung auf Wachstum, Gaswechsel und Substanzproduktion traubentragender Reben, I. Das vegetative Wachstum. Vitis 22: 231-240

EIBACH, R.; ALLEWELDT, G. (1984): Einfluß der Wasserversorgung auf Wachstum, Gaswechsel und Substanzproduktion traubentragender Reben, II. Der Gaswechsel. Vitis 23: 11-20

ESTEBAN, M.A.; VILLANUEVA, M.J.; LISSARRAGUE J.R. (1999): Effect of Irrigation on Changes in Berry Composition of Tempranillo During Maturation. Sugars, Organic Acids, and Mineral Elements. American Journal of Enology and Viticulture 50: 418-434

ETCHEBARNE, F.; OJEDA, H.; DELOIRE, A. (2009): Influence of water status on mineral composition of berries in 'Grenache Noir' (*Vitis vinifera* L.). Vitis 48: 63-68

FARDOSSI, A. (2002): Effizienz-Kriterien für die Auswahl von Unterlagsreben. Der Winzer 58 (6): 7-10

FARMAHAN, H.L.; PANDEY, R.M. (1976): Hormonal regulation of the lag phase in seeded and seedless grapes (*Vitis vinifera* L.). Vitis 15: 227-235

FERREE, D.C.; CAHOON, G.A.; SCURLOCK, D.M.; BROWN, M.V. (2003): Effect of Time of Cluster Thinning Grapevines. Small Fruits Review 2: 3-14

FERREE, D.C.; SCURLOCK, D.M.; SCHMID, J.C. (2005): Chemical Bloom Thinning Hybrid Grape Cultivars. Small Fruits Review 4: 83-93

FOX, R.; DIEDEL, K.; FRISCH, M. (1991): Ergebnisse zur Ertragsregulierung 1990 und Empfehlungen zum Rebschnitt 1991. Rebe & Wein 44: 24-27

FOX, R. (1995): Ertragsregulierung, Teil 2.
Das Deutsche Weinmagazin (13/14): 86-94

FOX, R.; FRISCH, M. (1995): Ertragsregulierung II.: Traubengewichte in Abhängigkeit von Witterungs- und Befruchtungsverlauf Traubenverteilung am Stock.
Rebe und Wein 7: 262-777

FOYER, C.H.; LELANDAIS, M.; KUNERT, K.J. (1994): Photooxidative stress in plants. Physiologia Plantarum 92: 696-717

FRANZ, H. (1974): Die Bodenfauna der Erde in biozönotischer Betrachtung. Erdwissenschaftliche Forschung. Steiner Verlag, Wiesbaden

FRIEND, A.P.; TROUGHT, M.C.T.; CREASY, G.K. (2009): The influence of seed weight on the development and growth of berries and live green ovaries in *Vitis vinifera* L. cvs. Pinot Noir and Cabernet Sauvignon. Australian Journal of Grape and Wine Research 15: 166-174

FUENTES, S.; SULLIVAN, W.; TILBROOK, J.; TYERMAN, S. (2010): A novel analysis of grapevine berry tissue demonstrates a variety-dependent correlation between tissue vitality and berry shrivel.
Australian Journal of Grape and Wine Research 16: 327-336

GANGL, H.; TIEFENBRUNNER, W.; UMATHUM, J. (2004): Sieben Jahre Klonenzüchtung: Vergleich von Zweigelt-Klonen. Der Winzer 60(1): 7-10

GALET, P. (1983): Précis de Viticulture. Déhan.

GIL-MUNOZ, R.R.; VILA-LOPEZ, J.I.; FERNANDEZ, J.I.; MARTINEZ-CUTILLAS, A. (2009): Effects of cluster thinning on anthocyanin extractability and chromatic parameters of Syrah and Tempranillo grapes and wines. Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin43: 45-53

GIRONA, J.; MARSAL, J.; MATA M.; DEL CAMPO, J.; BASILE, B. (2009): Phenological sensitivity of berry growth and composition of Tempranillo grapevines (*Vitis vinifera* L.) to water stress.
Australian Journal of Grape and Wine Research 16: 1-10

GRASSL, J.; REDL, H. (2001): Maßnahmen der Laubwandgestaltung und Ertragsreduzierung bei den Sorten Zweigelt und Blauer Burgunder (Pinot noir). I. Auswirkungen auf den phytosanitären Zustand der Trauben.
Mitteilungen Klosterneuburg 51: 227-235

GRASSL, J.; FLAK, W.; WENDELIN, S.; EDER, R.; REDL, H. (2002): Maßnahmen der Laubwandgestaltung und Ertragsreduzierung bei den Sorten Zweigelt und Blauer Burgunder (Pinot noir). II. Auswirkungen auf Inhaltsstoffe in Most und Wein.
Mitteilungen Klosterneuburg 52: 10-20

GRAY, J.D.; COOMBE, B.G. (2009): Variation in Shiraz berry size originates before fruitset but harvest is a point of resynchronisation for berry development after flowering.
Australian Journal of Grape and Wine Research 15: 156-165

GREENSPAN, M.D.; SHACKEL, K.A.; MATTHEWS, M.A. (1994): Developmental changes in the diurnal water budget of the grape berry exposed to water deficits.
Plant, Cell and Environment 17: 811-820

GRIESZLER, M. (2009): Einfluss der Unterlage auf verschiedene Rotweinsorten im Raum Eisenstadt. Diplomarbeit, Universität für Bodenkultur, Wien

GRIMES, D.W.; WILLIAMS, L.E. (1990): Irrigation effects on plant water relations and productivity of Thomson Seedless grapevines. Crop Science 30: 255-260

GUIODINI, S.; ALLARA, P.; SCHUBERT A. (2002): Effect of Cluster Thinning on Berry Skin Anthocyanin Composition of *Vitis vinifera* cv. Nebbiolo.
American Journal of Enology and Viticulture 53: 224-226

HAFNER, P. (2002): "Traubenteilen" hat sich bewährt. Obstbau - Weinbau: 39: 221-222

HAFNER, P. (2003): Weniger Beeren-Botrytis und Essigfäule durch das Traubenteilen.
Deutsches Weinbau-Jahrbuch 54: 157-160

HALE, C.R.; WAEVER, R.J. (1962): The effect of developmental stage on direction of translocation of photosynthate in *Vitis vinifera*. Hilgardia 33: 89-131

HARDIE, W.J.; AGGENBACH S.J. (1996): Effects of site, season and viticultural practices on grape seed development. Australian Journal of Grape and Wine Research 2: 21-24

HARRIS, J.M.; KRIEDEMANN, P.E.; POSSINGHAM, J.V. (1968): Anatomical aspects of grape berry development. Vitis 7: 106-119

HEIGEL, K.P. (1995): Anschnitt, Ausdünnung und Begrünung, Teil II: Auswirkungen auf die Arbeitswirtschaft und den betriebswirtschaftlichen Erfolg.
Rebe und Wein 48: 357-359

HERNANDEZ, Y.; LOBO, M.G.; GONZALEZ, M. (2006): Determination of vitamin C in tropical fruits: a comparative evaluation of methods. Food Chemistry 96: 654–664.

HOFÄCKER, W.; ALLEWELDT, G.; KHADER, S (1976): Einfluss von Umweltfaktoren auf Beerenwachstum und Mostqualität bei Reben. Vitis 15: 96-112

HOLBROOK, N.M.; ZWIENIECKI, M.A. (2005): Vascular Transport in Plants. Elsevier Academic Press, Burlington

HOLZAPFEL, B.P.; TREEBY, M.T. (2007): Effects of timing and rate of N supply on leaf nitrogen status, grape yield and juice composition form Shiraz grapevines grafted to one of three different rootstocks. Australian Journal of Grape and Wine Research 13: 14-22

HOWELL, G.S. (2001): Sustainable Grape Productivity and the Growth-Yield Relationship: A Review. American Journal of Enology and Viticulture 52: 165-174

HÖHNE, F. (2001): Mechanische Ausdünnung im Apfelanbau. Obstbau 26: 242-248

HUNTER, J.J.; RUFFNER, H.P. (2001): Assimilate transport in grapevines – effect of phloem disruption. Australian Journal of Grape and Wine Research 7: 118-126

HUNTER, R.S. (1958): Photoelectric Color Difference Meter. Journal of the Optical Society of America 48: 985-993

ILAND, P.G.; COOMBE, B.G. (1988): Malate, Tartrate, Potassium, and Sodium in Flesh and Skin of Shiraz Grapes During Ripening: Concentration and Compartmentation. American Journal of Enology and Viticulture 39: 71-76

IMPA, S.M.; NADARADJAN, S.; JAGADISH, S.V.K. (2012): Drought stress induced reactive oxygen species and anti-oxidants in plants. In: AHMAD, P.; PRASAD, M.N.V.: Abiotic Stress Responses in Plants: Metabolism, Productivity and Sustainability. Springer Science + Business Media: 253-265

INTRIGLIOLO, D.S.; CASTEL, J.R. (2010): Response of grapevine cv. 'Tempranillo' to timing and amount of irrigation: water relations, vine growth, yield and berry and wine composition. Irrigation Science 28: 113-125

INTRIGLIOLO, D.S.; CASTEL, J.R. (2011): Interactive effects of deficit irrigation and shoot and cluster thinning on grapevine cv. Tempranillo. Water relations, vine performance and berry and wine composition. Irrigation Science 29: 443-454

IOANNIDI, E.; KALAMAKI, M.S.; ENGINEER, C.; PATERAKI, I.; ALEXANDROU, D.; MELLIDOU, I.; GIOVANNONNI, J.; KANELLIS, A.K. (2009): Expression profiling of ascorbic acid related genes during tomato fruit development and ripening and in response to stress conditions. Journal of Experimental Botany 60: 663-678

JÖRGER, V.; WOHLFAHRT, P. (2002): Versuche zur Ertragsregulierung. Der Deutsche Weinbau (15): 14-17

KAPS, M.L.; CAHOON, K.A. (1989): Berry thinning and cluster thinning influence vegetative growth, yield, fruit composition and net photosynthesis of “Seyval blanc” grapes. Journal of the American Society for Horticultural Science 114: 20-24

KAPS, M.L.; CAHOON, K.A. (1992): Growth and fruiting of container-grown Seyval blanc grapevines modified by changes in crop level, leaf number and position, and light exposure. American Journal of Enology and Viticulture 43: 191-199

KELLER, M.; MILLS, L.J.; WAMPLE, R.L.; SPAYD, S.E. (2005): Cluster Thinning Effects on Three Deficit-Irrigated *Vitis vinifera* Cultivars. American Journal of Enology and Viticulture 56: 91-103

KELLER, M.; POOL, R.M.; HENICK-KLING, T. (1999): Excessive nitrogen supply and shoot trimming can impair colour development in Pinot Noir grapes and wine. Australian Journal of Grape and Wine Research 5: 45-55

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

KIEFER, W.; WEBER, M. (1994): Ausdünnen zur Qualitätssteigerung. Der Deutsche Weinbau (14): 24-28

KLENERT, M. (1974): Künstliche Veränderung der meterologischen Verhältnisse im Rebbestand und ihre Auswirkungen auf das Größenwachstum der Traubenbeeren. Vitis 13: 8-22

KLENERT, M. (1975): Die Beeinflussung des Zucker- und Säuregehaltes von Traubenbeeren durch künstliche Veränderung der Umweltbedingungen. Vitis 17: 350-360

KLENERT, M.; RAPP, A. (1978): Einfluss der Traubentemperatur auf Beerenwachstum und Beerenreife der Rebsorte Silvaner. Vitis 17: 350-360

KLIEWER, W.M.; FREEMAN, C.H. (1983): Effect of irrigation, crop level and potassium fertilization on Carignan vines. I. Degree of water stress and effect on growth and yield. American Journal of Enology and Viticulture 34: 186-196

KLIEWER, W.M.; OUGH C.S. (1970): The effect of leaf area and crop level on the concentration of amino acids and total nitrogen in Thompson Seeldess' grapes. Vitis 9: 196-206

KNOLL, M. (2008): Fotosyntheseleistung von Zweigelt-Reben (*Vitis vinifera* L.) im pannonischen Klimaraum. Dissertation, Universität für Bodenkultur, Wien

KNOLL, M.; ACHLEITNER, D.; REDL, H. (2010): Sugar accumulation in Zweigelt grapes as affected by "Traubenwelke". Vitis 49: 101-106

KNOLL, M.; REDL, H. (2012): Gas exchange of field-grown *Vitis vinifera* L. cv. Zweigelt leaves in relation to leaf age and position along the stem. Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin 46: 281-295

KOBLET, W.; KELLER, M.; CANDOLFI-VASCONCELOS, M.C. (1996): Effects of training system canopy management practices, crop load and rootstock on grapevines photosynthesis. Acta Horticulturae 427:133-140

KOCH, R.; ALLEWELDT, G. (1978): Der Gaswechsel reifender Weinbeeren. Vitis 17: 30-44

KRESS-ROGERS, E.; BRIMELOW, C.J.B. (2001): Instrumentation and sensors for the food industry. Second edition. Woodhead Publishing Limited, Cambridge

KREUZ, S.; FLAK, W.; KERNBAUER, E.; PITSCHMANN, M.; SCHABER, R. (1998): Die qualitative Beurteilung der Farbausprägung von Weinen mittels Tristimulusmessung und begleitender Verfahren. Mitteilungen Klosterneuburg 48: 25-33

KRIEDEMANN, P.E.; KLIEWER, W.M.; HARRIS, J.M. (1970): Leaf age and photosynthesis in Vitis vinifera L. Vitis 9: 97-104

KROYER, G. (1993): Untersuchungen über den Einfluss der Traubenausdünnung bei den Sorten Welschriesling und Weißburgunder im Burgenland. Diplomarbeit, Universität für Bodenkultur, Wien

KURZ, R. (2012): persönliche Mitteilung, Pöttelsdorf

KÜHRER, E. (2005): Traubenausdünnung bei der Sorte Grüner Veltliner: Erfahrungen der Saison 2004. Der Winzer 61(5): 16-19

KÜHRER, E. (2009a): Ausdünnen mit dem Vollernter. Der Winzer 65(6): 19-21

KÜHRER, E. (2009b): Österreichische Ergebnisse mechanischer und chemischer Verfahren: Ausdünnungs-Versuche 2008. Der Winzer 65(5): 14-15

KÜHRER, E.; TRUMMER, C.; FAHRNECKER, A. (2009): Messungen mit der Scholanderbombe: Kontrolle des Wasserstresses. Der Winzer 65(4): 19-21

LAKSO, A.N.; KLIEWER, W.M. (1978): The influence of temperature on malic acid metabolism in grape berries. II. Temperature responses of net dark CO2 fixation and malic acid pools. American Journal of Enology and Viticulture 29: 145-149

LANG, A. (1990): Xylem, phloem and transpiration flows in developing apple fruits. Journal of Experimental Botany 41: 645-651

LANG, A.; DÜRING, H. (1991): Partitioning control by water potential gradient: evidence for compartmentation breakdown in grape berries. Journal of Experimental Botany 42: 1117-1122

LANG, A.; THORPE M.R. (1989): Xylem, phloem and transpiration flows in a grape: Application technique for measuring the volume of attached fruits using Archimedes' Principle. Journal of Experimental Botany 40: 1069-1078

LARCHER, W. (1994): Ökophysiolgoie der Pflanzen. 5. Auflage, Ulmer Verlag, Stuttgart

LAUCOU, V.; BOURSIQUOT, J.M.; LACOMBE, T.; BORDENAVE, T.; DECROOCQ, S.; OLLAT, N. (2008): Parentage of grapevine 'Fercal' finally elucidated. Vitis 47: 163-167

LAW, M.Y.; CHARLES, S.A.; HALLIWELL B. (1983): Glutathione and ascorbic acid in spinach (*Spinachia oleracea*) chloroplasts. Biochemical Journal 210: 899-903

LEE, D.R. (1990): An undirectional water flux model of fruit growth. Canadian Journal of Biology 68: 1286-1290

LEE, D.R.; DIXON, M.A.; JOHNSON, R.W. (1989): Simultaneous measurements of tomato fruit and stem water potential using in situ stem hygrometers. Canadian Journal of Biology 67: 2352-2355

LEGENDRE, A.M. (1837): Die Elemente der Geometrie und der ebenen und sphärischen Trigonometrie. 3. Auflage der Übersetzung, August Rücker, Berlin

LEONHARDT, A. (1988): Ertragsregulierung und ihre Effizienz. Badischer Winzer 6: 288-294

LEEUWEN, C.; TREGOAT, O.; CHONE, X.; BOIS, B.; PERNET, D.; GAUDILLERE, J.P. (2009): Vine water status is a key factor in grape ripening and vintage quality for red bordeaux wine. How can it be assessed for vineyard management purposes? Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin 43: 121-134

LIN, L.S.; VARNER, J.E. (1991): Expression of ascorbic acid oxidase in zucchini squash (*Cucurbita pepo* L.). Plant Physiology 96: 159-165

LOONEY, N.E. (1981): Some growth regulator and cluster thinning effects on berry set and size, berry quality and annual productivity of the Chaunac grapes. Vitis 20: 22-35

LOPES, C.M.A. (1999): Relationship between leaf water potential and photosynthetic activity of fieldgrown grapevines under a Mediterranean environment. Acta Horticulturae 493: 287-292

LORENZ, D.H.; EICHHORN, K.W.; BLEIHOLDER, H.; KLOSE, R.; MEIER, U.; WEBER, E. (1994): Phänologische Entwicklungsstadien der Weinrebe (Vitis vinifera L. ssp. *Vinifera*). Codierung und Beschreibung der Erweiterten BBCH-Skala. Wein-Wissenschaft 49: 66-70

LORENZO, R.; FERRANTE, S.; BARBAGALLO, M.G. (2002): Modification of source/sink ratios in Nero d'Avola (*Vitis vinifera* L.) grapevines in a warm-dry environment. Advances in Horticultural Science 15: 31-38

LÖSCH, R. (2003): Wasserhaushalt der Pflanzen. 2. Auflage, Quelle & Meyer Verlag, Wiebelsheim

MARIGO, G.; PELTIER, J.P. (1996): Analysis of the diurnal change in osmotic potential in leaves of *Fraxinus excelsior* L. Journal of Experimental Botany 299: 763-769

MARSCHNER, H. (1995): Mineral Nutrition of Higher Plants. Academic Press, London

MATTHEWS, M.A.; ANDERSON, M.M. (1989): Reproductive development in grape (*Vitis vinifera* L.): responses to seasonal water deficits. American Journal of Enology and Viticulture 40: 52-60

MCCARTHY, M.G. (1997): The effect of transient water deficit on berry development of cv. Shiraz (*Vitis vinifera* L.) Australian Journal of Grape and Wine Research 3: 102-108

MCCARTHY, M.G. (1999): Weight loss from ripening berries of Shiraz grapevines (*Vitis vinifera* L.cv. Shiraz). Australian Journal of Grape and Wine Research 5: 10-16

MCCARTHY, M.G. (2000): Developmental variation in sensitivity of *Vitis vinifera* L. (Shiraz) berries to soil water deficit. Australian Journal of Grape and Wine Research 6: 136-140

MCCARTHY, M.G.; COOMBE, B.G. (1999): Is weight loss in ripening grape berries cv. Shiraz caused by impeded phloem transport? Australian Journal of Grape and Wine Research 5: 17-21

MEHOFER, M.; HANAK, K.; SCHMUCKENSCHLAGER, B. (2008): Einfluss verschiedener Traubenausdünnungsmethoden auf Traubengesundheit und Trauben- und Mostqualität. Mitteilungen Klosterneuburg 58: 49-57

MEHOFER, M.; HANAK, K.; SCHMUCKENSCHLAGER, B.; REGNER, F. (2007): Einfluss der Traubenausdünnung zu verschiedenen Entwicklungsstadien der Rebe auf die Trauben- und Mostqualität. Mitteilungen Klosterneuburg 57: 140-145

MELINO, V.J.; SOOLE, K.L.; FORD, C.M. (2009): A method for determination of fruit-derived ascorbic, tartaric, oxalic and malic acids, and its application to the study of ascorbic acid catabolism in grapevines. Australian Journal of Grape and Wine Research 15: 293-302

MITTLER, R. (2002): Oxidative stress, antioxidants and stress tolerance. Trends in Plant Sciences 7: 405-410

MORGAN, J.M. (1984): Osmoregulation and water stress in higher plants. Annual Review of Plant Physiology. 35: 299–319

MORLAT, R.; SYMONEAUX, R. (2008): Long-Term Additons of Organic Amendments in a Loire Valley Vineyard on a Calcareous Sandy Soil. III. Effects on Fruit Composition and Chemical and Sensory Characteristics of Cabernet franc Wine. American Journal of Enology and Viticulture 59: 375-386

MORRIS, J.R.; MAIN, G.L.; OSWALD, O.L. (2004): Flower Cluster an Shoot Thinning for Crop Control in French-American Hybrid Grapes.American Journal of Enology and Viticulture 55: 423-426

MPELASOKA, B.S.; SCHACHTMANN, D.P.; TREEBY, M.T.; THOMAS, M.R. (2003): A review of potassium nutrition in grapevines with special emphasis on berry accumulation. Australian Journal of Grape and Wine Research 9: 154-168

MULLINS, M.G.; BOUQUET, A; WILLIAMS, L.E. (1996): Biology of the Grapevine. Cambridge University Press, Cambridge

MÜLLNER, L. (1975): Klosterneuburger Reben-Neuzüchtungen. Mitteilungen Klosterneuburg 25: 85-94

NAOR, A.; BRAVDO, B.; GELOBTER, J. (1994): Gas exchange and water relations in field-grown Sauvignon blanc grapevines. American Journal of Enology and Viticulture 45: 333-337

NAOR, A.; WAMPLE (1994): Gas exchange and water relations in field-grown Concord (*Vitis lambruscana* Bailey) grapevines. American Journal of Enology and Viticulture 45: 423-428

NOCTOR, G.; FOYER, C.H. (1998): Ascorbate and glutathione: keeping active oxygen under control. Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology 49: 249-279

NOCTOR, G.; VELJOVIC-JOVANOVIC, S.; DRISCOLL, S.; NOVITSKAYA, L.; FOYER, C.H. (2002): Drought and oxidative load in the leaves of C3 plants: a predominant role for photorespiration? Annals of Botany 89: 841-850

NUZZO, V.; MATTHEWS, M.A. (2006): Response of fruit growth and ripening to crop level in dry-farmed Cabernet Sauvignon on four rootstocks. American Journal of Enology and Viticulture 57: 314-324

OJEDA, H.; DELOIRE, A.; CARBONNEAU, A. (2001): Influence of water deficits on grape berry growth. Vitis 40: 141-145

OJEDA, H.; DELOIRE, A.; CARBONNEAU, A.; AGEORGES, A.; ROMIEU, C. (1999): Berry development of grapevines: Relations between the growth of berries and their DNA content indicate cell multiplication and enlargement. Vitis 38: 145-150

OLLAT, N.; DIAKOU-VERDIN, P.; CARDE J-P.; BARRIEU, F.; GAUDILLERE, J.P., MOING, A. (2002): Grape berry development: a review.
Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin 36: 109-131

OLLAT, N.; GAUDILLERE, J.P. (1996): Investigation of assimilate import mechanisms in berries of *Vitis vinifera* var. Cabernet Sauvignon. Acta Horticulturae 427: 141-149

ÖSTERREICHISCHES REBSORTENVERZEICHNIS (2012):
Bundesamt für Wein- und Obstbau Klosterneuburg
http://rebsortenkatalog.weinobstklosterneuburg.at/besucher/Navigation.php (12.01.2012)

PALATA, E. (1971): Österreichische Bodenkartierung. Erläuterungen zur Bodenkarte 1:25000: Kartierungsbereich Mattersburg, Band 2. Hrsg. Bundesanstalt für Bodenwirtschaft, Wien

PALLIOTTI, A.; CARTECHINI, A. (2000): Cluster thinning effects on yield and grape composition in different grapevine cultivars. Acta Horticulturae 512: 111-119

PALLIOTTI, A.; PONI, J.; BERRIOS, J.G.; BERNIZZONI, F. (2010): Vine performance and grape composition as affected by early-season source limitation induced with anti-transpirans in tow red *Vitis vinifera* L. cultivars. Australian Journal of Grape and Wine Research 16: 426-433

PANDEY, R.M.; FARMAHAN, H.L. (1966): Changes in the rate of photosynthesis and respiration in leaves and berries of *Vitis vinifera* grapevines at various stages of berry development. Vitis 16: 106-111

PATAKAS, A.; NOITSAKIS, B.; CHOUZOURI, A. (2005): Optimization of irrigation water use in grapevines using the relationship between transpiration and plant water status. Agriculture, Ecosystem and Environment 106: 253-259

PATAKAS, A., NOITSAKIS, B., STAVRAKAS, D. (1997): Adaption of leaves of *Vitis vinifera* L. to seasonal drought as affected by leaf age.Vits 36: 11-14

PETGEN, M. (2006a): Empfehlungen zum Richtigen Ausdünnen. Der Deutsche Weinbau (11): 14-17

PETGEN, M. (2006b): Für und Wider von ertragsregulierenden Maßnahmen: Lohnt sich der Mehraufwand? Das Deutsche Weinmagazin (12): 14-18

PETGEN, M. (2007): Ertragsregulierung 2006: Fluch oder Segen? Das Deutsche Weinmagazin (13): 21-23

PETRIE, P.R.; CLINGELEFFER, P.R. (2006): Crop thinning (hand versus mechanical), grape maturity and anthocyan concentration: outcomes from irrigated Cabernet Sauvignon (*Vitis vinifera* L.) in a warm climate. Australian Journal of Grape and Wine Research 12: 21-29

PETRIE, P.R.; TROUGH, M.C.T.; HOWELL, G.S. (2000a): Growth and dry matter partitioning of Pinot Noir (*Vitis vinifera* L.) in relation of leaf area and crop load. Australian Journal of Grape and Wine Research 6: 40-45

PETRIE, P.R.; TROUGH, M.C.T.; HOWELL, G.S. (2000b): Fruit composition and ripening of Pinot Noir (*Vitis vinifera* L.) in relation to leaf area. Australian Journal of Grape and Wine Research 6: 46-51

PIERCE, W.S.;HIGINBOTHAM, N. (1970): Compartments and fluxes of K+, Na+ and Cl- in avena coleoptile cells. Plant Physiology 46: 666-673

PONI, S.; CASALINI, L.; BERNIZZONI, F.; CIVARDI, S.; INTRIERI, C. (2006): Effects of Early Defoliation on Shoot Photosynthesis, Yield Components, and Grape Composition. American Journal of Enology and Viticulture 57: 397-407

PONI, S.; LASKO, A.N.; TURNER, J.R.; MELIOUS, R.E. (1993): The effects of pre- and post veraison water stress on growth and physiology of potted Pinot Noir grapevines at varyin crop levels. Vitis 32: 207-214

PONI, S.; LASKO, A.N.; TURNER, J.R.; MELIOUS, R.E. (1994): Interactions of crop level and last season water stress and growth and physiology of field-grown Concord grapevines. American Journal of Enology and Viticulture 45: 252-258

POSSNER, D.R.E.; KLIEWER, W.M. (1985): The localisation of acids, sugars, potassium and calcium in developing grape berries. Vitis 24: 229-240

PRIETO, J.A.; LOUARN, G.; PEREZ PENA, J.; OJEDA, H.; SIMONEAU, T.; LEBON, E. (2012): A leaf gas exchange model that accounts for intra-canopy variability by considering leaf nitrogen content and local acclimation to radiation in a grapevine (*Vitis vinifera* L.). Plant Cell and Environment 35: 1313-1328

PRIOR, B. (2006): Frühe Entblätterung: Bald eine Standardmaßnahme? Das Deutsche Weinmagazin (11): 30-35

RAMIREZ, P.; MORALES, J.; LOPEZ, I.; GONZALES, V.; FERNANDEZ, J. (2008): Influence of the water status of the cv. Pedro Ximenez (**Vitis vinifera** L.) on the yield and quality of the must. 31st OIV World Congress of Vine and Wine

RAPP, A.; KLENERT, M. (1974): Einfluss der Samen auf die Beerenreife bei *Vitis vinifera* L. Vitis 13: 222-232

REDL, H. (1983): Verlauf der Makro- und Mikronährstoffgehalte in Traubengerüst, Beeren und Blättern während der Reifephase in Beziehung zum Auftreten der Stiellähme. Mitteilungen Klosterneuburg 33: 39–59

REDL, H. (1987a): Variabilitäts- und Korrelationsuntersuchungen quantitativer und qualitativer Leistungsmerkmale im österreichischen Weinbau als Beitrag zur Frage der Ertragsmengenregulierung. Mitteilungen Klosterneuburg 37: 181-191

REDL, H. (1987b): Weinbauliche Möglichkeiten der Beeinflussung des Beerenreifeverlaufes im Rahmen eines verstärkten Qualitätsbewußtseins. Österreichische Weinzeitung (42): 20-24

REDL, H. (2007a): Erhöhung der Weinqualität und Sicherung der Nachhaltigkeit, Teil 1: Bewässerung im österreichischen Weinbau. Der Winzer 63(6): 25-27

REDL, H. (2007b): Erhöhung der Weinqualität und Sicherung der Nachhaltigkeit, Teil 2: Wasserqualität und Management bei Bewässerung. Der Winzer 63(7): 6-9

REDL, H.; KNOLL, M.; ACHLEITNER, D. (2007): Der Traubenwelke auf der Spur. Endbericht zum Forschungsprojekt der burgenländischen Landesregierung

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

REUTHER, H. (2002): Das Ausdünnen der Trauben.
Der Deutsche Weinbau (15): 35

RICHTER, H. (1976): The water status in the plant: experimental evidence. In: Lange, O.L.; Kappen, L., Schulze. E.D.(Hrsg.): Water and plant life. Springer Verlag, Berlin. 42-58

RICHTER, H. (1997): Water relations of plants in the field: some comments on the measurements of selected parameters. Journal of Experimental Botany 48: 1-7

RIDOMI, A., PEZZA, L., INTRIERI, C., SILVESTRONI, O., (1995): Effects of cluster thinning on yield and quality of Sylvoz-trained cv. Prosecco, *Vitis vinifera* L. Rivista di Viticoltura e di Enologia 48: 35-40

ROBY, G.; MATTHEWS, M.A. (2004): Relative proportions of seed, skin and flesh, in ripe berries from Cabernet Sauvignon grapevines grown in a vineyard either well irrigated or under water deficit. Australian Journal of Grape and Wine Research 10: 74-82

ROBY, G.; HARBERTSON, J.F.; DOUGLAS, A.A.; MATTHEWS, M.A. (2004): Berry size and vine water deficits as factors in winegrape composition: Anthocyanins and tannins. Australian Journal of Grape and Wine Research 10: 100-107

RODRIGUES, M.L.; CHAVES, M.M.; WENDLER, R. (1993): Osmotic adjustment in water stressed grapevine leaves in relation to carbon assimilation. Australian Journal of Plant Physiology 20: 309-321

ROGIERS, S.Y.; GREER, D.H.; HATFIELD, J.M.; ORCHARD, B.A.; KELLER, M. (2006a): Mineral sinks within ripening grape berries (*Vitis vinifera* L.). Vitis 45: 115-123

ROGIERS, S.Y.; GREER, D.H.; HATFIELD, J.M.; ORCHARD, B.A.; KELLER, M. (2006b): Solute Transport into Shiraz berries during development and late-ripening shrinkage. Australian Journal of Grape and Wine Research 57: 73-80

ROGIERS, S.Y.; HATFIELD, J.M.; KELLER, M. (2004): Irrigation, nitrogen, and rootstock effects on volume loss of berries from potted Shiraz vines. Vitis 43: 1-6

ROGIERS, S.Y.; KELLER, M.; HOLZAPFEL, B.P.; 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.; SMITH, J.A.; WHITE, R.; KELLER, M.; HOLZAPFEL, B.P.; VIRGONA J.M. (2001): Vascular function in berries *Vitis vinifera* (L) cv. Shiraz. Australian Journal of Grape and Wine Research 7: 47-51

ROUBELAKIS-ANGELAKIS K.A. (2009): Grapevine molecular physiology & biotechnology. Second Edition.Springer Science+Business Media B.V., Dordrecht.

RUBIO, J.A.; ALBURQUERQUE, M.V.; YUSTE, J. (2004): Influence of Water Stress and Crop Load on the Physiology and the Productivity of Tempranillo under Semiarid Conditions. Acta Horticulturae 640: 99-106

RUCKENBAUER, W.; AMANN, H, (1984): Untersuchungen über die Nährstoffaufnahme durch Reben unter den pannonischen Klimabedingungen Österreichs. Mitteilungen Klosterneuburg 34: 194-202

RUFFNER, H.P. (1982a): Metabolism of tartaric and malic acids in Vitis: A review, Part A. Vitis 21: 247-259

RUFFNER, H.P. (1982b): Metabolism of tartaric and malic acids in Vitis: A review, Part B. Vitis 21: 346-358

RUFFNER, H.P.; HAWKER J.S. (1977): Control of glycolysis in ripening berries of *Vitis vinifera*. Phytochemistry 16: 1171-1175

RUFFNER, H.P.; KOBLET, W.; RAST, D. (1975): Gluconeogenese in reifenden Beeren von *Vitis vinifera*. Vitis 13: 319-328

RÜHL, E.H.; ALLEWELDT, G. (1983): Untersuchungen zum Gaswechsel der Rebe. III. Einfluss von vorübergehender Trockenheit auf die Leistungsfähigkeit verschiedener Rebsorten. Vitis 22: 120-128

RUPP, D. (2007): Effizient und genau messen. Das Deutsche Weinmagazin (6): 12-13

RUSTIONI, L.; ROSSONI, M.; CALATRONI, M.; FAILLA, O. (2011): Influence of bunch exposure on anthocyanins extractability from grape skins (*Vitis vinifera* L.). Vitis 50: 137-143

SAFRAN, B. (1977): Effects of cultivation practices on the quality of the vintage in hot regions. International Symposion on Qualitiy of Vintage.Capetown.243-262

SANMARTIN, A.M.; PATERAKI, I.; CHATZOPOULOU, F.; KANELLIS, A.K. (2007): Differential expression of melon ascorbate oxidase multigene family during fruit development and in response to stress. Planta 225: 873-885

SANTESTEBAN, L.G.; MIRANDA, C.; ROYO, J.B. (2011a): Suitability of pre-dawn and stem water potential as indicators of vineyard water status in cv. Tempranillo. Australian Journal of Grape and Wine Research 17: 43-51

SANTESTEBAN, L.G.; MIRANDA, C.; ROYO, J.B. (2011b): Regulated deficit irrigation effects on growth, yield, grape quality and individual anthocyanin composition in *Vitis vinifera* L. cv. 'Tempranillo'. Agricultural Water Management 98: 1171-1179

SANTESTEBAN, L.G.; MIRANDA, C.; ROYO, J.B. (2011c): Thinning intensity and water regime affect the impact cluster thinning has on grape quality. Vitis 50: 159-165

SCHALLER, K.; LÖHNERTZ, O.; CHIKKASUBBAANNA, V. (1992): Uptake of potassium by the grape berries of different cultivars during growth and development. Viticulture Enology Science 47: 36-39

SCHÄR, C.; VIDALE, P.L.; LÜTHI, D.; FREI, C.; HÄBERLI, C.; LINGER, M.A.; APPENZELLER, C. (2004): The role of increasing temperature variability in European summer heatwaves. Nature 427: 332-336

SCHEIBLHOFER, K. (2009): Schriftliche Mitteilung

SCHNEIDER, W.; STAUDT, G. (1978): Zur Abhängigkeit des Verrieselns von Umwelt und Genom bei *Vitis vinifera*. Vitis 17: 45-53

SCHOLANDER, P.F.; HAMMEL, H.J.; BRADSTREET, A.; HEMMINGSEN, E.A. (1965): Sap pressure in vascular plants. Science 148: 339-346

SCHÖFFLING, H.; KAUSCH, W. (1974): Versuche zur Traubenertragsregulierung. Mitteilungen Klosterneuburg 24: 1-18

SCHÖNLAUB, H.P. (2000): Burgenland. Erläuterungen zur Geologischen Karte des Burgenlandes 1:200000. Geologische Bundesanstalt, Wien

SCHREINER, R. P.; SCAGEL, C. F. (2006): Nutrient Uptake and Distribution in a Mature 'Pinot Noir' Vineyard. Hortscience 41: 336-345

SCHREINER, R. P.; SKINKIS, P.A. (2007): Vine nutrition guidelines for Oregon vineyards http://www.extension.org/pages/31517/monitoring-grapevine-nutrition (03.05.2012)

SCHUHMANN, F. (1988): Qualitätsweinbau im Zeichen der Mengenregelung. Der Deutsche Weinbau (43): 268-274

SCHULTZ, H.R.; MATTHEWS, M.A. (1993): Growth, osmotic adjustment, and cell-wall mechanics of expanding grape leaves during water deficits. Crop Science 33: 287-294

SCHULTZ, H.R. (2003): Qualitätsorientierte Bewässerung. Der Deutsche Weinbau (14): 32-35

SCHULTZ, H. R.; KOHLER, D.; FOX, R. (2003): Eine Erfolg versprechende Ausdünnungsvariante: Trauben teilen. Das Deutsche Weinmagazin (15): 22-25

SCHULTZ, H.R. (2007): Klimawandel und Tropfbewässerung: Extreme Flexibilität. Das Deutsche Weinmagazin (6): 23-25

SCHWAB, A.; KNOTT, R.; SCHOTTDORF, W. (1998): Neue Rotweinsorten in der Prüfung. Die Rebsorte Blauer Zweigelt. Rebe und Wein 51: 329-331

SCHWAB, A.; PETERNEL, M.; GREBNER, E. (2004): Ertragsregulierung und Qualitätssteigerung: Wie ändern sich Mostinhaltsstoffe und Weinbewertung? Das Deutsche Weinmagazin (12): 24-29

SCHWINGENSCHLÖGL, P. (1999): Betriebswirtschaftliche Überlegungen zur Nutzungsdauer von Rebanlagen. Rebe und Wein 52: 244-246

SCIENCIA, A.; MIRAVALLE, R.; VISAI, C.; FREGONI, M. (1978): Relationships between seed number, gibberellin and abscisic acid levels and ripening in Cabernet Sauvignon grape berries. Vitis 17: 361-368

SIPIORA, M.J.; GUTIERREZ, M.J. (1998): Effects of pre-veraison irrigation cutoff and skin contact composition, color and phenolic content of young 'Cabernet Sauvignon' vines in Spain. American Journal of Enology and Viticulture 49: 152-162

SLAYTOR, R.O. (1967): Plant water relationships. Experimental Botany. Academic Press, London – New York

SLAYTOR, R.O.; TAYLOR, S.A. (1960): Terminology in plant and soil water relations. Nature 187: 922-924

SMIRNOFF, N. (1996): The Function and Metabolism of Ascorbic Acid in Plants. Annals of Botany 78: 661-669

SMIRNOFF, N. (2000): Ascorbate biosynthesis and function in photoprotection. Philosophical Transactions of the Royal Society B 355: 1455-1464

SMITH, T.M.; SMITH, R.L. (2009): Ökologie. 6., aktualisierte Auflage. Pearson Verlag. München

SPANGL, C. (2010): Traubenausdünnung – Einfluss auf Ertragsleistung, Krankheitsbefall und Weinqualität bei der Sorte Grüner Veltliner. Diplomarbeit, Universität für Bodenkultur, Wien

SPANNER, D.C. (1951): The peltier effect and its use in the measurement of suction pressure. Journal of Experimental Botany 2: 145-168

STADLER, W. (1996): Maschinelles Ausdünnen - geeignet für den umweltschonenden Apfelanbau? Obst- und Weinbau 23: 614-616

STADLBAUER, K. (1993): Zeitlicher Verlauf des Bodenwassergehaltes in einem Weingarten mit unterschiedlichen Bodenpflegesystemen. Diplomarbeit, Universität für Bodenkultur, Wien

STATISTIK AUSTRIA (2009): Der Weinbau in Österreich 2009. Herausgeber Statistik Österreich, Wien

STEVENS, R.M.; PECH J.M.; GIBBERD, M.R.; WALKER, R.R.; JONES, J.A.; TAYLOR, J.; NICHOLAS, P.R. (2008): Effect of reduced irrigation on growth, yield, ripening rates and water relations of Chardonnay vines grafted to five rootstocks. Australian Journal of Grape and Wine Research 14: 177-190

STRIMMER, M.; KELDERER, M.; PIEBER, K. (1997): Neue Ausdünnungsmethoden im biologischen Apfelanbau. Erwerbsobstbau (39): 130-136

SWEETMAN, C.; DELUC, L.G.; CRAMER, G.R.; FORD, C.M.; SOOLE, K.L. (2009): Regulation of malate metabolism in grape berry and other developing fruits. Phytochemistry 70: 1329-1344

TAIZ, L.; ZEIGER, E. (2000): Physiologie der Pflanzen. Akademischer Verlag Spektrum, Heidelberg

TARDAGUILA, J.; PETRIE, P.R.; PONI, S.; DIAGO, M.P.; DE TODA, F.M. (2008): Effects of Mechanical Thinning on Yield and Fruit Composition of Tempranillo and Grenache Grapes Trained to a Vertical Shoot-Positioned Canopy. American Journal of Enology and Viticulture 59: 412-417

THEILER, R.; COOMBE, B.G. (1985): Influence of berry growth and growth regulators on the development of grape peduncles in *Vitis vinifera* L. Vitis 24: 1-11

THOMAS, T.R.; MATTHEWS, M.A.; SHACKEL K.A. (2006): Direct in situ measurement of cell turgor in grape (*Vitis vinifera* L.) berries during development and in response to plant water deficits. Plant, Cell and Environment 29: 993-1001

UNTIEDT, R.; BLANKE, M. (2000): Effects of fruit thinning agents on apple tree canopy photosynthesis and dark respiration. Plant Growth Regulation 35: 1-9

VANEK, G. (1978): Diagnostische Möglichkeiten von Rebernährungsstörungen. Symptomatik und chemische Blattanalyse – die Blattdiagnostik. Weinwissenschaft 33:15-35

VANEK, G. (1995): Vinič, Piroda, Bratislava

VALDES, M.E.; MORENO, D.; GAMERO, E.; URIARATE, D.; PRIETO, M.D.; MANZANO, R.; PICON, J.; INTRIGLIOLO, D.S. (2009): Effects of cluster thinning and irrigation amount on water relations, growth, yield and fruit and wine composition of Tempranillo grapes in Extremadura (Spain). Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin 43: 67-76

VÉRY, A.A.; SENTENAC, H. (2003): Molecular mechanisms and regulation of K+ transport in higher plants. Annual Review of Plant Biology 54: 575-603

VORWANGER, H.J. (2007): Einfluss von Bodenbearbeitung und Hangposition auf den Bodenwassergehalt. Diplomarbeit, Universität für Bodenkultur, Wien

VRSIC, S.; VODOVNIK, T. (2012): Reactions of grape varieties to climate changes in North East Slovenia. Plant, Soil and Environment: 58: 34-41

WAHL, K.; HEIGEL, KL.-P. und MAY, R. (1993): Mengenregulierung und Qualitätssteigerung. Rebe und Wein 46: 217-218

WALG, O. (2006): Bewertung langjähriger Versuchsergebnisse: Was leistet eine Ertragsregulierung? Das Deutsche Weinmagazin (12): 22-27

WEAVER, R.J.; MCCUNE, S.B.; AMERINE, M.A. (1961): Effect of Level of crop on Vine Behavior and Wine Composition in Carignane and Grenache grapes. American Journal of Enology and Viticulture 12: 175-184

WEAVER, R.J.; POOL, R.M. (1973): Effect of time of thinning on berry size of girdled, gibberellin treated 'Thompson Seedless' grapes. Vitis 12: 97-99

WEISS, E. (1983): Qualitätssteigerung durch Ertragsregulierung? Der Deutsche Weinbau (38): 1094-1096

WEISS, E. (1991): Erfahrungen mit der Ertragsregulierung im Jahr 1989. Deutsches Weinbau-Jahrbuch 42: 143-150

WERMELINGER, B.; KOBLET, W. (1990): Seasonal growth and nitrogen distribution in grapevine leaves, shoots and grapes. Vitis 29: 15-26

WILLIAMS, L.E.; BISCAY, P.J. (1991): Partitioning of Dry Weight, Nitrogen, and Potassium in Cabernet Sauvignon Grapevines from Anthesis until Harvest. American Journal of Enology and Viticulture 42: 113-117

WILLIAMS, L.E.; BAEZA, P. (2007): Relationships among ambient temperature and vapor pressure deficit and leaf and stem water potentials of fully irrigated, field-grown grapevines. American Journal of Enology and Viticulture 58: 173-181

WILLIAMS, L.E.; TROUT, T.J. (2005): Relationship among Vine- and soil- based measures of water status in a Thomson seedless vineyard in response to high-frequency drip irrigation. American Journal of Enology and Viticulture 56: 357-366

WUNDERER, W.; SCHMUCKENSCHLAGER, J. (1990): Ergebnisse mehrjähriger Versuche über den Einfluß der Traubenausdünnung auf Qualität, Ertrag, Wüchsigkeit und Holzreife bei verschiedenen Rebsorten. Mitteilungen Klosterneuburg 40: 3-14

WÜRDIG, G.; WOLLER, R. (1989): Chemie des Weines. Handbuch der Lebensmitteltechnologie. Ulmer Verlag, Stuttgart. 47-73

ZAMG (2012): Klimadaten von Österreich 1971-2000, Standort Eisenstadt, Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik http://www.zamg.ac.at/fix/klima/oe71-00/klima2000/klimadaten_oesterreich_1971_frame1.htm (12.01.2012)

ZSOFI, Z.; GAL, L.; SZILAGY, Z.; SZÜCS, E.; MARSCHALL, M.; NAGY, Z.; BALO, B. (2009): Use of stomatal conductance and pre-dawn water potential to classify terroir for the grape variety Kékfrankos. Australian Journal of Grape and Wine Research 15: 36-47

ZSOFI, Z.; TOTH, E.; RUSJAN, D.; BALO, B. (2011): Terroir aspects of grape quality in a cool climate wine region: Relationship between water deficit, vegetative growth and berry sugar concentration. Scientia Horticulturale 127: 494-499

7.1 Rechtliche Quellen

BGBl. I Nr. 111/2009 (Weingesetz 2009) Bundesgesetz über den Verkehr mit Wein und Obstwein

VO (EWG) Nr. 823/87 des Rates vom 16.März 1987 zur Festlegung besonderer Vorschriften für Qualitätsweine bestimmter Anbaugebiete. ABL. L 84