



universität
wien

DIPLOMARBEIT

Titel der Diplomarbeit

„Der Einfluss des Klimawandels auf den Weinbau
mit einer Trendanalyse für die Region
Krems/Donau“

Verfasserin

Michaela Deim

angestrebter akademischer Grad

Magistra der Naturwissenschaften (Mag.rer.nat.)

Wien, 2013

Studienkennzahl lt. Studienblatt:

A 190 344 456

Studienrichtung lt. Studienblatt:

Lehramtsstudium Englisch und Geographie und
Wirtschaftskunde

Betreuerin:

Ao. Univ.-Prof. Mag. Dr. Christine Embleton-Hamann

ERKLÄRUNG

Hiermit versichere ich,

- dass die ich die vorliegende Diplomarbeit selbstständig verfasst, andere als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel nicht benutzt und mich auch sonst keiner unerlaubter Hilfe bedient habe,
- dass ich dieses Diplomarbeitsthema bisher weder im In- noch im Ausland in irgendeiner Form als Prüfungsarbeit vorgelegt habe
- und dass diese Arbeit mit der vom Begutachter beurteilten Arbeit vollständig übereinstimmt.

Wien, Juli 2013

INHALTSVERZEICHNIS

1	Geschichte des Weinbaus	3
1.1	Weltweit.....	3
1.2	Österreich.....	5
1.3	Krems.....	10
2	Standortansprüche	15
2.1	Klima	15
2.1.1	Temperatur.....	18
2.1.2	Sonnenscheindauer	24
2.1.3	Niederschlag	25
2.1.4	Wind	27
2.2	Standortspezifische Einflüsse	28
2.2.1	Lage	28
2.2.2	Gewässernähe	33
2.3	Boden	34
3	Klimaveränderungen	38
3.1	Ursache	38
3.2	Auswirkungen.....	39
3.2.1	Global	39
3.2.2	Im Weinbau	41
3.3	Anpassungsmöglichkeiten im Weinbau.....	47
3.3.1	Bodenbearbeitung im Klimawandel	47
3.3.2	Bewässerung.....	55
3.3.3	Ertragsregulierung	58
3.3.4	Verzögerung des Erntezeitpunktes	58
3.3.5	Maßnahmen gegen das erhöhte Botrytisrisiko	64
3.3.6	Sonnenbrandvermeidung	64

3.3.7	Verringerung der Bodenerosion	67
4	Beurteilung der Traubenmostqualität	69
4.1	Bestimmung des Zuckergehaltes (Mostgewicht).....	69
4.1.1	Grad Klosterneuburger Mostwaage (°KMW)	69
4.1.2	Grad Öchsle	72
4.1.3	Grad Brix und Grad Balling	72
4.2	Bestimmung der Säure.....	73
4.2.1	Titrierbare Säuren.....	73
4.2.2	PH-Wert.....	75
4.3	Mostgütezahl und Reifefaktor.....	76
5	Die Region Krems/Donau – Statistische Auswertungen und Analysen.....	77
5.1	Datengrundlage	77
5.2	Standortcharakterisierung	80
5.2.1	Allgemein	80
5.2.2	Topographie.....	83
5.2.3	Klima	83
5.2.4	Böden.....	86
5.3	Trendverlauf und weitere graphische Darstellungen der Klimadaten in Krems... 89	
5.3.1	Temperatur.....	89
5.3.2	Sonnenscheindauer	95
5.3.3	Niederschlag	97
5.4	Trendverlauf von Mostgewicht und Gesamtsäuregehalt in Krems	101
5.5	Untersuchung ausgewählter Jahrgänge.....	105
5.5.1	Beschreibung der einzelnen Jahrgänge.....	107
5.5.2	Interpretation der Ergebnisse.....	113
5.6	Analyse quantitativer Zusammenhänge zwischen Traubenmostqualität und Witterungsfaktoren	115

5.6.1	Hypothesenbildung.....	115
5.6.2	Statistische Methoden.....	115
5.6.3	Ergebnisse.....	118
5.6.4	Interpretation der Ergebnisse.....	128
6	Zusammenfassung	130
7	Literaturverzeichnis.....	132
8	Abbildungsverzeichnis	141
9	Tabellenverzeichnis	145
10	Danksagung	146
11	Lebenslauf	147

ABSTRACT

This thesis investigates the growing conditions for vines in Krems/Donau (Lower Austria) and the factors that contribute to the region's best vintages.

The thesis is composed of two main parts. The first one is based on a literature review beginning with an overview of the history of wine in general and in Austria and Krems, in particular. The second chapter focuses on the ideal climatic, site-specific and geological conditions for vines. Chapter three summarizes facts about climate change, investigates adaptabilities in viticulture and compiles a list of criteria to evaluate grape must quality.

The second part contains a description of climatic parameters as well as relevant information about relief and geology in Krems/Donau. Afterwards, climate change and the development of sugar and acidity content in grape musts in Krems were investigated. The analysis showed that the average temperature per year as well as per month and during the vegetative period has increased gently between 1981 and 2012. Moreover, a positive trend of sunshine duration could be observed. Concerning precipitation, the amount is only slightly increasing, but during the second part of the investigation period extremes, droughts as well as floods, became more frequent.

The following investigation of extreme vintages demonstrates that brilliant grape musts especially occur when the gestation period is rather dry and sunny, during the bloom and gestation period it is hotter than average and surprisingly there were many days of frost in April and in 2012 also in May. The unsatisfying vintages are characterized by many cold and clouded periods. In general, in all positive vintages the bloom appeared much earlier than in the negative ones.

Finally, a detailed analysis was made to reveal the influence of temperature, sunshine duration and amount of precipitation on sugar and acidity content of grape musts in Krems based on three hypotheses. Two of them were confirmed and one was rejected. The statistical analysis showed that sunshine duration has the most significant impact on sugar and acidity content of grape musts. Moreover, the influence of temperature could be statistically proved. However, the correlation was not as strong as assumed. No significant linear correlation was identified either between the amount of precipitation and sugar content or between precipitation rate and acidity content. Furthermore, there is a clear tendency for sugar content to rise and for acidity content to decline slightly.

In conclusion, the evidence suggests that Krems as a wine-growing region will benefit from increased sunshine duration and temperature as this will result in higher grape must sugar content. Currently, sunshine duration and temperature are at the lower limit for ideal viticulture conditions.

1 GESCHICHTE DES WEINBAUS

1.1 Weltweit

Wann tatsächlich das erste Mal Wein hergestellt wurde ist aufgrund fehlender, eindeutiger Beweise schwierig festzuhalten. Verschiedenste AutorInnen (BAUER 2002, 8, EGGENBERGER et al. 1990, 8, BOCKER 2003, 5) meinen, dass fossile Wildrebenfunde bereits aus der Kreidezeit und dem Tertiär stammen, also bis zu 105 Millionen Jahre alt sind.

Der geographische Ursprung lässt sich zwar nicht genau bestimmen, fest steht aber, dass dieser auf Regionen begrenzt ist, wo die Standortansprüche von Wildreben erfüllt werden. ExpertInnen sind sich einig, dass die Anfänge der Weinkultur im vorderasiatischen Raum zu finden sind (PHILLIPS 2001, 25, MÜLLER et al. 2008, 11). Darauf weisen zwischen 6000 und 7000 Jahre alte Funde von Kellereigeräten sowohl im heutigen Iran und Irak als auch in Gebieten um das Kaukasusgebirge hin (MÜLLER et al. 2008, 11). Der älteste belegbare Fund einer Weinkelerei ist sogar 8000 Jahre alt und beweist eine Aufbereitung sowie Abpressen von Weintrauben im heutigen Syrien (BOCKER 2003, 6). Im östlichen Mittelmeerraum, vor allem in Ägypten (siehe Abb. 1), war Wein schon 3500 v.Chr. sehr beliebt, und seit 1500 v.Chr. genoss man ihn auch in Griechenland, von wo aus Phönizier und Griechen ihn auch im westlichen Mittelmeerraum verbreiteten (MÜLLER et al. 2008, 11).

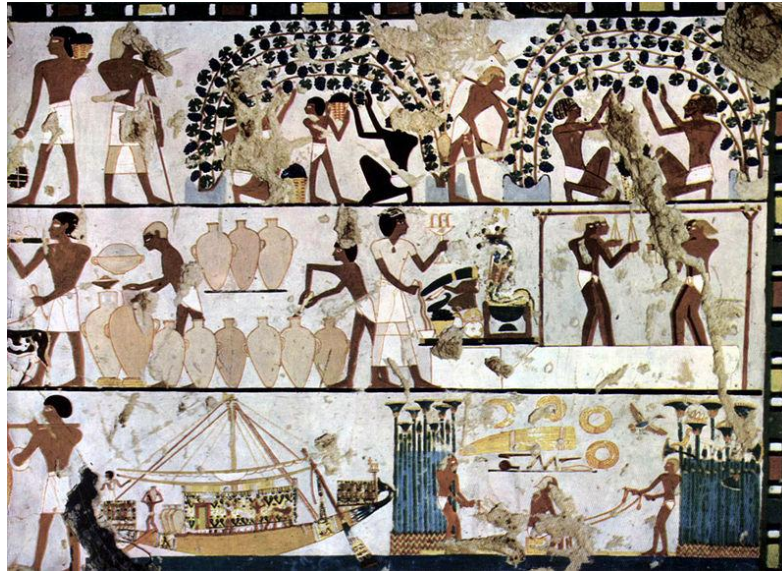


Abb. 1: Traubenernte, Treten der Trauben und Weinhandel: Malerei aus dem antiken Ägypten (ca. 1500 v. Chr.) (WIKIPEDIA 2009)

Ob sich der Wein tatsächlich von einer bestimmten Region in Vorderasien aus ausbreitete oder Weinbau ursprünglich an mehreren Stellen gleichzeitig betrieben wurde, ist umstritten.

Die Rückführung des Ursprungs auf ein einziges Gebiet wird nach der Erzählung von Noah im Alten Testament als so genannte „Noah-Hypothese“ bezeichnet. Sie besagt, dass Weinbau erstmals auf dem Berg Ararat betrieben wurde, wo Noahs Arche nach der Sintflut landete: „Noah wurde der erste Ackerbauer und pflanzte einen Weinberg. Er trank von dem Wein, wurde davon betrunken und lag entblößt in seinem Zelt.“ (Genesis 9, 20f. nach PHILLIPS 2001, 25). Fakt ist, dass der Berg Ararat im Taurusgebirge liegt und schon im Altertum dort Wildreben wuchsen (PHILLIPS 2001, 25).

Gegen den Ursprung in einem einzigen Gebiet spricht die Annahme, dass große Länder innerhalb des „Fruchtbaren Halbmondes“ (d.h. die heutigen Gebiete Irak, Syrien, Israel und Ägypten) mit Wildreben bewachsen waren (BOCKER 2003, 6).

Als die Nachfrage nach Wein zunahm, begann man mit einer systematischen Kultivierung von Reben. Dieses Vorhaben wurde allerdings dadurch erschwert, dass die Wildreben großteils getrenntgeschlechtlich sind und erst Früchte tragen können, wenn die Blüten durch Insekten bestäubt werden. Außerdem waren die Beeren der Wildreben relativ klein, sauer und wenig saftig, was auch ein Grund für die Züchtung neuer Rebsorten war (PHILLIPS 2001, 23). Diese wurden durch Aussäen bestimmter Rebkerne, durch die

Bewurzelung von ausgewählten Reben oder durch das Kreuzen hergestellt (BOCKER 2003, 5f.).

Die über Jahrhunderte andauernde Weiterentwicklung führte schließlich zu einer Rebenart, die heute allgemein bekannt ist als „vitis vinifera“, die Kulturrebe (PHILLIPS 2001, 23). Diese soll ihre Ursprünge in den Gebieten zwischen dem Kaspischen Meer, Mesopotamien und dem Persischen Golf haben, wo Menschen die Wildreben vor allem an den Flüssen Euphrat, Tigris, Jordan und Nil kultivierten. Römer, Griechen und Phönizier brachten diese Kulturformen dann über verschiedene Mittelmeerinseln wie zum Beispiel Sizilien und Kreta auf den Handelsstraßen entlang der kleinasiatischen und nordafrikanischen Küste bis nach Süd-, Mittel- und ins südliche Westeuropa (BAUER 2002, 8).

Neben der gestiegenen Nachfrage und dem darauffolgenden gezielten Anbau von Weinstöcken ist auch die Haltbarmachung des Weines ein essentieller Faktor, der zur organisierten Weinherstellung beigetragen hat. Diese erfolgte durch die Aufbewahrung in Tongeschirr mit einem schmalen Ausguss, welcher gut abgedichtet werden konnte und so gemeinsam mit dem wasser- und luftundurchlässigen Material den Wein vor der Oxidation schützte (PHILLIPS 2001, 23).

1.2 Österreich

Eine einfache Form des Weinbaus brachten die Kelten, eventuell sogar bereits die Illyrer, nach Österreich bevor die Römer mit einer systematischen Kultivierung der Reben begannen (REDL et al. 1996, 14).

Allerdings war bis zu Kaiser Probus (276 bis 283 n. Chr.) der Weinbau außerhalb Südfrankreichs, Italiens, des Südbalkans, Griechenlands und der iberischen Halbinsel im römischen Reich aus wirtschaftspolitischen Gründen¹ nicht erlaubt (BAUER 2002, 9). Dieser erließ Weinbaugesetze, die eine Kultivierung der Weinbauflächen förderten und beauftragte seine Soldaten sogar mit der Auspflanzung und der anschließenden Bearbeitung von Weingärten von der Donau bis in die Südsteiermark (FRÜHWIRTH 2005, 11).

¹ Kaiser Domitian befürchtete, dass durch zusätzliche Weinflächen in Pannonien und Noricum die Konkurrenz für den römischen Wein zu groß sein könnte (FRÜHWIRTH 2005, 11)

Die Vorteile beim Anbau in den römischen Provinzen sahen die Römer darin, dass sie sich einerseits die langen Transportwege von Rom nach Noricum ersparten (FRÜHWIRTH 2005, 11), was eine große Erleichterung war, denn nachdem jeder römischer Legionär Anspruch auf eine tägliche Ration Wein hatte, war der Konsum dementsprechend groß (VON VILLERS 1840, 61, BAUER 2002, 9, FRÜHWIRTH 2005, 11). Andererseits lockte sie auch der Gewinn, den sie mit dem Weinanbau erwirtschaften konnten. Für sie schien es die gewinnbringendste Art der landwirtschaftlichen Bodenbearbeitung zu sein. Der Wein wurde zudem im Tauschhandel mit den nördlichen germanischen Stämmen gegen andere Waren benötigt (FRÜHWIRTH 2005, 11). Durch die eben genannten Vorteile angespornt, entwickelten sie den Weinbau kontinuierlich weiter. Sie verfeinerten die Kultivierungstechniken (MAGISTRAT DER STADT KREMS) und veredelten Rebsorten (FRÜHWIRTH 2005, 11).

Ein herber Rückschlag im Weinbau auf österreichischem Gebiet war sicherlich der Einfall der Goten, Hunnen, Awaren und Madjaren, welche die Mehrheit der Weingärten dem Boden gleichmachten und dazu führte, dass die Römer 488 Noricum den Rücken zukehrten und die Anlagen den Plünderern überließen (FRÜHWIRTH 2005, 11).

Generell lässt sich festhalten, dass die Beibehaltung bzw. Ausweitung des Weinbaus nur in friedlichen Zeiten erfolgte. Während kriegerischer Auseinandersetzungen erfuhr der Weinbau Rückschläge, was auch besonders während der Völkerwanderung zu beobachten war (FRÜHWIRTH 2005, 12, BAUER 2002, 9). In dieser Zeit wurden sämtliche Forschungsgrundlagen und Dokumente vernichtet (SCHÖNFELLNER und VAVRA 1996, Blatt 13).

Von ernsthaft betriebenem Weinbau nach den Römern kann man im österreichischen Raum erst ab dem 8. Jahrhundert sprechen. Denn damals setzten die oberen Gesellschaftsschichten aus Franken und Bayern die Bewirtschaftung fort und begannen mit einer systematischen Kultivierung des Weines im klimatisch und geologisch begünstigten Gebiet (FRÜHWIRTH 2005, 11). Einen kräftigen Aufwind erlebte der Weinbau nach der Schlacht auf dem Lechfeld 955. Sowohl weltliche Grafen als auch bayrische, oberösterreichische und salzburger Klöster waren am Weinanbau in diesem begünstigten Gebiet interessiert und hielten um Grundstücke für die Kultivierung an. Gefördert wurde

dieses Interesse durch den Landesfürsten, denn diese Bestrebungen brachten auch ihm Vorteile in Form von zusätzlichen Steuergeldern. Mit dem fortschreitenden Weinbau durch Grafen und Klöster wurde auch das Interesse von BürgerInnen geweckt, welche sich daraufhin von den Lesehöfen der Klöster Wissen über den Weinbau aneigneten (SCHÖNFELLNER und VAVRA 1996, Blatt 13) und die Weingärten im Besitz der Klöster im Halb- und Drittelbau bewirtschafteten (REDL et al. 1996, 15).

Mit der immer größer werdenden Zahl an WinzerInnen wurde auch eine Regelung von „Weinbergsachen und den daraus fließenden Erträgen“ notwendig (TISCHELMAYER). Diese Aufgabe fiel dem „Falkensteiner Berggericht“ zu, welches nach der Verfassung des Falkensteiner „Bergtaiding-Büchls“ (1309) bis etwa 1800 die juristische Oberinstanz für alle Gebiete von Wien bis Brünn darstellte. Sämtliche Streitfragen wurden einmal jährlich bei der Banntaiding² verhandelt und auch Lesetermine und Lesegutkontrollen wurden zu diesem Zeitpunkt festgelegt, nachdem das Banntaidingbuch von 1560³ vorgelesen worden war. Außerdem wurde die Zusammenkunft mit der Wahl des neuen Richters, dem „Bergmeister“, verbunden, der auch heute noch Qualitätskontrollen durchführt (TISCHELMAYER).

Der rasante Aufstieg des Weinbaus in Österreich im 14. Jahrhundert führte zu einem Einfuhr- und Verkaufsverbot von Weinen aus anderen Ländern. Die Donaumetropole Wien wurde das Zentrum des Weinbaus und dessen Handel in Mitteleuropa (REDL et al. 1996, 15).

Der Anstieg der Rebfläche gipfelte zwei Jahrhunderte später in seiner historisch größten Verbreitung mit einer fast zehnmal so großen bewirtschafteten Fläche wie heute. Er wurde damals sogar in Gebiete, die heute aufgrund der dort herrschenden klimatischen Verhältnisse undenkbar sind, angebaut – nur vereinzelte Bezeichnungen von Orten und Fluren deuten noch darauf hin. Der im Überfluss vorhandene Wein wurde aus Österreich in die nördlich angrenzenden Märkte wie Bayern, Böhmen, Mähren, Preußen, Polen und darüber hinaus sogar in das heutige Litauen und Lettland exportiert und sorgte für enorme Steuer- und Deviseneinnahmen (REDL et al. 1996, 15).

² =Bürgerversammlung (OLLINGER 2011, 45)

³= Im Bergtaidingbuch wurden mündlich tradierte Gesetze zusammengefasst und Ergänzungen hinzugefügt. Es stellte die „Grundlage der örtlichen Rechtsprechung und Verwaltung“ dar (OLLINGER 2011, 45).

Einen starken Dämpfer erlitt der Weinbau ab dem 16. Jahrhundert, da das Bier aus Bayern und Böhmen dem Wein den Rang ablief. Zudem kamen noch die hohen Abgabeleistungen und die Auswirkungen des Dreißigjährigen Krieges, welche den vorübergehenden Niedergang des Weinbaus im darauf folgenden Jahrhundert besiegelten (REDL et al. 1996, 15).

Durch die wirtschaftliche Förderung (Buschenschankpatent 1782) und Steuerbefreiung in der zweiten Hälfte des 18. Jahrhunderts unter Maria Theresia (1740-1780) und deren Sohn Josef II. (1780-1790) begann allerdings der erneute Aufstieg (REDL et al. 1996, 15) und auch die wissenschaftliche Aufarbeitung des österreichischen Weinbaus hat ihre Ursprünge in dieser Zeit. Die Josephinische Zirkularverordnung (1784) gestand jedem zu, „die von ihm selbst erzeugten Lebensmittel, Wein und Obstmost zu allen Zeiten des Jahres, wie, wann und zu welchem Preis er will, zu verkaufen und auszuschenken“ (ÖSTERREICH WEIN). Diese Erlaubnis war somit der Wegbereiter für die bekannte Buschenschankverordnung, welche zum Erfolg der österreichischen Buschenschanken und Heurigen führte (ÖSTERREICH WEIN).

Zum zusätzlichen Schutz des österreichischen Weinbaus wurde der Import des Weines aus Ungarn strikt geregelt und Einfuhrzölle von einem Gulden pro Eimer eingehoben. Die Buschenschanken sowie die Gastronomie im Land waren von da an die größten Abnehmer (REDL et al. 1996, 15).

1860 wurde in Klosterneuburg die heutige „Höhere Bundeslehranstalt für Wein- und Obstbau“ von Freiherr von Babo errichtet, welche heute die weltweit älteste Weinbauschule ist. Schon während der Zeit der Monarchie galt sie als Vorbild für die Schaffung ähnlicher Einrichtungen (ÖSTERREICH WEIN).

Enorme krankheits- und schädlingsbedingte Rückschläge mussten die WinzerInnen durch die in der 2. Hälfte des 19. Jahrhunderts von Amerika eingeschleppten Oidium- (1850), Peronospora- (1878) und Reblausbefälle (1872) erleiden (ÖSTERREICH WEIN). Da keine geeigneten Bekämpfungsmittel zur Verfügung standen, ging dadurch die Rebfläche in der Monarchie um etwa die Hälfte zurück (BAUER 2002, 10).

Danach versuchte man gezielt durch Neuzüchtungen, dem Selektieren bestimmter Reben und neuer Veredlungsarten gegen die Reblaus anzukämpfen. Man importierte reblausresistente Unterlagsreben aus Nordamerika und teilweise Asien. Deren

unterschiedliche Eigenschaften hatten Vor- und Nachteile für die einheimischen Edelreiser. Begünstigt haben diese Unterlagsreben neben der natürlichen Bekämpfung der Reblaus vor allem die Traubenreife, die Fruchtbarkeit, die Wuchsstärke, das Anpassungsvermögen an die Umgebung und auch das hohe Durchhaltevermögen in Trockenperioden aufgrund des verbesserten Bewurzelungsvermögens. Die negativen Auswirkungen wie zum Beispiel die größere benötigte Wassermenge und die gestiegenen Kosten in der Vermehrung nimmt man dafür aber gern in Kauf (BAUER 2002, 89).

Seit 1900 begann eine Veränderung und Steigerung des Weinbaus durch Rebenselektion, Neuzüchtungen und Rebenveredelung, die nur von den Weltkriegen unterbrochen wurden (BAUER 2002, 10). Der Einsatz von neuen Technologien und Mechanisierung im Weinbau, welcher durch die von Lenz Moser eingeführte Hochkultur ermöglicht wurde (ÖSTERREICH WEIN), sowie darauf folgende Rationalisierungen prägten den Fortschritt in der zweiten Hälfte des letzten Jahrhunderts (REDL et al. 1996, 15).

Einen konjunkturellen Dämpfer bekam der österreichische Weinbau und Weinhandel im Jahr 1985 durch den „Glykolskandal“. Einige Weinproduzenten hatten dem Wein Frostschutzmittel beigesetzt, um ihn qualitativ hochwertiger erscheinen zu lassen. Als dies bekannt wurde, minimierte sich der österreichische Weinexport innerhalb von zwei Jahren von 478.434 Hektoliter im Jahr 1984 auf 42.119 Hektoliter im Jahr 1986. Die österreichische Regierung erließ, um das Vertrauen der KonsumentInnen und Märkte in den österreichischen Wein wieder herzustellen, das strengste Weingesetz der Welt. Der Schwenk zu Qualität und höherpreisigen Weinen wurde in den letzten 25 Jahren das Erfolgsrezept für den österreichischen Wein. Erfolge bei prestigereichen Messen ebneten den Erfolg im Export, ein stabiler Inlandsmarkt steigerte zudem in den letzten Jahren die Nachfrage nach Wein aus Österreich gewaltig (CPTN CORK).

1.3 Krems

Die günstigen klimatischen und geologischen Bedingungen im Raum Krems ermöglichten den Anbau von Wein schon vor etwa 2000 Jahren (FRÜHWIRTH 2005).

Bereits seit dem Mittelalter gilt Krems als eines der wichtigsten Zentren des Weinbaus in Österreich. Aus Eugippius Lebensbeschreibung⁴ vom Hl. Severin geht hervor, dass dieser in Favianis (Mautern) am südlichen Donauufer eine Mönchszelle gründete und sich in den Weingärten der Umgebung aufhielt (NIEDERÖSTERREICHISCHE MUSEUM BETRIEBSGESMBH, SCHÖNFELLNER und VAVRA 1996, Blatt 13). Das deutet darauf hin, dass es bereits vor der römischen Besiedelung Weinbau in Krems gab (SCHÖNFELLNER und VAVRA 1996, Blatt 13, FRÜHWIRTH 2005, 11). Diesbezüglich gibt es auch einige Beweise aus vorrömischer Zeit wie etwa ein verziertes Rebmesser, das man 2004 fand und das aus der Keltenzeit stammt (FRÜHWIRTH 2005, 11).

Deutsche Siedler wanderten nach der Völkerwanderung in den Raum Krems ein (LECHNER o.J. nach PLÖCKINGER 1948, 104). Diese wurden zuerst vom Freisinger Bischof (VANSCA o.J. nach PLÖCKINGER 1948, 104) sowie später vom Stift Kremsmünster und den Passauer Bischöfen zu Statthaltern in der Ostmark (LECHNER o.J. nach PLÖCKINGER 1948, 104).

Die ersten Winzersiedlungen wurden in der Kremser Gegend zwischen Schönbühel und Hollenburg sowie zwischen Schwallenbach und Gedersdorf gebaut. Die unter schweren körperlichen Mühen errichteten Weingärten (Berghänge und Terrassen) waren in den meisten Fällen in den Händen der Kirche, der Klöster und Adligen sowie anderen wohlhabenden Bürgern. Den Bauern gehörte nur in den seltensten Fällen ein Weingarten. Die Betreuung der Klösterweingärten erfolgte anfangs durch eigenes Personal, doch wegen der für damalige Verhältnisse weiten Distanz erfolgte eine Übergabe an Einheimische, welche eine Pacht in Form von Most, Wein, Zins oder Geld abliefern mussten. Die Winzer kultivierten und intensivierten durch diese Form das Weinbaugebiet Krems. Im 15. Jahrhundert setzten sich der Halb- und später der Drittelbau durch (FRÜHWIRTH 2005, 13). Das heißt, zuerst musste die Hälfte der Ernte an den Eigentümer abgeliefert werden. Mit der steigenden Wertschätzung der Arbeitskräfte aufgrund eines Mangels an ArbeiterInnen begnügten sich die Eigentümer später mit der Übergabe eines Drittels (VON

⁴ “Vita Severini” aus dem Jahr 511.

VILLERS 1840, 172). Allerdings bestand die Einschränkung, dass die Arbeitenden ihren Anteil des Weines zu einem von der Gemeinde vorgegebenen Preis an die Obrigkeit verkaufen mussten, wenn die Herrschaft es verlangte.

Das von der Herrschaft angewendete Recht wurde als „Burgrecht“ bzw. „Bergrecht“ schriftlich festgehalten (FRÜHWIRTH 2005, 13). Die oberste Aufsicht über die niederösterreichischen Weinbaugebiete hatten Wien und Krems. Die Zünfte schützten den Berufsstand vor Übergriffen der Grundherren, sie sorgten aber auch innerhalb der Reihen für Zucht und Ordnung der Winzer.

Da innerhalb der Region zunehmend mehr Wein produziert als konsumiert wurde, begann Krems um 1200 damit zu handeln. Die Wachauer Gegend sowie die Städte Krems und Stein verkauften Wein in den Westen während das Retzer Gebiet nach Polen, Mähren und Böhmen lieferte. Die Weinhauer aus Wien und der Thermenregion versorgten die Steiermark (FRÜHWIRTH 2005, 13f). Einen Hinweis auf die Mächtigkeit des Kremser Weinhandels gibt etwa auch die weit verbreitete Verwendung des „Kremser Eimers“ (DOPSCH o.J. nach PLÖCKINGER 1948, 126). Die Bedeutung des Weines für die Stadt geht auch aus der von 1305 erhaltenen „Urkunde zur Verleihung des Stadtrechtes“ hervor, welche besagt, dass „die Ehre der Stadt zu allermeist in den Weingärten liegt“ (WEINGUT STADT KREMS).

Der „Wein des Ostens“ wurde weithin sehr geachtet. So gibt es zum Beispiel Beweise, dass Herzog Albrecht III.⁵ Wein aus Krems und der Wachau auf seinem Feldzug gegen die Preußen mitnahm und auch Kaiser Friedrich III.⁶ und Kaiser Maximilian I.⁷ schätzten diesen Wein sehr (FRÜHWIRTH 2005, 14). Maximilian I. genoss nicht nur Wein aus dem kaiserlichen Keller in Krems gleich neben dem Dominikanerkloster, er erfreute sich auch an den Besitzungen seiner Vorfahren, die sich Weingärten in den besten Lagen wie beispielsweise am Weinzierlberg und dem Pfaffenberg angeeignet haben. Unter Maria Theresias Herrschaft umfassten die kaiserlichen Weinflächen nur noch 139 Viertel (rund 20 Hektar), 1818 wurden sie mehrheitlich an die Herrschaft Jaidhof-Droß verkauft (KERSCHBAUMER o.J. nach FRÜHWIRTH 2005, 14).

⁵ Ab 1365 gemeinsam mit Bruder Leopold bis 1379 Herzog von Österreich (HAMANN 1993 nach AEIOU, NIEDERÖSTERREICHISCHE MUSEUM BETRIEBSGESMBH).

⁶ Geboren 1415 in Innsbruck, gestorben 1493 in Linz (RILL 1987 nach AEIOU)

⁷ 1459-1519 (ÖNB)

Da aber mit der wachsenden Bevölkerung immer größere Flächen bewirtschaftet werden konnten und daher mehr Weinstöcke ausgesetzt wurden, befürchtete man, dass es einerseits zu wenige Acker- und Weidenflächen geben und andererseits die Weinqualität unter der ständigen Ausweitung der Weinflächen mit qualitativ schlechteren Reben leiden könnte. Darauf reagierte Maximilian I. mit einem Aussetzverbot. Neupflanzungen wurden sowohl verwüstet als auch mit Geldstrafen geahndet. Zudem wurde der Weinbau in ein schlechtes Licht gestellt. Die Wachau wurde vom „Landkompass“⁸ 1673 und 1749 als eines der schlechtesten Weinbaugebiete bezeichnet, was bei dem vermehrten Anbau des Weines in nicht geeigneten Lagen auch zutreffend war (KOLLER o.J. nach FRÜHWIRTH 2005, 14f).

Krems als Handelsstadt war und ist natürlich durch die Donau als Verkehrsweg stark begünstigt. Wein und Getreide wurden auf Schiffen nach Süddeutschland geliefert (FRÜHWIRTH 2005, 15). In den Passauer Mautbüchern aus dem Jahr 1400 findet man etwa Aufzeichnungen über den Import Kremser und Steiner Weines von 15 000 hl, womit der Verkauf aus Krems und Stein den aller anderen österreichischen Regionen bei weitem übertraf (PLÖCKINGER 1948, 126).

Der Weinbau war mit seinem großen Arbeitskräftebedarf in Krems nicht mehr wegzudenken. Neben den Arbeitern spielten bis ins 19. Jahrhundert sowohl die Fassbinder als auch die Schiffseigner eine wichtige Rolle. Der Wein brachte einen gewissen Wohlstand in die Stadt und auch die Produktion dieses genoss ein hohes Ansehen. Dieses zeigte sich zum Beispiel bei der Wahl in den „Rat“, in welchem hauptsächlich Grund- und Hausbesitzer, aber auch geachtete Handwerker und Weingartenbesitzer Mitglieder waren (FRÜHWIRTH 2005, 16). Die reichsten Leute der Stadt, zu diesen gehörte etwa Gozzo von Krems, haben ihr Vermögen vermutlich ebenfalls durch den Weinhandel angehäuft. Sie hatten nachweislich sehr große Weinflächen und Bergrechtsbezüge (PLÖCKINGER 1948, 126).

Auch zahlenmäßig ist die Wichtigkeit des Weinbaus in Krems belegt. Aus den Steuerbüchern geht hervor, dass zwischen 1570 und 1738 in Krems die Zahl der Handwerker, welche Weingärten hatten, stetig zunahm. 1738 verzeichnete man sogar ein

⁸ In Wien gedrucktes Werk, welches Weinbewertungen ausgewählter Regionen enthielt (MALAT)

Verhältnis von 171 : 26 gegenüber jenen ohne Weingärten (PLÖCKINGER 1948, 128). Auch viele Händler und Gewerbetreibende bewirtschafteten Weinflächen, die ihnen in schlechten Zeiten das Überleben sichern sollten⁹ (FRÜHWIRTH 2005, 16).

Doch auch der Kremser Weinbau blieb nicht von Rückschlägen verschont. Nicht nur kriegsrische Auseinandersetzungen wie etwa mit den Türken verwüsteten die Weingärten. Auch Schädlinge und Krankheiten machten den Kremsern auf den Weinflächen zu schaffen (FRÜHWIRTH 2005, 16). Im 19. Jahrhundert wurde aufgrund mangelnder Bekämpfungsmittel gegen die Reblaus und gegen Krankheiten wie Oidium und Peronospora ein großer Anteil der Weingärten vernichtet. Doch durch die in Kapitel 1.1 genannten Bemühungen der Winzer erholte sich der Weinbau Anfang des 20. Jahrhunderts wieder (BAUER 2002, 10).

Jedoch gingen die Weinbauflächen bereits nach dem Zweiten Weltkrieg wegen des vermehrten Konsums substituierender Getränke wie zum Beispiel Kakao, Tee und Kaffee wieder zurück. Dies wirkte sich allerdings positiv auf die Weinproduktion aus, denn anstatt den Fokus auf die Quantität zu legen, bemühte man sich immer mehr, möglichst hochqualitativen Wein herzustellen (SCHÖNFELLNER und VAVRA 1996, Blatt 13). Die weinwirtschaftlichen Bemühungen werden durch die Mitgliedschaft von Krems in der „Gemeinschaft europäischer Weinstädte“ als einzige Stadt Österreichs bestätigt (MAGISTRAT DER STADT KREMS).

Die Bedeutung von Krems als Weinstadt wird durch das Bestehen der 1875 gegründeten (KNOLL 2000, 35) und somit zweitältesten Weinbauschule Österreichs unterstrichen. In der Schule wird bis heute der Winzernachwuchs ausgebildet. Aktuell werden rund 120 SchülerInnen in folgenden Ausbildungsvarianten ausgebildet: In der Standardform der 4-jährigen Fachschule, dem einjährigen Weinmanagementlehrgang oder in der VINOHAK, das heißt in Zusammenarbeit mit der Handelsakademie Krems (WEIN- UND OBSTBAUSCHULE KREMS).

Erwähnenswert ist auch das Weingut der Stadt Krems, das bereits 1210 als Bürgerspitalsstiftung gegründet wurde und zu einem der renommiertesten und ältesten

⁹ 1745 war es ein Drittel der Kremser und Steiner Haushalte (FRÜHWIRTH 2005, 16).

Weinproduzenten Europas zählt (EGLE 2007, 143, WEINGUT STADT KREMS). Bis Mitte des 18. Jahrhunderts waren das Presshaus und der Reifekeller unterhalb des Rathauses angesiedelt, später im Keller der Bruderschaft „Chorporis Christi“. Seit 1915 werden die Gutsweine der Stadt im eigenen Weinkeller im Stadtgraben gekeltert, die heutigen Rebflächen betragen ungefähr 30 Hektar und liegen innerhalb der Stadtgrenzen (WEINGUT STADT KREMS).

Ebenfalls in Krems angesiedelt ist der größte Qualitätsweinproduzent Österreichs, die „Winzer Krems“, eine Genossenschaft, welche Trauben von ca. 1250 WeinhauerInnen aus der Umgebung verarbeitet und für Interessierte auch einen Weinerlebnis-Rundgang bietet (WINZER KREMS).

Seit 1996 gibt es in der Nähe von Krems in Straß im Straßertale ein Fassbinderei- und Weinbaumuseum, in welchem eine Fassbindereiwerkstatt im ursprünglichen Zustand erhalten ist (MUSEUMSMANAGEMENT NÖ).

2 STANDORTANSPRÜCHE

Entscheidend für die Quantität und die Qualität der Trauben sind primär das Klima, die Lage und der Boden sowie die gegenseitigen Wechselwirkungen.

Grundsätzlich beginnt der optimale Witterungszyklus nach einer möglichst frühen Blüte bei gemäßigter Wärme und genügend Feuchtigkeit, damit sich die Beeren ideal entwickeln können. Während des ersten Abschnittes der Reifephase sind warme, nicht zu heiße Temperaturen und viel Sonnenschein ideal. Ist der Herbst lang, warm, aber nicht zu trocken, wirkt sich das sowohl positiv auf die Zuckereinlagerung und auf die Bukett- und Aromastoffbildung als auch auf das Erhalten einer pikanten Säure aus (TEUFL 2005, 26).

Da jede Sorte unterschiedliche Ansprüche an die klimatischen Bedingungen stellt, sind die nachstehenden Angaben Richtwerte.

2.1 Klima

Um die klimatischen Verhältnisse eines Gebietes hinsichtlich ihrer Eignung für Weinbau beurteilen zu können, müssen einige wesentliche Aspekte berücksichtigt werden. BAUER (2002, 123) nennt hierfür drei essentielle Punkte.

Erstens spielt der Jahresverlauf der einzelnen Klimadaten, welche unter anderem die Temperatur, die Sonnenscheindauer und die Niederschlagsmenge einschließen, eine wichtige Rolle. Weiters ist bei der Beurteilung auch darauf zu achten, wie lange bestimmte Grenzwerte überschritten und ob Idealwerte erreicht werden. Schließlich muss auch noch die Wechselbeziehung mit anderen Gegebenheiten wie etwa dem Boden oder die Erziehungsart untersucht werden. All diese Faktoren werden mit dem Begriff „Terroir“¹⁰ (siehe Abb. 2) zusammengefasst (BAUER 2002, 123).

¹⁰ „Die Erde selbst ist damit gemeint, aber auch der Unterboden, die physikalische Beschaffenheit und ihr Zusammenwirken mit dem Lokalklima, beispielsweise wie durchlässig der Boden ist, ob er das Sonnenlicht reflektiert oder als Wärme in sich aufnimmt. Auch die Lage eines Stückes Land gehört dazu: die Neigung, die Himmelsrichtung und die Eigenheiten des Mikroklimas, die aus dem Standort und seiner Umgebung entstehen.“ (Johnson 1994, 22).

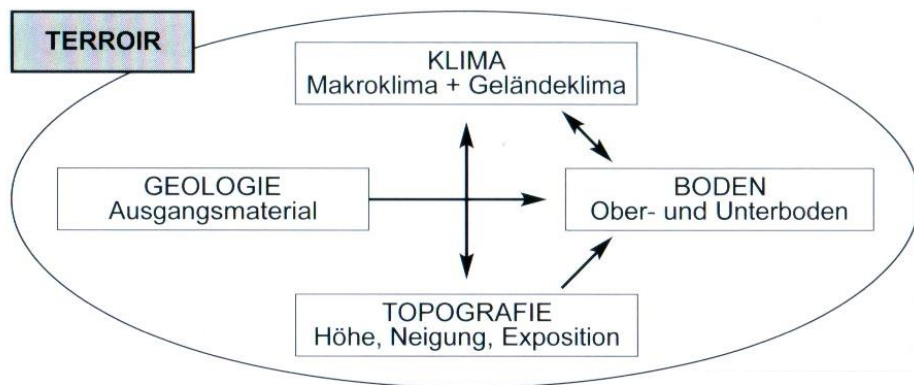


Abb. 2: Terroir (HOPPMANN und LÖHNERTZ nach BAUER 2002, 124)

Der Weinanbau ist durch natürliche Faktoren auf die Gebiete zwischen dem 30. und 50. Grad nördlicher Breite sowie zwischen dem 30. und 40. Breitengrad auf der Südhemisphäre beschränkt (siehe Abb. 3, PIROUÉ 1985, 14; REDL et al. 1996, 17; BAUER 2002, 11; STEURER 2003, 21, SCHULTZ et al. 2009, 14). In diesen Breiten beträgt die durchschnittliche Jahrestemperatur etwa 10 bis 20°C. Nachdem hierbei aber die Wintertemperaturen einbezogen werden, stimmt diese Abgrenzung nicht immer mit der tatsächlichen Verbreitung überein. Diese kann besser mit der mittleren Temperatur während der Vegetationsphase (Nordhalbkugel: April bis Oktober, Südhalbkugel: Oktober bis April) erfasst werden. Derzeit wird Weinbau zwischen den 12 und 22°C Isothermen betrieben, wobei 12°C für Europa etwas zu kühl ist, dafür aber die kanadischen Weinbauggebiete besser einschließt (SCHULTZ et al. 2009, 14).

Die idealen Standortbedingungen für Wein herrschen demnach in Gebieten der warm-gemäßigten Zone wie im Mittelemeerraum, Südafrika und Kalifornien (HARLFINGER 2002, 39).

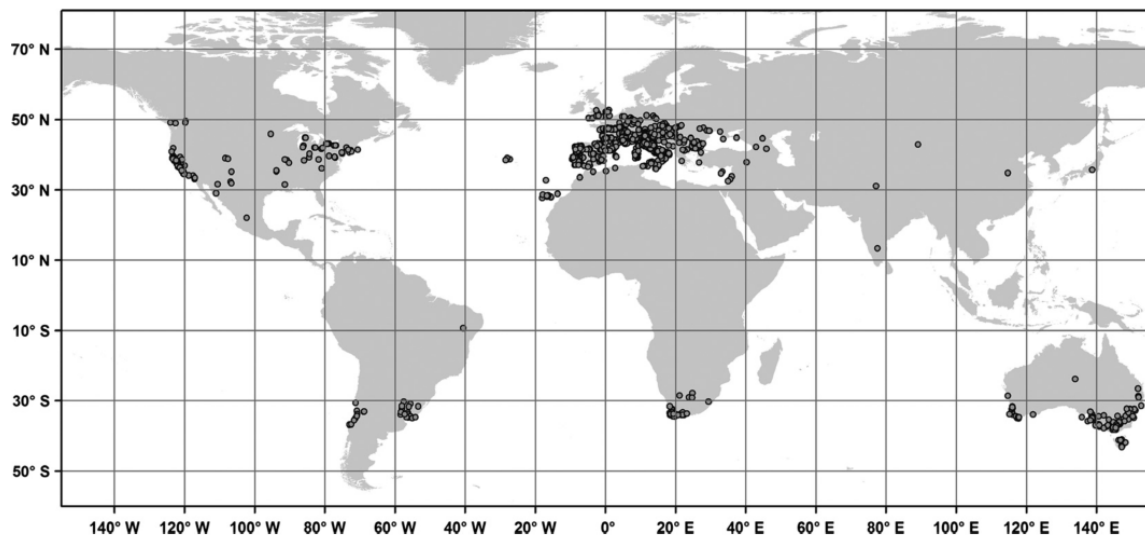


Abb. 3: Verbreitung des Weinbaus weltweit (FRAGA et al. 2012, 3)

In den jeweiligen Randzonen sinkt die Zahl der Weinbauflächen aufgrund der Temperaturabnahme von etwa $0,6^{\circ}\text{C}$ pro Breitengrad. Allerdings gibt es Grenzänderungen, wenn etwa klimatische Einflüsse wie Meeresströmungen auf Gebiete einwirken (REDL et al. 1996, 17; EGGENBERGER et al. 1990, 17). Beispiele dafür sind Weingärten in Südengland, die wegen des warmen Golfstroms bis zum 52. Breitengrad wachsen und der durch den kühlen Humboldtstrom mögliche Weinbau an den Küsten Perus bis zum 15. Grad südlicher Breite (REDL et al. 1996, 17).

Die oben genannte Verbreitung des Weinbaus bezieht sich auf den Qualitätsweinbau, die potentielle Vegetationsgrenze liegt weit außerhalb dieser Gebiete. So wachsen Sorten wie etwa der Riesling auch nördlich der traditionellen Anbauggebiete, wobei die Trauben nicht die nötige Reife erreichen und daher äußerst säurereich sind und nur niedrige Zuckergrade aufweisen. Umgekehrt können Weingärten auch in extrem heißen Gebieten angebaut werden, wo sie zwar ein relativ hohes Mostgewicht aufweisen, es ihnen aber an Säure und Bukettstoffen mangelt. Diese Weine sind daher sehr alkoholreich und können bestenfalls zur Destillation herangezogen werden (TEUFL 2005, 23f.).

Immer mehr Weingärten werden auch in tropischen und subtropischen Ländern wie Südindien, Bolivien und Brasilien, vor allem zum Verkauf von Speisetrauben, angelegt.

Durch das Herbeiführen einer künstlichen Winterruhe¹¹, sprich einer kurzfristigen Vegetationspause, können die Trauben dort bis zu drei Mal jährlich geerntet werden (REDL et al. 1996, 17; EGGENBERGER et al. 1990, 16).

Die Werte für die klimatischen Kriterien in diesem Kapitel beruhen auf Rückschlüssen, welche die AutorInnen aus einem bestimmten Land oder Gebiet ziehen, wo Wein wächst. Das heißt, die Grenzwerte sind teilweise etwas unterschiedlich und geben lediglich einen „gewissen Hinweis auf ein weinbaufähiges Klima“, erlauben jedoch „keine strenge Zuordnung“, weil neben den makroklimatischen Bedingungen auch noch Meso- und Mikroklima eine Rolle spielen (HARLFINGER 2002, 40).

2.1.1 Temperatur

Die Temperatur hat neben der Sonneneinstrahlung die größte Bedeutung bei der Traubenqualität und –quantität. Allgemein lässt sich sagen, dass Weinreben einen gleichmäßigen Temperaturverlauf zwischen den Monaten und geringe Tagestemperaturschwankungen bevorzugen. Sind diese Voraussetzungen vor allem während der Vegetationsperiode gegeben, steigt die Qualität des Traubenmaterials, das heißt die Farb-, Geschmacks- und Aromaentwicklung fällt bei gegebenem Zuckergehalt zufriedenstellend aus (TEUFL 2005, 24).

Die für den Weinbau günstigste Jahresdurchschnittstemperatur beträgt im mitteleuropäischen Raum zwischen 9 und 13°C (STEURER 2003, 21; BAUER 2002, 126) bzw. 10 bis 12°C (BOCKER 2003, 32; GOLLMICK et al. 1991, 43), wobei Rotweinsorten allgemein wärmere Temperaturen lieben (10,5 - 13°C) und die optimale Temperatur für Weißweinsorten zwischen 9,5 und 11,5 °C liegt (MAAß und SCHWAB 2011, 20).

Die Höchstwerte betreffend sind Weinreben nicht so empfindlich (EGGENBERGER et al. 1990, 17). Nur bei extremer Hitze verdorren die Blätter, fallen ab und die Beeren können austrocknen (TEUFL 2005, 24). Mindestens ist jedoch eine mittlere Jahrestemperatur von 8,5 bis 9,0°C erforderlich (REDL et al. 1996, 17, SNOEK 1986, 18).

¹¹ Durch reduzieren der Bewässerung und „Entlaubung der Rebstöcke nach dem Schnitt“ (REDL et al. 1996, 17; EGGENBERGER et al. 1990, 16)

Zur Zeit des Triebwachstums, also zwischen Mai und August, liegt die optimale Temperatur bei etwa 25°C, das Minimum sollte 10°C nicht unterschreiten. Auch zu hoch sollte die Temperatur nicht sein. Temperaturen über 30°C sind für das Traubenmaterial in dieser Periode nur von Vorteil, wenn zusätzlich auch die Luftfeuchtigkeit hoch ist.

Während der Reblüte (Mitte Mai bis Ende Juni) sollte das Wetter warm und trocken sein und die Temperatur auch nachts nicht unter 15°C fallen (STEURER 2003, 21; BAUER 2002, 126; REDL et al. 1996, 17). Problematisch sind kühle Temperaturen, also etwa 10 bis 12 °C kurz vor dem Aufblühen, weil dadurch die Befruchtung gestört wird und Blüten verrieseln bzw. nur kleine, unreife Beeren gebildet werden und länger anhaltende Kälte dadurch zu Ertragsverlusten führt (BAUER 2002, 50).

Im Juli sollte es durchschnittlich etwa 18°C (REDL et al. 1996, 17, EGGENBERGER et al. 1990, 18) bis 20°C haben (STEURER 2003, 21, BAUER 2002, 126), weil der Witterungsverlauf in diesem Monat für den quantitativen Ernteerfolg entscheidend ist.

Auch die Temperaturen im September spielen eine wichtige Rolle, weil sie für die Qualität der Ernte bestimmend sind (BOCKER 2003, 32, GOLLMICK et al. 1991, 43). Die Beeren benötigen kurz vor der Traubenreife warme Temperaturen, damit der Zuckergehalt zunimmt und die Traubenqualität zufriedenstellend ausfällt (BAUER 2002, 129).

Im Winter wäre ein Durchschnitt von 0°C ideal (STEURER 2003, 21), die Untergrenze für die Temperatur über einen längeren Zeitraum liegt bei gut ausgereiften Stöcken bei etwa minus 20°C (BAUER 2002, 126; REDL et al. 1996, 17), wobei Schäden an den Knospen bereits bei -12°C auftreten können und das Holz schon ab -16°C in Mitleidenschaft gezogen werden kann. Letzteres hängt allerdings vom Reifezustand des Holzes ab, welcher durch negative Einflüsse wie Großernten, späte Reife der Trauben und durch Nährstoffmangel zusätzlich verschlechtert wird. Außerdem sind die Reben eher frostempfindlich, wenn eine kalte Periode auf eine wärmere folgt, als wenn sich die Stöcke in voller Winterruhe befinden (EGGENBERGER et al. 1990, 17). Das bedeutet, dass Winterfröste vor allem in warmen Lagen großen Schaden anrichten können, da dort die Vegetationsruhe früher endet. Manchmal weisen also die „guten“ Rieden stärkere Frostschäden auf als jene in sogenannten Frostlagen (siehe Abb. 4, BAUER 2002, 126). Am größten ist das Abwehrpotential der Rebe gegen Fröste im Dezember und Jänner, ab

Ende Februar bildet sich der Zucker wieder in Stärke zurück, wodurch die Frostresistenz der Rebe bei einem wiederholten Temperaturrückgang mangels Zuckermobilisierung reduziert wird (TEUFL 2005, 32).



Abb. 4: Frostschäden in Krets (Quelle: DEIM 2012)

Das Minimum bei jungen Trieben liegt bei knapp unter 0°C. Deswegen stellen Maifröste eine große Gefahr für die Reben dar (PIROUÉ 1985, 15). Das Ausmaß, welches diese Schäden annehmen können, mussten Österreichs WinzerInnen in der Nacht auf den 18. Mai 2012 erfahren. Mit nur knapp über 2 Millionen Hektoliter war der Ernteertrag 2012 um 23% geringer als im Jahr 2011 und nach der mageren Ernte 2010 die zweitgeringste in den letzten 15 Jahren. Die Hauptursache waren großflächige (Spät-)Frostschäden, bei welchen die Hauptaugen erfroren und welche vor allem in Niederösterreich zu einer unterdurchschnittlichen Weinproduktion führten. Dort musste man 2012, verglichen mit dem Vorjahr, Ertragseinbußen von fast einem Drittel in Kauf nehmen, wobei die Weinbaugebiete Weinviertel und Kamptal am stärksten betroffen waren (STATISTIK AUSTRIA 2013).

Besonders wichtig ist auch eine gewisse Summe hoher Temperaturen, die den Austrieb auslösen. Der Schwellenwert variiert zwar von Sorte zu Sorte, ist in unserer Klimazone aber etwa um 7 bis 8°C anzusiedeln. Perioden hoher Temperaturen können jedoch durch

eine kalte Phase unwirksam gemacht werden. Allzu frühes Aufbrechen der Knospen ist aufgrund der Spätfrostgefährdung nicht erwünscht (TEUFL 2005, 33).

Zur Zeit der Blüte (Mitte Mai bis Ende Juni) sollte die Temperatur auch nachts nicht unter 15°C fallen (STEURER 2003, 21; BAUER 2002, 126; REDL et al. 1996, 17).

Die Durchschnittstemperatur während der gesamten Vegetationszeit (April bis Oktober) sollte über 14°C betragen (BAUER 2002, 126, EGGENBERGER et al. 1990, 18), weil die Temperatur vor allem den Säureabbau steuert. Während bei weniger als 20°C der Säureabbau gering ist und hauptsächlich Zucker veratmet wird, steigt bei Temperaturen zwischen 20 und 30°C der Äpfelsäureabbau. Beträgt die Temperatur über 30°C, was in unserem Klimabereich während der herbstlichen Reifephase nur äußerst selten vorkommt, dann erfolgt auch ein Weinsäureabbau. Zusammengefasst bedeutet das, dass eine kühle Herbstwitterung eher säurereichere Moste hervorbringt. Daher sind frühreife Sorten aufgrund der jahreszeitlich früheren Reifung der Beeren und der damit verbundenen höheren Temperaturen säureärmer (TEUFL 2005, 35).

Die Wärmesumme¹² sollte in dieser Phase über 2900°C betragen (REDL et al. 1996, 17, EGGENBERGER et al. 1990, 18) und in Österreich idealerweise über 3500°C/Jahr liegen (HARLFINGER 2002, 41).

Zusammenfassend kann man also sagen, dass im Winter die Temperatur nicht unter -15°C, in Ausnahmefällen unter -20°C, fallen sollte und die Vegetationsphase lang und mit einer bestimmten Mindestwärme sein muss, damit Reben gut wachsen (HARLFINGER 2002, 41, JOHNSON 1994, 28, LANTSCHBAUER und BARWIRSCH 1989, 27). Wenn eine dieser Bedingungen nicht erfüllt ist, sollte in diesem Gebiet kein Weinbau betrieben werden. Weinreben vertragen weder kühle, niederschlagreiche Sommer noch kalte Winter in Verbindung mit heißen, trockenen Sommern (HARLFINGER 2002, 41). Auch wenn der Winter zu früh einbricht, hat das massive Auswirkungen auf das Traubenmaterial. Werden unreife Beeren vom Frost erfasst, verharren sie in ihrem Reifezustand. Sie werden braun und schrumpfen, was sich äußerst negativ auf den Geschmack der Weine

¹² „Die Wärmesumme ergibt sich aus der Addition aller 14-Uhr-Temperaturen über das gesamte Jahr, sofern das tägliche Minimum nicht unter 5,0°C und das tägliche Maximum nicht unter 15°C liegt.“ (HARLFINGER 2002, 42). Dies ist nur eine Möglichkeit die Wärmesumme zu berechnen. REDL et al. (1996) und EGGENBERGER et al. (1990) geben in ihren Büchern keine Auskunft darüber, nach welcher Formel ihre Werte für die Wärmesumme berechnet wurden.

(„Frostgeschmack“) auswirkt, wenn die Trauben trotz des Frostes noch zu Wein verarbeitet werden (z.B. Weinjahrgang 1980). Erwünscht ist Frost hingegen, wenn die Trauben bereits vollreif sind und zur Weiterverarbeitung zu Eiswein bestimmt sind. In diesem Fall wird der Saft durch die Kälte auf natürliche Art konzentriert, was ihn aromatisch und süß macht (PIROUÉ 1985, 15).

In wärmeren Weinbaugebieten wirken sich kühle Nächte in Kombination mit hohen Tagestemperaturen während der Reifephase besonders positiv auf die Traubenmostqualität aus, weil sie dazu beitragen, dass die Säure in den Beeren eher erhalten bleibt und der Reifeprozess durch den Reifestillstand bei 9°C verzögert wird. Dadurch kann der Lesezeitpunkt bis zum Eintritt der Spätsommer- oder Frühherbstwitterung hinausgezögert werden (MORI et al. 2005 nach FRAGA et al. 2012, 5, TEUFL 2005, 25).

Die Witterungsansprüche von Weinreben während der einzelnen Entwicklungsphasen sind übersichtlich in Abb. 5 dargestellt.

generative Entwicklungsphase		Witterung	vegetative Entwicklungsphase	Witterung
März	Blüte und Fruchtansatz	Temperaturen zwischen 20 und 25°C günstig, kombiniert mit genügend Luftfeuchte Temperaturen < 15°C: Verrieselung und trocken-heißes Wetter: Pollenkeimung und Befruchtung kann verhindert werden	Austrieb	Temperaturen ab 7-8°C nötig Tageslänge entscheidend optimale Wachstumstemperaturen um die 25°C
April				
Mai				
Juni	Bildung der Blütenanlagen (f. Folgejahr)	Temperaturen > 25°C positiv, Optimum zwischen 25 und 30°C; kühle Sommerwitterung vermindert Zahl und Größe der Blütenanlagen	Bildung der Winterknospen und Knospenruhe (f. Folgejahr)	Temperaturminimum: 10-12°C Temperaturen > 30°C nur bei gleichzeitig hoher Luftfeuchtigkeit günstig Lichtdauer ≥ 16 Std.: maximale Wachstumsintensität ausreichende, aber nicht übermäßige Bodenfeuchte
Juli				
August	Entwicklung der Beeren	gute Wasserversorgung förderlich, hohe Temperaturen verzögern den Reifebeginn sonnige, warme Witterung günstig, später wird Sonnenintensität immer wichtiger; Temperaturen < 20°C: Säureabbau gering zwischen 20 und 30°C: hauptsächlich Apfelsäure wird abgebaut, > 30°C auch Weinsäure	Triebwachstum	
September				
Oktober				
November	Reifung der Beeren		Aufhebung der Knospenruhe	Temperaturen < 10°C: Austriebsbereitschaft der Knospen wird wieder hergestellt
Dezember				
Jänner				
Februar			durch Wintertemperaturen erzwungene Knospenruhe, Überwinterung des Holzes	anhaltend niedrige Temperaturen: Austrieb wird verhindert Temperaturen bis - 15°C: unschädlich Dezember und Jänner: Frostresistenz am größten, ab Ende Februar: Fröste schädlich, v.a. mit vorangegangener warmer Witterung
März				

Abb. 5: Witterungsansprüche während der einzelnen Entwicklungsstadien (verändert nach TEUFL 2005, 37)

2.1.2 Sonnenscheindauer

Auf keinen Fall darf man die Sonnenscheindauer außer Acht lassen, denn sie wirkt sich auf die Bildung der Blütenanlagen aus und beeinflusst den Charakter und die Güte des Weines entscheidend (BAUER 2002, 127). Die Anzahl der Sonnenstunden spielt deswegen eine so wichtige Rolle, weil einerseits die Assimilationsleistung der Reben und andererseits die Bodenerwärmung von ihr abhängen und Weinstöcke mehr Sonne und Wärme brauchen als andere Obst- und Beerenarten (EGGENBERGER et al. 1990, 18; BOCKER 2003, 32). Die Höhe des Strahlungsgenusses hängt stark von Exposition und Hangneigung ab und fällt daher an verschiedenen Standorten unterschiedlich aus (siehe Kapitel 2.2.1).

Sie sollte während der Vegetationsphase mindestens 1300 (REDL et al. 1996, 17; BOCKER 2003, 32) bzw. 1100 bis 1600 Stunden (BAUER 2002, 127) und als Jahressumme rund 1700 bis 2000 (BAUER 2002, 127) bzw. 1800 bis 2200 Stunden (REDL et al. 1996, 17) betragen.

Generell bringt eine gleichmäßige Sonneneinstrahlung zwischen Februar und November die besten Jahrgänge hervor. Doch vor allem im Mai und Juni ist Sonnenschein besonders wichtig, denn Regen während der Blütezeit behindert die Pollenbildung und verursacht eine Verrieselung¹³. Das heißt, dass die Beeren teilweise grün bleiben und bis zur Lese nicht reif werden (JOHNSON 1994, 28).

Die eigentliche Reifung der Beeren, der Zuckerauf- und Säureabbau, wird durch warme und sonnige Herbstwitterung vorangetrieben. Nur bei ausreichend Sonnenschein herrschen optimale Temperatur- und Lichtverhältnisse vor. Messungen ergaben, dass der Sonne ausgesetzte Trauben ein um bis zu 6° Oechsle höheres Mostgewicht und geringere Äpfelsäureanteile auswiesen als beschattete Beeren (KOBLET et al. 1977 nach TEUFL 2005, 35). Weiters fördert eine hohe Lichtintensität in der Wachstumsphase die Farbstoffbildung bei Rotweinsorten (TEUFL 2005, 35).

Sonnenarme Gebiete mit kürzerer Vegetationsperiode bringen Weine mit eher hohem Säure-, aber niedrigem Alkoholgehalt hervor, was bei Weißweinsorten erwünscht sein kann. Weine, die in Gebieten mit höherer jährlicher Sonnenscheindauer wachsen, zeichnen

¹³ Verrieseln=“Bezeichnung für das Abfallen (Ausrieseln, Blütenabfall) der Blüten während bzw. kurz nach der Blüte des Rebstocks. Ursache ist eine mangelhafte Befruchtung der Blüten beim Fruchtausatz auf Grund kühler Witterung oder anhaltender Regenfälle. Dies bewirkt eine schwache Photosynthese und schlechte Kohlenhydrat-Versorgung im Pflanzengewebe. Begünstigt wird dies auch durch übermäßige Düngung mit Stickstoff. Ein Verrieseln kann auch durch Schädlinge (...) oder durch Pilze (...) hervorgerufen werden.“ (WEIN-PLUS)

sich hingegen durch einen geringeren Säuregehalt, aber mehr Alkohol und Farbstoffe aus, was ideal für Rotweine ist (BAUER 2002, 127).

Widersprüchlich erscheint, dass die Zahl an benötigten Sonnenstunden in wärmeren Gebieten höher ist als in kühleren, wo die Temperatur die Wachstumsgeschwindigkeit der Reben stärker beeinflusst als die Sonnenscheindauer (JOHNSON 1992 nach TEUFL 2005, 25).

2.1.3 Niederschlag

Ebenfalls ein wichtiger Einflussfaktor ist die Niederschlagsmenge. Wassermangel kann je nach Entwicklungsstadium ebenso wie zu viel Feuchtigkeit Schäden verursachen (FRAGA et al. 2012, 4).

Im folgenden Kapitel wird zuerst die Abhängigkeit des Niederschlagbedarfs von anderen Klimafaktoren behandelt, bevor genauer auf die benötigte Niederschlagsmenge während der Vegetationszeit eingegangen wird.

Die optimale Niederschlagsmenge beträgt etwa 500-600 mm/Jahr, ist allerdings von vielen anderen Klimafaktoren abhängig (BAUER 2002, 128; BOCKER 2003, 32). Da die Rebe etwa 70-90% des Wasserbedarfs über den Boden aufnimmt, spielen die Bodenbedingungen eine primäre Rolle (PIROUÉ 1985, 15). Bei optimalen Bodenverhältnissen, also auf tiefgründigen, humusreichen Böden mit wassersparender Bodenpflege, ist die Rebe die Niederschlagsmenge betreffend nicht sehr anspruchsvoll (BAUER 2002, 128). Wenn der Boden eine optimale Bewurzelung zulässt, sind auch trockene Standorte kein Problem (BOCKER 2003, 32), denn das weit verzweigte Wurzelsystem kann in extremen Gebieten (in unserem Klimabereich ist das nicht notwendig) bis zu 5 m tief reichen und dadurch auch in Trockenperioden noch genügend Wasser aufnehmen (HARLFINGER 2002, 62). Ein durchschnittlicher Jahresniederschlag von weniger als 500 mm reicht bei gut geeigneten Böden vollkommen aus. Nachdem aber die idealen Bodenbedingungen häufig nicht gegeben sind, fällt die Ertragsmenge bei geringem Niederschlag kleiner aus. (BAUER 2002, 128).

Essentiell ist allerdings neben den Bodenbedingungen auch eine optimale Verteilung des Niederschlags. Vor allem während der Vegetationsphase wird Wasser unbedingt für die

Fruchtbarkeit und das Wachstum benötigt, welche sich dann auf die Erntemenge auswirken (siehe Tab. 1). Außerdem haben der Wind sowie die Strahlungsintensität und die Temperatur einen Einfluss auf die benötigte Niederschlagsmenge (BAUER 2002, 128; REDL et al. 1996, 19).

	Anteil der ges. NS-Menge während der VP in %	Anteil der ges. NS-Menge während der VP absolut
Austrieb - Blüte	18	ca. 12,7 mm/m ²
Blüte - Weichwerden der Beeren	40	ca. 28,2 mm/m ²
Weichwerden - Ernte	22	ca. 15,5 mm/m ²
Ernte - Ende der Vegetation	20	ca. 14,1 mm/m ²

Tab. 1: Benötigte Niederschlagsmenge während der Vegetationsperiode (VP) in Prozent und absolut (BERNHART und LUTTENBERGER 2003, 59)

Einen Teil des Wassers bezieht der Weinstock auch über die Blätter aus der Luft. Im Herbst begünstigt ein höherer Feuchtigkeitsgehalt in der Luft nächtliche Tau-, Dunst- und Nebelbildung, was wiederum das Beerenwachstum und die Bukettausbildung (z.B. bei Riesling) fördert. Erstens verzögert der Nebel den Reifeverlauf und zweitens wird die Entstehung von Edelfäule angeregt (PIROUÉ 1985, 15). Die Luftfeuchtigkeit wird durch Nähe zu Gewässern oder Wäldern verstärkt (REDL et al. 1996, 20).

Im Winter beeinflusst die Niederschlagsmenge das Rebenwachstum zwar nicht direkt, aber bei entsprechendem Speichervermögen des Bodens kann der Weinstock im Frühjahr auf das Wasser zurückgreifen, was das Wachstum beschleunigt (REDL et al. 1996, 20, SOJA et al. 2010, 6).

Während der Vegetationsphase müssen die Reben ausreichend mit Wasser versorgt sein, weil die Entwicklung der Triebe und Blattflächen schnell von statten gehen muss, da diese einen entscheidenden Einfluss auf die spätere Qualität der Trauben hat. Grundsätzlich lässt sich festhalten, dass sich ein früher Blütezeitpunkt positiv auf die Qualität auswirkt. Warme Temperaturen zur Blütezeit, welche eine gute Befruchtung bewirken, führen zu großen Erntemengen. Da Niederschlag meist kühlere Temperaturen mit sich bringt, wirkt er sich in diesem Abschnitt der Vegetationsperiode auf die Beerenansätze negativ aus, denn empfindliche Blüten neigen dazu, zu verrieseln. Nach der Blütezeit ist regelmäßiger Niederschlag wichtig für eine hohe Traubenquantität und –qualität (BAUER 2002, 129).

Während der Sommermonate, in denen die Beeren weich werden, ist eine ausgeglichene Niederschlagsmenge ideal, denn zu wenig Wasser gefährdet die Assimiliationsleistung und in Folge die Zuckereinlagerung (BAUER 2002, 129). Wassermangel hemmt die Zellteilung, die Beeren bleiben kleiner und die Erntemenge fällt daher geringer aus (BECKER et al. 1993 nach TEUFL 2005, 34).

Eine durch zu viel Niederschlag verursachte zu hohe Luftfeuchtigkeit hingegen fördert Pilzkrankheiten (z.B. Peronospora), welche kostenintensive Bekämpfungsmaßnahmen nach sich ziehen (BOCKER 2003, 32).

Kurz vor der Ernte steigern hohe Niederschlagsmengen zwar die Erntemenge, allerdings fällt dann die Zuckerkonzentration geringer aus. Das Botrytisrisiko¹⁴ steigt (BAUER 2002, 129), die Beeren platzen auf und die Trauben beginnen zu faulen (LANTSCHBAUER und BARWIRSCH 1989, 27). Heute ist die Bekämpfung von Pilzen mithilfe von Fungiziden möglich, doch früher führte Niederschlag kurz vor der Ernte zu einer vorzeitigen Lese, was sich in der Qualität des Weines niederschlug (JOHNSON 1994, 28).

2.1.4 Wind

Je nach Intensität kann Wind auf die Weingärten sowohl positiven Einfluss haben, als auch Schaden verursachen.

Leichter Wind sorgt dafür, dass nach Niederschlägen die Blätter rasch wieder abtrocknen, was den Infektionsdruck durch Schadpilze verringert (BAUER 2002, 129) und kann zum Beispiel im Frühjahr auch Nachtfröste verhindern (STEURER 2003, 22). Er ermöglicht zudem, dass durch die von ihm verursachte Bewegung der Blätter die Sonnenstrahlen auch auf normalerweise schattierte Blätter treffen. Wenn der Wind allerdings zu stark ist, führt dies nicht nur zum Abbrechen von Trieben (womit Ernteverluste einhergehen) und zur Austrocknung des Bodens im Sommer, sondern auch zur sogenannten Sägeblattwirkung. Das bedeutet, dass angerostete Drähte an den Reben scheuern und diese dadurch verletzen (BAUER 2002, 129).

¹⁴ Botrytis = „Beerenfäule durch Schimmelpilz“. Sind die Beeren noch nicht reif, kommt es zu Weinfehlern (ÖSTERREICH WEIN).

Die negativen Auswirkungen kalter Winde aus dem Westen oder Norden können durch Windschutzstreifen und Wälder deutlich vermindert werden (REDL et al. 1996, 22).

2.2 Standortspezifische Einflüsse

Neben den oben genannten Klimafaktoren spielen auch noch die standortspezifischen Einflüsse wie die Lage, also Exposition, Neigungswinkel und Höhe über dem Meeresspiegel, und Gewässernähe eine wichtige Rolle, welche im folgenden Kapitel genauer behandelt werden sollen.

2.2.1 Lage

Nach BAUER (2002, 130) wird die Lage gekennzeichnet durch die Exposition, den Neigungswinkel und die Höhe über dem Meeresspiegel.

Die beiden ersteren entscheiden über den Grad der Beschattung bzw. Besonnung des Geländes. Die Exposition bzw. Neigungsrichtung ist wichtig für die Qualität der Lage, denn von ihr hängt die Wärmeaufnahme ab (Bauer 2002, 130), da geneigte Flächen im Vergleich zu Ebenen entweder mehr oder weniger Wärme aufnehmen können (HARLFINGER 2002, 60).

Wie in Abb. 6 erkennbar ist, sind die Temperaturen in ebenen Tallagen im Sommer durchschnittlich höher als auf Hängen und Hochebenen. Der Nachteil der Ebenen ist allerdings, dass kein so guter Gasaustausch erfolgt und damit die Assimilationsleistung niedriger ist. Außerdem werden die höheren Temperaturen teilweise durch die niedrigeren nächtlichen Temperaturen im Herbst und im Frühjahr kompensiert, weil kalte Luft schwerer ist als warme und sich bei Windstille in den tiefgelegenen Ebenen und Mulden sammelt und das Risiko von Schäden durch Strahlungsfröste hier höher ist (REDL et al. 1996, 21, STEURER 2003, 22). Zusätzlich sinken kalte Luftströmungen nachts von höheren Lagen ins Tal, wo sie am Tag erwärmt werden und wieder aufsteigen. Vor allem Weißweinsorten spricht dieser Kreislauf zu, denn der Temperaturwechsel ist notwendig, damit möglichst wenig Säure verloren geht (PRIEWE 1998, 25). Im Herbst werden durch

zu niedrige Temperaturen im Allgemeinen zwar nur die Blätter beschädigt, das kann aber die Traubenreife negativ beeinflussen. Auch während des Winters sind die größten Frostschäden in den tiefen Lagen zu verzeichnen (STEURER 2003, 22).

Wenn hingegen Kaltluftmassen aus den polaren Gebieten über das Weinbaugebiet strömen, sind die höheren Lagen dem größten Windfrostrisiko ausgesetzt (STEURER 2003, 22).

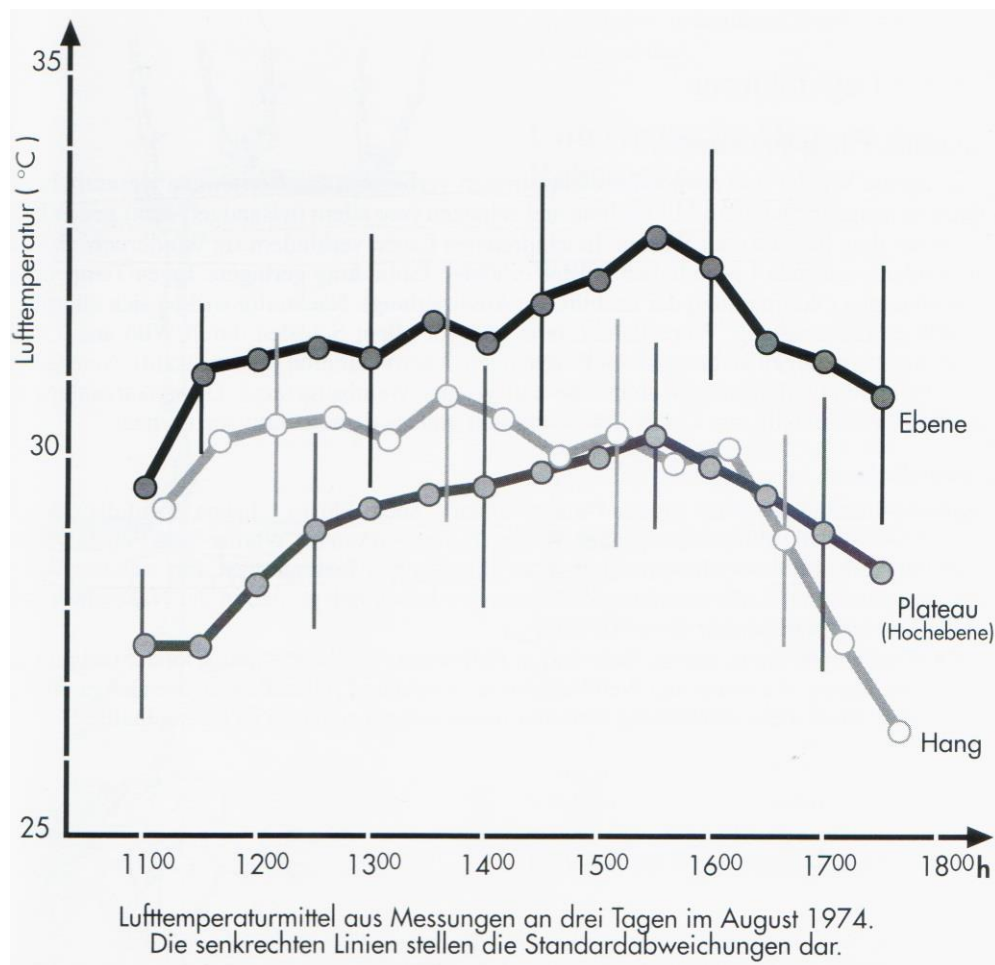


Abb. 6: Durchschnittliche Lufttemperatur an drei Tagen (August 1974), (BECKER und KLEIN 1981 nach REDL et al. 1996, 21)

Am idealsten für den Weinanbau sind Südhänge (BAUER 2002, 130 f., GOLLMICK et al. 1991, 44, MÜLLER et al. 2000, 25, SNOEK 1986, 23). Entscheidend ist dafür die Sonneneinstrahlung, die der Boden empfängt, denn dieser gibt die Wärme an die

Weinstöcke und die sie umgebende Luft weiter (HARLFINGER 2002, 61) und ist umso größer, je steiler das Gelände ist (BAUER 2002, 130 f.).

Auch Südwest- und Südosthänge sind die Bodenerwärmung und Sonneneinstrahlung betreffend besonders günstig. Vor allem die Südostlagen sind gute Lagen, weil durch die frühe Erwärmung die Assimilationstätigkeit rasch einsetzt (BAUER 2002, 131).

Nach Westen gerichtete Hänge zeichnen sich durch eine ähnliche Sonneneinstrahlung wie Osthänge aus, mit dem Unterschied, dass sie weniger frostgefährdet sind nach Strahlungsfrösten (BAUER 2002, 131). MÜLLER et al. (2000, 25) und TEUFL (2005, 42 f.) bewerten sie ebenfalls eine Spur besser als Osthänge, weil dort die Lichtintensität und Wärmeentwicklung am Nachmittag günstiger sind als am Vormittag (etwa durch Morgennebeleinfluss benachteiligt) und an sonnigen Tagen aufgrund des Zusammentreffens intensiver Sonneneinstrahlung in den Nachmittagsstunden und der höchsten Tagestemperatur am Nachmittag allgemein höhere Tagestemperaturmaxima erreicht werden (TEUFL 2005, 42 f.). Außerdem sind Osthänge besonders im Frühjahr frostgefährdet, weil sie sich frühmorgens schnell erwärmen (BERNHART und LUTTENBERGER 2003, 25, BAUER 2002, 131). Im Sommer und Herbst ist die Sonneneinstrahlung am Morgen allerdings ein Vorteil, denn durch das raschere Abtrocknen der Blätter und Trauben ist das Fäulnisrisiko geringer (BERNHART und LUTTENBERGER 2003, 25).

In Österreich vollkommen ungeeignet für den Weinbau sind Nordhänge, die sogenannten „Winterleiten“ (LANTSCHBAUER und BARWIRSCH 1989, 27, SNOEK 1986, 23), welche eine bis zu zwei Drittel geringere Sonneneinstrahlung als nach Süden gerichtete Hänge aufweisen und sich damit geringer und langsamer erwärmen und daher kühler und auch feuchter sind (siehe Abb. 7, BAUER 2002, 131, MÜLLER et al. 2000).

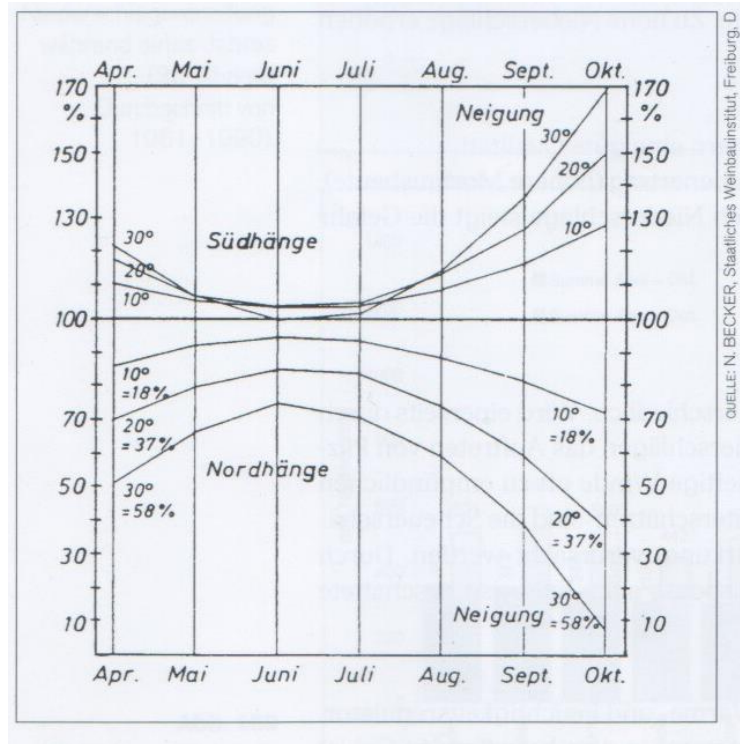


Abb. 7: Energiegenuss aus der direkten Sonneneinstrahlung an Süd- bzw. Nordhängen mit unterschiedlicher Neigung im Vergleich zu ebenen Lagen (BAUER 2002, 130)

Wie aus Abb. 7 (BAUER 2002, 130) hervorgeht, erhalten Weingärten in der Ebene deutlich weniger Wärme als nach Süden gerichtete Hanglagen, welche in unserem Klimabereich die meiste Energie aufnehmen. Über das Jahr hinweg lassen sich aufgrund des sich ändernden Einfallswinkels der Sonnenstrahlen Unterschiede im „Energiegenuss der mehr oder weniger sonnenexponierten Hänge“ erkennen (TEUFL 2005, 42). Außerdem wird aus dieser Abbildung ersichtlich, dass der Energiegenuss von Südhängen im Mai und Juni nur minimal von jenem in ebenen Lagen abweicht. Vor allem im Herbst beeinflusst die Lage aber die Wärmeaufnahme entscheidend und auch im Frühling ist sie nicht zu vernachlässigen. Die größte Differenz lässt sich im Oktober erkennen, wo 30° geneigte, nach Süden gerichtete Hänge um 70% mehr Sonnenenergie empfangen als Ebenen.

Doch nicht nur wegen der höheren Sonneneinstrahlung sind Hanglagen vorteilhafter als Ebenen, auch die Gefahr, dass sich das Wasser staut besteht nicht und der Boden bleibt lockerer (SNOEK 1986, 19).

Den Neigungswinkel betreffend lässt sich festhalten, dass von der Sonne maximale Wärme abgegeben wird, wenn der Einstrahlwinkel 90° beträgt, was aber nur in wenigen Steillagen (51% und mehr Steigung) der Fall ist. Je steiler der Hang, desto größer ist die Sonneneinstrahlung (siehe Abb. 7, PRIEWE 1998, 25).

Das Wachsen der Weinstöcke wird wie bereits erwähnt auch von der Höhe über dem Meeresspiegel beeinflusst. Je höher sich ein Weingarten befindet, desto rauer wird das Klima, wodurch die Vegetationszeit verkürzt wird, was sich wiederum negativ auf die Traubenqualität auswirkt. Die mittlere Jahrestemperatur nimmt pro 100 m um $0,5-0,6^\circ\text{C}$ ab, wodurch das Mostgewicht um etwa 1°KMW reduziert und der Säureanteil erhöht wird (BAUER 2002, 130, PRIEWE 1998, 24). In Niederösterreich werden Weingärten bis zu einer Höhe von 450m über dem Meeresspiegel bewirtschaftet (BAUER 2002, 130). Von Norden nach Süden hin verschiebt sich diese Grenze allerdings und Weinbau kann beispielsweise in Sizilien sogar bis zu 1500 m über dem Meeresspiegel betrieben werden (GOLLMICK et al. 1991, 44). Durch den Golfstromeffekt ist auch ein Gefälle von West nach Ost zu beobachten (HARLFINGER 2002, 39).

Besonders ungünstig sind aber nicht nur zu hohe, sondern auch tiefe Lagen, weil diese sowohl einer erhöhten Spät- als auch Winterfrostgefahr ausgesetzt sind (BAUER 2002, 131).

2.2.2 Gewässernähe

Das Mikroklima wird auch von großen Wasserflächen positiv beeinflusst. Durch die wärme- und feuchtigkeitspuffernden Eigenschaften von Gewässern ist vor allem das Klima im Herbst milder. Doch nicht nur die geringeren Tag-/Nacht- bzw. Winter-/Sommertemperaturunterschiede verbessern klimatischen Bedingungen für Weinstöcke. Durch die sogenannten Reflexstrahlungen steigt die Temperatur durchschnittlich um 1°C (Messungen in Seenähe). Ein Beispiel in Österreich wären zum Beispiel die Gebiete um den Neusiedlersee, aber natürlich profitieren von der Gewässernähe etwa auch das Kremstal und die Wachau, wo die Donau nachts und vor allem auch im Herbst Strahlungswärme abgibt (REDL et al. 1996, 22). Umgekehrt besteht allerdings im Winter die Gefahr, dass die Weingärten in Gewässernähe frostgefährdeter sind, wenn die Wassertemperatur kühler ist als jene der Luft (PRIEWE 1998, 25).

Die Ozeanität bzw. Kontinentalität ist für das Gedeihen von Weinreben von großer Bedeutung. Der gleichmäßige Temperaturverlauf in der Vegetationsphase in maritimen Klimaten wirkt sich positiv aus.

Ausnahmen von dieser generellen Regel stellen etwa Schwankungen der Frühjahrs Temperaturen in den nördlichen maritimen Gebieten Europas dar. Diese fördern ein uneinheitliches Ausbrechen der Knospen, die Stöcke sind stärker spätfrostgefährdet und auch die Blüte erfolgt oft ungleichmäßig. Das Gegenteil ist zum Beispiel im westlichen Australien zu beobachten. Aufgrund der starken maritimen Prägung nimmt der Weinstock zwischen Frühling und Winter kaum einen Unterschied wahr, was dazu führt, dass die Winterruhe gestört ist und die Knospen oft mitten im Winter ausbrechen und sich infolgedessen die nächsten Monate ein Entwicklungsstillstand einstellt. Diesbezüglich ist der Temperaturunterschied zwischen Winter und Frühling in kontinental geprägten Gebieten ideal. Einerseits wird verhindert, dass Knospen zu früh ausbrechen und andererseits erfolgt der Austrieb etwa zur gleichen Zeit (TEUFL 2005, 24).

2.3 Boden

Für die Qualität und den Ertrag der Weinstöcke sind allerdings nicht nur die oben genannten klimatischen und standortspezifischen Faktoren entscheidend, sondern auch der Boden spielt eine nicht zu vernachlässigende Rolle.

Zu einer zufriedenstellenden Untersuchung der Eignung des Bodens gehören sowohl seine physikalischen Eigenschaften, also etwa Wasserspeichervermögen und –durchlässigkeit, Bodendurchlüftung, Erwärmung und Gründigkeit, als auch die chemische Zusammensetzung des Bodens. Diese ist allgemein für die Pflanzen und speziell für den Mineralgehalt der Trauben essentiell, weil Pflanzen fast alle Nährstoffe aus dem Boden aufnehmen (BERNHART UND LUTTENBERGER 2003, 7 f.). Ideal für den Weinanbau sind schwach saure Böden mit einem pH-Wert von etwa 6 (BOCKER 2003, 35).

Wie in Kapitel 2.1.3 bereits erwähnt wurde, spielt die Bodenart auch eine wichtige Rolle bei der Wasserversorgung (PIROUÉ 1985, 15), denn bei optimalen Bodenverhältnissen kann Wasser besser gespeichert und die Rebe auch in trockenen Perioden besser mit Wasser versorgt werden (BAUER 2002, 128, BOCKER 2003, 32).

Optimale Wachstumsbedingungen bieten wasserdurchlässige, tiefgründige (BERNHART UND LUTTENBERGER 2003, 83; BOCKER 2003, 35, BAUER 2002, 132) und gut durchlüftete Böden, weil die Wurzeln bei Staunässe sonst unter Luftmangel leiden. Idealerweise sollten die Böden trocken bis mäßig feucht sein und eine Wasserkapazität von etwa 40% haben, weil die Entwicklung der Reben positiv beeinflusst wird, wohingegen nasse, kalt wirkende Böden das Rebenwachstum verzögern bzw. sogar verhindern können (BOCKER 2003, 35). Weiters spielen Nährstoff-, Humus- und Feinerdegehalt eine wichtige Rolle (BAUER 2002, 132).

Auch die Farbe des Bodens hat einen Einfluss auf die Eignung für den Weinbau. Helle Böden erwärmen sich nämlich aufgrund des höheren Anteils reflektierter Strahlen weniger als dunkle, welche einen größeren Teil der Strahlung absorbieren (REDL et al. 1996, 22).

Reben wachsen zwar auf den unterschiedlichsten Böden und sind diesbezüglich nicht so anspruchsvoll, doch die bodenbürtigen Eigenschaften (z.B. Wasserhaushalt, Humusgehalt, Nährstoffe) prägen letztendlich die Qualität und den Charakter des Weines (LAZAR et al. 1990 nach HARLFINGER 2002, 64). Während Sandböden beispielsweise alkoholreiche, säurearme, wenig gehaltvolle Weine liefern, bringen Tonböden in warmen Rieden und mit durchlässigem Unterboden volle Weine mit betonter Säure hervor. Rankerböden prägen den Charakter bestimmter Rebsorten ebenso wie Böden aus vulkanischem Muttergestein (BAUER 2002, 132).

Generell sind Sand- und Schotterböden, Löss, Lehm und auch tonige Böden gut für den Weinanbau geeignet. Besonders wichtig ist das Bodensubstrat für die Wasserversorgung des Rebstockes (siehe Kapitel 2.1.3). Hier gibt es Abstufungen bezüglich des Wasserhaltevermögens, das primär von der Korngrößenzusammensetzung abhängt. Die Wasserspeicherfähigkeit des Bodens ist deshalb so wichtig für die Reben, weil sie auch mit der Verlagerungsgeschwindigkeit der Nährstoffe zusammenhängt. Kennzahlen für das Rückhaltevermögen sind Feldkapazität¹⁵ und nutzbare Feldkapazität (nFK), also das für die Pflanzen verfügbare Wasser (BERNHART und LUTTENBERGER 2003, 57). Das Speichervermögen ist auf sandigem Lehm und Lehmböden mit 200 l/m² auf einem Meter Tiefe sehr hoch, diese sind also besonders günstig für den Weinbau. Ebenfalls gut geeignet sind lehmige Sand- und lehmhaltige Tonböden (siehe Tab. 2).

¹⁵ = „Jene Wassermenge, die ein Boden zwei bis drei Tage nach seiner vollständigen Sättigung gegen die Schwerkraft festzuhalten vermag.“ (BERNHART und LUTTENBERGER 2003, 57)

Bodenart	nFK	Totwasser	Feldkapazität
Sand	70	30	100
schwach lehmiger Sand	110	40	150
lehmiger Sand	140	60	200
stark lehmiger Sand	180	70	250
sandiger Lehm	200	100	300
Lehm	200	150	350
lehmiger Ton	170	230	400
Ton	130	320	450

Tab. 2: (Nutzbare) Feldkapazität und Totwasser nach Bodenarten in l/m² für 1m Profiltiefe (EISENHUT 1990 nach BERNHART und LUTTENBERGER 2003, 57)

Je nach Rebsorte variieren die idealen Bodenbedingungen. Welschriesling beispielsweise wächst am besten auf leichten, nährstoffreichen Böden mit guter Wasserversorgung. Rheinriesling liebt sandige Schieferverwitterungsböden mit mittlerer Durchlässigkeit und für den Anbau von Weißburgunder eignen sich sandige, schottrige und auch lehmhaltige Böden mit höherem Kalkgehalt besonders gut (BERNHART und LUTTENBERGER 2003, 83). Zweigelt wächst sowohl auf Sand- und Schotterböden als auch auf Löss-, Lehm- und tonigen Böden. Eine detaillierte Übersicht über die Sortenwahl bei bestimmten Bodenarten in Kombination mit der Lage bietet BAUER (2002, 134) in Abb. 8.

LAGE		
FRÜH (Südhang, SO u. SW)	MITTEL (Ost-, Westhang, geschützte Ebene)	SPÄT (Nordhang, ungeschützte Ebene)
LEICHT (Sand- und Schotterboden)		
Rheinriesling Weißer Burgunder Welschriesling Grüner Veltliner Blauer Burgunder Merlot Cabernet Sauvignon Cabernet Franc Syrah	Grüner Veltliner Weißer Burgunder Neuburger Goldburger Zweigelt Blauer Portugieser Blauer Burgunder Blauburger	Bouvier Frühroter Veltliner Müller Thurgau
MITTEL (Löss, Lehm)		
Grüner Veltliner Weißer Burgunder Goldburger Welschriesling Traminer Rotgipfler Chardonnay Blauer Wildbacher Blauer Burgunder Blafränkisch Merlot Cabernet Sauvignon Cabernet Franc Syrah	Grüner Veltliner Neuburger Goldburger Weißer Burgunder Ruländer Muskat Ottonel Chardonnay Blafränkisch Blauer Portugieser St. Laurent Blauburger Zweigelt	Müller Thurgau Frühroter Veltliner
SCHWER (Tonige Böden)		
Traminer Roter Veltliner Zweigelt Blauer Wildbacher	Neuburger Blauburger Blauer Portugieser	
Bei der Beurteilung der Bodenart ist auch die Tiefgründigkeit des durchwurzelbaren Bodens und die Wasserversorgung zu berücksichtigen.		

Abb. 8: Ideale Sortenwahl nach Bodenart und Lage (BAUER 2002, 134)

3 KLIMAVERÄNDERUNGEN

3.1 Ursache

Hauptursache für die verstärkten, klimatischen Veränderungen ist die Zunahme der globalen Treibhausgasemissionen, welche seit der vorindustriellen Zeit besonders markant war. Zwar gibt es schon länger eine natürliche Tendenz, was die Veränderungen betrifft, doch diese wird seit der Industrialisierung durch das Wirken der Menschen verstärkt.

Allein der THG-Emissionsanstieg in den letzten 40 Jahren ist mit über 70% zu beziffern. Bei Kohlendioxid beträgt der Wert seit 1750 35%, in den letzten 4 Jahrzehnten sogar ca. 80%, was primär aufgrund der Ausstöße des Energieversorgungssektors, insbesondere der Nutzung fossiler Brennstoffe, der Fall ist (25,9% der gesamten anthropogenen Treibhausgasemissionen, siehe Abb. 9). Der zweitgrößte Anteil an durch die Menschen verursachte THG-Emissionen findet sich mit etwa einem Fünftel im industriellen Sektor, gefolgt vom Forst- (inkl. Entwaldung) und Landwirtschaftssector, welche nicht so schnell wuchsen wie erstgenannte (IPCC 2007, 5).

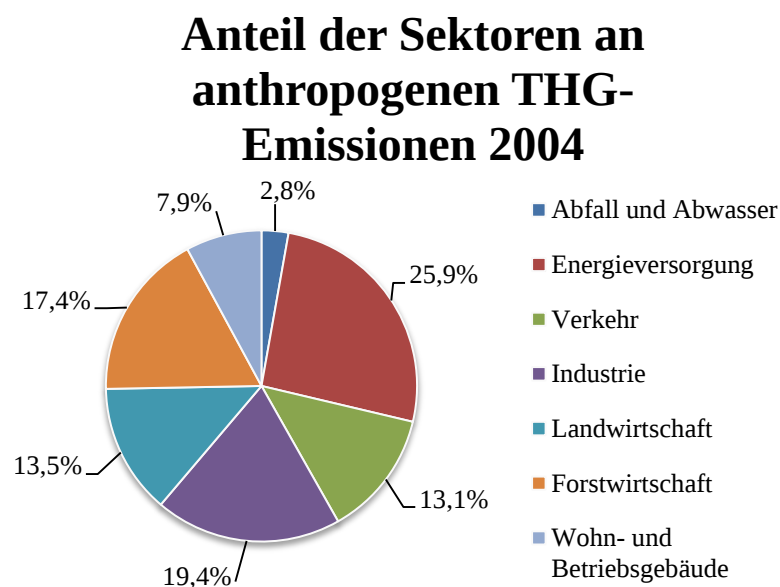


Abb. 9: Anthropogen verursachter Ausstoß von Treibhausgasemissionen nach Sektoren 2004 (nach IPCC 2007, 6)

Neben der Kohlendioxidzunahme (CO_2) steigt auch die weltweite atmosphärische Konzentration von Methan (CH_4 , seit 1750 +148%) und Lachgas (N_2O , seit 1750 +18%). Während sich der CO_2 -Anstieg seit 1995 markant beschleunigte, blieb die Zuwachsrate von N_2O seit 1980 konstant und die CH_4 -Zunahme verlangsamte sich seit Anfang der 1990er Jahre sogar (SPANDAU und WILDE 2008, 66, IPCC 2007, 5).

Eine besorgniserregende Veränderung brachten auch weitere Treibhausgase wie etwa Halogenkohlenwasserstoffe (z.B. FCKW), welche nicht natürlich, sondern aufgrund industrieller Erzeugung auftreten und zur Zerstörung der Ozonschicht beitragen (SPANDAU und WILDE 2008, 66).

3.2 Auswirkungen

3.2.1 Global

Messungen zeigen, dass weltweit eine Erwärmung der Erdoberfläche stattfindet. Zwischen 1906 und 2005 betrug die Temperaturzunahme $0,74^\circ\text{C}$, wobei der Anstieg in der zweiten Hälfte der Messperiode doppelt so groß war wie jener im gesamten, oben genannten hundertjährigen Zeitraum (SPANDAU und WILDE 2008, 67) und in den höheren nördlichen Breiten größer ist (siehe Abb. 10). So betrug etwa der mittlere Temperaturanstieg der letzten 100 Jahre in der Arktis fast doppelt so viel wie jener weltweit (IPCC 2007, 34) und im Alpenraum war die Erwärmung sogar in den letzten 50 Jahren doppelt so hoch (BAYERISCHE AKADEMIE LÄNDLICHER RÄUME E.V. 2008, 13). Langfristig betrachtet wird die Temperaturzunahme nahe dem Äquator lediglich $0,5^\circ\text{C}$ betragen während im arktischen Winter mit ca. 7°C „ein markantes Maximum“ erreicht werden wird (ARMBRUSTER 1994, 11).

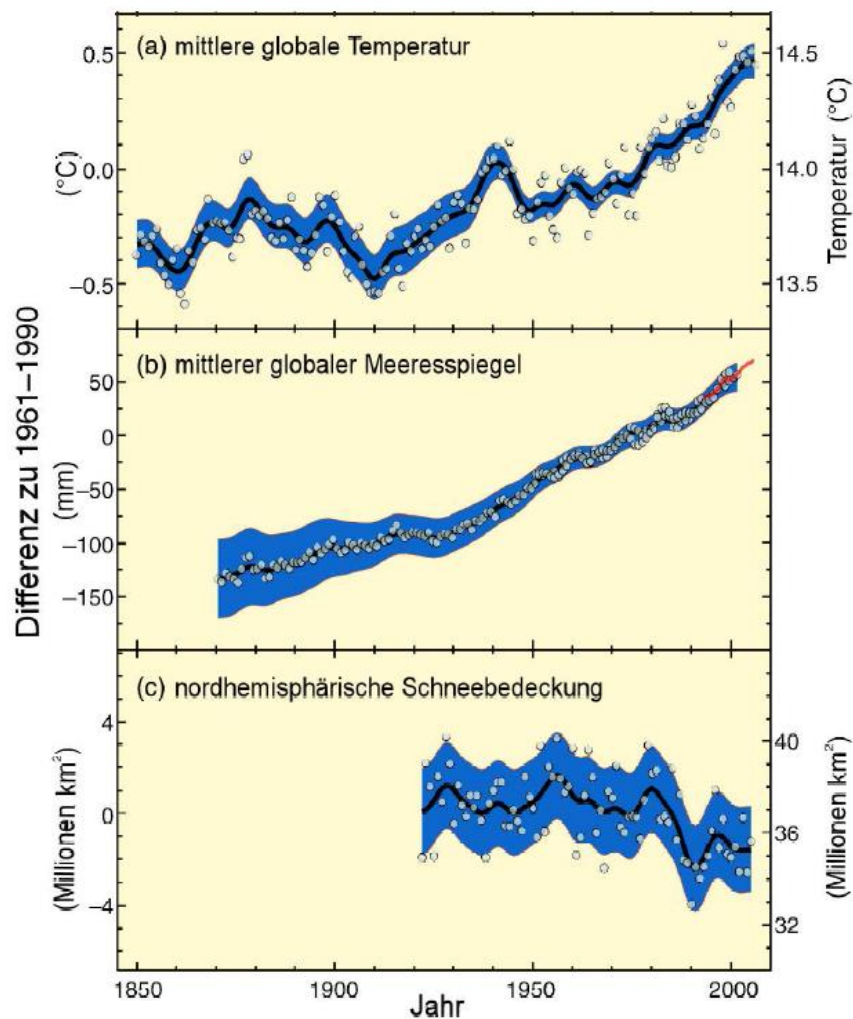


Abb. 10: Entwicklung der globalen Durchschnittstemperatur, des mittleren globalen Meeresspiegels und der Schneebedeckung der Nordhemisphäre (Quelle: IPCC 2007, 3)

Die Durchschnittstemperatur der Ozeane stieg bis in über 3000m Wassertiefe, mehr als 80% der dem Klimasystem zugeführten Wärme wurde von den Weltmeeren absorbiert (SPANDAU und WILDE 2008, 67, IPCC 2007, 34).

Auch bei den Niederschlagsmengen sind langfristige Änderungen zu verzeichnen. Die Simulationen der Niederschlagsentwicklung sind allerdings unsicherer als jene der Temperatur und zeigen „ein sehr differenziertes Bild von Veränderungen“ (ZAMG). Mit großer Wahrscheinlichkeit wird die Niederschlagssumme sowohl in den nördlichen Breiten als auch in den Tropen zunehmen. Im Mittelmeerraum und der Karibik beispielsweise wird die Niederschlagsmenge jedoch zurückgehen (ZAMG).

In den letzten 50 Jahren haben sich außerdem einige Wetterereignisse gehäuft bzw. intensiviert. So sind zum Beispiel kalte Tage, kalte Nächte und Frost über dem Großteil der Landflächen zurückgegangen, wohingegen sich heiße Tage und Nächte sowie Hitzeperioden gehäuft haben. Ebenso fand eine Zunahme schwerer Niederschlagsereignisse, welche Überschwemmungen zur Folge haben, in den meisten Teilen der Erde statt (IPCC 2007, 35).

In Bezug auf terrestrische Ökosysteme zeigt sich in vielen Gebieten ein früherer Frühlingsbeginn und die Verbreitung von Tier- und Pflanzenarten verschiebt sich in Richtung der Pole (IPCC 2007, 4 f.).

Doch neben den oben genannten zahlreichen Nachteilen durch den Klimawandel könnten auch einige Teile der Erde zumindest zeitweise davon profitieren. So etwa könnten die Ernteerträge in manchen Gebieten der mittleren Breiten zunehmen, wenn die Temperatur in den nächsten 100 Jahren weniger als 2°C ansteigt. Weiters könnte dort ein kräftigeres Holzwachstum eintreten (SPANDAU und WILDE 2008, 83).

3.2.2 Im Weinbau

Allgemein kann man sagen, dass die Erwärmung in den Weinbaugebieten auf der Südhemisphäre verglichen mit jenen auf der nördlichen Halbkugel aufgrund des geringeren Anteils an Landmasse langsamer erfolgt (GEMMRICH 2008, 23).

Grundsätzlich ist auf der Nordhalbkugel eine Ausdehnung des Weinbaus Richtung Norden sowohl in Europa als auch in Teilen Asiens und Nordamerikas möglich. Auf der Südhalbkugel gestaltet sich eine Erweiterung des Anbaubereiches aufgrund der fehlenden Landmasse schwieriger, lediglich in Südamerika wäre diese möglich (SCHULTZ et al. 2009, 15).

SCHULTZ et al. (2009, 15) erstellten Prognosen bis zum Jahr 2049, nach welchen Teile Nordamerikas, -afrikas und Vorderasiens sowie die südlichen Zonen der auf der Südhemisphäre liegenden Weinbaugebiete für den Weinbau zu hohe Temperaturen aufweisen würden (SCHULTZ et al. 2009, 15).

Einige Gebiete werden aber auch vom Klimawandel profitieren. Der Weinanbau unterlag in Österreich einer historischen Einschränkung durch niedrige Temperaturen. Kühle, feuchte Sommer und äußerst tiefe Temperaturen im Februar brachten für den Weinbau Risiken, welche durch den Erwärmungstrend erheblich zurückgehen und dadurch bedingte Missernten seltener machen werden (SCHILDBERGER et al. o.J., 1). DEJNEGA (2013, 24) meint, dass Weinbau in ganz Österreich (mit Ausnahme alpiner Regionen und Nordstaulagen) betrieben werden könnte, wenn man die Annahmen der Klimamodelle Remo und Aladin eintreffen. Auch Szenarien auf Basis des Temperatursummenindex nach Harlfinger oder Huglin zeigen, dass bezüglich der Temperatur keine Einschränkungen im gesamten Donautal, dem ganzen Burgenland sowie im Grazer Becken, der Südoststeiermark, dem Inn-, Rhein- und in Teilen des Salzkamptales zu erwarten sind (siehe Abb. 11). Thermisch gesehen wäre Weinbau schon heute auch in Teil des Alpenvorlandes, des Inntales und des oberösterreichischen Zentralgebietes möglich, hier limitieren allerdings zu hohe Niederschlagsmengen den Anbau (DEJNEGA 2013, 24). Auch die deutschen Weinanbaugebiete, in denen die Temperatur laut verschiedener Szenarien im Idealfall um 2°C steigt, werden begünstigt. Das bedeutet, dass die klimatischen Verhältnisse dort dann etwa jenen, welche heute im nördlichen Mittelmeerraum herrschen, entsprechen (GEMMRICH 2008, 22).

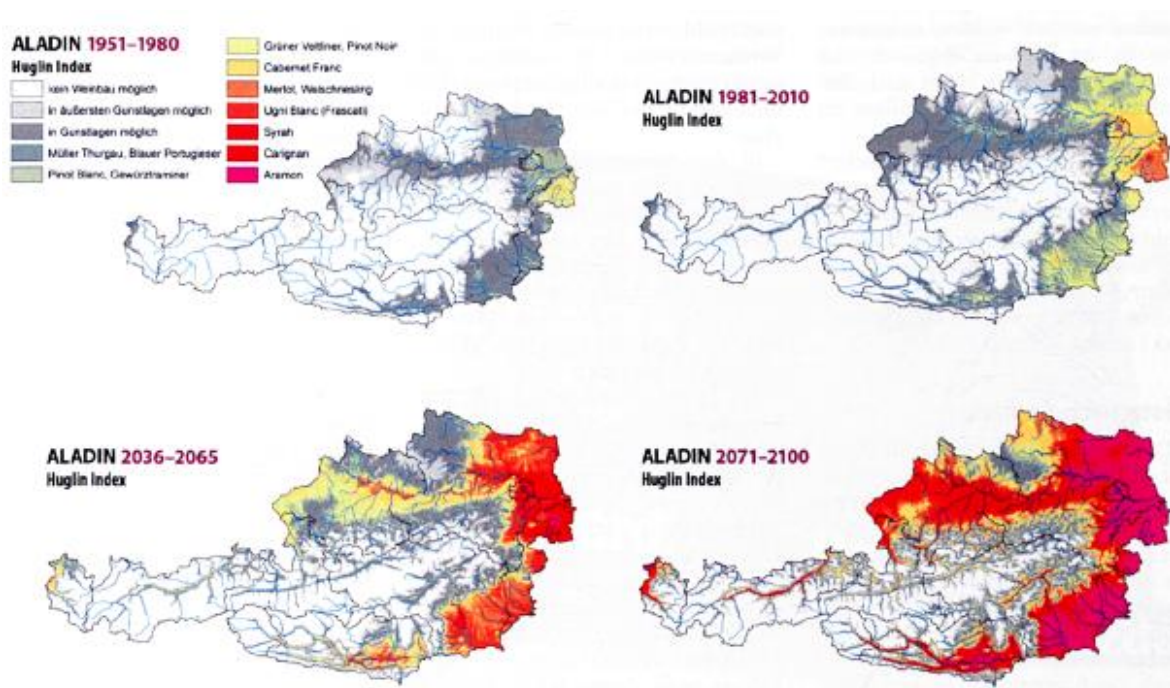


Abb. 11: Huglin Index auf Basis von Beobachtungsdaten für die Zeiträume 1951-1980 und 1981-2010 sowie auf Grundlage des Aladin-Szenarios für die Perioden 2036-2065 und 2071-2100 (FORMAYER 2013 nach DEJNEGA 2013, 23)

Die veränderten Bedingungen wirken sich positiv auf die Traubenreife aus, was aber auch ein Nachteil sein kann, weil diese dann früher beginnt und Zucker in nennenswerten Mengen in den Trauben eingelagert wird, wenn es wärmer ist (BECKER 2011, 22 f.). Untersuchungen der Sorte Riesling in Geisenheim ergaben, dass trotz des früheren Austriebes die Vegetationsdauer bei manchen Sorten (z.B. Müller Thurgau) in etwa gleich bleibt, später reifende Sorten wie der Riesling, Sylvaner und Burgundersorten können die durch die höheren Temperaturen ermöglichte längere Vegetationsperiode und den infolgedessen größeren Zeitraum zur Zuckereinlagerung aber positiv nutzen (HÖNIG und SCHWAPPACH 2003, 6).

Die „Grüne Lese“ bringt neben noch dichtbeerigeren Trauben und einem höheren Zuckergehalt häufig aber auch ein höheres Botrytisrisiko mit sich. Versuche mit den Sorten Riesling und Pinot Blanc ergaben, dass die Befallsstärke dabei zwischen 21 und 22,5°C am höchsten war (BECKER 2011, 22 f.). Mit der durch das bessere Wetter während der Blüte verbundenen geringeren Verrieselung kann der Packungsgrad der Trauben zunehmen (BECKER 2011, 23). Außerdem wird es auch eine Wanderung der Schaderreger wie z.B. Zikaden und Esca Richtung Norden geben, wodurch die durch klimatische Veränderungen begünstigten Gebiete nicht nur die oben genannten Vorteile hätten (HOFMANN et al. o.J., Folie 32).

Die klimatischen Veränderungen werden auf alle Fälle eine Verschiebung der für die jeweilige Zone geeigneten Rebsorten mit sich bringen (SCHULTZ et al. 2009, 16). Da die Eignung von Rebsorten primär von der Temperatursumme während der Vegetationsperiode abhängt, wird für die Einteilung dieser meistens der Huglin Temperatursummen-Index¹⁷ herangezogen, welcher allerdings den Nachteil hat, dass er lediglich die Mindesttemperaturanforderungen „einiger Hauptsorten und nicht über das klimatische Spektrum, für das diese geeignet sind“, Auskunft gibt (SCHULTZ et al. 2009, 16). Die festgelegten Intervalle beziehen sich auf ebene Flächen. Auf Hängen (vor allem nach Süden gerichtete) können abhängig vom Neigungswinkel noch anspruchsvollere Rebsorten gepflanzt werden (TRAPP et al. 2010, 13).

¹⁷ Um den Huglin-Index zu berechnen, „werden Tagesmitteltemperaturen über 10°C nach einer bestimmten Formel zu sogenannten Gradtagen aufsummiert und mit einem Faktor zur Tageslängenkorrektur versehen, sodass sich Standorte unterschiedlicher Breitenlage vergleichen lassen.“ (HUGLIN 1978 nach MAAß und SCHWAB 2011, 21).

Die prognostizierten Veränderungen in der Rebsortenwahl bis 2050 kann man gut in Abb. 12 erkennen, in welcher das IPCC-A1F1-Szenario herangezogen und eine Temperaturzunahme von 1,6 °C angenommen wurde. Deutlich lässt sich eine Verschiebung der Rebsorteneignung nach Norden und Osten erkennen (SCHULTZ et al. 2009, 16 f.).

Auch in Krems lässt sich ein positiver Trend erkennen. Im Zeitraum 1991-2000 betrug der Huglin-Index knapp über 1800, 2001-2010 lag er über 1900. Setzt sich der Trend wie prognostiziert fort, können zunehmend thermisch anspruchsvollere Sorten ausgesetzt werden (MAAß und SCHWAB 2011, 22).

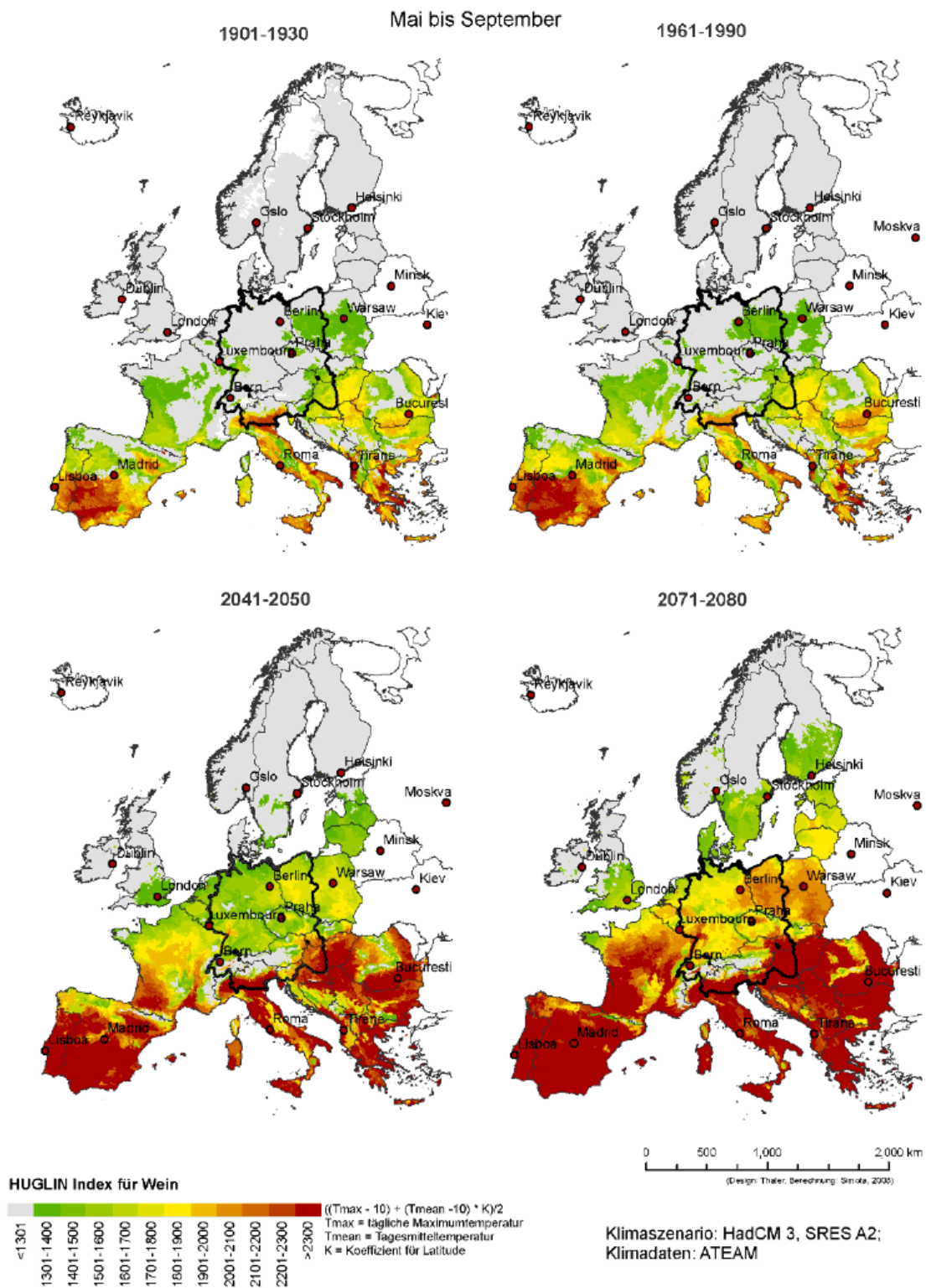


Abb. 12: Veränderungen des Huglin Index für Wein in Europa (EITZINGER et al. 2009, 211)

Folgende Sorten eignen sich bei den jeweiligen Werten für den Huglin Temperatursummen-Index:

Vorläufige Einteilung des Huglin-Index (HI) für kühlere Weinbauklimate		
Huglin-Index	Sorte (Deutschland)	Sorte (Europa)
1.300–1.400	Siegenerrebe, Ortega	
1.400–1.500	Müller-Thurgau, Bacchus	
1.500–1.600	Kerner, Portugieser, Regent	Gamay
1.600–1.700	Silvaner, Grauburgunder, Schwarzriesling	Chasselas, Pinot Meunier
1.700–1.800	Weißburgunder, Sauvignon Blanc, Spätburgunder	Sauvignon Blanc, Pinot Noir, Grüner Veltliner
1.800–1.900	Riesling, Scheurebe, Gewürztraminer	Chardonnay, Riesling, Tempranillo
1.900–2.000	Muskateller, Trollinger, Blaufränkisch	Merlot, Syrah, Viognier
2.000–2.100	Cabernet Cubin	Cabernet Sauvignon, Lagrein
2.100–2.200		Grenache, Cinsault, Sangiovese
2.200–2.300		Carignan, Trebbiano, Airen
2.300–2.400		Nebbiolo

Abb. 13: Einteilung der Sorten nach dem Huglin-Index (HUGLIN 1978 nach MAAß und SCHWAB 2011, 22)

Die zwingend notwendige veränderte Rebwahl könnte ein wirtschaftliches Problem darstellen, denn oft ist das Image einer Weinregion an eine einzelne oder wenige Sorten gekoppelt. So wird zum Beispiel der Grüne Veltliner in Österreich automatisch mit der Wachau assoziiert, Merlot verbindet man mit dem Médoc-Gebiet in Bordeaux und den Chardonnay mit Burgund (SCHULTZ et al. 2009, 16).

Außerdem ist der Anbau bestimmter Rebsorten innerhalb Europas häufig in Gesetzen festgehalten, welche an die sich ändernden, klimatischen Bedingungen angepasst werden müssten (SCHULTZ et al. 2009, 15).

Weiters bringt der Temperaturanstieg höhere Risiken für die Herstellung von Eiswein mit sich (HOFMANN et al. o.J., Folie 30).

Ebenso wird der frühere Auftrittszeitpunkt von Oidium und Peronospora einen größeren Infektionsdruck bewirken und die steigende Populationsdichte und der damit

einhergehende „Befallsdruck der Wicklerarten, Spinnmilben u.s.w.“ wird sich erhöhen (HOFMANN et al. o.J., Folie 32).

3.3 Anpassungsmöglichkeiten im Weinbau

Die effizientesten Möglichkeiten, um auf veränderte Klimabedingungen zu reagieren, stellen einerseits eine angepasste Bodenbewirtschaftung und andererseits eine Ertragsregulierung dar (OCHßNER 2004, 42). Diese und andere Anpassungsmöglichkeiten werden im folgenden Kapitel vorgestellt.

3.3.1 Bodenbearbeitung im Klimawandel

Es ist unumstritten, dass die Bodenpflege einen essentiellen Einfluss auf den Traubenertrag, die –qualität und die –gesundheit hat. Denn bei der richtigen Wahl der Bodenbearbeitungsmethode kann die Nährstoff- und Wasserversorgung der Weinstöcke optimiert und Stress reduziert werden (WALG 2009, 25, STEURER 2003, 23). Die Bodenbewirtschaftung ermöglicht den WinzerInnen in folgenden vier Bereichen entscheidenden Einfluss zu nehmen:

- Wasserversorgung
- Nährstoffhaushalt
- Wurzelwachstum
- Bodenstruktur (OCHßNER 2004, 43)

Im folgenden Kapitel soll auf die Anpassungsmöglichkeiten in der Bodenbearbeitung, welche sich für WeinbauerInnen ergeben, näher eingegangen werden. Es gibt aufgrund der unterschiedlichen Bodenbeschaffenheiten an verschiedenen Standorten zwar kein Patentrezept, denn eine bestimmte Art der Bodenpflege kann für eine Riede positiv, für andere negativ sein, es gibt aber eine Reihe von Maßnahmen, die beachtet und je nach Standort flexibel angewendet werden müssen (WALG 2009, 25).

Grundsätzlich soll die Bodenpflege für eine gute Befahrbarkeit der Weingärten sorgen und den Reben eine optimal genutzte Wasser- und Nährstoffversorgung ermöglichen, was erstens in engem Zusammenhang mit der Bodenfeuchte, zweitens mit der richtigen Wahl des Bearbeitungszeitpunktes und der –intensität steht und drittens auch von der Nährstoffverfügbarkeit und –freisetzung abhängig ist. Den Niederschlag betreffend geht der Trend hin zu längeren Trockenperioden in den Sommermonaten (WALG 2009, 25; SCHÖNWIESE und JANOSCHITZ 2008 nach SCHULTZ et al. 2009, 17), was auch bei den Bodenpflegemaßnahmen bedacht werden muss, denn bei einem Wasser- und Nährstoffmangel geht die Bildung von Inhaltsstoffen stark zurück.

Der Primärstoffwechsel des Weinstockes, besonders die Zuckereinlagerung, wird erst mit zunehmender Mangelversorgung deutlich vermindert. Ein ernsthaftes Problem stellt allerdings die reduzierte Bildung von Aminosäuren, vor allem von Arginin, dar, welche als „wichtigste und nicht durch Gärsalzzugabe ersetzbare Stickstoffquelle der Hefe“ in Kombination mit weiteren Faktoren bei Weißweinen zu Gärproblemen und niedrigerer Qualität führen kann (LÖHNERTZ nach FOX 2006b, 12). Außerdem nimmt das Alterungspotenzial von Weißweinen ab. Bei Rotweinsorten steigt die Qualität tendenziell sogar etwas bei leichtem Wasser- und Nährstoffmangel (LÖHNERTZ nach FOX 2006b, 12).

Am meisten beeinträchtigt von den Klimaveränderungen werden sonnenexponierte Rieden auf leichten Böden mit guter Erwärmbarkeit. Die große Sonneneinstrahlung hat eine starke Bodenerwärmung zur Folge, die wiederum viel Wasser verdunsten lässt, während wenig gespeichert wird. Da diese Standorte aber qualitativ gutes Traubenmaterial hervorbringen, sind Problemlösungen für solche Rieden anzustreben (WALG 2009, 26f.). Möglichkeiten in Bezug auf die Bodenbewirtschaftung zur Erhöhung der Wasserspeicherung im Boden wären zum Beispiel das Bedecken mit grobem, stickstoffarmem organischem Material (PRIOR nach FOX 2006b, 14, WALG 2009, 26f.) wie Stroh. Außerdem wird durch diese Maßnahmen der Oberflächenabfluss reduziert (WALG 2009, 26 f.) und die Erwärmung des Bodens im Frühjahr verzögert, wodurch etwa einem frühen Austrieb entgegengewirkt werden kann. Im Sommer wird durch Mulchbedeckung die Bodenverdunstung reduziert und Bodentemperaturschwankungen werden minimiert. Bodenbedeckung wirkt sich außerdem durch die ausgewogene Wasser- und Nährstoffversorgung auch positiv auf das Bodenleben sowie auf das Rebwachstum aus. Ein Nachteil ist aber ein erhöhtes

Spätfrostisiko durch die verringerte nächtliche Wärmeabgabe des Bodens in tiefen Lagen (BAUER 2008 nach EITZINGER et al. 2009, 297).

3.3.1.1 Frühjahr und Frühsommer

Mit den klimatischen Veränderungen kommt es im Frühjahr und Frühsommer immer öfter zu äußerst trockenen Witterungsperioden (JÖRGER et al. 2010a, 1). Die primären Ziele der Bodenbewirtschaftung sind daher die Schonung der Bodenwasservorräte, die Sicherstellung der Stickstoffversorgung und die Reduktion von Trockenstress (WALG 2009, 25).

WALG (2009, 25) beispielsweise vertritt die Meinung, dass Winterbegrünung (siehe Abb. 14), natürlich oder eingesät, in jeder Gasse „zukünftig ein Muss“ ist, denn sie sorgt dafür, dass die Nitrat-N-Freisetzung im Herbst und Winter durch Mineralisation reduziert, Nitrat-N gebunden und damit die Auswaschung minimiert wird.

FOX (2006a, 11) jedoch vertritt den Standpunkt, dass Winterbegrünung in jeder Zeile ebenso ungeeignet ist wie permanente, ganzflächige Dauerbegrünung. Nach dem ÖPUL 2013¹⁸ (ÖSTERREICHISCHER WEINBAUVERBAND 2007, 1) ist Begrünung bzw. Bodenbedeckung im Weinbau zumindest vom 1. Nov. bis 30. April in Rieden mit einer Hangneigung $\leq 25\%$ verpflichtend (ÖSTERREICHISCHER WEINBAUVERBAND 2007, 1).

¹⁸ Weinbaubetriebe können am „Österreichischen Programm zur Förderung einer umweltgerechten, extensiven und den natürlichen Lebensraum schützenden Landwirtschaft“ teilnehmen und erhalten im Gegenzug finanzielle Förderungen (ÖSTERREICHISCHER WEINBAUVERBAND 2007, 1).



Abb. 14: Inkarnat-, Gelb-, Weißklee und Leindotter als zeitweise Begrünung (Quelle: DEIM 2012)

Im Laufe des Frühjahrs müssen Winterbegrünungen gemulcht werden, wobei die Mulchschicht vorübergehend belassen werden kann. Dies reduziert die Wasserverdunstung des Bodens und vermindert vorübergehend das Unkrautwachstum. Eine Einarbeitung der Mulchschicht, die später und flacher erfolgt, begünstigt die Mineralisation und fördert die Nährstoffversorgung während des Sommers, wodurch häufig keine Stickstoffdüngung mehr notwendig ist (WALG 2009, 25).

Im späten Frühjahr bzw. Frühsommer werden offene Gassen nur zwecks Kapillarzerstörung und damit verbundener geringerer Wasserverdunstung des Bodens bearbeitet (WALG 2009, 25f.), denn eine ausgiebige Bodenbearbeitung im Frühjahr gefährdet einerseits den Bodenzustand und andererseits auch die Gesundheit der Trauben, das heißt die Gefahr der Stickstoffübersversorgung der Rebe steigt. Versuche ergaben, dass eine größere Stickstoffübersversorgung die Schäden durch Essigfäule erhöht und einen Ertragsverlust bewirkt hat (JÖRGER et al. 2010b, 28 f.).

WALG (2009, 25f.) meint, eine flache Bearbeitung (<15cm) schwäche das Unkrautwachstum ab und fördere die Mineralisation. Außerdem sei sie wichtig, um die Wasservorräte, welche durch Winterniederschläge gespeichert werden, schon in Hinblick auf Trockenperioden während heißer Sommer zu schonen, indem unnötige Wasserverdunstung des Bodens verhindert wird.

JÖRGER et al. (2010a, 3) hingegen vertreten den Standpunkt, dass „ein Eingriff in die Bodenstruktur zum Vegetationsbeginn der Rebe bzw. nach einer relativ trockenen Frühjahrswitterungsperiode, wenn er auch (...) nur sehr flachgründig mit einer Kreiselegge durchgeführt wird“, hinterfragt und unter Berücksichtigung der zukünftigen Veränderungen des Klimas vor allem in Rieden auf Hängen unterlassen werden sollte. Die Frühjahrbodenbearbeitung habe nicht nur negative Auswirkungen auf die Reben, sondern bedeute zudem eine Störung der Biodiversität in den Weingärten, infolge welcher die Eigenregulierung des Weinbergsystems angegriffen würde. Alternativ kann statt der Bodenbearbeitung im Frühjahr eine Tieflockerung im Herbst in Verbindung mit Spur-, Über- oder flacher Einsaat von Mischungen mit hohem Leguminosenanteil vorgenommen werden (JÖRGER et al. 2010a, 3).

3.3.1.2 Hoch- und Spätsommer

Im Sommer ist ebenfalls auf eine Schonung der Bodenwasservorräte zu achten, aber vor allem sollte durch die Bodenpflege eine Mineralisation nicht begünstigt werden, denn größere Stickstofffreisetzungen in der Reifeperiode können das Traubenmaterial schädigen (WALG 2009, 26).

Ein weiteres Problem, welches es zu vermindern gilt, ist die Bodenerosion (siehe Kapitel 3.3.7), selbst in eher flachen Rieden. In Hinblick auf Lesen mit Traubenvollerntern muss auf eine hohe Tragfähigkeit geachtet werden, welche besonders während Trockenperioden wieder durch flache Bodenbearbeitung gefördert wird. Leichter Unkrautbewuchs ist bei ausreichender Bodenfeuchte tolerabel. Im Spätsommer sollte bei starkem Unkrautwachstum entweder gemulcht oder gewalzt werden (WALG 2009, 26).

Somit ist jede Bodenbewirtschaftung ab August, idealerweise ab Juli, einzustellen. Die Zeilen sollten ab diesem Zeitraum mit einem natürlichen Bewuchs belassen werden. Alternativ kann zwischen Mitte August und Anfang September Winterbegrünung angebaut werden (WALG 2009, 27).

3.3.1.3 Herbst und Winter

Werden die Böden der Rebanlagen im Herbst oder Winter bearbeitet, führt das zu den größten ökologischen Schäden. Denn dies verstärkt nicht nur Erosion, sondern fördert auch Mineralisation und die damit verbundene N-Freisetzung. Da in der Winterperiode Pflanzen keine bzw. nur geringe Mengen an Stickstoff aufnehmen sowie nach einer Bearbeitung keine Pflanzen mehr vorhanden sind, die den Stickstoff aufnehmen könnten, wird der Stickstoff in Form von Nitrat ausgewaschen (WALG 2009, 27f.).

Dieses Problem wird sich durch die prognostizierten milderen und feuchteren Winter in den nächsten Jahren durch den Klimawandel verstärken. Eine Untersuchung zu dieser Thematik beinhaltet Probenentnahmen in 24 Weinbergen im April und November, bei denen in Bad Kreuznach minimale Stickstoffgehalte aus dem Wasserschutzgebiet ermittelt werden. Diese Werte zeigen kurz vor Jahresende dramatisch hohe Werte (=niedriger N-

Gehalt), wobei der Trend noch weiter nach oben zeigt. Interessanterweise ist im April durch eine Stickstoffverlagerung eine mehr oder weniger große Abnahme des Stickstoffgehaltes festzustellen (WALG 2009, 28).

Ein weiterer Nachteil der Bodenbearbeitung im Winter ist der dadurch bewirkte Humusabbau, der vor allem auf leichten Böden mit guter Erwärmbarkeit besonders groß ist. An diesen Standorten, besonders wenn sie einer starken Sonneneinstrahlung ausgesetzt sind, werden die Folgen der Klimaveränderung besonders bemerkbar sein (WALG 2009, 28 f.)

Die sich ändernden klimatischen Verhältnisse erfordern ein Umdenken in der Art der Bodenpflege (WALG 2009, 28):

- Bearbeitung des Bodens im Herbst und Winter ist ökologisch unverantwortlich. Deshalb ist nach dem ÖPUL 2007 Bodenbearbeitung zwischen November und April zu unterlassen bzw. nur in Ausnahmefällen gestattet (ÖSTERREICHISCHER WEINBAUVERBAND 2007, 1).
- Verdichtungen sollten erst im März/April beseitigt werden (falls unbedingt nach dem Herbst notwendig, sollten starre Lockerer verwendet werden – keine intensive Durchmischung des Bodens wie etwa durch Spatengeräte)
- Winterbegrünung ist in Zukunft unbedingt notwendig.

Die Stickstoff-Minimalwerte betreffend erweist sich ein Bodenpflegesystem, bei welchem jede Zeile begrünt ist, am idealsten. Die Mineralisation hält sich in Grenzen und es werden keine hohen Stickstoffmengen freigesetzt, selbst über den Winter ist das $N_{\min}$ -Niveau im akzeptablen Bereich. Das heißt, vom ökologischen Standpunkt her ist die Begrünung aller Zeilen optimal, aus Wasserkonkurrenzgründen ist sie allerdings an trockenen Standorten nicht geeignet (WALG 2009, 29).

Auch die Begrünung jeder zweiten Zeile (siehe Abb. 15) wirkt sich positiv auf den $N_{\min}$ -Gehalt aus. Dieses Bodenbearbeitungssystem ist allerdings nur sinnvoll, wenn einerseits der Humusgehalt nicht zu hoch ist, das heißt zwischen 2 und 2,5% liegt. Ansonsten würde die Stickstofffreisetzung gefördert. Andererseits darf keine übermäßig intensive Bearbeitung im Frühjahr und –sommer erfolgen und im Hochsommer muss die

Bearbeitung rechtzeitig eingestellt werden, damit der Weg für die Entwicklung einer frühzeitigen Spontanbegrünung frei ist (WALG 2009, 29).



Abb. 15: Begrünung jeder zweiten Zeile (Quelle: DEIM 2012)

3.3.2 Bewässerung

Die steigenden Temperaturen und die damit zunehmende Wasserverdunstungsrate und sinkende Wasserverfügbarkeit sowie teilweise starke Verschiebungen in der Verteilung des Niederschlags machen in immer mehr Weinbaugebieten gegenwärtig bzw. zukünftig eine künstliche Bewässerung notwendig. Diese soll vor allem eine Qualitätssteigerung der Trauben bewirken, aber auch eine längere Standzeit und einen schnellen, verlässlichen Bestandesaufbau in Junganlagen mit einem noch spärlich entwickeltem Wurzelsystem ermöglichen (GEYRHOFER 2011, 10, RUPP 2009, 15 f., BAUER 2008 nach EITZINGER et al. 2009, 297, BURGER et al. 2010, 11f.). Untersuchungen zeigen zwar, dass derzeit die Zunahme des Bodenwasserdefizits¹⁹ durch leicht zunehmende Niederschlagsmengen in Ostösterreich (speziell für Krems siehe Kapitel 5.2.3) kompensiert wird. Den regionalen Klimamodellen zufolge könnte sich der Trend ansteigender Niederschlagsmengen in den nächsten 50 Jahren allerdings umkehren, wodurch Bewässerung längerfristig aufgrund der sommerlichen Trockenstressperioden an Bedeutung gewinnen würde (SOJA et al. 2010, 6).

Vor allem flachgründige Böden, wie sie häufig an den sonnenexponierten, steilen Hängen in Flusstälern zu finden sind, „skelettreiche Terrassenanlagen“, Sandböden und die Weingärten im Regenschatten haben oft mit Wasser- und Nährstoffmangel zu kämpfen (RUPP 2009, 15 f.).

Die Schwierigkeiten bei Bewässerungsanlagen liegen beim richtigen Einsatz, denn es ist unerlässlich, die Rebphysiologie zu beachten (RUPP 2009, 15). Im Sinne der Qualität sollte eine quantitative Steigerung des Ertrages vermieden werden, indem auf frühzeitige Bewässerung verzichtet wird (PRIOR nach FOX 2006b, 14).

Grundsätzlich wirkt sich der Grad der Wasserversorgung direkt auf die Beeren aus, je nachdem in welchem Entwicklungsstadium sie sich befinden (RUPP 2009, 15).

Eine zu große Wasserzufuhr hat vor allem direkt nach der Blüte und in den späteren Wochen der Reifephase negative Konsequenzen. Grundsätzlich sollte nur bewässert werden, wenn ohne Wasserzufuhr die Inhaltsstoffbildung der Trauben gefährdet ist oder

¹⁹ Bodenwasserdefizit = wenn Evapotranspiration (Bodenverdunstung und Transpiration der Pflanzenblätter) > nutzbare Niederschlagsmenge (Gesamtniederschlag - oberirdische Verluste (Oberflächenabfluss und Interzeption durch Vegetation)) (SOJA et al. 2010, 6)

der Rebwuchs wegen der erschöpften Bodenwasservorräte langfristig geschädigt werden würde, was allerdings in der Praxis etwa aufgrund unerwarteter Regenfälle oft schwierig umzusetzen ist. Es gibt zwar zahlreiche Vorschläge, wie man Weingärten mit physiologischer Präzision bewässern kann, doch scheitern diese meist mangels praktikabler Einfachheit. So wurden beispielsweise Bodenfeuchtefühler entwickelt, Wasserpotentialmessungen durchgeführt und Versuche bezüglich der Nutzung der klimatischen Wasserbilanz angestellt. Die entwickelten Modelle und Messinstrumente hielten aber dem Test in der alltäglichen Praxis der WinzerInnen nicht stand (RUPP 2009, 15 ff.).

Eine Befragung unter WeinbauerInnen ergab, dass diese die Bewässerung von persönlichen Beobachtungen des Wasserhaushaltes im Weingarten und bestenfalls noch von Wetterprognosen abhängig machten (RUPP 2009, 15).

Der Bau von Bewässerungsanlagen ist mit einem enormen Kosten- und Energieaufwand verbunden, ganz zu schweigen von den vielerorts ungelösten Fragen der Wasserentnahme und –speicherung (SCHULTZ et al. 2009, 17). Ein Brunnenbau, das Verlegen von Zuleitungen oder der Tankwagentransport bringen dann häufig noch zusätzliche Kosten. Außerdem haben sich die WinzerInnen an wasserrechtliche Richtlinien zu halten, weil „die Wasserentnahme aus Oberflächengewässern und Grundwasser erlaubnispflichtig ist“ (RUPP 2009, 15). Ob sich der Aufwand tatsächlich lohnt, hängt primär von der Effizienz ab, mit welcher die Bewässerung eingesetzt wird. Diese wird durch unerwartete Niederschläge verringert und kann bei einer zu großen Wasserzufuhr zu Schäden durch Fäulnis und „wüchsigen Beständen mit kompakten Trauben“ führen (RUPP 2009, 16). Weiters stellt sich die Frage nach dem Vermahlungsmehrwert der Trauben (Traubengeldauszahlung ist vom Mostgewicht abhängig). Ist es dem Winzer/der Winzerin möglich, bei gleichbleibendem Ertrag die Qualität der Trauben zu steigern, rechnet sich die Anschaffung einer Bewässerung mittelfristig auch finanziell (RUPP 2009, 16).

Bei der Überlegung, ob eine Bewässerung notwendig ist, muss die Tatsache berücksichtigt werden, dass Weißweinsorten bezüglich der Aromausprägung viel empfindlicher auf längere Trockenphasen reagieren als rote Rebsorten (SCHULTZ et al. 2009, 17) und auch die Haltbarkeit der Weißweine durch größere Trockenperioden reduziert wird (HOFMANN et al. o.J., Folie 31).

Als ideal gelten druckkompensierte Tropfsysteme (siehe Abb. 16). Der Wasserverbrauch ist bei der Tropfbewässerung vergleichsweise minimal und durch die geringe Verdunstung kann die Rebe die Wasserzufuhr effizient aufnehmen. Auch die Überversorgung kann durch die geringe Wassergabe pro Tropfer selbst bei darauffolgenden Niederschlägen gering gehalten werden. Weiters gibt es keine phytosanitären Probleme (REUTHER nach FOX 2006b, 12), weil die Beeren nicht benetzt werden (BAUER 2008 nach EITZINGER et al. 2009, 297).



Abb. 16: Tropfbewässerung (Quelle: RUPP 2009, 16)

Die Meinungen über gleichzeitige Nährstoffzugaben bei der Bewässerung, eine sogenannte Fertigation, gehen auseinander. Vor allem die Kaliumversorgung muss gesichert sein, denn diese wirkt sich sowohl positiv auf die Weinqualität als auch auf die Resistenz gegen Trockenstress aus (BAUER 2008 nach EITZINGER et al. 2009, 297).

Laut den Resultaten aus Versuchen bringt eine düngende Bewässerung allerdings nicht den erwarteten großen Nutzen, vor allem weil innerhalb der Rebflächen die Böden und die Wüchsigkeit oft große Unterschiede aufweisen, worauf mit den üblichen Tropfersträngen keine Rücksicht genommen werden kann (RUPP 2009, 14).

3.3.3 Ertragsregulierung

Da der Bedarf an Wasser und Nährstoffen direkt mit der Ertragsmenge in Zusammenhang steht, ist die Ursache von Trockenstress häufig bei einem überhöhten Ertrag zu suchen. Je mehr Trauben an einem Stock hängen, desto stärker ist der Konkurrenzkampf um das verfügbare Wasser. Auf den ersten Blick scheint eine Ertragsreduktion die Lösung zu sein, doch bei genauerem Hinschauen kann man feststellen, dass zu wenige Trauben zu Fäulnis und Essigstich führen können. Daher ist es wichtig, das richtige Maß der Reduktion zu finden, was schwierig ist, weil der Witterungsverlauf oft schwer vorherzusagen ist (OCHßNER 2004, 46).

Zum Beeinflussen des Ertrages können folgende Maßnahmen durchgeführt werden:

1. Anschnitt (unter Berücksichtigung der Stockbelastung – aus dem Vorjahr gestresste Stöcke schonen)
2. Ertragsregulierende Maßnahmen: Ausbrechen im Mai, kein Entblättern im Juni/Juli, aber Reduktion des Traubenbestandes, gegebenenfalls im September weiter reduzieren (OCHßNER 2004, 46)

3.3.4 Verzögerung des Erntezeitpunktes

Das mit den klimatischen Veränderungen einhergehende größere Energieangebot bewirkt nach vorne verschobene phänologische Rebstadien (FOX 2006a, 10), worauf durch eine zeitlich angepasste Verschiebung von Pflege- und Erntearbeiten reagiert werden muss (BAUER 2008 nach EITZINGER et al. 2009, 297).

Zweifellos wird sich in unserem Klimabereich der Lesezeitpunkt um etwa 2 Wochen früher einstellen, was insofern problematisch ist, weil zu hohe Temperaturen zum Erntezeitpunkt in Verbindung mit hohen Niederschlägen ein höheres Fäulnis- und Essigstichrisiko mit sich bringen (HOFMANN et al. o.J., 30).

3.3.4.1 Neuanlagen

Bei Neuanlage von Weingärten kann der/die WinzerIn den Reifeverlauf der Trauben zum Beispiel durch Auspflanzen von Stöcken mit anderen Unterlagsreben verzögern (PETGEN 2007, 20 ff.). Hinsichtlich der zunehmenden Trockenheit ist dies bei einer mittleren Nutzungsdauer eines Weingartens von 30 Jahren eine wichtige Entscheidung (BAUER und FARDOSSI 2008 nach EITZINGER et al. 2009, 296).

Die derzeit gebräuchliche Kreuzung *Vitis berlandieri* x *V. riparia* fördert nämlich die Reife, die vor allem im Mittelmeerraum verwendeten *Vitis berlandieri* x *Vitis rupestris*-Kreuzungen verzögern hingegen den Reifezeitpunkt. Diese Arten sind trockenstressresistenter, haben ein höheres Wasseraufnahmevermögen und sind dadurch besser für die bevorstehenden klimatischen Veränderungen geeignet. Ein Nachteil ist aber definitiv ihre starke Wuchskraft, welche in gewissen Jahren eine erhöhte Botrytisanfälligkeit mit sich bringt (PETGEN 2007, 20). Die häufig verwendete Unterlagensorte SO4 sollte zukünftig nicht mehr ausgesetzt werden, wenn keine idealen Bodenverhältnisse gegeben sind bzw. Bewässerung nicht möglich ist. Besser sind stattdessen Berl.xRip. 5BB, 110 Richter, 1103 Paulsen und 140 Richter sowie Börner und Fercal (BAUER und FARDOSSI 2008 nach EITZINGER et al. 2009, 296).

Eine andere Möglichkeit der Anpassung bietet die Klonenauswahl. Besonders gut eignet sich dafür etwa die Sorte Spätburgunder, deren lockerbeerige Klone später geerntet werden, da die Erntemenge und der Säuregehalt höher sind (PETGEN o.J. nach SCHULTZ et al. 2009, 25).

Weiters wird auch die Wahl jener Sorten, welche sich besser für die jeweiligen sich ändernden klimatischen Bedingungen eignen, immer wichtiger (siehe 3.2.2). Zukünftig werden etwa Eigenschaften wie Resistenz gegen wärmeliebende Schädlinge und längere Trockenperioden ebenso wie dickere Beerenhäute wichtig sein (PETGEN o.J. nach SCHULTZ et al. 2009, 25). Grundsätzlich sind Rotweinsorten trockenstressresistenter als Weißweinsorten, Zweigelt und Grüner Veltliner sind beispielsweise trockenstressempfindlicher als Cabernet Sauvignon und Chardonnay (BAUER und FARDOSSI 2008 nach EITZINGER et al. 2009, 296).

Nicht zuletzt werden sonnenexponierte Südhänge nicht mehr als die optimalen Rieden schlechthin gelten, sondern auch Höhen- und Schattenlagen sowie Nordhänge eher bepflanzt werden, weil diese in sehr trockenen Jahren einige Vorteile haben. Weniger wichtig ist dabei die geringere Sonneneinstrahlung, vielmehr spielt die „Wasserhaltekraft des Bodens und eine tiefgründige Bewurzelung der Reben“ eine Rolle, welche mit einer zunehmenden Verschiebung der Niederschläge in die Wintermonate an Bedeutung gewinnt (PETGEN o.J. nach SCHULTZ et al. 2009, 25).

3.3.4.2 Rebschnitt

Eine Verzögerung des Erntezeitpunktes ließe sich etwa auch mit einem höheren Anschnitt und damit verbundenen höheren Erträgen erreichen, allerdings ist bei dieser Methode die ideale Ausreife wegen des ungünstigeren Blatt-Frucht-Verhältnisses nicht gegeben (PETGEN o.J. nach SCHULTZ et al. 2009, 25).

Daher würde der Minimalschnitt einen Lösungsansatz darstellen (siehe Abb. 17 und 18, PETGEN o.J. nach SCHULTZ et al. 2009, 25). Die höhere Traubenanzahl pro Stock mit vielen kleinen Beeren, die zudem eine dickere Haut haben und lockerer angeordnet sind, ermöglicht nicht nur eine spätere Ernte, sondern haben auch einen positiven Einfluss auf das Botrytisrisiko (HOLEY 2012, PETGEN o.J. nach SCHULTZ et al. 2009, 25, BECKER 2009, 7) und die Aromaqualität von Weißweinen. Die Lese wird durch diesen Schnitt wegen der vielen Trauben allerdings extrem erschwert (BECKER 2009, 7).

Im Qualitätsweinbau ist der Minimalschnitt aufgrund mangelnder Erfahrungen allerdings eine noch nicht zu empfehlende Erziehungsform (BAUER 2008 nach EITZINGER et al. 2009, 299).



Abb. 17 Minimalschnitt
(Quelle: HOLEY 2012)



Abb. 18: Minimalschnitt
(Quelle: BECKER 2009)

3.3.4.3 Laubarbeit

Eine weitere, jedoch sehr riskante Möglichkeit zur Verschiebung der Reife ist eine niedrigere Laubwand. Weniger Blätter ermöglichen eine bessere Belichtung und durch das reduzierte Blatt-/Fruchtverhältnis ginge auch die Photosyntheseleistung zurück, was wiederum eine Reifeverzögerung nach sich zieht. Das Problem ist allerdings, dass in normalen Jahren die Trauben nicht ganz reif werden (PETGEN o.J. nach SCHULTZ et al. 2009, 25).

Eine intensive, späte Teilentblätterung kann ebenfalls die Reife verzögern (PETGEN o.J. nach SCHULTZ et al. 2009, 25), allerdings nimmt die Assimilationsleistung der Rebe aufgrund der geringeren Blattfläche ab und das Mostgewicht fällt niedriger aus (BAUER 2008 nach EITZINGER et al. 2009, 299).

Keinesfalls darf jedoch eine zu starke Entblätterung erfolgen, da das Blattgewebe und die Beerenhaut sehr empfindlich auf hohe Temperaturen reagieren. Dies ist vor allem auf der sonnenzugewandten Seite der Fall. Um aber eine ausreichende Durchlüftung sicherzustellen, sollten zuerst die inneren Blätter ausgebrochen werden, denn dies bringt bei zeitgerechter Durchführung eine Reihe von Vorteilen mit sich (BAUER 2008 nach EITZINGER et al. 2009, 297):

- Verbessertes Mikroklima
- Gewebehärtung
- „Applikationsqualität von Pflanzenschutzmitteln“
- Reduktion der Sonnenbrandgefahr

3.3.4.4 Weitere Maßnahmen

Eine weitere Möglichkeit zur Verzögerung stellen späte Kupferbehandlungen dar, die weiters zu reintönigeren Weinen führen. Allerdings sind die Effekte aus heutiger Sicht trotz niedrigerem quantitativen Aufwand im Vergleich zur Vergangenheit nicht mehr zielführend. Außerdem ist der Einsatz von Kupfer aus ökologischer Sicht ungünstig, weil der Abbau des anorganischen Elements im Boden nicht möglich ist und „an den Ton-Humus-Komplex gebunden“ wird, „weshalb die Cu-Applikationen keinen Lösungsansatz

zur Reifesteuerung darstellen“ (PETGEN o.J. nach SCHULTZ et al. 2009, 25). Weiters haben Studien belegt, dass hohe Kupferaufwandmengen Gärstörungen begünstigen (PETGEN o.J. nach SCHULTZ et al. 2009, 25).

Voraussichtlich wird 2013 eine Kupfer-Richtlinie erarbeitet werden, welche die Anzahl der Kupferanwendungen in Bezug zum Kupfergehalt im Boden setzen wird. Das heißt, nach einer Bodenuntersuchung im Weingarten wird die maximale Anwendungsmenge von Reinkupfer pro ha pro Jahr vorgegeben (DEIM 2013).

Ein interessantes, jedoch sehr kostspieliges und bei der Bewirtschaftung störendes Instrument, welches in der Praxis noch nicht angewendet wird, stellt die Folienabdeckung dar. Aufgrund des verstärkten UV-Strahlungsaufkommens in den letzten Jahren führte die Forschungsanstalt Geisenheim Untersuchungen über dessen Einflüsse durch. Dabei stellte sich heraus, dass die mit einer Absorber-Folie beschatteten Beeren weniger gelbe Farbstoffe, dafür aber mehr Grüntöne aufwiesen, was in der Folge zu einer verzögerten Reife führte (PETGEN o.J. nach SCHULTZ et al. 2009, 25).

3.3.5 Maßnahmen gegen das erhöhte Botrytisrisiko

Wie bereits erwähnt, steigt durch die wärmeren Temperaturen während der Reifephase und gleichzeitiger Feuchte das Risiko eines Botrytisbefalls. Neben den herkömmlichen prophylaktischen Maßnahmen wie einer rechtzeitig durchgeführten Laubarbeit (Entfernen von Doppel- und Kümmertrieben sowie Entblättern der Traubenzone) oder gemäßigter Ausdünnung der Trauben und den chemischen Behandlungsmethoden (Botrytizide) (JÖRGER et al. 2010a, 6, BAUER 2002, 287, BAUER 2008 nach EITZINGER 2009, 258) sowie dem Vermeiden einer Tiefbearbeitung des Bodens (besser nur mulchen und 40kg N/ha), empfiehlt BECKER (2011, 23) den Zeitraum zwischen Ausdünnung und Lese kürzer zu gestalten. Dadurch wird die Gesundheit der Trauben möglichst lang erhalten und trotzdem kann die Aromaintensität erhöht werden (BECKER 2011, 23).

Stattdessen bzw. ergänzend besteht die Möglichkeit einer negativen Vorlese oder einer selektiven/mehrstufigen Ernte. Die je nach Reifegrad geernteten Trauben können bei entsprechendem Mostgewicht etwa zu Traubensaft, Verjus, Sturm verarbeitet, in Literware abgefüllt oder als Verschnittwein verwendet werden (BECKER 2011, 23).

3.3.6 Sonnenbrandvermeidung

Die Schäden durch Sonnenbrand halten sich derzeit noch in Grenzen, doch mit den steigenden Temperaturen im Sommer und der zunehmenden Sonnenstundendauer wird es dazu kommen, dass trotz verschiedener Maßnahmen vor allem bei Weißweinsorten vermehrt Hitzeschäden auftreten werden (BAUER 2008 nach EITZINGER 2009, 258). Das heißt, die Beeren verfärben sich rotbraun, schrumpfen und trocknen ein (siehe Abb. 19, BAUER 2002, 333), wodurch mit erheblichen Ertrags- und Qualitätsverlusten zu rechnen ist.



Abb. 19: Sonnenbrand (Quelle: DEIM 2012)

Vor allem wenn folgende 3 Faktoren gleichzeitig auftreten, kommt es zu teilweise starken Sonnenbrandschäden (SCHULTZ o.J., 1):

1. Gute Wasserversorgung der Rebe bei fortgeschrittener Beerenentwicklung
2. Die Hitzeperiode tritt nach einer längeren kühlen Phase mit geringen Einstrahlungswerten auf
3. Niedrige Luftfeuchtigkeit bei hohen Temperaturen (verstärkt durch warmen Wind)

Grundsätzlich ist eine frühe Entblätterung einer späten vorzuziehen (SCHILDBERGER und KALTENBRUNNER 2011, 7), wobei vor allem bei empfindlichen Sorten nur an der sonnenabgewandten Seite, also der Nord- bzw. Ostseite, Blätter entfernt werden sollten. Durch den frühen Zeitpunkt der Entblätterung werden die Beeren gegen die Sonneneinstrahlung abgehärtet (PETGEN 2008, 54 f.). Allerdings ist oft aufgrund natürlicher Faktoren der Zeitraum zur Anpassung zwischen Entblätterung und Eintreten von Hitzeperioden nicht gegeben (z.B. 2007 in Österreich) (BAUER 2008 nach EITZINGER 2009, 258).

Versuche in Klosterneuburg zeigten außerdem, dass im direkten Vergleich Schattierungsnetze, welche im Frühsommer aufgehängt wurden, noch wirksamer waren (siehe Abb. 20, SCHILDBERGER und KALTENBRUNNER 2011, 7). Aufgrund des hohen Arbeits- und Kostenaufwandes sind diese allerdings nur in besonders sonnenbrandgefährdeten Gebieten sinnvoll. Sehr wohl in Erwägung zu ziehen sind sie

aber, wenn sie nicht nur vor Sonne schützen sollen, sondern auch Schäden durch Hagelereignisse und Vögel vermieden werden sollen (BURGER et al. 2010, 12).

Weitere Möglichkeiten wären beispielsweise höhere Laubwände. Der Vorteil der „gegenseitigen Beschattung der Rebzeilen“ liegt auf der Hand, doch aufgrund der dadurch bedingten Änderung des Mikroklimas (z.B. schlechtere Belüftung) ist diese Methode eher von Nachteil. Ebenfalls für eine zusätzliche Beschattung würden die durch einen innerhalb der kritischen Wachstumsphase hinausgezögerten Rebschnitt längeren, überhängenden Triebe oder das Minimalschnittsystem sorgen (siehe 3.1.4.2 Rebschnitt). Bei letzterem wäre eine Beschattung der Trauben durch das sie umgebende Laub gegeben (PETGEN 2008, 55).



Abb. 20: Netze zur Vermeidung von Sonnenbrand (Quelle: SCHILDBERGER und KALTENBRUNNER 2011, 7)

3.3.7 Verringerung der Bodenerosion

Durch das häufigere Auftreten von Starkregenereignissen in naher Zukunft wird es auch wichtig sein, Erosionsschäden vorzubeugen.

Vor allem „steinarme Hangböden mit hohem Sand- oder Schluffanteil“ sind besonders erosionsgefährdet (ZIEGLER 2008, 58). Allgemein sind frisch bearbeitete und fein gekrümelte Böden und auch Junganlagen sehr anfällig, weil aufgelockerte Bodenteilchen bei Regen mitgerissen werden und das in Vertiefungen gestaute Wasser durch Bildung von Abflussrinnen Erosion fördert (siehe Abb. 21). Da der erodierte Boden vor allem die nährstoff- und humusreiche Krumenschicht enthält, kann die Abtragung einen starken Nährstoffverlust für den Weingarten bedeuten (ZIEGLER 2008, 58).

Um Erosion zu vermeiden bzw. zu vermindern, gibt es zwei sehr wirkungsvolle Maßnahmen (ZIEGLER 2008, 58):

1. Begrünung
2. Abdeckung des Bodens

Den besten Erosionsschutz würde eine flächendeckende Dauerbegrünung darstellen. Aufgrund der Wasserkonkurrenz mit den Rebstöcken ist das aber vor allem im Sommer und besonders in Junganlagen sehr riskant. Trotzdem sollten zumindest über den Winter schnell wachsende Gründüngungsmischungen angesät werden. Breitsaat gilt als die wirkungsvollste Saatechnik, weil die Rillenerosion dadurch gering gehalten werden kann. Zweiteres hat den Vorteil, dass der Boden sofort nach dem Abdecken vor Abtragung geschützt wird. Die Variante mit dem geringsten Kostenaufwand ist Stroh, gerade in Hanglagen wird allerdings die Befahrbarkeit der Rebassen sehr eingeschränkt und während Hitzeperioden besteht zudem eine gewisse Brandgefahr (ZIEGLER 2008, 58). Alternativen wären etwa Holzhackschnitzel und Rinde. Diese sind allerdings relativ teuer und ihr Einsatz mengenmäßig rechtlich eingeschränkt (ZIEGLER 2008, 58).

Bilden sich trotz dieser Maßnahmen Erosionsrinnen in Falllinie, müssen sie auf Hängen eingeebnet werden. Grubber sollten „in Kombination mit einer quer zur Fahrtrichtung arbeitenden Krümelwalze“ eingesetzt werden (ZIEGLER 2008, 58).



Abb. 21: Erosionsrinne in unbegrünter Zeile im Vergleich zu begrünter Zeile (Foto: BAUER in EITZINGER et al. 2009, 294)

4 BEURTEILUNG DER TRAUBENMOSTQUALITÄT

Um die Qualität des Traubenmostes beurteilen zu können, werden die bedeutendsten Inhaltsstoffe, nämlich Trauben- und Fruchtzucker sowie Wein- und Äpfelsäure gemessen. Die Untersuchung des Mostes stellt die Basis für weitere Behandlungsmaßnahmen dar und ist daher Voraussetzung, um den Most zu verbessern und zu entsäuern (BAUER et al. 1996, 46).

4.1 Bestimmung des Zuckergehaltes (Mostgewicht)

Die Bestimmung des Zuckergehaltes erfolgt üblicherweise indirekt durch das Mostgewicht, das heißt er wird meist nicht chemisch bestimmt (STEIDL 2001, 40).

Das Mostgewicht kann in drei Varianten angegeben werden (EDER und BRANDES 2003, 11):

1. quantitative Angabe von Kennzahlen – abgeleitet von Gesamtinhaltsstoffen (°KMW und %vol. natürlicher Alkohol)
2. vereinfachte Nennung der relativen Dichte (°Oechsle)
3. quantitative Angabe gelöster Inhaltsstoffe z.B. als Gewichtsprozent (°Balling, °Brix)

4.1.1 Grad Klosterneuburger Mostwaage (°KMW)

Die Angabe des Mostgewichtes in °KMW ist in Ländern im Gebiet der ehemaligen Habsburgermonarchie, also in Österreich, Ungarn, Norditalien, Slowenien, u.a. noch üblich (EDER und BRANDES 2003, 12).

Die Mostgewichtsbestimmungen mittels Klosterneuburger Mostwaage lassen sich auf Untersuchungen von August Wilhelm Freiherr von Babo zurückführen, welcher herausfand, dass sich Traubenmost mit 20 °Bg gewöhnlich aus „17 Teilen Zuckerstoffen (=85%) und 3 Teilen Nicht-Zuckerstoffen (=15%)“ („Säuren, Stickstoffverbindungen,

Mineralstoffe, Phenole und Aromastoffe“) zusammensetzt (EDER und BRANDES 2003, 12).

Davon leitet sich die Umrechnung in °Bg ab. $^{\circ}\text{KMW} = ^{\circ}\text{Bg} \times \frac{17}{20} (=0,85)$. Für °Bx nimmt man dieselbe Verhältniszahl an, da die geringe Abweichung aufgrund der Messung bei einer anderen Raumtemperatur in der Praxis toleriert wird (EDER und BRANDES 2003, 12).

°KMW wird somit folgendermaßen definiert: „1 Grad Klosterneuburger Mostwaage ist $\frac{1}{17}$ des Massengehaltes seiner wässrigen Saccharoselösung von 20 Prozenten.“ (STEIDL 2001, 41). Beispielsweise bedeutet 17° KMW, dass 100kg Most 17kg Zucker beinhalten (STEIDL 2001, 41). Nachdem die Waage auf eine bestimmte Temperatur (17,5 oder 20°C) geeicht ist, muss entweder darauf geachtet werden, dass die Mosttemperatur mit diesem Wert übereinstimmt oder eine Korrekturtabelle zu Hilfe gezogen werden (STEIDL 2001, 41)

Das Mostgewicht kann mit der Mostwaage bestimmt werden, welche den „Zuckergehalt des Mostes in Gewichtsprozenten angibt“ (STEIDL 2001, 41). Die Messung basiert auf dem Prinzip, dass die frei schwebende Mostwaage (Spindel) weiter an der Oberfläche bleibt, je dichter eine Flüssigkeit ist, das heißt, je höher der Zuckergehalt des Mostes ist (siehe Abb. 22, STEIDL 2001, 41).

Die Angabe in °KMW hat den Vorteil, dass der Zuckergehalt, also die bedeutendsten Inhaltsstoffe, angeführt werden. Nachteile sind aber, dass die beobachtete Verhältniszahl (85:15) lediglich in einem Bereich zwischen 15 und 20 °KMW gilt, weil ansonsten der Säuregehalt überproportional höher bzw. geringer ist und auch Presstechnik, Jahrgang, Sorte, etc. einen Einfluss haben (EDER und BRANDES 2003, 13).



Abb. 22: Mostwaage in Standzylinder (Quelle: DEIM 2013)

Weiters kann der Zuckergehalt auch mithilfe eines Refraktometers bestimmt werden (siehe Abb. 23). Dieses Verfahren beruht auf der unterschiedlichen Lichtbrechung von verschieden dichten Flüssigkeiten. Je dichter, das heißt zuckerreicher, eine Flüssigkeit ist, desto stärker wird das Licht gebrochen (BAUER et al. 1996, 47). Das Ergebnis wird auf drei Skalen angezeigt: °KMW, °Oe, °Brix (STEIDL 2001, 42).



Abb. 23: Refraktometer (Quelle: DEIM 2013)

4.1.2 Grad Öchsle

Die Öchsle-Skala wird hauptsächlich in Deutschland verwendet und orientiert sich an der relativen Dichte des Mostes, wobei von der relativen Dichte 1000 subtrahiert und der errechnete Wert anschließend mit 1000 multipliziert wird. Dies bezieht sich auf die absolute Dichte von Wasser, welche 10 000 beträgt und gilt bei 20°C (EDER und BRANDES 2003, 15).

Die Formel für die Berechnung des Mostgewichtes in °Oe lautet daher (EDER und BRANDES 2003, 15):

$$^{\circ}\text{Oe} = (\text{relative Dichte} - 1000) \times 1000$$

Z.B. 85°Oe ergibt eine Dichte von 1,085.

Eine grobe Umrechnung von °Öchsle in °KMW erfolgt nach der Faustregel °Oe/5 entspricht ca. °KMW, also 100°Öchsle sind zum Beispiel etwa 20°KMW (STEIDL 2001, 41).

Die genaue Umrechnung erfolgt folgendermaßen (EDER und BRANDES 2003, 16):

$$^{\circ}\text{Oe} = ^{\circ}\text{KMW} \times ((0,022 \times ^{\circ}\text{KMW}) + 4,54)$$

4.1.3 Grad Brix und Grad Balling

Diese beiden traditionellen Angaben des Mostgewichtes geben Auskunft über den Gehalt an gelöster Trockensubstanz (Extrakt). Der Unterschied besteht primär darin, dass die Kalibrierung und Messung bei Grade Balling bei 17,5°C Raumtemperatur durchgeführt werden, während bei Grade Brix die Bezugstemperatur 20°C beträgt. Da es heute kaum noch Labors mit 17,5°C gibt, wird das Mostgewicht nur mehr äußerst selten in °Bg angegeben. Grad Balling ist vor allem in den angloamerikanischen Gebieten wie USA, Australien und Südafrika gebräuchlich (EDER und BRANDES 2003, 11).

Bei diesen Arten der Mostgewichtsangabe werden abgesehen von den verschiedenen Zuckerarten auch weitere Inhaltsstoffe wie Säuren und Mineralstoffe, welche das spezifische Gewicht, die relative Dichte und die Lichtbrechung des Mostes beeinflussen, berücksichtigt (EDER und BRANDES 2003, 11).

4.2 Bestimmung der Säure

Der Säuregehalt im Traubenmost setzt sich vor allem aus Wein- und Äpfelsäure zusammen, abgesehen von diesen befinden sich noch weitere Säuren im Most, die mengenmäßig aber keine wichtige Rolle spielen.

4.2.1 Titrierbare Säuren

Üblicherweise wird der Gesamtsäuregehalt, die sogenannten „Titrierbaren Säuren“, also „die Summe aller Säuren, die bei Titration des entkarbonisierten Weines oder Mostes mit Lauge auf pH-Wert 7 erfasst werden“, bestimmt (EDER und BRANDES 2003, 25). Dieser Wert wird üblicherweise in g/l (Promille) angegeben (STEIDL 2001, 42).

Die Bestimmung erfolgt nach dem Prinzip der Titration²⁰ entweder mittels Wein- und Mostsäuremesser, was allerdings sehr ungenau ist, oder mit Hilfe einer Bürette oder Messpipette und einem Erlenmeyerkolben.

Dabei werden zum Beispiel 25 ml Most in einen Erlenmeyerkolben gefüllt und nach und nach mit Hilfe einer Bürette n/3 Blaulauge hinzugefügt bis der sogenannte „Umschlagpunkt“ (dunkelgrün bis blau = pH 7) erkennbar ist (siehe Abb. 24). Der Verbrauch in ml Blaulauge kann dann an der Bürette abgelesen werden und gibt Auskunft über die g/l (Promille) Säure (BAUER et al 1996, 48).

Da sich der Umschlagpunkt bei rotem Most nur äußerst schwer feststellen lässt, entfärbt man diesen entweder vor der Untersuchung mit Aktivkohle oder benützt ein Indikatorpapier oder ein pH-Meter (STEIDL 2001, 42 f., BAUER et al. 1996, 49). Steht im Labor ein Potentiometer zur Verfügung, kann mit diesem sowohl der pH-Wert als auch die titrierbare Säure ermittelt werden.

²⁰ „Zu einer Lösung unbekannten Säuregehalts gibt man so lange Lauge von bekannter Stärke (Normalität), bis der Neutralpunkt erreicht ist (erkennbar am Farbumschlag eines zugegebenen Indikators)“ (STEIDL 2001, 42)

Für Wein ohne geschützte Ursprungsbezeichnung oder geografische Angabe mit Rebsorten- oder Jahrgangsbezeichnung, Land- und Qualitätswein beträgt der Grenzwert für den als Weinsäure berechneten Gesamtsäuregehalt in Österreich $\geq 4,0\text{g/l}$ (Weingesetz 2009). Da in Österreich (EU-Weinbauzone B), abgesehen von Milch-, Äpfel- und Weinsäure, keine Säure zugesetzt werden darf, muss schon bei der Ernte auf einen entsprechenden Säuregehalt der Trauben geachtet werden (DEUTSCHES WEININSTITUT 2013, 15, EDER und BRANDES 2003, 25 f.).

Die Säuerung des Mostes darf bis zu $1,5\text{g/l}$ berechnet als Weinsäure zum Most zugesetzt werden. Für den Wein ist eine Säuerung bis zu $2,5\text{g/l}$ ausgedrückt in Weinsäure gestattet (BMLFUW 2012). Seit 2009 können die Säuerungswerte in Abstimmung auf den Jahrgang national festgelegt werden.

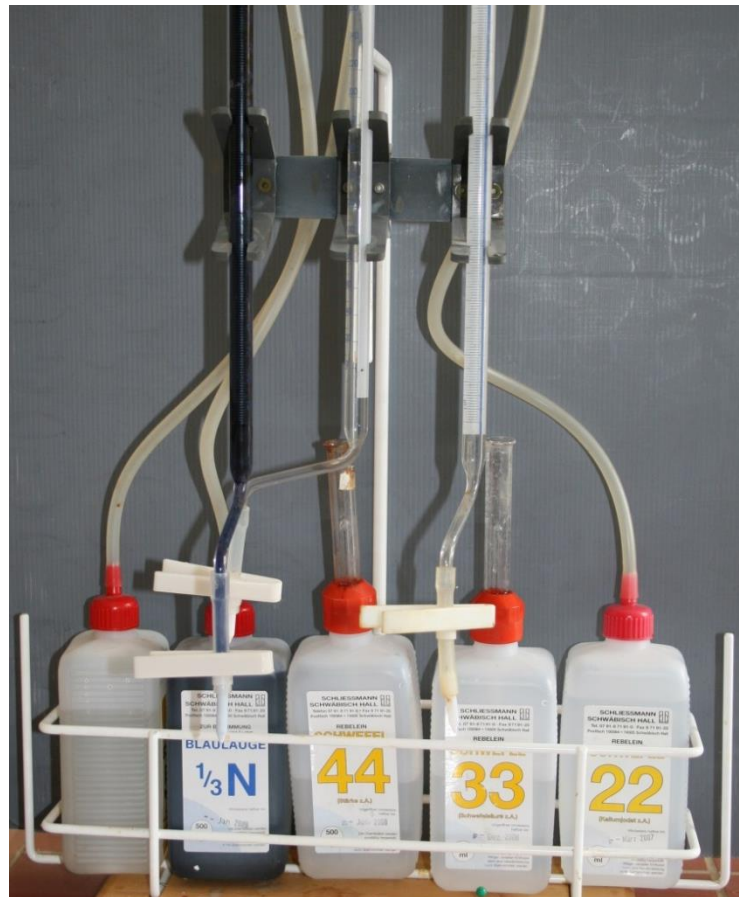


Abb. 24: Verfahren nach Dr. Rebelein: 1/3 N Blaulauge zur Bestimmung der titrierbaren Säure (DEIM 2013)

4.2.2 PH-Wert

Eine weitere Möglichkeit, um die Säure anzugeben, ist der pH-Wert. Dieser lässt sich anhand der Hydrogeniumionen (H^+)-Konzentration feststellen, von welcher der negative dekadische Logarithmus berechnet wird:

$$\text{pH-Wert} = -\log(H^+)$$

Die einfachste, jedoch sehr ungenaue und daher kaum brauchbare Methode, um den pH-Wert zu messen ist jene mit Indikatorpapier. Viel genauer und daher in der Praxis häufiger angewendet ist jedoch die Messung mit Hilfe eines pH-Meters und einer Glaselektrode (siehe Abb. 25). Hierbei wird die Spannung gemessen, welche sich „beim Eintauchen in eine Lösung zwischen Innen- und Außenseite der Glaselektrode aufbaut“ (EDER und BRANDES 2003, 23).



Abb. 25: Bestimmung des pH-Wertes und des Säurewertes anhand eines pH-Meters (DEIM 2013)

4.3 Mostgütezahl und Reifefaktor

Die Mostgütezahl stellt die beiden wichtigsten Werte, nämlich Mostgewicht und Säure, in Verhältnis zueinander, wobei 10:1 als optimal angesehen wird (DECKER 1967 nach TROOST 1980, 31).

$$\text{Gütezahl} = \text{Mostgewicht} : \text{Säure}$$

Der Reifefaktor gibt ebenfalls Auskunft über das Verhältnis zwischen Mostgewicht und Säure (REDL et al. 1996, 551):

$$\text{Reifefaktor R} = \frac{\text{Mostgewicht in } ^\circ \text{Oe} \times 10}{\text{g Gesamtsäure}}$$

Nach TROOST (1980, 32) werden folgende Einteilungen getroffen:

- | | |
|---------------------|------------|
| • Spitzenweine | R > 100 |
| • Vorzügliche Weine | R = 80-100 |
| • Gute Weine | R = 70-80 |
| • Konsumweine | R = <70 |

5 DIE REGION KREMS/DONAU – STATISTISCHE AUSWERTUNGEN UND ANALYSEN

5.1 Datengrundlage

Für diese Arbeit wurden Diagramme und statistische Analysen über den Witterungsverlauf und Untersuchungen zu den Zusammenhängen zwischen Klimafaktoren und Traubenqualität anhand der Parameter Temperatur, Niederschlag und Sonnenscheindauer auf Basis der Daten der Zentralanstalt für Meteorologie und Geologie (ZAMG) von der teilautomatischen Wetterstation Krems erstellt, welche von der Wein- und Obstbauschule übermittelt wurden.

Grundlage für die nachstehenden statistischen Analysen stellten Monatswerte bzw. bei der Untersuchung ausgewählter Jahrgänge Tageswerte in Zehntel °C dar, welche auf einer Seehöhe von 203 m gemessen wurden.

Die verwendeten Aufzeichnungen beziehen sich auf die Jahre 1981 bis 2012, wobei für den Trendverlauf der Klimadaten die Jahresdurchschnittswerte berechnet wurden.

Für die Untersuchung der quantitativen Zusammenhänge wurden lediglich die Werte für die Monate April bis Oktober herangezogen, da die Witterungsfaktoren während der Vegetationsperiode den größten Einfluss auf die Traubenqualität haben und während der Winterruhe kaum eine Rolle spielen.

Für die Bewertung der Traubenmostqualität wurden Aufzeichnungen über Mostgewichtswerte und Säuregehalte von Stichproben der Wein- und Obstbauschule Krems herangezogen. Diese beinhalten die drei Sorten Grüner Veltliner, Rheinriesling und Zweigelt, wobei die Proben für GV der Riede Sandgrube Ost entnommen wurden (1991 bis 2012), die Werte für Rheinriesling von der Sandgrube West (1992-2012) stammen und jene für Zweigelt von der Landersdorfer Riede Thalland (1981-2012) (siehe Abb. 26).



Abb. 26: Strichprobenentnahmestellen (Quelle: verändert nach Google Maps)

Um eine Vergleichbarkeit der einzelnen Mostgewichts- und Säurewerte über die Jahre zu erhalten, wurden von den MitarbeiterInnen der Wein- und Obstbauschule Krems zwischen August und Oktober Proben analysiert. Die Probenuntersuchung erfolgte an bestimmten Stichtagen durch Entnahme von jeweils 200 Beeren von beiden Seiten der Rebzeile. Die Beeren stammten außerdem sowohl aus dem Stockinneren (im Schatten) und dem – äußeren, wo sie der Sonne ausgesetzt waren, um durchschnittliche Werte für Mostgewicht und Gesamtsäure zu eruieren. In Nylonsäckchen wurden sie ins Labor gebracht und zerdrückt. Der Saft wurde anschließend in einen Zentrifugierkolben gefüllt und abzentrifugiert. Das Mostgewicht wurde schließlich mit einem Refraktometer ermittelt und in °KMW festgehalten. Vom restlichen Saft wurden 25 ml entnommen und der pH-Wert und die titrierbare Säure mittels Potentiometer bestimmt.

Der Einfluss unterschiedlicher makroklimatischer Bedingungen in den jeweiligen Rieden kann aufgrund der Kleinräumigkeit nahezu ausgeschlossen werden.

Was die graphischen und tabellarischen Auswertungen betrifft, wurden die Trendverläufe der Klimaparameter mit Microsoft Excel erstellt. Boxplots und das Wahrscheinlichkeitsnetz wurden mit Hilfe des Statistik-Programmes Minitab angefertigt. Abschließend wurde eine Analyse der quantitativen Zusammenhänge zwischen Klimaparametern und der Traubenmostqualität (Mostgewicht und Gesamtsäure) durchgeführt. Da die untersuchten Prozesse relativ komplex sind, wurden mit der Software SPSS Regressionsanalysen durchgeführt, welche die Zusammenhänge übersichtlich in Tabellen darstellen sollten. Die Streudiagramme wurden ebenfalls mit Microsoft Excel erstellt.

5.2 Standortcharakterisierung

5.2.1 Allgemein

Die Gemeinde Krems hat etwa 28500 BürgerInnen und eine Bevölkerungsdichte von 552 EinwohnerInnen pro km² (MAGISTRAT DER STADT KREMS 2012).

Die Gemeinde setzt sich aus 12 Katastralgemeinden zusammen: Angern, Brunnkirchen, Egelsee, Gneixendorf, Hollenburg, Krems, Rehberg, Landersdorf, Scheibenhof, Stein, Thallern und Weinzierl. Diese erstrecken sich auf einer Fläche von 51,6 km², wobei sich auf 1030 ha Weingärten befinden. Damit macht der Weinbau nach der Forstwirtschaft (1537 ha) die zweitgrößte Art der Nutzung landwirtschaftlicher Flächen aus. Auf mehr als 80% der Weinbaufläche findet man Weißweinsorten (865 ha), vor allem Grünen Veltliner (57%), Riesling (14%) und Müller Thurgau (6%). Rotweinsorten wurden auf 155 ha ausgesetzt, wobei hier die Hauptsorten Zweigelt und Blauer Portugieser sind. 2011 betrug die Erntemenge auf diesen Flächen knapp über 77 000 hl (MAGISTRAT DER STADT KREMS 2012).

Bearbeitet werden die Weingärten durch 395 Weinbaubetriebe, wobei nur 65 davon hauptberuflich und 54 als Buschenschankbetriebe geführt werden (MAGISTRAT DER STADT KREMS 2012). Tendenziell geht die Zahl der Betriebe zurück, die Größe steigt aber, was auf eine zunehmende Professionalisierung hinweist (ÖSTERREICH WEIN 2011, 1).

Die Gemeinde Krems liegt im Weinbaugebiet Kremstal (siehe Abb. 27), wobei diese Gebietsbezeichnung etwas irreführend ist. Denn nicht nur die im Tal entlang des Kreamsflusses gelegenen Rieden werden zum Kremstal gezählt, sondern auch rund um Krems befindliche Orte wie Stratzing, Senftenberg, Droß, Furth/Palt, Hollenburg, Gedersdorf, Rohrendorf liegen im Kremstal, wobei man in den nördlicheren Ortschaften (z.B. Droß, Stratzing, Senftenberg) Weingärten nur noch in den südseitigen Rieden findet, weil dort das Klima schon rauer wird (KNOLL 2000, 34, EGLE 2007, 143 f.).

Das Kremstal schließt donauabwärts an das Weinbaugebiet Wachau an, im Norden bzw. Nordosten grenzt es ans Kamptal, im Osten an das Weinbaugebiet Wagram an und südlich bzw. südöstlich davon liegt das Traisental.



Abb. 27: Kremstal Karte (Quelle: ÖSTERREICH WEIN b)

Das Kremstal ist mit 2.505 ha ertragsfähiger Fläche nach dem Weinviertel und dem Kamptal das drittgrößte Weinbaugebiet Niederösterreichs und ist österreichweit auf Rang vier zu finden. Betrachtet man die Erntemenge, liegt das Kremstal mit 52,4 hl Ertrag pro ha deutlich über dem niederösterreichischen Durchschnitt von 47,3 hl (STATISTIK AUSTRIA 2012). Neben werden sowohl in der Stadt Krems als auch in den östlicheren Gebieten und südlich der Donau in teils sehr kleinen Weinorten kultiviert (siehe Abb. 27).

Grüner Veltliner und Riesling dürfen von den WinzerInnen mit dem Zusatz „Kremstal DAC“ (Districtus Austriae Controllatus) gekennzeichnet werden, wenn der Wein den „festgesetzten Bedingungen für regionaltypische Qualitätsweine mit Herkunftsprofilen entspricht“ (Weingesetz 2009). Das bedeutet für den Grünen Veltliner beispielsweise, dass er folgende Charakteristik aufweisen muss: „fruchtbetont, feine Würze, keine Botrytisnote, kein spürbarer Holzton, ausgewogen und nicht alkohollastig“ (DAC-VERORDNUNG „KREMSTAL“ 2013).

Im Kremstal wird eine Vielzahl verschiedener Rebsorten kultiviert (siehe Tab. 3). Auf den insgesamt 2243,36 ha wurden knapp 80% Weißweinsorten ausgesetzt, wovon über die Hälfte auf Grünen Veltliner entfällt, gefolgt von Riesling (10%) und Müller Thurgau (7%). Die restliche Fläche ist mit Rotweinsorten, hauptsächlich Zweigelt (65%), bepflanzt. Die zweithäufigste Rotweinsorte im Kremstal ist der Blaue Portugieser (8%) vor dem Blauburger (6%).

Weißwein			Rotwein		
Sorten	ha	+/- % zu 1999	Sorten	ha	+/- % zu 1999
Weißweinfläche	1.793,58	0,0%	Rotweinfläche	449,78	0,48%
Grüner Veltliner	1.153,29	-4,7%	Zweigelt	293,22	62,1%
Müller Thurgau	145,84	-30,1%	Blauer Portugieser	35,59	-27,7%
Welschriesling	10,58	-9,9%	Blauburger	24,94	1,5%
Riesling	230,05	23,6%	St. Laurent	17,39	46,9%
Weißburgunder	43,53	-*	Pinot Noir	22,47	48,3%
Chardonnay	41,08	-*	Gemischter Satz	2,09	-84,7%
Neuburger	43,18	-22,6%	Merlot	16,06	457,6%
Frühroter Veltliner	26,86	-25,5%	Cabernet Sauvignon	20,28	355,7%
Gemischter Satz	18,30	-53,0%	Blaufränkisch	1,18	73,5%
Roter Veltliner	13,61	-30,3%	Roesler	6,48	-**
Muskateller	28,05	482,0%	Syrah	0,60	-**
Sauvignon Blanc	19,34	181,5%	Cabernet Franc	8,53	464,9%
Traminer	4,29	84,9%	Rathay	0,12	-**
Rotgipfler	0,13	-23,5%	Andere	0,83	
Muskat-Ottonel	7,72	-2,5%	Blauer Wildbacher	0,00	
Zierfandler (Spätrot)	0,22	-35,3%			
Scheurebe	0,34	-60,0%			
Pinot Gris	1,55	4,7%			
Goldburger	1,18	-21,3%			
Sylvaner	1,70	-19,4%			
Bouvier	0,85	-52,2%			
Jubiläumsrebe	0,00	-100,0%			
Andere Weißweinsorten	1,89	225,9%			

Tab. 3: Weinsorten im Kremstal nach Anbaufläche in ha 2009 und Veränderung seit 1999 (ÖSTERREICH WEIN 2011, 17)

5.2.2 Topographie

Die Gemeinde Krems wird durch die Donau geteilt und erstreckt sich im Norden bis ins südliche Waldviertel, hat Anteil an der Wachau, dem Kremsfeld, den Hollenburger Bergen, dem Auland entlang der Donau und dem Tullner Feld (BUNDESMINISTERIUM FÜR LAND- UND FORSTWIRTSCHAFT 1979 nach FÜRST 2003, 14).

Die Ost-West-Ausdehnung der Gemeinde beläuft sich auf etwa 11 km, die Nord-Süd-Erstreckung beträgt ca. 8 km. Der tiefste Punkt der Gemeinde liegt in der Donauniederung (etwa 200 m), die höchsten Erhebungen befinden sich um Scheibenhof (456 m) (MAGISTRAT DER STADT KREMS nach FÜRST 2003, 14).

Die Entwässerung erfolgt zur Donau hin. Krems, Alaunbach, Reisperbach und Fladnitz fließen direkt in die Donau, einige kleinere Gerinne führen zuerst in die Krems.

Durch die natürlich entstandenen Täler wurden wichtige Verkehrsverbindungen errichtet. Krems ist durch Bahnlinien Richtung Osten mit Wien verbunden, im Tal der Fladnitz verläuft die Eisenbahnstrecke Richtung St. Pölten und durch die Wachau führen die Gleise nach Mauthausen (FÜRST 2003, 14).

5.2.3 Klima

Der Kremser Weinbau liegt in einem klimatisch begünstigten Gebiet, denn hier treffen das warme, trockene pannonische Klima, die kühlen, sauerstoffreichen Strömungen aus dem Waldviertel (pannonisch geprägtes Hochlandklima) und der ausgleichende Einfluss der Donau aufeinander (MAGISTRAT DER STADT KREMS, EGLE 2007, 52).

Allerdings werden auch auftretende Hagelereignisse auf die Donau zurückgeführt. Aufgrund der verschieden beschaffenen Luftmassen in dieser Gegend bilden sich hohe sommerliche Gewittertürme, welche zu verheerenden Hagelunwettern führen können (KLETTER 1976 und WERNECK 1953 nach SCHEUCH 2003, 18).

Auf den Weinflächen rund um die Stadt Krems finden sich die besten Rieden in donaunahen Gebieten, die anderen Teile des Weinbaugebietes sind aufgrund des geringeren Einflusses des pannonischen Klimas nicht mehr so begünstigt (PRIEWE 1998, 173).

Charakteristisch für den Kremser Raum ist das typisch pannonische, „strahlungsreiche Klima mit einer großen Jahresamplitude der Temperatur“ sowie längeren Trockenphasen im Sommer. Die durchschnittliche Temperatur im Jänner liegt unter $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$, im Juli erreicht sie über $19\text{ }^{\circ}\text{C}$, an tieferen Standorten sogar $20\text{ }^{\circ}\text{C}$. Die pannonisch bestimmte Klimaregion zeichnet sich durch eine durchschnittliche Jahrestemperatur von $8 - 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ aus, was in etwa den Mindestanforderungen der Weinreben entspricht ($8,5 - 9\text{ }^{\circ}\text{C}$) (NAGL 1983 nach HOLAWE 2008, 142). Die mittlere Jahrestemperatur in Krems zwischen 1981 und 2012 betrug $9,71\text{ }^{\circ}\text{C}$ und auch die während der Vegetationsperiode besonders wichtigen Temperaturen liegen mit durchschnittlich $15,3\text{ }^{\circ}\text{C}$ deutlich über dem unteren Grenzwert ($14\text{ }^{\circ}\text{C}$) und bieten daher für den Weinbau ideale Voraussetzungen (siehe Kapitel 2.1.1 und 3.2.1).

Die mittlere Jahressumme des Niederschlages in der pannonischen Klimaprovinz beträgt 600 bis 800 mm. Am Rand des Böhmisches Massivs kann sie bis unter 500 mm sinken (NAGL 1983 nach HOLAWE 2008, 142). In Krems betrug dieser Wert im Zeitraum 1981 - 2012 knapp unter 540 mm, was ebenfalls optimal ist für den Weinanbau. Wie in Abb. 28 gut zu erkennen ist, fallen die größten Niederschlagsmengen im Juni, gefolgt von August und Juli.

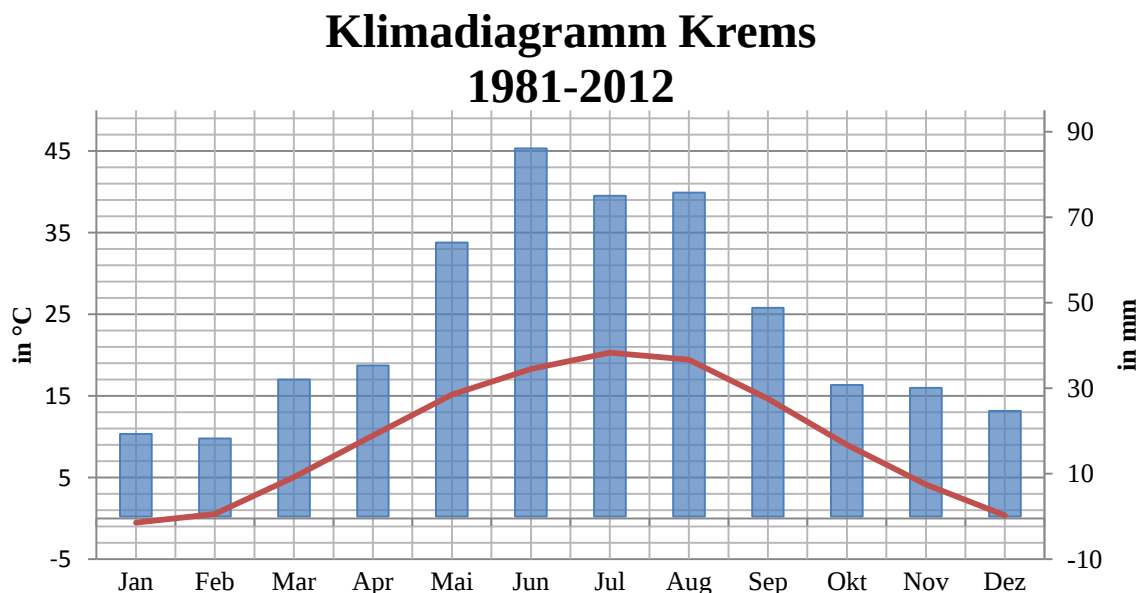


Abb. 28: Monatliche Durchschnittstemperatur in $^{\circ}\text{C}$ und Niederschlagssumme in mm in Krems 1981-2012

Weiters wird das Klima in Krems auch von der Donau geprägt. Durch die Nähe zum Fluss sind die Rieden konstant mit Feuchtigkeit versorgt und durch den temperatúrausgleichenden Einfluss kommt es seltener zu Frostschäden.

Im Winter findet man in den donaunahen Gebieten oft bodennahe Nebelschichten ebenso wie „Inversionswetterlagen durch Hochnebel“ „auf Grund der Beckenlage“ (BRENNER 1995 nach SCHEUCH 2003, 18). 44,5 Tage im Jahr ist es in Krems neblig (NEUWIRTH 1989 nach SCHEUCH 2003, 18).

Im Sommer gibt es an 19 Tagen zwischen Mai und August Gewitter, die teils bis zu 25 mm Niederschlag in kürzester Zeit und Maximalniederschlagsmengen von bis zu fast 40 mm mit sich bringen (NEUWIRTH 1989 nach SCHEUCH 2003, 19). Solche Starkregenfälle führten im Sommer 2002 zu einem „Jahrtausendhochwasser“ im Krems- und Kamptal (SCHEUCH 2003, 19).

BRENNER 1995 (nach SCHEUCH 2003, 17) charakterisiert das Klima folgendermaßen: 260 Tage zieht eine atlantische Strömung über das Gebiet (Westwetterlage), 40 Tage wird das Wettergeschehen kontinental-pannonisch aus dem Osten beeinflusst, 40-45 Tage wird das Wetter aus Nordosten (baltisch) geprägt und 20 Tage gibt es Südföhn (alpin).

In der folgenden Tabelle (Tab. 4) werden die wichtigsten Klimadaten für Krems verglichen mit den Idealwerten für Weinbau zusammengefasst dargestellt. Die zweite Spalte der Tabelle zeigt die durchschnittlichen Optimalwerte und in der dritten sind die Kremser Mittelwerte für den Zeitraum 1961-1990 dargestellt. Zusätzlich wurden die Werte für die letzten zehn Jahre berechnet, um die aktuellen, durchschnittlichen Temperaturen besser erkennen zu können. Hier fällt auf, dass alle Klimaparameter im Idealbereich für Weinbau liegen. Es muss allerdings berücksichtigt werden, dass die 1980er Jahre eher kühl waren, die mittleren Jahrestemperaturen lagen zwischen 8,1 und 9,6°C. Vergleichsweise dazu betrugen die Temperaturen zwischen 1970 und 1979 zwischen 8,6 und 10,1°C. In den 1990er Jahren lag die Jahresdurchschnittstemperatur sowohl 1992 als auch 1994 und 1999 über 10°C. Auch zwischen 1990 und 1999 betrug die mittlere Jahrestemperatur in drei Jahren unter 9°C, was zwischen 2000 und 2009 nicht der Fall war. Die Temperaturwerte für den Zeitraum 1961-1990 sind daher etwas niedriger. Der Durchschnitt der Periode 2003-2012 wurde durch die Jahre 2007 (11,14°C) und 2012 (12,42°C) gehoben.

	Optimalwert	1961-1990	2003-2012
Mittlere Jahrestemperatur	9 – 13 °C	9,6 °C	10,26 °C
Durchschnittstemperatur während der Vegetationsperiode	> 14 °C	15,1 °C	15,94 °C
Huglin-Index	> 1500	1503,27	1742,43
Jährliche Niederschlagsmenge	500 – 600 mm/Jahr	521 mm	539 mm
Jährliche Sonnenscheindauer	1700 – 2000 h/Jahr	1721 h	1837 h

Tab. 4: Vergleich der optimalen zu Kremser Durchschnittswerten für die Zeiträume 1961-1990 und 2003-2012 (Datenquelle: ZAMG, FORMAYER 2013)

5.2.4 Böden

Die Bodentypen der Gemeinde Krems können grundsätzlich in fünf Gruppen unterteilt werden (siehe Abb. 29, FÜRST 2003, 24):

1. Böden im Grundwasserbereich
2. kalkhaltige Graue Auböden und Gleye entlang der Donau und der Krems
3. Landböden
4. Schwarzerden, Rohböden, Rendzinen und Ranker sowie Braunerden
5. atypische Böden (Rigolböden und Bodenkomplexe²¹)

Für den Kremser Weinbau bedeutend sind vor allem Braunerden, der Tschernosem, der Lockersedimentrohboden (sog. Kulturohboden) und der Rigolboden, welcher etwa 50% der landwirtschaftlich genutzten Fläche der Stadt Krems ausmacht (FÜRST 2003, 24).

²¹ Böden, die keinem spezifischen Bodentyp zugeordnet werden (FÜRST 2003, 24)

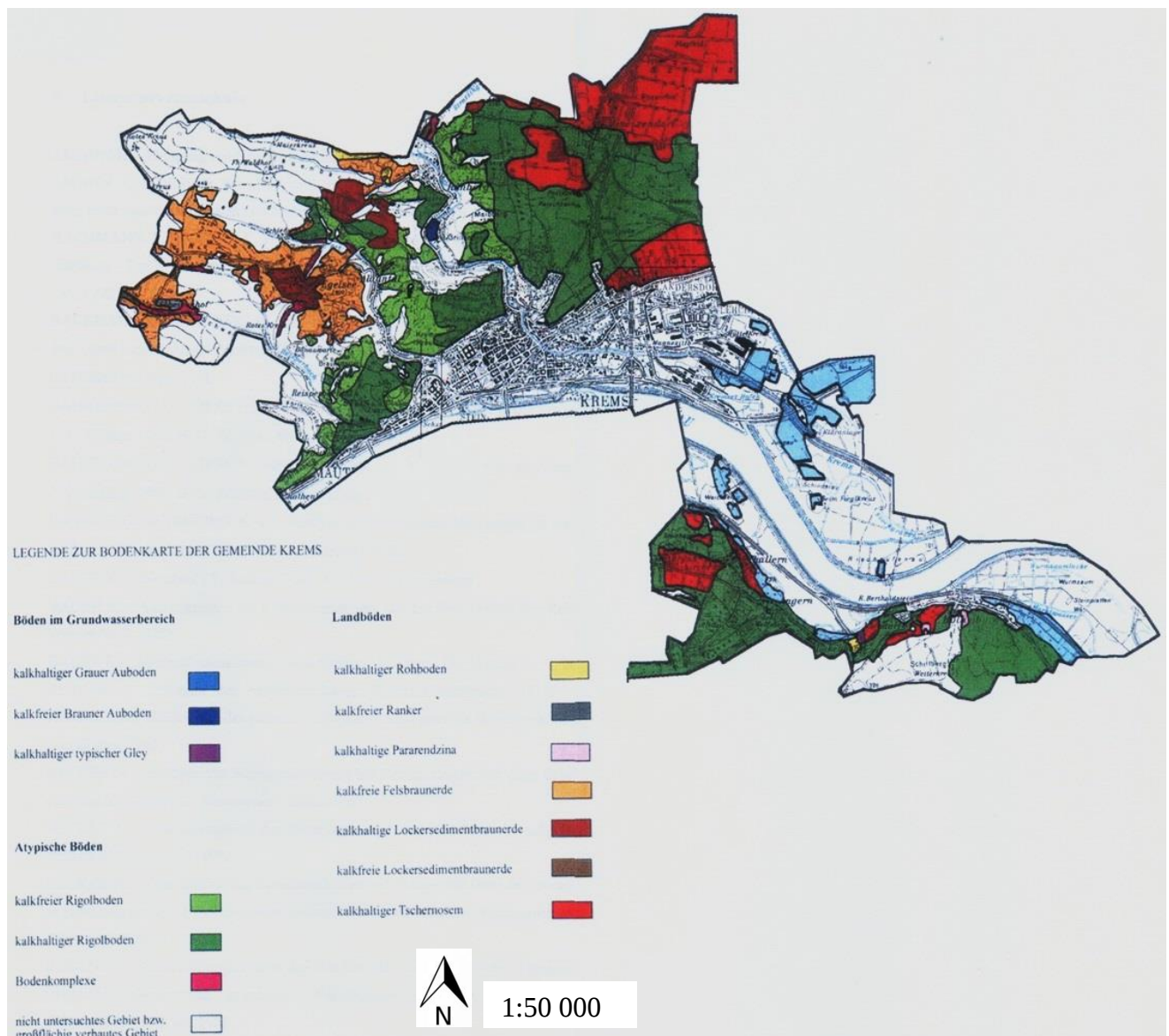


Abb. 29: Bodenkarte der Gemeinde Krems 1:50 000 (verändert nach Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft 1979 nach FÜRST 2003, 171)

Braunerden (Felsbraunerde und Lockersedimentbraunerde) findet man vor allem im Westen der Gemeinde Krems. Diese bezeichnet man im Weinbau als Urgesteinsböden. Sie werden durch eine leichte Erwärmbarkeit, gute Durchlüftung und hohe Wasserdurchlässigkeit sowie geringe nutzbare Feldkapazität charakterisiert. Optimal sind diese Bodentypen vor allem für Riesling und Grünen Veltliner (REDL et al. 1996, 249, PRIEWE 1998, 173, FÜRST 2003, 25).

Das Ausgangsgestein des Tschernosems, auch bekannt als Steppenschwarzerde, ist Löss oder feines Schwemmmaterial. Dieser Boden ist leicht erwärmbar und weist eine mäßige bis hohe Wasserdurchlässigkeit auf. Man findet ihn hauptsächlich südlich der Donau und im Nordosten der Gemeinde, wo er vor allem den Sorten Grüner Veltliner, Muskateller und Müller Thurgau ideale Standortbedingungen bietet (FÜRST 2003, 25, EGLE 2007, 146).

Die Rigolböden der Gemeinde Krems entstanden durch die jahrzehntelange weinbauliche Bearbeitung. Östlich der Braunerden findet man sowohl kalkfreie als auch durch Vermischung mit Löss kalkhaltige Rigolböden. Im Nordosten und Süden der Gemeinde gehen kalkreiche Rigolböden zurück, dort dominieren kalkhaltige Böden (siehe Bodenkarte der Gemeinde Krems).

Die Beerenproben für die nachstehende Untersuchung stammen von 2 Rieden: der Landersdorfer Riede Thallern und der Riede Sandgrube.

Der Weingarten in der Riede Thallern steht auf Tschernosem aus Löss (siehe Abb. 30) oder lockerem, feinem Schwemmmaterial, wobei die Bodenart lehmiger Schluff mit einer nutzbaren Feldkapazität von etwa 200 l/m² Wasser gut speichern kann (MEßER, UNI GÖTTINGEN).



Abb. 30: Tschernosem aus Löss (BAUER 2002, 133)

In der Riede Sandgrube ergaben Bodenprofiluntersuchungen, dass das Muttergestein Rigolboden aus Löss und die Bodenart wie in Landersdorf auch lehmiger Schluff ist, das Wasserspeichervermögen also auch in diesem Weingarten groß ist.

5.3 Trendverlauf und weitere graphische Darstellungen der Klimadaten in Krems

In diesem Kapitel werden relevante Klimaparameter im Gesamtjahresverlauf sowie während der Vegetationsperiode (zwischen April und Oktober) untersucht und dargestellt. Dadurch soll eine Übersicht über die Witterungscharakteristik in Krems und die allgemeinen Trends seit 1981 gegeben werden. Zusätzlich sollen die Witterungsfaktoren von Krems mit den optimalen Bedingungen für Weinbau verglichen werden.

5.3.1 Temperatur

5.3.1.1 Durchschnittliche Jahrestemperatur

Wie bereits in Kapitel 2.1.1 beschrieben, beträgt die ideale mittlere Jahrestemperatur nach BAUER (2002, 126) und STEURER (2003, 21) zwischen 9 und 13 °C. Die Jahresdurchschnittstemperatur in Krems in den Jahren 1981 bis 2012 lag mit 9,71 °C also im optimalen Bereich. Trotz der auf den ersten Blick guten Voraussetzungen unterschritt die Temperatur allerdings etwa jedes vierte Jahr im Untersuchungszeitraum die Grenze der optimalen Temperaturbedingungen für Weinanbau. Betrachtet man Abb. 31, stellt man allerdings fest, dass diese negativen Abweichungen fast ausschließlich vor 1998 auftraten. In Krems ist seit 1981 ein eindeutiger Temperaturanstieg erkennbar (Abb. 31). Während 1981 die mittlere Jahrestemperatur 9,61 °C betrug, konnte man im Jahr 2012 eine mittlere Jahrestemperatur von 10,53°C beobachten. Die mittlere jährliche Temperaturzunahme beträgt 0,048°C, was einen Anstieg der durchschnittlichen Jahrestemperatur von insgesamt 1,5 °C von 1981 bis 2012 ergibt.

Weiters lässt sich aus diesem Diagramm sehr deutlich ablesen, dass die mittleren Jahrestemperaturen bis 1997 bis auf wenige Ausnahmen negativ vom Mittelwert abwichen. Besonders 1985, 1996 und 1997 lag die mittlere Jahrestemperatur deutlich unter dem

Mittelwert des Untersuchungszeitraumes. Seit 1998 waren die Werte fast ausschließlich höher als der Mittelwert, lediglich 2010 war die Temperatur aufgrund extrem kalter Wintermonate niedriger als der Trend. 2010 kann generell als ein Jahr der Extreme bezeichnet werden, denn wäre der Juli mit durchschnittlich 22,1°C nicht so heiß gewesen, wäre die Negativabweichung noch viel größer.

Ein weiterer Anstieg der Temperaturen durch den Klimawandel würde keine Nachteile für den Weinbau in Krems aufgrund der Temperaturen bedeuten. Da die derzeitigen Temperaturmittel an der unteren Grenze der idealen Werte liegen, wäre das Gegenteil der Fall. Die Jahre, in denen sich die mittleren Jahrestemperaturen im idealen Bereich befinden würden, würden sich häufen.

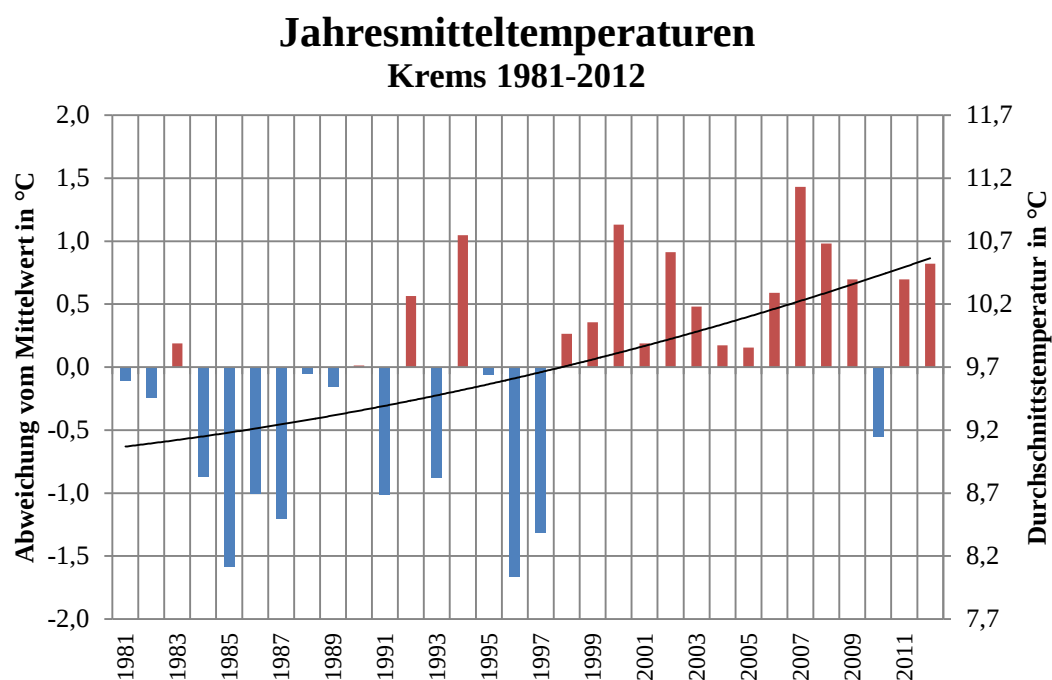


Abb. 31: Jahresmitteltemperaturen 1981-2012 in Krems

5.3.1.2 Durchschnittliche Monatstemperatur

In dem folgenden Boxplot (Abb. 32) sind die Monatstemperaturen von 1981-2012 zusammengefasst.

In Krems gibt es nur wenige Ausreißer (zwei Prozent der Stichproben) im Untersuchungszeitraum. Die Whiskers (erstellt mit 1,5-fachem Interquartilsabstand) sind in den Wintermonaten Jänner, Februar, November und Dezember besonders lang. Das bedeutet, dass die Durchschnittstemperaturen dieser Monate stark variieren.

In 50% aller Fälle beträgt die Temperatur zum Beispiel im Jänner zwischen -2,2 und 1,15°C, der Median liegt bei 0,3°C. Im Jänner 1985 betrug die Temperatur -7,2°C, die Differenz zum Mittelwert im Jänner der anderen Jahre (-0,31°C) ist daher 6,89°C. Während in der Triebwachstumsphase (zwischen Mai und August) die für den Weinbau optimalen Temperaturen von etwa 25 °C nur tageweise erreicht werden, ist der für die Ertragsmenge so wichtige Monat Juli in rund der Hälfte aller Jahre im optimalen Bereich von 18-20°C, in den meisten anderen Fällen ist es mit etwas über 20°C wärmer. In 95% der Fälle beträgt die mittlere Julitemperatur immerhin über 18°C.

Auch die günstigen Septembertemperaturen von ca. 12 – 17,5°C lassen die Trauben in Krems zu einer sehr guten Qualität heranreifen.

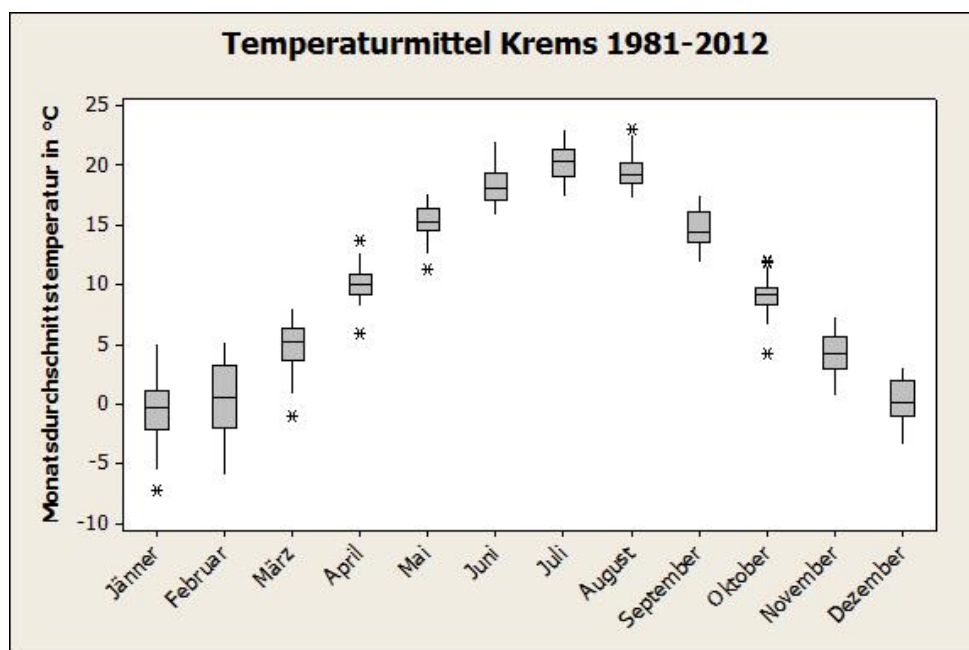


Abb. 32: Boxplot Monatsdurchschnittstemperatur in °C Krems 1981-2012

In Abbildung 33 sind in einem separaten Wahrscheinlichkeitsnetz die Monate Juli, August und September abgebildet. Jeder einzelne Punkt bildet die mittlere Monatstemperatur eines Jahres ab. Mit einer Standardabweichung von nur 1,471 bzw. 1,303 und 1,456 variieren die Temperaturen zwischen den Jahren nur geringfügig. Zudem geht auch hervor, dass die mittlere Septembertemperatur in sechs von zehn Fällen über 14°C beträgt. Dies lässt auf eine in Krems oft herrschende, für den Weinbau so wichtige, warme Herbstwitterung schließen.

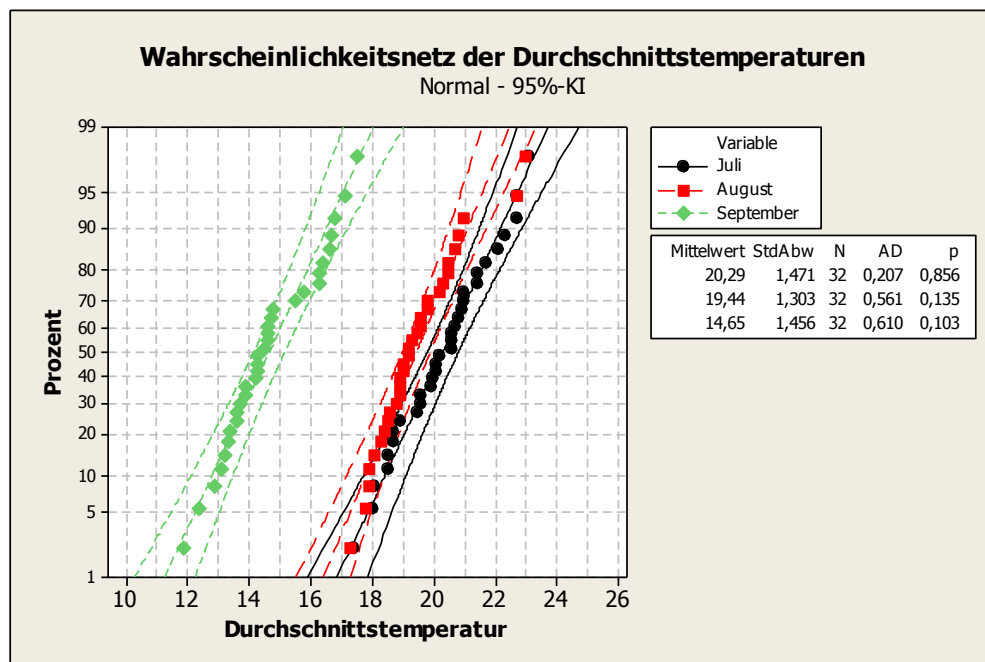


Abb. 33: Wahrscheinlichkeitsnetz der durchschnittlichen Monatstemperaturen im Juli, August und September in Krems 1981-2012

5.3.1.3 Durchschnittstemperaturen Vegetationsperiode

Im Allgemeinen ist der Trend der über die Jahrzehnte steigenden Jahresdurchschnittstemperaturen auch in der Vegetationsperiode deutlich erkennbar. In den letzten 32 Jahren stieg die Temperatur in der Vegetationsperiode im Durchschnitt um 1,44°C, was einen Anstieg von 0,045°C pro Jahr ergibt und in etwa der Zunahme der mittleren Jahrestemperaturen entspricht.

Grundsätzlich sollte die mittlere Temperatur während der Vegetationszeit aufgrund ihres Einflusses auf den Säureabbau über 14° C betragen. Diese Schwelle wurde nur in den Jahren 1984 (13,8°C) und 1997 (13,0°C) in Krems nicht erreicht (siehe Abb. 34). In allen anderen Jahren sind die Durchschnittstemperaturen von April bis Oktober in Krems ideal für den Weinbau.

Interessant sind im Vergleich dazu die Jahresmitteltemperaturen. Im Jahr 1982 war die Jahresmitteltemperatur negativ vom Mittelwert abweichend, die Durchschnittstemperatur in der Vegetationsperiode hingegen lag deutlich über dem Durchschnitt. Dies bedeutet, dass die Wintermonate (November bis März) in Summe in diesem Jahr äußerst kalt gewesen sind. Der Trend der letzten Jahre sieht ebenfalls so aus, dass die Vegetationsperiode wärmer und der Winter kälter wird, das heißt die Extreme zunehmen.

Auch wenn die Durchschnittstemperaturen während der jeweiligen Vegetationsperioden auf den ersten Blick fast ausnahmslos ideale Bedingungen erwarten lassen, geben sie zwar einen guten Überblick über den Trendverlauf über die Jahre, es bedarf allerdings einer detaillierteren Analyse, um teils nicht so optimale Witterungsphasen, wie man sie etwa in den Jahren 1996, 2001 und 2010 gefunden hat (siehe Kapitel 5.5.1), zu identifizieren.

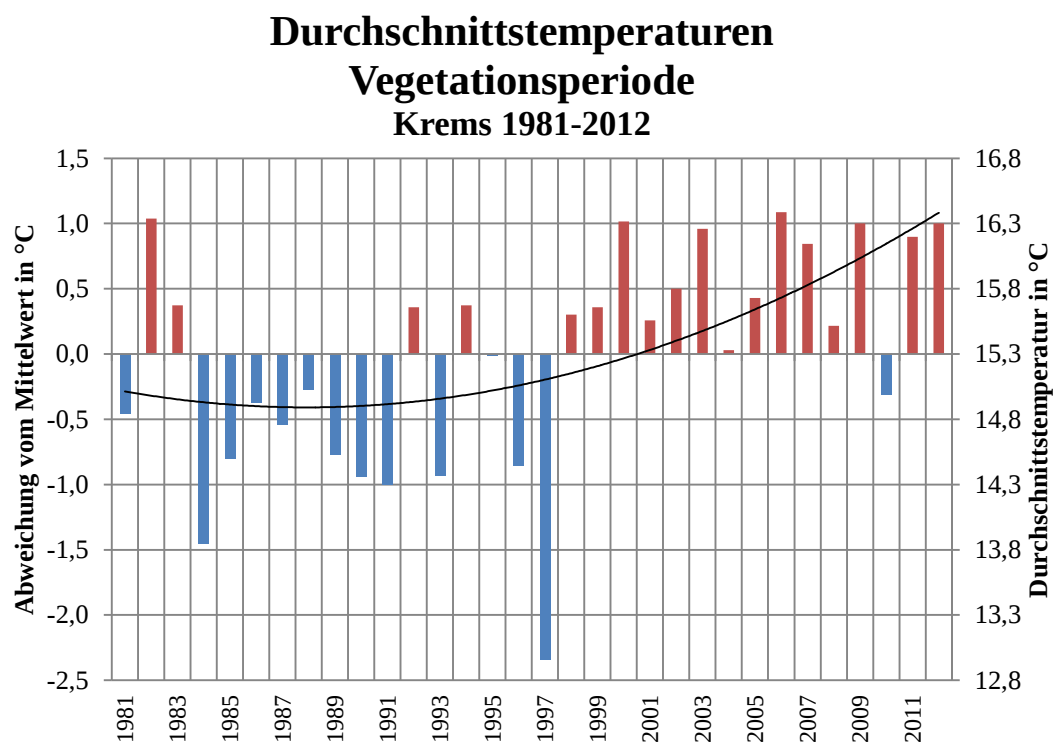


Abb. 34: Durchschnittstemperaturen April bis Oktober in Krems 1981-2012

5.3.1.4 Wärmesumme

Wein benötigt für die ideale Reifung der Beeren eine Wärmesumme von über 3500 °C pro Jahr (HARLFINGER 2002, 41, siehe Kapitel 2.1.1). Da für diese Arbeit keine Werte für die minimale bzw. maximale Tagestemperatur vorlagen, konnte die Wärmesumme nicht wie in HARLFINGER (2002) berechnet werden und ist daher auch nur grob vergleichbar. Für das folgende Diagramm wurden die Monatswerte mit der jeweiligen Anzahl der Tage des Monats multipliziert und anschließend addiert.

Wie die mittlere Jahrestemperatur stieg auch die Wärmesumme in den letzten Jahren. Solange die Wasserversorgung ausreichend ist und die Reben nicht unter massivem Trockenstress stehen, ist eine höhere Wärmesumme für das Traubenmaterial günstig, denn sie bewirkt ein Steigen des Mostgewichtes und ein Sinken des Säureanteils in den Beeren. Mit steigender Wärmesumme werden durch den Temperaturanstieg die traditionell benachteiligten Rieden in ungünstigen Lagen zu begehrten Anbauflächen für Wein.

Trotz der eindeutigen Wärmesummenzunahme seit 1981 lassen sich teils sehr starke Schwankungen zwischen den einzelnen Jahren erkennen (siehe Abb. 35). Diese Unregelmäßigkeiten der Witterungsbedingungen resultieren in Qualitätsunterschieden der Traubenmoste.

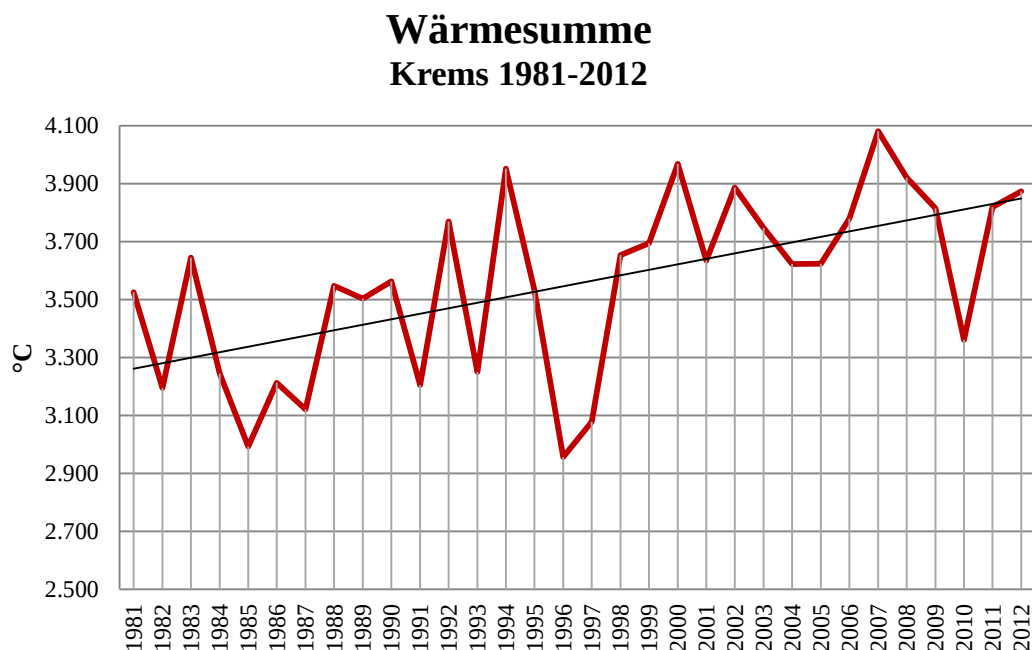


Abb. 35: Wärmesumme Krems 1981-2012

5.3.2 Sonnenscheindauer

Ein weiterer entscheidender Parameter ist die Anzahl der Sonnenstunden pro Jahr. Im Durchschnitt hat die Sonne seit 1981 in Krems etwa 1742 h pro Jahr geschienen, was eine Sonnenscheindauer von ungefähr $4\frac{3}{4}$ Stunden pro Tag bedeutet.

Der allgemeine Trendverlauf zeigt, dass die Anzahl an Sonnenscheinstunden pro Jahr stetig zunimmt, daraus ergibt sich ein jährlicher Anstieg der Sonnenstunden um 5,6 h pro Jahr.

Als größter Ausreißer gilt der Wert im Jahr 2003 (siehe Abb. 36). In diesem Jahr schien die Sonne rund 300 h mehr, was rund 50 min pro Tag mehr Sonnenschein über das Jahr bedeutet. Alleine im Monat Juni schien die Sonne 2,3 h pro Tag länger als in durchschnittlichen Jahren.

Die Sonnenscheindauer hat zwar Einfluss auf die Temperatur, es besteht allerdings aufgrund verschiedenster Einflüsse (z.B. Bewölkung, Nebel) kein linearer Zusammenhang. Dies ist besonders 2003 gut erkennbar. Im Jahr mit den mit Abstand meisten Sonnenstunden lag die Jahrestemperatur zwar über dem Durchschnitt, aber nicht signifikant darüber. Die Schlussfolgerung, dass ein Jahr mit vielen Sonnenstunden auch höhere Jahresmitteltemperaturen ergibt, kann also nicht gezogen werden.

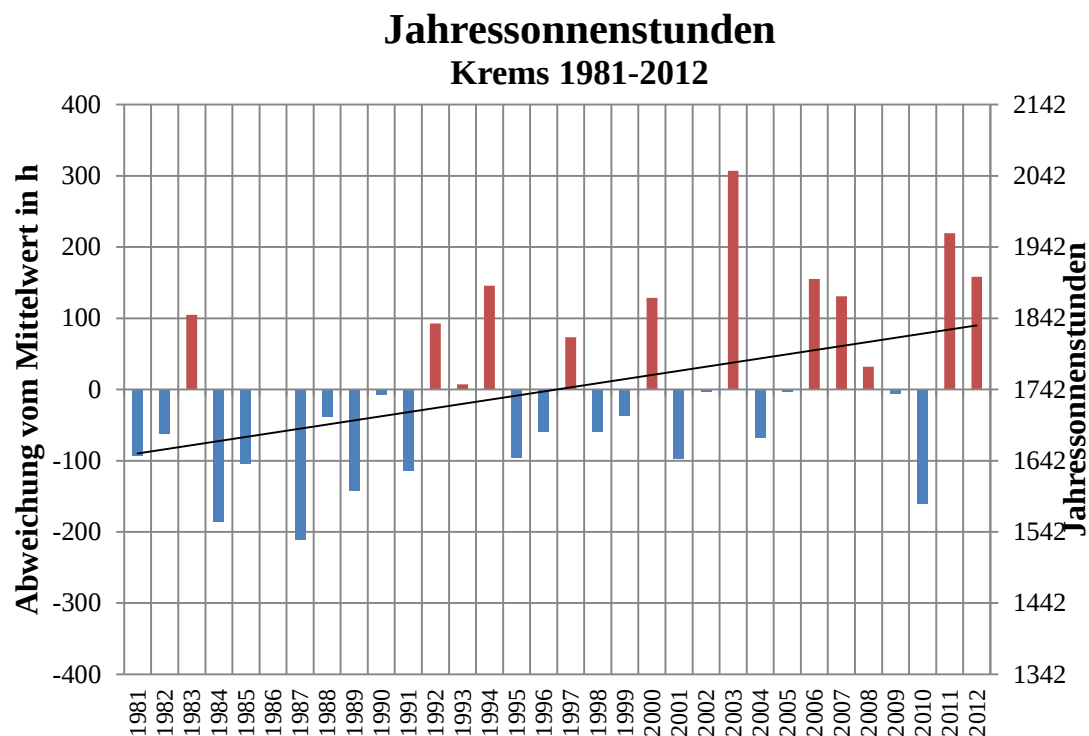


Abb. 36: Jahressonnenstunden Krems 1981-2012

Während der Vegetationsperiode ist eine gleichmäßige Sonneneinstrahlung am besten für die Weinreben (siehe Kapitel 2.1.2). Dies ist in Krems vor allem von Mai bis August der Fall (siehe Abb. 37). Negative Ausreißer gab es im Jänner 1997 als nur 9 Sonnenstunden in 31 Tagen aufgezeichnet werden konnten sowie im März 1985 mit 52,2 h, Mai 2010 mit 100,4 h und im November 1993 mit 21,9 h.

Im April 2007 und 2009 wurden hingegen mit rund 300 bzw. 290 h extrem hohe Werte aufgezeichnet, die deutlich über jenen in den anderen Sommermonaten lagen.

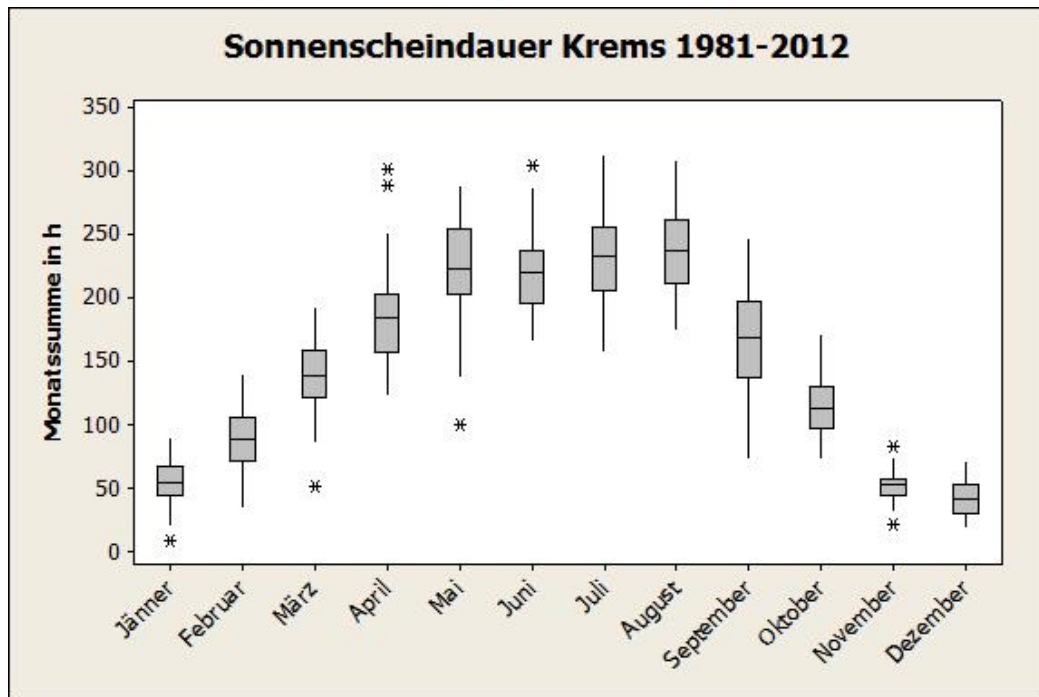


Abb. 37: Monatliche Sonnenscheinstunden in Krems 1981-2012

5.3.3 Niederschlag

Der durchschnittliche Jahresniederschlag für Krems von 1981 bis 2012 ist in Abb. 38 dargestellt. Im Durchschnitt hat es in diesem Zeitraum 539 mm Niederschlag pro Jahr gegeben. Dies liegt nach BAUER (2002, 128) im Idealbereich für Weinanbaugebiete. Ein klarer Trend ist allerdings aus dem Diagramm nicht ersichtlich.

Auffallend sind vor allem die beiden Abweichungen im Jahr 2002 und 2011. Im Jahr 2002 regnete es im August 255,4 mm, was fast die Hälfte der Jahresniederschlagsmenge in anderen Jahren ausmacht (siehe Abb. 38). Im Durchschnitt gibt es in diesem Monat in Krems rund 70 mm Niederschlag. Erschwerend kam hinzu, dass diese Starkregenfälle innerhalb weniger Tage auftraten und im Bezirk Krems und vor allem im benachbarten Kamptal zu einem Jahrhunderthochwasser und katastrophalen Überschwemmungen führten.

Eine ganz andere Situation ergab sich im Jahr 2011. Mit Ausnahme vom Oktober wichen die durchschnittlichen Niederschläge aller Monate negativ vom Mittelwert ab. Die Reben waren einer extremen Trockenstresssituation ausgesetzt, welcher sich zwar nicht direkt auf

Traubenqualität und Erntemenge auswirkte, aber bei vielen Weinen zu untypischen Alterungstönen führte. Wie in Kapitel 2.1.3 beschrieben, spielt der Niederschlag nur eine sekundäre Rolle, solange der Boden genug Wasser speichern kann. Nur häufig aufeinander folgende Jahre mit sehr geringem Niederschlag können einen Einbruch der Ernte verursachen.

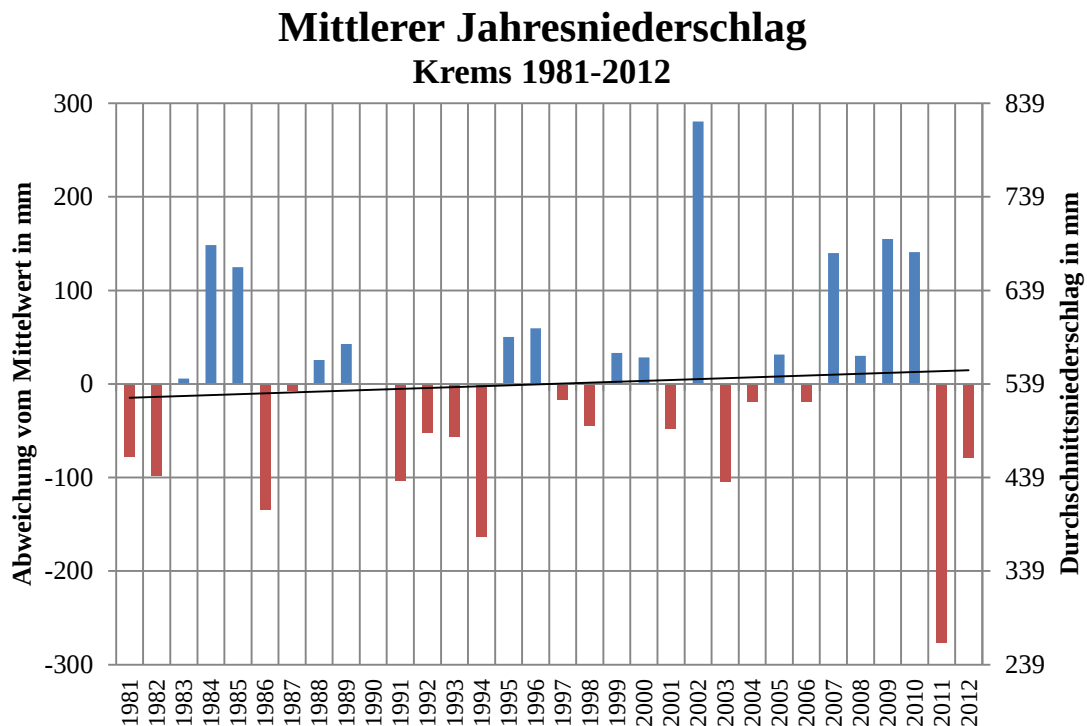


Abb. 38: Durchschnittlicher Jahresniederschlag Krems 1981-2012

Aus dem Boxplot für die Monatsniederschläge geht hervor, dass die Niederschläge mit Beginn der Vegetationsperiode ansteigen und idealerweise in der Wachstumsphase ausreichend vorhanden sind. Wenig Niederschlag und warme Temperaturen lassen die Beeren in Krems im Juli ideal reifen. Der August kann niederschlagsreich sein, was vor allem im Jahr 2002 der Fall war. Kurz vor bzw. während der Erntephase (Ende September bis Mitte Oktober) lässt sich eine von den WeinbauerInnen gewünschte niedrige Niederschlagsmenge erkennen (siehe Abb. 39).

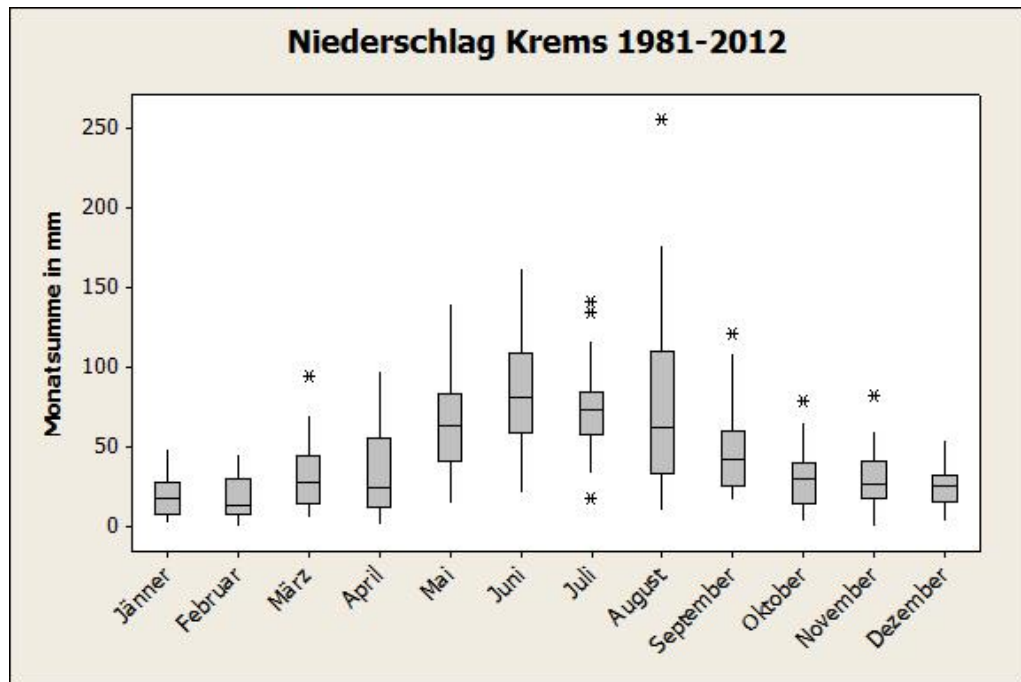


Abb. 39: Boxplot durchschnittliche monatliche Niederschlagsmenge Krems 1981-2012

In den folgenden Diagrammen (Abb. 40 und 41) soll überprüft werden, ob die in der deutschen Literatur beschriebene Tendenz zu trockeneren Sommern und feuchteren Wintern (siehe Kapitel 3.3) auch auf Krems zutrifft.

Aus Abb. 40 geht hervor, dass in Krems ein leicht positiver Trend zu beobachten ist, der Niederschlag während der Sommermonate also eher zunahm. Abb. 41 zeigt, dass die Untersuchungen aus Deutschland auch die Wintermonate betreffend nicht für den Raum Krems bestätigt werden können. Zwischen Dezember und Februar nahm die Niederschlagsmenge seit 1981 durchschnittlich etwas ab (siehe Abb. 41).

Niederschlagsmenge Sommermonate (Juni bis August) 1981-2012

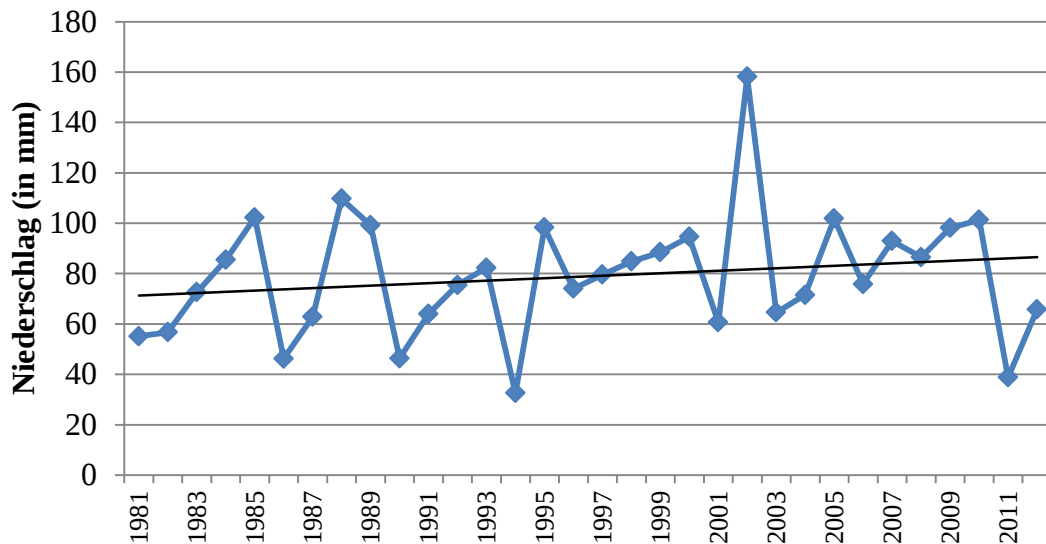


Abb. 40: Niederschlagsmenge in mm während der Sommermonate (Juni, Juli, August) in Krems 1981-2012

Niederschlagsmenge Wintermonate (Dezember bis Februar) 1981-2012

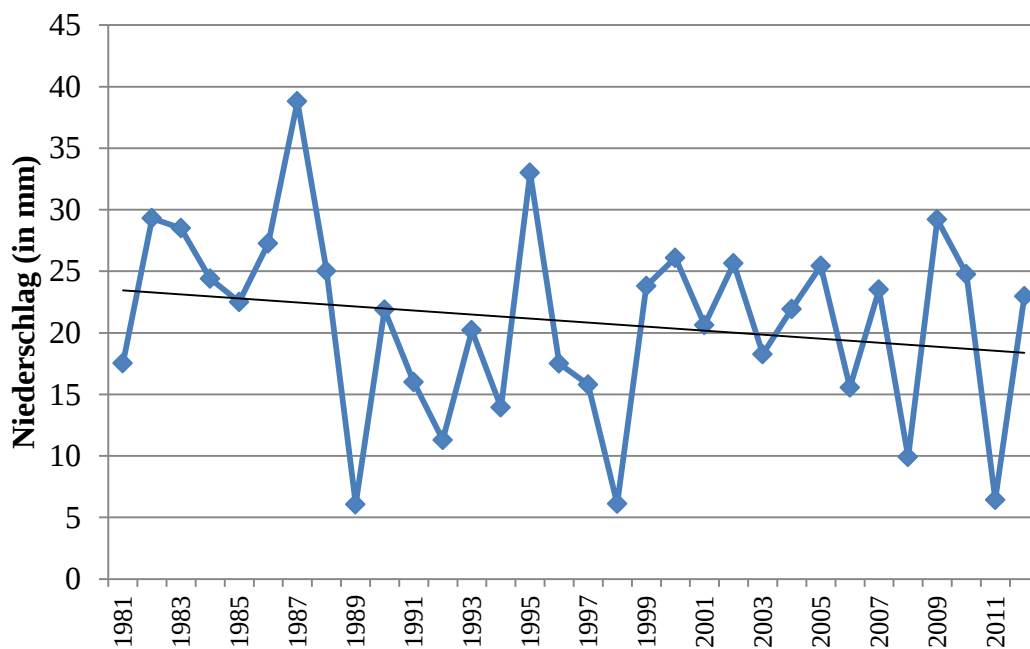


Abb. 41: Niederschlagsmenge in mm während der Wintermonate (Dezember, Jänner, Februar) in Krems 1981-2012

5.4 Trendverlauf von Mostgewicht und Gesamtsäuregehalt in Krems

Die Untersuchung des Trendverlaufes der Mostgewichtswerte für Krems zeigt, dass seit 1981 in Krems ein leichter, konstanter Anstieg erfolgte (siehe Abb. 42).

In den letzten 32 Jahren ist das Mostgewicht um durchschnittlich 1,5 °KMW gestiegen. Ausreißer nach oben sind die Jahre 2003 (19,5 °KMW) und 2007 (18,83 °KMW), nach unten fallen die Jahre 1984 (13,8 °KMW), 1991 (13,25 °KMW) und 1996 (14,16 °KMW) auf.

Die Steilheit der Regressionsgeraden wird allerdings stark von dem hohen Mostgewicht des Jahres 2003 (siehe Abb. 42) beeinflusst, denn läge das Mostgewicht im Jahr 2003 beispielsweise nicht bei 20,8 °KMW, wäre die Trendlinie flacher und der durchschnittliche Anstieg der Werte nicht so hoch.

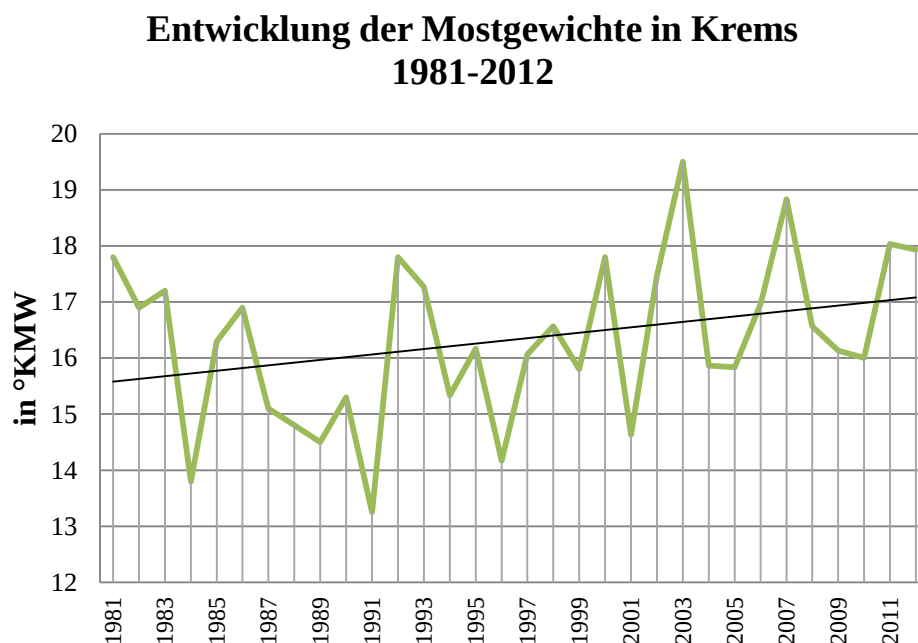


Abb. 42: Trendverlauf Mostgewichtswerte 1981-2012 in Krems

In Abb. 43 ist die Entwicklung der Mostgewichte der Sorten Grüner Veltliner, Rheinriesling und Zweigelt seit 1991 abgebildet. Es sticht der Grüne Veltliner heraus, weil seine Mostgewichtswerte überdurchschnittlich viele, hauptsächlich positive, aber auch einige negative Extreme erkennen lassen.

In den meisten Jahren ist das Mostgewicht der Rheinriesling- und Zweigeltproben unter dem der Sorte Grüner Veltliner. Das mittlere Mostgewicht aller Sorten betrug von 1991 bis 2012 16,54 °KMW, wobei die Sorte Grüner Veltliner 16,89 °KMW, Rheinriesling 16,16 °KMW und Zweigelt aufgrund geringer Schwankungen und weniger Ausreißer nach unten mit 18,70 °KMW über die Jahre im Durchschnitt hatten (siehe Abb. 43).

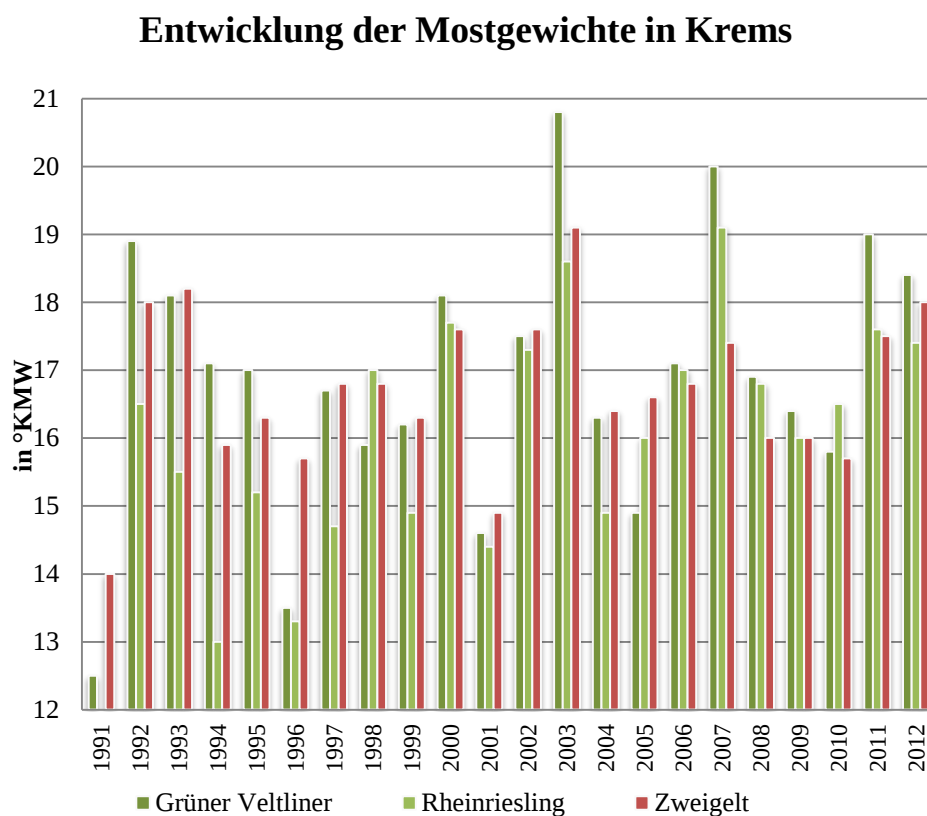


Abb. 43: Entwicklung der Mostgewichtswerte ausgewählter Sorten in Krems seit 1981

Abb. 44 zeigt, dass auch der Gesamtsäuregehalt der Kremser Traubenmoste teils starke Schwankungen aufweist. Die Werte sind seit 1981 aber eher gefallen, der Trend ist daher gegenläufig zum Mostgewicht.

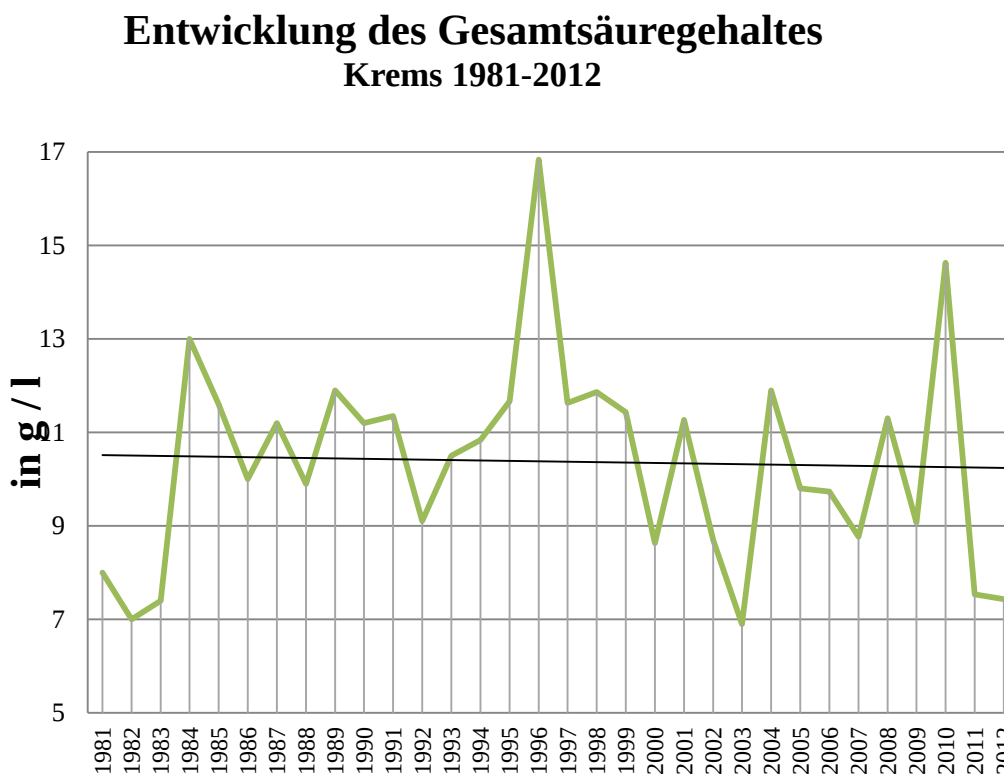


Abb. 44: Trendverlauf Gesamtsäure in Krems seit 1981

Anhand des nächsten Diagrammes (Abb. 45) soll der Zusammenhang zwischen Mostgewichtswerten und Gesamtsäuregehalten veranschaulicht werden. Im Allgemeinen gilt, dass Traubenmoste mit hohem Mostgewicht eine niedrige Gesamtsäure aufweisen bzw. Moste mit geringem Mostgewicht säurereicher sind.

Der Zusammenhang zwischen diesen Werten kann für die Sorte Grüner Veltliner in Krems mit der Gleichung $\text{Gesamtsäure [g/l]} = 22,829 - 0,638 \times \text{Mostgewicht [°KMW]}$ angegeben werden (siehe Abb.45).

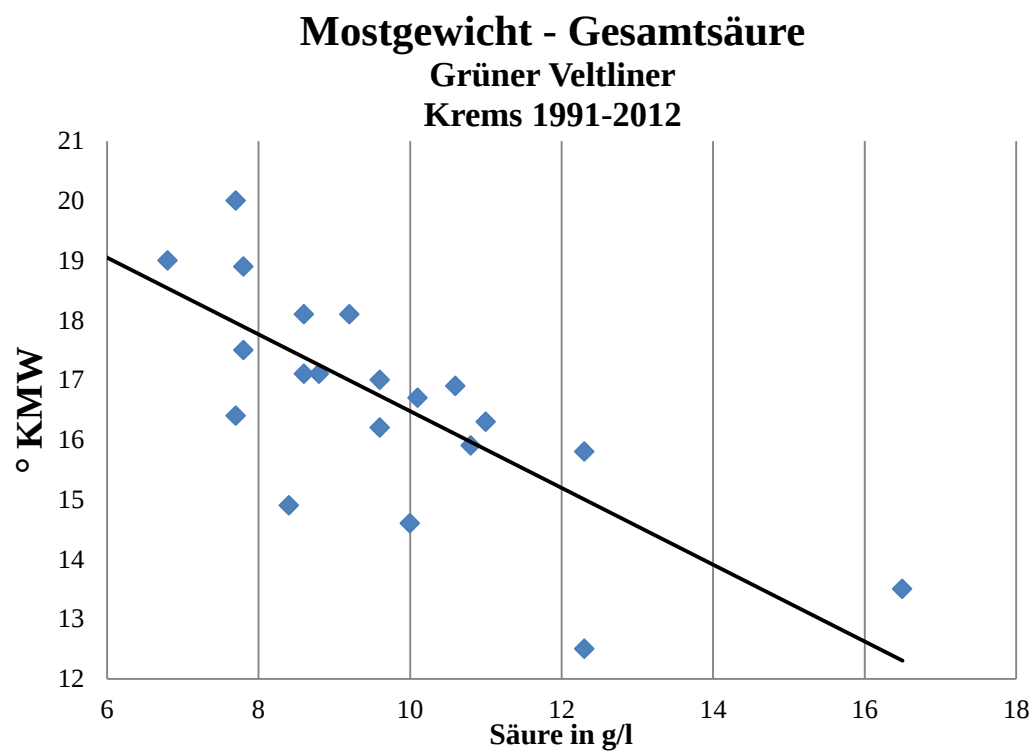


Abb. 45: Streudiagramm Zusammenhang Mostgewicht – Gesamtsäure Grüner Veltliner Krems 1991-2012

5.5 Untersuchung ausgewählter Jahrgänge

In diesem Kapitel soll anhand von Temperatur-, Sonnenscheindauer- und Niederschlagswerten aus jeweils drei „guten“ und eher „schlechten“ Jahren untersucht werden, welche Witterungsfaktoren in bestimmten phänologischen Phasen besonders auffällig und daher mitverantwortlich für die ausgezeichnete bzw. vergleichsweise schlechte Qualität der ausgewählten Jahrgänge sind.

Die Stichproben für die als hochqualitativ geltenden Traubenmoste stammen aus den Jahren 2000, 2003 und 2012, jene für die schlechteren Jahrgänge von 1996, 2001 und 2010 und wurden aufgrund besonders hoher bzw. niedriger Mostgewichtswerte ausgewählt.

Die Vegetationsperiode wird für die Untersuchung in vier Phasen unterteilt:

1. Austrieb: 1. April bis 14. Mai
2. Blüte: 15. Mai bis 30. Juni (siehe Abb. 46)
3. Fruchtersatz bis Traubenschluss: 1. Juli bis 31. Juli
4. Reifephase: 1. August bis 30. September

In Abb. 46 lässt sich deutlich erkennen, dass im Laufe der letzten Jahrzehnte die Rebblüte immer früher stattfindet.

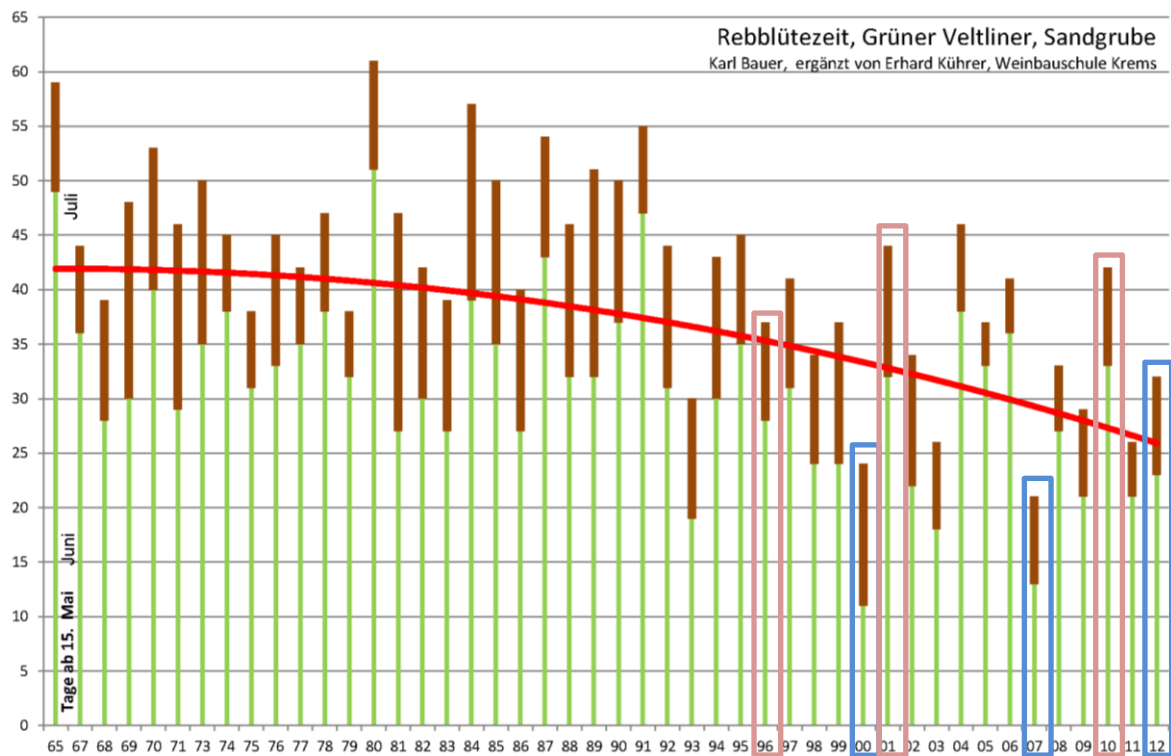


Abb. 46: Rebblütezeit GV Krems 1965-2012 (Quelle: verändert nach BAUER)

Diese Phasen verschieben sich je nach Witterungsbedingungen von Jahr zu Jahr. Wird beispielsweise die in Kapitel 2.1.1 erwähnte Summe hoher Temperaturen spät erreicht, erfolgt der Austrieb auch später und alle weiteren Phasen werden ebenfalls zeitlich verzögert. Die oben angeführten Zeitintervalle sind aus diesem Grund sehr groß gehalten und gelten primär für den Raum Krems.

Legende für die Abbildungen 47-52:

	Periode überdurchschnittlicher Sonnenscheindauer
	Periode unterdurchschnittlicher Sonnenscheindauer
	sehr trockene Periode
	sehr nasse Periode
	überdurchschnittlich warme Temperaturen
	überdurchschnittlich kühle Temperaturen

5.5.1 Beschreibung der einzelnen Jahrgänge

5.5.1.1 Jahrgang 2000

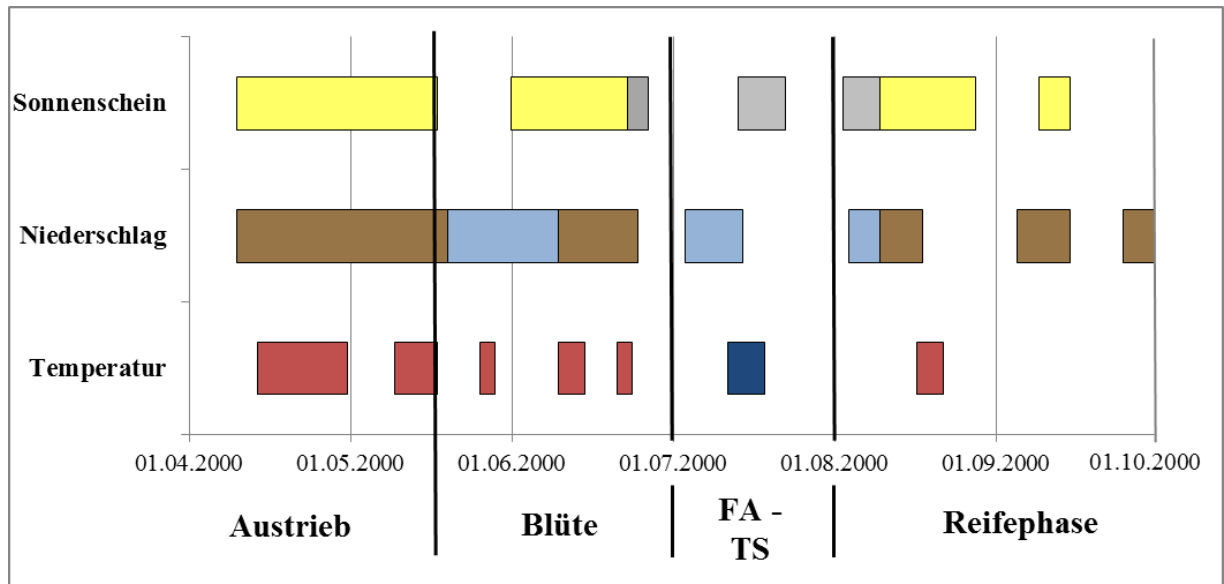


Abb. 47: Über- bzw. unterdurchschnittliche Sonnenschein-, Niederschlags-, Temperaturwerte Krems 2000

Das Jahr 2000 war geprägt von vielen überdurchschnittlich warmen Phasen (siehe Abb. 47). Im April gab es nur einen einzigen Tag, an dem die Lufttemperatur unter null fiel (9.4.). Vor allem in der zweiten Aprilhälfte konnte man hohe Temperaturen beobachten, welche eine frühe Blüte auslösten (26.Mai bis 8. Juni, siehe Abb. 46). Im Juli war es relativ kühl und feucht (zwischen 12. und 18.7. betrugen die Temperaturen um die 15°C) mit unterdurchschnittlich viel Sonnenschein, wodurch die Weinstöcke wieder Feuchtigkeit aufnehmen und speichern konnten, was zu einer raschen Entwicklung der Beeren führte. Die Rotweine waren jedoch „farbtief, dicht und fruchtbetont“ (ÖSTERREICH WEIN), was vor allem auf die vielen Sonnenstunden während der Reifephase zurückzuführen ist, welche sich günstig auf die Farbstoffbildung auswirkten. Dadurch, dass vor allem der Frühling überdurchschnittlich warm war und die Witterungsbedingungen während der Reifephase relativ günstig waren, gilt 2000 als ausgezeichneter Jahrgang, hatte aber „nicht den Charakter eines ausgesprochenen Hitzejahrgangs“ (ÖSTERREICH WEIN). Die mäßigen Niederschlagswerte (nicht farbig markierte Zonen) in der Reifephase waren ideal, denn zu viel Niederschlag hätte den Säureabbau in den Beeren verringert, Wassermangel

die Zuckergrad-Zunahme vermindert. Das Mostgewicht betrug am 20.9. beim GV bereits 18,1°KMW.

5.5.1.2 Jahrgang 2003

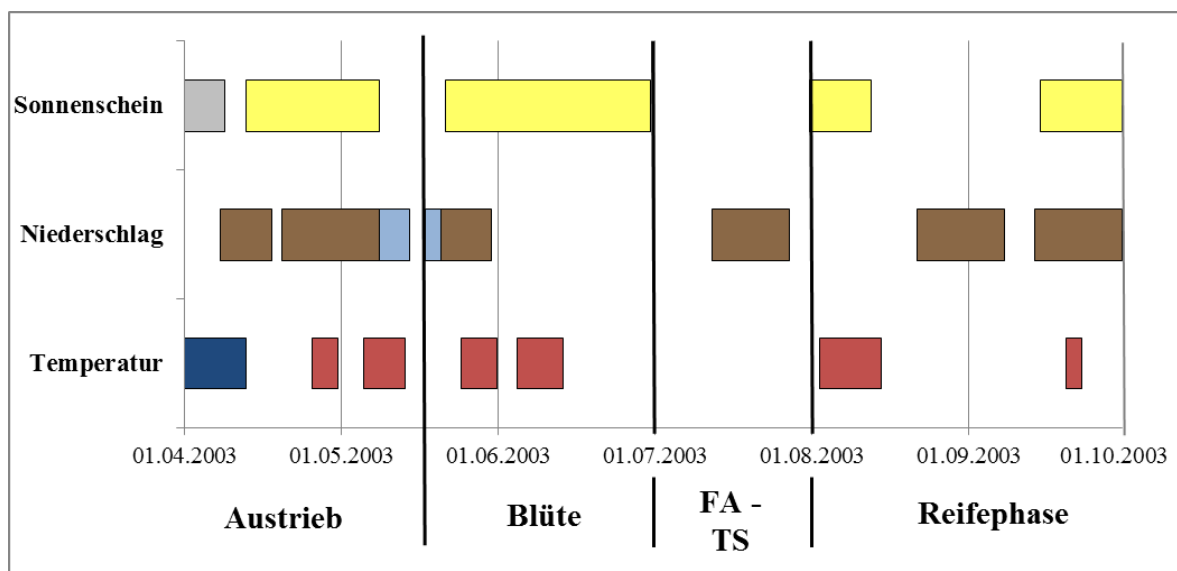


Abb. 48: Über- bzw. unterdurchschnittliche Sonnenschein-, Niederschlags- und Temperaturwerte Krets 2003

In der ersten Aprilhälfte sind noch überdurchschnittlich kalte Temperaturen zu beobachten, wobei das Tagesminimum in 2 m Höhe bis zu -4,5°C betrug. Die Erdbodentemperatur lag an fast doppelt so vielen Tagen unter 0°C und erreichte sogar -7,6°C (siehe Abb. 48).

Auch 2003 fand die Blüte relativ früh statt (2.6.-10.6., siehe Abb. 46), was eine gute Traubenreife in Aussicht stellte und zu hohen Mostgewichtswerten führte.

Ausgenommen von wenigen Tagen Ende Mai und Anfang Juni, an welchen starke Niederschläge fielen, war die gesamte Vegetationsperiode von Trockenheit geprägt. Sowohl während dem Austrieb, dem Fruchtansatz und dem Traubenschluss als auch während der Reifung der Beeren gab es immer wieder langanhaltend sehr wenig bis keinen Niederschlag, was die Reifeentwicklung der Beeren vorantrieb und die Traubengesundheit förderte. Was aus dem Diagramm nicht hervor geht, sind einzelne Tage, an denen es teilweise relativ viel geregnet hat. Dadurch konnten die Reben wieder für einige Zeit mit Wasser versorgt werden und es kam zu keinen erheblichen Trockenschäden. Die Beeren blieben aber eher klein, was in einer geringen Erntemenge resultierte. Der sogenannte „Altweibersommer“, also eine trockene Herbstwitterung, bewirkte wie auch 2012 nur

geringe bzw. kaum Botrytisschäden, wodurch das Traubenmaterial durchwegs sehr gesund war. Wie auch im Jahr 2000 führten die sonnigen Tage zu Weinen mit „tiefen Fruchtaromen“ (ÖSTERREICH WEIN).

5.5.1.3 Jahrgang 2012

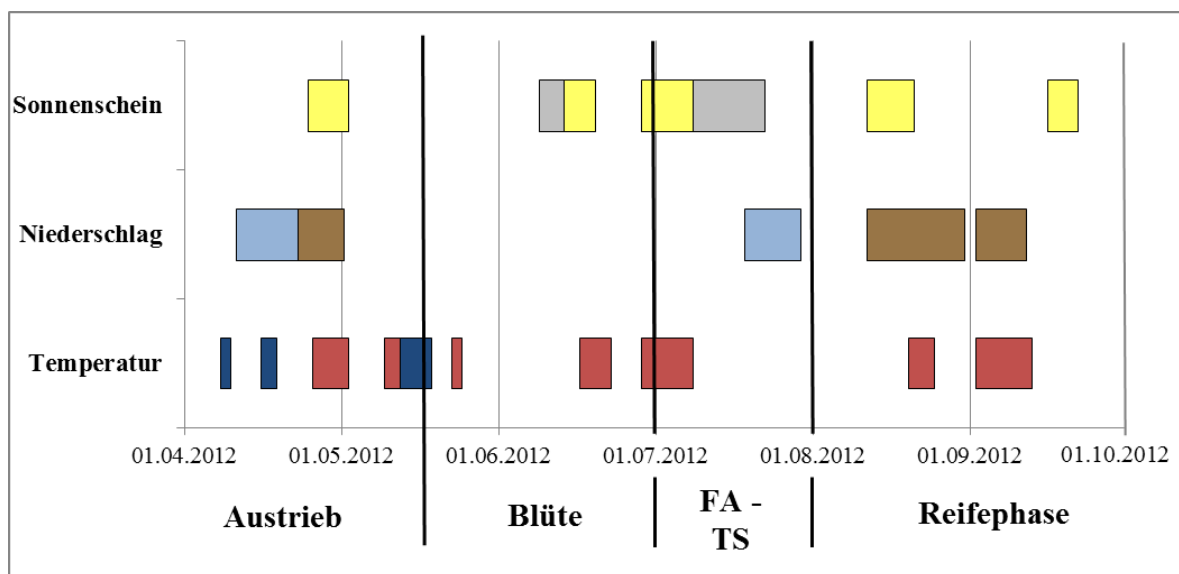


Abb. 49: Über- bzw. unterdurchschnittliche Sonnenschein-, Niederschlags- und Temperaturwerte Krems 2012

Wie in Abb. 49 erkennbar ist, wird der April des Jahres 2012 durch Kälteperioden (insgesamt zwei Wochen Minustemperaturen) mit starkem Regen und überdurchschnittlich warmen Phasen mit äußerst wenig Niederschlag charakterisiert. Als Ende des Monats schließlich die für den Austrieb nötigen Tage mit einer bestimmten Summe hoher Temperaturen (siehe Kapitel 2.1.1) zu beobachten waren, kam jedoch ein riesiger Rückschlag für die WinzerInnen. Das Triebwachstum erfordert eigentlich warme, feuchte Temperaturen im Mai, optimalerweise bis zu 25°C. Doch stattdessen trat Mitte Mai noch eine Kälteperiode auf. Das Temperaturminimum am Erdboden von -2,9°C hätte vermutlich nicht solche Spätfrostschäden verursacht, wenn davor keine überdurchschnittlich warme Phase gewesen wäre und die Reben noch nicht in den Saft gegangen wären. Dies hat, wie in Kapitel 2.1.1 bereits erwähnt, zu erheblichen Ernteaussfällen geführt.

Für einen derartig guten Jahrgang fand die Blüte vergleichsweise spät, nämlich von 6. – 16. Juni, statt (siehe Abb. 46).

Der darauffolgende warme Sommer beeinflusste das Beerenwachstum positiv. Die Witterung während der Lese war geradezu ideal – warm, trocken und sonnig. Abgesehen von diesen günstigen Einflüssen ist die ausgezeichnete Qualität wahrscheinlich auf die gering ausgefallene Erntemenge aufgrund der Spätfröste zurückzuführen.

5.5.1.4 Jahrgang 1996

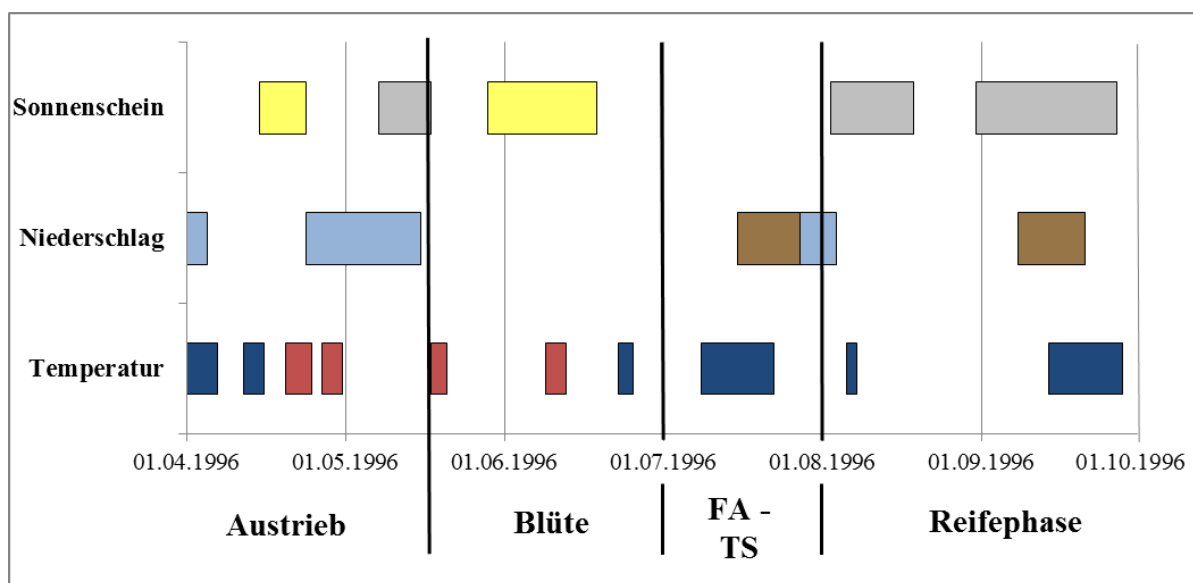


Abb. 50: Über- bzw. unterdurchschnittliche Sonnenschein-, Niederschlags- und Temperaturwerte Krems 1996

Im Jahr 1996 ist auffällig, dass die erste Aprilhälfte vergleichsweise extrem kühl war und ab der vierten Aprilwoche bis Mitte Mai, also während des Austriebs, immer wieder überdurchschnittlich große Niederschlagsmengen fielen (siehe Abb. 50).

Die Blüte fand 1996 relativ spät statt, nämlich vom 12.-21. Juni (siehe Abb. 46), was für die spätere Traubenqualität allgemein ungünstig ist. Positiv zu bewerten ist allerdings, dass die Temperaturen vor dem Aufblühen relativ hoch waren, wodurch die Befruchtung ungestört ablaufen konnte (BAUER 2002, 50), und etwa zwei Wochen überdurchschnittlich lange die Sonne schien.

Der Juli, also zur Zeit des Fruchtausatzes und des Traubenschlusses, fällt durch eine lange kalte Periode auf, welche von Trockenheit geprägt war.

Die Temperaturen lagen auch während der Reifephase fast immer, im September sogar ausschließlich und sehr deutlich, unter 20 °C, was als Schwellenwert gilt, denn bei

darunter liegenden Temperaturen ist der Säureabbau äußerst gering (siehe Kapitel 2.1.1). Ebenfalls mangelte es im August und September an der mit zunehmender Reifeentwicklung immer bedeutenderen Sonneneinstrahlung. Vor allem die drei Wochen vor der Lese stehen aufgrund der unterdurchschnittlichen Sonnenscheindauer hervor.

5.5.1.5 Jahrgang 2001

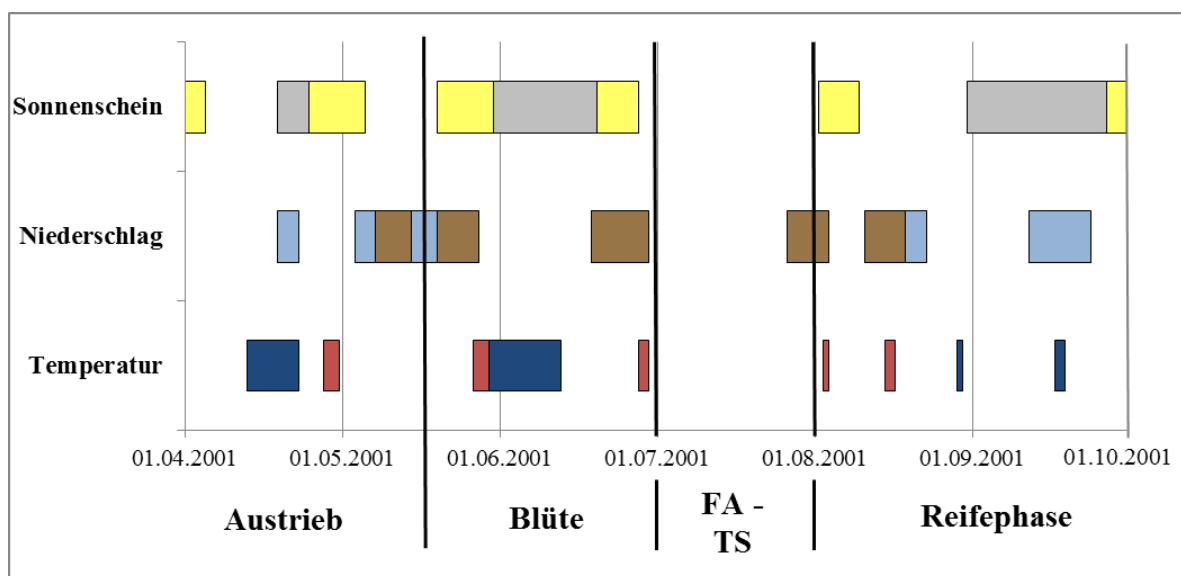


Abb. 51: Über- bzw. unterdurchschnittliche Sonnenschein-, Niederschlags- und Temperaturwerte Krems 2001

Im Jahr 2001 war die zweite Aprilwoche von überdurchschnittlich niedrigen Temperaturen geprägt. Erst in der letzten Aprilwoche wurde es allmählich wärmer und Temperaturen von knapp 19°C wurden erreicht (siehe Abb. 51).

Die Blüte fand dementsprechend spät, vom 16. bis 28. Juni, statt (siehe Abb. 46). Der für die Traubenreife so wichtige Zeitpunkt des Blüteabschlusses war damit der späteste aller untersuchten Jahrgänge. Die ersten drei Juniwochen schien die Sonne vergleichsweise deutlich weniger als in den anderen Jahren während dieser Zeit.

Auch überdurchschnittliche Trockenperioden gab es in diesem Jahr immer wieder. Vor allem im Mai, der zweiten Junihälfte und am Beginn der Reifephase gab es über längere Zeit hinweg keinen bzw. nur sehr wenig Niederschlag. Vor allem am Anfang der Reifung der Beeren wären Regenfälle wichtig gewesen, denn bei Wassermangel bleiben die Beeren und infolgedessen die Erntemenge kleiner.

Kurz vor der Lese hingegen fielen überdurchschnittlich große Niederschlagsmengen bei wenig Sonnenschein und teils kalten Temperaturen, was den Säureabbau verringert hat. Die Herbstwitterung war also alles andere als ideal.

5.5.1.6 Jahrgang 2010

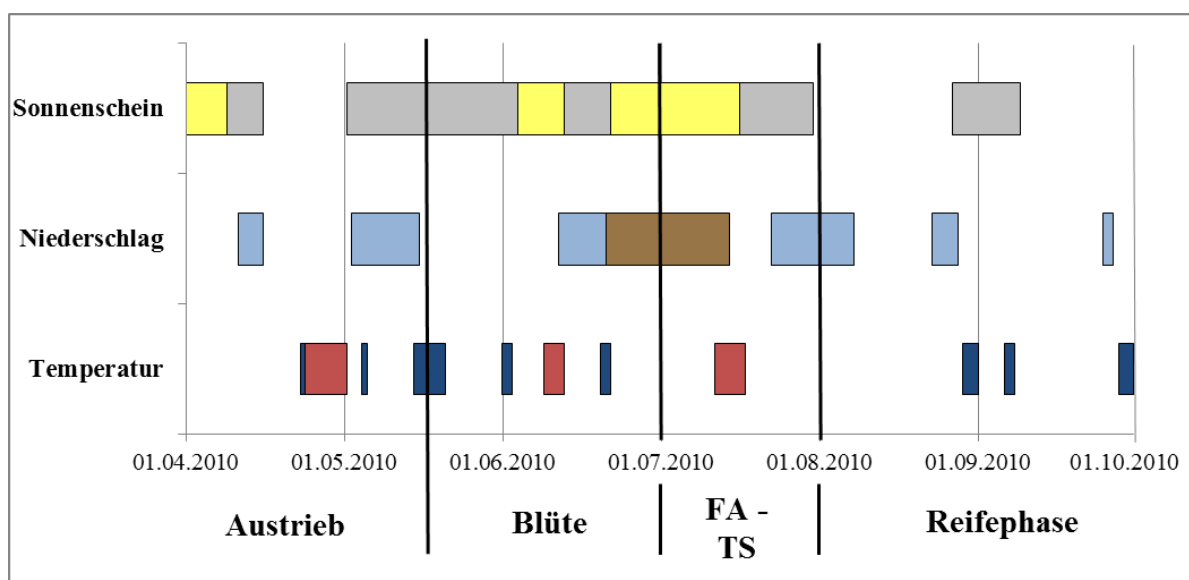


Abb. 52: Über- bzw. unterdurchschnittliche Sonnenschein-, Niederschlags- und Temperaturwerte Krems 2010

Die Blüte fand 2010 zwischen 18. und 26. Juni statt und fiel damit anfänglich in eine Phase mit starken Regenfällen, in der es teilweise auf bis zu 14 °C abkühlte, was sich ungünstig auf den Rebblüteverlauf auswirkte (siehe Abb. 46). Ab 22. Juni bis Mitte Juli, also die Zeit während der Blüte und während des Fruchtansatzes bis zum Traubenschluss, war geprägt von starker Sonneneinstrahlung und langen Trockenperioden. Die ungünstige Witterung am Anfang der Blütephase führte offensichtlich zu Befruchtungsstörungen, denn 2010 war, wie schon in Kapitel 2.1.1 erwähnt, der ertragsärmste Jahrgang der letzten 15 Jahre.

Während der Reifephase, also in den Monaten August und September, fiel überdurchschnittlich viel Niederschlag. Dies führt, wenn die Trauben aufgrund der Fäulnisgefahr noch etwas unreif gelesen werden, zu sehr säurereichen Mosten bzw. zu krankem Traubenmaterial, wenn die WinzerInnen in der Hoffnung auf höhere Zuckergradationen mit der Ernte warten (FIEDLER 2009). Im Jahr 2010 wurde der Botrytisbefall allerdings aufgrund des geringen Traubenbestandes und der Lockerbeerigkeit (verursacht durch Verrieselung) gedämpft (ÖSTERREICH WEIN). Auch die

Temperaturen und die Zahl der Sonnenscheinstunden lagen in dieser Phase deutlich unter jenen der anderen Jahre (siehe Abb. 52).

5.5.2 Interpretation der Ergebnisse

Bei der Interpretation der Ergebnisse wird versucht, auffallende Witterungsfaktoren in bestimmten phänologischen Phasen zu finden, welche sich positiv bzw. negativ auf die Traubenqualität auswirken. Aufgrund der kleinen Anzahl an untersuchten Jahrgängen ist es zwar schwierig allgemeingültige Aussagen zu treffen, doch es lassen sich vor allem bei den Jahrgängen mit hohen Mostgewichtswerten gemeinsame Merkmale finden.

Zusammenfassend lassen sich bei den ausgezeichneten Jahrgängen fünf Witterungsbedingungen festhalten, welche vermutlich zu hohen Traubenmostqualitäten geführt haben.

Erstens gab es in allen drei analysierten Jahrgängen keine Starkregenereignisse und auch keine lang anhaltenden Niederschläge während der Reifephase. Eher das Gegenteil war der Fall, während der Reifung der Beeren fiel phasenweise unterdurchschnittlich viel Niederschlag, wobei es aber dazwischen immer wieder regnete. Davon konnte wahrscheinlich in den Lössböden mit ihrem großen Wasserspeichervermögen genug Feuchtigkeit für die Versorgung der Reben zurück gehalten werden, sodass sie trotzdem nicht unter massivem Trockenstress litten. Es kann auch vermutet werden, dass die WeinbauerInnen durch den geringeren Botrytisbefall aufgrund des wenigen Niederschlages länger bis zur Lese warten konnten und die Trauben mit höheren Zuckergradationen ernten konnten.

Zweitens hängen die höheren Mostgewichtswerte auch mit der längeren Sonnenscheindauer in diesem Entwicklungsabschnitt zusammen, welche schon in der Literatur (siehe Kapitel 2.1.2) als essentiell bewertet wurde, weil mehr Äpfelsäure abgebaut wird.

Drittens waren die hohen Temperaturwerte während der Blüte- und Reifephase auffällig. Warmes, trockenes Wetter ist während der Blüte wichtig, damit der Befruchtungsvorgang ungestört ablaufen kann. Ist dies nicht der Fall, verrieseln die Blüten bzw. bleiben die Beeren klein und unreif (BAUER 2002, 50).

Viertens fiel bei der Betrachtung der Tageswerte auch auf, dass es 2003 und 2012 im April viele Tage mit Minusgraden gegeben hat und 2012 sich auch noch der Spätfrost in der Nacht auf den 18. Mai auf die Traubenqualität auswirkte, indem die Erntemenge zugunsten der Traubenqualität geringer ausfiel.

Die fünfte Gemeinsamkeit der ausgezeichneten Jahrgänge war die frühe Blüte. Sie fand bei den Jahrgängen 2000, 2003 und 2012 verglichen mit den schlechteren Jahrgängen relativ früh statt.

Die schlechteren Jahrgänge hingegen waren allgemein durch mehr überdurchschnittlich kalte und sonnenarme Perioden geprägt.

Bei allen drei Jahrgängen war vor allem die Reifephase durch besonders kalte Perioden charakterisiert. Auffällig ist die sehr niederschlagsreiche Herbstwitterung in Kombination mit vielen besonders sonnenarmen Tagen. Vor allem die Überversorgung mit Wasser verhindert den Säureabbau und die Zuckereinlagerung.

Die Rebblüte fand bei den untersuchten Jahrgängen sehr spät statt, was insofern von Nachteil ist, weil die Beerenentwicklung erst später beginnen konnte und dadurch zeitlich verzögert war. Das hatte zur Folge, dass die Trauben aufgrund des erhöhten Botrytisrisikos früher geerntet werden mussten und keine hohen Zuckergradationen erreicht werden konnten.

Die Witterung in der Phase während des Fruchtansatzes und des Traubenschlusses scheint, soweit dies anhand von 6 Stichproben beurteilt werden kann, keine allzu große Rolle zu spielen. Sowohl bei den ausgezeichneten Jahrgängen also auch bei den schlechteren konnte keine Gemeinsamkeit festgestellt werden. In dieser Phase findet man in den sechs untersuchten Jahrgängen unterdurchschnittliche Klimawerte ebenso wie überdurchschnittliche.

5.6 Analyse quantitativer Zusammenhänge zwischen Traubenmostqualität und Witterungsfaktoren

5.6.1 Hypothesenbildung

Folgende Hypothesen zum quantitativen Zusammenhang zwischen der Traubenmostqualität (Mostgewicht und Gesamtsäure) und den Witterungsfaktoren Temperatur, Sonnenscheindauer und Niederschlagsmenge sollen im nachstehenden Kapitel verifiziert bzw. falsifiziert werden:

Von den drei untersuchten Klimafaktoren Temperatur, Niederschlag und Sonnenscheindauer wird die Temperatur am stärksten mit den Mostgewichtswerten korrelieren.

Der Einfluss des Niederschlages auf das Mostgewicht bzw. auf die Säure wird an den ausgewählten Standorten nur sehr gering sein.

Da sich die Beeren bei warmen Temperaturen mit Zucker anreichern und der Temperaturtrend steigend ist, wird auch das Mostgewicht in den letzten Jahrzehnten zugenommen haben.

5.6.2 Statistische Methoden

Der Einfluss von Temperatur, Niederschlag und Sonnenscheindauer auf das Mostgewicht und den Gesamtsäuregehalt wurde anhand von einfachen linearen Regressionsanalysen untersucht, mithilfe derer der Zusammenhang zwischen zwei metrischen Variablen festgestellt werden konnte. Dazu wurden explizit abhängige (zu erklärende) Variablen Y (Mostgewicht in °KMW, Säure in g/l) festgelegt. Zusätzlich wurden unabhängige (erklärende) Variablen X (durchschnittliche Monatstemperatur, jährliche Sonnenscheindauer und Jahresniederschlagsmittel) definiert, wobei davon ausgegangen wird, dass „die Variation der Werte auf der unabhängigen Variable die Variation der Werte auf der abhängigen Variable erklären kann“ (AUFHAUSER und RÖHRLING 2009, 86).

Da ein Regressionsmodell nur sinnvoll ist, wenn die Gerade²² eine Steigung aufweist, welche signifikant verschieden von 0 ist, wurde zuerst der sogenannte T-Test durchgeführt. Ist der unter Signifikanz ausgewiesene Wert $<0,05$, liegt ein Anstieg der linearen Regressionsgerade vor, welcher sich signifikant von 0 unterscheidet.

Weiters ist es wichtig, zu prüfen, ob das Regressionsmodell etwas „erklärt“. Dies kann aus dem sogenannten F-Test abgelesen werden, welcher Auskunft darüber gibt, „ob die durchschnittliche ‚erklärte‘ Variation höher ist als die durchschnittliche nicht erklärte Restvariation“ (AUFHAUSER und RÖHRLING 2009, 92), also Aufschluss darüber gibt, „ob das geschätzte Modell auch über die Stichprobe hinaus für die Grundgesamtheit Gültigkeit besitzt“ (LUNAU et al. 2007, 170). Dies ist der Fall, wenn die Signifikanz ebenfalls $<0,05$ ist.

Lag der unter Signifikanz ausgewiesene Wert sowohl beim T- als auch F-Test unter 0,05, gab es also einen signifikanten linearen Zusammenhang zwischen den analysierten Variablen, wurde anschließend R^2 untersucht. „Das Bestimmtheitsmaß R^2 ist ein Maß für die Gesamtgüte eines Regressionsmodells. Es misst den Anteil der durch die Regression erklärten Variation auf den Y-Werten an der Gesamtvariation der Y-Werte.“ (AUFHAUSER und RÖHRLING 2009, 91). Das heißt, R^2 gibt Auskunft über das Ausmaß, in welchem die erklärende Variable die Variation der abhängigen Variable zu erklären vermag.

Als Maß für die Stärke des linearen Zusammenhangs wurde der Korrelationskoeffizient nach Pearson (r_{xy}) herangezogen, wobei die Korrelationen nach folgender groben Einstufung interpretiert werden (BROSIUS 1998, 503):

$ r_{xy} \cong 0 \rightarrow$	keine Korrelation
$0 < r_{xy} < 0,2 \rightarrow$	sehr schwache Korrelation
$0,2 < r_{xy} < 0,4 \rightarrow$	schwache Korrelation
$0,4 < r_{xy} < 0,6 \rightarrow$	mittlere Korrelation

²² Die Gerade im bivariaten linearen Regressionsmodell beschreibt den Zusammenhang zwischen den Werten zweier metrischer Variablen, das heißt sie repräsentiert die Gestalt der Punktwolke in einem Streudiagramm vereinfacht (AUFHAUSER und RÖHRLING 2009, 86).

$0,6 < r_{xy} < 0,8 \rightarrow$	starke Korrelation
$ r_{xy} > 0,8 \rightarrow$	sehr starke Korrelation
$ r_{xy} \cong 1 \rightarrow$	perfekte Korrelation

Außerdem wurde der nicht standardisierte Regressionskoeffizient (B) mithilfe von SPSS berechnet, welcher Auskunft über das Ausmaß der Veränderungen der abhängigen Variablen bei einer Zunahme um eine Einheit gibt.

Zusätzlich wurden die Zusammenhänge graphisch anhand von Streudiagrammen dargestellt, um die Abhängigkeitsstruktur auf einen Blick grob erfassen zu können.

5.6.3 Ergebnisse

Im folgenden Kapitel werden zuerst die Analysen jener Variablen dargestellt, bei welchen ein signifikanter Zusammenhang statistisch nachgewiesen werden konnte. Anschließend werden die in Kapitel 5.6.1 aufgestellten Hypothesen auf Basis der davor durchgeführten Untersuchungen geprüft und die Ergebnisse interpretiert (siehe Kapitel 5.6.4).

5.6.3.1 Einfluss der Temperatur

Wie im Streudiagramm (Abb. 53) gut zu erkennen ist, besteht ein negativer Zusammenhang zwischen der Gesamtsäure und der Temperatur. Je höher die Temperatur, desto niedriger ist in der Regel der Gesamtsäuregehalt. Dies gilt sowohl für die Grünen Veltliner- als auch Rheinriesling- und Zweigeltproben, wobei die Korrelation beim Zweigelt am stärksten ist.

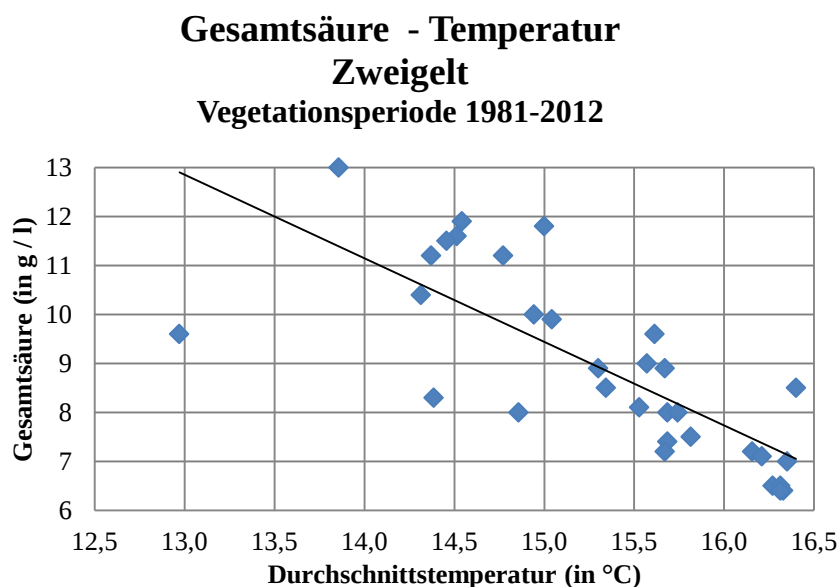


Abb. 53: Zusammenhang zwischen mittlerer Monatstemperatur (in °C) während der Vegetationsperiode (April bis Oktober) und Gesamtsäuregehalt von Zweigeltproben 1981-2012

Der Pearson'sche Korrelationskoeffizient liegt bei beiden untersuchten Weißweinsorten bei knapp unter -0,60, es besteht also eine starke Korrelation zwischen dem Gesamtsäuregehalt und der Temperatur. Mit -0,77 korrelieren Säure- und Temperaturwerte beim Zweigelt noch stärker (siehe Tab. 5).

Durch dieses Modell können 38,2% (Grüner Veltliner) bzw. 36,4% (Rheinriesling) der Variation der Gesamtsäurewerte durch die Temperatur erklärt werden. Besonders sticht aber der Zweigelt hervor, bei dem 59,2% der Säuregehaltsschwankungen durch die Temperatur erklärbar sind (siehe Tab. 5).

	Korrelation nach Pearson	R-Quadrat	Korrigiertes R- Quadrat	Standardfehler des Schätzers
Grüner Veltliner	-,618	,382	,352	1,928
Rheinriesling	-,603	,364	,331	2,82679
Zweigelt	-,769	,592	,578	1,21710

Tab. 5: Ausgewählte Ergebnisse der statistischen Analyse des Einflusses der Temperatur auf den Gesamtsäuregehalt von Grünem Veltliner, Rheinriesling und Zweigelt

Die Regressionsgeradengleichung kann bei Grünem Veltliner für die Gesamtsäure eines einzelnen Jahrganges mit *Gesamtsäure [in g/l] = 36,653 - 1,761 * mittlere Temperatur während der Vegetationsperiode [in °C]* angegeben werden.

Auf Basis des Regressionsmodells ist zu erwarten, dass bei einer Temperaturzunahme von 1 °C die Gesamtsäurewerte vom Grünen Veltliner um etwa 1,76 g/l und beim Zweigelt um ca. 1,72 g/l sinken würden. Beim Rheinriesling würde der Gesamtsäuregehalt sogar um 2,53 g/l abnehmen (siehe Tab. 6).

		Nicht standardisierte Koeffizienten		Standardisierte Koeffizienten	T	Signifikanz
		Regressionskoeffizient B	Standardfehler	Beta		
GV	Konstante	36,653	7,767	-,618	4,719	,000
	Temperatur	-1,761	,500		-3,520	,000
RR	Konstante	53,274	11,957	-,603	4,455	,000
	Temperatur	-2,532	,767		-3,299	,004
ZW	Konstante	35,221	3,994	-,769	8,818	,000
	Temperatur	-1,718	,260		-6,597	,000

Tab. 6: Koeffizienten, T-Test und Signifikanz zum Zusammenhang zwischen Temperatur und Gesamtsäuregehalt bei Grünen Veltliner-, Rheinriesling- und Zweigeltproben

Die Untersuchung des Einflusses der Temperatur auf die Mostgewichtswerte zeigte einen positiven linearen Zusammenhang. Das heißt, je wärmer es war, desto höher war in der Regel auch die Zuckergradation. Dies gilt für alle drei Sorten, wobei der Zusammenhang beim Rheinriesling am besten erkennbar ist (siehe Abb. 54).

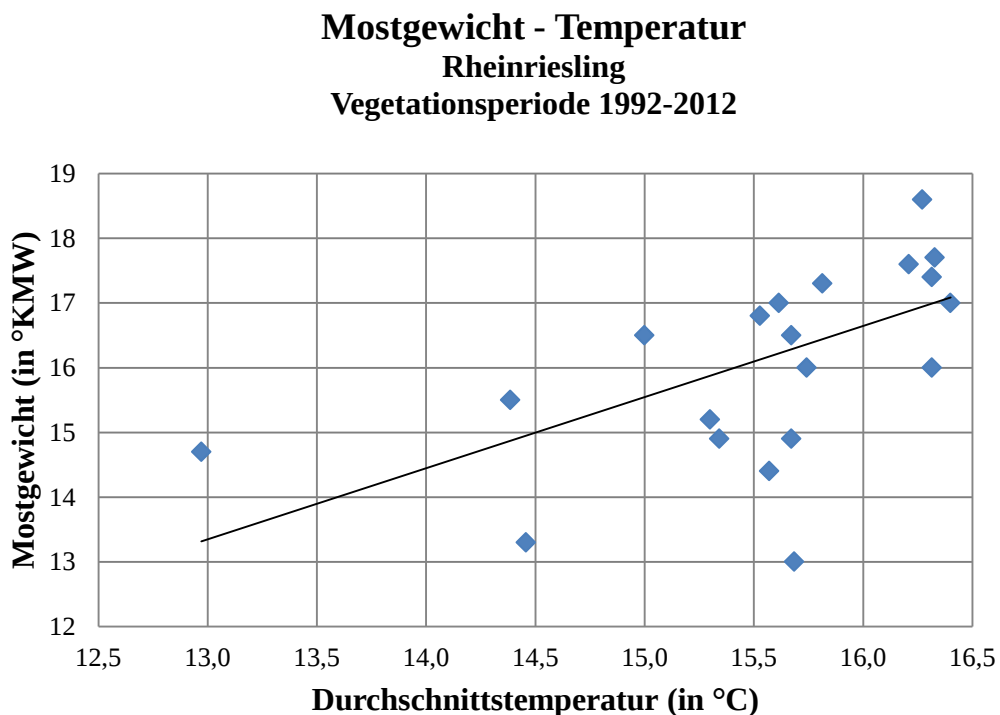


Abb. 54: Zusammenhang zwischen mittlerer Monatstemperatur (in °C) während der Vegetationsperiode (April bis Oktober) und Mostgewicht von Rheinrieslingproben 1992-2012

Der Korrelationskoeffizient nach Pearson beträgt bei allen Sorten zwischen 0,4 und 0,6, es ist also eine mittlere Korrelation vorhanden. Der stärkste Zusammenhang zwischen Mostgewichts- und Temperaturwerten wurde mit 0,56 beim Rheinriesling gefunden (siehe Tab. 7).

Dieses Regressionsmodell kann nur 23,5% (Grüner Veltliner) bzw. 24,1% (Zweigelt) der Variation der Mostgewichtswerte durch die Temperatur erklären. Die Residualvariation ist beim Zweigelt am geringsten, trotzdem kann lediglich knapp ein Drittel der Mostgewichtsschwankungen durch die Temperatur erklärt werden (siehe Tab. 7).

	Korrelation nach Pearson	R-Quadrat	Korrigiertes R- Quadrat	Standardfehler des Schätzers
Grüner Veltliner	,485 ^a	,235	,197	1,775
Rheinriesling	,562 ^a	,316	,280	1,36695
Zweigelt	,491 ^a	,241	,216	1,12155

Tab. 7: Ausgewählte Ergebnisse der statistischen Analyse des Einflusses der Temperatur auf das Mostgewicht von Grünem Veltliner, Rheinriesling und Zweigelt

Der nicht standardisierte Regressionskoeffizient liegt beim Grünen Veltliner bei 1,14, beim Riesling bei 1,1. Das heißt bei einem Anstieg der Temperatur um 1°C, würde das Mostgewicht bei beiden Sorten durchschnittlich um 1,1 °KMW zunehmen. Beim Zweigelt liegt der Wert um 0,36 niedriger (siehe Tab. 8).

		Nicht standardisierte Koeffizienten		Standardisierte Koeffizienten	T	Signifikanz
		Regressions- koeffizient B	Standardfehler	Beta		
GV	Konstante	-,813	7,151		-,114	,911
	Temperatur	1,142	,461	,485	2,480	,022
RR	Konstante	-,949	5,782		-,164	,871
	Temperatur	1,100	,371	,562	2,963	,008
ZW	Konstante	5,100	3,681		1,386	,176
	Temperatur	,741	,240	,491	3,086	,004

Tab. 8: Koeffizienten, T-Test und Signifikanz zum Zusammenhang zwischen Temperatur und Mostgewicht bei Grünem Veltliner-, Rheinriesling- und Zweigeltproben

5.6.3.2 Einfluss der Sonnenscheinstunden

Die Untersuchung ergab einen positiven Zusammenhang zwischen der Sonnenscheindauer und dem Mostgewicht bei allen drei untersuchten Sorten. Das heißt, mit steigender Anzahl an Sonnenstunden, nehmen gewöhnlich auch die Mostgewichtswerte zu. Da die Korrelation beim Grünen Veltliner am stärksten ist, wird das Streudiagramm mit den Werten für diese Sorte dargestellt (Abb. 55).

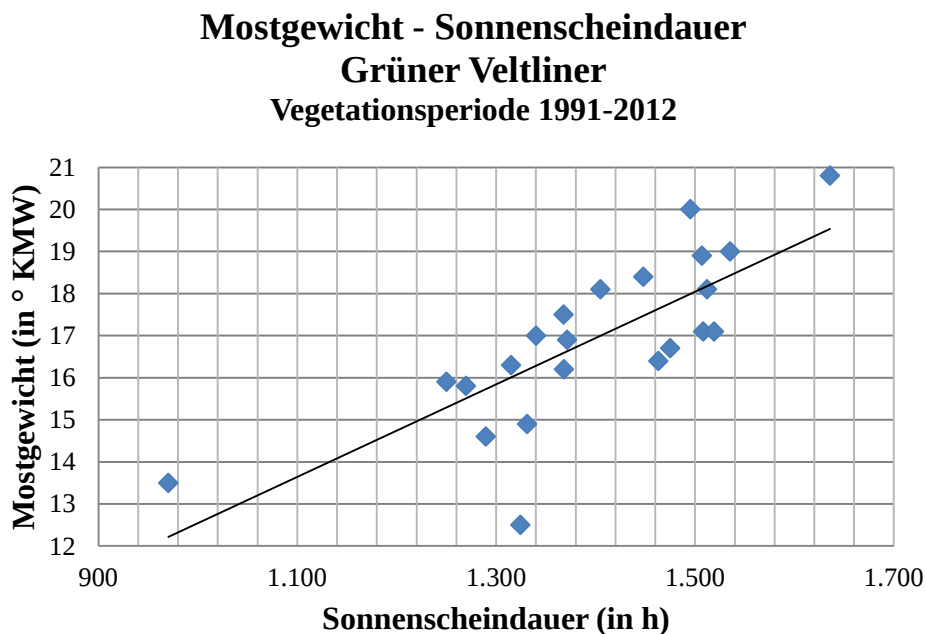


Abb. 55: Zusammenhang zwischen mittlerer monatlicher Sonnenscheindauer (in Stunden) während der Vegetationsperiode und Mostgewicht (in °KMW) von Grünen Veltlinerproben 1991-2012

Der Korrelationskoeffizient nach Pearson ist beim Grünen Veltliner am höchsten (0,73). Er zeigt bei dieser Sorte einen starken Zusammenhang zwischen dem Mostgewicht und der Sonnenscheindauer. Auch beim Zweigelt besteht eine relativ starke Korrelation (0,66). Bei den Rheinrieslingproben konnte lediglich eine mittlere Korrelation nachgewiesen werden.

Auf Grundlage des Regressionsmodells können beim Grünen Veltliner 73,2% der Streuung der Mostgewichtswerte durch die Streuung der Werte für die Sonnenscheindauer in einem linearen Zusammenhang erklärt werden. Beim Zweigelt sind es 43,6% und beim Rheinriesling nur 27% (siehe Tab. 9).

	Korrelation nach Pearson	R-Quadrat	Korrigiertes R- Quadrat	Standardfehler des Schätzers
Grüner Veltliner	,732 ^a	,537	,513	1,382
Rheinriesling	,520 ^a	,270	,232	1,412
Zweigelt	,660 ^a	,436	,417	,967

Tab. 9: Ausgewählte Ergebnisse der statistischen Analyse des Einflusses der Sonnenscheindauer auf das Mostgewicht von Grünem Veltliner, Rheinriesling und Zweigelt

Beim Grünen Veltliner lautet die Regressionsgleichung: *Mostgewicht [in °KMW] = 0,100*
** mittlere Sonnenscheindauer [in Stunden] während der Vegetationsperiode - 3,249.*

Daraus lässt sich ableiten, dass bei einem Anstieg der Sonnenscheindauer um 100 Stunden die Mostgewichtswerte um 10 °KMW zunehmen würden. Beim Rheinriesling würde sich das kaum auswirken (siehe Tab. 10).

		Nicht standardisierte Koeffizienten		Standardisierte Koeffizienten	T	Signifikanz
		Regressions- koeffizient B	Standardfehler	Beta		
GV	Konstante	-3,249	4,197		-,774	,448
	Sonne	,100	,021	,732	4,812	,000
RR	Konstante	7,869	3,141		2,505	,021
	Sonne	,006	,002	,520	2,653	,016
ZW	Konstante	5,909	2,194		2,694	,011
	Sonne	,053	,011	,660	4,817	,000

Tab. 10: Koeffizienten, T-Test und Signifikanz zum Zusammenhang zwischen Sonnenscheindauer und Mostgewicht bei Grünem Veltliner-, Rheinriesling- und Zweigeltproben

Der Zusammenhang zwischen der Anzahl an Sonnenstunden und Gesamtsäure ist beim Rheinriesling am größten. Die Punktwolke entlang der Regressionsgeraden lässt vermuten, dass ein relativ starker Zusammenhang zwischen Gesamtsäuregehalt und Sonnenscheindauer besteht (siehe Abb. 56).

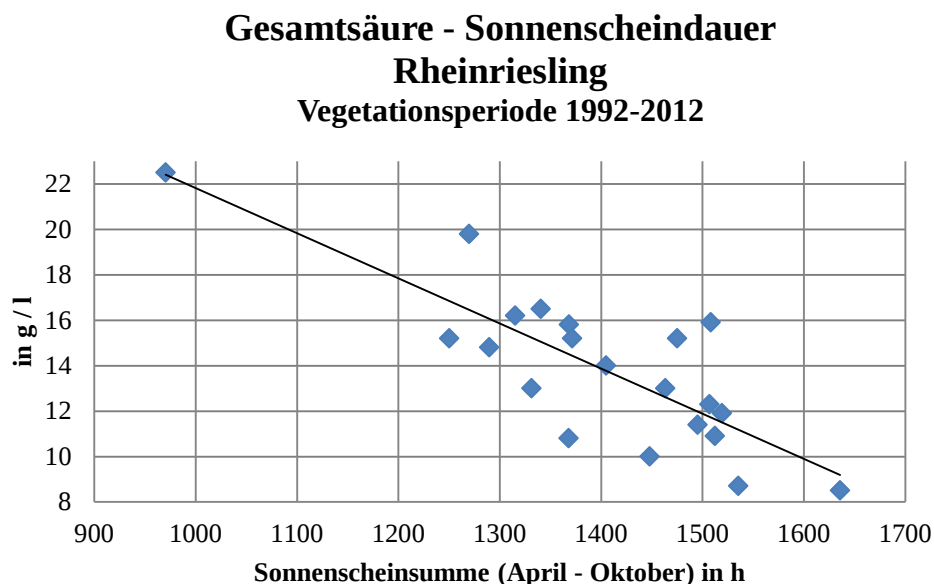


Abb. 56: Zusammenhang zwischen mittlerer Sonnenscheindauer und Mostgewicht von Rheinrieslingproben während der Vegetationsperiode 1992-2012

Der Pearson'sche Korrelationskoeffizient beträgt bei Grünem Veltliner und Zweigelt über -0,6, was bedeutet, dass der Gesamtsäuregehalt dieser beiden Sorten stark von der Sonnenscheindauer abhängt. Besonders auffällig ist die sehr starke Korrelation dieser Werte beim Rheinriesling (siehe Tab. 11). Bei diesem können 66% der Säureschwankungen durch Variation der Sonnenscheinstunden erklärt werden, womit die Sonnenscheindauer von den untersuchten Klimaparametern den höchsten Erklärungsanteil liefert.

	Korrelation nach Pearson	R-Quadrat	Korrigiertes R- Quadrat	Standardfehler des Schätzers
Grüner Veltliner	-,623 ^a	,388	,357	1,919
Rheinriesling	-,812 ^a	,660	,642	2,06671
Zweigelt	-,671 ^a	,450	,431	1,41345

Tab. 11: Ausgewählte Ergebnisse der statistischen Analyse des Einflusses der Sonnenscheindauer auf den Gesamtsäuregehalt von Grünem Veltliner, Rheinriesling und Zweigelt

Die Regressionsgleichung für Rheinriesling kann mit *Gesamtsäure [in g/l] = -0,020 * mittlere Sonnenscheindauer + 41,678* angeschrieben werden.

R² beträgt beim Rheinriesling 0,66, was bedeutet, dass auf Basis dieses Modells 66% der Gesamtsäureschwankungen durch die Sonnenscheinstunden erklärt werden.

Die jeweiligen nicht standardisierten Regressionskoeffizienten (B) zeigen, dass anhand dieses Regressionsmodells ein Sinken der Gesamtsäure um 2 g/l zu erwarten wäre, wenn die Sonnenscheindauer um 100 Stunden pro Jahr stiege (siehe Tab. 12).

		Nicht standardisierte Koeffizienten		Standardisierte Koeffizienten	T	Signifikanz
		Regressions- koeffizient B	Standardfehler	Beta		
GV	Konstante	30,056	5,831		5,155	,000
	Sonne	-,103	,029	-,623	- 3,559	,002
RR	Konstante	41,678	4,597		9,066	,000
	Sonne	-,020	,003	-,812	- 6,075	,000
ZW	Konstante	24,741	3,207		7,714	,000
	Sonne	-,080	,016	-,671	- 4,951	,000

Tab. 12: Koeffizienten, T-Test und Signifikanz zum Zusammenhang zwischen Sonnenscheindauer und Gesamtsäuregehalt bei Grünem Veltliner-, Rheinriesling- und Zweigeltproben

5.6.3.3 Einfluss des Niederschlags

Zwischen der Niederschlagsmenge und den Mostgewichts- bzw. Gesamtsäurewerten konnte bei keiner der untersuchten Sorten ein signifikanter linearer Zusammenhang festgestellt werden.

Die folgenden Diagramme (Abb. 57 und 58) zeigen zwar einen leicht negativen Zusammenhang zwischen Mostgewicht und Niederschlag, das heißt, mit zunehmendem Niederschlag sinken die Mostgewichtswerte, und eine positive Korrelation zwischen Niederschlag und Gesamtsäuregehalt (steigende Gesamtsäurewerte mit zunehmender Niederschlagsmenge). Anhand der Punktwolke kann man aber kein eindeutiges Muster erkennen, es besteht daher kein signifikanter linearer Zusammenhang zwischen diesen Variablen.

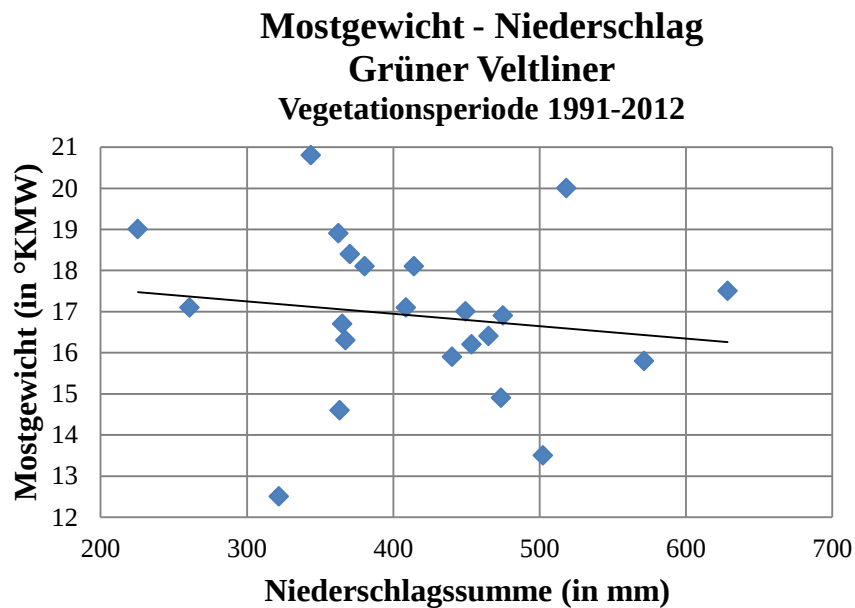


Abb. 57: Zusammenhang zwischen mittlerer monatlicher Niederschlagsmenge während der Vegetationsperiode und Mostgewicht von Grünen Veltlinerproben 1991-2012

Gesamtsäure - Niederschlag
Zweigelt
Vegetationsperiode 1981-2012

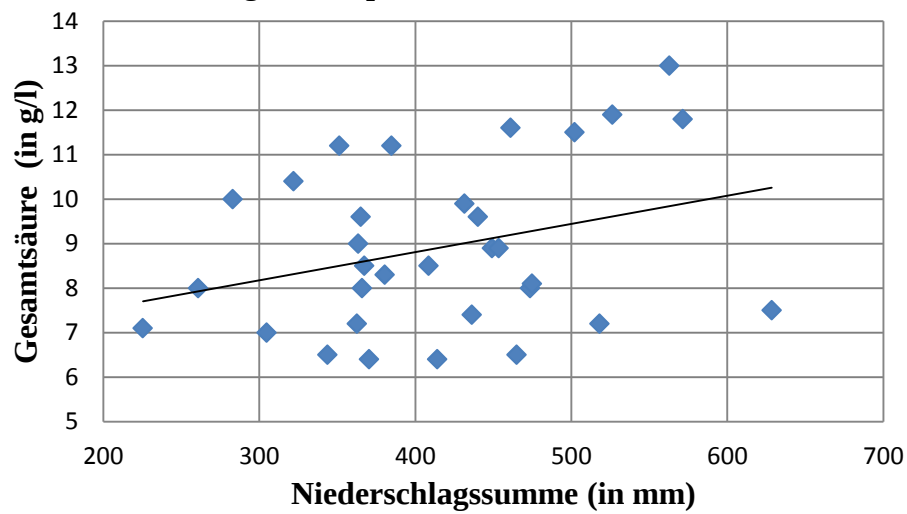


Abb. 58: Zusammenhang zwischen mittlerer monatlicher Niederschlagsmenge während der Vegetationsperiode und Gesamtsäure von Zweigeltproben 1981-2012

5.6.4 Interpretation der Ergebnisse

Die Hypothese, dass die Temperatur den größten Einfluss auf die Mostgewichtswerte hat, musste zurückgewiesen werden. Es konnte zwar ein linearer Zusammenhang zwischen diesen beiden Variablen nachgewiesen werden, bei allen drei untersuchten Sorten wurde aber lediglich eine mittlere Korrelation festgestellt.

Die Mostgewichtsschwankungen sind laut dieser Untersuchung am besten durch die Sonnenscheindauer erklärbar. Am größten ist die Korrelation beim Grünen Veltliner, bei welchem der Korrelationskoeffizient nach Pearson 0,73 beträgt.

Der stärkste Zusammenhang bestand allgemein zwischen der Anzahl an Sonnenscheinstunden und dem Gesamtsäuregehalt, speziell bei den Rieslingproben war der Pearson'sche Korrelationskoeffizient mit -0,812 sehr hoch. Die Streuung der Mostgewichtswerte kann ebenfalls am besten durch die Sonnenscheindauer erklärt werden.

Die Annahme, dass der Niederschlag keinen allzu großen Einfluss auf das Mostgewicht und den Gesamtsäuregehalt hat, wurde durch die Analysen bestätigt. Weder bei Grünem Veltliner noch bei Riesling oder Zweigelt gibt es ein sinnvolles Regressionsmodell. Das heißt die durch Klimaparameter nicht erklärte Variation der Mostgewichts- und Säurewerte ist größer als die erklärte.

Dafür gibt es zwei Erklärungsmöglichkeiten: Erstens ist der Wasserbedarf von Reben stark abhängig von Faktoren wie zum Beispiel der Bodenbeschaffenheit und der Art der Bodenbearbeitung (siehe Kap. 2.1.3 und 3.3.1). Da die Beerenproben aus Weingärten auf lehmigem Schluff stammten, welcher eine hohe nutzbare Feldkapazität hat (ca. 200 l/m²), sind die Reben an diesen Standorten nicht so sehr auf regelmäßigen Niederschlag angewiesen. Der Boden kann genügend Wasser speichern, um die Reben in Trockenperioden damit zu versorgen.

Durch die Wahl bestimmter Bodenbearbeitungsmethoden können gezielt Wasserkonkurrenzsituationen für die Reben vermieden werden, indem etwa die Begrünung in Trockenperioden kurz gehalten wird und Begrünungspflanzen ausgewählt werden, welche weniger Wasser brauchen. Auch die Störung und das Umbrechen der Begrünung in zumindest jeder zweiten Reihe vor drohenden Trockenperioden ist eine Möglichkeit, um den Wasserbedarf zu reduzieren.

Zweitens könnte das Ergebnis mit der Tatsache zusammenhängen, dass Weinstöcke mäßigen Niederschlag brauchen und weder längere Trockenperioden noch extreme Niederschlagsereignisse ideal sind. Das kann mit dieser Regressionsanalyse nicht untersucht werden.

Die dritte Hypothese, welche besagt, dass die Mostgewichtswerte aufgrund des positiven Temperaturtrends in den letzten Jahrzehnten gestiegen sind, konnte durch die statistische Untersuchung untermauert werden. Über die letzten 32 Jahre ist sowohl ein eindeutiger Temperatur- als auch Mostgewichtsanstieg zu erkennen (siehe Kap. 5.4). Der Zusammenhang ist mit einem durchschnittlichen Pearson'schen Korrelationskoeffizienten von 0,51 zwar nicht sehr stark, aber immerhin kann knapp ein Drittel der Mostgewichtsschwankungen durch das Regressionsmodell erklärt werden.

6 ZUSAMMENFASSUNG

Die Kultivierung und Verbreitung von Weinreben ist durch klimatische Gegebenheiten auf bestimmte Gebiete beschränkt. Zwar ist es möglich, auch in weniger günstigen Regionen Weinbau zu betreiben, allerdings nur auf Kosten der Qualität. Die Traubengüte ist hauptsächlich von Temperatur und Sonnenscheindauer abhängig, aber auch Niederschlag und standortspezifische Einflüsse wie Boden, Lage und Gewässernähe spielen eine Rolle. Da Klima- und Witterungsfaktoren die Traubenqualität maßgeblich prägen und eine Klimaveränderung deutlich zu erkennen ist, müssen WinzerInnen Adaptionsmaßnahmen ergreifen. Zwar profitieren vor allem nördlichere Weinbaugebiete von der Erwärmung der Erdoberfläche, welche sich positiv auf die Traubenreife auswirkt, doch die klimatischen Veränderungen bringen auch verschiedenste Risiken mit sich. Aufgrund der Temperaturzunahme und der längeren Sonnenscheindauer wird es zukünftig immer wichtiger werden, die Wasserversorgung der Reben sicherzustellen, indem beispielsweise Änderungen in der Bodenbearbeitung vorgenommen oder künstliche Bewässerungen installiert werden. Auch die Verzögerung des Erntezeitpunktes durch Maßnahmen wie eine veränderte Sorten- und Klonenwahl bei Neuanlagen, Änderungen in der Laubarbeit und eine Reduzierung des Botrytis- und Sonnenbrandrisikos muss in Betracht gezogen werden.

Im empirischen Teil wurden ausschließlich klimatische Einflüsse in Krems untersucht. Die Untersuchung der Werte zeigte einen deutlichen Temperaturanstieg in den letzten Jahrzehnten, wobei seit 1998 bis auf eine Ausnahme alle Werte positiv vom Mittelwert der Periode 1981-2012 abwichen und die Temperatur in diesem Zeitraum durchschnittlich um 0,05°C pro Jahr zunahm. Auch die Entwicklung der Sonnenscheindauer ist eindeutig positiv, es ist allerdings kein so starker Anstieg in den letzten Jahren zu erkennen wie bei den Temperaturwerten. Die Zunahme des Niederschlages im Raum Krems ist minimal. Auffällig sind aber die häufiger auftretenden Extreme. 2002 war beispielsweise ein Jahr mit weit über dem Durchschnitt liegenden Niederschlagsmengen, während 2011 von extremen Trockenperioden geprägt war.

Die Analyse ausgewählter positiver und negativer Jahrgänge zeigte, dass vor allem die Witterung während der Blüte- und Reifephase eine wichtige Rolle spielt. Warmes, trockenes Wetter während der Blüte und vor allem wenig Niederschlag und überdurchschnittlich viel Sonnenschein während der Reifung und besonders kurz vor der Ernte sind förderlich für die Traubenqualität. Ebenso gab es in den ausgezeichneten

Jahrgängen keine Starkregenereignisse und die Blüte fand durchwegs früher statt als bei den negativen Jahrgängen. Die Witterung der schlechteren Jahrgänge war charakterisiert durch überdurchschnittlich niedrige Temperaturen und wenige Sonnenscheinstunden. Die Wichtigkeit der Herbstwitterung wurde durch die negativen Jahrgänge bestätigt. Während der Reifephase gab es in diesen Jahren viel Niederschlag, welcher die Botrytisgefahr erhöhte.

Die abschließende statistische Untersuchung der quantitativen Zusammenhänge zwischen den Klimaparametern und den Mostgewichts- bzw. Gesamtsäurewerten zeigte, dass die Sonnenscheindauer einen stärkeren Einfluss auf die Traubenmostqualität hatte als die Temperatur. Der Niederschlag spielte eine untergeordnete Rolle, hier konnte kein signifikanter linearer Zusammenhang nachgewiesen werden. Die große Residualvariation bei allen Untersuchungen verdeutlicht, dass die klimatischen Bedingungen essentiell, sonstige Einflüsse aber auch nicht zu vernachlässigen sind.

7 LITERATURVERZEICHNIS

AEIOU. Das Kulturinformationssystem. <www.aeiou.at> (23.4.2013).

ARMBRUSTER, M. (1994): Auswirkungen einer möglichen Klimaveränderung auf landwirtschaftliche Produktionsverfahren. Dissertation, Universität Hohenheim.

AUFHAUSER, E. und G. RÖHRLING (2009): Begleitskriptum zur Lehrveranstaltung „Einführung in die statistische Datenanalyse“, Institut für Geographie und Regionalforschung der Universität Wien.

BAUER, K. et al. (1996): Kellerwirtschaft. Klosterneuburg: Österreichischer Agrarverlag.

BAUER, K. (2002): Weinbau. Leopoldsdorf: Österreichischer Agrarverlag.

BAUER. <www.rebschutzdienst.at> (23.3.2013).

BAYERISCHE AKADEMIE LÄNDLICHER RÄUME E.V. (2008): Dokumentation der Herbsttagung. Gefährdet der Klimawandel unsere heimatliche Kulturlandschaft? Bayerische Akademie Ländlicher Räume e.V.: München.

BECKER, A. (2009): Minimalschnitt: Naturwuchs mit System. In: Schweizerische Zeitschrift für Obst- und Weinbau 4, 6-9.

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

BERNHART A. und W. LUTTENBERGER (2003): Wein und Boden. Der Einfluß des Bodens auf die Geschmacksvielfalt steirischer Weine. Graz und Stuttgart: Leopold Stocker Verlag.

BMLFUW (2012): Säuerung Jahrgang 2012.

<http://oiv2010.ge/POSTER/POSR_VITICULTURE/P.I.24-

[No%20131%20P%20%20Schildberger%20Weinklim_Manuskript.pdf](#)> (12.4.2013).

BOCKER, H. (2003): Hobbyweinbau. Anbau, Pflege, Weinbereitung. Bürgel: Echino Media.

BROSIUS, F. (1998): SPSS 8: Professionelle Statistik unter Windows. Bonn: International Thomson Publishing.

BURGER, E., SOJA, G., OMANN, I., GRÜNBERGER, S., ZEHETNER, F.,
TODOROVIC, G., SCHILDBERGER, B., HACKL, K., und R. HOFMANN (2010):
Projekt über Weinbau im Klimawandel, Teil II: Ansatzpunkte zur Verringerung von
Treibhausgasen. In: Der Winzer 6, 10-13.

CPTN. CORK. Phönix aus der Flasche. <<http://www.captaincork.com/25-Jahre-Weinskandal>> (3.4.2013)

DAC-VERORDNUNG „KREMSTAL“ (2013): Gesamte Rechtsvorschrift für DAC-Verordnung „Kremstal“, StF: BGBl. II Nr. 322/2010, Fassung vom 03.06.2013.
<<http://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=20006953&ShowPrintPreview=True>> (11.4.2013).

DEIM, A. (2012): Fotos. Schriftliche Mitteilung (23.4.2013).

DEIM, A. (2013): Kupfer-Richtlinie. Schriftliche Mitteilung (12.4.2013).

DEJNEGA D. (2013): Klimawandel: Weinbau in ganz Österreich? In: Der Winzer 6, 23-25.

DEUTSCHES WEININSTITUT (2013): Aktuelles Weinrecht.

<<http://www.deutscheweine.de/icc/internet-de/med/90c/90c30bc6-3923-2721-eb93-22a74c41ed8b,11111111-1111-1111-1111-111111111111.pdf>> (26.3.2013).

EDER, R. und W. BRANDES (2003): Weinanalyse im eigenen Betrieb: Grundparameter. Leopoldsdorf und Stuttgart: Österreichischer Agrarverlag und Eugen Ulmer GmbH & Co.

EGGENBERGER, W., KOBLET, W., MISCHLER, M., SCHWARZENBACH, H. und J.-L. SIMON (1990): Weinbau. Zollikofen: Verl. Landwirtschaftl. Lehrmittelzentrale.

EGLE, K. (2007): Der österreichische Wein. Das große Handbuch. Wien, Graz und Klagenfurt: Pichler Verlag.

EITZINGER, J., KERSEBAUM K. und H. FORMAYER (2009): Landwirtschaft im Klimawandel. Auswirkungen und Anpassungsstrategien für die Land- und Forstwirtschaft in Mitteleuropa. Erscheinungsort unbekannt: Agrimedia GmbH.

FIEDLER, B. (2009): Bernhard Fiedlers We(in)blog. Die Weinwelt aus der Sicht des Winzers <<http://www.bernhard-fiedler.at/weblog/?p=15more-1549>> (25.5.2013).

FORMAYER (2013): Huglin Index Krems seit 1950. Schriftliche Mitteilung (9.7.2013).

FOX, R. (2006a): Es grünt so grün... Internationaler Arbeitskreis Begrünung, Teil I. In: Das deutsche Weinmagazin 9, 10-13.

FOX, R. (2006b): Grün, grüner,... Internationaler Arbeitskreis Begrünung, Teil II. In: Das deutsche Weinmagazin 10, 11-15.

FRAGA; H., MALHEIRO A. C., MOUTINHO-PEREIRA, J. und J. A. SANTOS (2012): An overview of climate change impacts on European viticulture. In: Food and Energy Security 2, 94-110.

FRÜHWIRTH, H. (2005): Der Kremser Wein und die Kremser Weinkultur. Das städtische Weingut und seine Ausstrahlung auf die Kremser Weinkultur. Krems: Verlag unbekannt.

FÜRST, M. (2003): Untersuchungen über den Einfluss verschiedener Standortfaktoren und des Witterungsverlaufs auf die Qualität der Traubenmoste und Ertragsquantität von Reben im Raum Krems. Dissertation, Universität Wien.

GEMMRICH, A (2008): Konsequenzen des Klimawandels. In: Der Deutsche Weinbau 20, 22-25.

GEYRHOFER, A. (2011): Messung der Bodenfeuchtigkeit im Weingarten: Bewässerungssteuerung im Weinbau. In: Der Winzer 4, 10-13.

GOLLMICK, F., BOCKER H. und H. GRÜNZEL (1991): Das Weinbuch. Werden des Weines von der Rebe bis zum Glase. Leipzig: Fachbuchverlag Leipzig.

HARLFINGER, O. (2002): Klimahandbuch der Österreichischen Bodenschätzung. Klimatographie Teil 2. Innsbruck: Universitätsverlag Wagner.

HOFMANN, M., HOPPMANN, D. und H. SCHULTZ (o.J.): Einfluss der Klimaveränderung auf die phänologische Entwicklung der Rebe sowie die Säurestruktur der Trauben.

<<http://www.hlug.de/static/klimawandel/inklim/dokumente/fachtagung/schultz.pdf>> (10.4.2013).

HOLAWÉ, F. (2008): Einführung in die Klimageographie im WS 08/09. Lernunterlagen, Institut für Geographie und Regionalforschung der Universität Wien.

HOLEY, S. (2012): Minimalschnitt – Die Erziehungsform im Hinblick auf den Klimawandel. <<http://www.weinbau-oenologie.de/?p=2355>> (10.4.2013)

HÖNIG, P. und P. SCHWAPPACH (2003): Klimaänderung: Wie reagiert die Rebe? <http://www.lwg.bayern.de/weinbau/rebschutz_lebensraum_weinberg/24591/linkurl_0_2.pdf> (12.4.2013).

IN VINO.

<<http://www.invino.de/index.php?menu=shop&cat=rotwein&cat2=winzer&cat3=128>> (17.4.2013)

IPCC (2007): Klimaänderung 2007. Synthesebericht. Berlin: Verlag unbekannt.

- JOHNSON, H. (1994): Der neue Weinatlas. Bern und Stuttgart: Hallwag Verlag.
- JÖRGER, V., SCHREIECK, P., LITTEK, T. und E. DOYE (2010a): Weinbauliche (Boden)-Pflege und Traubengesundheit. In: Schweizerische Zeitschrift für Obst- und Weinbau 9, 4-7.
- JÖRGER, V., SCHREIECK, P., LITTEK, T. und E. DOYE (2010b): Bodenpflege der Klimaänderung anpassen. In: Der Deutsche Weinbau 10, 28-31.
- KNOLL, R. (2000): Die großen Weine Österreichs. München: Collection Rolf Heyne.
- LANTSCHBAUER, R. und S. L. BARWIRSCH (1989): Weinland Österreich. Graz: Vinothek Verlag.
- LUNAU, S. ROENPAGE, O., STAUDTER, C., MERAN, R., JOHN, A. und C. BEERNAERT (2007): Six Sigma+Lean Toolset. Verbesserungsprojekte erfolgreich durchführen. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag.
- MAAß, U. und A. SCHWAB (2011): Neue Sorten, erhöhtes Frostrisiko. In: Der Winzer 12, 20-23.
- MAGISTRAT DER STADT KREMS (2012): Krems in Zahlen.
<http://www.krems.gv.at/gemeindeamt/download/222925181_1.pdf> (15.3.2013)
- MAGISTRAT DER STADT KREMS. <<http://www.krems.gv.at>> (6.3.2013)
- MALAT, M. <<http://www.kremstal-wein.at/historisches5.html>> (18.4.2013)
- MEßER, J. <<http://www.gwneu.de/kontakt.htm>> (23.5.2013)
- MÜLLER, E., SCHULZE, G. und O. WALG (2000): Weinbau Taschenbuch. Mainz: Fachverlag Dr. Faund GmbH.

MÜLLER, E., LIPPS, H.-P. und O. WALG (2008): Weinbau. Der Winzer. Stuttgart: Eugen Ulmer KG.

MUSEUMSMANAGEMENT NÖ. <<http://www.noemuseen.at>> (5.4.2013)

NIEDERÖSTERREICHISCHE MUSEUM BETRIEBSGESMBH.

<http://geschichte.landesmuseum.net/index.asp?contenturl=http://geschichte.landesmuseum.net/personen/personendetail.asp___id=1226350308> (2.12.2012)

OCHßNER, T. (2004): Trockenstress in den Griff bekommen. In: Der Badische Winzer , 42-46.

OLLINGER, T. (2011): Der deutsche Orden in Gumpoldskirchen – Eine Entwicklungsgeschichte – Von den Anfängen bis zum 17. Jahrhundert. Diplomarbeit, Universität Wien.

ÖNB (2013): <http://www.onb.ac.at/about/kaiser_maximilian.htm> (18.4.2013)

ÖSTERREICHISCHER WEINBAUVERBAND (2007): Empfehlungen 2013. Weinbaumaßnahmen ÖPUL 2007 für 2013. Wien: Österreichischer Weinbauverband.

ÖSTERREICH WEIN. <<http://www.oesterreichwein.at> > (17.4.2013)

ÖSTERREICH WEIN (b) <<http://www.oesterreichwein.at/daten-fakten/kartenmaterial>> (12.5.2013)

ÖSTERREICH WEIN (2011): Dokumentation 2011. Aufbau Weinland Österreich. <<http://www.oesterreichwein.at/daten-fakten/dokumentation-oesterreich-wein-2011>> (12.4.2013)

PETGEN, M. (2007): Möglichkeiten und Grenzen der Reifesteuerung – Wie flexibel reagiert die Rebe? < [http://www.dlr-rheinpfalz.rlp.de/Internet/global/themen.nsf/0/21E4FBCCF79E9DF5C125727C006015E2/\\$FILE/Petgen.pdf](http://www.dlr-rheinpfalz.rlp.de/Internet/global/themen.nsf/0/21E4FBCCF79E9DF5C125727C006015E2/$FILE/Petgen.pdf)> (13.4.2013)

- PETGEN, M. (2008): Sonnenbrand an Trauben: Ursachen und Vermeidung.
<[http://www.dlr-rheinpfalz.rlp.de/Internet/global/themen.nsf/0/5F45F36B2D50BA80C12573DA00569A84/\\$FILE/Petgen.pdf](http://www.dlr-rheinpfalz.rlp.de/Internet/global/themen.nsf/0/5F45F36B2D50BA80C12573DA00569A84/$FILE/Petgen.pdf)> (12.4.2013).
- PHILLIPS, R. (2001): Die große Geschichte des Weins. Frankfurt/New York: Campus Verlag.
- PIROUÉ, S. (1985): Wein. Die Welt des Weines und die Weine der Welt – in Farbe. München: Gräfe und Unzer.
- PLÖCKINGER, H. (1948): Aus der Geschichte des Weinbaus der alten Städte Krems und Stein. In: Krems und Stein. Festschrift zum 950-jährigen Stadtjubiläum. Krems a.d. Donau: Im Selbstverlage der Stadtgemeinde, 103-134.
- PRIEWE, J. (1998): Wein. Die neue große Schule. München: Verlag Zabert Sandmann GmbH.
- REDL, H., RUCKENBAUER W. und H. TRAXLER (1996): Weinbau heute. Handbuch für Beratung, Schulung und Praxis. Graz/Stuttgart: Leopold Stocker Verlag.
- RUPP, D. (2009): Zwischenbilanz: Bewässerung im Weinbau. In: Der Deutsche Weinbau 7, 14-17.
- SCHEUCH, M. (2003): Struktur und Vegetationsausstattung zweier Weinkulturlandschaften im Raum Krems- und Kamptal. Diplomarbeit, Universität Wien.
- SCHILDBERGER, B., ZEHETNER, F., RAMPAZZO-TODOROVIC G., HACKL K., HOFMANN R., BURGER E., SOJA, G. und I. OMANN (o.J.): Aspekte der Klimaänderung und Konsequenzen für den Pflanzenschutz im österreichischen Weinbau.
<http://www.oiv2010.ge/POSTER/POSR_VITICULTURE/P.I.24-No%20131%20P%20%20Schildberger%20Weinklim_Manuskript.pdf> (23.4.2013).
- SCHILDBERGER, B. und J. KALTENBRUNNER (2011): Sonnenbrand an Weintrauben: Frühe Entblätterung für bessere Trauben. In: Der Winzer 6, 6-7.

SCHÖNFELLNER, F. und E. VAVRA (1996): WEINSTADTmuseum Krems an der Donau – Museumsführer. Krems: Verlag unbekannt.

SCHULTZ, H. R., HOFMANN, M. und G. JONES (2009): Weinbau im Klimawandel. Regionen im Umbruch. <www.dwd.de> (22.4.2013).

SCHULTZ, H. R. (o.J.): Sonnenbrand – Riesling im Klimawandel. <http://www.brw-eltville.de/BRW/weinbauwoche/2008/pdf/sonnenbrand.pdf> (12.4.2013).

SNOEK, H. (1986): Das Buch vom biologischen Weinbau. Rebbau und Weinbereitung mit naturgemäßen Methoden. Stuttgart: Pietsch Verlag.

SOJA G., ZEHETNER F., RAMPAZZO-TODOROVIC G., SCHILDBERGER B., HACKL K., HOFMANN R., BURGER E., GRÜNBERGER S. und I. OMANN (2010): Weinbau im Klimawandel: Anpassungs- und Mitigationmöglichkeiten am Beispiel der Modellregion Traisental. In: Online-Fachzeitschrift des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, 1-20.

SPANDAU und WILDE (2008): Klima. Basiswissen, Klimawandel, Zukunft. Stuttgart: Eugen Ulmer KG.

STATISTIK AUSTRIA (2012): Weinernte 2012 nach Weinbaugebieten. <https://www.statistik.at/web_de/statistiken/land_und_forstwirtschaft/agrarstruktur_flaechen_ertraege/wein/index.html> (11.3.2013).

STATISTIK AUSTRIA (2013): Frost reduziert Weinernte 2012, Lagerbestand gestiegen. <http://www.statistik.at/web_de/presse/070101> (4.3.2013).

STEIDL, R. (2001): Kellerwirtschaft. Leopoldsdorf: Österreichischer Agrarverlag.

STEURER, R. (2003): Weinhandbuch. Wien: Verlag Carl Ueberreuter.

TEUFL, I. (2005): Zum Einfluss von klimageographischen Aspekten auf die Weinqualität am Beispiel der Weinbauregion Retz. Diplomarbeit, Universität Wien.

TISCHELMAYER, N. Wein-Plus. Glossar <http://www.wein-plus.eu/de/Glossar_3.html> (17.4.2013).

TRAPP, M., KOTREMBACH C., TINTRUP, G. Und R. KUBIAK (2010):
Zukunftsprojektionen im Klimawandel. In: Der Deutsche Weinbau 25-26, 18-21.

TROOST, G. (1980): Technologie des Weines. Stuttgart: Verlag Eugen Ulmer.

UNI GÖTTINGEN: Ökopedologie I und II. <www.uni-goettingen.de/en/97070.htm> (23.4.2013)

VON VILLERS, A. (1840): Das österreichische Weinbuch. Wien: Verlag Austria Press.

WALG, O. (2009): Bodenpflege im Klimawandel. In: Das deutsche Weinmagazin 4, 24-29.

WEIN- und OBSTBAUSCHULE KREMS. <<http://www.wbs-krems.at>> (5.4.2013)

WEINGUT STADT KREMS: Weingut Stadt Krems.
<<http://www.weingutstadtkrems.at/german/downloads/Pressemappe%202010.pdf>> (18.4.2013)

WEIN-PLUS: Glossar. <http://www.wein-plus.eu/de/Verrieseln_3.0.1233.html> (26.3.2013)

WIKIPEDIA (2009): Weinbau in Ägypten. <www.wikipedia.org> (3.3.2013)

WINZER KREMS: Über uns. Geschichte.
<<http://www.winzerkrems.at/de/aboutus/history/>> (16.4.2013)

ZAMG. <www.zamg.ac.at> (10.7.2013)

ZIEGLER, B. (2008): Erosionsschäden im Weinberg vermeiden. In: Der Deutsche Weinbau 4, 58.

8 ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abb. 1: Traubenernte, Treten der Trauben und Weinhandel; <u>Malerei</u> aus dem antiken Ägypten (ca. 1500 v. Chr) (WIKIPEDIA 2009)	4
Abb. 2: Terroir (HOPPMANN und LÖHNERTZ nach BAUER 2002, 124).....	16
Abb. 3: Verbreitung des Weinbaus weltweit (FRAGA et al. 2012, 3).....	17
Abb. 4: Frostschäden in Krems (Quelle: DEIM 2012).....	20
Abb. 5: Witterungsansprüche während der einzelnen Entwicklungsstadien (verändert nach TEUFL 2005, 37)	23
Abb. 6: Durchschnittliche Lufttemperatur an drei Tagen (August 1974), (BECKER und KLEIN 1981 nach REDL et al. 1996, 21)	29
Abb. 7: Energiegenuss aus der direkten Sonneneinstrahlung an Süd- bzw. Nordhängen mit unterschiedlicher Neigung im Vergleich zu ebenen Lagen (BAUER 2002, 130).....	31
Abb. 8: Ideale Sortenwahl nach Bodenart und Lage (BAUER 2002, 134).....	37
Abb. 9: Anthropogen verursachter Ausstoß von Treibhausgasemissionen nach Sektoren 2004 (nach IPCC 2007, 6)	38
Abb. 10: Entwicklung der globalen Durchschnittstemperatur, des mittleren globalen Meeresspiegels und der Schneebedeckung der Nordhemisphäre (Quelle: IPCC 2007, 3) .	40
Abb. 11: Huglin Index auf Basis von Beobachtungsdaten für die Zeiträume 1951-1980 und 1981-2010 sowie auf Grundlage des Aladin-Szenarios für die Perioden 2036-2065 und 2071-2100 (FORMAYER 2013 nach DEJNEGA 2013, 23).....	43
Abb. 12: Veränderungen des Huglin Index für Wein in Europa (EITZINGER et al. 2009, 211).....	45
Abb. 13: Einteilung der Sorten nach dem Huglin-Index (HUGLIN 1978 nach MAAß und SCHWAB 2011, 22).....	46
Abb. 14: Inkarnat-, Gelb-, Weißklee und Leindotter als zeitweise Begrünung (Quelle: DEIM 2012).....	50
Abb. 15: Begrünung jeder zweiten Zeile (Quelle: DEIM 2012)	54
Abb. 16: Tropfbewässerung (Quelle: RUPP 2009, 16).....	57

Abb. 17: Minimalschnitt (Quelle: HOLEY 2012).....	61
Abb. 18: Minimalschnitt (Quelle: BECKER 2009)	61
Abb. 19: Sonnenbrand (Quelle: DEIM 2012)	65
Abb. 20: Netze zur Vermeidung von Sonnenbrand (Quelle: SCHILDBERGER und KALTENBRUNNER 2011, 7).....	66
Abb. 21: Erosionsrinne in unbegrünter Zeile im Vergleich zu begrünter (Foto: BAUER in EITZINGER et al. 2009, 294)	68
Abb. 22: Mostwaage in Standzylinder (Quelle: DEIM 2013).....	71
Abb. 23: Refraktometer (Quelle: DEIM 2013)	71
Abb. 24: Verfahren nach Dr. Rebelein: 1/3 N Blaulauge zur Bestimmung der titrierbaren Säure (DEIM 2013)	74
Abb. 25: PH-Meter verwendet zur Bestimmung des pH-Wertes und des Säurewertes (DEIM 2013.....	75
Abb. 26: Strichprobenentnahmestellen (Quelle: verändert nach Google Maps).....	78
Abb. 27: Kremstal Karte (ÖSTERREICH WEIN b).....	81
Abb. 28: Monatliche Durchschnittstemperatur in °C und Niederschlagssumme in mm in Krems 1981-2012	84
Abb. 29: Bodenkarte der Gemeinde Krems 1:50 000 (verändert nach Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft 1979 nach FÜRST 2003, 171)	87
Abb. 30: Tschernosem aus Löss (BAUER 2002, 133).....	88
Abb. 31: Jahresmitteltemperaturen 1981-2012 in Krems.....	90
Abb. 32: Boxplot Monatsdurchschnittstemperatur in °C Krems 1981-2012	91
Abb. 33: Wahrscheinlichkeitsnetz der durchschnittlichen Monatstemperaturen im Juli, August und September in Krems 1981-2012	92
Abb. 34: Durchschnittstemperaturen April bis Oktober in Krems 1981-2012.....	93
Abb. 35: Wärmesumme Krems 1981-2012	94
Abb. 36: Jahressonnenstunden Krems 1981-2012	96
Abb. 37: Monatliche Sonnenscheinstunden in Krems 1981-2012	97

Abb. 38: Durchschnittlicher Jahresniederschlag Krems 1981-2012	98
Abb. 39: Boxplot durchschnittliche monatliche Niederschlagsmenge Krems 1981-2012..	99
Abb. 40: Niederschlagsmenge in mm während der Sommermonate (Juni, Juli, August) in Krems 1981-2012	100
Abb. 41: Niederschlagsmenge in mm während der Wintermonate (Jänner, Februar, März) in Krems 1981-2012	100
Abb. 42: Trendverlauf Mostgewichtswerte 1981-2012 in Krems.....	101
Abb. 43: Entwicklung der Mostgewichtswerte ausgewählter Sorten in Krems seit 1981	102
Abb. 44: Trendverlauf Gesamtsäure in Krems seit 1981	103
Abb. 45: Streudiagramm Zusammenhang Mostgewicht – Gesamtsäure Grüner Veltliner Krems 1991-2012	104
Abb. 46: Rebblütezeit GV Krems 1955-2012 (Quelle: BAUER, verändert nach DEIM, www.rebschutzdienst.at)	106
Abb. 47: Über- bzw. unterdurchschnittliche Sonnenschein-, Niederschlags-, Temperaturwerte Krems 2000.....	107
Abb. 48: Über- bzw. unterdurchschnittliche Sonnenschein-, Niederschlags- und Temperaturwerte Krems 2003.....	108
Abb. 49: Über- bzw. unterdurchschnittliche Sonnenschein-, Niederschlags- und Temperaturwerte Krems 2012	109
Abb. 50: Über- bzw. unterdurchschnittliche Sonnenschein-, Niederschlags- und Temperaturwerte Krems 1996.....	110
Abb. 51: Über- bzw. unterdurchschnittliche Sonnenschein-, Niederschlags- und Temperaturwerte Krems 2001	111
Abb. 52: Über- bzw. unterdurchschnittliche Sonnenschein-, Niederschlags- und Temperaturwerte Krems 2010.....	112
Abb. 53: Zusammenhang zwischen mittlerer Monatstemperatur (in °C) während der Vegetationsperiode (April bis Oktober) und Gesamtsäuregehalt von Zweigeltproben 1981-2012	118

Abb. 54: Zusammenhang zwischen mittlerer Monatstemperatur (in °C) während der Vegetationsperiode (April bis Oktober) und Mostgewicht von Rheinrieslingproben 1992-2012	120
Abb. 55: Zusammenhang zwischen mittlerer monatlicher Sonnenscheindauer (in Stunden) während der Vegetationsperiode und Mostgewicht (in °KMW) von Grünen Veltlinerproben 1991-2012.....	122
Abb. 56: Zusammenhang zwischen mittlerer Sonnenscheindauer und Mostgewicht von Rheinrieslingproben während der Vegetationsperiode 1992-2012	124
Abb. 57: Zusammenhang zwischen mittlerer monatlicher Niederschlagsmenge während der Vegetationsperiode und Mostgewicht von Grünen Veltlinerproben 1991-2012	126
Abb. 58: Zusammenhang zwischen mittlerer monatlicher Niederschlagsmenge während der Vegetationsperiode und Gesamtsäure von Zweigeltproben 1981-2012.....	127

9 TABELLENVERZEICHNIS

Tab. 1: Benötigte Niederschlagsmenge während der Vegetationsperiode (VP) in Prozent und absolut (BERNHART und LUTTENBERGER 2003, 59)	26
Tab. 2: (Nutzbare) Feldkapazität und Totwasser nach Bodenarten in l/m ² für 1m Profiltiefe (EISENHUT 1990 nach BERNHART und LUTTENBERGER 2003, 57).....	36
Tab. 3: Weinsorten im Kremstal nach Anbaufläche in ha 2009 und Veränderung seit 1999 (ÖSTERREICH WEIN 2011, 17)	82
Tab. 4: Vergleich der optimalen zu Kremser Durchschnittswerten für die Zeiträume 1961-1990 und 2003-2012 (Datenquelle: ZAMG nach FORMAYER 2013)	86
Tab. 5: Ausgewählte Ergebnisse der statistischen Analyse des Einflusses der Temperatur auf den Gesamtsäuregehalt von Grünem Veltliner, Rheinriesling und Zweigelt.....	119
Tab. 6: Koeffizienten, T-Test und Signifikanz zum Zusammenhang zwischen Temperatur und Gesamtsäuregehalt bei Grünen Veltliner-, Rheinriesling- und Zweigeltproben	120
Tab. 7: Ausgewählte Ergebnisse der statistischen Analyse des Einflusses der Temperatur auf das Mostgewicht von Grünem Veltliner, Rheinriesling und Zweigelt.....	121
Tab. 8: Koeffizienten, T-Test und Signifikanz zum Zusammenhang zwischen Temperatur und Mostgewicht bei Grünen Veltliner-, Rheinriesling- und Zweigeltproben.....	121
Tab. 9: Ausgewählte Ergebnisse der statistischen Analyse des Einflusses der Sonnenscheindauer auf das Mostgewicht von Grünem Veltliner, Rheinriesling und Zweigelt.....	123
Tab. 10: Koeffizienten, T-Test und Signifikanz zum Zusammenhang zwischen Sonnenscheindauer und Mostgewicht bei Grünen Veltliner-, Rheinriesling- und Zweigeltproben.....	123
Tab. 11: Ausgewählte Ergebnisse der statistischen Analyse des Einflusses der Sonnenscheindauer auf den Gesamtsäuregehalt von Grünem Veltliner, Rheinriesling und Zweigelt.....	125
Tab. 12: Koeffizienten, T-Test und Signifikanz zum Zusammenhang zwischen Sonnenscheindauer und Gesamtsäuregehalt bei Grünen Veltliner-, Rheinriesling- und Zweigeltproben.....	125

10 DANKSAGUNG

An dieser Stelle möchte ich mich bei allen bedanken, die zum Erfolg meines Studiums und zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen haben.

Für die fachliche Unterstützung möchte ich in erster Linie Frau Ao. Univ.-Prof. Mag. Dr. Christine Embleton-Hamann für die Genehmigung und Betreuung meiner Diplomarbeit sowie die konstruktive Durchsicht meinen Dank aussprechen.

Die statistischen Daten zur Erstellung dieser Arbeit wurden von der Wein- und Obstbauschule Krems zur Verfügung gestellt, wofür ich mich hiermit ebenfalls herzlich bedanken möchte.

Für diese Arbeit wichtig waren auch meine praktischen Erfahrungen sowie jene meiner Familienangehörigen im Weinbaubetrieb Deim, die in dieser Diplomarbeit berücksichtigt wurden. Mein spezieller Dank gilt daher vor allem auch meiner Familie, allen voran meinen Eltern Alfred und Maria, sowie meinem Bruder Markus und meinen Großeltern, die mich finanziell unterstützt haben und mir jederzeit mit Rat und Tat zur Seite standen.

Insbesondere möchte ich mich bei meinem Freund Florian vor allem für seine Geduld während der letzten Monate bedanken.

Nicht zuletzt bin ich sehr dankbar für die schöne Zeit und die tollen Erlebnisse mit meinen Freunden in Wien.

11 LEBENS LAUF

Persönliche Daten

Name: Michaela Deim
Adresse: Gartenzeile 7
3562 Schönberg/Kamp
Email: mdeim@gmx.net
Geburtsdatum: 28. März 1989
Geburtsort: Horn
Staatsangehörigkeit: Österreich

Ausbildung

Seit 03/2008 Universität Wien
Studium Englisch und Geographie und Wirtschaftskunde
(Lehramt)
07/2012 – 09/2012 Au Pair-Aufenthalt in England
02/2010 SchibegleitlehrerInnen Ausbildung
09/1999 - 06/2007 BG/BRG Piaristengasse 2, 3500 Krems/Donau
Mit Schwerpunkt auf Sprachen
09/1995 - 06/1999 VS Schönberg/Kamp

Sprachkenntnisse

Deutsch (Muttersprache)
Englisch (fließend in Wort und Schrift)
Französisch, Spanisch, Tschechisch, Latein (Grundkenntnisse)

Freizeitinteressen

Mitarbeit im Weinbau, Natur, Rad fahren, wandern, Schi fahren, Judo, Inline Skaten u.v.m.