



Universität für Bodenkultur

¹ Institut für Meteorologie

² Klimareferat der Österreichischen Bodenschätzung

Objektivierung der geländeklimatischen Bewertung
der Weinbaulagen Österreichs
in Hinblick auf deren Auswirkung auf die Qualität des Weines
am Beispiel der Regionen um Oggau und Retz.

Endbericht

¹ Mag. Dr. Herbert Formayer

² Dr. Otmar Harlfinger

¹ Univ. Prof. Dr. Erich Mursch-Radlgruber

¹ Mag. Dr. Helga Nefzger

¹ Mag. Nikolaus Groll

¹ o.Univ.Prof.Dr. Helga Kromp-Kolb

Forschungsprojekt Nr. 1265
Im Auftrag des Bundesministeriums für
Land- und Forstwirtschaft,
Umwelt und Wasserwirtschaft
Oktober 2004

Inhaltsverzeichnis

Summary
Zusammenfassung

1.	Einleitung.....	7
2.	Auswertung der ADCON-Stationen.....	8
2.1.	Methodik der Vergleichsmessungen	9
2.2.	Ergebnisse der Vergleichsmessungen	9
3.	Zusammenhang Mostqualität und Klima	16
3.1.	Temperatursummenverfahren nach Harlfinger	16
3.2.	Aufbereitung der meteorologischen Daten.....	17
3.3.	Zusammenhang Temperatursumme Mostqualität	19
4.	Übertragung der Punktdaten in die Fläche	24
4.1.	Einfluss der Strahlung	24
4.2.	Bestimmung des Seehöheneffektes	26
4.3.	Interpolation der Temperatursumme	27
4.4.	Interpolation des potenziellen Mostgewichtes	29
4.5.	Problem Frost	31
5.	Schlussfolgerungen und Ausblick	33
6.	Literatur	34

Danksagung

Die Autoren bedanken sich für die zahlreichen Informationen und fruchtbaren Diskussionen mit den Mitarbeitern der weinbaulichen Einrichtungen in Eisenstadt, Klosterneuburg, Krems und Retz. Besonders zu Dank verpflichtet sind wir Herrn Ing. Fiedesser (Weinbauschule Retz) für die Unterstützung bei der Arbeit mit den ADCON-Stationsdaten und Herrn Pollak (Weinbauschule Retz), der uns bei der Aufarbeitung der historischen Mostanalysen wesentlich unterstützt hat. Weiters danken wir Herrn Schaumberger (BAL-Gumpenstein) für die GIS-Unterstützung bei der Berechnung des Strahlungseffektes. Der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik sei für die Bereitstellung der meteorologischen Daten gedankt. Abschließend wollen wir uns noch beim Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft für die finanzielle Förderung und allgemein für die Unterstützung des Projektes bedanken.

Summary

The aim of the project was to develop objective topo-climatic criteria for the assessment of wine growing areas and to create interpolation procedures to depict these criteria in maps. The original intention was to use the dense network of meteorological stations developed by ADCON that is installed in the wine growing regions of Retz and Oggau for the development of interpolation algorithms. However, comparative measurements during the first year of the project proved the temperature data of the ADCON stations to be of insufficient quality in view of the relatively small differences in terrain height. Temperature deviations ranged between 0.5 bis 1 °C for the daily averages and reached more than 2 °C for the daily maxima.

Temperature sums as defined by Harlfinger proved to be an excellent indicator for climate influence on must quality, as they depict the thermal characteristics of a region as well as radiation effects. The influence of climate on must quality, as represented by sugar content and acidity, was analysed using grapes from one plot, as data from a mixture of grapes from several plots significantly reduces the quality of the correlation. This is due to the fact that other influences, such as e.g. soil quality, may vary considerably. Data as delivered by the REBPROG-Programme are especially helpful, as they give information on the development of sugar content and acidity throughout the year. Temperature sums are able to explain e.g. 90 % of the variability in sugar content and acidity of the Grüner Veltliner in the vineyards around Mistelbach (Fig. 1).

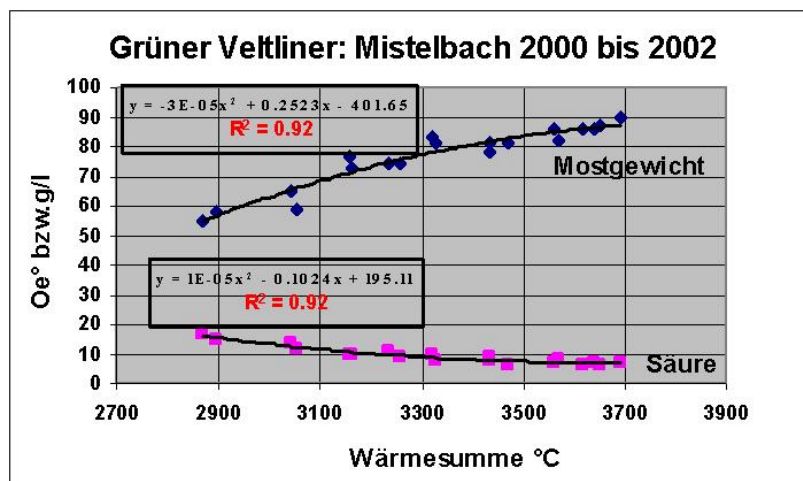


Figure 1: Sugar content and acidity in Grüner Veltliner near Mistelbach as a function of temperature sums.

To determine the relative climatic suitability of the vineyards in the area near Retz the height dependence of the temperature sums and the influence of radiation were analysed. The vertical temperature gradients were calculated using two meteorological stations of the Austrian Central Institute of Meteorology. The radiation effect was modelled using the model „Solar Analyst“ in a GIS environment, that calculates global radiation depending on slope and orientation as well as shading by surrounding topography.

Temperature sums were interpolated for a topographic model with 50 m resolution based on height and radiation effects. The method produced spatially differentiated results for individual years as well as for average conditions, such as shown for Retz, 1984 to 2003, in Figure 2.

The good correlation between sugar content or acidity and temperature sums enables the production of a map of a potential or hypothetical sugar content and acidity. These values, as shown e.g. for Retz for the period 1984 to 2003 in Figure 3, must be interpreted as a climatic potential with normalised to the reference site at which the data were gained. They depict the climatic suitability assuming all other factors to be the same as at the reference site. In areas with values above 20°KMW temperature sums achieve a surplus in the course of the year, and grapes can be harvested earlier.

The method does not take the risk of frost in account. In the lowland of the Retz area, temperature sums during the vegetation period are not the limiting factor for wine growth or quality: it is deep frosts in winter and late frosts at the time of budding. However, available meteorological data are insufficient for in-depth analysis or modelling. A rough analysis based on temperature data shows that the risk of frost during budding is about double as high in the lowlands than on the slopes, just 60 m higher up.

The model developed for Retz can be applied to other regions if the meteorological data to calibrate it to the local conditions are available.

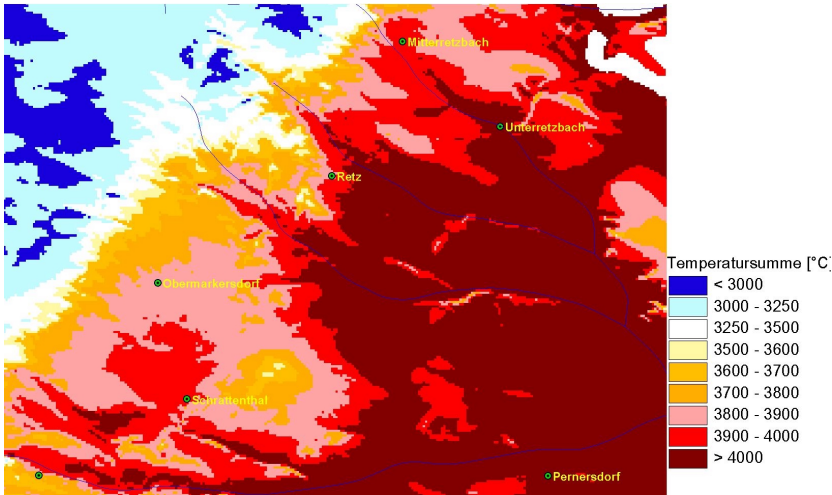


Figure 2: Average temperature sums in the Retz area for the period 1984 to 2003.

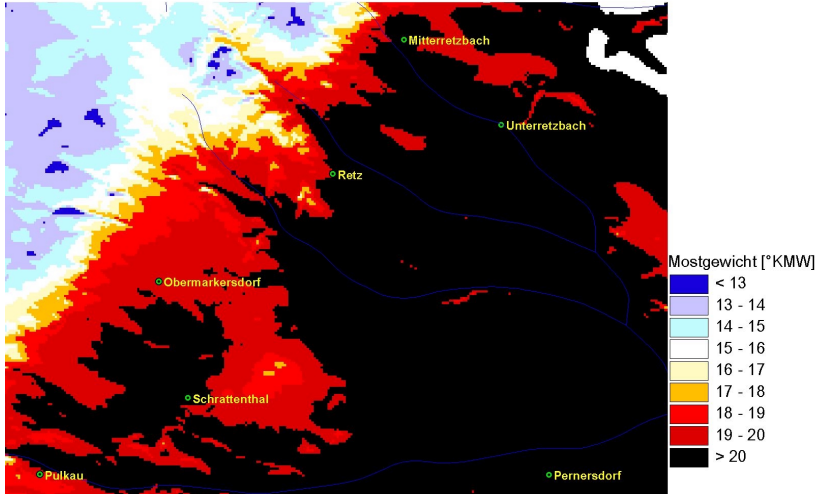


Figure 3: Average sugar content in the Retz area for the period 1984 to 2003.

Zusammenfassung

Ziel dieses Projektes war es, objektive topoklimatische Kriterien für die Beurteilung von Weinbaugebieten abzuleiten und mittels Interpolationsverfahren flächige Kartendarstellungen dieser Kriterien zu erstellen. Im ursprünglichen Konzept war geplant, das dichte meteorologische Messnetz der Firma ADCON in den Weinbauregionen Retz und Oggau für diese räumliche Interpolation zu nutzen. Leider stellte sich bei Vergleichsmessungen im ersten Projektjahr heraus, dass die Messgenauigkeit der ADCON-Stationen nicht für diesen Zweck ausreicht. Die Temperatursensoren zeigten Abweichungen im Tagesmittel von rund 0.5 bis 1 °C und beim Tagesmaximum, bedingt durch Strahlungsfehler, sogar bis zu über 2 °C.

Als Indikator für das Klima eignen sich die Temperatursummen nach Harlfinger hervorragend. Diese widerspiegeln nicht nur die thermischen Eigenschaften einer Region, sondern zu rund 30 Prozent auch die Strahlungsverhältnisse. Der Zusammenhang Mostqualität (hier verwendet Zucker- und Säuregehalt) und Klima wurde aus Säure- und Zuckeranalysen errechnet, die von Trauben von ein und derselben Riede gewonnen wurden. Dies ist notwendig um sicherzustellen, dass andere Faktoren, welche die Mostqualität beeinflussen, möglichst konstant gehalten werden. Besonders gut geeignet sind die Daten des REBPROG-Programmes, da hier die zeitliche Entwicklung des Zucker- und Säuregehaltes innerhalb des Jahres gemessen wird. Mittels Temperatursumme kann z.B. für den Grünen Veltliner im Raum Mistelbach mehr als 90 Prozent der Variabilität des Zucker- und Säuregehaltes erklärt werden (Abbildung 1).

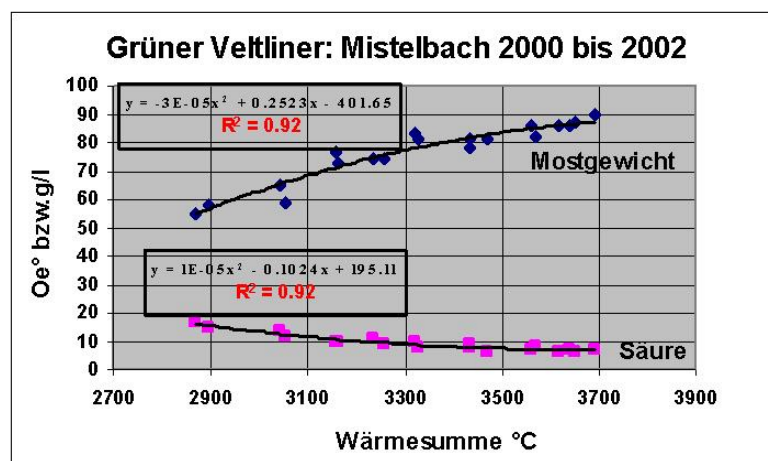


Abbildung 1: Zusammenhang Temperatursumme zu Zucker- und Säuregehalt für den Grünen Veltliner im Raum Mistelbach.

Um die relative klimatische Eignung der einzelnen Flächen des Retzer Raumes zu ermitteln, wurde die Höhenabhängigkeit der Temperatursummen einerseits, und die Abhängigkeit von der Strahlung, d.h. von der Hangausrichtung, der Hangneigung und der Abschattung anhand der verfügbaren Messwerte und eines Strahlungsmodelles errechnet. Die Vertikalgradienten der Temperatur wurden auf Tagesbasis aus zwei Stationen der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik berechnet. Für die Bestimmung des Strahlungseffektes wurde ein hochaufgelöstes digitales Höhenmodell und das Strahlungsmodell „Solar Analyst“ verwendet. Dieses Strahlungsmodell berechnet die Globalstrahlung in Abhängigkeit von Hangneigung, Hangausrichtung und Abschattung.

Auf der Basis eines hoch aufgelösten Geländemodelles konnten die Temperatursummen durch die Kombination des Seehöheneffektes und des Strahlungseffektes berechnet werden. Die Methode liefert sowohl für einzelne Jahre, als auch für die mittleren Verhältnisse im Zeitraum 1984 bis 2003 ein differenziertes Bild von Temperatursummen (Abbildung 2).

Der gute Zusammenhang zwischen Zucker- bzw. Säuregehalt und Temperatursummen ermöglicht die Errechnung einer Karte des potenziellen Zucker- oder Säuregehaltes. Das derart berechnete, potenzielle Mostgewicht für die Periode 1984 bis 2003 (Abbildung 3) stellt nur einen relativen (hypothetischen) Wert dar: Es gibt die klimatische Gunst oder Ungunst der Lage an unter der Annahme, dass alle anderen Faktoren, wie z.B. der Boden, den Verhältnissen an der Referenzriede entspricht.. In Gebieten, in denen Werte von 20 °KMW und mehr auftreten, erreichen im Laufe des Jahres höhere Temperatursummen als benötigt werden, um den entsprechenden Zuckergehalt aufzubauen. Hier kann daher früher gelesen werden.

In dem Interpolationsverfahren nicht enthalten ist das Frostrisiko. Der limitierende Faktor für den Weinbau im Flachland und Beckenbereich im Raume Retz sind – wie auch aus obigen Ergebnissen ersichtlich - nicht die Temperatur- und Strahlungsbedingungen während der Vegetationsperiode, sondern die Starkfröste im Winter und die Spätfröste um den Weinaustrieb. Die verfügbaren meteorologischen Daten reichen nicht für eine tiefer gehende Analyse oder Modellbildung aus. Es kann jedoch abgeschätzt werden, dass das Frostrisiko während des Weinaustriebes im Flachland um Retz rund doppelt so hoch ist, wie nur 60 Höhenmeter darüber, auf den Hängen.

Das hier entwickelte Verfahren kann auf andere Weinbaugebiete angewendet werden, wenn meteorologische Daten für die lokale Kalibrierung der Modelle zur Verfügung stehen.

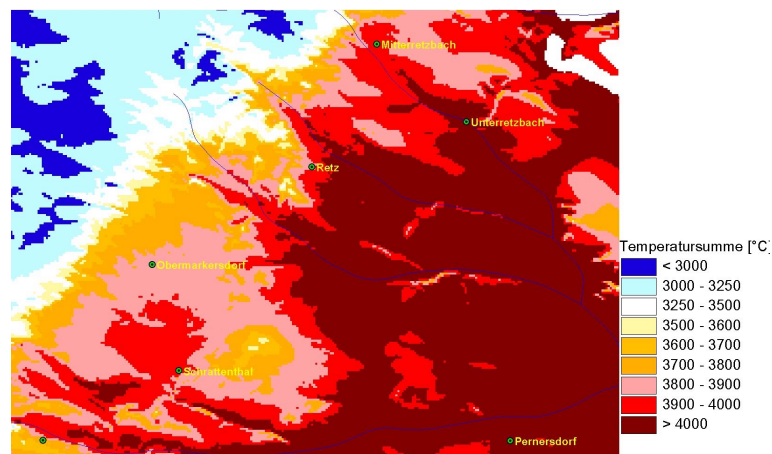


Abbildung 2: Mittlere Temperatursumme im Raum Retz für den Zeitraum 1984 bis 2003.

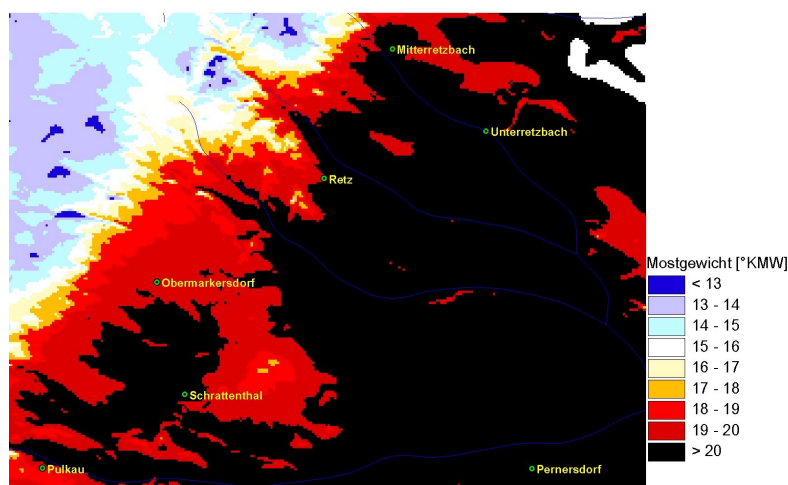


Abbildung 3: Mittlere Mostgewicht im Raum Retz für den Zeitraum 1984 bis 2003.

1. Einleitung

Ziel dieses Projektes war es ein objektives Verfahren abzuleiten, mit dem die geländeklimatologische Eignung beliebiger Standorte in Österreich für den Weinbau bestimmt werden kann. Im ursprünglichen Konzept des Projektes sollte hierfür das dichte meteorologische Messnetz der Firma Adcon in den Weinbaugebieten Retz und Oggau für die räumliche Differenzierung der meteorologischen Kenngrößen verwendet werden. Leider hat sich im Zuge des Projektes herausgestellt, dass die Messgenauigkeit der Temperatursensoren der ADCON- Stationen nicht ausreicht, um die kleinräumige Differenzierung innerhalb der Weinbaugebiete richtig abzubilden. Dennoch gelang es für das Weinbaugebiet Retz ein akzeptables Interpolationsverfahren für die relevanten Größen zu entwickeln. Dies verdanken wir dem Umstand, dass die meteorologische Station der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik (ZAMG) in Retz im Jahre 1994 vom Stadtrand Retz (im Talbereich) auf den Standort „Windmühle“ rund 60 Höhenmeter über dem Talbereich verlegt wurde und eineinhalb Jahre beide Stationen parallel gemessen haben. Das in diesem Projekt entwickelte Modell für die räumliche Bestimmung des „potenziellen Mostgewichtes“ wurde daher nur auf das Weinbaugebiet Retz angewandt und nicht wie ursprünglich geplant auch für den Raum Oggau. Generell kann jedoch dieses objektive Verfahren auf alle Weinbauregionen in Österreich übertragen werden, sofern sie über eine hinreichende Zahl an meteorologischen Stationen und über mehrjährige Messungen des Mostgewichtes zur Kalibrierung des Modelles verfügen.

2. Auswertung der ADCON-Stationen

Als Basis für die geländeklimatologische Differenzierung der Weinbauregionen sollten die meteorologischen Daten der ADCON-Klimastationen verwendet werden. Durch die hohe räumliche Dichte der ADCON-Stationen in den Weinbauregionen (Abb. 2-1 und 2-2) und den Messungen direkt im Bestand steht umfassendes Datenmaterial zur Verfügung. Um die kleinräumigen klimatologischen Unterschiede auflösen zu können, müssen die meteorologischen Messungen jedoch von hoher Qualität sein.

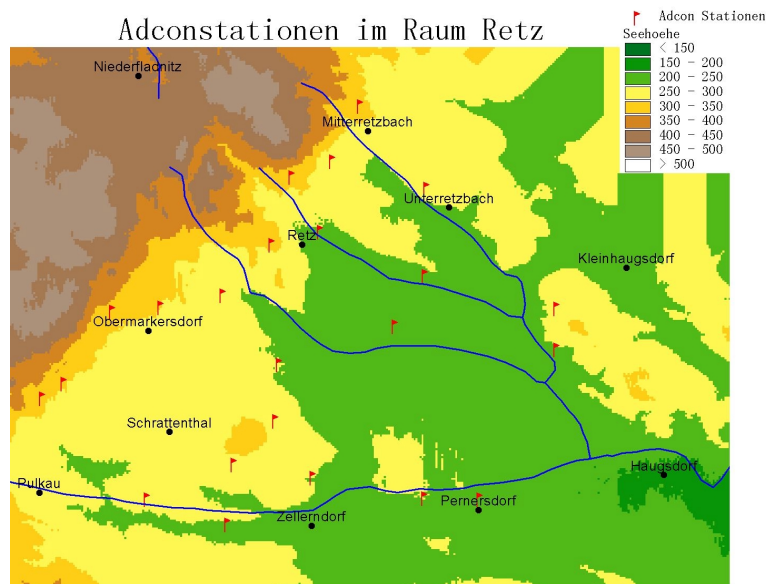


Abbildung 2-1: ADCON Klimastationen im Raum Retz.

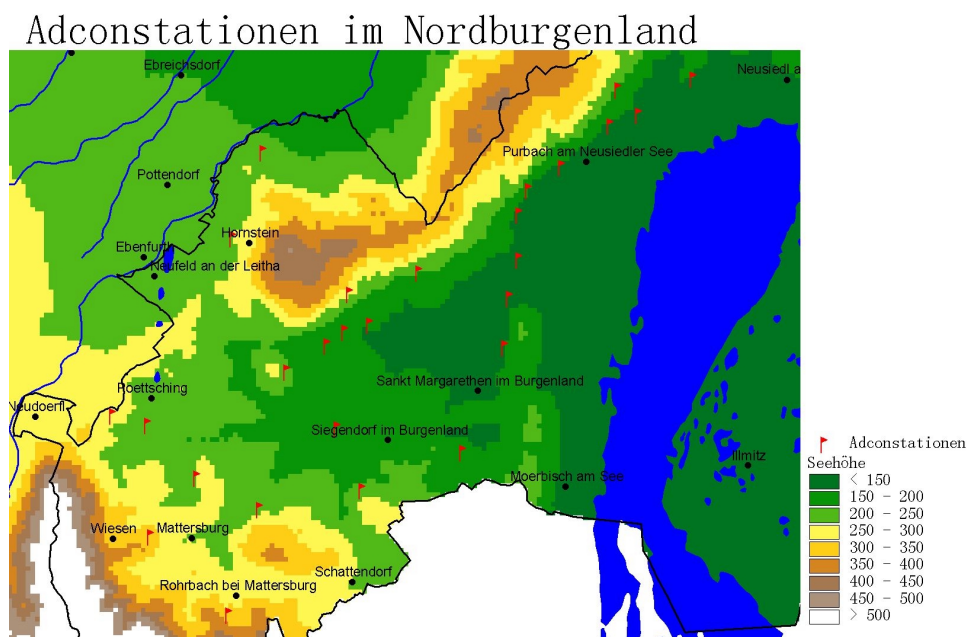


Abbildung 2-2: ADCON Klimastationen im Nordburgenland.

2.1. Methodik der Vergleichsmessungen

Um die Datenqualität der ADCON-Klimastationen zu überprüfen, wurden während der Vegetationsperiode an drei Stationen im Raum Retz Vergleichsmessungen durchgeführt. Die Referenzmessung erfolgte mit einer geeichten Station des Institutes für Meteorologie der Universität für Bodenkultur (siehe Abb. 2-3). Die Referenzstation besteht aus einem Vaisala Humicap Feuchtesensor (Genauigkeit $\pm 2\%$) mit Strahlungsschutz, einem feinen Thermoelement mit Strahlungsschutz zur Temperaturmessung, einem LI-COR Strahlungssensor und einen Campbell Datalogger (CR10). Die Klemmtemperaturmessung des Thermoelementes erfolgte mit einem 10TCRT Referenzthermistor von Campbell (Genauigkeit $\pm 0.1\text{ }^{\circ}\text{C}$). Die Erfassung der Thermospannung des Thermoelementes erfolgte differenziell. Alle 10 Sekunden wurde eine Messung durchgeführt, aus denen 15-Minuten-Mittelwerte berechnet und abgespeichert wurden. Die Sensoren wurden möglichst nahe am ADCON Sensor montiert. Jede Vergleichsmessung dauerte einige Wochen, damit ein möglichst breites Witterungsspektrum abgedeckt wurde.



Abbildung 2-3: Vergleichsmessung mit der geeichten Referenzstation des Institutes für Meteorologie mit einer ADCON-Klimastation.

2.2. Ergebnisse der Vergleichsmessungen

In der Vegetationsperiode 2002 konnten an drei ADCON-Stationen Vergleichsmessungen durchgeführt werden. Hierbei handelte es sich um die Standorte Retz-Altenberg, Pillersdorf und Kleinrieden bei Unterretzbach. Die Vergleichsmessungen erfolgten an jedem Standort während mehrerer Wochen, so dass sowohl Schön- als auch Schlechtwetterperioden erfasst wurden.

In den Abbildungen 2-4 bis 2-6 sind die Wert der relativen Luftfeuchtigkeit dargestellt. Generell konnte eine sehr gute Übereinstimmung bei der Feuchtemessung beobachtet werden. Die mittlere Differenz (Referenzstation minus ADCON-Station) betrug -3.6 , -1.6 und -2.2 Prozent. Alle drei ADCON-Stationen zeigen dabei leicht höhere Werte als die jeweilige Referenzstation an. Da die Unterschiede jedoch in der gleichen Größenordnung wie die Messgenauigkeit des Referenzsensors sind, können diese Abweichungen nicht mehr eindeutig interpretiert werden. Die Messung der Luftfeuchte durch die ADCON-Stationen erfolgt an diesen drei Standorten mit hinreichender Genauigkeit für unsere Fragestellung. Da keine der Statio-

nen größere Abweichungen aufwies und alle ADCON-Stationen baugleich sind, kann man davon ausgehen, dass der gesamte Luftfeuchtedatensatz die selbe Qualität aufweist.

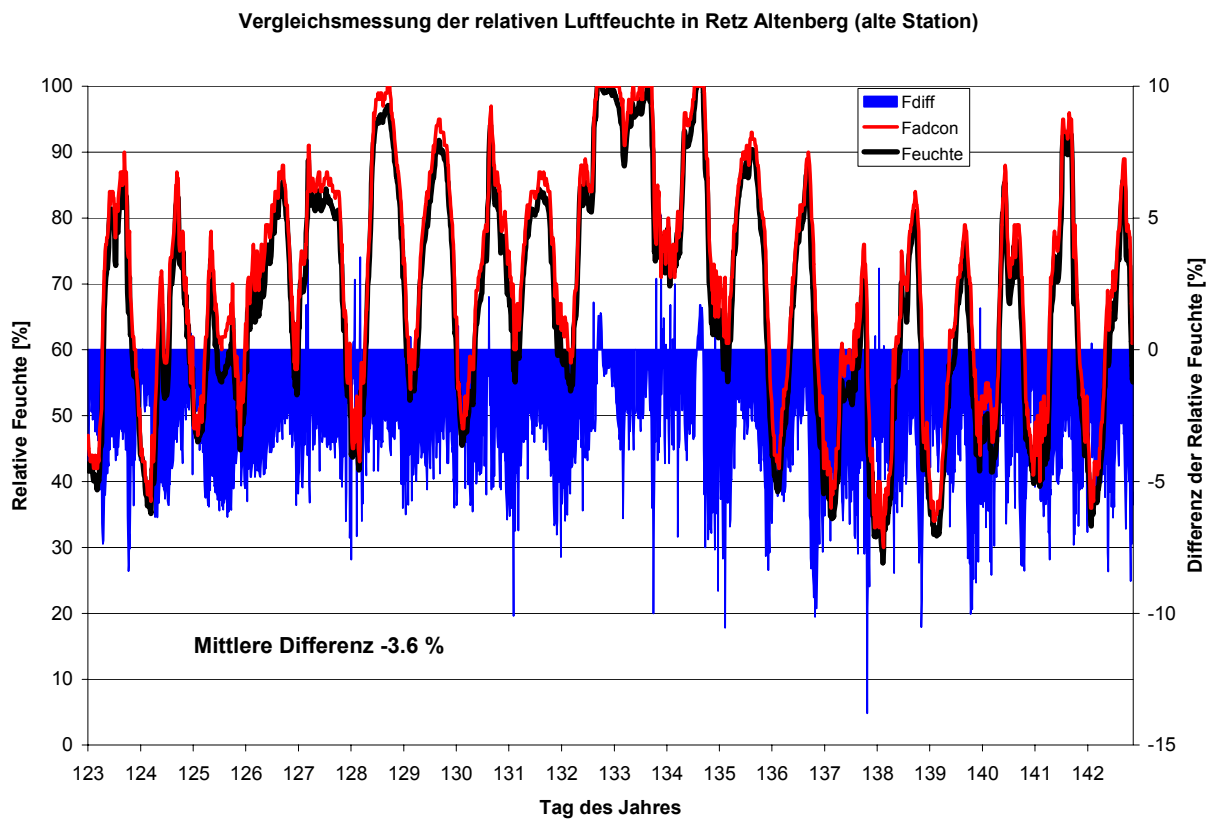


Abbildung 2-4: Ergebnis der Vergleichsmessung für die relative Luftfeuchte in Retz Altenburg (alte Station).

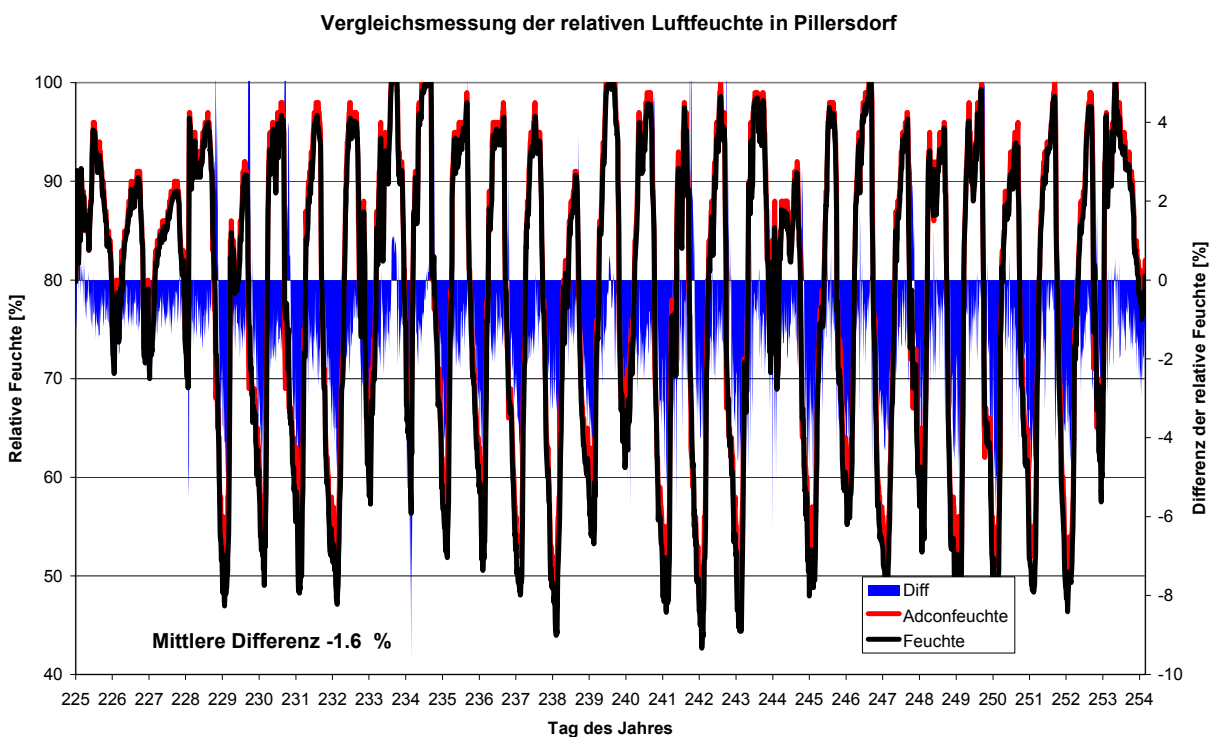


Abbildung 2-5: Ergebnis der Vergleichsmessung für die relative Luftfeuchte in Pillersdorf.

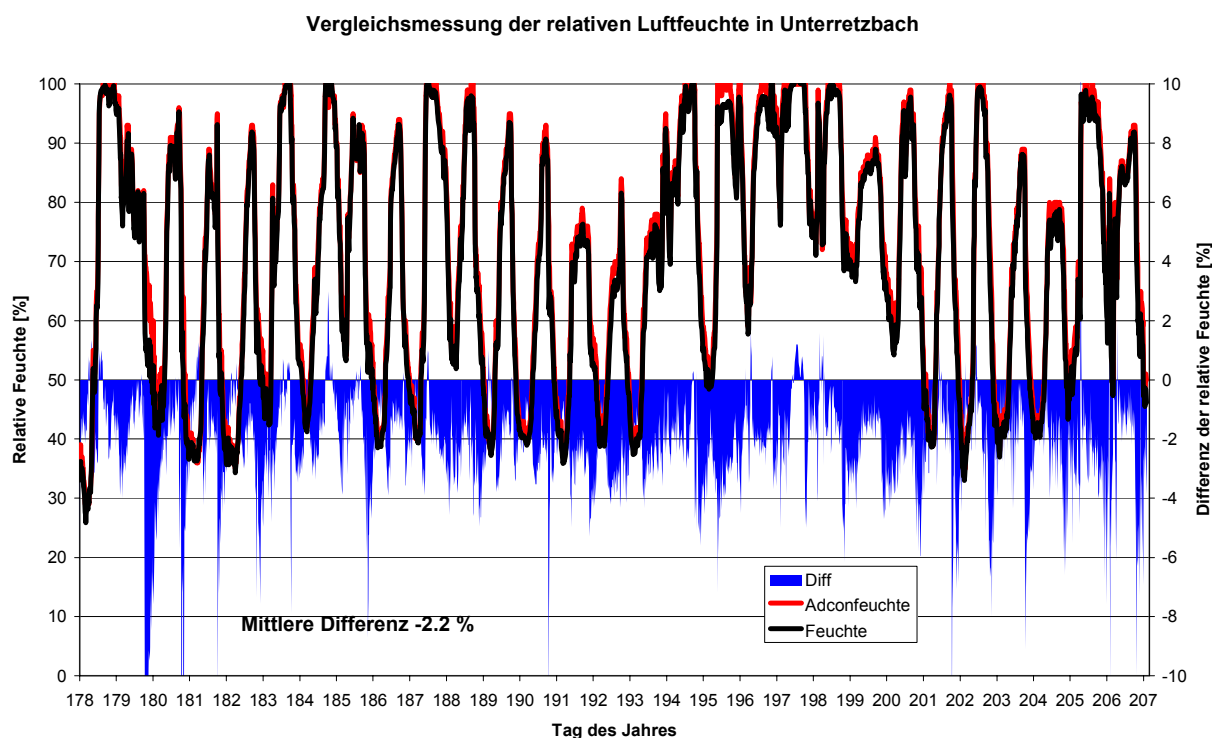


Abbildung 2-6: Ergebnis der Vergleichsmessung für die relative Luftfeuchte in Unterretzbach.

In den Abbildungen 2-7 bis 2-9 sind die Ergebnisse der Vergleichsmessungen für die Temperatur dargestellt. Bei der Temperatur zeigen sich große Unterschiede. Alle drei ADCON-Stationen sind durchgängig zu warm. Die mittlere Differenz betrug -0.97 , -0.92 und -0.61 °C. Dass die Station Retz-Altenberg zu warm ist, ist auch den Betreibern aufgefallen. Daher war zum Zeitpunkt der Vergleichsmessung bereits eine neue Station aufgestellt worden. Die neue Station war in rund 10 m Entfernung installiert. Der Vergleich mit der neuen Station ist in Abbildung 2-10 dargestellt. Bei dieser beträgt die mittlere Differenz nur -0.16 °C und es kommen sowohl positive als auch negative Abweichungen vor.

Die Abweichung bei der Temperatur (abgesehen von der neuen Station in Retz-Altenberg) setzt sich aus zwei unterschiedlichen Effekten zusammen: Einerseits sind die ADCON-Temperaturen generell zu warm (Offset), andererseits zeigen die Abweichungen einen klaren Tagesgang, was auf einen Strahlungsfehler hinweist. In Abbildung 2-11 und 2-12 sind ausgewählte Tagesgänge der Temperatur und der Strahlung für Retz-Altenberg (neue Station) und Unterretzbach dargestellt. Man erkennt, dass die Differenzen in den Nachtstunden am geringsten sind und mit zunehmender Strahlung größer werden. Der Strahlungsfehler kann jedoch nicht direkt als Funktion der Einstrahlung abgeschätzt werden, da die Sensoren mitten im Bestand angebracht sind und durch die Blätter abgeschattet werden. Der Offset der Stationen könnte auf einen Alterungseffekt zurück gehen, da er bei der neu installierten Station in Retz-Altenberg noch nicht auftritt. Ob es sich hierbei um einen allmählichen Alterungsprozess des Sensors handelt oder um eine Änderung verursacht durch Verschmutzung (z.B. durch Spritzmittel) konnte nicht restlos geklärt werden. In Gesprächen mit der Herstellerfirma stellte sich heraus, dass diese sich der Problematik des Strahlungsfehlers durchaus bewusst war.

Vergleichsmessung der Temperatur in Retz Altenberg (alte Station)

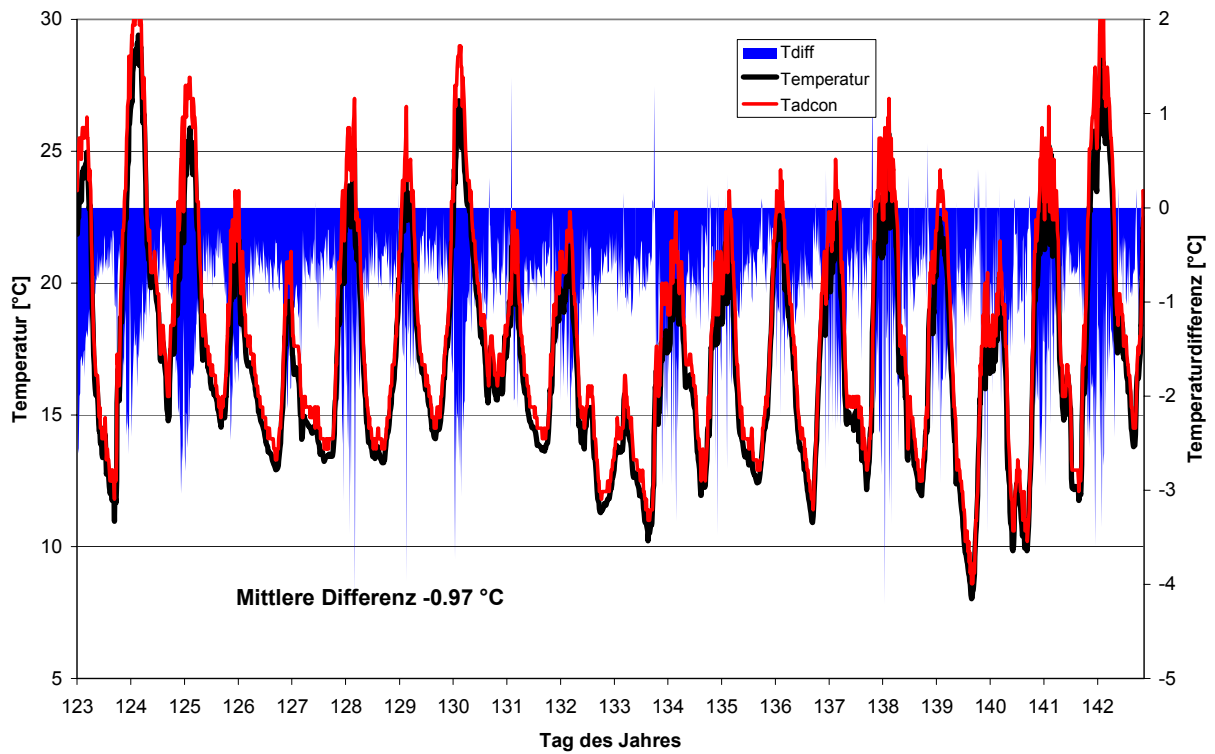


Abbildung 2-7: Ergebnis der Vergleichsmessung für die Lufttemperatur in Retz-Altenberg (alte Station).

Vergleichsmessung der Temperatur in Pillersdorf

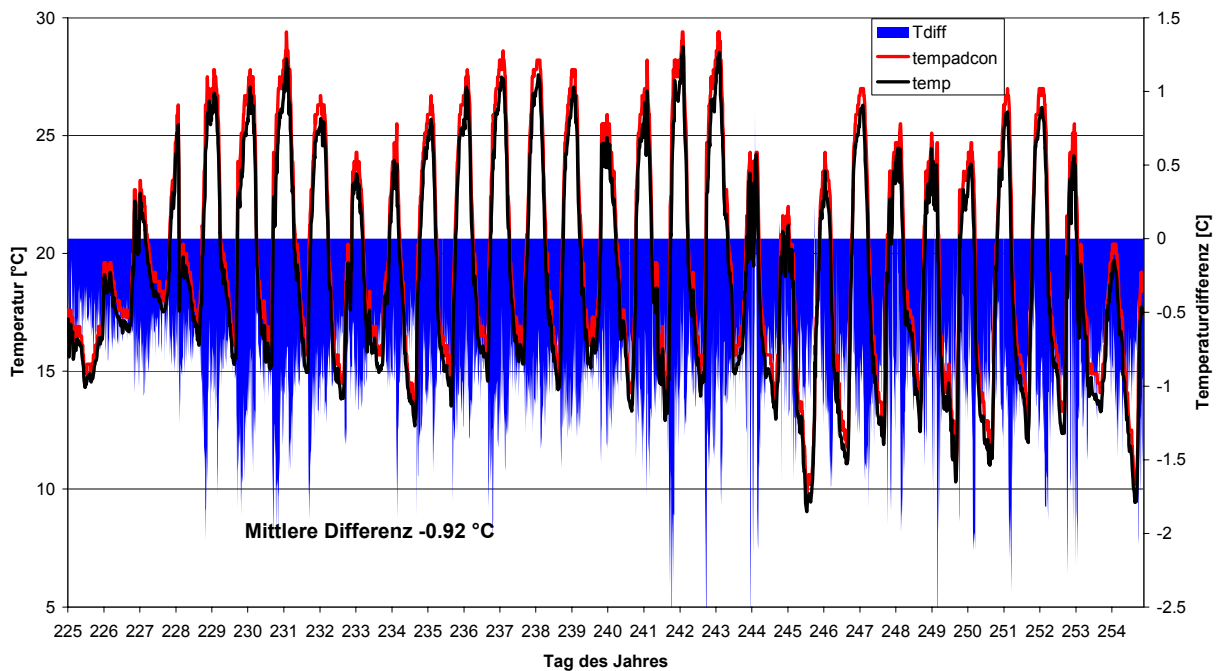


Abbildung 2-8: Ergebnis der Vergleichsmessung für die Lufttemperatur in Pillersdorf.

Vergleichsmessung der Temperatur in Unterretzbach

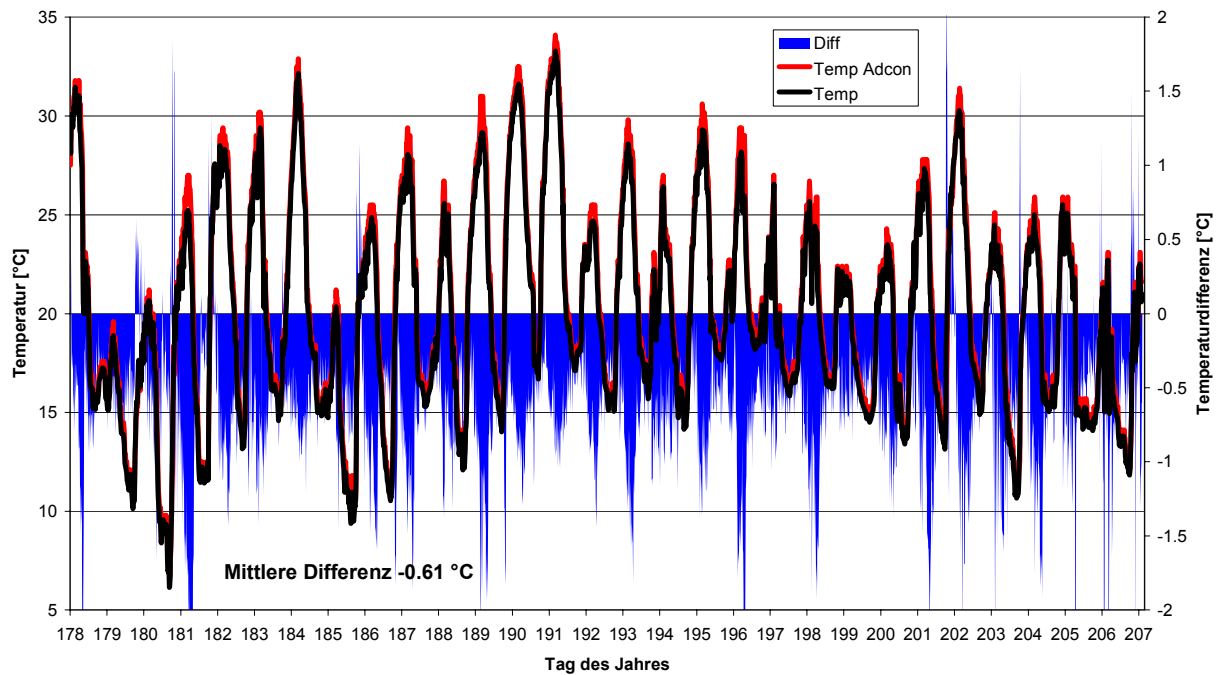


Abbildung 2-9: Ergebnis der Vergleichsmessung für die Lufttemperatur in Unterretzbach.

Vergleichsmessung der Temperatur in Retz Altenberg (neue Station)

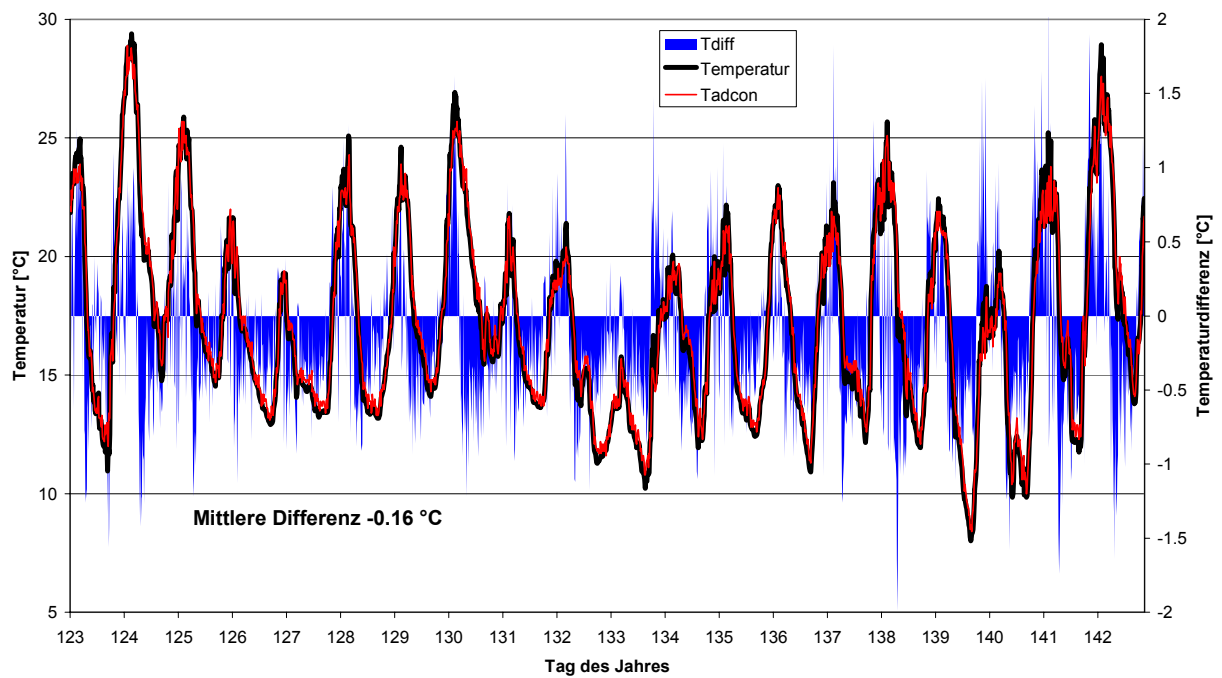


Abbildung 2-10: Ergebnis der Vergleichsmessung für die Lufttemperatur in Retz-Altenberg neue Station.

Tagesgang der Temperatur in Retz Altenberg (neue Station) vom 5. bis 6. Mai

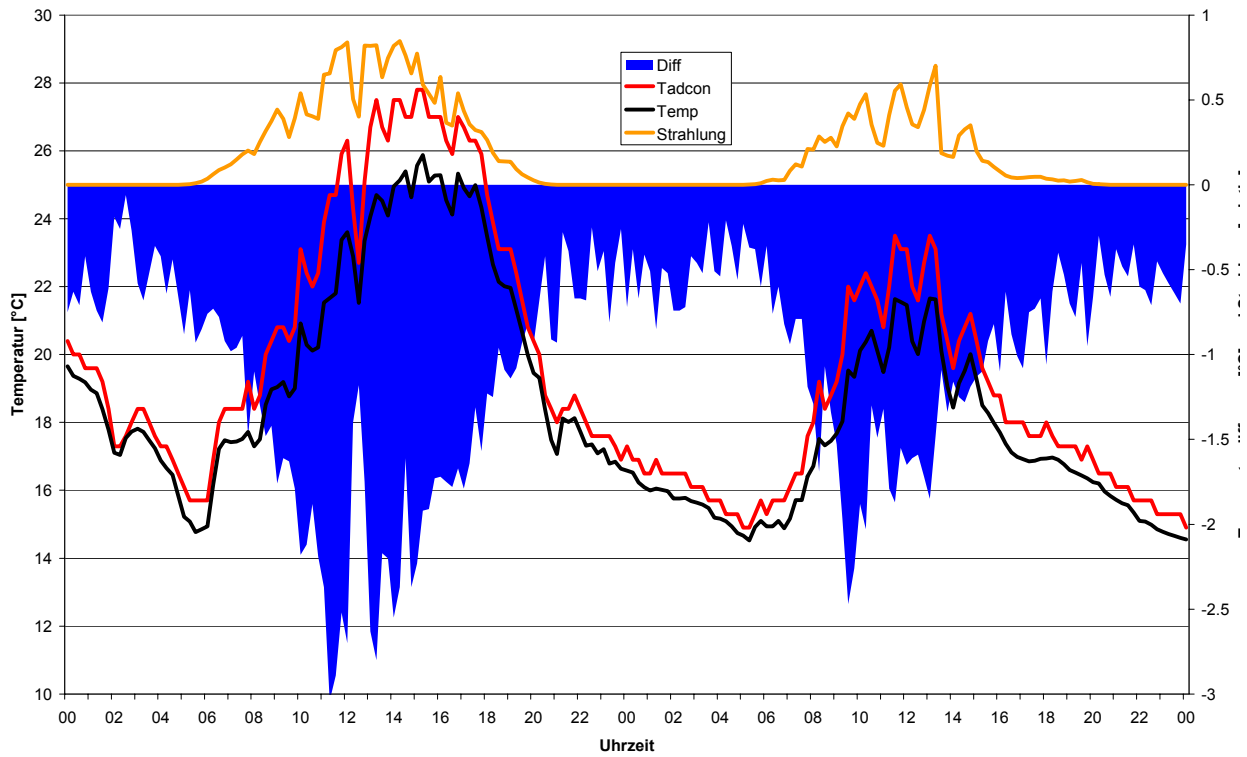


Abbildung 2-11: Tagesgang der Temperatur und der Strahlung in Retz-Altenberg (neue Station) am 5. und 6. Mai

Tagesgang der Temperatur in Unterretzbach vom 8. bis 9. Juli

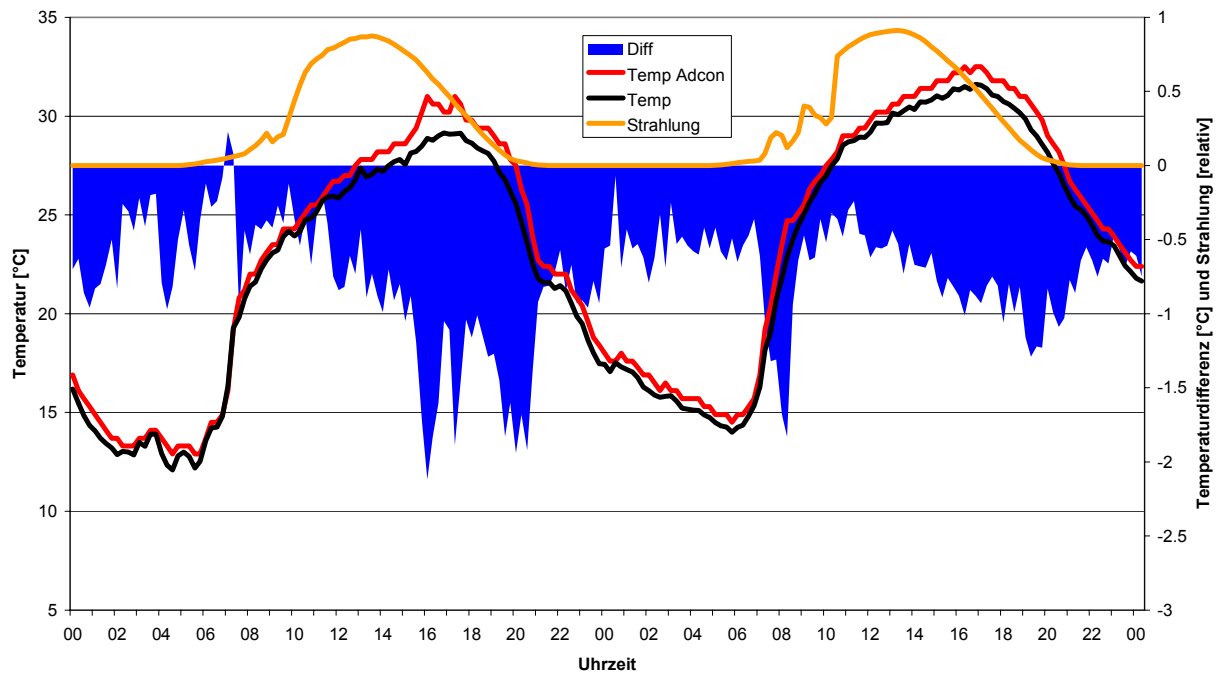


Abbildung 2-12: Tagesgang der Temperatur und der Strahlung in Unterretzbach am 8. und 9. Juli.

Der beobachtete Strahlungsfehler bleibt zeitlich nicht konstant, da durch das Verwachsen der Sensoren im Laufe der Vegetationsentwicklung unterschiedliche Bestrahlungsbedingungen vorherrschen, die noch dazu von Jahr zu Jahr verschieden sind. Auch das beobachtete Offset ist zeitlich nicht konstant und daher im Nachhinein nicht korrigierbar. Da für die räumliche Interpolation in den Weinbaugebieten Temperaturgradienten für einen Höhenbereich von nur 100 bis 200 m Seehöhe abgeleitet werden müssen, müsste zumindest eine Messgenauigkeit von 0.2 °C erreicht werden. Dies wird speziell bei zum Zeitpunkt des Tagesmaximums von den Adcon-Stationen bei weitem nicht erreicht. Eine direkte Verwendung der ADCON-Temperaturen für unsere Fragestellung war daher nicht möglich.

3. Zusammenhang Mostqualität und Klima

Dass der Weinbau und die Weinqualität spezielle Klimaanforderungen stellen ergibt sich schon aus den klar klimatologisch abgegrenzten Weinanbaugebieten. Auch die Differenzierung bei den Spitzenweinen nach Jahrgang oder die genaue Angabe der Riede belegen den Einfluss der Witterung von Jahr zu Jahr und die kleinräumigen topographischen Unterschiede. Versucht man diesen Klimaeffekt jedoch objektiv zu quantifizieren, stößt man auf einige Schwierigkeiten. Dies rührt daher, dass nicht allein das Klima für die Mostqualität verantwortlich ist, sondern auch viele andere Faktoren eine Rolle spielen. Hierzu zählt der Einfluss des Bodens, die verwendete Rebe und Unterlage bzw. deren Kombination, und natürlich der Einfluss der Bewirtschaftung (Rebstockdichte, Mengenreduktion etc.), die dem Weinbauern ein gewisses Maß an Handlungsspielraum gewähren.

Will man gezielt den Effekt des Klimas herausfiltern, so muss sichergestellt werden, dass die anderen Einflussfaktoren möglichst konstant gehalten werden, da ansonsten das Klimasignal „verrauscht“ wird und keine verlässlichen Zusammenhänge abgeleitet werden können.

Als quantitatives Maß für die Mostqualität wurde in dieser Arbeit der Zucker- und der Säuregehalt verwendet. Verwendet man Analyseergebnisse von Proben, die aus einer Mischung von verschiedenen Rieden stammenden Weintrauben bestehen, so erzielt man nur eine geringe Korrelation zwischen Mostqualität und Klima. Es wurde daher versucht, möglichst unvermischte Mostqualitätsproben zu erhalten. In enger Zusammenarbeit mit der Weinbauschule Retz und hier insbesondere mit Ing. Walter Pollak ist es gelungen eine kontinuierliche Zeitreihe mit Mostqualitätsangaben zum Lesetermin für die Sorte Grüner Veltliner von der Riede Retz-Altenberg von 1984 bis 2001 zusammen zu stellen. Ganz wesentlich für unsere Arbeit waren auch die vom REBPROG-Projekt (Projektnummer: BWO 00 22 33) publizierten Mostanalysen. In diesem Projekt werden ab der 34. Kalenderwoche wöchentlich Mostanalysen durchgeführt, um den Reifeverlauf zu dokumentieren und auf der Internetseite des Bundesamtes für Wein und Obstbau Klosterneuburg publiziert (REBROG 2004). Diese Proben werden immer an den selben Stellen durchgeführt, so dass der die Witterung jener Parameter ist, der sich am stärksten ändert. Diese Daten erscheinen daher für die Ableitung des Klimaeffektes besonders gut geeignet.

3.1. Temperatursummenverfahren nach Harlfinger

In seinen Arbeiten für die Bodenschätzung des Finanzministeriums hat O. Harlfinger ein Temperatursummenverfahren abgeleitet (Harlfinger und Knees, 2001), welches auch recht gut für die Definition von Weinbaugebieten geeignet ist. Zur Absicherung seinen Ergebnisse aus vorherigen Arbeiten musste in diesem Projekt umfassend getestet werden, wie gut der Zusammenhang dieser Temperatursumme und der Mostqualität von unbeeinflussten Qualitätsproben ist. Harlfinger definiert sein Temperatursummenverfahren folgendermaßen:

$$\mathbf{T_{sum} = \sum T_{14}}$$
$$\mathbf{\text{wenn } T_{mittel} \geq 5 \text{ } ^\circ\text{C} \text{ und } T_{max} \geq 15 \text{ } ^\circ\text{C}}$$

Tsum: = Temperatursumme nach Harlfinger

T₁₄: = Temperatur um 14 Uhr (Tagesbasis)

T_{mittel}: = Temperaturmittel (Tagesbasis)

T_{max}: = Temperaturmaximum (Tagesbasis)

Innerhalb eines Jahres werden demnach von allen Tagen an denen das Tagesmittel zumindest 5 °C und das Tagesmaximum 15 °C erreicht die 14 Uhr Werte aufaddiert. Der Temperaturwert um 14 Uhr hängt sehr stark mit der Sonneneinstrahlung am jeweiligen Tag zusammen. Daher ist diese Temperatursumme nicht nur ein Maß für die thermischen Bedingungen einer Region, sondern auch für die Strahlungsbedingungen.

3.2. Aufbereitung der meteorologischen Daten

Um die Mostqualitätszeitreihe der Riede Retz Altenberg auszuwerten mussten die meteorologische Daten von 1984 bis heute aufbereitet werden. Hierzu wurde die Daten der Klimastation der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik (ZAMG) verwendet. Die ZAMG betrieb in dem Zeitraum 1. Jänner 1984 bis 31. Mai 1995 eine Station mit der Kennung 901 am Stadtrand von Retz auf einer Seehöhe von 256 m. Vom 1. Jänner 1994 bis laufend befindet sich die Station mit der Kennung 905 auf dem Standort Retz Windmühle auf 320 m Seehöhe. Durch die eineinhalb Jahre Parallelmessung ist es möglich, einen repräsentativen Datensatz für die Riede Altenberg zu erzeugen, da diese Riede ungefähr in der selben Seehöhe wie die Station Retz Windmühle liegt. Hierfür wurden für die Temperaturen im Jahre 1994 Vertikalgradienten abgeleitet und mit diesen die Zeitreihen vor 1994 angepasst. In Abbildung 3-1 ist die Validierung dieser Höhenkorrektur dargestellt. Es ergaben sich erstaunlich hohe Temperaturgradienten. Die Temperaturabnahme pro 100 m für das Tagesmittel beträgt 1.08 °C , für das Temperaturmaximum 1.8 °C und für die Temperatur um 14 Uhr 1.33 °C . Dies kann durch den starken Einfluss des Windes erklärt werden. Am Talboden, wo die 901 Station stand, wurden wesentlich geringere Windgeschwindigkeiten beobachtet als am Standort Windmühle. (Nicht zufällig wurde die Windmühle an diesem Standort errichtet!) Dies wirkt sich besonders auf die Temperaturmaxima und dem 14-Uhr-Wert, der sehr nahe dem Temperaturmaximum ist, aus.

An der Station Retz Windmühle wird auch die Globalstrahlung und die Sonnenscheindauer gemessen, bei der Station 901 wurde hingegen nur die Sonnenscheindauer gemessen. Um für die Abschätzung des Strahlungseffektes einen einheitlichen Datensatz für die Strahlung zur Verfügung zu haben, wurde mittels linearer Regression die Globalstrahlung aus der Sonnenscheindauer geschätzt. In Abbildung 3-2 ist das Ergebnis dieser Regression dargestellt.

Für den Standort Retz Windmühle wurde anschließend die Temperatursumme berechnet. In Abbildung 3-3 ist das Ergebnis für den Zeitraum 1984 bis 2003 dargestellt. Die Variabilität von Jahr zu Jahr ist hoch; besonders auffällig ist das Jahr 2003 mit der ungewöhnlich hohen Temperatursumme von 4200 °C .

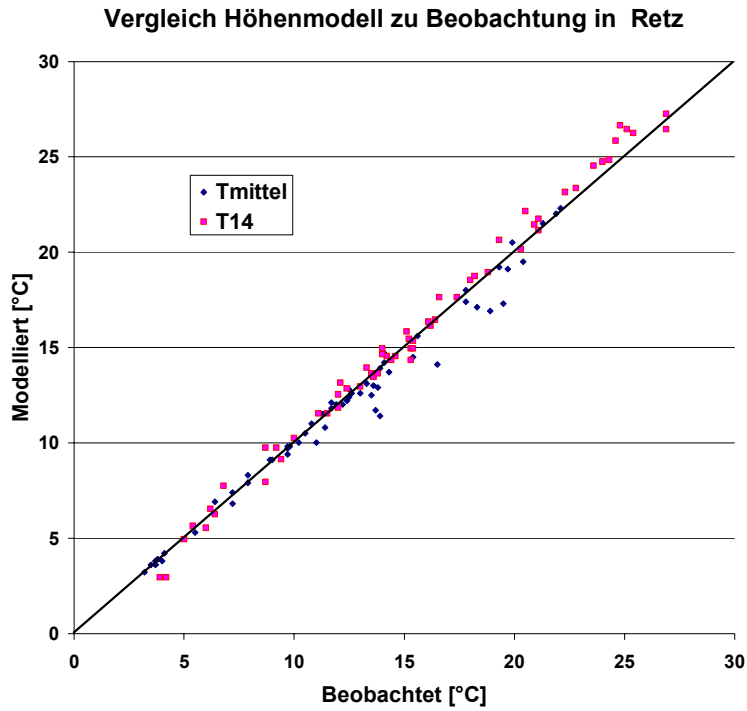


Abbildung 3-1: Beobachtete versus modellierte Temperaturen an der Station Retz Windmühle während der Vegetationsperiode 1994.

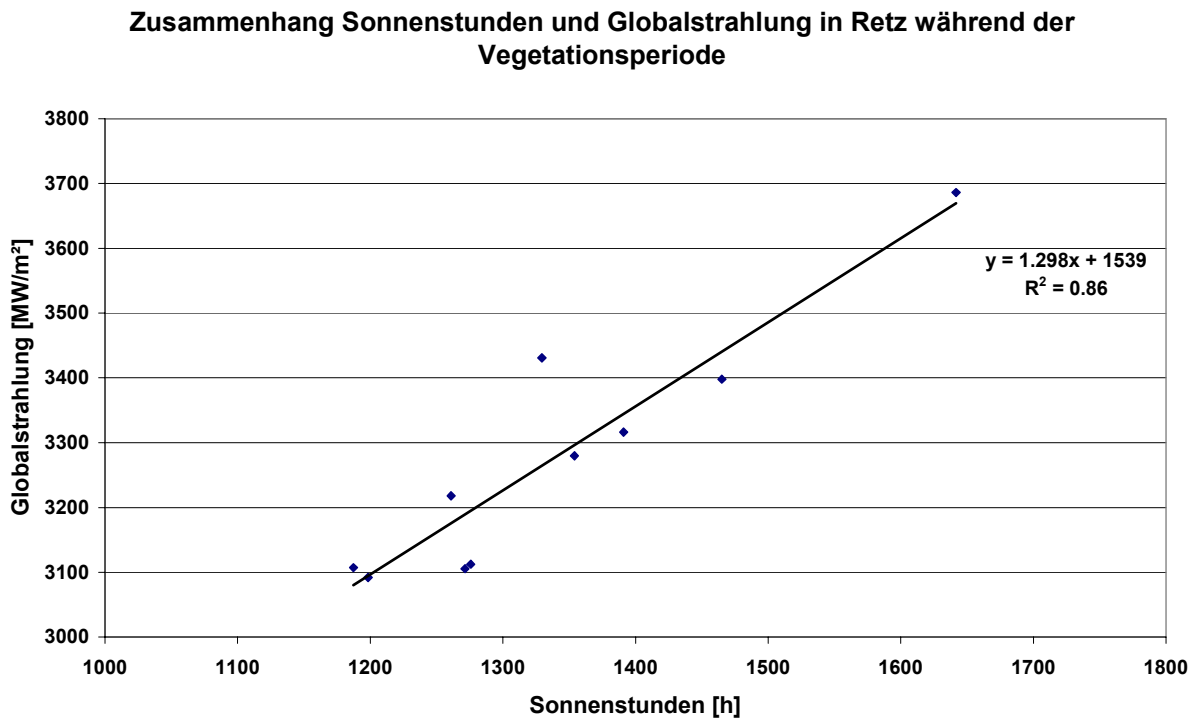


Abbildung 3-2: Zusammenhang Sonnenscheindauer – Globalstrahlung in Retz

Temperatursummen in Retz (Station Windmühle)

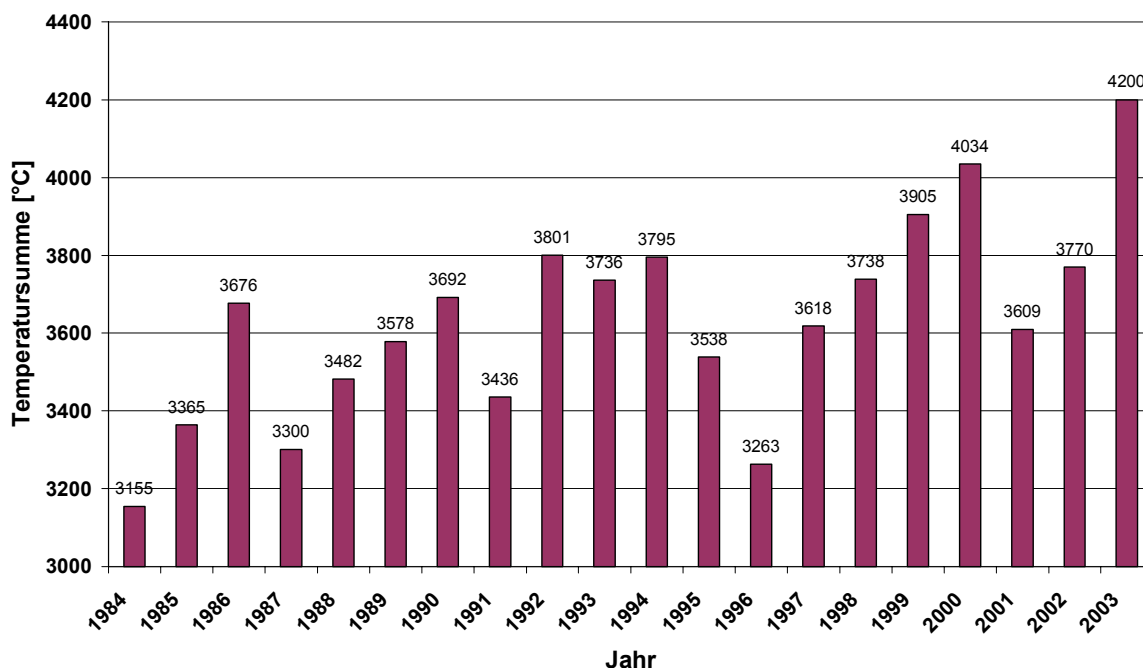


Abbildung 3-3: Verlauf der Temperatursummen am Standort Retz Windmühle von 1984 bis 2003.

3.3. Zusammenhang Temperatursumme Mostqualität

Für die Ableitung des Zusammenhanges Mostqualität und Temperatursumme wurde für das jeweilige Jahr die Temperatursumme bis zur jeweiligen Probenahme berechnet und ein Regressionsmodell erstellt. In Abbildung 3-4 ist das Ergebnis für das Mostgewicht des Grünen Veltliners der Riede Retz Altenberg dargestellt. Für die Berechnung der Regression wurden die Jahre 1986, 1990 und 1999 nicht verwendet, da es in diesen Jahren durch leider nicht exakt feststellbare externe Faktoren zu ungewöhnlichen Mostgewichten kam. Für den Zusammenhang ergibt sich ein R^2 von 0.79, das heißt, dass rund 80 Prozent des Zuckergehaltes des Mostes mithilfe der Temperatursumme erklärt werden kann. Dies ist ein überraschend gutes Ergebnis, so dass, anders als erwartet, keine Korrekturfunktion für Ertragsmenge eingeführt werden musste. Erstaunlicherweise spielen offenbar auch andere Einflussfaktoren, die sich innerhalb des 17-jährigen Zeitraum verändern, wie etwa das Alter des Weinstockes, keine wesentliche Rolle.

Verwendet man die Ergebnisse des REBPROG-Programmes werden die Ergebnisse teilweise sogar besser (siehe Abb. 3.5 bis 3.9). Da keine eindeutige Information über die genauen Standorte der Probenahmen erhältlich waren, wurden für die Berechnung der Temperatursumme jeweils die Daten der nächstgelegenen meteorologischen Station verwendet. Im Raum Illmitz dürfte die meteorologische Station für den Ort der Probenahme recht repräsentativ sein, während im Raum Mistelbach die Probenahmestelle etwas kühler zu sein scheint als die meteorologische Station, da die Regressionsgleichung eine etwas langsamere Zunahme des Zuckergehaltes mit der Temperatursumme, sowohl für den Grünen Veltliner als auch für den Zweigelt, ergibt. In den Abbildungen erkennt man, dass nicht nur der Zuckergehalt sondern auch der Säuregehalt sehr gut mit der Temperatursumme reproduziert werden kann. Da für

diese REBPROG Daten alle anderen Einflussfaktoren konstant angenommen werden können, konnten hier auch komplexere Regressionsgleichungen angesetzt werden.

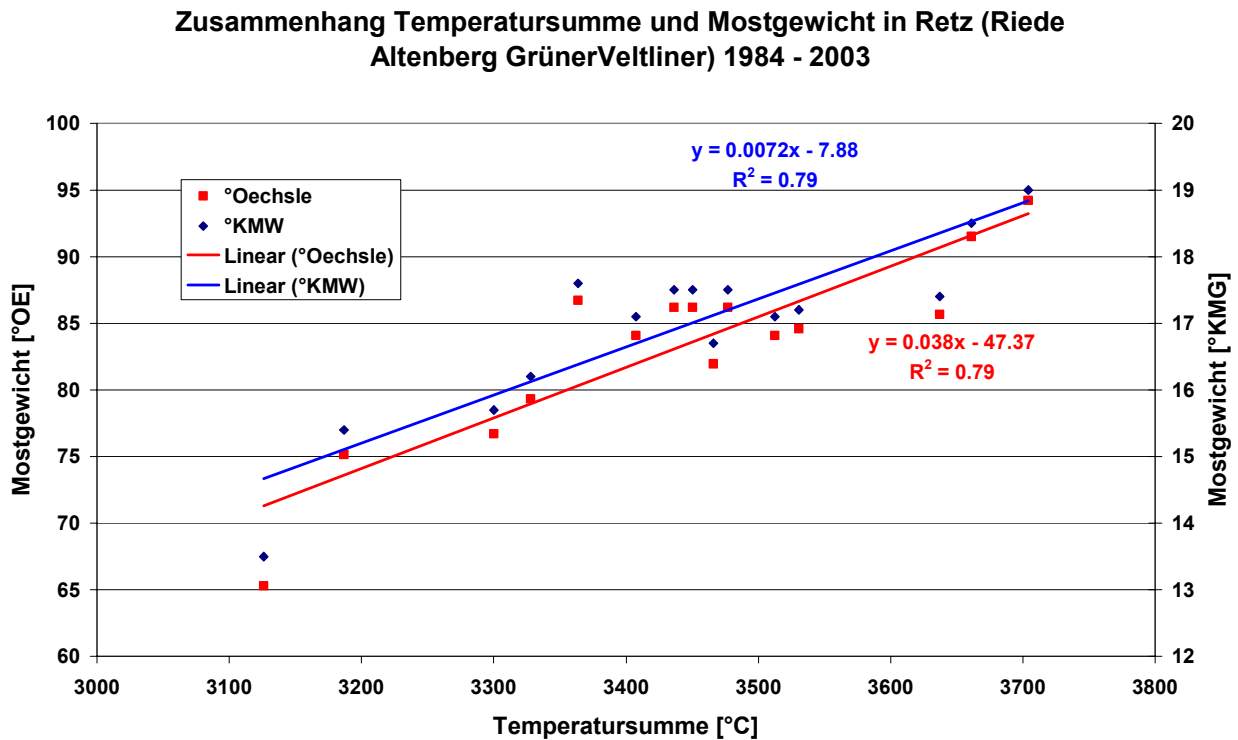


Abbildung 3-4: Zusammenhang Temperatursumme zu Mostgewicht in Retz Altenberg für die Sorte Grüner Veltliner.

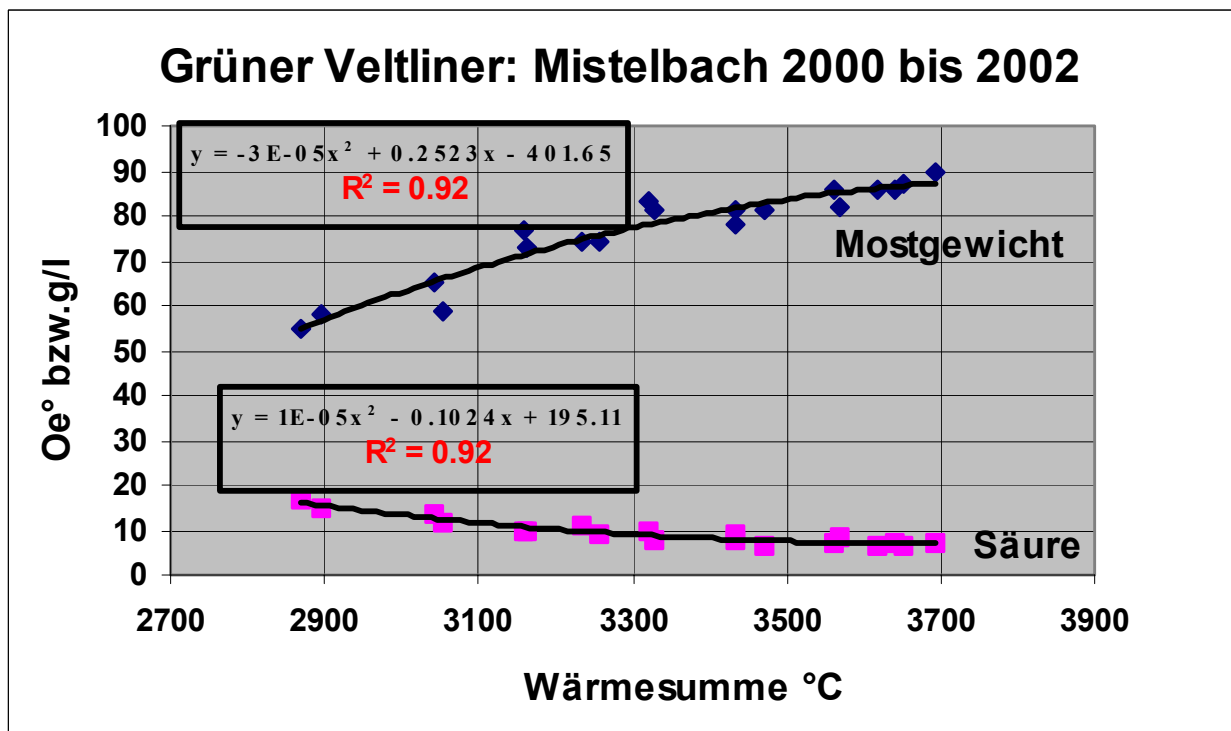


Abbildung 3-5: Zusammenhang Temperatursumme zu Zucker- und Säuregehalt in Mistelbach für die Sorte Grüner Veltliner (Harlfinger und Formayer, 2004).

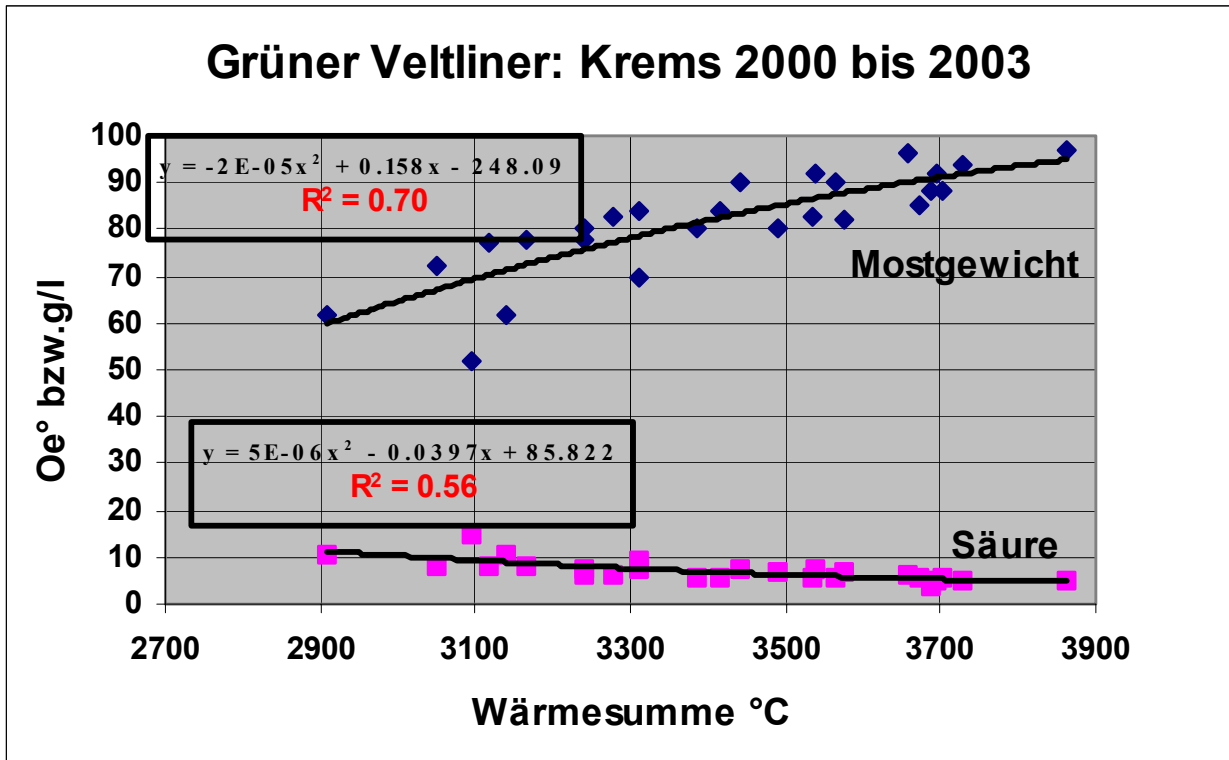


Abbildung 3-6: Zusammenhang Temperatursumme zu Zucker- und Säuregehalt in Krems für die Sorte Grüner Veltliner (Harlfinger und Formayer, 2004).

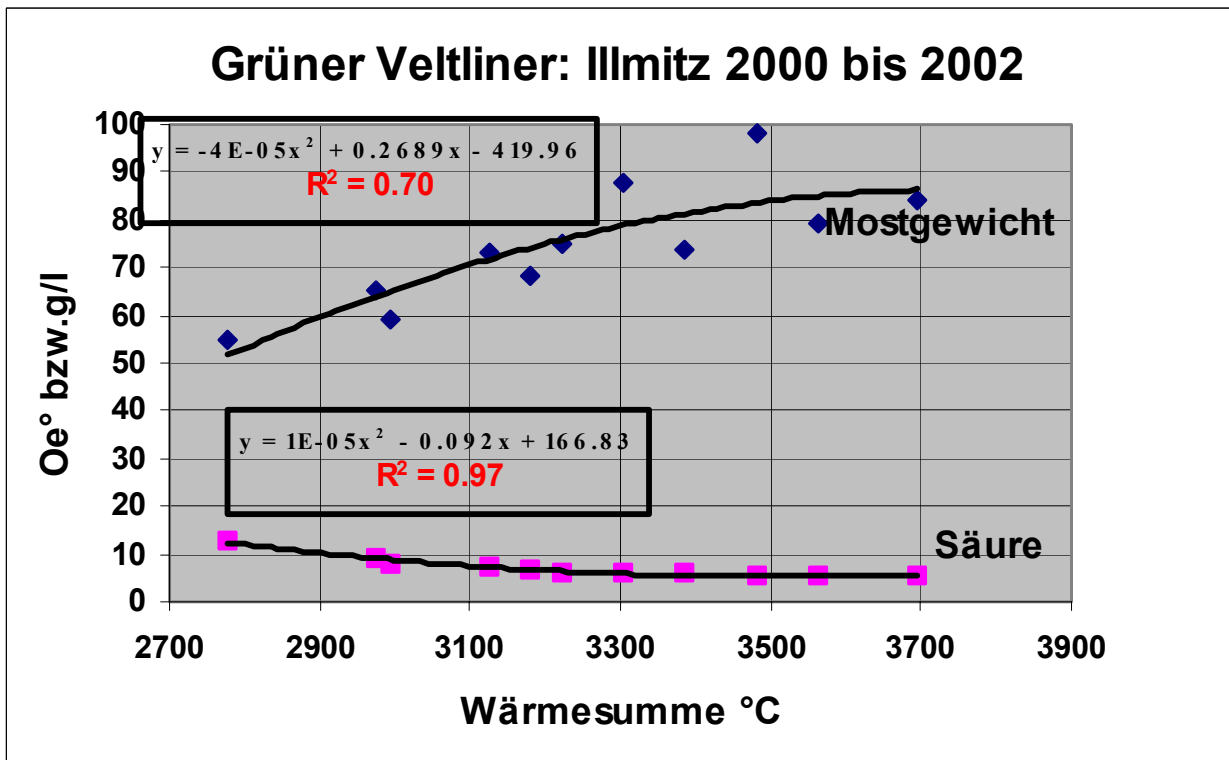


Abbildung 3-7: Zusammenhang Temperatursumme zu Zucker- und Säuregehalt in Illmitz für die Sorte Grüner Veltliner (Harlfinger und Formayer, 2004).

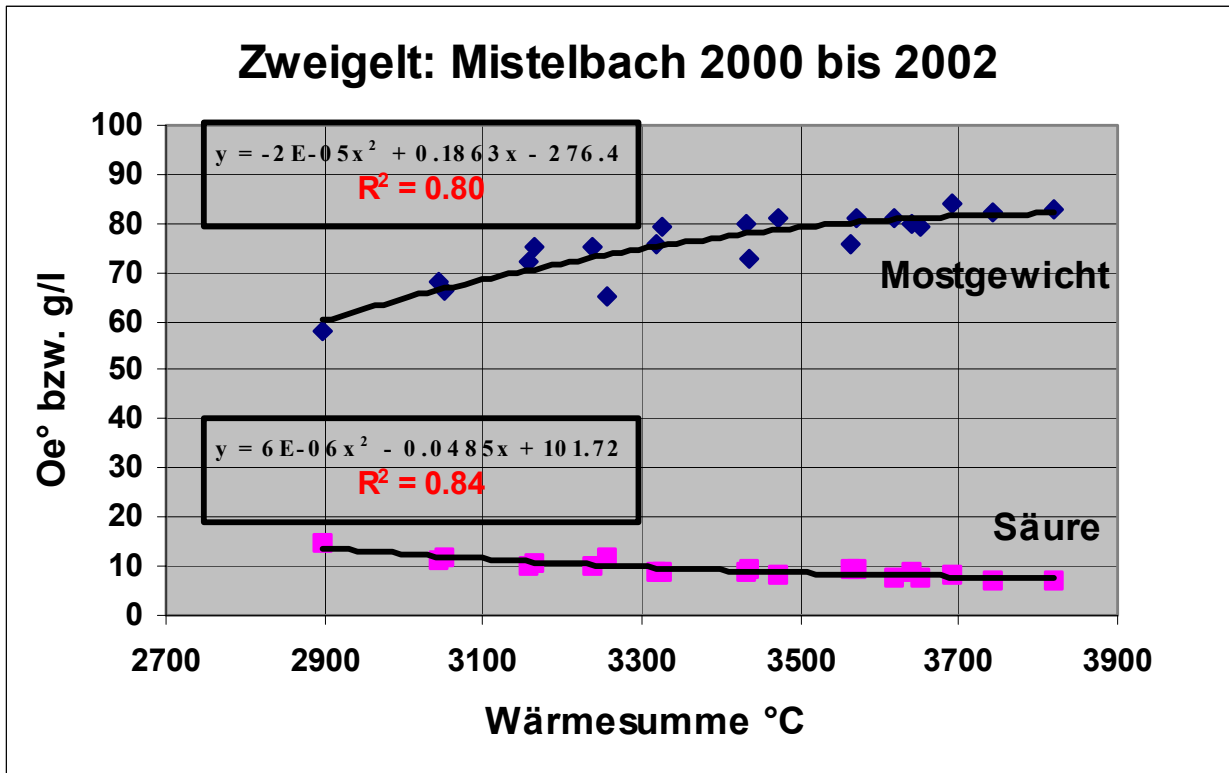


Abbildung 3-8: Zusammenhang Temperatursumme zu Zucker- und Säuregehalt in Mistelbach für die Sorte Zweigelt (Harlfinger und Formayer, 2004).

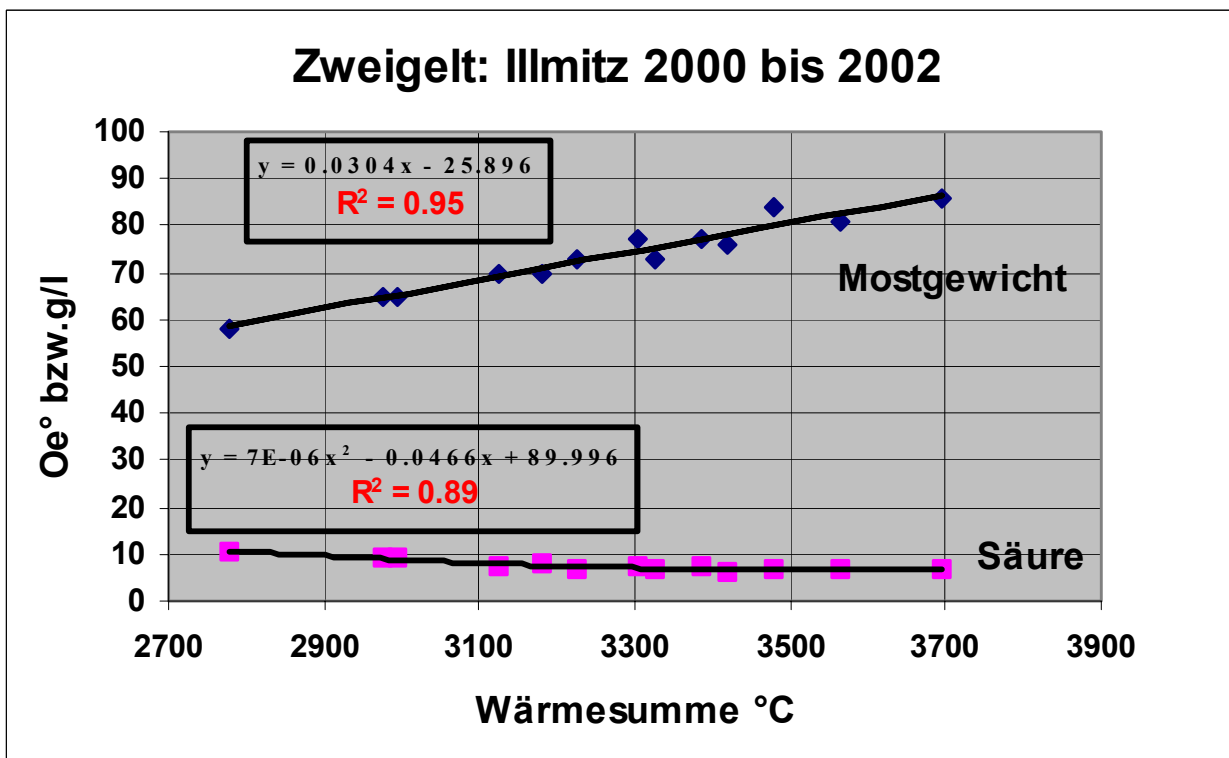


Abbildung 3-9: Zusammenhang Temperatursumme zu Zucker- und Säuregehalt in Illmitz für die Sorte Zweigelt (Harlfinger und Formayer, 2004).

In der Abbildung 3-10 sind die Regressionsgeraden für die verschiedenen Gebiete und Sorten zusammengefasst. Die Geraden für den Grünen Veltliner sind alle sehr ähnlich, wobei auch hier die Gerade von Mistelbach am niedrigsten liegt. Weiters erkennt man sehr gut, dass die klimatologischen Ansprüche des Zweigelt deutlich höher liegen als beim Grünen Veltliner.

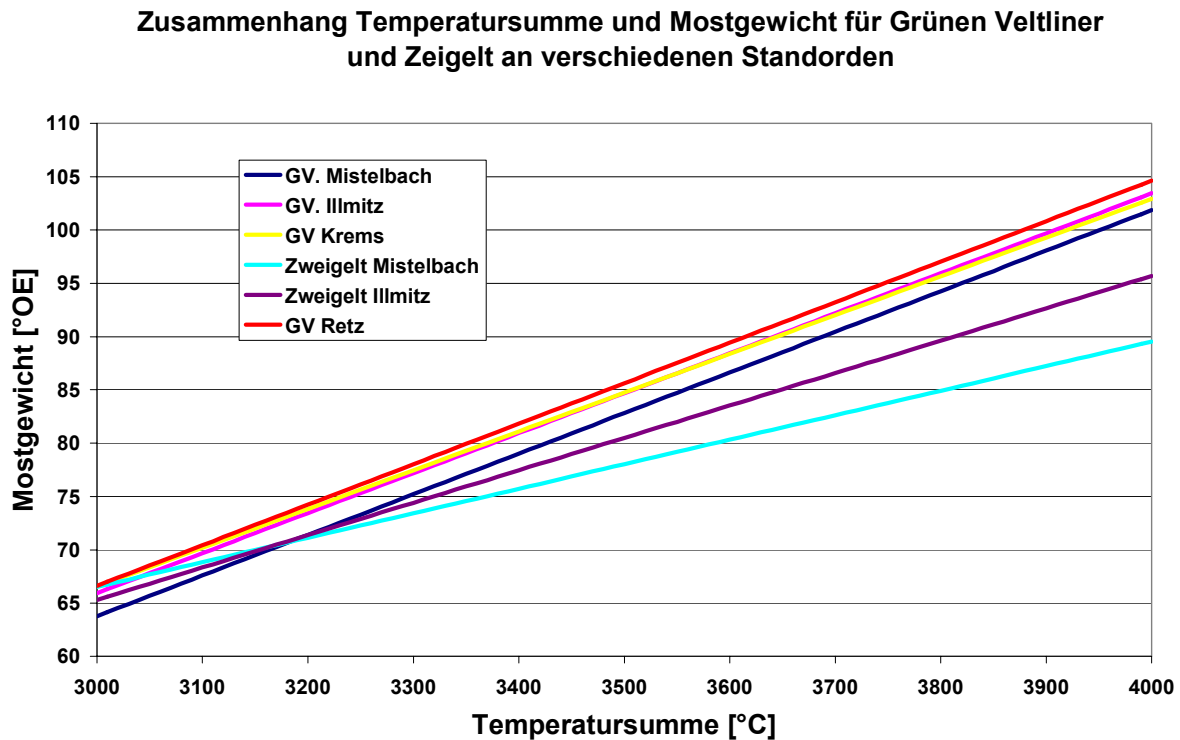


Abbildung 3-10: Regressionsgeraden für die verschiedenen Gebiete und Sorten für das Mostgewicht.

Die Ergebnisse dieser Regressionen bestätigen eindrucksvoll, dass das Temperatursummenverfahren nach Harlfinger sehr gut in der Lage ist, sowohl Zuckergehalt als auch den Säuregehalt zu reproduzieren.

Die Absolutwerte, die dieses Regressionsmodell liefert, hängen natürlich direkt mit den Probedaten zusammen und gelten demnach nur für Standorte mit den gleichen Randbedingungen (Boden, Unterlage etc.). Verwendet man die hier abgeleiteten Zusammenhänge um flächendeckend aus Temperatursummen Mostgewichte oder Säuregrade abzuleiten, so müssen die Ergebnisse als potenzielle Mostgewichte bzw. Säuregehalte interpretiert werden, die aufträten, wären die Randbedingungen gleich oder sehr ähnlich jenen der Standorte, für die der Zusammenhang abgeleitet wurde. Man erkennt also, ob das Klima im Verhältnis zu den Referenzstandorten günstiger oder ungünstiger ist.

4. Übertragung der Punktdaten in die Fläche

Da die ADCON-Stationen für die flächige Interpolation der relevanten meteorologischen Faktoren leider nicht verwendet werden konnten, wurde versucht mithilfe der Stationen der ZAMG und indirekt abgeleiteter räumlicher Funktionen ein Interpolationsverfahren für die Temperatursumme zu entwickeln. Die relevanten raumbezogenen Größen für die Interpolation der Temperatursumme sind die Temperatur und die Strahlung. Die Seehöhenabhängigkeit der Temperatur innerhalb des Weinbaugebietes konnte im Raum Retz durch die Verlegung der ZAMG Station und der Parallelmessung über 17 Monate gut abgeleitet werden. Da für den Raum Oogau keine derartig guten Daten zur Verfügung standen, wurde die räumliche Interpolation nur für den Raum Retz durchgeführt. Da in diesem Gebiet aufgrund der weit komplexeren Topographie jedoch die höheren Ansprüche an das Interpolationsverfahren gestellt werden, stellt dies keine Einschränkung des Informationsgehaltes dieses Projektes dar.

4.1. Einfluss der Strahlung

Um den Einfluss der Strahlung auf die Temperatur abzuleiten wurden im Rahmen dieses Projektes einige Sondermessungen am Goldberg im Bugenland (siehe dazu auch den Zwischenbericht), im Raum Mödling und in Raum Retz selbst durchgeführt. Bei diesen Messungen zeigte sich, dass aus kurzfristigen Messungen über einige Wochen kein eindeutiger und übertragbarer Zusammenhang zwischen der Temperatur und der Strahlung hergestellt werden kann. An allen Standorten zeigte sich, dass der Wind einen extrem starken Einfluss auf das Temperaturverhalten hatte. Um hier robuste Funktionen ableiten zu können, müsste zumindest über eine gesamte Vegetationsperiode hinweg sowohl die Temperatur als auch die Strahlung und der Wind für verschiedene Hangausrichtungen und Hangneigungen gemessen werden. Da sich jedoch besonders unter Schönwetterbedingungen lokale thermische Winde ausbilden können, ist selbst dann noch nicht sichergestellt, dass übertragbare Funktionen abgeleitet werden können. Die Erfahrungen und Ergebnisse dieser Sondermessungen konnten daher nicht direkt für die Entwicklung des Interpolationsverfahrens verwendet werden.

Um die unterschiedliche Bestrahlung im Gelände und deren Einfluss auf die Temperatursumme zu quantifizieren, wurde die Globalstrahlung explizit modelliert und der Zusammenhang zwischen Temperatursumme und Globalstrahlung direkt aus den unterschiedlichen Bedingungen im Zeitraum 1984 bis 2003 abgeleitet. Dies ist gerechtfertigt, da die Variabilität von Jahr zu Jahr größer ist, als die kleinräumige Differenzierung innerhalb der Weinbaugebiete. In Abbildung 4-1 ist der Zusammenhang Summe der Globalstrahlung während der Vegetationsperiode (1. April bis 30. September) und der Temperatursumme in Retz Windmühle dargestellt. Hierbei wurde das relative Verhältnis, also die relative Strahlungsanomalie zur relativen Temperatursummenanomalie aufgetragen. Man erkennt, dass rund 32 Prozent der Variabilität in den Temperatursummen durch die Globalstrahlung erklärt werden kann. Dies verdeutlicht, dass die Temperatursumme nach Harlfinger nicht nur ein Maß für die thermischen Eigenschaften einer Region darstellt, sondern auch stark von der Einstrahlung geprägt ist. Weiters erkennt man in der Darstellung, dass eine Reduktion der Globalstrahlung direkt auf die Temperatursumme übertragen werden kann. Eine Strahlungsreduktion von 1 Prozent führt zu einer Reduktion der Temperatursumme um 0.94 Prozent.

Relative Sonneneinstrahlung während der Vegetationsperiode im Raum Retz

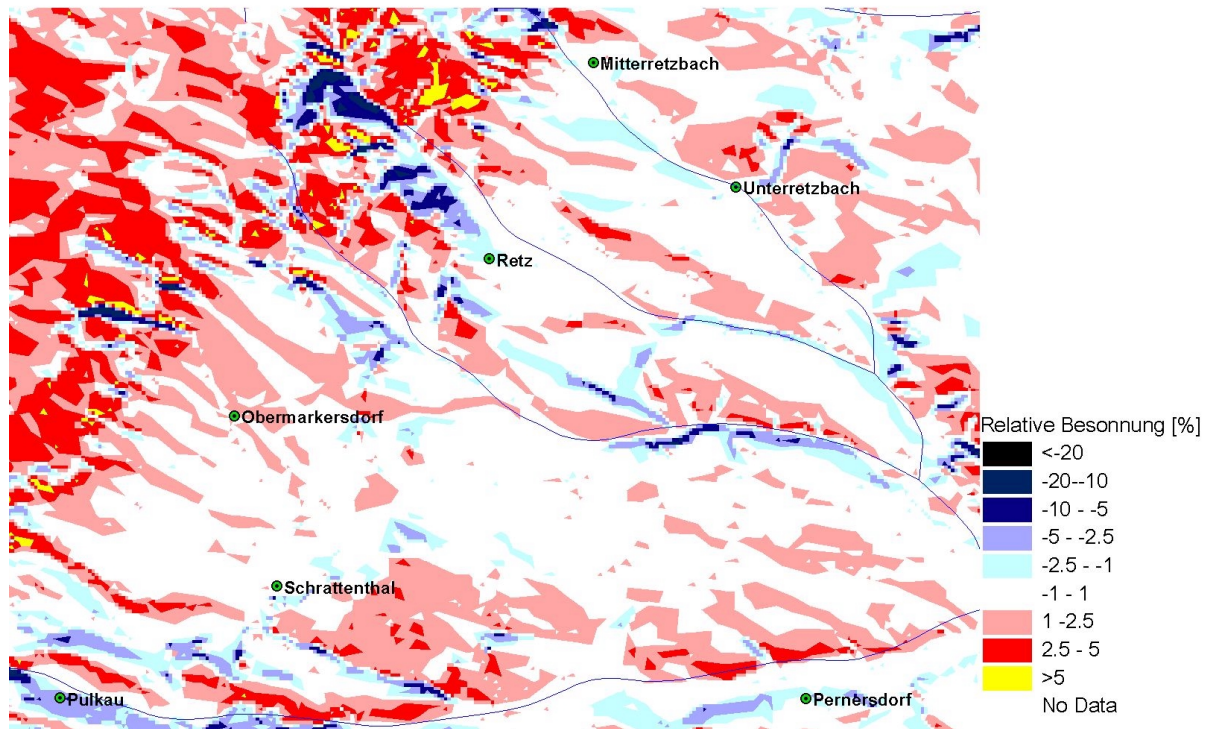


Abbildung 4-2: Strahlungsbedingungen im Raume Retz während der Vegetationsperiode relativ zur Einstrahlung auf eine unbeschattete Ebene.

4.2. Bestimmung des Seehöheneffektes

Zur Bestimmung des Seehöheneffektes auf die Temperatursumme wurden die in Kapitel 3.2 beschriebenen Vertikalgradienten für Temperaturmittel, Maximum und 14 Uhr Wert verwendet. Diese Gradienten wurden im 50 m Schritten auf die Tageszeitreihe der Station Windmühle für den Zeitraum 1984 bis 2003 angewandt und jeweils die Temperatursumme neu berechnet. In Abbildung 4-3 ist der zeitliche Verlauf der Temperatursumme für verschiedene Seehöhen dargestellt. Man erkennt, dass die Zeitreihen einigermaßen Parallel zueinander verlaufen. Berechnet man aus den einzelnen Jahren und den verschiedenen Höhenstufen die Vertikalgradienten, so zeigt sich doch eine gewisse Streuung zwischen den Jahren, die mit der Seehöhe etwas zunimmt, dennoch sind die Mittelwerte über die Jahre relativ konstant mit der Höhe. Für die Interpolation der Temperatursumme wurde ein mittlerer Gradient von 500 °C pro 100 m verwendet. Dies entspricht einer sehr raschen Abnahme der Temperatursumme mit der Höhe, was größtenteils mit der Zunahme des Windeinflusses im Übergang vom Flachland zu den umliegenden Hügeln zu erklären ist. Daher darf diese Interpolation nur für die ersten 200 bis 300 m über dem Flachland interpretiert werden.

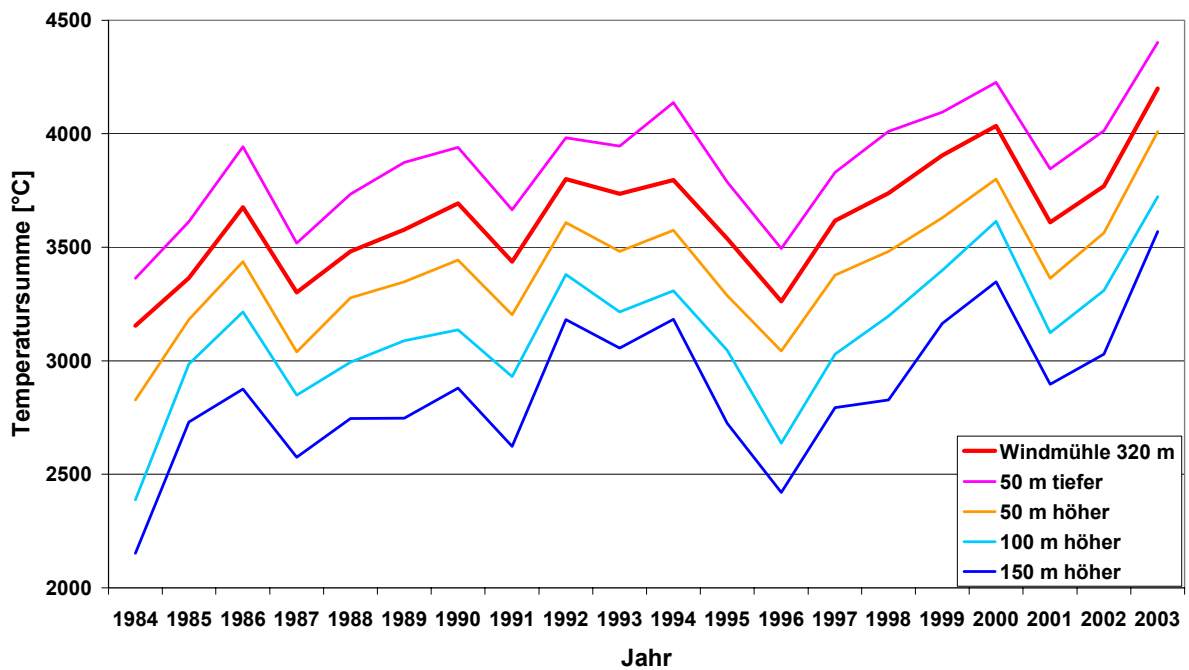


Abbildung 4-3: Verlauf der Temperatursummen in Retz in Abhängigkeit von der Seehöhe.

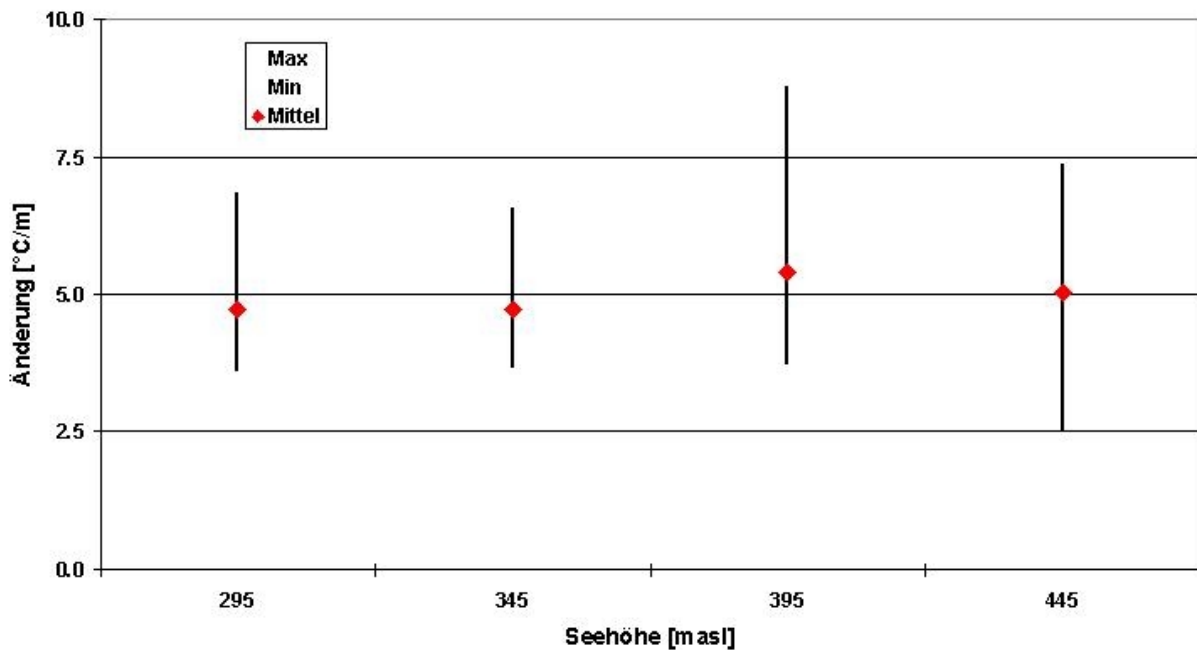


Abbildung 4-4: Seehöhenabhängigkeit der Temperatursumme in Retz in verschiedenen Höhenstufen. Rot ist der Mittelwert der 20 Jahre und die Balken zeigen die Streuung innerhalb der Jahre.

4.3. Interpolation der Temperatursumme

Für die Interpolation der Temperatursumme wurde das mittels Seehöhenmodell aus den Temperatursummen an den Messstationen interpolierte Temperaturfeld mit dem Strahlungsfaktor multipliziert. In den Abbildungen 4-5 bis 4-7 sind die Ergebnisse für das Mittel der Jahre 1984 bis 2003 und die beiden Extremjahre 1984 (kalt) und 2003 (warm) dargestellt. In Abb.

4-5 erkennt man sehr gut den Übergang vom Weinviertel zum Waldviertel, aber auch feinere Strukturen wie Flussläufe und Hügel sind erkennbar. Das zugrunde liegende GIS beinhaltet noch viel mehr Details, da alle 50 m ein Wert berechnet wurde, die jedoch durch die Verwendung von 100 °C-Farbschritten in dem für den Weinbau relevanten Bereich in der Darstellung nicht aufgelöst werden. Vergleicht man die Mittelkarte mit den beiden Extremjahren, erkennt man die große inter-annuelle Variabilität.

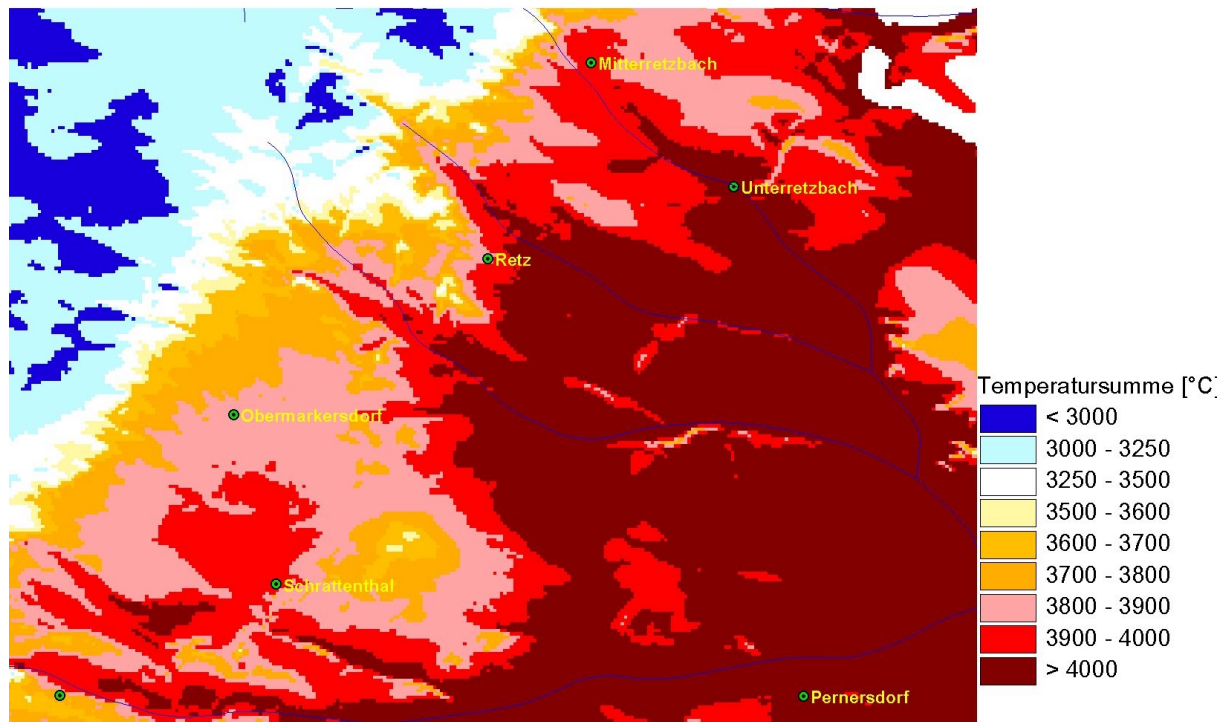


Abbildung 4-5. Räumliche Verteilung der Temperatursumme im Raum Retz. Mittel 1984 – 2003.

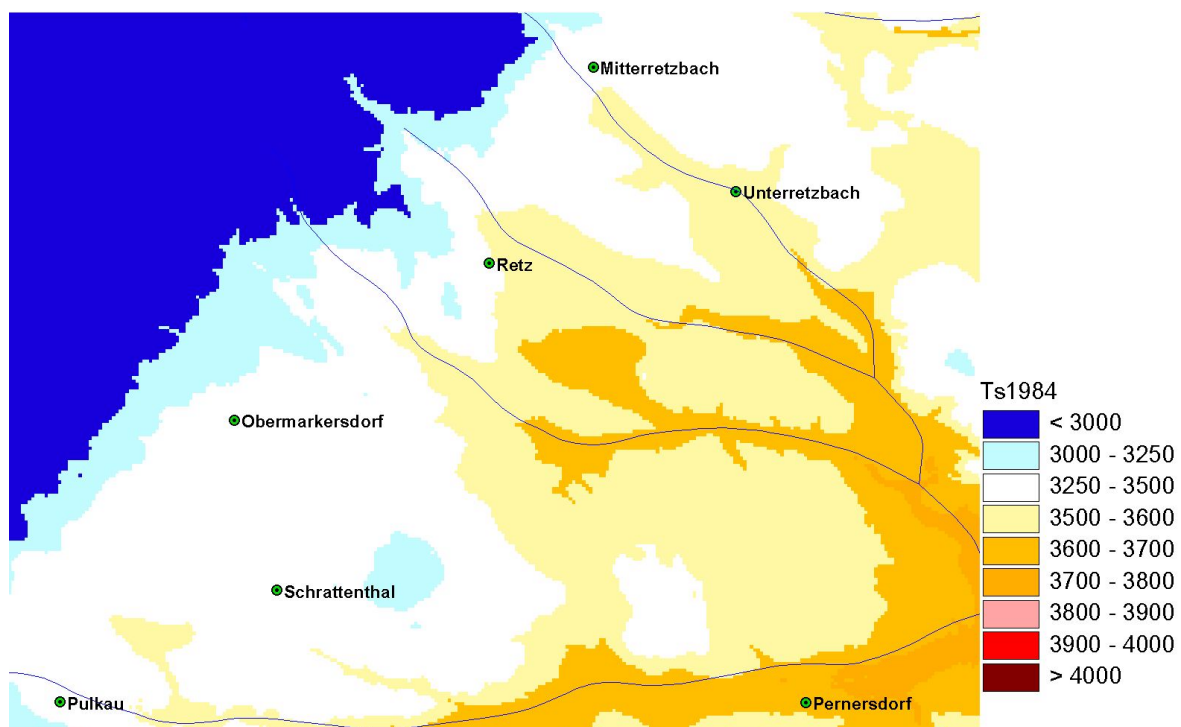


Abbildung 4-6. Räumliche Verteilung der Temperatursumme im Raum Retz. Jahr 1984

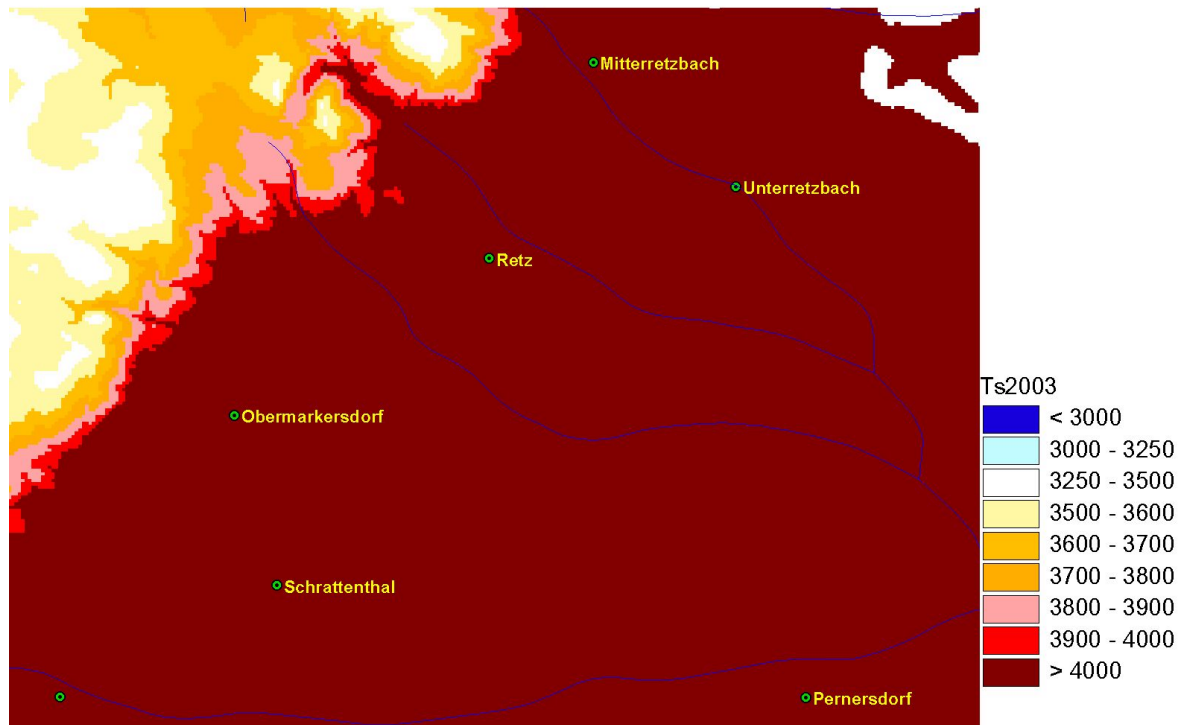


Abbildung 4-7. Räumliche Verteilung der Temperatursumme im Raum Retz. Jahr 2003

4.4. Interpolation des potenziellen Mostgewichtes

Wie in Kapitel 3.3 gezeigt, kann diese Temperatursumme mittels Regression direkt in Zucker- bzw Säuregehalt umgerechnet werden. Für die Interpolation im Raume Retz wurde die lineare Regression für den Grünen Veltliner der Riede Retz Altenberg zur Berechnung des potenziellen Mostgewichtes verwendet. Wie bereits erwähnt, dürfen diese Mostgewichte nur relativ interpretiert werden. Um die Absolutwerte für einen konkreten Standort zu bestimmen, müssen die anderen Einflussfaktoren auf die Mostqualität mit denen auf der Riede Retz Altenberg verglichen und zueinander in Relation gestellt werden.

In Abbildung 4-8 bis 4-10 sind wieder die Ergebnisse für das Mittel (1984 – 2003) und die Extreme dargestellt. In den Abbildungen sind Werte über 20 °KMW nicht mehr aufgelöst. Die Regression zwischen Temperatursumme und Mostgewicht erfolgte in einem Wertebereich von 13 bis 19 °KMW und gilt daher streng genommen nur in diesem Bereich. Werte von 20 °KMW und mehr Kennzeichnen daher Gebiete, wo nicht die ganze Temperatursumme des Jahres benötigt wird um eine ausreichenden Zuckergehalt zu erreichen und früher mit der Lese begonnen werden kann.

Generell kann gesagt werden, dass im Mittel in den Jahren 1984 bis 2003 die thermischen und Strahlungsbedingungen im Raume Retz sehr gut geeignet für den Weinbau waren. Hier wirkt sich der Temperaturanstieg seit dem Zeitraum 1961-1990 positiv aus. Im extrem kühlen Jahr 1984 hingegen wurde es in einigen Rieden schon kritisch, wohingegen im Jahre 2003 Weinbau sogar im Waldviertel möglich gewesen wäre.

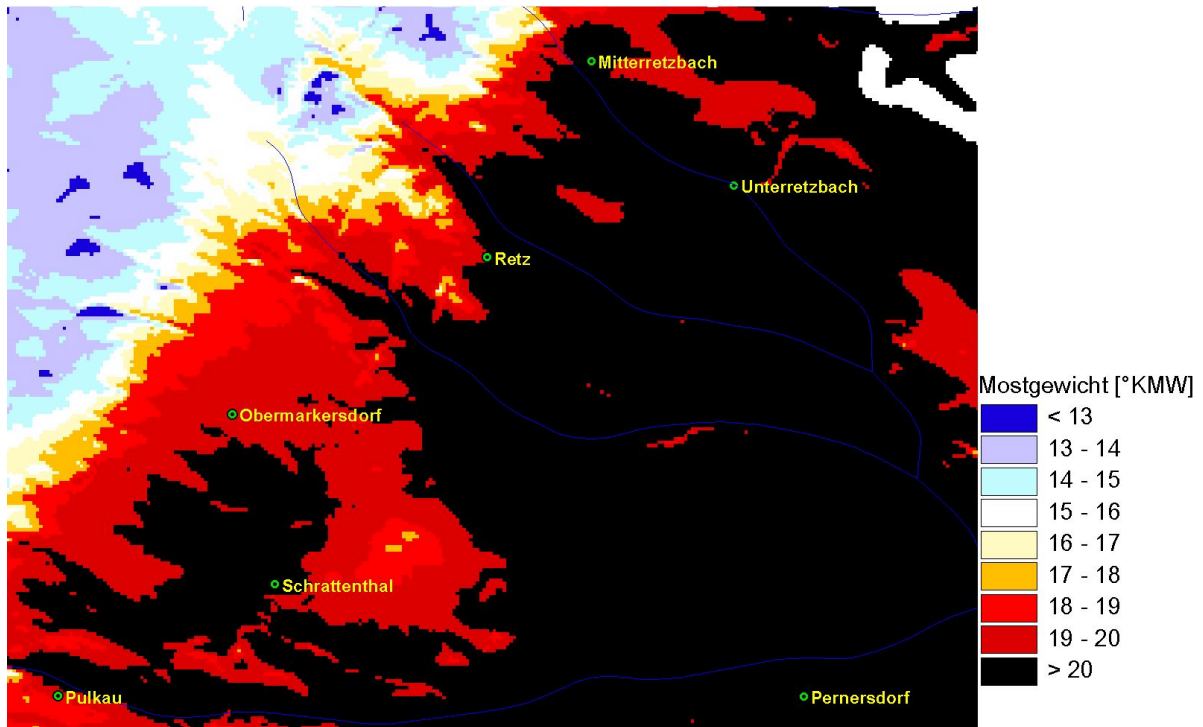


Abbildung 4-8: Mittleres potenzielles Mostgewicht im Raum Retz für die Jahre 1984 bis 2003.

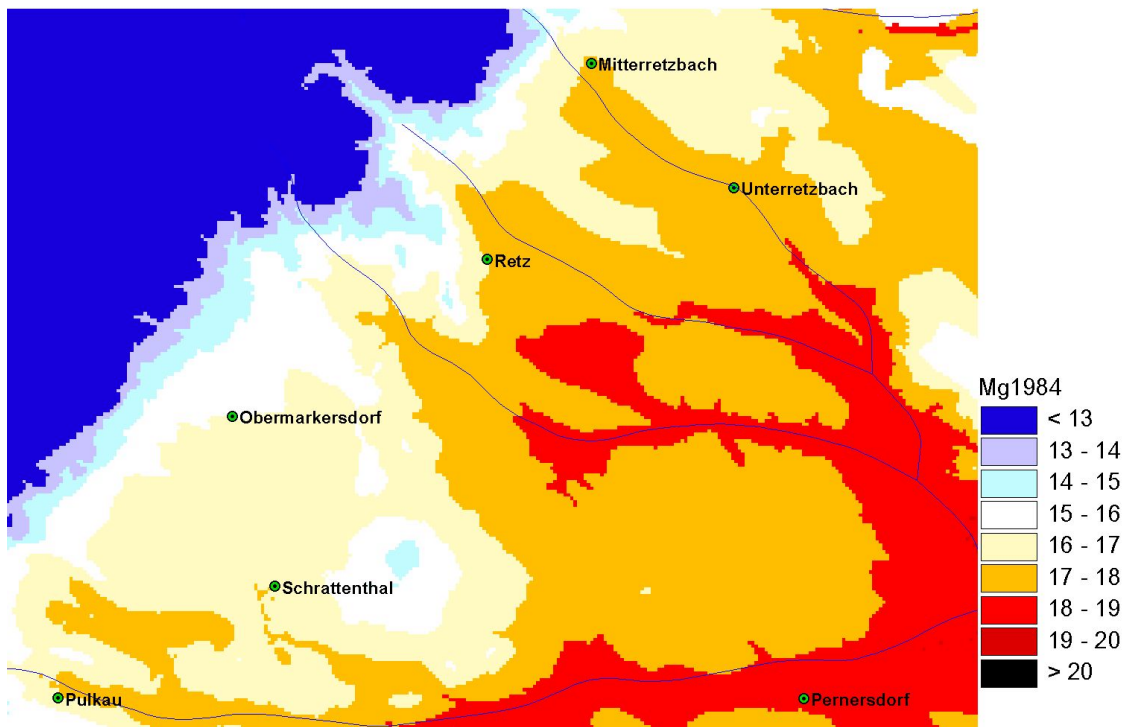


Abbildung 4-9: Potenzielles Mostgewicht im Raum Retz für die Jahr 1984 .

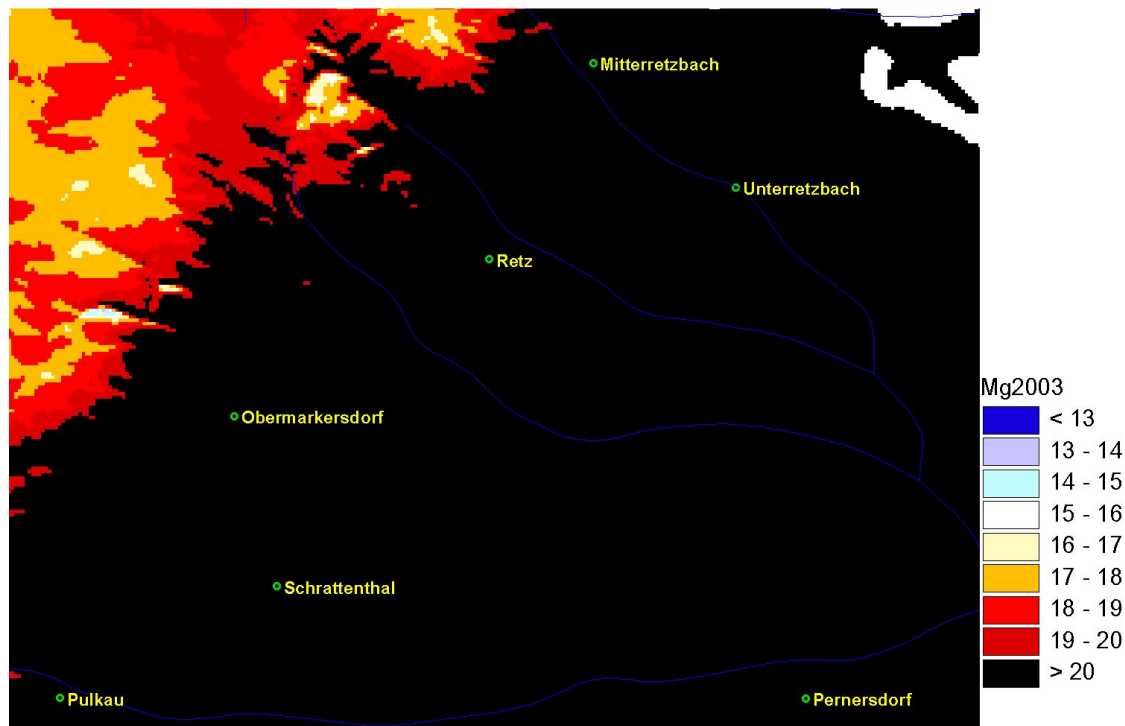


Abbildung 4-10: Potenzielles Mostgewicht im Raum Retz für die Jahr 2003.

4.5. Problem Frost

Die mittels Interpolation gewonnenen Karten der Temperatursumme und des Mostgewichtes implizieren umso günstigere Bedingungen für den Weinbau je tiefer eine Fläche liegt. Dies ergibt sich aus den verwendeten Seehöhenabhängigkeiten. Diese wurden jedoch nur für den Zeitraum April bis September berechnet und die Minimumtemperatur wurde nicht berücksichtigt. Der limitierende Faktor für den Weinbau im Flachland um Retz ist jedoch nicht die während der Vegetationsperiode akkumulierte Temperatursumme, sondern die Frostgefahr. Sowohl Starkfröste im Winter als auch Spätfröste während des Austriebs können zu Schwierigkeiten führen. Die räumliche Ausweisung von frostgefährdeten Gebieten nur anhand meteorologische Daten ist nahezu unmöglich, da die Windverteilung unter Schwachwindsituationen und die Nebelbildung wesentliche Faktoren sind. Diese Ausweisung kann daher nur qualitativ erfolgen. So sind das Flachland und hier speziell Beckenlagen besonders frostgefährdet, da diese meist windschwach sind und da sich hier die abfließende Kaltluft der umliegenden Hügel sammelt. In einer Kartierung von Starkfrostschäden des Winters 1997 konnte Volopich (1998) zeigen, dass im Raume Retz nur Gebiete bis zu einer Seehöhe von rund 250 m mit 100 % Frostschäden betroffen waren. In einer Auswertung der Station Windmühle und Retz-Stadt (Abb. 4-11) ergibt sich ein Frostrisiko für die Station im Flachland in der Zeit vom 20. April bis zum 10. Mai von rund 67 % also 2 mal in 3 Jahren. Für die Station Windmühle, etwa 60 m über dem Tal, hingegen nur rund 18 %. Da jedoch die Station Retz Stadt nur von 1984 bis 1995 und Retz Windmühle nur von 1995 bis heute Daten lieferte, können diese Wahrscheinlichkeiten nicht direkt verwendet werden, da es in diesem Zeitraum auch einen deutlichen Erwärmungstrend gab. Grob kann man jedoch abschätzen, dass das Spätfrostrisiko im Talbereich etwa doppelt so hoch ist wie an den darüber liegenden Hängen.

Wahrscheinlichkeit für Frost während des Weinaustriebes

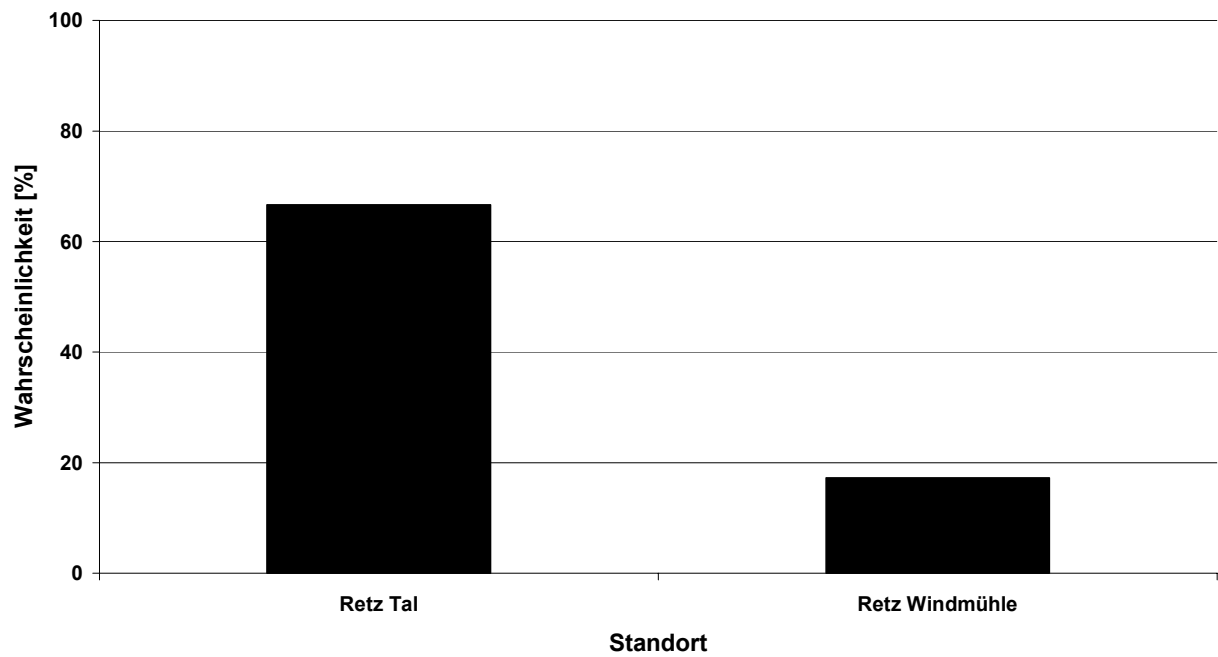


Abbildung 4-11: Frostrisiko im Raum Retz im Talbereich und ~ 60 m über dem Tal für den Zeitraum 20. April bis 10. Mai.

5. Schlussfolgerungen und Ausblick

Mit dem Temperatursummenverfahren nach Harlfinger konnte ein zuverlässiger Indikator für die topoklimatischen Bedingungen für den Weinbau zur Verfügung gestellt werden. Mittels Regressionsmodellen kann die jährliche Variabilität von Zucker- und Säuregehaltes reproduziert und sogar der Reifeprozess innerhalb des Jahres nachvollzogen werden. Dieser starke Zusammenhang zwischen Temperatursumme und Reifeprozess lässt vermuten, dass auch andere phänologische Stadien der Weinentwicklung, wie Austrieb und Blühbeginn, gut mit Temperatursummenansätzen nachmodelliert werden können.

Dieses Verfahren ist auch gut für die räumliche Interpolation geeignet, da die Temperatursumme eine starke Höhenabhängigkeit besitzt und die Globalstrahlung ein bestimmender Faktor ist. Die Interpolationsmethode ist auch auf andere österreichische Weinbaugebiete übertragbar. Notwendig hierfür sind jedoch zeitlich aufgelöste Informationen über die Mostqualität, wie sie etwa vom REBPROG-Programm geliefert werden. Weiters benötigt man Informationen über die vertikalen Temperaturgradienten innerhalb des Weinbaugebietes. Diese Messungen müssen mit hochwertigen meteorologischen Stationen gemessen werden, da speziell das Temperaturmaximum extrem empfindlich auf Strahlungsfehler reagiert. Hierzu sollten in erster Linie Stationen der ZAMG verwendet werden. Sind keine oder nur eine solche Station zur Verfügung, sollte zumindest während einer Vegetationsperiode eine Messung durchgeführt werden. Die Berechnung des Strahlungseinflusses kann mittels des Strahlungsmodells „Solar Analyst“ und einem hochaufgelösten digitalen Höhenmodell mit hinreichender Genauigkeit berechnet werden.

6. Literatur

Harlfinger O. und G. Knees (1999): Klimahandbuch der österreichischen Bodenschätzung. 1. Teil. Universitätsverlag Wagner. 196 pp.

Harlfinger O. und H. Formayer (2004): The mesoclimatic conditions for viticulture in Austria. Vortrag O.I.V. Congress, Vienna.

Pinde Fu and Paul M. Rich (2004): Design and Implementation of the Solar Analyst: an ArcView Extension for Modeling Solar Radiation at Landscape Scales. <http://gis.esri.com/library/userconf/proc99/proceed/papers/pap867/p867.htm>

REBPROG (2004): <http://www.hblawo.bmlf.gv.at/dienstleistungen/reifeverlauf2001-2003.htm>

Volopich R. (1998): Anwendung eines GIS zur ökologischen Charakterisierung von Weinbau-standorten im Retzer Weinbaugebiet. Diplomarbeit an der Grund-und Integrativwissenschaftlichen Fakultät, Universität Wien 172 pp.