

Die geländeklimatische Standortbewertung von Weinbauflächen in Südtirol

Topoclimatic suitability assessment of winegrowing areas in South Tyrol

La valutazione topoclimatica delle aree viticole in Alto Adige

Simon Tscholl¹, Erich Tasser¹, Barbara Raifer², Arno Schmid², Franz Moser³, Hermann Katz³, Erwin Gartner⁴, Siegfried Quendler⁴, Lukas Vonmetz¹, Lukas Egarter Vigl¹

¹ Eurac Research

² Versuchszentrum Laimburg

³ Joanneum Research

⁴ Obst- und Weinbauzentrum der LK Kärnten

CITE ARTICLE AS

Tscholl Simon, Tasser Erich, Raifer Barbara et.al. (2019). Topoclimatic suitability assessment of winegrowing areas in South Tyrol. Laimburg Journal 1/2019

CORRESPONDING AUTHOR

Lukas Egarter Vigl
Drususallee 1, 39100 Bozen, Italy
lukas.egarter@eurac.edu
+390471055303

KEYWORDS

climate, viticulture, GDD, Pinot noir, interpolation, Interreg Project REBECKA

HINTERGRUND UND ZIELSETZUNG

Die Ausweisung neuer Parzellen für den Weinbau ist nicht nur in Südtirol ein kontrovers diskutiertes Thema. Zum einen ist die Rebe derzeit eine lukrative Kulturpflanze und das Interesse an Neupflanzungen dementsprechend groß. Zum anderen stellt die Pflanze aber auch sehr hohe Anforderungen an den Standort. Schon lange gibt es deshalb Versuche, mithilfe naturwissenschaftlicher Methoden zu bestimmen, welche Gebiete sich am besten für den Weinbau eignen. Anfang der 1940er Jahre begannen amerikanische Wissenschaftler, die klimatischen Anforderungen der Rebe zu beschreiben und verschiedene Klimazonen zu unterscheiden [1]. Darauf aufbauend wurden im Laufe der Jahre weltweit eine Vielzahl klimabasierter Indikatoren zur Charakterisierung unterschiedlicher Weinregionen entwickelt.

Der vorliegende Bericht stellt einen Ansatz zur Abgrenzung von Weinbauzonen anhand objektiver Kriterien vor. Gerade das Weinland Südtirol ist topographisch sehr vielseitig, und so finden sich auf engstem Raum Flächen mit unterschiedlicher Höhenstufe, Ausrichtung und Neigung und damit auch mit unterschiedlichen klimatischen Bedingungen, welche nicht alle zur Produktion von Qualitätswein geeignet sind. Darüber hinaus ist die jährlich verfügbare Fläche für Neupflanzungen gering: Laut EU-Vorgaben darf sie nicht mehr als 1% der bereits bestockten Flächen betragen - in Südtirol sind das derzeit etwa 55 ha pro Jahr. Nur die geeignetsten Flächen als neue Rebstandorte auszuweisen ist also entscheidend, um den hohen Qualitätsstandard im Südtiroler Weinbau zu erhalten. Deshalb

wurde ein Verfahren entwickelt, welches eine Abgrenzung von weinbauwürdigen Flächen ermöglicht und so dabei helfen kann, geeignete Flächen zu identifizieren. Gerade vor dem Hintergrund des Klimawandels, der zu zunehmend warmen und trockenen Bedingungen für die Reben führt, gilt es langfristige Maßnahmen zu ergreifen [2].

KLIMAFAKTOREN

Kaum eine andere Kulturpflanze reagiert auf klimatische Änderungen so empfindlich wie die Weinrebe. Um hochwertige Trauben auszubilden, braucht sie vor allem die richtige Temperatur und genügend Licht; beide Faktoren sind stark von der Topographie beeinflusst. Die Temperatur hängt maßgeblich von der Meereshöhe ab. Darüber hinaus wirkt sich auch die Menge einfallender Sonneneinstrahlung auf die Temperatur aus, wodurch sich je nach Neigung und Ausrichtung des Geländes, Abschattung durch umgebende Landschaftselemente und Bewölkungsgrad, kleinräumige klimatische Unterschiede, so wie erhöhte Temperaturen auf südexponierten Flächen, ergeben. In Südtirol können dadurch auf engstem Raum viele verschiedene Rebsorten angebaut und Weine mit unterschiedlichen Merkmalen produziert werden (Abb. 1).

Sowohl die Traubenqualität als auch der Ertrag der Weinreben sind maßgeblich vom Klima beeinflusst und hängen von komplexen Interaktionen zwischen Temperatur, Wasserverfügbarkeit, Pflanzmaterial und Anbautechnik ab [3]. Bei wärmeren Temperaturen entwickeln die Pflanzen sich zum Beispiel schneller, allerdings steigt mit

dem frühzeitigen Austrieb auch das Risiko von Schäden durch Spätfrost [4]. Die Temperatur hat darüber hinaus entscheidenden Einfluss auf die Qualität des Weines und das Verhältnis der Traubeninhaltsstoffe (wie Zucker und Aromen). Zu warme Bedingungen während der Reifephase führen beispielsweise zu einem überhöhten Alkoholgehalt und einem Abfall der Säurewerte [3]. Dies zeigt sich auch durch teils deutliche Unterschiede in der Traubenzusammensetzung verschiedener Jahrgänge. In Abbildung 2 ist der Zuckergehalt der Blauburgunderanlieferungen der Kellereien Tramin, Kurtatsch and Nals für die Periode 1997-2016 dargestellt. Die ungewöhnlich schlechte Witterung 2014 spiegelt sich zum Beispiel in einem vergleichsweise niedrigen Gehalt an Zucker. Im Gegensatz dazu stellt das Jahr 2016, mit einem mittleren Zuckergehalt von über 21 °KMW (Klosterneuburger Mostwaage), ein überdurchschnittlich gutes Jahr dar.

Die Temperatur bestimmt zusammen mit der Niederschlagsmenge auch die Wasserverfügbarkeit, da unter wärmeren Bedingungen mehr Wasser verdunstet. Trockenheit kann sich dabei positiv auf die Weinqualität auswirken, vor allem bei Rotweinen, denn bei mildem Wasserstress bilden sich komplexere Aromen; bei zu großem Wasserstress leidet allerdings sowohl die Qualität als auch der Ertrag [5]. Bei längeren Hitzeperioden muss deshalb künstlich bewässert werden, was die entsprechende Infrastruktur voraussetzt.

Angesichts dieser deutlichen klimatischen Einflüsse ist es essentiell, Pflanzenmaterial und Anbautechnik an die vorherrschenden Bedingungen anzupassen – und an die sich jetzt schon deutlich abzeichnenden Veränderungen im Zuge des Klimawandels.

In Südtirol hat sich zum Beispiel die mittlere Jahrestemperatur zwischen 1920 und 2018 um 1,9 °C erhöht, ein wesentlich stärkerer Anstieg als im globalen Mittel (0,89 °C) [6]. Damit dehnen sich die für Weinbau geeigneten Gebiete in höhere Lagen aus, und in den bestehenden Anbaugebieten verändern sich Rebsortenspektrum und Weincharakteristik. Die Ausbreitung in höhere Lagen ist an den Rebplantagen der letzten Jahre gut erkennbar (Abb. 3). 2017 und 2018 wurden deutlich über 50% der Neuanpflanzungen über 500 m ü. NN getätigt. 2018 lagen 12% der Neuanpflanzungen sogar in einer Höhe von über 800 m ü. NN. Auch im Zuckergehalt der angelieferten Trauben ist im langjährigen Trend eine Veränderung festzustellen: Er hat seit 1997 deutlich zugenommen (Abb. 2).

DAS BEWERTUNGSMODELL

Grundlage des Bewertungsmodells ist die verbreitete Methode, die Anbauwürdigkeit von Rebsorten mit Hilfe von Wärmesummen zu bestimmen (d.h. anhand der Ansammlung thermischer Energie über einen definierten Zeitraum): Jede Rebsorte benötigt eine bestimmte Wärmesumme, um in einem Gebiet auf Dauer erfolgreich angebaut werden zu können. Für das hier beschriebene Bewertungsmodell wird ein Wärmesummenindex vom 1. April bis zum 31. Oktober jedes Jahres berechnet und anschließend über den Bezugszeitraum 2001-2019 gemittelt. Anhand topographischer und klimatischer Kriterien wird die Wärmesumme für jeden Punkt in ganz Südtirol bestimmt (Abb. 4). Das Modell identifiziert jene Gebiete, in denen Qualitätsweinbau betrieben werden kann, und teilt sie nach den klimatischen Bedingungen in sieben Klassen ein. In Südtirol sind fünf davon zu finden (zu kalt, sehr kühl, kühl, gemäßigt und warm) (Tab. 1). Die räumliche Verteilung der verschiedenen Klassen ist am Beispiel der Gebiete Unterland (Abb. 4A), Meran (Abb. 4B) und Eisacktal (Abb. 4C) detailliert dargestellt - die für den Weinbau ungeeigneten

Flächen sind in einem dunklen Blau dargestellt. Das Gebiet im Eisacktal zeichnet sich durch sehr kühle und kühlere Lagen aus, während das Gebiet um Meran vor allem von kühlen und gemäßigten Lagen geprägt ist. Die Parzellen in der Nähe des Kalterer Sees und um Bozen sind überwiegend dem gemäßigten Bereich zuzuordnen, einzelne Parzellen in besonders günstigen Lagen können jedoch auch in die Kategorie „warm“ fallen.

Auf ähnliche Weise werden Weinbaugebiete weltweit anhand klimatischer und topographischer Kriterien eingeteilt [7], [8], [9], [10]; in der Praxis spielen für die Rebbauereignung allerdings auch andere Faktoren eine wichtige Rolle, die nicht alle in einem Modell berücksichtigt werden können. Dazu zählen unter anderem die Bodeneigenschaften, kleinräumige Wetterphänomene (Frost, Wind, Hagel), die Anbautechnik (Erziehungsform, Ausrichtung der Rebzeilen) oder der Anbau pilzwiderstandsfähiger Sorten, die teilweise andere Anforderungen an den Standort stellen. Eine zusätzliche Vor-Ort-Überprüfung einzelner Parzellen kann daher notwendig sein, um zu einer abschließenden Bewertung zu kommen.

BERECHNUNG DER WÄRMESUMME UND KARTENERSTELLUNG

Ausgangspunkt für die Berechnung der Wärmesumme sind die Gradtage (Growing Degree Days, GDD) der Vegetationsperiode (1. April bis 31. Oktober), die zu einer Gesamtwärmesumme addiert werden. Ein Gradtag ist definiert als Tagesmitteltemperatur minus die Basistemperatur – bei der Rebe 10 °C. Die Wärmesumme kann für jeden Punkt in ganz Südtirol bestimmt werden, indem man aus den Punktdaten der Wetterstationen tägliche Temperaturfelder mit einer Auflösung von 100 m erstellt und sie anschließend summiert. Für die Berechnung der Temperaturfelder wird eine nichtlineare, geostatistische Interpolationsmethode verwendet. Neben den Temperaturmessungen der Wetterstationen werden ein digitales Geländehöhenmodell, Informationen zum Längen- und Breitengrad und Satellitendaten zur Temperatur der Erdoberfläche in einem Modell zusammengefasst und im Anschluss die Temperatur für ganz Südtirol modelliert (Abb. 5) [11], [12]. Da die Temperaturschwankungen zwischen einzelnen Jahren erheblich sein können, werden zur Beschreibung der klimatischen Bedingungen in einer Region normalerweise langjährige Mittelwerte der Wärmesummen verwendet. Im vorliegenden Bewertungsmodell werden die Wärmesummen deshalb für jedes Jahr von 2001-2019 einzeln berechnet und anschließend über den gesamten Zeitraum gemittelt.

BERÜCKSICHTIGUNG TOPOGRAPHIEBEDINGTER TEMPERATURUNTERSCHIEDE

Im letzten Schritt werden noch topographiebedingte Temperaturunterschiede berücksichtigt, um so lokale Faktoren, wie Exposition und Hangneigung, in die Bewertung einzubeziehen. Dadurch kann die Abschätzung der Wärmesumme verbessert und die Auflösung des Bewertungsmodells auf 25 m verfeinert werden.

Als Grundlage dient die modellierte Solarstrahlung über die gesamte Vegetationsperiode (Abb. 6A) [13]. Diese hängt unter anderem von der Neigung und Ausrichtung einer Fläche, vom Sonnenstand und der Abschattung durch umliegendes Gelände ab. Darüber hinaus wird auch der langjährige mittlere Bewölkungsgrad berücksichtigt, der zwischen einzelnen Landesteilen sehr unterschiedlich sein kann

(Abb. 6B). Er wurde für jedes Gebiet mit Hilfe einer 15-jährigen Zeitreihe aus Satellitendaten bestimmt [14].

Für Flächen mit einer überdurchschnittlich hohen Strahlungssumme, etwa an südexponierten Hängen, erhöht sich durch Berücksichtigung dieser Faktoren die Wärmesumme. Für schattige oder stark bewölkte Gebiete verringert sie sich. Das Wärmesummenmodell zeigt für jeden Punkt in Südtirol die mittlere Wärmesumme im Zeitraum 2001-2019 mit einer Auflösung von 25 x 25 m (Abb. 4).

KRITERIEN DER STANDORTEIGNUNG

Welche Wärmesumme ist nun aber erforderlich, um Qualitätsweinbau zu betreiben? Um dies zu bestimmen, wurde der Zuckergehalt als Qualitätsindikator verwendet, da er ein wichtiger Faktor zur Abschätzung des zu erwartenden Alkoholgehaltes ist. Anhand historischer Aufzeichnungen zum Zuckergehalt der in den Kellereigenenschaften Tramin, Kurtatsch und Nals angelieferten Trauben, sowie mittels Analysen aus 25 Versuchsflächen in ganz Südtirol, konnte die Minimalanforderung zur Produktion von Qualitätswein bestimmt werden. Als Modellsorte diente die Sorte Blauburgunder, die in Südtirol über sämtliche Höhenstufen hinweg angebaut wird und die Vielfalt des Anbaugebiets bestens widerspiegelt.

Auf Basis der Fachliteratur [3], [7], [15], und bestätigt durch die historischen Ernteaufzeichnungen der Kellereien (Abb. 2), wurde als Richtwert für die Produktion von Qualitätswein ein minimaler Zuckergehalt von 18 °KMW angenommen. Auf Flächen, die vom Wärmesummenmodell als geeignet ausgewiesen werden, muss es demnach möglich sein, im langjährigen Mittel (2001-2019) diesen Zuckergehalt zu erreichen. Welche spezifische Wärmesumme dafür benötigt wird, ist in Abbildung 7 dargestellt. Für alle Versuchsflächen in Grenzlagen (> 800 m ü. NN) wurde die Wärmesumme bis zu jenem Tag berechnet, an dem die Beerenproben einen Zuckergehalt von 18 °KMW erreichen. Im Mittel benötigen die Flächen eine Wärmesumme von 1100 GDD zum Erreichen des angestrebten Zuckergehaltes. Ein Standort, der im langjährigen klimatologischen Mittel (2001-2019) diese thermische Minimalanforderung erreicht, wird im Bewertungsmodell deshalb als geeignet ausgewiesen.

KLIMAAFORDERUNG VERSCHIEDENER WEIN-SORTEN

Mithilfe der räumlichen Information aus dem Wärmesummenmodell können die klimatischen Bedingungen, unter denen verschie-

dene Sorten in Südtirol angebaut werden, miteinander verglichen werden. Für jede Weinparzelle in Südtirol (insgesamt etwa 26600) wurde dafür die mittlere Wärmesumme von 2001–2019 bestimmt und anschließend nach Rebsorte gruppiert (Abb. 8). Man erkennt klare Unterschiede zwischen den einzelnen Rebsorten, was auf unterschiedliche Anforderungen an das Klima hinweist. Frühreife Sorten, wie beispielsweise *Kerner*, *Zweigelt* und *Müller-Thurgau*, werden hauptsächlich unter vergleichsweise kühlen Bedingungen angebaut, während Rebsorten wie *Merlot*, *Cabernet Sauvignon* oder *Lagrein* ein warmes Klima bevorzugen. Für jede Sorte kann eine definierte Weinqualität nur in einem begrenzten Klimabereich erzielt werden, der durch die Breite der Balken dargestellt wird. Je enger diese Balken ausfallen, desto spezifischer die Anforderungen der Sorte an den Wuchsstandort. Werden Rebsorten außerhalb ihres bevorzugten Bereichs angebaut, können vermehrt unerwünschte Merkmale in der Traubenzusammensetzung und in der Weincharakteristik auftreten [16].

AUSBLICK

Das hier vorgestellte und an die Südtiroler Gegebenheiten angepasste Wärmesummenmodell beruht auf den klimatischen Bedingungen der vergangenen 20 Jahre. Es wurde als dynamisches Bewertungsverfahren konzipiert und erfasst die objektiv bewertbaren Parameter (Temperatur, Strahlung und Topographie). Die Autoren hoffen dadurch eine Entscheidungshilfe für die Neuausweisung von Weinbauflächen geschaffen zu haben, die auch den zukünftigen naturräumlichen Veränderungen Rechnung trägt, und die klimatische Situation zu jedem Zeitpunkt mit angemessener Genauigkeit abbilden zu können.

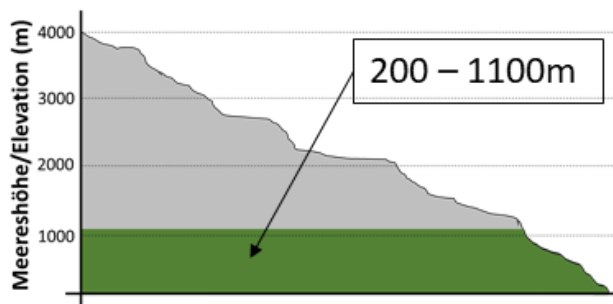
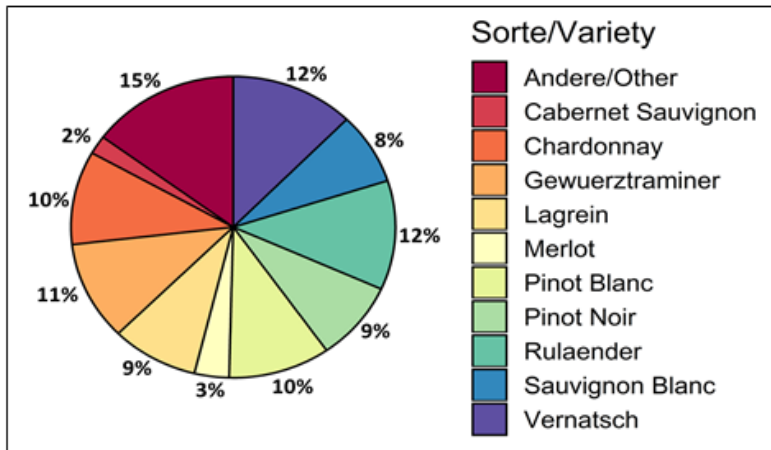
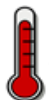
DANKSAGUNG

Die hier vorgestellten Ergebnisse wurden im Rahmen des grenzüberschreitenden INTERREG-Projekts „REBECKA“ (ITAT1002) (gefördert durch den Europäischen Fonds für regionale Entwicklung und Interreg V-A Italien-Österreich 2014-2020) erzielt. Für die Erhebung und Auswertung der Daten aus den insgesamt 40 Versuchsflächen waren das Versuchszentrum Laimburg (I) und das Zentrum für Obst- und Weinbau der Landwirtschaftskammer Kärnten (A) verantwortlich. Die statistische Auswertung der historischen Erntedaten führte JO-ANNEUM RESEARCH (A) durch, das abschließende Bewertungsmodell wurde von Eurac Research (I) entwickelt und umgesetzt.

LITERATUR

- [1] Amerine M.A., Winkler A.J. (1944). Composition and Quality of Musts and Wines of California Grapes. *Hilgardia* 15 (6), 493-675, DOI: [10.3733/hilg.v15n06p493](https://doi.org/10.3733/hilg.v15n06p493).
- [2] Neethling E., Barbeau G., Coulon-Leroy C. et al. (2019). Spatial complexity and temporal dynamics in viticulture. A review of climate-driven scales. *Agricultural and Forest Meteorology* 276-277, 107618, DOI: [10.1016/j.agrformet.2019.107618](https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2019.107618).
- [3] van Leeuwen C., Destrac-Irvine A., Dubernet M. et al. (2019). An Update on the Impact of Climate Change in Viticulture and Potential Adaptations. *Agronomy* 9 (9), 514, DOI: [10.3390/agronomy9090514](https://doi.org/10.3390/agronomy9090514).
- [4] Sgubin G., Swingedouw D., Dayon G. et al. (2018). The risk of tardive frost damage in French vineyards in a changing climate. *Agricultural and Forest Meteorology* 250-251, 226-242, DOI: [10.1016/j.agrformet.2017.12.253](https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2017.12.253).
- [5] van Leeuwen C., Roby J.P., De Rességuier L. (2018). Soil-related terroir factors. A review. *Oeno One* 52 (2), 173-188, DOI: [10.20870/oeno-one.2018.52.2.2208](https://doi.org/10.20870/oeno-one.2018.52.2.2208).
- [6] Intergovernmental Panel on Climate Change IPCC. (2014). Climate Change 2013. Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Geneva, Switzerland, p. 151, DOI: [10.1017/CBO9781107415324](https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324).
- [7] Bois B., Joly D., Quénot H. et al. (2018). Temperature-based zoning of the Bordeaux wine region. *Oeno One* 52 (4), 291-306, DOI: [10.20870/oeno-one.2018.52.4.1580](https://doi.org/10.20870/oeno-one.2018.52.4.1580).
- [8] Hall A., Jones G.V. (2010). Spatial analysis of climate in winegrape-growing regions in Australia. *Australian Journal of Grape and Wine Research* 16 (3), 389-404, DOI: [10.1111/j.1755-0238.2010.00100.x](https://doi.org/10.1111/j.1755-0238.2010.00100.x).
- [9] Jones G.V., Duff A.A., Hall A. et al. (2010). Spatial analysis of climate in winegrape growing regions in the western United States. *American Journal of Enology and Viticulture* 61 (3), pp. 313-326. Retrieved November 06, 2019, from <https://www.ajevonline.org/content/61/3/313.abstract>.
- [10] Anderson J.D., Jones G.V., Tait A. et al. (2012). Analysis of viticulture region climate structure and suitability in New Zealand. *Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin* 46 (3), 149-165, DOI: [10.20870/oeno-one.2012.46.3.1515](https://doi.org/10.20870/oeno-one.2012.46.3.1515).
- [11] Stewart S.B., Nitschke C.R. (2017). Improving temperature interpolation using MODIS LST and local topography. A comparison of methods in south east Australia. *International Journal of Climatology* 37 (7), 3098-3110, DOI: [10.1002/joc.4902](https://doi.org/10.1002/joc.4902).
- [12] Zhang H., Zhang F., Ye M. et al. (2016). Estimating daily air temperatures over the Tibetan Plateau by dynamically integrating MODIS LST data. *Journal of Geophysical Research* 121 (19), 11425-11441, DOI: [10.1002/2016JD025154](https://doi.org/10.1002/2016JD025154).
- [13] Fu P., Rich P. (1999). Design and implementation of the Solar Analyst. An Arcview extension for modeling solar radiation at landscape scales. Retrieved November 06, 2019, from <http://proceedings.esri.com/library/userconf/proc99/proceed/papers/pap867/p867.htm>.
- [14] Wilson A.M., Jetz W. (2016). Remotely Sensed High-Resolution Global Cloud Dynamics for Predicting Ecosystem and Biodiversity Distributions. *PLoS Biology* 14 (3), e1002415, DOI: [10.1371/journal.pbio.1002415](https://doi.org/10.1371/journal.pbio.1002415).
- [15] Jarvis C., Darbyshire R., Eckard R. et al. (2018). Influence of El Niño-Southern Oscillation and the Indian Ocean Dipole on winegrape maturity in Australia. *Agricultural and Forest Meteorology* 248, pp. 502-510. DOI: [10.1016/j.agrformet.2017.10.021](https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2017.10.021).
- [16] Drappier J., Thibon C., Rabot A. et al. (2017). Relationship between wine composition and temperature. Impact on Bordeaux wine typicity in the context of global warming - Review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 59 (1), 14-30, DOI: [10.1080/10408398.2017.1355776](https://doi.org/10.1080/10408398.2017.1355776).

ANHANG 1: ABBILDUNGEN

Weinbau in Südtirol/Viticulture in South TyrolAnbaufläche/Total Area: **5500 ha**Nr. Weinparzellen/No. Vineyards: **26620****Weiß/White (60%)****Rot/Red (40%)****Klima/Climate: 2001 – 2018**

3 – 13°C



500 – 1100mm

Abb. 1: Allgemeine Informationen zum Südtiroler Weinbau mit prozentuellem Anteil der einzelnen Sorten an der Gesamtweingebäudefläche und mittlere Klimawerte für den Bezugszeitraum 2001-2019. // General information about viticulture in South Tyrol with share of the area that is covered by single varieties in percent and climatic variables for the period 2001-2019.

Quelle: Land- und Forstwirtschaftliches Informationssystem (LAFIS) und Hydrographisches Amt der Provinz Bozen. // Source: Land- und Forstwirtschaftliches Informationssystem (LAFIS) and Hydrographic Department of the Province Bozen.

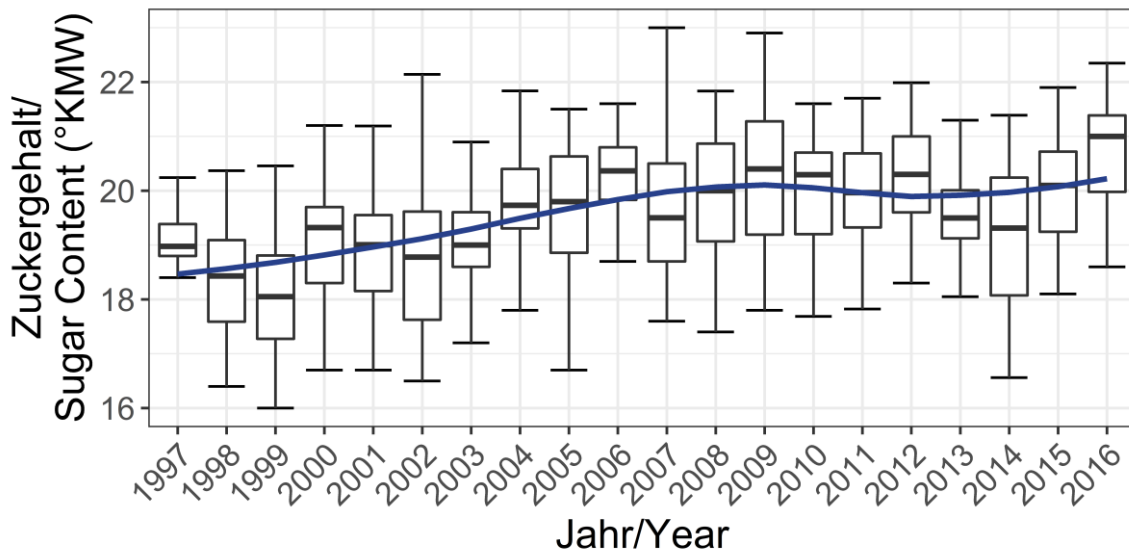


Abb. 2: Entwicklung des Zuckergehalts für alle Anlieferungen der Sorte Blauburgunder in den drei Kellereien Kurtatsch, Tramin und Nals von 1997 bis 2016. Die blaue Linie zeigt den langjährigen Trend. // Sugar content for all deliveries of Pinot noir grapes in the wineries Kurtatsch, Tramin and Nals from 1997 to 2016. The blue line shows the long-term trend.

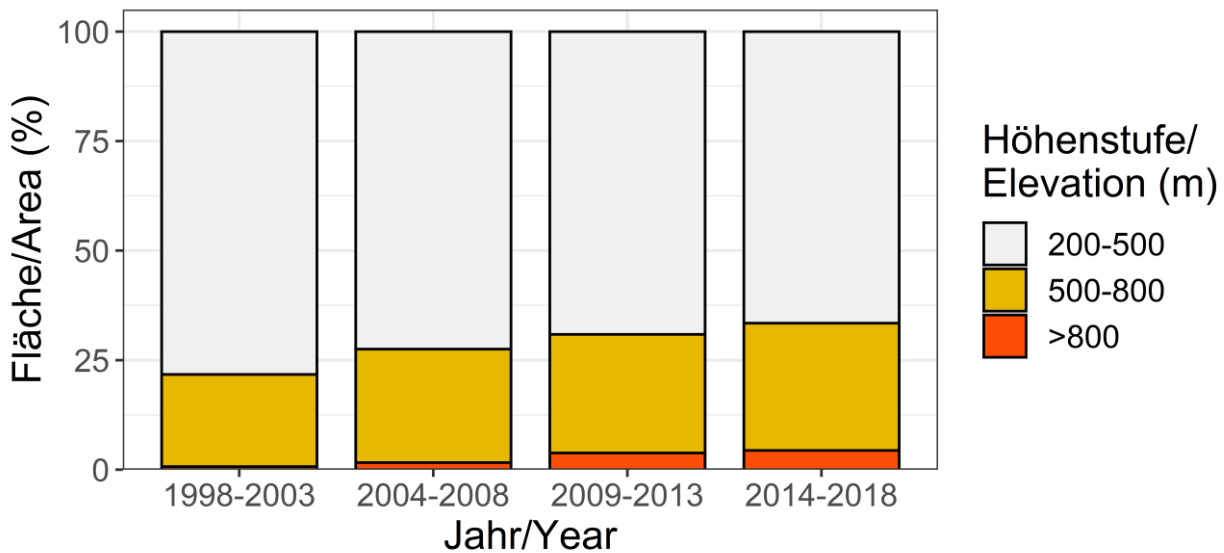


Abb. 3: Rebplantungen nach Höhenstufe und Zeitraum. Berücksichtigt sind sowohl Neubepflanzungen als auch der Austausch bestehender Anbauflächen. // Vineyard plantings per elevation range and time period. Both, newly established vineyards as well as planting of vines in previously established vineyards are included.

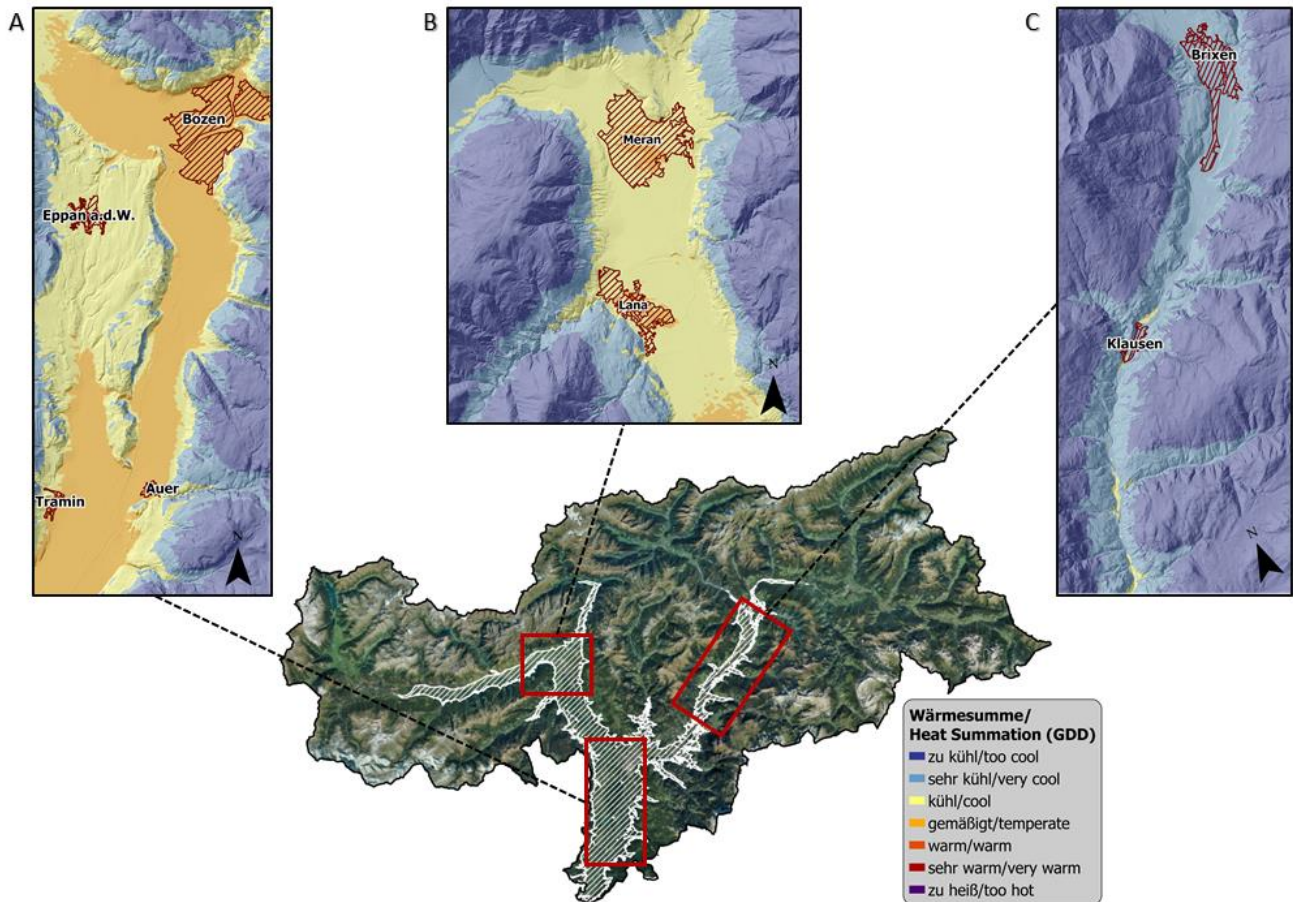


Abb. 4: Das Wärmesummenmodell für Südtirol im Überblick. Die weiß dargestellten Flächen eignen sich für Qualitätsweinbau. Drei Gebiete sind in detaillierter Form dargestellt (A Unterland, B Meran und C Eisacktal), die Farbeinteilung entspricht den Klassen in Tabelle 1. Die für den Weinbau ungeeigneten Flächen sind dunkelblau dargestellt. // The Heat Summation model for South Tyrol. The areas highlighted in white offer suitable conditions for high-quality wine production. Three regions are depicted in more detail (A Unterland, B Meran and C Eisacktal), the different colors correspond to the classification in table 1. Areas in dark blue are classified as not suitable for high-quality wine production.

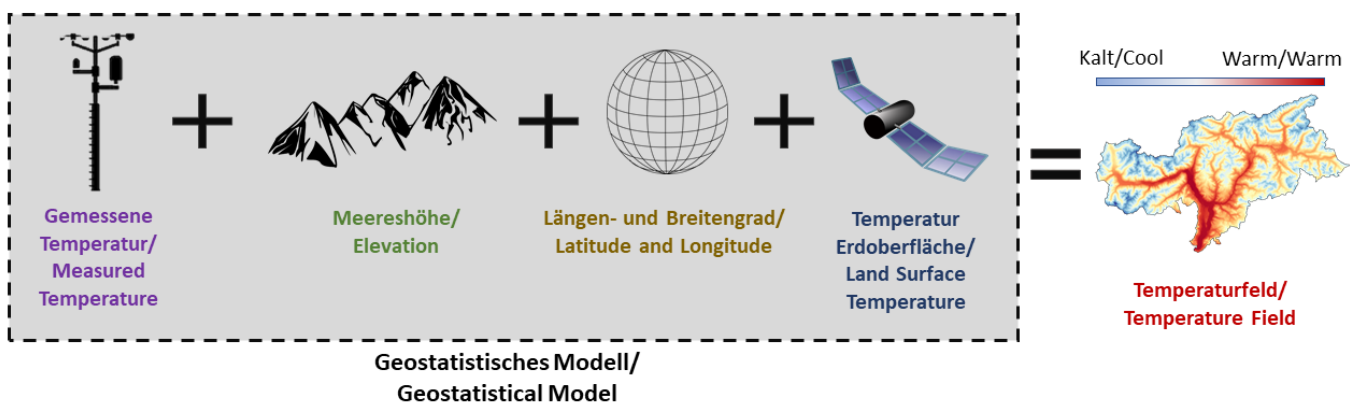


Abb. 5: Schematischer Überblick des Verfahrens zur Ableitung täglicher Temperaturfelder. Für jeden Punkt in Südtirol wird im Bezugszeitraum 2001-2019 ein statistischer Zusammenhang zwischen gemessener Temperatur und Meereshöhe, Breiten- und Längengrad, sowie indirekten Temperaturaufzeichnungen aus Satellitendaten abgeleitet und dadurch ein Schätzwert der Temperatur in einer Auflösung von 100 m bestimmt. // Schematic overview of the method to predict daily temperature fields. A statistical relationship between measured temperature and elevation, latitude, longitude as well as indirect temperature measurements from satellites was calculated and then used to estimate the temperature over whole South Tyrol at a resolution of 100 m.

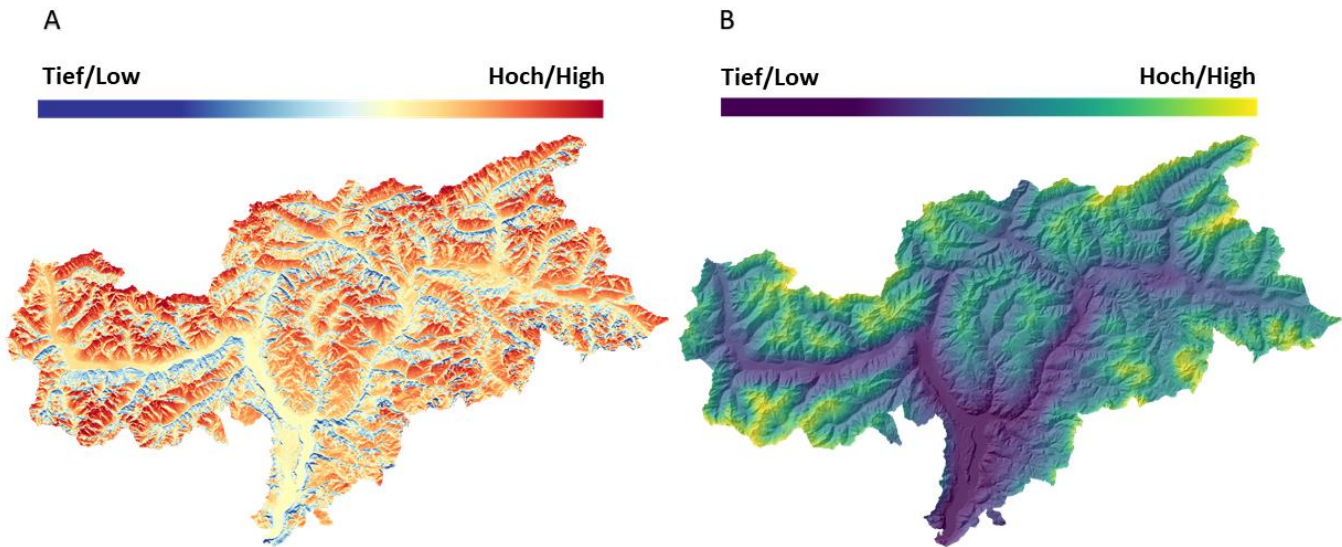


Abb. 6: A) Modellierte potentielle Globalstrahlung und B) langjähriger, mittlerer Bewölkungsgrad (abgeleitet aus Satellitendaten) für Südtirol. // A) Potential solar insolation and B) average cloud cover frequency over 15 years (calculated based on satellite measurements) for South Tyrol.

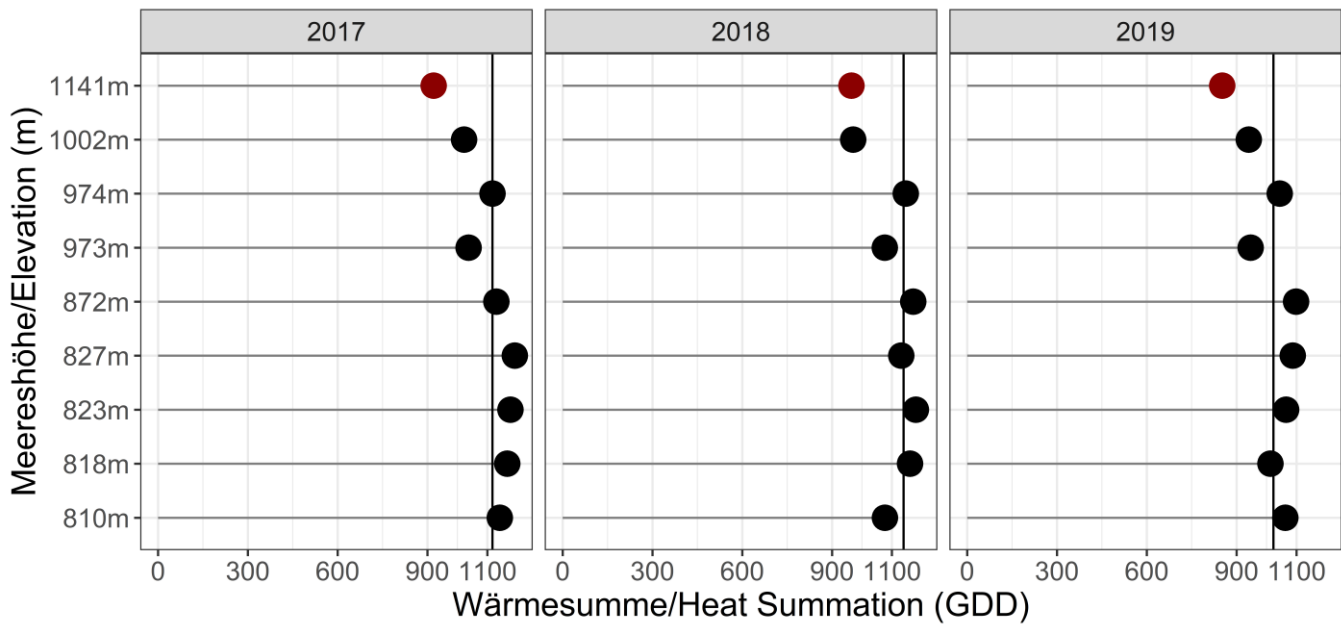


Abb. 7: Bis zum Erreichen von 18 °KMW akkumulierte Wärmesumme in neun Weinparzellen über 800 m Ü. NN. Die schwarze Linie stellt die mittlere Wärmesumme dar, die zum Erreichen der 18 °KMW benötigt wird. Die höchste Parzelle, in Rot dargestellt, erreichte nie die 18 °KMW. // Heat summation accumulated until the day when the grape samples from nine vineyard parcels above 800 m a.s.l. reached a sugar content of 18 °KMW. The vertical line shows the average heat summation required to reach 18 °KMW. The grapes from the highest parcel (red point) never reached the 18 °KMW.

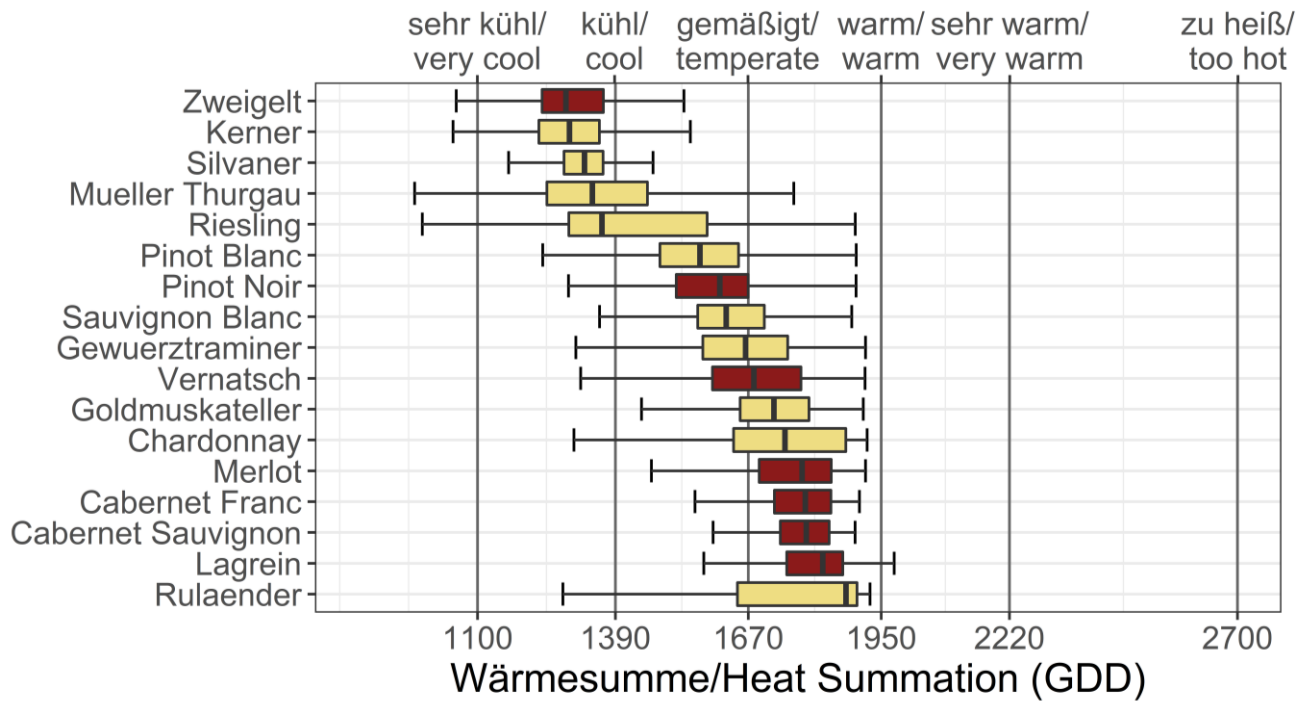


Abb. 8: Wärmesummenanforderungen der verschiedenen Sorten in Südtirol. Rotweinsorten sind in Rot und Weißweinsorten in Gelb dargestellt. Die Einteilung der Wärmesummen basiert auf der Klassifizierung nach Winkler [1]. // Heat requirements of the varieties cultivated in South Tyrol. Red varieties are depicted in red and white varieties in yellow. The classification is based on the Winkler Index [1].

ANHANG 2: TABELLEN

Tab. 1: Einteilung in Klimaklassen anhand der Wärmesumme, angelehnt an den Winkler Index [1]. Kühlere Klassen eignen sich vor allem für den Anbau von frühreifen Sorten, während in den wärmeren Klassen vor allem spätreife Sorten angebaut werden. // *Classification of Heat summation according to the Winkler Index [1]. Cooler classes are suitable for early ripening varieties while later ripening varieties are cultivated predominantly in warmer classes.*

Wärmesumme Heat Summation (GDD)	Klasse Category	Rebsorten Varieties
< 1100	zu kalt too cool	kein Anbau empfohlen no cultivation recommended
1100 - 1389	sehr kühl very cool	frühreife Sorten early-ripening varieties
1389 - 1667	kühl cool	
1667 - 1944	gemäßigt temperate	
1944 - 2222	warm warm	spätreife Sorten late-ripening varieties
2222 - 2700	sehr warm very warm	
> 2700	zu heiß too hot	kein Anbau empfohlen no cultivation recommended



Dieses Werk ist lizenziert unter einer [Creative Commons Namensnennung-Nicht kommerziell 4.0 International Lizenz](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/).
 Quest'opera è distribuita con [Licenza Creative Commons Attribuzione - Non commerciale 4.0 Internazionale](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/).
 This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/).

Für alle Abbildungen und Tabellen ohne Nennung des Urhebers gilt: © Versuchszentrum Laimburg.
 Per tutte le immagini e tabelle senza menzione dell'artefice vale: © Centro di Sperimentazione Laimburg.
 For all figures and tables without mention of the originator applies: © Laimburg Research Centre.