



Foto: Giorgio Skory, ACW

## Temperatortrends und Rebbau in der Schweiz

Im Rahmen des Klimawandels ändert sich auch die Rebbau-Eignung eines Standorts. Die vorliegende Analyse zeigt, dass die Erwärmung der letzten 30 Jahre in der Schweiz bereits eine markante Zunahme der Temperatureignung für Rebbau bewirkt hat. Steigende Trends im Mostgewicht deuten auf positive Effekte auf die Weinqualität hin. Besonders anspruchsvolle Sorten wie Merlot profitieren von steigenden Temperaturen. Ihr potenzielles Anbauggebiet hat sich vom Tessin in die Regionen Wallis, Genf und Basel ausgedehnt. Nutzniesser einer weiteren Erwärmung wären besonders kühlere Gebiete.

ANNELIE HOLZKÄMPER UND JÜRGEN FUHRER,  
AGROSCOPE RECKENHOLZ-TÄNIKON ART  
CHRISTOPH FREI, BUNDESAMT FÜR METEOROLOGIE UND  
KLIMATOLOGIE, METEOSCHWEIZ  
[annelie.holzkaemper@art.admin.ch](mailto:annelie.holzkaemper@art.admin.ch)

Es ist bekannt, dass sowohl die Temperatur als auch die damit verbundene Länge der Vegetationsperiode für die optimale Entwicklung von Zuckergehalt, Säure und Geschmack heranreifender Trauben von Bedeutung sind. Im Zusammenhang mit der projizierten Klimaerwärmung (CH2011, 2011) ist auch bei uns mit Folgen für den Rebbau zu rechnen. So ist es möglich, dass der Rebbau in der Schweiz – wie in den europäischen Nachbarländern – von steigenden Temperaturpotenzialen profitiert. Je nach Ausgangslage und lokalen Bedingungen wird die Entwicklung allerdings regional unterschiedlich sein.

Um herauszufinden, ob und wo sich die Temperaturpotenziale für den lokalen Rebbau über die letzten 30 Jahre verändert haben, berechneten wir die Rebbau-Eignung aufgrund des Wärmeangebots für die gesamte Schweiz basierend auf einem neuen, interpolierten Datensatz der Tagestemperaturen in einem Raster von etwa 2 km (MeteoSchweiz 2012). Aufgrund der hohen

Auflösung und wegen der Besonderheit der Interpolationsmethode, die auch die Ausbreitung von Kaltluftseen berücksichtigt, ist es möglich, räumlich differenzierte Aussagen über die Entwicklung der thermischen Eignung zu treffen.

### Temperaturbedingt günstige Klimlagen

Das übliche Mass für die temperaturabhängige Rebbau-Eignung ist der von Huglin eingeführte heliothermische Index (HI; Huglin 1978). Hierbei wird der Indexwert als Hälfte der täglichen mittleren und maximalen Temperaturen zwischen dem 1. April und dem 30. September berechnet und durch einen Tageslängenkoeffizienten korrigiert:

$$HI = \sum_{01.04}^{30.09} \frac{(T - T_b) + (T_x - T_b)}{2} d$$

T = mittlere tägl. Lufttemperatur, T<sub>x</sub> = maximale tägl. Lufttemperatur, T<sub>b</sub> = Basistemperatur (=10 °C) und d = Tageslängenkoeffizient in Abhängigkeit vom Breitengrad (d = 1.045 für die Schweiz).

**Tab. 1: Wärmeansprüche (HI-Werte) für in der Schweiz angebaute Rebsorten nach Huglin (1978).**

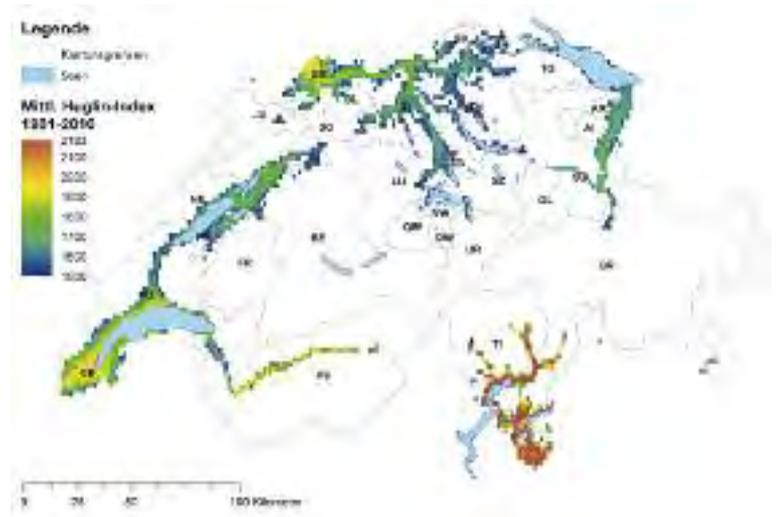
Rebsorte	Huglin-Index
Müller-Thurgau	1500
Chasselas	1600*
Gamay	1600
Gewürztraminer	1600
Pinot Gris	1600
Pinot Blanc	1600
Pinot Noir	1700
Chardonnay	1700
Silvaner	1700
Merlot	1900
Cabernet Sauvignon	1900

(\*ergänzt nach Maaß u. Schwab 2011)

Die Verteilung des mittleren Huglin-Index über den Zeitraum 1981 bis 2010 (Abb. 1) zeigt, dass das Tessin und die Westschweiz mit durchschnittlichen HI-Werten von > 2000 beziehungsweise > 1800 die grössten thermischen Potenziale und damit Möglichkeiten für den Anbau besonders anspruchsvoller Arten bieten (Tab. 1). In der Tat sind diese Regionen wichtige Schweizer Rebbaugelände mit 1055 ha Rebfläche im Tessin (vor allem Merlot) und 10 254 ha in den Kantonen Wallis, Waadt und Genf (vor allem Chasselas, Pinot noir und Gamay; Quelle: Bundesamt für Landwirtschaft, BLW). Im Mittelland, in den Kantonen Neuenburg, Freiburg und Bern, werden mittlere HI-Werte von > 1600 bis > 1700 erreicht. Dort werden auf einer Fläche von zirka 977 ha hauptsächlich Pinot noir und Chasselas angebaut. In der Nordwestschweiz, um Basel, findet man HI-Werte um die 1800. Laut Bundesstatistik werden hier allerdings auf relativ kleiner Fläche (rund 120 ha in Basel-Stadt und Basel-Land sowie rund 395 ha im Aargau) im Wesentlichen Pinot noir und ein kleiner Anteil Müller-Thurgau (Riesling-Silvaner) angebaut. In der Ostschweiz variieren die berechneten HI-Werte zwischen 1500 und 1700. Hier werden hauptsächlich Pinot noir und Müller-Thurgau angebaut (vor allem in den Kantonen Schaffhausen und Graubünden). In Zürich und in der Zentralschweiz (Luzern, Schwyz) variieren die mittleren HI-Werte zwischen 1500 und 1600. Laut der Bundesstatistik wird im Kanton Zürich auf einer Rebbaufäche von zirka 615 ha neben Müller-Thurgau vorwiegend Pinot noir angebaut.

### Änderungen in der Temperatureignung über 30 Jahre

Bei der Betrachtung der Veränderungen der thermischen Potenziale zwischen 1981 und 2010 stellt sich heraus, dass es in weiten Gebieten hochsignifikante positive Trends in den HI-Werten gibt (mit p-Werten < 0.001; Abb. 2). Für die Trendanalyse wurde der Mann-Kendall-Trendtest verwendet, der die Richtung und Signifikanz eines monotonen Trends in einer Zeitreihe angibt. Insbesondere im Tessin und im Wallis zeigen sich starke Zunahmen in den HI-Werten. Auch im nördlichen Teil der Schweiz, insbesondere entlang des Rheins, nahm die thermische Eignung in den letzten 30 Jahren deutlich zu.



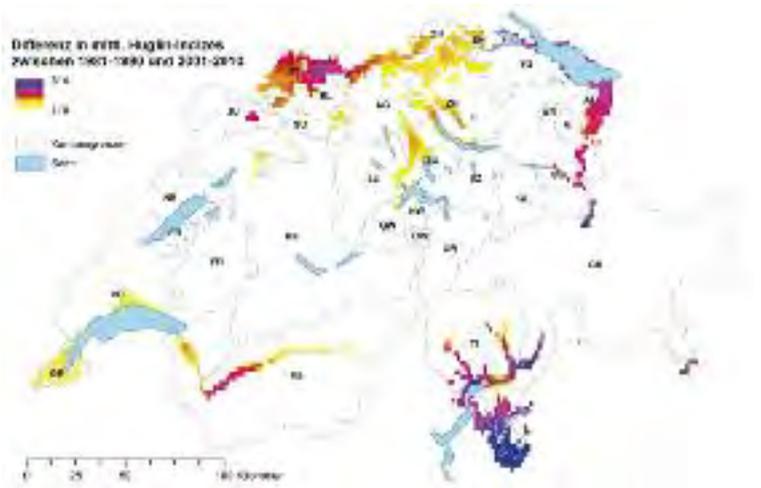
Kleinräumige Unterschiede dürfen nicht überbewertet werden, da sie auch von Veränderungen im Klima-Messnetz beeinflusst sein können. Ein Vergleich der Flächen mit mittleren HI-Werten > 1500 in den Perioden 1981–1990 und 2001–2010 zeigt, dass sich die thermische Eignung bis 2010 insbesondere in der nördlichen Schweiz ausgedehnt hat. Insgesamt nahm der Flächenanteil mit thermischer Eignung in der Schweiz von 326 300 ha (Mittelwert 1981–1990) auf 1 157 700 ha (Mittelwert 2001–2010) zu. Flächen mit hoher thermischer Eignung von > 1800 HI (geeignet für anspruchsvollere Sorten wie Merlot), die sich zu Beginn der Periode auf das Tessin beschränkten, finden sich am Ende der Periode (2001–2010) zusätzlich auch im Wallis sowie um Genf und um Basel.

### Trends in den Anbauflächen ...

Gibt es Anzeichen dafür, dass sich die Änderungen in der Temperatureignung für Rebbaubereits in der weinbaulichen Praxis auswirken? In der statistischen Erfassung der Anbauflächen zeigt sich, dass diese im Zeitraum von 1981 bis 2011 insgesamt leicht zugenommen haben (+ ca. 11%). Die Rebflächen der roten Sorten haben dabei um etwa 66% zugenommen, während die weissen Sorten um 24% reduziert wurden (Quelle: BLW). Insgesamt zeigt

**Abb. 1: Mittlerer Huglin-Index in der Schweiz (basierend auf gegitterten täglichen Temperaturdaten von 1981 bis 2010 von Meteo-Schweiz 2012; nur Gebiete mit HI > 1500 sind angezeigt).**

**Abb. 2: Differenz zwischen mittleren Huglin-Indizes der Periode 2001–2010 gegenüber jenen von 1981–1990 für Gebiete, in denen der Mann-Kendall-Test hochsignifikante Trends mit p-Werten < 0.001 angibt.**



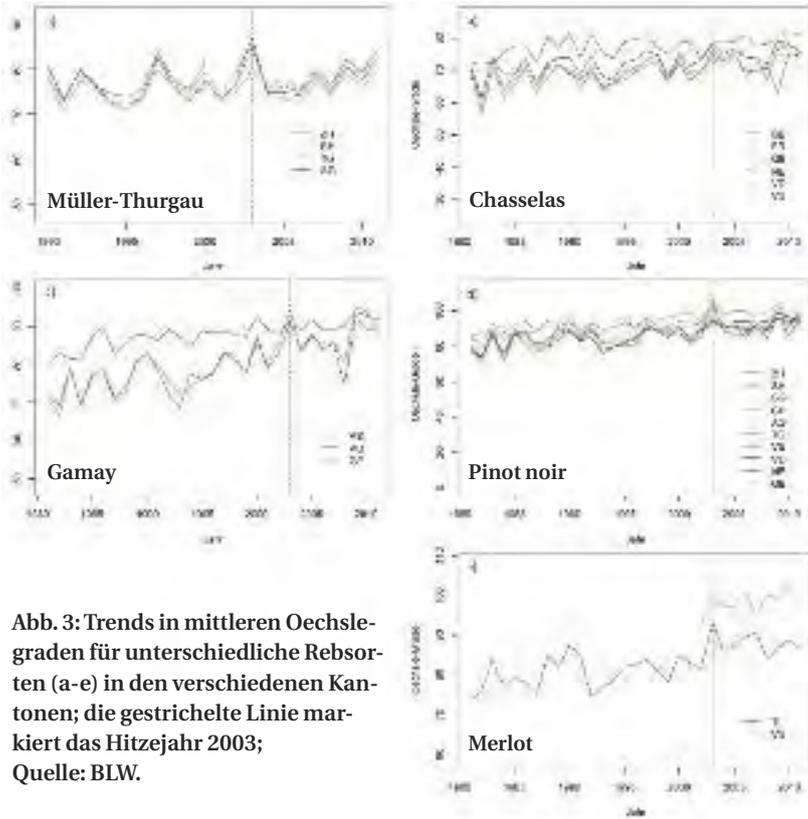


Abb. 3: Trends in mittleren Oechslegraden für unterschiedliche Rebsorten (a-e) in den verschiedenen Kantonen; die gestrichelte Linie markiert das Hitzejahr 2003; Quelle: BLW.

	BE	FR	GE	NE	VD	VS	TI	ZH	SH	TG	AG	SG	GR	Mittelwert
Müller-Thurgau								0.20	0.30	0.18	0.24			0.23
Chasselas	0.24	0.38	0.49	0.40	0.42	0.38								0.39
Gamay			0.56		0.62	0.63								0.60
PinotNoir			0.30	0.45	0.57	0.62		0.49	0.58	0.49	0.58	0.61	0.62	0.53
Sylvaner						0.75								0.75
Merlot							0.51							0.51

Tab. 2: Trendkoeffizienten (Mann-Kendall tau-Werte) für Trends in Oechslegraden in Zeitreihen mit > 20 Jahren aus Abb. 5 (dunkelgrün = hochsignifikant mit p-Werten < 0.001; hellgrün = signifikant mit p < 0.01).

sich eine Verschiebung hin zu Sorten mit höheren Temperaturansprüchen: Innerhalb der weissen Sorten nahmen die Flächenanteile von Gewürztraminer, Pinot gris, Chardonnay, Pinot blanc und Sylvaner um 63%, 51%, 49%, 36% und 17% zu, während die Anteile von Chasselas und Müller-Thurgau von 1999 bis 2011 um 25% beziehungsweise 29% abnahmen. Bei den roten Sorten nahmen die Flächenanteile für die Anteile von Cabernet Sauvignon und Merlot um 88% und 25% zu, jene für Gamay und Pinot noir um 25% und 5% ab. Diese Veränderungen sind zu einem grossen Teil durch die marktwirtschaftliche Entwicklung bestimmt. Mit dem Inkrafttreten des WTO-Abkommens 1995 und der durch das Parlament verabschiedeten Kontingentzusammenlegung wurden die Importkontingente für Weissweine stark gelockert, sodass die Schweizer Weissweinproduktion einem deutlichen Konkurrenzdruck ausgesetzt war. Eine Umstellung von weissen auf rote Sorten und insbesondere auch auf Sorten, die in der Schweiz besseren Absatz finden, wurde zwischen 2003 und 2011 durch den Bund subventioniert. Während also die wirtschaftlichen Bedingungen sicher Einfluss auf die beobachteten Veränderungen in den Rebflächen haben, darf man doch festhalten, dass die marktwirtschaftlich gewünschte Umstellung hin zu qualitativ hochwertigeren Weinen durch die Entwicklung der thermischen Potenziale in

der Schweiz begünstigt wird. Die beobachtete Temperaturentwicklung hätte aber auch eine um ein Vielfaches stärkere Zunahme der Rebfläche erlaubt. Allerdings ist zu berücksichtigen, dass der Einfluss der thermischen Eignung durch Faktoren wie Hangeignung oder Überbauung eingeschränkt ist.

... und Mostgewicht

Deutliche Anzeichen für positive Auswirkungen der Klimaerwärmung finden sich in den Datenreihen zum Mostgewicht. Abbildung 3 zeigt die beobachteten Trends in Oechslegraden (°Oe) für unterschiedliche Rebsorten. Tabelle 2 zeigt eine Zusammenfassung der Trendkoeffizienten für die abgebildeten Zeitreihen. Generell fällt auf, dass sich positive Trends am deutlichsten bei den Sorten mit höheren Temperaturansprüchen zeigen. Für Müller-Thurgau zeigen sich keine Trends in Oechslegraden zwischen 1990 und 2011. Für Chasselas sind die Trends signifikant, aber generell < 0.5. Für Gamay und Pinot noir zeigen alle verfügbaren Zeitreihen aus den südwestlichen Kantonen signifikante positive Trends in den Oechslegraden und für Pinot noir sind auch die Zeitreihen aus den nördlichen und östlichen Kantonen signifikant positiv. Diese beobachteten Trends mögen zum Teil auch auf Verbesserungen in der Anbautechnik zurückzuführen sein, aber die hohen Oechslegrade im Hitzejahr 2003 zeigen, dass die Temperatur einen wesentlichen Einfluss auf das Mostgewicht ausübt. Für Chasselas ist diese Abweichung am wenigsten ausgeprägt. Dies könnte ein Hinweis sein, dass diese Sorte nahe an ihrem klimatischen Optimum angebaut wird und eine weitere Temperaturzunahme sogar zu einer Qualitätseinbusse führen könnte (vgl. Petgen 2011).

Was ist vom Klimawandel zu erwarten?

Im Zusammenhang mit der Klimaerwärmung ist davon auszugehen, dass die hier identifizierten Trends in der thermischen Eignung weiter fortschreiten werden. Zu diesem Schluss kamen bereits Studien aus angrenzenden Ländern Europas, bei denen die Auswirkung von Klimaveränderungen auf die thermische Eignung für den Rebbau untersucht wurde. Für Baden-Württemberg fanden Neumann und Matzarakis (2011), dass sich die Gebiete mit thermischer Eignung für den Rebbau bis 2100 weiter ausdehnen. Auch Trnka et al. (2011) stellten fest, dass der HI-Index mit der projizierten Temperaturzunahme in Zentraleuropa (einschliesslich des Ostteils der Schweiz) deutlich zunehmen würde.

Aus Abbildung 4 wird ersichtlich, wie die Temperaturpotenziale mit dem einfachen Szenario einer konstanten Erwärmung um 2 °C im Vergleich zur Periode 1981–2010 zunehmen würden. Die zu erwartende Erhöhung der Temperaturpotenziale führt zu einer Ausdehnung des potenziell für Rebbau geeigneten Gebiets und verbessert die Anbaubedingungen für anspruchsvolle Sorten. Allerdings bedeutet das auch, dass für die bislang weit verbreiteten Sorten mit geringeren Temperaturansprüchen der Optimums-Bereich überschritten werden könnte und Anpassungsmassnahmen – zum Beispiel zur Reifeverzögerung – nötig werden (Petgen 2007). Angesichts

der fortschreitenden Umstellung hin zu Sorten mit höheren Temperaturansprüchen kann man aber sagen, dass der Schweizer Rebbau sich gewissermassen schon in der Anpassung befindet – wenn auch bislang in erster Linie aus marktwirtschaftlichen Überlegungen.

### Ausblick

Es bleibt zu untersuchen, wie sich die für die Schweiz projizierten klimatischen Änderungen regional unterschiedlich auswirken könnten. Hierbei ist es wichtig, neben den Temperaturpotenzialen auch andere Aspekte des Klimas wie Trockenheit, Frost und Krankheitsrisiken zu berücksichtigen, da diese die Ertragspotenziale im Zusammenhang mit steigenden Temperaturen und zunehmender Häufigkeit von Klimaextremen wesentlich einschränken können. ■

### Literaturverzeichnis

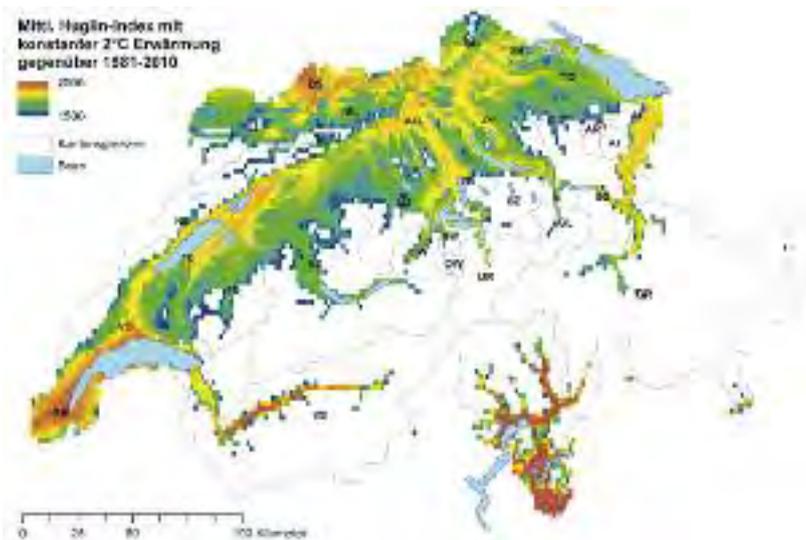
CH2011: Swiss Climate Change Scenarios CH2011. C2SM, MeteoSwiss, ETH, NCCR Climate und OcCC, Schweiz, 2011.

Huglin P.: Nouveau Mode d'Évaluation des Possibilités Héliothermiques d'un Milieu Viticole, Symposium International sur l'Écologie de la Vigne, Ministère de l'Agriculture et de l'Industrie Alimentaire, Contança, pp. 89–98, 1978.

Maaß U. und Schwab A.: Klimawandel und Sortenwahl – Der Huglin-Index und der Wärmeanspruch von Rebsorten. Das deutsche Weinmagazin 10, S. 29–31, 2011.

MeteoSchweiz: Documentation of MeteoSwiss grid-data products: Daily mean, minimum and maximum temperature: TabsD, TminD, TmaxD. Verfügbar unter [www.meteoschweiz.ch](http://www.meteoschweiz.ch), 2012.

Neumann P. A., und Matzarakis A.: Viticulture in southwest Ger-



many under climate change conditions. *Climate Research* 47, 161–169, 2011.

Petgen M.: Reaktion der Reben auf den Klimawandel. *Schweizer Zeitschrift für Obst- und Weinbau* 9, 6–9, 2007.

Petgen M.: Rebbauliche Beeinflussung der Zuckereinlagerung. *Schweizer Zeitschrift für Obst- und Weinbau* 12, 9–12, 2011.

Trnka M., Olesen J.E., Kersebaum K.C., Skjelvag A.O., Eitzinger J., Seguin B., Peltonen-Sainio P., Rotter R., Iglesias A., Orlandini S., Dubrovsky M., Hlavinka P., Balek J., Eckersten H., Cloppet E., Calanca P., Gobin A., Vucetic V., Nejedlik P., Kumar S., Lalic B., Mestre A., Rossi F., Kozyra J., Alexandrov V., Semerádova D. und Zalud Z.: Agroclimatic conditions in Europe under climate change. *Global Change Biology* 17, 2298–2318, 2011.

**Abb. 4: Mittlerer Huglin-Index bei konstanter Erwärmung um 2 °C gegenüber 1981–2010 (Erhöhung gegenüber der Referenzperiode: 382 HI).**

### Influence de l'augmentation des températures sur la viticulture suisse

Le changement climatique pourrait ouvrir de nouvelles opportunités à la viticulture suisse. Une analyse spatiale de l'indice héliothermique sur la base de données de température interpolées avec une résolution de 2 km effectuée à l'échelle nationale l'a confirmé. Il en ressort en effet que depuis 30 ans, les régions avec un climat apte à la viticulture sont en nette expansion. Par ailleurs, des cépages exigeants comme le merlot pourraient aujourd'hui prospérer dans des régions jadis trop hostiles. Les données statistiques corroborent

une augmentation des degrés Oechsle. Jusqu'à présent, c'était surtout le marché qui dictait l'orientation vers les cépages plus exigeants, mais l'évolution a été favorisée par les potentiels thermiques. Il est fort probable que dans la foulée du changement climatique, les tendances susmentionnées se confirmeront et que les cépages plus exigeants se sentiront de plus en plus à l'aise alors que pour des cépages comme le chasselas, les conditions de culture se détérioreront.

## R É S U M É