

## Erarbeitung von Sortenbaustrategien des Weinbaus

### Produkt 3.3.1d

Version: 1.0  
Status: final  
Datum: 01.07.2011

#### TP 3.3.1 - Anpassungsstrategien für den regionalen Pflanzenbau

TP-Leiter: Dr. Eberhard Bröhl  
Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG)

Bearbeiter: Dr. Marco Lorenz  
Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG)

Kontakt: Dr. Marco Lorenz  
Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG)

Waldheimer Straße 219, 01683 Nossen  
Tel.: 035242-631-7002  
Fax: 035242-631-7099  
E-Mail: Marco.Lorenz@smul.sachsen.de

#### **REGKLAM**

#### **Entwicklung und Erprobung eines Integrierten Regionalen Klimaanpassungsprogramms für die Modellregion Dresden**

Gefördert durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung  
Förderkennzeichen: 01 LR 0802

Koordination: Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung e. V. (IÖR)  
Weberplatz 1, 01217 Dresden  
Projektleiter: Prof. Dr. Dr. h.c. Bernhard Müller

**[www.regklam.de](http://www.regklam.de)**

## Inhaltsverzeichnis

1. Erarbeitung von Sortenanbaustrategien des Weinbaus im Rahmen des Klimawandels im sächsischen Elbtal .....	4
1.1 Vorgehen .....	4
2.1 Ergebnisse.....	5
<i>Das Weinbaugebiet Sachsen</i> .....	5
3.1 Ableitung / Erarbeitung von Sortenanbaustrategien des Weinbaus im Elbtal.....	7
<i>Bewertung der Anbaueignung unterschiedlicher Rebsorten über den Huglin-Index (IH)</i> .....	8
<i>Bewertung der Anbaueignung unterschiedlicher Rebsorten über die mittlere Temperatur der Vegetationsperiode (01.04.-31.10.)</i> .....	13
<i>Weitere Problemfelder</i> .....	15
Literatur .....	17
Anhang .....	19

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Weinanbaugebiete in Deutschland (DWI 2009) .....	5
Abbildung 2: Das sächsische Weinanbaugebiet in der Regklam-Region .....	5
Abbildung 3: Rebsorten im Weinanbaugebiet Sachsen (Tränkner 2010, Weinbauverband Sachsen 2010) .....	6
Abbildung 4: Einteilung der Anbauwürdigkeit verschiedener Rebsorten anhand des Huglin-Index.....	8
Abbildung 5: Huglin-Index und Niederschlag für Pillnitz und Dresden von 1991-2010 .....	9
Abbildung 6: Veränderung des Huglin-Index und des Niederschlages bei einer mittleren Temperaturerhöhung von 2°C und einem Niederschlagsrückgang um 10% bis 2050 .....	10
Abbildung 7: Veränderung des Huglin-Index von 1960-2050 für die Weinbauregionen Rheingau (Stock et al. (2007) .....	11
Abbildung 8: Veränderung des Huglin-Index von 1960-2050 für die Weinbauregionen Pfalz (Stock et al. (2007).....	11
Abbildung 9: Huglin-Index für die Anbaueignung unterschiedlicher Rebsorten in Europa (Simota, C. 2008).....	12
Abbildung 10: Huglin-Index in Europa 2050 im Vergleich zu den beobachteten Werten des Jahres 2000. Die Simulationen basieren auf dem A1F1 Szenario (+ 1,6 °C bis 2050) (nach Stock et al. 2005).....	13
Abbildung 11: Bewertung der Anbaueignung unterschiedlicher Rebsorten über mittlere Temperatur der Vegetationsperiode (01.04.-31.10.), links: für zwei Stationen in Sachsen (Mittelwert und Spannweite 1991-2010) (Lorenz 2010), rechts: für die Entwicklungen im Rheingau 1885-2050 (inkl. der Extremjahre 2003 und 2006 (Jones 2007) .....	13
Abbildung 12: Entwicklung der mittleren Temperatur in der Vegetationsperiode für verschiedene Weinbauregionen (links: 1950-2000, rechts: 1999-2049) (Jones 2007) .....	14
Abbildung 13: Veränderung der mittleren Temperatur der Vegetationsperiode auf der Nord- (oben) und Südhalbkugel (unten) zwischen 1999 (links) und 2049 (rechts) (Jones 2007) .....	15
Abbildung 14: Einfluss der Zwischenbegrünung auf den Oberflächenabfluss in Abhängigkeit von der Hangneigung bei unterschiedlichen Niederschlägen (Berthold 1994).16	
Abbildung 15: Einfluss steigender Temperaturen auf einige Weinhaltstoffe (Schultz und Jones 2008).....	16

## Tabellenverzeichnis

## 1. Erarbeitung von Sortenanbaustrategien des Weinbaus im Rahmen des Klimawandels im sächsischen Elbtal

Das Klima prägt, zusammen mit den Bodenbedingung, dem Relief und den Kulturmaßnahmen die Ausprägung des spezifischen Weincharakters bestimmter Sorten und damit die Charakteristik des jeweiligen Anbaugebietes. Nach Schultz et al. (2009) wird das Image einer Weinbauregion oftmals von einer einzelnen Sorte oder einer sehr begrenzten Zahl von Sorten bestimmt (z.B. Riesling für Mosel und Rheingau; Spätburgunder und Chardonnay für Burgund, Cabernet Sauvignon, Cabernet franc und Merlot für das Médoc-Gebiet in Bordeaux), welche durch die jeweiligen Klima- und Bodenbedingungen eine charakteristische Note bekommen. Daher spielen Klimaveränderungen, die sowohl mit einer Verschiebung in der Anbaueignung bestimmter Rebsorten, als auch der Veränderung im spezifischen Charakter des Weines einhergehen können, eine große Rolle für den Weinbau. Dies gilt sowohl für den Anbau der Reben, als auch für den Ausbau und die Vermarktung des Weines. Neben der Veränderung der mittleren klimatischen Verhältnisse spielen aber auch Veränderungen im Auftreten und der Intensität von Extremereignissen, wie Hagel, Starkniederschlägen, Dürreperioden, aber auch längere Barfröste (z.B. Probleme bei Müller-Thurgau in Sachsen 2009/2010, z.T. Verbunden mit der Rodung ganzer Weinberge und Aufreben mit anderen Rebsorten) eine zunehmende Rolle.

Nur durch die Anpassung an den Klimawandel, z.B. durch Sortenwechsel, kann der Weinbau Gefahren durch Qualitäts- und Ertragseinbußen begegnen. Untersuchungen zeigen auch eine zunehmende Variabilität der Erträge mit möglicherweise höheren ökonomischen Risiken für die Erzeuger (Bindi und Fibbi, 2000). Einflussfaktoren sind z.B. Trockenstress, standort- und bodenspezifische Probleme der Rebenernährung, des Schädlingsbefalls und übermäßige Sonneneinstrahlung mit erhöhtem UV-B-Anteil (Schultz, 2000). In der Folge sind beträchtliche Veränderungen im Spektrum und der Verteilung der Rebsorten gegenüber heute zu erwarten (Schultz et al. 2003). Innerhalb Europas ist die Verwendung bestimmter Sorten jedoch häufig auch in den einzelnen Anbaugebieten gesetzlich geregelt, was im Hinblick auf die zukünftige Anpassung an klimatische Veränderungen Probleme bereiten kann und zukünftig berücksichtigt werden muss.

### 1.1 Vorgehen

Um mögliche Veränderungen im Rebsortenspektrum und der zukünftigen Anbaueignung neuer Rebsorten durch klimatische Veränderungen für das Weinbaugebiet Sachsen ableiten und bewerten zu können, sind folgende Punkte in Bearbeitung:

- ⇒ Auswertung internationaler Literatur zur Sorteneignung in relevanten Klimaten
- ⇒ Analyse des Sortenspektrums im Elbtal
- ⇒ Ableitung / Erarbeitung von Sortenanbaustrategien des Weinbaus im Elbtal

Die ersten Ergebnisse zu den einzelnen Punkten werden im nachfolgenden Kapitel erläutert.

## 2.1 Ergebnisse

### Das Weinbaugebiet Sachsen

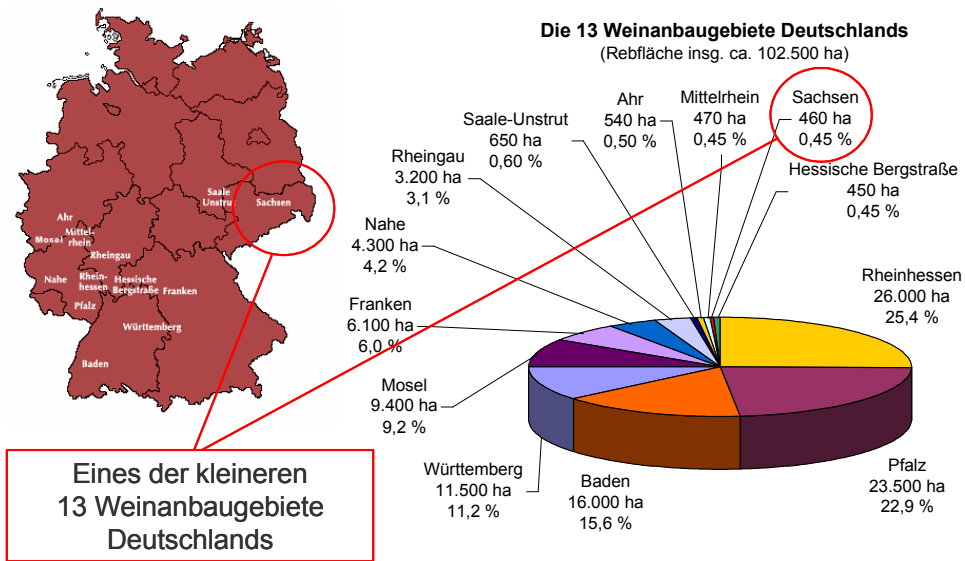


Abbildung 1: Weinanbaugebiete in Deutschland (DWI 2009)

Sachsen gehört mit ca. 460 ha Rebfläche zu den kleineren und nördlichsten der 13 Weinanbaugebiete in Deutschland (vgl. Abb.1). Das Weinbaugebiet Sachsen erstreckt sich über ca. 55 km entlang der Elbe von Pirna über Radebeul und Meißen bis nach Diesbar-Seuslitz. Damit liegt es im Zentrum der Regklam-Region Dresden (vgl. Abb. 2).

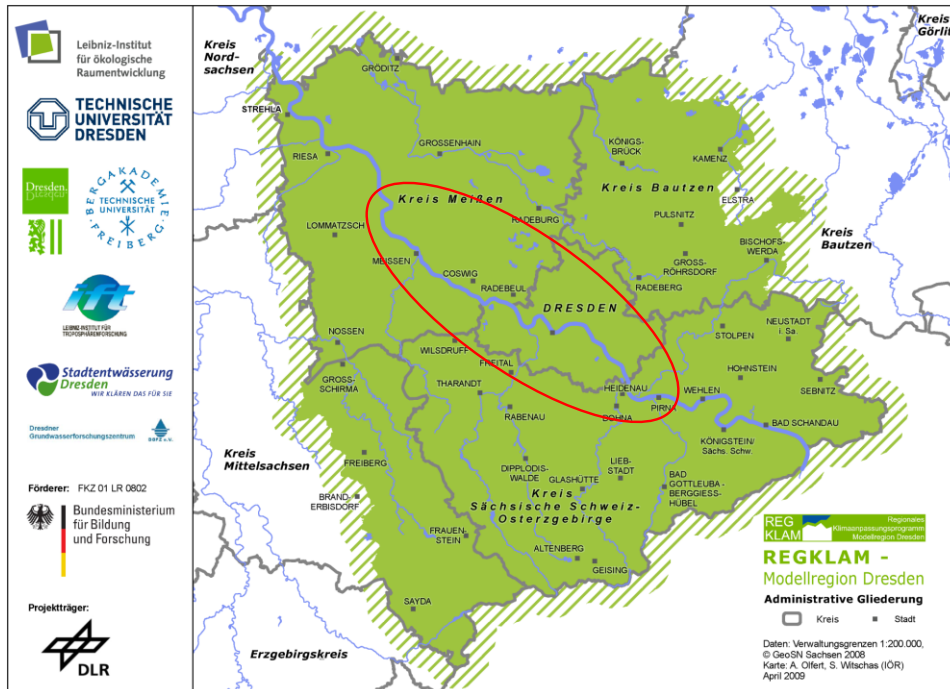


Abbildung 2: Das sächsische Weinanbaugebiet in der Regklam-Region

Die angebauten Rebsorten setzen sich zu ca. 82 % aus weißen und ca. 18 % aus rote Rebsorten (insgesamt 48 Rebsorten) zusammen. Hauptrebsorte in der Region ist mit knapp 20% der Müller-Thurgau, gefolgt vom Riesling (ca. 15%) und Weißburgunder (ca. 12%). Bei den roten Rebsorten dominieren Spätburgunder (ca. 8%) und Dornfelder (ca. 5%) (vgl. Abb. 3).

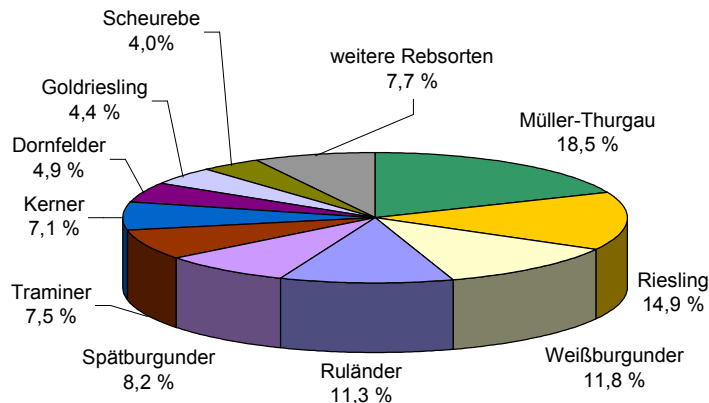


Abbildung 3: Rebsorten im Weinanbaugebiet Sachsen (Tränkner 2010, Weinbauverband Sachsen 2010)

Mögliche Auswirkungen von Klimaveränderungen auf den Weinbau (ergänzt nach Schultz 2009):

### Temperaturanstieg

- ⇒ Der Temperaturanstieg wird die phänologischen Phasen beschleunigen
- ⇒ Die EU-Anbauzonen wandern nordwärts
- ⇒ Verstärkter Anbau wärmeliebender Rebsorten wird möglich sein (z.B. Chardonnay, Cabernet Franc, Merlot usw.)
- ⇒ Zu hohe Temperaturen bei der Ernte zusammen mit hohen Niederschlägen können möglicherweise zu mehr Fäulnis und Essigstich führen
- ⇒ Die Mostzuckerwerte werden ansteigen
- ⇒ Die Säurewerte werden abnehmen (gesetzliche Rahmenbedingungen)
- ⇒ Evtl. höheres Risiko für Eisweinproduktion
- ⇒ Evtl. geringeres Frostrisiko
- ⇒ Probleme bei negativer Wasserbilanz im Sommer → Trockenstress
- ⇒ größere Trockenheit würde z.B. bei Weißweinen zu einer reduzierten Haltbarkeit führen
- ⇒ Begrünungsmanagement wird auf einigen Standorten problematisch werden (Trinkwasser)
- ⇒ Steigende Intensität von Starkregenereignissen kann die Erosionproblematik, v.a. in Steilhängen, verschärfen
- ⇒ Eventuell wird ein verstärkter Einsatz von Bewässerungssystemen und Blattdünger notwendig werden

### Schaderreger

- ⇒ Früheres Auftreten der Peronospora und Oidium, dadurch stärkerer Infektionsdruck
- ⇒ Nordwärtswanderung von Schaderregern (Zikaden und Esca)
- ⇒ Zunahme der Populationsdichte und damit des Befallsdruck der Wicklerarten, Spinnmilben u.s.w.

Hauptproblemfelder Weinbau und Klimawandel in Sachsen:

- ⇒ Rebsortenwahl
- ⇒ Trockenheit / Dürreperioden
- ⇒ Extremereignisse – Hagel, Starkniederschlag
- ⇒ Schädlinge und Krankheiten

Lösungsansätze und Anforderungen Weinbau und Klimawandel:

- ⇒ Bewässerung
- ⇒ Sonnenbrandschäden (Blattwandmanagement, Bewässerung)
- ⇒ Hagel, Starkniederschläge (Blattwandmanagement, Abdeckungen, Versicherungen)
- ⇒ Schädlinge (Bekämpfungswürdigkeit, Neobiota)
- ⇒ Qualitätssicherung (UTA, Fehl aromen, Verlust typischer Sortenspezifika ...)
- ⇒ ...

### 3.1 Ableitung / Erarbeitung von Sortenanbaustrategien des Weinbaus im Elbtal

Die weinbauliche Eignung der Rebsorten für ein Gebiet ist vor allem an die Temperatursumme während der Vegetationsperiode gekoppelt (Huglin 1986, Gladstones 1992), wobei sowohl die Summe als auch der Temperaturverlauf einen starken Einfluss auf verschiedene Qualitätsparameter haben. Mögliche Veränderungen im Sortenspektrum lassen sich relativ einfach anhand von Temperaturdaten abschätzen (Schultz 2009). Am häufigsten verwendet wird hierbei der Huglin Temperatursummen-Index (Huglin 1978, 1986), da dieser sowohl zur Charakterisierung von Weinbaugebieten als auch zur Einteilung der Eignung von Rebsorten entwickelt wurde (Schultz 2000). Allerdings gibt dieser Index nur Auskunft über die minimalen Temperaturanforderungen einiger Hauptsorten und nicht über das klimatische Spektrum, für das diese geeignet sind.

Aus einer umfangreichen Literaturrecherche wurden 13 Indizes ermittelt, die auf Grundlage unterschiedlichster Ausgangsparameter eine Aussage über die Anbaueignung ableiten. Diese sind nachfolgend aufgeführt.

Indizes zur Beurteilung der Anbaueignung und Qualität unterschiedlicher Rebsorten:

- ⇒ Huglin – Index (*Huglin 1978, 1986*)
- ⇒ Winkler – Index (*Winkler et al., 1962, Amerine & Winkler 1944*)
- ⇒ Gladstones – Index (*Gladstones 1992*)
- ⇒ Fregoni – Index (*Fregoni et. al. 2000*)
- ⇒ Branäs – Index (*Branäs et al. 1946*)
- ⇒ Sum of daily temperature excursion
- ⇒ Growing degree days
- ⇒ MTWM: Mean temperature of the warmest month (*Prescott 1969, Coombe & Dry 1988, 1989*)
- ⇒ LTI: Latitude Temperature Index (*Jackson 2001*)

- ⇒ Average growing season temperature
- ⇒ Hydalgo bioclimatic Index (Hidalgo 2002)
- ⇒ Dryness Index (Riou et al. 1994)
- ⇒ Cool night index (Tonietto 1999)

Nachfolgend sollen die ersten Ergebnisse anhand des Huglin-Index und der mittleren Temperatur der Vegetationsperiode (Average growing season temperature) dargestellt werden:

### Bewertung der Anbaueignung unterschiedlicher Rebsorten über den Huglin-Index (IH)

Definiert als Temperatursummen der Tagesmittel- und Tageshöchsttemperaturen vom 01.04. – 30.09. des jeweiligen Jahres:

$$IH = \sum_{01.04.}^{30.09.} K(x_{Lat}) \cdot \frac{(T_{MW}(t) - 10^{\circ}C) + (T_{Max}(t) - 10^{\circ}C)}{2}$$

$$K(x_{Lat}) = \begin{cases} 1,02 & |x_{Lat}| \leq 40^{\circ} \\ 1,02 + 0,04 \cdot \frac{x_{Lat} - 40^{\circ}}{10^{\circ}} & 40^{\circ} < |x_{Lat}| < 50^{\circ} \\ 1,06 & |x_{Lat}| \geq 50^{\circ} \end{cases}$$

- $T_{MW}(t)$  = Tagesmittel der Lufttemperatur [°C]
- $T_{Max}(t)$  = Tagesmaximum der Lufttemperatur [°C]
- $x_{Lat}$  = Geographische Breite [°NB]
- $K(x_{Lat})$  = Breitengradabhängiger Korrekturfaktor [-]

Die entsprechende Temperatursumme wird nach oben stehender Formel in Abhängigkeit der Tagesmittel- und Tageshöchsttemperatur und eines breitengradabhängigen Korrekturfaktors berechnet. Die Einteilung der Eignung unterschiedlicher Rebsorten erfolgt dann nach Abbildung 4. Dieser Farbcode gilt für die entsprechenden Abbildungen in diesem Kapitel.

Huglin-Index IH	Farbcode	ausgewählte anbauwürdige Rebsorten
H = 1500		kein Anbau empfohlen
1500 < H = 1600		Müller Thurgau
1600 < H = 1700		Weißburgunder, Grauburgunder, Traminer
1700 < H = 1800		Riesling, Chardonay, Spätburgunder, Silvaner
1800 < H = 1900		Cabernet franc
1900 < H = 2000		Cabernet Sauvignon, Merlot, Chinon blanc
2000 < H = 2100		Ugni blanc
2100 < H = 2200		Syrah, Grenache noir
2200 < H = 2300		Carignan
2300 < H = 2400		Aramon

Abbildung 4: Einteilung der Anbauwürdigkeit verschiedener Rebsorten anhand des Huglin-Index



Auf Grundlage von Wetterstationsdaten im Gebiet wurde dann der Huglin-Index von 1991-2010 (für Dresden) bzw. 1999-2010 (für Pillnitz) berechnet und dem jeweiligen Niederschlag in der Vegetationsperiode (01.04.-31.10) gegenübergestellt (vgl. Abb. 5). Es wird deutlich, dass in dieser Zeitspanne schon eine weite Spanne unterschiedlicher Temperatursummen auftritt. Der niedrigste Huglin-Index findet sich im sehr kühlen und feuchten Jahr 1996, der höchste im trockenen Extremjahr 2003. Es wird aber auch deutlich, dass Jahre mit sehr hohen Indizes, d.h. Anbauwürdigkeit wärmebedürftigerer Rebsorten, die Niederschläge sehr gering sind. Am deutlichsten wird dies am Standort Pillnitz im Jahr 2003.

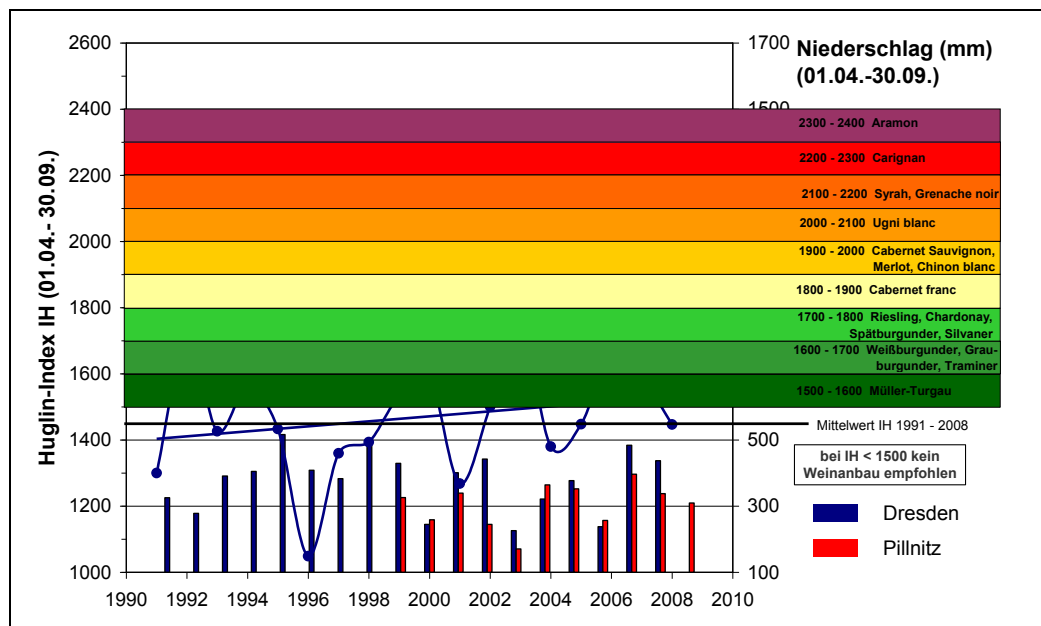


Abbildung 5: Huglin-Index und Niederschlag für Pillnitz und Dresden von 1991-2010

Verstärkt sich dieser Trend durch fortschreitenden Klimawandel, und viele Szenarien gehen von steigenden Temperaturen und sinkenden Niederschlägen in der Vegetationsperiode aus, so könnte zukünftig bei steigender Anbauwürdigkeit verschiedener Rebsorten die Wasserversorgung der Bestände v.a. in heißen Sommern zunehmend zum Problem werden.

Aus diesem Grund wurde der verfügbare Datensatz für die Wetterstation Dresden (Abb.6 blau) mit einer Temperaturerhöhung um 2°C und einer Abnahme der Niederschläge um 10% überprägt (Abb. 6 rot). Dies stellt gängige Annahmen für ein Szenario der Veränderungen bis 2050 dar.

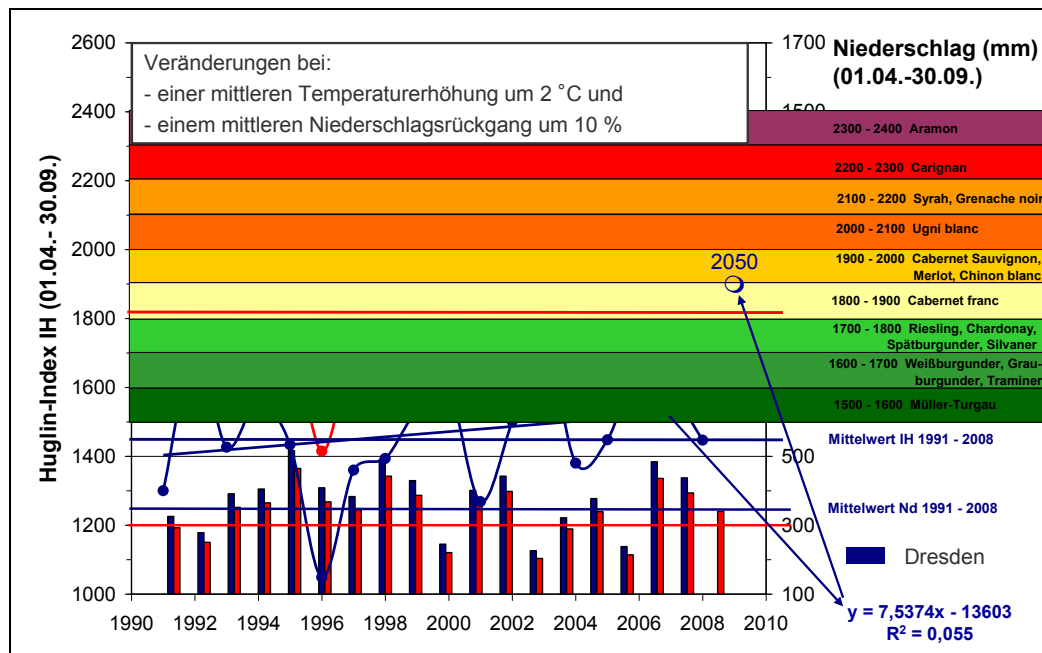


Abbildung 6: Veränderung des Huglin-Index und des Niederschlages bei einer mittleren Temperaturerhöhung von 2°C und einem Niederschlagsrückgang um 10% bis 2050

Es wird deutlich, dass die Anbauwürdigkeit verschiedener Rebsorten, aufgrund der Temperaturerhöhung ansteigt (z.B. Cabernet Sauvignon oder Merlot), jedoch wird sich die Wasserversorgung der Reben in der Vegetationsperiode verschlechtern und damit die Trockenstressgefahr verschärfen.

In einem 2. Schritt wurde der ansteigende Trend des Ausgangsdatensatzes (blaue Trendlinie Abb.6) bis ins Jahr 2050 linear fortgeschrieben. Das Ergebnis zeigt Abb.6 (blauer Punkt 2050). Es wird deutlich, dass der derzeit stattfindende Trend (1991-2010), bis 2050 linear fortgesetzt, ziemlich exakt einer Temperaturerhöhung um 2° bis 2050 entspricht. Sollte sich dieser Trend jedoch zukünftig noch verstärken, sind auch größere Auswirkungen sowohl auf die Anbauwürdigkeit, als auch die Niederschlagsmenge und damit auch auf sich daraus ergebende Probleme (vgl. Anfang des Kapitels) möglich.

Diese Ergebnisse reihen sich gut in Ergebnisse von Stock et al. (2007) für andere Weinbaueregionen Deutschlands ein (vgl. Abb. 7+8). Diese untersuchten z.B. für den Rheingau und die Pfalz die Veränderungen der Anbauwürdigkeit von 1960 – 2050 mit Hilfe des Huglin-Index. Anhand der realen Klimareihe 1960-2000 und einer Projektion bis 2050 werden die Veränderungen regionalisiert dargestellt. Nach diesen Untersuchungen werden temperaturbedürftige Rebsorten, wie Cabernet-Sauvignon und Merlot, in beiden Gebieten bis 2050 eine nennenswerte Anbauwürdigkeit erreichen. In der Pfalz im Rheintal sogar der Syrah, eine Rebsorte, die derzeit in Europa nur in Portugal oder Spanien angebaut wird, aber eher aus Californien, Südafrika, Chile oder Australien bekannt ist.

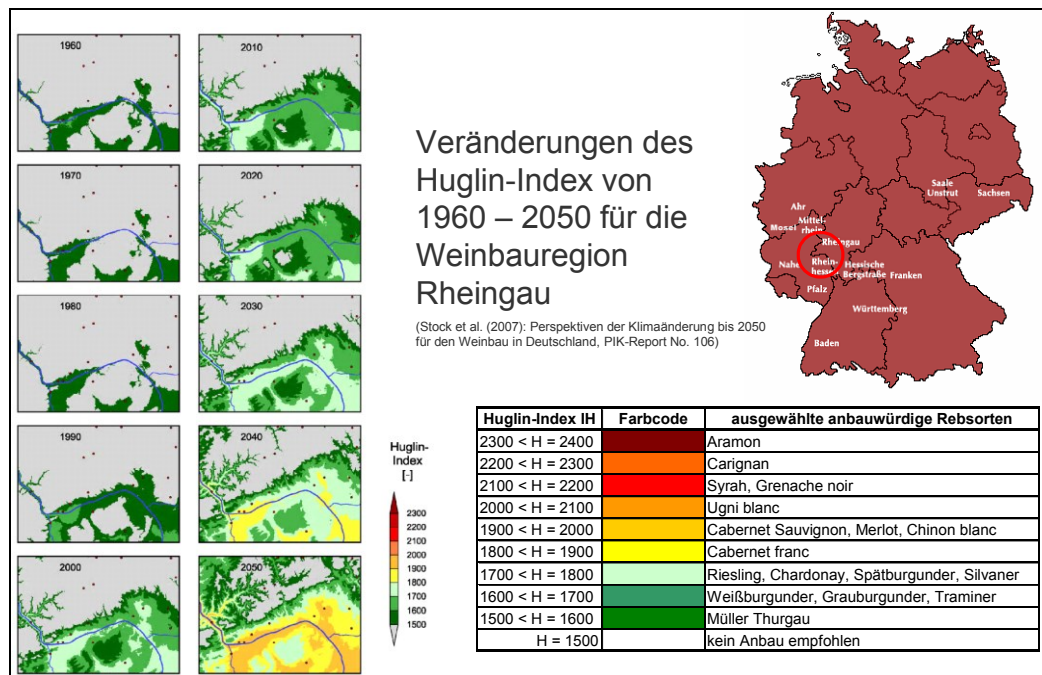


Abbildung 7: Veränderung des Huglin-Index von 1960-2050 für die Weinbauregionen Rheingau (Stock et al. (2007))

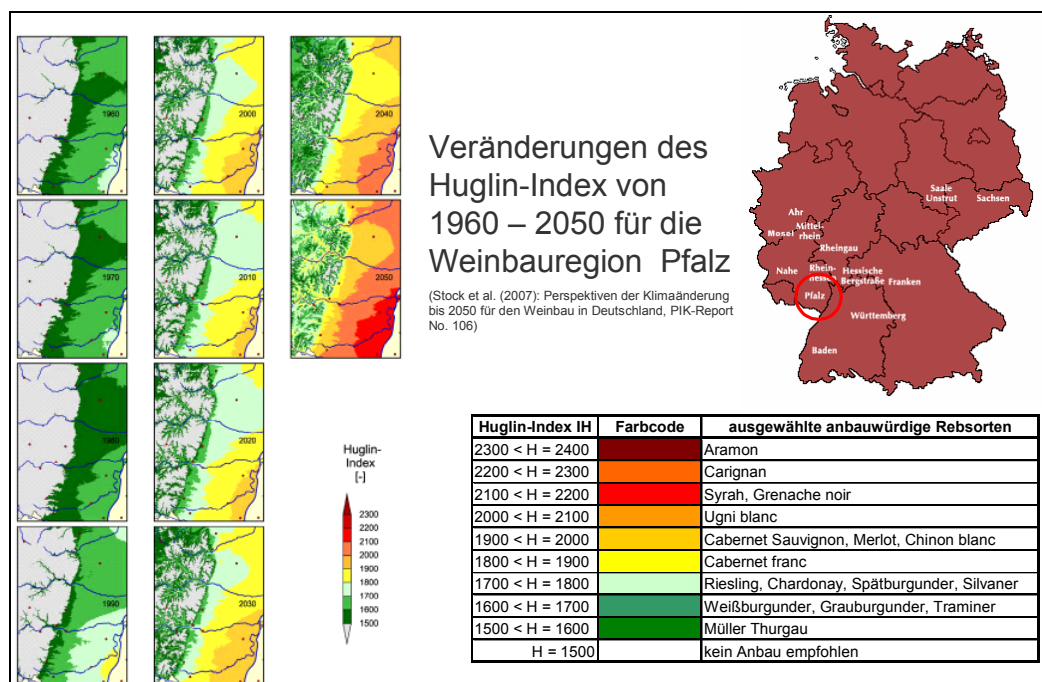


Abbildung 8: Veränderung des Huglin-Index von 1960-2050 für die Weinbauregionen Pfalz (Stock et al. (2007))

Zu den Veränderungen der Anbaueignung von Rebsorten in Europa gibt es z.B. Ergebnisse von Simota (2008) und Stock et al. (2005). Beide berechneten mit Hilfe des Huglin-Index die Veränderungen bis 2050 unter verschiedenen Szenarien.

Simota (2008) berechnet mit Hilfe realer Klimaaufzeichnungen die Veränderungen von 1901-1930 und 1961-1990, sowie die Veränderungen unter einem HADCM3-A2 Szenario für 2041-50 und 2071-80 (vgl. Abb. 9). Nach diesen Berechnungen hat sich die Anbauwürdigkeit von Reben bis 2050 auf fast ganz Mitteleuropa, sowie die baltischen Staaten etc. aus-

gedehnt. Bis 2080 dehnt sich die Anbauwürdigkeit auf Teile Skandinaviens (Sudschweden, Südfinnland) und große Teile Südenglands aus. In den derzeitigen Anbauregion Spanien, Portugal, Frankreich, Italien und Griechenland werden alle Rebsorten mit sehr hohen Temperaturansprüchen anbauwürdig sein. Hier treten jedoch dann die Probleme mit der Wasserversorgung, Säure etc. verstärkt auf.

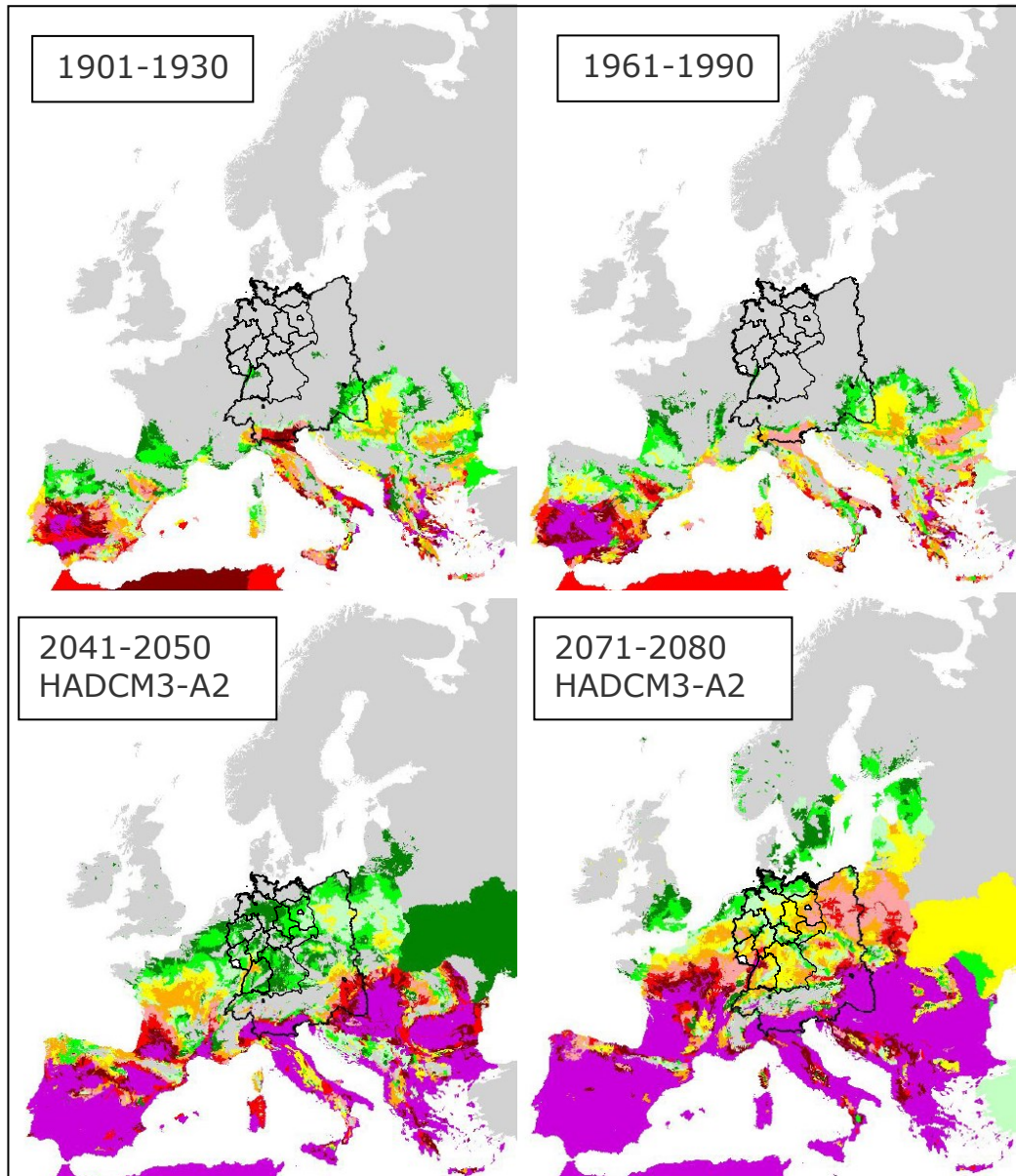


Abbildung 9: Huglin-Index für die Anbaueignung unterschiedlicher Rebsorten in Europa (Simota, C. 2008)

Auch Stock et al. (2005) verwenden den Huglin-Index, um die mögliche Entwicklung der Anbaueignung verschiedener Rebsorten in Europa bis zum Jahr 2050 (A1F1 Szenario, +1,6 K bis 2050) abzuschätzen (Abb. 10). Ähnlich den Ergebnissen von Simota (2008; Abb.9) zeigt auch diese Analyse eine deutliche Verschiebung der Anbaueignung nach Norden und Osten, jedoch mit Unterschieden, die in der Verwendung unterschiedlicher globaler GCM (ECHAM4  $\leftrightarrow$  HADCM3), unterschiedlicher Szenarien (A1F1  $\leftrightarrow$  A2) und unterschiedlicher zeitlicher Auflösung begründet sind.

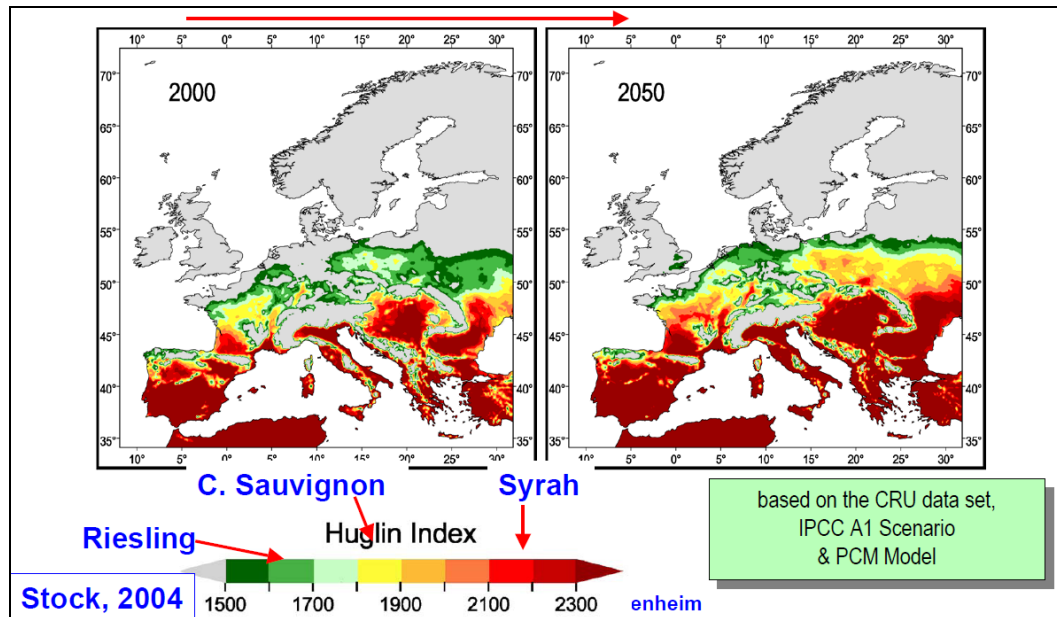


Abbildung 10: Huglin-Index in Europa 2050 im Vergleich zu den beobachteten Werten des Jahres 2000. Die Simulationen basieren auf dem A1F1 Szenario (+ 1,6 °C bis 2050) (nach Stock et al. 2005).

### Bewertung der Anbaueignung unterschiedlicher Rebsorten über die mittlere Temperatur der Vegetationsperiode (01.04.-31.10.)

Neben dem Huglin-Index wird in vielen Arbeiten auch die mittlere Temperatur der Vegetationsperiode zur Einschätzung der Anbaueignung verschiedener Rebsorten herangezogen.

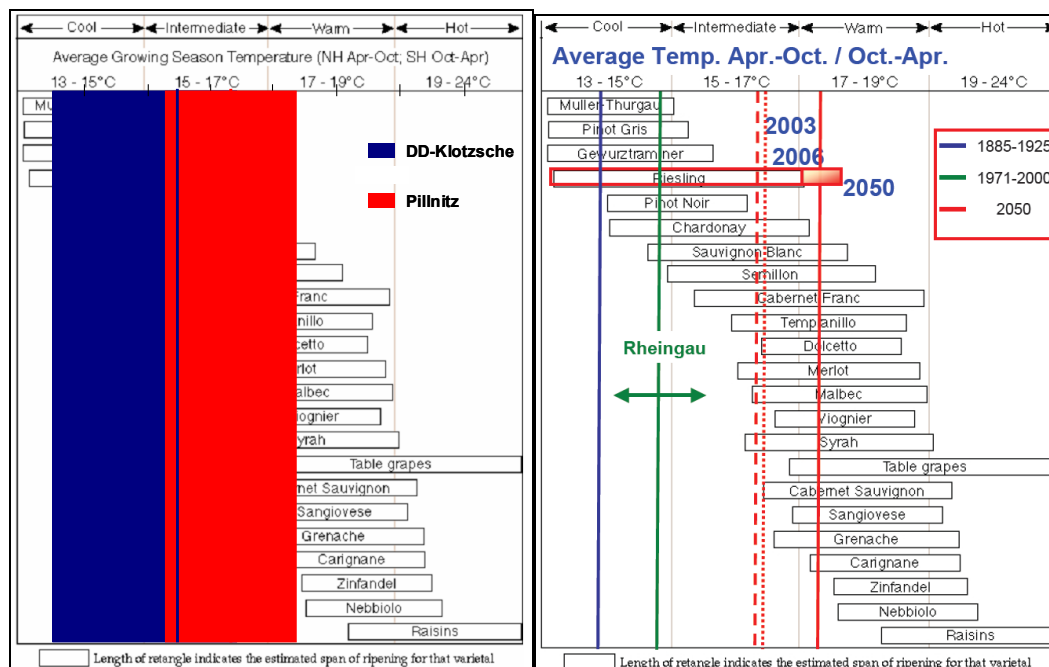


Abbildung 11: Bewertung der Anbaueignung unterschiedlicher Rebsorten über mittlere Temperatur der Vegetationsperiode (01.04.-31.10.), links: für zwei Stationen in Sachsen (Mittelwert und Spannweite 1991-2010) (Lorenz 2010), rechts: für die Entwicklungen im Rheingau 1885-2050 (inkl. der Extremjahre 2003 und 2006 (Jones 2007)

In Abbildung 11 links sind die Ergebnisse für Sachsen anhand der Stationen Pillnitz und Dresden für den Zeitraum 1999-2010 bzw. 1991-2010 dargestellt. Im Vergleich dazu zeigt Abbildung 11 rechts die Entwicklungen von 1885-1925 über 1971-2000 bis 2050. Hierbei sind die Extremjahre 2003 und 2006 noch einmal gesondert ausgewiesen. Es zeigt sich, dass diese Einteilung weitaus gröber ist, als z.B. der Huglin-Index, da z.B. ab einer Temperatur von 17°C fast alle Rebsorten angebaut werden können. Des Weiteren treten auch hinsichtlich der Temperaturansprüche zwischen den Verschiedenen Rebsorten Unterschiede zum Huglin-Index auf z.B. Cabernet-Sauvignon und Syrah.

In Abbildung 12 sind die Trends der Entwicklungen der mittleren Temperaturen in der Vegetationsperiode von 1959-2000 (links) und 1999-2049 (rechts) für unterschiedliche Weinbauregionen abgebildet. In allen Regionen sind ansteigende Temperaturtrends zu verzeichnen. Die Abweichungen von den mittleren Verhältnissen sowie die Streuungen nehmen zu.

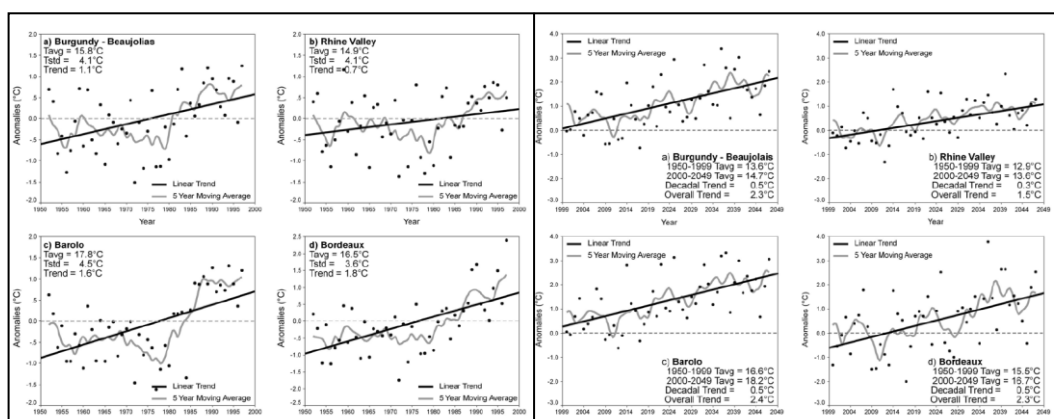


Abbildung 12: Entwicklung der mittleren Temperatur in der Vegetationsperiode für verschiedene Weinbauregionen (links: 1950-2000, rechts: 1999-2049) (Jones 2007)

Abbildung 13 zeigt eine Simulation der Verschiebung der Anbaueignung für Reben basierend auf dem A1B Szenario (IPCC, + 3 K bis Ende diesen Jahrhunderts) für die Nord- und Südhalbkugel, wobei die Grenzen der Weinbaufähigkeit die 12 °C bis 22 °C Isotherme der mittleren Temperatur der Vegetationsperiode bilden. Nach diesen Berechnungen würden Teile Nordamerikas, Nordafrikas und Vorderasiens für den Anbau zu warm (> 22°C April-Oktober), während eine deutliche Ausdehnung nach Norden in Europa sowie in Teilen von Asien und des Nordamerikanischen Kontinents möglich wäre (Abb. 13 oben). Während auf der Nordhalbkugel eine Ausdehnung in nördlichere Gebiete grundsätzlich erfolgen könnte, zeigt die gleiche Simulation, dass sich die für Weinbau geeignete Fläche auf der Südhalbkugel (Abb. 13 unten) verringern wird, da eine Ausdehnung nach Süden wegen fehlender Landmasse nur in Südamerika möglich ist (Schultz 2009).

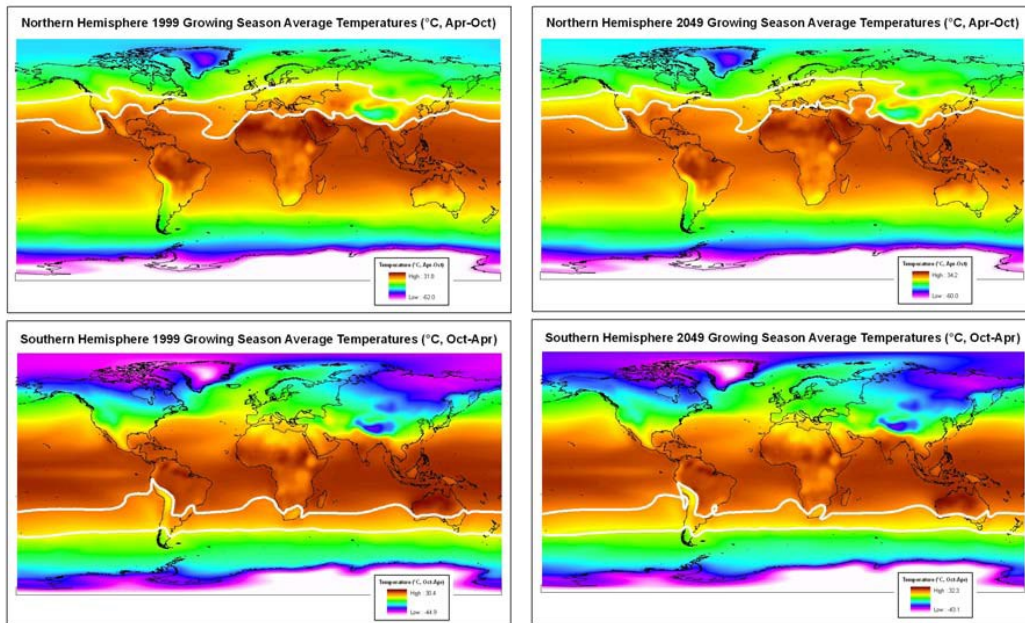


Abbildung 13: Veränderung der mittleren Temperatur der Vegetationsperiode auf der Nord- (oben) und Südhalbkugel (unten) zwischen 1999 (links) und 2049 (rechts) (Jones 2007)

## Weitere Problemfelder

### Wasserhaushalt von Rebstandorten

Flachgründige Böden, wie sie oft in Steillagen der Flusstäler anzutreffen sind, wie auch im Elbtal, neigen häufiger zu Problemen mit der Wasser- und Nährstoffversorgung. Diese Lagen zeigen häufig aufgrund ihrer Ausrichtung starke Einstrahlungswerte, unterliegen jedoch bei Starkregenereignissen erheblichen Wasserverlusten durch Oberflächenabfluss, verbunden mit Erosion. Verschiebungen in der Niederschlagsverteilung lassen die Bewässerung auch von Reben zu einem zunehmend relevanteren Thema werden. Hierbei ist z.B. auch zu beachten, dass die Aromausprägung weißer Rebsorten deutlich empfindlicher auf lange Trockenperioden reagiert, als dies bei roten Traubensorten der Fall ist. Die Bewässerung von Steillagen ist jedoch schwierig, da sie mit erheblichen Kosten, Energieaufwand und z.T. ungelösten Fragen der Wasserentnahme bzw. Wasserbevorratung verbunden ist. Um die Rentabilität einer solchen Maßnahme abzuschätzen, muss zunächst eine Risikoabschätzung vorgenommen werden, die sowohl die zukünftigen Veränderungen, als auch die Kosten (Infrastruktur, Wasser etc.) und den Nutzen einer solchen Maßnahme einbezieht. Hierbei geben nur kleinräumige Betrachtungsweisen wertvolle Hinweise für die zukünftige Risikoausprägung (Schultz 2009). Da im Weinbau Wassermangel bei weißen Rebsorten zur Ausbildung von Fehlparfüm führen oder auch hohe Ernteverluste verursachen kann, ist in Zukunft eine flächendeckende Abschätzung des Wasserhaushalts ganzer Weinbauregionen erforderlich (Schultz 2009).

### Erosion

Hinsichtlich der Erosionsproblematik führen zunehmende Intensitäten von Starkniederschlagsereignissen gerade in Steillagen z.T. zur erheblichen Bodenabträgen. Hiermit ist zum einen ein Verlust an fruchtbarem Boden verbunden, zum anderen aber auch Kosten die durch die Verlagerung des Materials in Wohngebiete, Straßen etc. und den Eintrag in Gewässer entstehen. Eine möglichst dauerhafte Begrünung oder Mulchbedeckung der Zwi-

schengebiete ist hier eine wirksame Maßnahme. Ergebnisse von Berthold (1994, vgl. Abb.14) belegen dies. Bei flachgründigen Steillagen wird jedoch oft der Wasserbedarf dieser Begrünung in Konkurrenz zu den Reben als Problem gesehen.

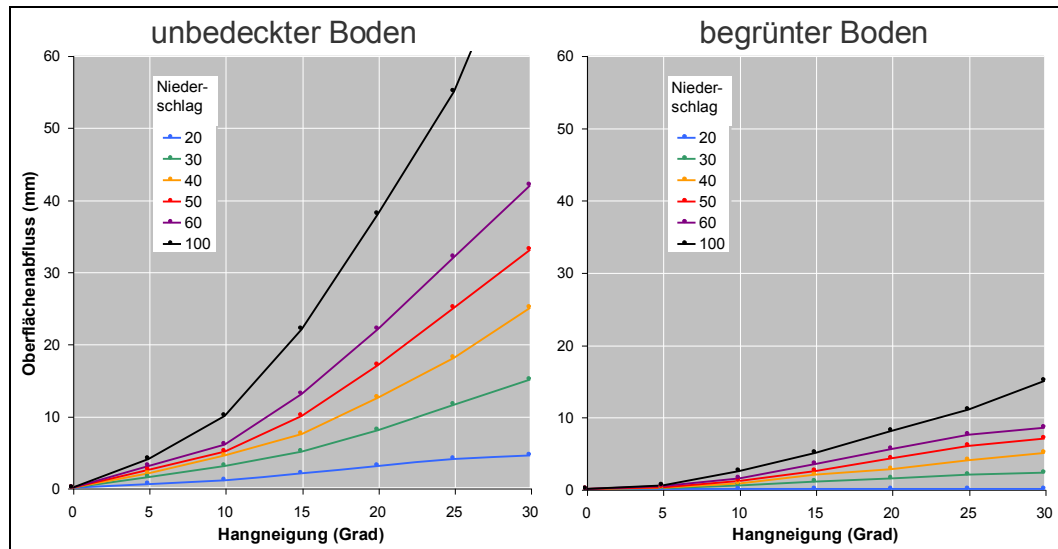


Abbildung 14: Einfluss der Zwischenbegrünung auf den Oberflächenabfluss in Abhängigkeit von der Hangneigung bei unterschiedlichen Niederschlägen (Berthold 1994)

### Veränderung von Weininhaltsstoffen

Untersuchungen von Schulz und Jones (2008) zeigen den Einfluss der Temperatur auf einige Weininhaltsstoffe. Gerade in der Zunahme des Zuckergehaltes, der Abnahme der Säuren (Wein- und Äpfelsäure) und der Veränderung der Aromen wird bei fortschreitendem Klimawandel ein Problem gesehen. Weiterhin wird befürchtet, dass durch zunehmenden Krankheitsdruck (z.B. pilzliche Schaderreger) Fehl aromen, wie Mäusel, Ethanolnote etc., zunehmen könnten.

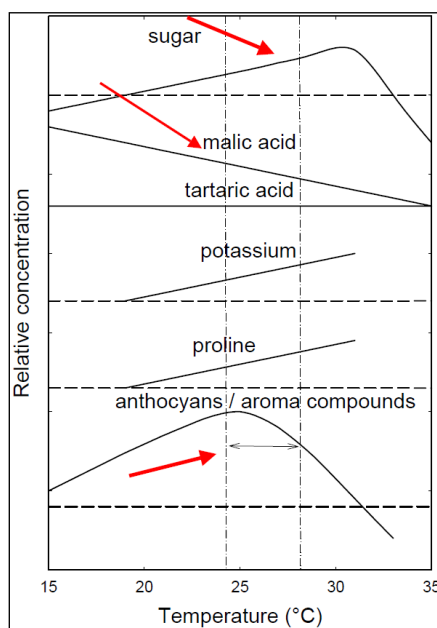


Abbildung 15: Einfluss steigender Temperaturen auf einige Weininhaltsstoffe (Schulz und Jones 2008)



## Literatur

- Amerine, M. A. & A. J. Winkler, 1944. Composition and quality of musts and wines of California grapes, *Hilgardia*, 15, 493-675.
- Bindi, M., L. Fibbi, B. Gozzini, S. Orlandini, and F. Miglietta (1996), Modeling the Impact of Future Climate Scenarios on Yield and Variability of Grapevine, *Clim. Res.* 7: 213-224.
- BRANAS J., BERNON G., and LEVADOUX L., 1946. Elements de viticulture generale. Imp. Deham, Montpellier (France). *Coombe & Dry 1988, 1989*
- Deutsches Weininstitut (2009): Die deutschen Weinanbaugebiete.  
[www.deutscheweine.de](http://www.deutscheweine.de)
- Fregoni, C. & S. Pezzutto (2000): Principe set premières approches de l'indice bioclimatique de qualité de Fregoni. *Progrès Agricole et Viticole*, 2000, 117 No. 18. Chaire de Viticulture – Université Catholique Sacro Cuore – Piacenza, Italy.
- Gladstones, J. (1992), *Viticulture and Environment*, Winetitles, Adelaide.
- HIDALGO, L.; 2002: *Tratado de Viticultura General*. Ediciones Multi-Prensa. Madrid.
- Huglin, P., 1978. Nouveau mode d'évaluation des possibilités heliothermiques d'un milieu viticole, *C. R. Academy of Agriculture in France* (111726).
- Huglin, P. (1986): Possibilités d'appréciation objective du milieu viticole. *Viticulture*. Institut National de la Recherche Agronomique, Colmar, France.
- Jones, G.V. (2007a): Climate Change: Observations, Predictions, and Potential Implications for the Wine Industry. Climate Change Science Conference. September 5-7, 2007.
- Jones, G.V. (2007b): Spatial Changes in Global Viticulture Zones.
- RIOU C, MORLAT R., ASSELIN C, 1995. Une approche integree des terroirs viticoles. Discussions sur les criteres de caracterisation accessibles. *Bull. ON*, 68, (767 - 768), 93-106.
- RIOU, C.; BECKER, N.; SOTES-RUIZ, V.; GÓMEZ-MIGUEL, V.; CARBONNEAU, A.; PANAGIOTOU, M.; CALO, A.; COSTACURTA, A.; CASTRO DE, R.; PINTO, A.; LOPES, C.; CARNEIRO, L.; CLIMACO, P. (1994): *Le Déterminisme Climatique de la Maturation du Raisin: Application au Zonage de la Teneur en Sucre dans la Communauté Européenne*. Office des Publications Officielles des Communautés Européennes, Luxembourg.
- Schultz, H. R. (2000), Climate change and viticulture: a European perspective on climatology, carbon dioxide, and UV-B effects, *Aust. J. Grape and Wine Res.* 6: 2-12.
- Schultz, H.R & G.V. Jones (2008): Warnsignal Klima. GEO series4.
- Schultz, H.R., M. Hofmann & G. Jones (2009): *Weinbau im Klimawandel: Regionen im Umbruch*. DWD Klimastatusbericht 2009.
- Simota, C. (2008): *Quantitative Assessment of some adaption measures to climate change for arable crops*. University of Utrecht.
- Statistisches Landesamt Sachsen (2009): *Rebflächen im Weinanbaugebiet Sachsen*.

- Stock, M., F. Badeck, F.W. Gerstengarbe, D. Hoppmann, T. Kartschall, H. Österle, P.C. Werner & M. Wodinski (2007): Perspektiven der Klimaänderung bis 2050 für den Weinbau in Deutschland (Klima 2050). PIK-Report 106.
- Stock, M. (2005), Klimaveränderungen fordern die Winzer - Bereitschaft zur Anpassung ist erforderlich; Geisenheimer Berichte, Band 57, 29-48.
- TONIETTO, J.; 1999: Les Macroclimats Viticoles Mondiaux et l'Influence du Mésoclimat sur la Typicité de la Syrah et du Muscat de Hambourg dans le Sud de la France: Méthodologie de Caractérisation. Thèse Doctorat. Ecole Nationale Supérieure Agronomique, Montpellier.
- WINKLER A., COOK J.A., KLIEWER W.M., and LIDER L.A., 1962. General Viticulture. University of California press, 543.

## Anhang