



Die globale Erwärmung hat nicht nur auf Gletscher und Niederschlagsverteilung ihre Auswirkungen.

## Veränderungen im Klima und mögliche weinbauliche Konsequenzen

Vortrag von Hans R. SCHULTZ, Fachgebiet Weinbau, Forschungsanstalt Geisenheim, anlässlich der 44. Südtiroler Weinbautagung in St. Michael-Eppan

Nicht erst seit dem außergewöhnlich warmen Jahr 2003 und nicht nur in Deutschland bzw. Europa werden mögliche Auswirkungen eines Klimawandels auf den Weinbau diskutiert. Langjährige Wetterbeobachtungen stützen die Vermutung, dass Veränderungen im Klima sich zunehmend ausprägen.

Die möglichen Auswirkungen auf die Anbaubedingungen, die weinbaulichen Maßnahmen und schließlich die Qualitätseinflüsse sind noch unklar und werden sich sicher regional unterscheiden. Nachfolgend werden die Grundlagen des Einflusses einer möglichen Klimaveränderung auf den Weinbau diskutiert.

### TEMPERATURANSTIEG

Die Ursachen für den in den letzten Jahren beobachteten Temperaturanstieg werden auf wissenschaftlicher Seite derzeit scharf diskutiert. Eine Fraktion führt die Veränderung auf die anthropogenen Einflüsse durch den Menschen zurück, die die Strahlungsflüsse zur Erde hin bzw. zurück

in den Weltraum nachhaltig beeinflussen. Hierzu tragen die steigenden Emissionen an Kohlendioxid ( $\text{CO}_2$ ), Methan ( $\text{CH}_4$ ), Stickoxiden ( $\text{N}_2\text{O}$ ), aber auch an bodennahem Ozon ( $\text{O}_3$ ) und Fluorkohlenwasserstoffen (FCKW) bei. Die andere Wissenschaftlerfraktion führt die derzeitige „Warmphase“ auf eine verstärkte Sonnenaktivität zurück. Niemand



Hans R. SCHULTZ.

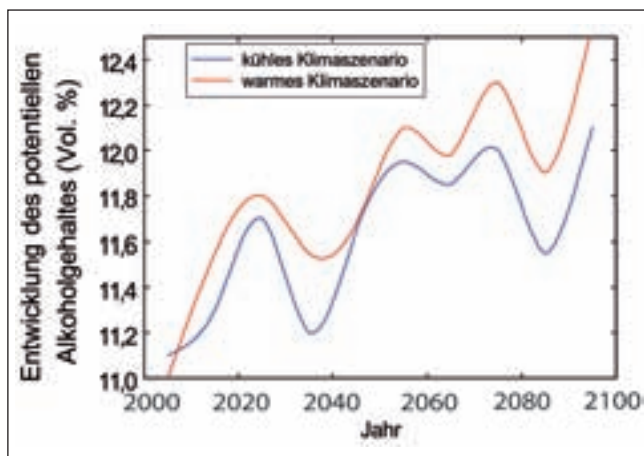
hingegen bestreitet, dass sich das Klima ändert und die Wahrscheinlichkeit, dass der Mensch etwas damit zu tun hat, wächst. Die Abschätzungen der weiteren Erwärmung durch Klimamodelle gehen von einer Zunahme der Temperatur bis zum Ende dieses Jahrhunderts um ca.  $1,5\text{ }^\circ\text{C}$  im Mittelmeerraum bis ca.  $4\text{ }^\circ\text{C}$  in Nordeuropa aus. Die neuesten Schätzungen des Intergovernmental Panels on Global Climate Change (IPCC) wurden sogar nach oben korrigiert (bis  $5,8\text{ }^\circ\text{C}$ ). Wetteraufzeichnungen bestätigen den anhaltenden globalen Trend und lokale Wetterdaten aus einzelnen deutschen Weinbauregionen zeigen deutlich Tendenzen zu höheren Temperaturen seit Beginn der Messreihen. So geht aus dem Klimastatusbericht des Deutschen Wetterdienstes für den Zeitraum 1866 bis 1998 bereits eine Erwärmung um durchschnittlich  $1\text{ }^\circ\text{C}$  hervor, weit mehr als der Unterschied zwischen einzelnen Weinbauregionen wie z.B. Geisenheim/Rheingau und Freiburg/Breisgau ( $0,4\text{ }^\circ\text{C}$ ). ▶

► Vor allem die neunziger Jahre waren überdurchschnittlich warm. Insgesamt fielen 9 der 10 wärmsten Jahre in den Zeitraum von 1995-2004. Weltweit war 1998 das wärmste (+0,55 °C), 2002 das zweitwärmste (+0,48 °C), 2003 das drittwärmste und 2004 das viertwärmste Jahr im Vergleich zum langjährigen Durchschnitt. Diese Erwärmung führt zu einer Veränderung der Anbaugrenzen für Reben. Vor allem die östliche Begrenzung durch bisherige starke Winterfröste wird sich verändern und das derzeitige Bild der Anbauregionen wandeln, da der erwartete Temperaturanstieg deutlich stärker für die Wintermonate (in etwa doppelt so hoch) als für die Sommermonate erwartet wird. Der als sicher

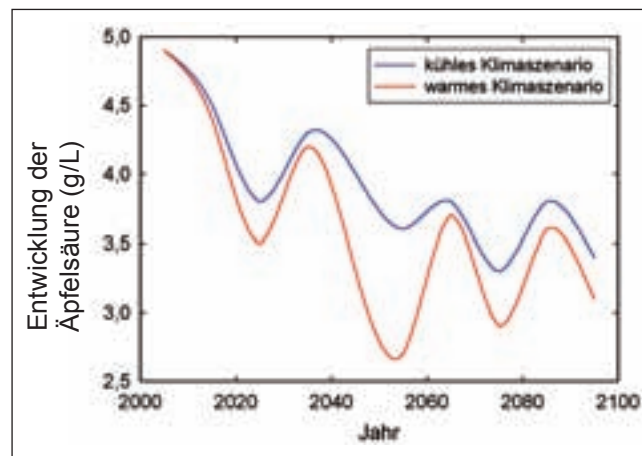
hat sich bereits 12 Tage nach vorne geschoben. Trotz früheren Austriebs wird sich das Spätfrostisiko vermindern. Von weinbaulicher Relevanz ist eine solche Verfrühung der Entwicklung vor allem für die Reifephase, die dann unter sehr viel höheren Temperaturen ablaufen wird, was die Inhaltsstoffbildung nachhaltig beeinflusst (siehe Grafiken 1 und 2). In Kalifornien geht man bereits von Einflüssen auf die Weinqualität aus, die vor allem auf den durchschnittlich wärmeren Nachttemperaturen beruhen sollen. In Europa wird die Erwärmung mittelfristig auch zu Verschiebungen im Sortenspektrum führen. Insgesamt wird die Anbaueignung von Sorten wie Merlot oder Cabernet Sauvignon erreicht wer-

ist. Basierend auf einer Klima-Studie von ENKE (2004) wurde in Geisenheim aus diesem Grunde die mögliche Entwicklung der Äpfelsäure und des potenziellen Alkoholgehaltes für die Sorte Riesling über die nächsten 100 Jahre simuliert (Grafiken 1 und 2). Die grundlegenden Klimaszenarien spiegeln auch die Variationen in der Klimaentwicklung wider, die in der Vergangenheit auftraten. Dadurch kommt es auch in den Simulationen zu kälteren und wärmeren Phasen. Insgesamt wird sich der potenzielle Alkoholgehalt erhöhen (Grafik 1) und die Säurewerte kontinuierlich abnehmen (Grafik 2). Die Frage, die sich daraus ergibt ist: Wird sich der Weintyp z.B. des Rieslings dadurch grundsätzlich verändern, da höhe-

Grafik 1: Vorhersage der Entwicklung des potenziellen Alkoholgehaltes bei der Sorte Riesling für den Standort Rheingau bis zum Jahr 2100.



Grafik 2: Vorhersage der Entwicklung des Äpfelsäuregehaltes bei der Sorte Riesling für den Standort Rheingau bis zum Jahr 2100.



einzuschätzende Temperaturanstieg verschiebt die potenziell möglichen Anbaugrenzen um 200 bis 400 km nordwärts und um 100 bis 150 m in die Höhe. Rebsorten aus dem mediterranen Gebiet können auch in Mitteleuropa angepflanzt werden. Ein Temperaturanstieg wird die phänologische Entwicklung der Rebe sowie die Sorteneignung nachhaltig beeinflussen. Die milderen Winter, Frühjahre und wärmeren Sommer werden den Vegetationsablauf beschleunigen. Bereits heute liegt der Austriebstermin in Geisenheim ca. 7 Tage früher als im Durchschnitt der letzten 40 Jahre, die Blüte beginnt 10 Tage früher und der Reifebeginn

den (Grafik 3) und die Produktion von Eiswein wird für die Erzeuger ein zunehmendes Risiko darstellen. Insgesamt wurde bereits durch Satellitenaufnahmen belegt, dass das Pflanzenwachstum und die Länge der Vegetationsperiode vor allem in den nördlichen Breiten > 45 °N stark zugenommen hat. Bereits der Jahrgang 2003 hat gezeigt, dass Klimaextreme auch eine politische Dimension im Weinbau haben können. So wurde in diesem Jahrgang zum ersten Mal eine Säuerung in den Ländern Österreich, Luxemburg und Deutschland erlaubt, eine Maßnahme, die sonst nur Südeuropäischen Ländern vorbehalten

re Temperaturen natürlich auch die Aromatik beeinflussen werden?

## NIEDERSCHLAGSVERTEILUNG ÄNDERT SICH

Gleichzeitig zum Anstieg der Temperaturen wird eine Veränderung der Niederschlagsverteilung erwartet. Die Tendenz ist zumindest für den Winter eindeutig. So werden dort deutlich mehr Niederschläge fallen. Beim Sommer ist die Richtung nicht ganz klar, doch geht hier die Tendenz zu geringeren Niederschlagssummen. Insgesamt werden mehr Starkregen fallen als bisher, was bei gleichbleibender Gesamtmenge niedrigere

Bodenwasserwerte durch höheren Oberflächenablauf bedeutet. Bereits die letzten 70 Jahre brachten starke globale Verschiebungen in den Niederschlagswerten. Die markantesten Veränderungen zeigten sich hier für Nord-Russland mit +20% Niederschlag und die afrikanische Sahelzone mit -20 bis -50% Niederschlag.

### AUSWIRKUNGEN AUF DIE BODENBEWIRTSCHAFTUNG

Selbst wenn die jährlichen Niederschlagswerte konstant bleiben, werden die Evaporations- bzw. Transpirationsraten durch die höheren Temperaturen der Ozean- und Landmassen steigen. Zur Zeit liegt die Evaporationsrate der Meeresoberfläche bei ca. 44.000 km<sup>3</sup>/Jahr. Wenn die derzeitige durchschnittliche Meerestemperatur von 11,5 °C um 1 °C ansteigen würde, wird die Evaporationsrate um 20% zunehmen und lokal zu höheren Luftfeuchtwerten und höheren Niederschlägen führen. Dies wird vor allem für küstennahe Weinbaugebiete prophezeit, während andererseits für Zentral- und Nordeuropa zunehmende Trockenheit prognostiziert wird. Dadurch wird sich das Bodenwassermanagement, vor allem in Trockenlagen, verändern müssen. Hier wird die Frage aufkommen, ob in manchen Lagen selbst eine Teilflächenbegrünung als Erosionsschutz, als Lieferant organischen Materials und als Grundlage der Mechanisierung risikofrei einsetzbar bleibt, oder ob dies nur in Kombination mit Bewässerung erfolgen kann. Dies ist ein zwiespältiges Problem, da einerseits Modellabschätzungen ein stark erhöhtes Erosionsrisiko belegen (z.B. für Spanien eine Zunahme der erosionsgefährdeten Flächen um 145.000 km<sup>2</sup>) andererseits Wasser ein noch knapperes Gut werden wird und auch weitgehend die Infrastruktur zur Bewässerung fehlt (z.B. Reservoirs). Das Bodenmanagement wird aber auch Veränderung dadurch erfahren, dass sich die Abbauraten von organischem Material erhöhen werden.

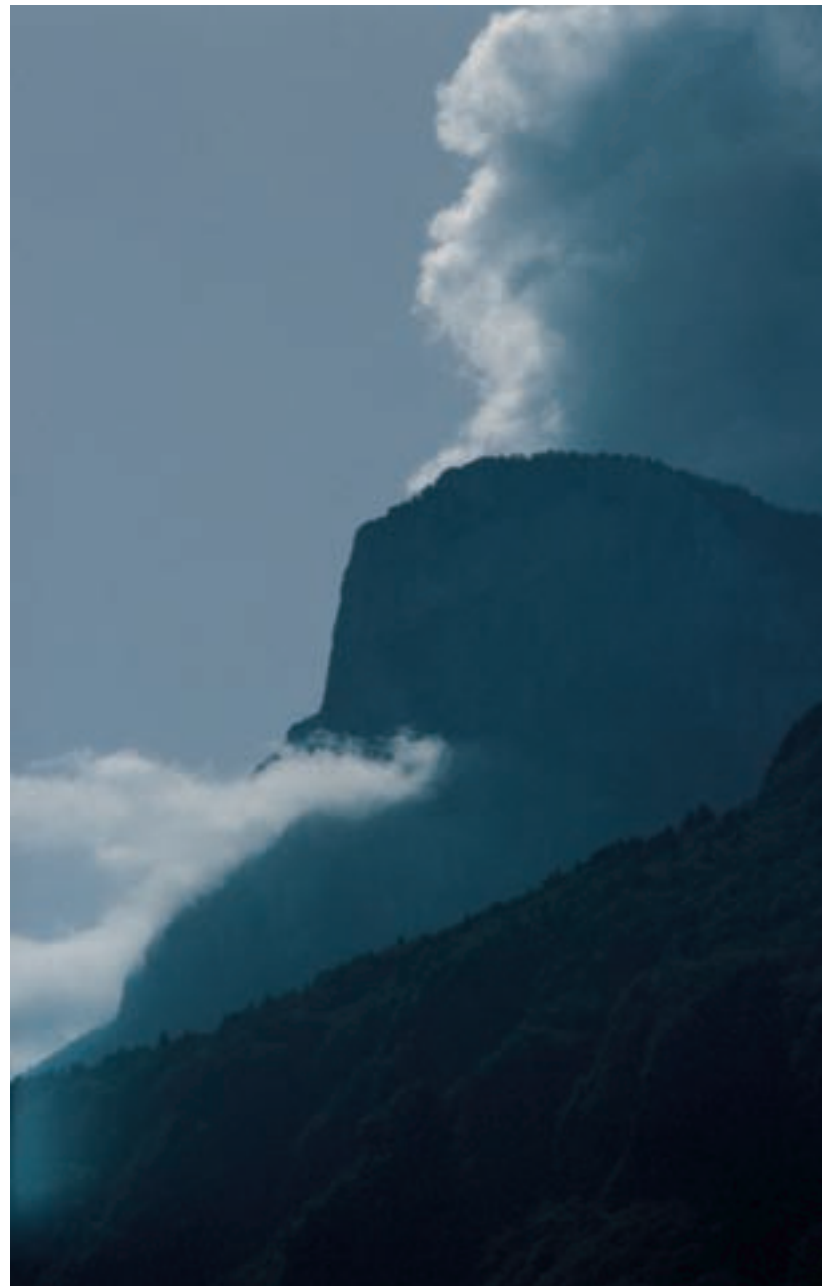
Dies wird eine Anpassung der Hu-

muswirtschaft erforderlich machen. Zusätzlich werden dadurch die Nährstoffauswaschungsraten wieder zunehmen und die ausreichende Nährstoffversorgung der Rebe im Sommer eventuell vermehrt über Blattapplikationen erfolgen müssen. Auch die Frage der Wahl der Unterlagen müsste unter diesen Klimasze-

ist mit diesen Unterlagen auch eine relativ starke Wüchsigkeit und damit Neigung zu höherer Krankheitsanfälligkeit verbunden.

### ZUNAHME DER CO<sub>2</sub>- KONZENTRATION

Die Temperaturentwicklung auf der



**Die letzten 70 Jahre brachten starke globale Verschiebungen in den Niederschlagswerten.**

narien dann neu aufgegriffen werden. Trockenresistente Unterlagen, deren Einsatzgebiet bisher nur auf Südeuropa begrenzt war, könnten sich als ein zusätzlich geeignetes Instrument zur Verhinderung größerer Trockenschäden erweisen. Allerdings

Erde war immer eng an den CO<sub>2</sub>-Gehalt der Atmosphäre gekoppelt (Treibhauseffekt). Dieser lag stabil über fast 5 Jahrhunderte bei ca. 270 ppm und fluktuierte in den letzten 420.000 Jahren zwischen 180 und maximal 300 ppm. Seit Beginn der ▶

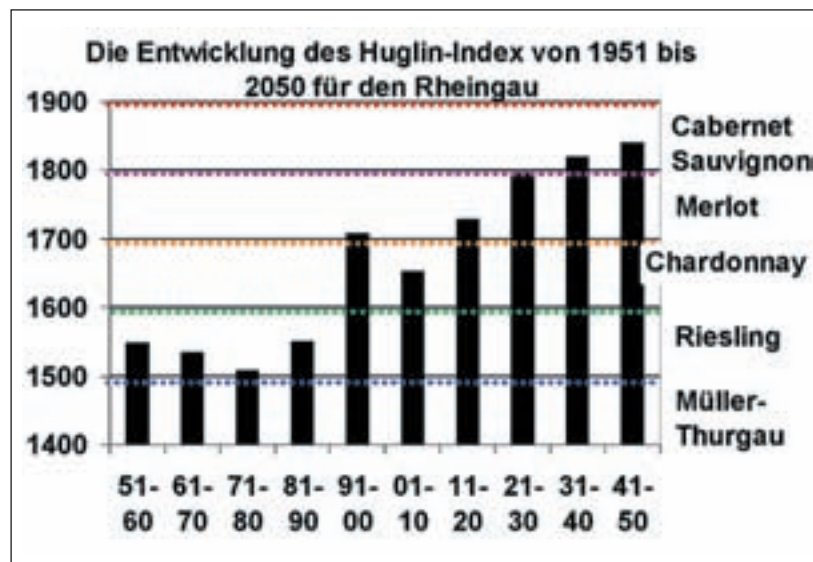
► Industrialisierung steigt die CO<sub>2</sub>-Konzentration in der Atmosphäre an. Die älteste direkte Messdatenreihe kommt vom Mauna Loa Observatorium in Hawaii, die 1954 begann. Die heutige Konzentration von ca. 370-375 ppm liegt mehr als 30% über den Vor-Industrie-Werten und bereits 20% über denen von 1954. Die Verwendung fossiler Brennstoffe wird die Konzentration weiter nach oben treiben auf geschätzte 540 ppm Mitte des Jahrhunderts. Ob dieser Anstieg langsamer oder schneller geht, hängt natürlich stark von der weiteren Entwicklung in der Politik ab.

Derzeit werden ca. 22 Tonnen/Jahr/Person in den USA verbraucht gegenüber ca. 0,7 Tonnen/Jahr/Person in Indien. Aber gerade die Staaten an der Schwelle zur Industrienation werden in Zukunft für die stärksten Steigerungsraten sorgen (für eine ausführliche Liste kann man die Datenbank des Carbon Dioxide Information Analysis Centre im Oak Ridge National Laboratory, Tennessee, USA, <http://cdiac.esd.ornl.gov> konsultieren).

Nur wenn die CO<sub>2</sub>-Ausstoßraten berücksichtigt werden, lässt sich der derzeitige Temperaturanstieg mit Modellen nachvollziehen. Neben dem indirekten Effekt auf die globale Temperaturentwicklung hat die CO<sub>2</sub>-Konzentration einen direkten Effekt auf das Pflanzenwachstum und die Assimilationsrate.

Die direkte Reaktion von Reben auf hohe CO<sub>2</sub>-Konzentrationen ähnelt denen von anderen vergleichbaren (sogenannten C<sub>3</sub>-Pflanzen) annualen und perennierenden Pflanzen, bei denen Steigerung der Photosyntheseleistung, Biomasseproduktion, Licht-, Nährstoff- und Wassernut-

Grafik 3: Vorhersage der Sorteneignung für den Standort Rheingau bis zum Jahr 2050. Der Huglin Index ist ein klimatischer Index, der die Tagesmittel und Tagesmaxima der Temperaturen unterschiedlich gewichtet und die Tageslänge berücksichtigt. Die klimatischen Grunddaten wurden vom Potsdamer Institut für Klimaforschung zur Verfügung gestellt.



zungseffizienz (Ressourceneinsatz/kg Biomasse) beobachtet werden. Zusätzlich „heizen“ noch andere Gase die Atmosphäre auf, wie z.B. Methan, N<sub>2</sub>O und Fluor-Kohlenwasserstoffe, deren Anstieg noch mal 67 ppm CO<sub>2</sub>-Äquivalent entspricht. Langzeitstudien deuten darauf hin, dass eine Verschiebung von vegetativer zu generativer Entwicklung eintreten könnte. Diese Reaktion führt zu einer proportional stärkeren Blattflächenentwicklung und damit zu einem potenziell noch höheren Wasserverbrauch.

### SCHÄDLINGSENTWICKLUNG

Es wird vermutet, dass die Ausbreitung verschiedener Rebschädlinge nach Norden durch Veränderung im

Klima mit begünstigt wurde. Zikaden, Esca, Eutypia oder Schwarzfäule waren vor 20 Jahren bei uns noch nahezu unbekannt, beim Traubenwickler wurde die bekreuzte Form nur in sogenannten „warmen“ Jahren angetroffen.

Die milden Winter sorgen für ein relativ großes Reinfektionspotenzial im Frühjahr durch Pilzsporen und die Generationenzahl bei Insekten nimmt zu.

Ein Beispiel aus jüngster Vergangenheit aus Kalifornien zeigt, dass durch eine Reihe von sehr milden Wintern sich starke Populationen an Insekten (Leafhopper) aufbauen können, die nach Norden wandern und dort zu Überträgern gefährlicher Rebkrankheiten wie z.B. der sog. Pierce's Disease werden.

