



NATUR
UND
MENSCH
2014

JAHRESMITTEILUNGEN

Titelthema:

„Biber – Die guten Geister des Wassers“

Foto Biber: @dfikar/Fotolia.com

Danksagung

Für Zuschüsse und Unterstützung zur
Herstellung der Jahresmitteilungen 2014
bedanken wir uns:



Gottfried Hofbauer

Stein und Wein – Erkenntnisorientierte Weinseminare an der NHG



Abb. 1: Diese Chardonnays aus Burgund sind nach stratigrafischen Einheiten benannt. Doch was kann es bedeuten, wenn ein Wein vom „Juraboden“ oder einem Boden aus dem „Portlandium“ kommt? Stratigrafische Ordnungsbe-
griffe sagen vorneweg nichts über Gestein und Boden aus.

1. Einleitung

Geologen sind es gewohnt, Mineralien mit dem Auge zu betrachten, auch wenn dabei oft noch Lupe oder Mikroskop zu Hilfe genommen werden. Der Mensch hat aber auch noch andere Sinne zur Verfügung. So lassen sich aus haptischen Wahrnehmungen zu Rauigkeit, Fettigkeit und Ritzhärte wichtige Information über Gesteine und Minerale gewinnen. Selbst das Geruchsvermögen kann mitunter eine Hilfe sein, denn es gibt durchaus Gesteine, die auch riechen.

Bei Gesteinen sind Gerüche meist von unangenehmer Art, denn sie stammen zumeist aus

nicht gänzlich verwesenen Rückständen von Organismen und enthalten daher Schwefelverbindungen. Es gab auch Bemühungen, solche Paläogerüche mittels chromatografischer Methoden zu systematisieren (SCHNITZER & SCHWAB 1975; SCHNITZER & BRUNNACKER 1978). Geht es um Geruchswahrnehmung, dann sind aus dem Wein kommende Aromen sicher in den meisten Fällen erfreulicher, handelt es sich hier ja nicht um Paläogerüche, sondern frische, erst von der Rebe aufgebaute Aromen. Obwohl Rieslinge bekanntlich auch Petrol-Noten aufweisen oder an Feuerstein erinnern können, sind es doch diese fruchtigen Aromen, die wir am Wein schätzen.

Wir müssen uns beim Wein auch nicht mit diesen für die Nase so interessanten aromatischen Verbindungen begnügen. Der Wein enthält Mineralstoffe, die er aus dem Boden aufgenommen hat, und es gibt Mineralien, die auch Geschmack haben. Eine Mineralwasserprobe führt schnell an den Punkt, an dem daran auch sensorisch kein Zweifel bestehen kann. Wieso also nicht auch beim Wein? Und so wie dieser die Minerale nur aus dem Boden aufgenommen haben kann, müssten sie diesen Boden wie dessen Ausgangsgestein auch in gewisser Weise repräsentieren.

Wenn im Zusammenhang mit Wein über Gestein, Boden, Mineralität oder *Terroir* gesprochen wird, dann sind das zweifelsohne auch Fragestellungen, zu denen sich die Geologie zu Wort melden kann. „Stein und Wein“ ist nicht nur wegen des Reims ein beliebtes Thema. Wenn eine geologische Tagung im Umfeld eines Weinanbaugebiets stattfindet, wird es sehr wahrscheinlich auch eine Exkursion geben, die den Böden und ihren Ausgangsgesteinen auch sensorisch nachzugehen versucht (etwa SITTLER 1995, SPIES 2014).

Die Beziehung zwischen geologischen Faktoren und dem Wein ist ein Dauerthema, das tatsächlich erst mit Entwicklung der Bodenkunde und modernen Analysetechniken ein Diskussionsniveau erreicht hat, in dem über manche dieser Fragen verlässlichere Aussagen gemacht werden können. So ist es heute möglich, anhand einer Multivarianten-Isotopenanalyse das Herkunftsgebiet von Lebensmitteln und auch Wein einzugrenzen (u.a. KLIMMEK 2003, BAUER 2008). Hinsichtlich der Sensorik scheint es in der Pfalz gelungen zu sein, zumindest in einigen Fällen auch eine Bindung des Rieslings an bestimmte Ausgangsgesteine festzustellen (SPIES 2014, FISCHER & BAUER 2006, BAUER 2008; weitere Fälle in HOPPMANN 2010).

Der erste Impuls, Weine in den Fokus auch der geologischen Aktivitäten an der NHG zu stellen, kam allerdings unerwartet bei einer Exkursion in Burgund. Mit stratigrafischen Bezeichnungen etikettierte Weine führten uns zu einem Winzer bei Chablis, in dessen Souterrain unserer Erwartungen – zumindest auf den ersten Blick – mehr als erfüllt wurden: ein freigelegter Ausschnitt aus der natürlichen Gesteinsabfolge, Geologische Karten und mehrere Profile sind die Ausstattung, die ein Geologe von einem Winzer erwartet, der das Thema „Terroir“ ernst nimmt.

Die Bereitwilligkeit, den Ausführungen der charmanten Sprecherin des Weingutes zu folgen, war entsprechend groß. Die Zusammenhänge zwischen Gestein, Wein und Boden erschienen uns anfangs durchaus einleuchtend. Die Rebe wurde uns als eine Pflanze geschildert, die mit ihren Wurzeln mehrere Meter tief in die Klüfte des Gesteins einzudringen vermag, um ihm insbesondere dort die Mineralen abzurufen, die am Ende seine auch sensorisch wahrnehmbare, besondere Note ausmachen.

Doch dann kam das, was manche als „Knackpunkt“ bezeichnen würden: Fossile Muschelschalen aus grobspätigen Calcit sollten der Grund für eine besondere Geschmacksnote des darauf wachsenden Chardonnays sein! Muss es dem Wein nicht völlig gleichgültig sein, aus welchen Bereichen oder Partikeln des Gesteins er sein Calcium bezieht? Und muss nicht jedes Calcium ungeachtet seiner Herkunft die gleichen chemischen und sensorischen Wirkungen hervorrufen? Und lassen sich Mineralien im Wein wirklich schmecken?

2. Was ist „Terroir“?

Der Begriff *Terroir* stammt aus Frankreich und ist von „*terre*“ abgeleitet. *Terroir* kann schlechthin einfach nur „Gegend“ bezeichnen. Die Sprechweise „den Geschmack einer Gegend“ wahrnehmen zu können – *avoir un*

gout de terroir... –, könnte zur Verselbstständigung des Begriffs im heutigen Sinne der Weinkultur geführt haben: Das Terroir ist nun ein Substantiv und als solches ist es vor einigen Jahren in Deutschland und damit auch in Franken angekommen (HOPPMANN 2010).

Nun ist Franken eine Region, in der „Terroir“ traditionell schon vor dem modischen Aufblumen dieses Begriffs eine gewisse Bedeutung hatte: dass „Muschelkalk-Wein“ sensorisch von einem „Keuper-Wein“ unterschieden werden kann, war vor allem in Hinblick auf den Silvaner schon eine lange gepflegte Ansicht. Mit der Übernahme des „Terroir“-Begriffs hat sich die Verwendung geologischer Termini in der Beschreibung und Vermarktung gerade in Franken wesentlich verstärkt. Ausdrücklich werden nun auch auf Etiketten „Weine vom Muschelkalk“ hervorgehoben, oder Winzer

schließen sich zu einer „Trias“ genannten Vermarktungsgruppe zusammen (<http://www.trias-frankenwein.de>). Inzwischen gibt es sogar ein als „terroir-f“ genanntes Marketingkonzept, das „magische Orte“ des fränkischen Weins ausweist (<http://www.frankenweinland.de/erlebnis/terroir-f>)!

Das *Terroir* wird benutzt, zugleich aber auch sein Geheimnis gepriesen. Mythos lebt bekanntlich vor allen von Wissenslücken. Es gibt nicht mal einen Konsens darüber, welche Faktoren überhaupt welche Relevanz für das Terroir haben sollten. Ist *Terroir* vielleicht nicht mehr als eine gebietsspezifische Erzeuger- und Marketingstrategie, auf die hin ein Produkt getrimmt wird?

Strenge Auslegung bezieht ihn hingegen nahezu ausschließlich auf den geologischen Untergrund, den darauf entwickelten Böden und die lokalen oder regionalen klimatischen Bedingungen. Andere gehen soweit, den Kel-



Abb. 2: Im Keller des Winzers sind die Jura-Gesteine freigelegt. Eine solche Referenz auf das Ausgangsgestein freut den Geologen. Aber wenn es öfters so regnen würden wie an jenem Tag, würde der Weinbau ungeachtet der jurazeitlichen Kalk-Mergel-Wechselagen bald zum Erliegen kommen.

Vom Stein zum Wein

Schwefelung

Zugabe von SO_2 bzw. Kaliumdisulfit $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_5$

Chemische Entsäuerung?

Ausfällung von Weinsäure
bzw. Wein- + Apfelsäure

Malolaktische Gärung?

Biologischer Säureabbau durch
Milchsäuregärung

Gärung

Mostgärung (Tank, Fass) oder Maischegärung?
Zuchthefen oder Spontangärung mit Naturhefen?

Maischen

Entrappung?
Standzeit

Rebe

entnimmt Minerale aus der Bodenlösung,
baut daraus organische Gewebe, Säuren,
Zucker und Aromate (v.a. Ester, Phenole)

Bodenwasser

Pflanzen können Nährstoffe nur aus
wässriger Lösung aufnehmen
nicht alles in den Boden gelangte
Niederschlagswasser ist pflanzenverfügbar

Boden

der oberste, belebte Teil der Erdkruste
seine Qualität wird nicht allein durch den
Mineralgehalt, sondern noch wesentlicher
von seiner physikalischen Struktur bestimmt
(Korngröße, Gefüge, Wasserrückhaltevermögen)
tief umgearbeiteter Weinbergboden: Rigosol

Minerale

Feldspat Glimmer > K, Na, Ca
Kalkstein > Ca Dolomit > Ca, Mg
Gips > Ca, SO

Gestein

natürliche Gemenge aus Mineralen
oder Bruchstücken von
Mineralen oder anderen Gesteinen
Fest- oder Lockergesteine

Formation

lithostratigrafische Ordnungsbegriffe

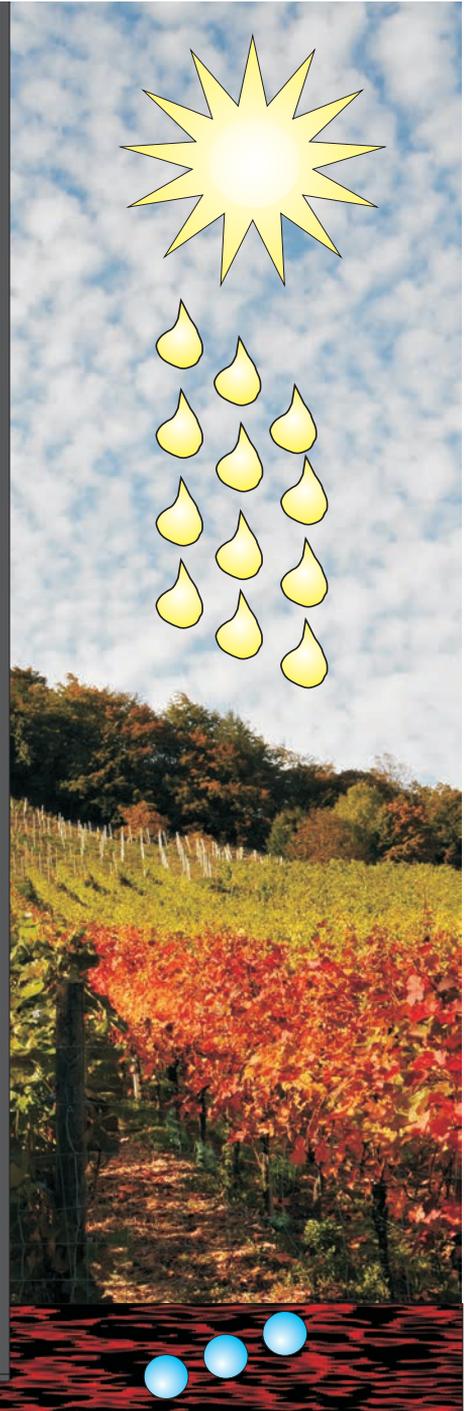


Abb. 3: Vom Gestein zum Wein – das ist mehr als nur ein Schritt. Was am Ende an Mineralien im Wein bleibt, wird auch durch keller technische Verfahren mitgestaltet.

ler des Winzers mit seinem spezifischen Mikrobenleben dazu zu zählen, was wiederum dann eine Rolle spielen könnte, wenn die Weine nicht mit Zuchthefen, sondern „spontan“ mit den auf den Trauben oder im Keller lebenden Hefen vergoren werden.

Im folgenden werden mögliche Beziehungen zwischen Gestein und Wein vom Standpunkt der Geologie aus unter die Lupe genommen. Der Weg der Minerale vom Ausgangsgestein in den Wein ist ein mehrstufiger, und auch nach der Ernte gibt es noch Möglichkeiten, auf den Mineralgehalt des Weines Einfluss zu nehmen (zur Übersicht siehe Abb. 3). Danach sollen auch Ergebnisse der im Rahmen der NHG-Seminare durchgeführten Weinproben vorgestellt werden und die Frage nach möglichen sensorischen Beziehungen nach dem aktuellen Erfahrungsstand diskutiert werden. Am Ende wird deutlich, dass es gerade im Vergleich zu Weinen aus einer anderen Region deutlich wird, dass es tatsächlich ein bestimmtes Franken-Terroir zu geben scheint.

3. Von der geologischen Formation zur Rebe

3.1. Formationsbegriffe sind abstrakte Ordnungsbegriffe

Aus Sicht der Geologie erscheinen Zuordnungen wie „Weine vom Muschelkalk“ oder „Keuperwein“ zu allgemein, um Sinn zu machen. Zu allgemein, weil solchen Formationsbegriffe oft nur sehr eingeschränkt tatsächlich das unter den Reben stehende Gestein zu charakterisieren vermögen.

Begriffe wie *Muschelkalk* oder *Keuper* sind nach dem heutigen geologischen Verständnis keine Gesteinsbezeichnungen, sondern Ordnungsbegriffe für lithostratigrafische Einheiten. Dabei geht es darum, konkrete Gesteinsabfolgen gegen andere abzugrenzen,

ihren Umfang und ihre Verbreitung zu definieren. Aus diesem Motiv heraus hat man schon früh in der Geschichte der Geologie nicht nur an die Gesteinsausprägung orientierte Bezeichnungen gewählt, sondern häufig auch lokalitätsbezogene Namen. Letzteres hat Vor- und Nachteile. Der Nachteil ist der Verlust einer an eine Gesteinsausprägung gebundene Vorstellung: angesichts eines Begriffs wie Muschelkalk denken wir natürlich an Kalksteine mit Muschelfossilien, bei Buntsandstein an bunte Sandsteine. Mit dem Begriff Keuper könnten wir entsprechende Assoziationen verknüpfen, wenn uns die Bedeutung dieses fränkisch-mundartlichen Begriffs klar wäre: als Keuper werden bunte Tonsteine bezeichnet, so wie sie in unserem Raum im „Gipskeuper“ besonders charakteristisch sind (zur Etablierung des stratigrafischen Begriffs Keuper siehe NITSCH 1996). Der – aus unsere Sicht jedoch nur schwache – Vorteil besteht darin, dass damit Fehlinterpretation ausgeschlossen werden, die von gesteinsbezogenen Bezeichnungen ausgehen – nicht alle Gesteine im Muschelkalk sind Kalk.

Der Umstand, dass bei uns in Franken Buntsandstein, Muschelkalk und Keuper in einer auch von den Gesteinen gut treffenden Weise repräsentiert werden, ist vor allem dadurch bedingt, dass diese drei Begriffe tatsächlich bei uns in Süddeutschland genau anhand dieser Gesteine geprägt und zugleich auch zur Einheit Trias zusammengefasst wurden (ALBERTI 1834). Schon in Mitteleuropa sind Buntsandstein und Keuper in mancher Hinsicht anders entwickelt, und wenn wir in den Alpenraum gehen, haben die Umweltbedingungen in der Zeit der Trias eine weitgehend anders aufgebauten Gesteinsfolge hervorgebracht. Daher wird dort die Trias auch nicht mehr in Buntsandstein, Muschelkalk und Keuper, sondern in andere Untereinheiten – Skyth, Anis, Ladin, Karn, Nor, Rhät – gegliedert.



Abb. 4: Am Schwanberg endet der Weinbau an der Basis des Schilfsandstein, dessen Basis entlang des Wegs rechts gut erschlossen ist.



Abb. 5: Nahansicht der Grenze Estheriensichten-Schilfsandstein am Schwanberg; zur Position vgl. Abb. 4, ganz am hinteren Ende des Weges. Die Estheriensichten bestehen hier aus grünlich-bläulichen Tonsteinen



Abb. 6: Am Roten Berg bei Weimersheim zieht der Weinbau über die Formation des Schilfsandsteins hinweg bis an das Dach der Lehrbergschichten hinauf. Der „Schilfsandstein“ ist hier als feinsandig-tonige Wechselfolge ausgebildet und nur von geringer Mächtigkeit.

Der abstrakte Charakter der Ordnungsbegriffe der Trias würde uns demnach deutlicher werden, wenn wir uns in Trias-Gesteinen außerhalb der deutschen Trias bewegen würden. Dort würde die Trias vielleicht auch keine „Dreiheit“ sein, sondern aus anderen, möglicherweise auch viel mehr unterschiedlichen Untereinheiten bestehen – wobei die Abfolge aber auch dann noch immer unter „Trias“ zusammengefasst werden würde.

Das lithostratigrafische Ordnungssystem ist hierarchisch strukturiert, wobei jede Ebene eine eigenes Bezeichnungsmuster hat. In der aktuellen Praxis entspricht die Bezeichnung „Trias“ der Gliederungsebene eine *Supergruppe*, darin wären Buntsandstein, Muschelkalk und Keuper einzelne *Gruppen*, den im Keuper u.a. enthaltenen Gipskeuper könnte man als *Subgruppe* zusammenfassen. Die traditionellen Myophorien- und Estheri-

enschichten werden neuerdings als Grabfeld-*Formation* zusammengefasst. Darin kann man weiter einzelne konkrete *Lagen* oder *Bänke* ausgliedern (wie etwa die dolomitische Bleiglanzbank oder die Corbula-Acrochordus-Bänke).

Eine solche akademisch korrekte Begriffsanwendung in unserem Zusammenhand aber nicht nötig. Es genügt zu sehen, dass Bezeichnungen wie Buntsandstein, Muschelkalk und Keuper nur eingeschränkt die tatsächlichen Gesteine repräsentieren. Werden wir konkreter und gehen eine oder zwei Gliederungshierarchien nach unten, dann wird die gesteinskundliche Prägnanz natürlich immer deutlicher. Aber selbst auf der Ebene von Formationen und Subformationen gibt es in Hinblick auf die tatsächlich vorkommenden Gesteine noch immer erhebliche Spielräume.

So ist der Schilfsandstein – in jüngster Zeit als *Stuttgart-Formation* bezeichnet – meist als feinkörniger, meist grünlicher Sandstein entwickelt. An vielen Weinbergen der Keuperstufe bildet er durch seine massive Erscheinung einen auffälligen Sims. Wo der Schilfsandstein in dieser Weise ausgeprägt ist, bildet er in der Regel zugleich auch die Obergrenze des Weinbaus – am Schwanberg kann das besonders gut beobachtet werden. Hingegen zieht die Weinbaufläche am *Weimersheimer Roten Berg* von dem in den Estherienschiechten gelegenen Weinberg-Hangfuss über den Bereich des Schilfsandsteins hinauf bis an die Oberkante der Lehrbergschichten. Die Formation des Schilfsandsteins ist hier als geringmächtige, feinsandig-tonige Wechsellagerung entwickelt, die keine erkennbare Geländevertiefung zu verursachen vermag. So ziehen die Reben gleichförmig den Hang bis nahe der Geländeoberkante an der Grenze Lehrbergschichten/Blasensandstein hinauf. Ähnlich ist die Situation am Handthaler Stollberg.

Der Muschelkalk wird traditionell in einen Unteren, Mittleren und Oberen Muschelkalk untergliedert. Nun ist der Mittlere Muschelkalk aber nicht als Kalkstein entwickelt. Die so bezeichnete Abfolge besteht vor allem aus Ton- und Mergelsteinen, Kalk- und Gipslagen sind untergeordnet eingelagert. Das Gestein gleich somit mehr den Gipskeuper-Abfolgen als einer eigentlichen Kalkstein-Sequenz, wie sie der Untere und Obere Muschelkalk darstellen. Die Verwitterungsanfälligkeit seiner Gesteine fördert die Entstehung tiefgründiger Böden, was die Wasserversorgung der Reben auch an trockenen Standorten begünstigt. Eine bekannte Lage dieser Art ist der *Würzburger Stein*.

Ein letztes bemerkenswertes Beispiel gibt uns der *Homburger Kallmuth* – ein im oberen Buntsandstein angesiedelte Lage an einem Prallhang des Mains. Der Obere Bunt-

sandstein besteht nur untergeordnet aus Sandsteinen. Besonders sein oberer Abschnitt wird von mächtigen roten Tonsteinen aufgebaut (dem als Oberes und Unteres „Röt“ bezeichneten Einheiten). Auch diese Tonsteine haben also wenig mit „Sandstein“ zu tun, eher sind sie den Gesteinen des Gipskeupers ähnlich.

3.2. Die Gesteine

Erst auf der Ebene der gesteinskundlichen Klassifikation werden die Begriffe in der Sache verlässlicher: Ein Kalkstein ist ein Kalkstein, ein Sandstein ein Sandstein usw. Die Spielräume haben sich jetzt verlagert: die Korngröße oder Kornsortierung des Sandsteins kann schwanken und erhebliche Unterschiede hinsichtlich Verwitterung und Bodenbildung mit sich bringen. Die Kalke können sehr rein sein, oder aber auch mehr oder weniger Tonanteile aufweisen und so Übergänge zu Mergeln bilden. Dazwischen können mehr oder weniger umfangreich Tonlagen eingeschaltet sein.

Die Gesteine des Gipskeupers (modern: Grabfeld-Formation) sind überwiegend dolomitische, schluffige Tonsteine; darin eingelagert finden wir aber Dolomit- und Gipslagen. Gerade der Gipskeuper zeigt so eine erhebliche petrografische wie mineralogische Vielfalt. Teil des Gipskeupers ist allerdings auch der Schilfsandstein (nun: Stuttgart-Formation), der die tonige Ausprägung des Gipskeupers mit massiven Sandsteinen unterbricht. Wir haben oben gesehen, wie der Schilfsandstein wiederum selbst nicht immer in dieser Weise ausgeprägt ist.

Wir können hier nicht alle Gesteine unter den fränkischen Weinbergen systematisch abhandeln. Hier ging es nur darum zu zeigen, worin der Unterschied zwischen Formations- und Gesteinsbezeichnungen besteht.

Schichtstufenformen und Weinbau an der Keuperstufe

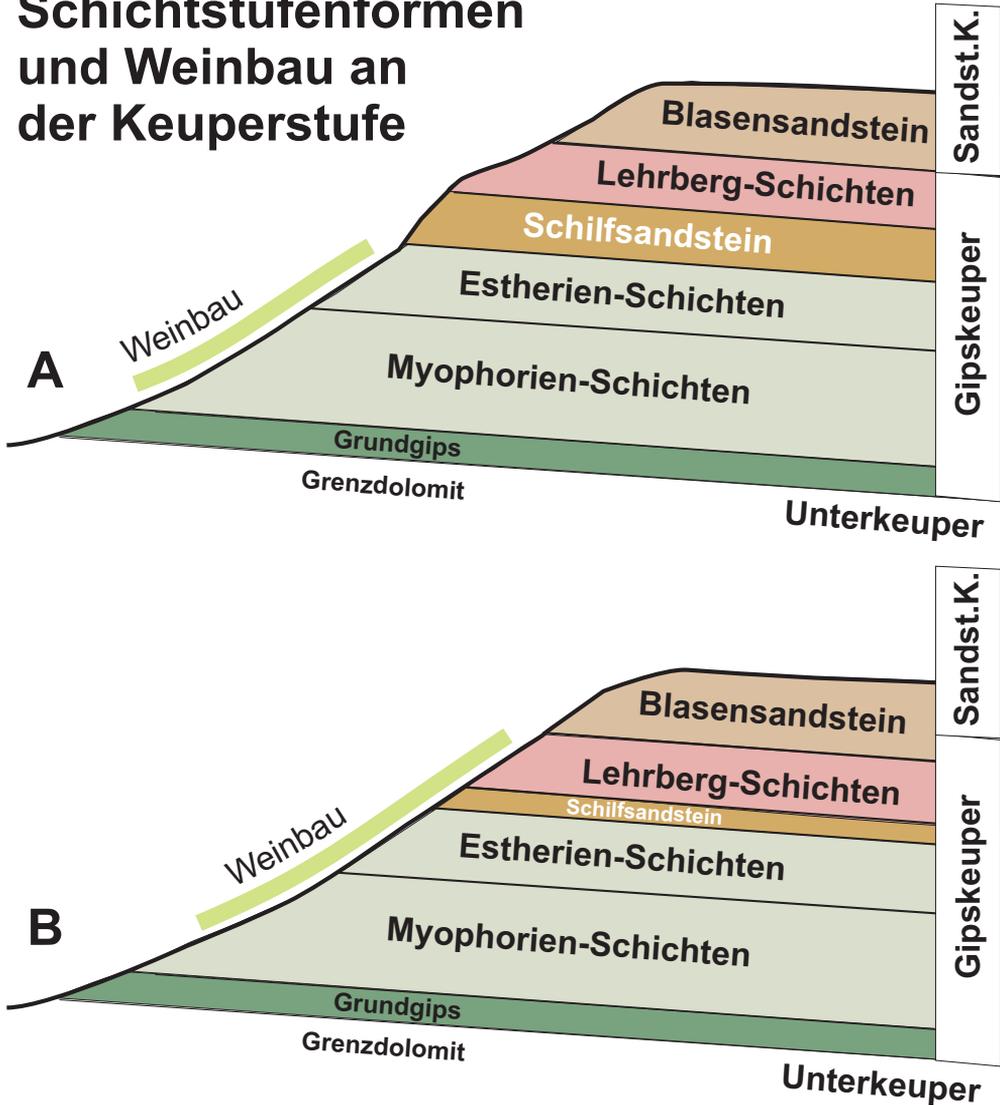


Abb. 7: Die unterschiedliche Ausprägung des Schilfsandsteins (heute: Stuttgart-Formation) bestimmt, wie weit der Weinbau an der Keuperstufe den Hang hinaufzieht.

3.3. Deckschichten

Oft sind die Gesteine des geologischen Untergrundes aber gar nicht das eigentliche mineralische Substrat der Reben. Gerade Hanglagen sind besonders anfällig für oberflächliche An-, Über- und Umlagerungsprozesse: Hangabschwemmung, Frostschuttkriechen

oder breiartiges Bodenfließen während der letzten Kaltzeiten, Anlagerung von Löss oder Flugsand. Ein Teil dieser aus Lockersedimente bestehenden Oberflächenablagerungen stammt aus tonigen Verwitterungsrückständen der Gesteine selbst, oder aber von Gesteinen, die weiter oben im Hang liegen.



Abb. 8: Der Homburger Kallmuth ist einer der großen Lagen Frankens. Formal liegt der Weinberg im Oberen Buntsandstein, gesteinskundlich handelt es sich aber vorwiegend um rote Tonsteine, die den Gesteinen des Gipskeupers recht ähnlich sind. Die Grenze des Buntsandstein zum Muschelkalk liegt etwa in der Mitte des Hanges und ist durch den Farbwechsel des Bodens gut zu erkennen.



Abb. 9: Der „Gipskeuper“ hat seinen Namen von den vielfach eingelagerten, oft aber auch nur geringmächtigen und unzusammenhängenden Gipsvorkommen. Hier eine weiße Fasergips-Lage in den grünlichen Estherienschiefer (Lok. Abtswind, unterhalb der Aussichtsplattform).

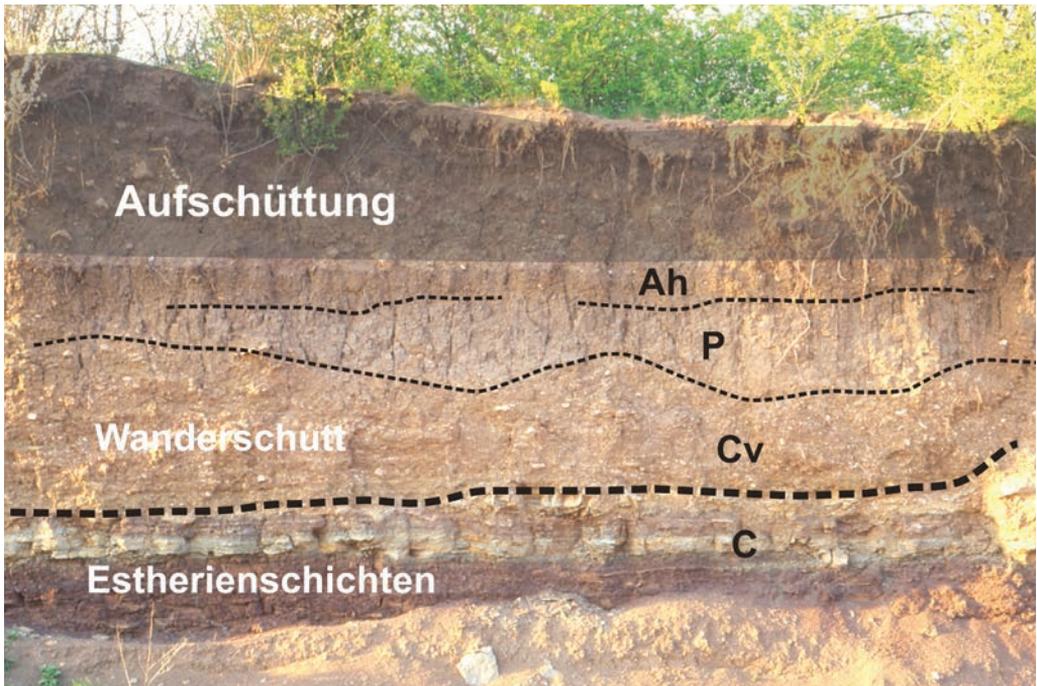


Abb. 10: Das im Untergrund anstehende Gesteins wird häufig von jungen Lockersedimenten überzogen, die sich mehr oder weniger stark vom Untergrund unterscheiden können. Hier ist durch eiszeitliches Bodenfließen eine lehmige Masse mit groben Stücken aus Dolomit und Sandstein („Wanderschutt“) über den Estheriensschichten zu liegen gekommen. Die Bodenbildung – ein durch Prismengefüge gekennzeichnetes Pelosol (P) – geht bisher nicht über den Wanderschutt hinaus in die Tiefe.

Geithänge an den Mainschleifen können von sandig-kiesigen oder lehmigen Aufschüttungen des Main geprägt sein.

Solche Decksedimente können den Charakter des Ausgangsgesteins erheblich verändern, und das durchaus auch zu seinem Vorteil. Vor allem tonreiche, schwere Böden profitieren von der Einlagerung von Sand oder auch Grobschutt, so wie umgekehrt durchlässige Substrate wie Sand- oder Kalkstein vom lehmigen, die Durchlässigkeit einschränkenden Überlagerungen profitieren können.

3.4. Die Mineralien

Während die Vielfalt der Gesteine groß ist, gilt das für die gesteinsbildenden Mineralien keineswegs. Tatsächlich sind nur wenige Minerale, die die Hauptkomponenten der Ge-

steine ausmachen, und wenn wir deren Bausteine – die chemischen Elemente – ins Auge fassen, wird die Welt noch einfacher.

Feldspäte haben die Formel $KAlSi_3O_8$ oder $NaAlSi_3O_8$, mit allen Übergängen im Ca/Na-Verhältnis bis zum Endglied $CaAl_2Si_2O_6$. Feldspäte sind die häufigste Mineralgruppe der Erdkruste und wesentlicher Gemengeteil in Graniten und vielen Sandsteinen, in denen sie neben dem in den in der Regel dominierenden Quarz SiO_2 Anteile einnehmen können.

Wenn Gesteine Minerale an den Boden oder an Pflanzen abgeben, dann wird das stets nur in wässriger Lösung möglich sein. Dabei kommt es zur Aufspaltung der Minerale in die positiv geladenen Kationen – hier K^+ , Na^+ und Ca^{2+} – und einen negativ geladenen Anionkomplex aus Aluminium-Silikat.

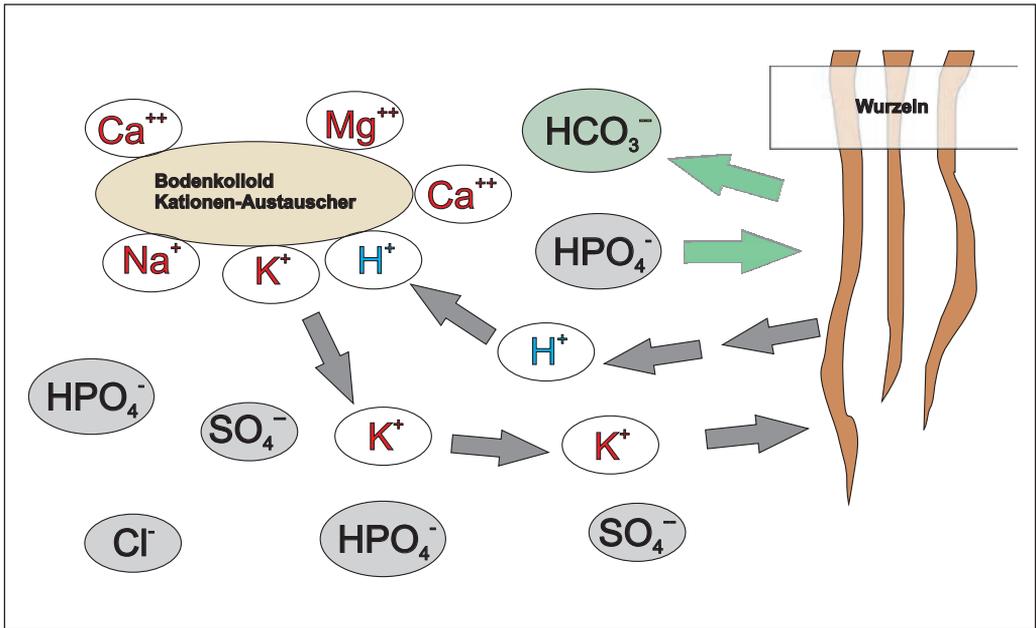


Abb. 11: Die Minerale gehen nicht direkt vom Gestein in die Pflanze über. Positiv geladenen Teilchen (Kationen) wandern in der Bodenlösung zu den als Kationenaustauscher funktionierenden Bodenteilchen. Von dort werden sie von der Pflanze her gegen ein Wasserstoff-Ion getauscht. Diese Art der Mineralaufnahme ist nur bei ausreichende Bodenfeuchtigkeit möglich.

Für die Pflanzen sind als Nährstoffe vor allen die Kationen von Bedeutung. Die Anionen-Komplexe des Feldspates können hingegen zu Tonmineralen umgewandelt werden.

Tonminerale sind umgebaute Aluminium-Silikat-Komplexe, die aus Wasser OH-Gruppen aufgenommen haben. Ein bekanntes Tonmineral ist *Kaolinit* $Al_4 [Si_4O_{10}] (OH)_8$. Häufigstes Tonmineral unter unseren gegenwärtigen klimatischen Verhältnisse ist aber der *Illit* $KAl_4 [Si_7AlO_{20}] (OH)_4$. Nun hat Illit mit dem K^+ einen für pflanzliches Wachstum bedeutendes Element, aber die Bedeutung des Illits und der meisten Tonminerale (allerdings nicht des Kaolinit!) besteht weniger darin, dass sie in wässriger Umgebung dieses eine Kation abgeben können. Was diesen Tonmineral-Typus so bedeutend macht, ist die Fähigkeit, an ihre wegen des schichtartigen Aufbaus relativ großen Oberfläche flexibel zahlreiche, in der Umgebung frei gewor-

dene Kationen einzufangen und anzulagern. Diese Kationen können dann bei Bedarf über das Bodenwasser an die Pflanze abgegeben werden: die Pflanzenwurzel gibt ein Wasserstoffion H^+ ab und tauscht dies mit der Tonmineral z.B. gegen ein K^+ .

Diese Fähigkeit zum Kationenaustausch macht die Tonminerale für den Boden so wichtig: sie verhindert, dass aus anderen Mineralien frei gewordenen Kationen sofort ins Grundwasser abgeführt und damit den Pflanzen als Nährstoff verloren gehen. Die Kationen-Austausch-Kapazität (KAK) ist daher eines der wichtigsten, die Qualität eines Bodens widerspiegelnde Größe. Neben den Tonmineralien haben auch Huminstoffe das Potential zum Kationenaustausch: Humus ist somit nicht einfach „organischer Dünger“, sondern zugleich auch ein Element, das zur Verbesserung des Nährstoff-Managments beiträgt.

Weiter häufige Minerale sind die Glimmer. Der auch als Hellglimmer bezeichnete Muskovit $K_2Al_4[Si_6Al_2O_{20}](OH,F)_4$ hat eine den Tonmineralen ähnliche Struktur (OH-Gruppe, schichtförmiger Aufbau) – Glimmer verwittern daher besonders rasch zu Tonmineralen. Während Hellglimmer wiederum nur K^+ als Nährstoff abgeben kann, hat der dunkle Glimmer (Biotit)

$K_2(Mg,Fe^{2+})_{6-4}(Fe^{3+},Al,Ti)_{0-2}[Si_{6-5}Al_{2-3}O_{20}](OH,F)_4$ auch Eisen (Fe^{2+} , Fe^{3+}) und Magnesium (Mg^{2+}) abzugeben.

Betrachten wir die drei weitesten verbreiteten Ausgangsgesteine im fränkischen Weinbau unter dieser mineralogisch-chemischen Perspektive.

Dolomitisch-siltige Tonsteine sind im **Gipskeuper**, bzw. in dessen Formationen (Myophorienschichten, Estherienschichten, Lehrbergschichten) dominierend. Tonsteine sind überwiegend aus Tonmineralen aufgebaute Gesteine. Neben Tonmineralien finden wir darin feinstsandige „schluffige“ Anteile, die überwiegend aus kleinsten Quarzen und – vermutlich – auch Feldspäten bestehen. Dazu kommt dolomitische Einlagerungen, die teilweise sogar in Knollen und festen Gesteinsbänken auftreten können. Die dolomitische Komponente $CaMg(CO_3)_2$ liefert Nährstoffe in Form von Ca^{2+} und Mg^{2+} , aus der Verwitterung schluffiger Komponenten wird K^+ , Na^+ , möglicherweise auch noch nachrangig Ca^{2+} hinzukommen. Gipslagen erhöhen die Zufuhr von Ca^{2+} sowie des von Pflanzen ebenfalls benötigten Schwefel in Form des Sulfat-Anions (SO_4^{2-}). Anionen werden aber nicht in dem Maß wie Kationen an Bodenkolloide gebunden und gehen daher viel rascher ins Grundwasser verloren.

Damit sind in den Gipskeuper-Boden alle für Pflanzen wichtigen Kationen im Boden vorhanden – die Diskussion der Spurenelemente können wir hier übergehen. Der hohe Ge-

halt an Tonminerale mit seiner guten KAK gewährleistet die Versorgung der Pflanze, sofern der Boden nicht so weit austrocknet, dass die Mobilisation der Kationen mangels Bodenwasser unterbunden wird.

Betrachten wir den in weiten Bereichen des Maintals von Reben bestandenen **Oberen Muschelkalk**. Die Formation ist eine Wechselfolge aus Kalk- und Mergelsteinen, dazwischen sind zahlreiche, meist aber geringmächtigere Tonsteine eingelagert. Aus den Kalken wird Ca^{2+} mobilisiert. In den unlöslichen „Verunreinigungen“ des Kalkstein bleiben ebenfalls Tonminerale und untergeordnet silikatische Anteile wie Quarz und Feldspat zurück. Tonminerale und damit Kationenaustauscher sollten also reichlich vorhanden sein, die Nährstoffversorgung wird vermutlich im Vergleich zum Gipskeuper weniger reich an Magnesium sein, da die dolomitische Komponente weitgehend fehlt.

Im **Buntsandstein** – als Sandstein – liegen die Weinberge um Miltenberg, insbesondere bei Klingenberg und Bürgstadt. Sandstein besteht in der Regel überwiegend aus Quarzkörnern (chemisch SiO_2) und ist liefert so tendenziell nährstoffarme Böden. Sandsteine haben zugleich auch eine hohe Permeabilität, so dass Niederschlagswasser kaum zurückgehalten wird und rasch dem Grundwasser zusickert. Insbesondere an Hangstandorten ist die Austrocknungsgefahr bei landwirtschaftlicher Nutzung zu bedenken. Erst wenn der Sandstein neben Quarz genügen Feldspat-Körner führt, besteht die Möglichkeit, dass durch deren Verwitterung Tonminerale entstehen, die als Kationen-Austauscher und auch für die Wasser-Rückhaltung wirksam werden können. Die Böden sind relativ arm an Ca^{2+} , dass in solchen Böden daher häufig als Dünger und auch zur Vermeidung der Bodenversauerung zugeführt wird. An der Bodenstation Bürgstadt und Klingenberg (Bayerisches Landesamt für Umwelt

2010 bzw. 2011) ist zu sehen, dass im Buntsandstein doch hinreichend lehmige Lagen (Lehm ist eine Gemenge aus Sand und Ton) auftreten, die die Wasserversorgung und den Kationen-Austausch unterstützen. So kritisch sandige Böden in dieser Hinsicht sein können, so haben sie für den Weinbau den Vorteil, dass sie wesentlich rascher erwärmen als Böden mit hohen Tonanteilen. Weiter sind die Böden gut durchlüftet, und ein reiches Bodenleben sorgt für eine gute Durchmischung mit Humus, der angesichts der armen Ausgangsgesteine besonders umfangreich auch als Nährstoffquelle beitragen muss.

Fazit: Die Böden der Fränkischen Weinbaugebiete unterscheiden sich durchaus. In Hinblick auf die Nährstoffe könnte zwischen Böden auf dem Gipskeuper und dem Oberen Muschelkalk Unterschiede in den Anteilen von Mg und Sulfat (SO_4) liegen, die – wenn sie in genügend hohen Konzentrationen auch im Wein vorhanden wären, auch sensorisch als bitter-salzige Noten merklich sein könnten. Ein vermutlich deutlicherer Unterschied besteht zu den Böden des Buntsandsteins. Diese sind sicher deutlich ärmer an Nährstoffen, vor allem Ca. Wäre das im Wein ebenfalls so gegeben, dann könnte man mit einer deutlich geringeren, chemischen wie sensorisch auch nachvollziehbaren Abpufferung der Fruchtsäuren rechnen.

3.5. Stichwort „Mineralität“

Anhand von Mineralwasser-Proben (siehe unten) kann der Geschmack der prinzipiell auch im Wein enthaltenen Minerale geprüft werden. Konkret identifizierbar sind nur salzige Noten, die durch Chloride und Sulfate verursacht werden. Mögliche Chlorid-Salze wäre Kochsalz NaCl , Sylvin KCl , Bischofit MgCl_2 oder Carnallit KMgCl_3 . Sulfate könnten in Form des Bittersalzes MgSO_4 oder, weniger wahrscheinlich, Glaubersalz NaSO_4 sensorische Relevanz haben.

Informationen über die in Wein enthaltenen Mineralien sind leider nur in allgemeiner Weise und als Durchschnittangaben zu finden. Ein wesentliches Problem bei der Diskussion der Frage nach dem Mineralgehalt und einer möglichen sensorischen Wirkung ist der Mangel an Information: man bräuhete, wie beim Mineralwasser, von jedem Wein eine vollständige Analyse. Das ist in der Praxis zu aufwendig und der Verbraucher kann sich schon freuen, wenn der Erzeuger Restzucker und Gesamtsäure-Werte bekannt macht. Angaben zu Durchschnittswerten werden bis heute zumeist aus WÜRDIG & WOLLER 1989 zitiert; diese wären demnach:

Kationen mg/l

Natrium	2-21
Kalium	1300-1500
Magnesium	75-115
Calcium	60-140

Anionen u.a. mg/l

Sulfat	30-2200 (Extremwerte vermutlich durch zu starke Schwefelung)
Chlorid	20-90

Diese Durchschnittswerte nähern sich im oberen Bereich Konzentration an, die eine sensorische Wahrnehmung nicht ausschließen können. Leider keine Daten, die eine durchschnittliche, oder gar regional differenzierte Analysen-Werte für fränkische Weine zeigt.

Wenn in Weinproben von Mineralischen Geschmacksnoten oder Mineralität die Rede ist, lohnt in jedem Fall eine Nachfrage, was denn genau damit gemeint sei. Handelt es sich vielleicht wirklich um eine klare mineralische Note, dann kann das nur eine salzige oder salzig-bittere Note sein? Oder sind damit Vorstellungen gemeint, die im Wein Noten wie „Feuerstein“ oder „nassen Schiefer“ oder „erdig“ wahrnehmen? Dies sind dann nur Metaphern für Erinnerungen oder Vorstellungen, oder Ausdruck einer vom Wein-

genuss besonders inspirierten Poetik. Mehr Sinn machen diese Metaphern, wenn sie das Mundgefühl zu beschreiben versuchen. Dieser wird – so belegen es Mineralwasser-Proben – von Mineralien mitbestimmt. Im Wein konkurrieren diese Art mineralisch bedingter Empfindungen allerdings mit solchen, die aus der beim Wachstum der Reben oder der Gärung entstandenen organischen Verbindungen stammen. Neben fruchtigen Aromen sind es oft Phenole, die auch adstringierendes Mundgefühl und bittere Geschmacksnoten verursachen können, so dass eine Trennung zwischen davon und mineralisch verursachtem Mundgefühl kaum möglich sein dürfte.

3.6. Boden

Böden werden in ihrem Mineralgehalt vom Gestein bestimmt – Zufuhr durch Düngung ausgenommen. Dennoch können Böden auch auf dem selben Ausgangsgestein sehr unterschiedliche Entwicklungen nehmen, je nach Hanglage, Klima, Bewuchs und Bodenfauna. Die Sphäre des Bodens – die Pedosphäre – ist tatsächlich eine Kombination aus dem Untergrund mit Bio-, Hydro- und Atmosphäre.

Ein wichtiger Faktor für die Entwicklung des Bodens ist die Hangposition. Am oberen Hangbeereich wird die Bodenreueildung nur schwer mit der hangabwärtigen Verlagerung von Lockermaterial Schritt halten können: daher sind in diesem Bereich eher nur flachgründige, steinige Böden zu erwarten. Zum Hangfuß hin sammeln sich hingegen abgeschwemmte Lockermassen, in denen sich tiefgründige Böden entwickeln können. Zugleich schließt der Wasserdurchzug im oberen Hangbereich Staunässe aus, die im unteren Hangbereich vor allem bei tonreicheren Böden möglich ist. Die obere Hangbereiche sind trockener als die unteren. Diese Differenzierung der Böden und ihrer hydrografischen Situation kann bereits innerhalb eines Weinbergs bzw. ei-

ner Lage zu für die Reben relevanten Unterschieden führen, und das bei identischem Ausgangsgestein.

Ein „guter“ Boden ist daher nicht allein durch seinen aus dem Ausgangsgestein stammenden Mineralgehalt, sondern vor allem durch seine Eigenschaften bestimmt, Nährstoffe und Feuchtigkeit in möglichst ausgewogener Weise bereit zu halten und seine Sphäre gegen die oft sehr wechselhaften klimatischen Ereignisse abzuschirmen, also gegen extreme Trockenheit auf der einen, gegen feuchte, niederschlagsreiche Episoden auf der anderen Seite. Diese Qualitäten hängen weniger von den Mineralstoffen, sondern von den physikalischen Eigenschaften des Bodens ab. Den größten Teil des Wassers und der Minerale nehmen die Reben in dem oberen Bereich des Bodens auf – die tief in den Untergrund eindringenden Wurzeln erhalten nur in Phasen großer Trockenheit Bedeutung. Schon mit traditionellen Bearbeitungsmethoden wurde versucht, die Weinbergsböden insbesondere hinsichtlich der Nährstoff- wie Humusversorgung durch besonders tiefes Umgraben („rigolen“) zu optimieren. Solche vom Menschen geprägten Rigosole unterscheiden sich von natürlichen Böden durch die besondere Tiefgründigkeit, in der der bearbeitete Oberboden bis zu einem Meter Tiefe erreichen kann (siehe: „Boden des Jahres 2014“ Bayerisches Landesamt für Umwelt 2014). Dieser Aspekt sollte nicht außer Augen gelassen werden, wenn über die geologischen Faktoren des Weinbaus gesprochen wird: die Bodenbildung und Bodenentwicklung der Weinbergsböden ist in der Regel nicht sich selbst überlassen.

3.7. Klima oder Boden?

Ein landschaftlich heterogenes Anbaugebiet wie Franken führt zur Frage, wie bedeutend die klimatischen Unterschiede zwischen so unterschiedlichen Bereichen wie der Keuperstufe und dem Maintal sind.

Entwicklung des Huglin-Index 1951-2010 Vergleich deutscher Weinbaustandorte, Dekadenmittel

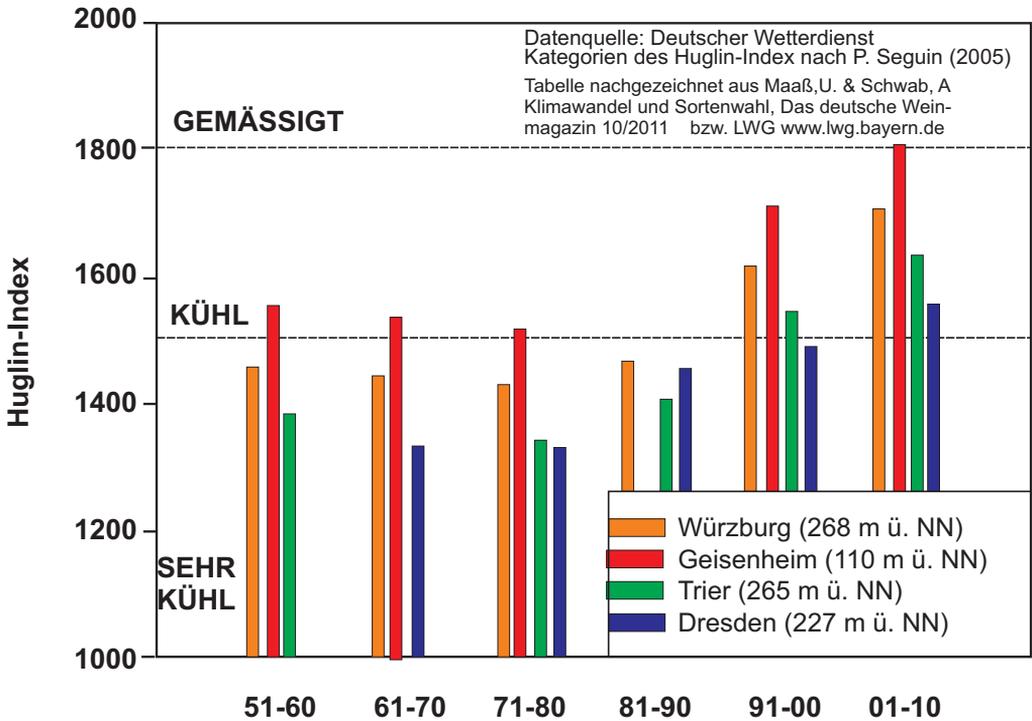


Abb. 12: Der Huglin-Index basiert auf Temperaturmittlungen. Deutlich kommt die Klimaverbesserung in den letzten zwei Jahrzehnten zum Ausdruck – und dass es in Deutschland noch kühlere Weinbauggebiete gibt als Franken (hier: Maintal bei Würzburg). Umgezeichnet aus Maaß & Schwab 2011.

Für die Eignung einer Region für den Anbau bestimmter Reben wird in Deutschland allgemein der Huglin-Index verwendet (HUGLIN 1996, MAASS & SCHWAB 2011). Der Index stützt sich auf die Summe der Temperaturen von April bis September, wobei Tagesmitteltemperaturen und auch Temperaturmaxima in den Index eingehen. Grundlage sind die von den Wetterstationen aufgezeichneten Daten. Faktisch können mikroklimatische begünstigte Lagen allerdings auch deutlich über dem regional gemittelten Index liegen.

Der Huglin-Index zeigt nicht nur die klimatische Situation des Fränkischen Weinbaus ge-

genüber benachbarten deutschen Anbaugebieten, sondern auch die Klimaerwärmung der letzten Jahrzehnte. Von dieser klimatischen Entwicklung profitiert der Weinbau, in dem sich die Möglichkeiten, auch klimatisch anspruchsvollere Sorten anzubauen, ermöglicht bzw. verbessert haben.

Zugleich ist aber festzuhalten, dass der Index auch innerhalb Frankens beträchtlichen Schwankungen unterliegt. Diese Schwankungen zeigen im östlichen Anbaugebiet eine Differenzierung in die Standorte an der Keuperschichtstufe und Standorten im Maintal. Die Keuperschichtstufe inklusive

Huglin-I.	Deutschland	EU weitere
1300	Siegerrebe, Ortega	
1400	Müller-Thurgau, Bacchus	
1500	Kerner, <i>Portugieser</i> , <i>Regent</i>	<i>Gamay</i>
1600	Silvaner, Grauburgunder, <i>Schwarzriesling</i>	Chasselas, <i>Pinot Meunier</i>
1700	Weißburgunder, Sauvignon Blanc, <i>Pinot Noir</i>	Grüner Veltliner
1800	Riesling, Scheurebe, Gewürztraminer	Chardonnay, <i>Tempranillo</i>
1900	Muskateller, <i>Trollinger</i> , <i>Blaufränkisch</i>	<i>Merlot</i> , <i>Syrah</i>
2000		<i>Cabernet Sauvignon</i>
2100		<i>Grenache</i> , <i>Sangiovese</i>
2200		<i>Carignan</i> , <i>Trebbiano</i>
2300		<i>Nebbiolo</i>

Abb. 13: Die Möglichkeiten zum Anbau bestimmter Sorten werden vor allem vom Klima bestimmt. Die kühleren Jahre vor mehr als 20 Jahren haben die Verbreitung des in dieser Hinsicht besonders genügsamen Müller-Thurgau befördert. (nach Maaß & Schwab 2011).

der ihr vorgelagerter Zeugenberge ermöglicht den Anbau in steilen Hanglagen, die jedoch relativ zum Maintal kühler, niederschlagsreicher und oft auch windexponierter sind. Das Maintal hingegen ist wärmer und niederschlagsärmer. Diese unterschiedlichen Geländepositionen kommen sich an der Keuperstufe des Steigerwaldes und dem Main zwischen Wipfeld und Markbreit, vor allem auf Höhe von Kitzingen mit dem weit vorgelagerten Schwanberg, besonders nahe. Weiter im Norden, zwischen dem *Handthaler Stollberg* (dem höchstgelegenen Weinberg Deutschlands!) und dem *Escherndorfer Lump* variiert der allein die Temperatur berücksichtigende Huglin-Index innerhalb von nur 18 km Distanz um mehr als 300 Punkte. Demnach wäre in Escherndorf ein deutlich anderes Sortenspektrum als in Handthal möglich.

Dieser geografisch-klimatologischen Unterschiede stützen die Erwartung, dass zwischen Maintal- und Keuperstufen-Weinen klimabedingte Unterschiede erwartet werden können. In klimatisch ungünstigen Jahren (kühler, feuchter) könnten diese Unter-

schiede sich vielleicht auch deutlicher zeigen als in jenen, in denen der gesamte Raum reichlich von der Sonne verwöhnt wurde.

Angesichts der Tatsache, dass die bodenbedingten Faktoren zwischen den beiden landschaftlichen Situation (abgesehen von den Standorten im Buntsandstein am Untermain!) nicht besonders stark auseinanderklaffen, kann man erwarten, dass die klimabedingten Faktoren sich, zumindest in bestimmten Jahrgängen, deutlicher wie die Bodenfaktoren auf den Wein auswirken sollten. So gesehen, wäre es vermutlich treffender, anstatt von Keuper- und Muschelkalkweinen von Keuperstufen- und Maintal-Weinen zu sprechen. Doch das würde die Mythen „Gestein“ und „Boden“ schwächen – und nicht nur das Marketing braucht die Mythen.

4. Proben

4.1. Terroir in Franken (2013)

Mineralwasserproben

Anhand von Mineralwasserproben sind wir der Wahrnehmung von „Mineralität“ nach-

Huglin-Index 2010

Vergleich fränkischer Weinbaustandorte

Tabelle nachgezeichnet aus Maaß, U. & Schwab, A. Klimawandel und Sortenwahl, Das deutsche Wein- magazin 10/2011 bzw. LWG www.lwg.bayern.de

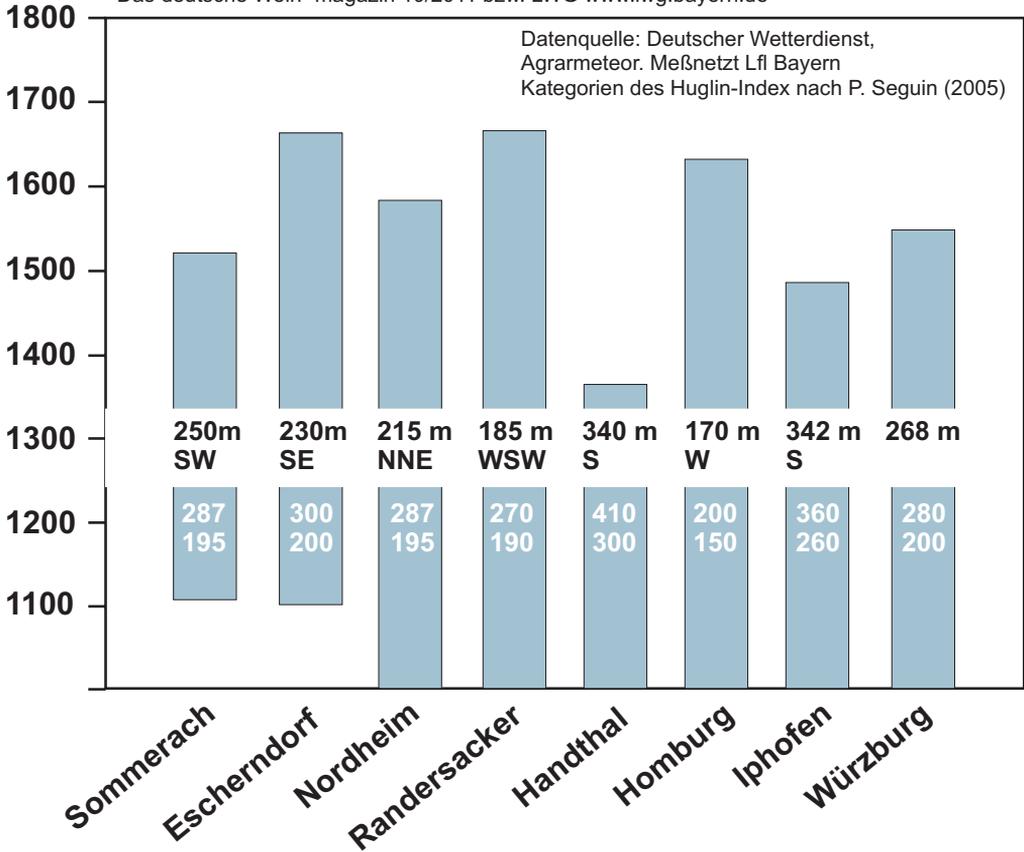


Abb. 14: Der Huglin-Index bringt auch die klimatischen Differenzen zwischen Keuperstufen- und Maintal-Lagen zum Ausdruck. In schwarzen Ziffern durchschnittswerte zu den Höhen, darunter in weiß das Niveau der Unter- und Obergrenze des Weinbaus (umgezeichnet und erweitert nach Maaß & Schwab 1011).

gegangen. Da die Mineralgehalte der Wässer bekannt sind, lässt sich zumindest grobe sensorische „Eichung“ vornehmen.

So hatten wir sehr mineralarme Wässer, von denen die einen unangenehm neutral, andere angenehm neutral schmeckten (Volvic), und es gibt auch vollmundiger neutrale (nachträglich: Frankenbrunnen Silvana-Quelle). Aber schon mit etwas höherem Mineralgehalt stellen sich differenziertere Wahrneh-

mungen ein, die in zwei Arten unterteilt werden konnten.

(a) Mineralität

Spürbare salzige, teilweise auch etwas bitter-salzige Noten. Die Wahrnehmungsschwelle lässt sich relativ niedrig ansetzen, aber nicht eindeutig zuordnen. Die wahrgenommen leicht salzigen Note des Contrex dürften wohl nicht auf Kochsalz, sondern auf $MgSO_4$ zurückgeführt werden (die $NaCl$ -Konzentra-



Abb. 15: Szene aus dem Weinseminar Anfang 2015. Dank an Herrn Lothar Mayer für diese Aufnahme!

Anteile ein mg/l	K+	Na+	Ca++	Mg++	SO4--	Cl-
Volvic (still)	6,2	11,60	11,50	8,00	8,10	13,50
Frankenbrunnen Silvana Brunnen (still)	0,7	12,3	120	55,6	99	14
Contrex (still)	-	9,4	468	74,5	1121	7,6
Fachinger (still)	16,1	564	98,7	59,2	39	139
St. Anna Bad Windsheim (still)	13	142	598	75	1525	167

tion sollte unter der sensorischen Schwelle liegen, siehe die Tabelle unten). In jedem Fall wurde das Wasser als sehr vollmundig empfunden, sein hoher Sulfatgehalt verursachte keine unangenehmen Wahrnehmungen.

Deutlich salzig ist das Fachinger bei einer Chlorid-Konzentration von 139 mg/l. Das galt gleichermaßen für das St. Anna-Wasser, dessen Sensorik aber dennoch anders geprägt war. Das Fazit der Mineralwasserproben war eindeutig: Minerale können als Salze in Konzentrationen wahrgenommen werden, wie sie im Durchschnitt auch bei Weinen möglich sind.

(b) Mundgefühl

Auch ohne, oder neben der wahrnehmbaren Salzigkeit, vermittelte jedes Wasser ein eigenes Mundgefühl. Obwohl die eigentlichen Geschmacksempfindungen auf die Noten süß, sauer, bitter, salzig und umami (Gluta-

mat-Note) beschränkt sind, kann man dennoch weitere Eindrücke sammeln: Weichheit oder Härte, kürzer oder längeres Anhaften eigentlich geschmackloser Empfindungen am Gaumen, unter Umständen auch das Gefühl, als ob der der Speichelfluss etwas eintrocknet (Adstringenz).

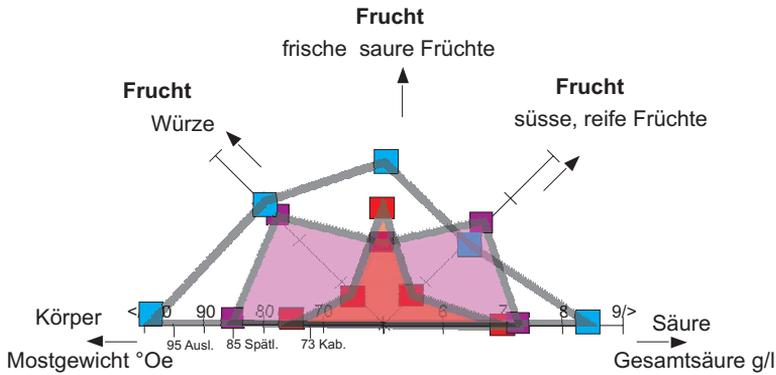
Das Mundgefühl, auch das ein wichtiger Eindruck, wird – wie Mineralwasser-Proben belegen – von Mineralien bestimmt. Im Wein konkurrieren diese Art mineralisch bedingter Empfindungen allerdings mit Aromen und Geschmacksnoten aus organischen Verbindungen, was eine klare Zuordnung zu meist im Wege steht.

Weinprobe

Die Konzentration lag auf dem Silvaner. Verkostet wurden Weine aus der Region Ipsheim, den Schwanberg und Kronsberg bei Iphofen, „Maintalweine“ aus Sulzfeld, Sommerach, Sommerhausen und Würzburg.

Weißwein-Probe:

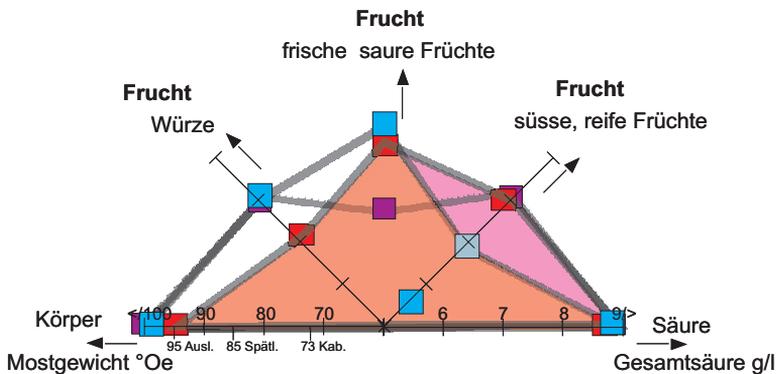
Müller Thurgau



Sorten-Charakter tendenziell leichte bis mittelschwere, fruchtige Weine mit eher einfacher Struktur; die Frucht wird von frischen und eher sanft würzigen Noten bestimmt

Weißwein-Probe:

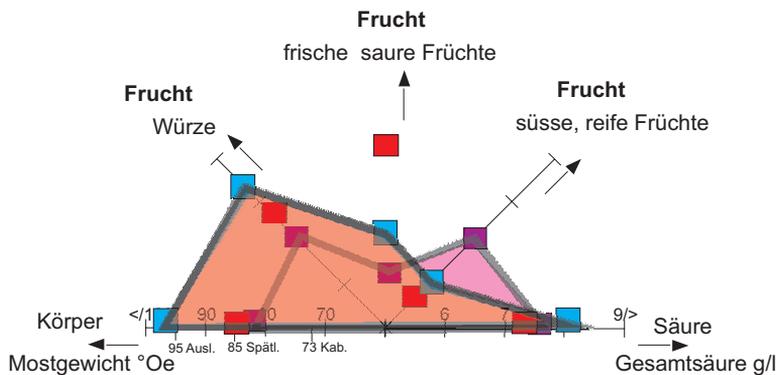
Riesling



Sorten-Charakter Säure wie Fruchtnoten sind intensiv ausgeprägt und können ein anregendes, mitunter als "rassig" bezeichnetes Wechselspiel entwickeln. Der Wein hat einen kräftigen Körper und wird in der Regel von frischen, sauren Noten dominiert, wobei aber auch würzige Noten oder - bei fortgeschrittener Reife – reife süsse Früchte hinzu treten können. Petrol-artige" Noten wurden bei den Proben nicht wahrgenommen.

Weißwein-Probe:

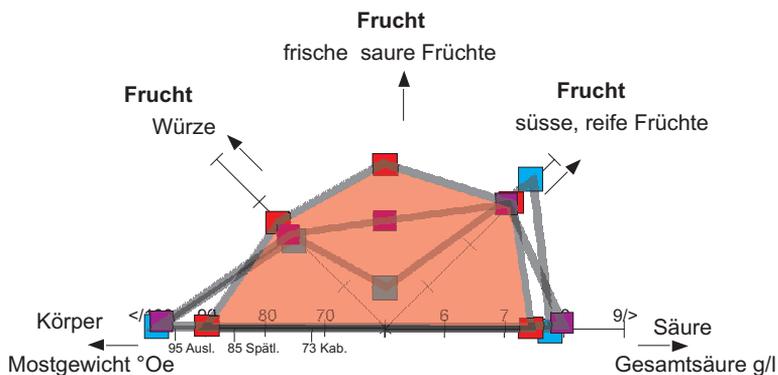
Silvaner



Sorten-Charakter: Ausbau vom leichten "Sommerwein" bis zum kräftig strukturierten Tischbegleiter. Im allgemeinen dominieren Würz-, z.T. auch leichte Bitternoten über die Säure, und das insbesondere im Abgang.

Weißwein-Probe:

Weißburgunder



Sorten-Charakter: Ausgewogene Weine, in denen dominierende Noten kaum entwickelt sind. Säure wurde gegenüber Silvaner und vor allem dem Riesling als zurückhaltender empfunden.

Abb. 16: Im Rahmen der Wein-Verkostung im Seminar 2014 konnten die sensorischen Profile wichtiger fränkischer Weißwein-Sorten relativ deutlich von einander abgegrenzt werden. Das selbst erstellte Sensorik-Diagramm konzentriert sich auf die wichtigsten Aromen sowie das Verhältnis zwischen Säure und Körper (Mostgewicht). Dieser linke Ast des Diagramms wurde in einer neueren Version durch „Restsüße“ ersetzt. Damit besteht die Möglichkeit, das Säure-Süße-Verhältnis sensorisch wie zugleich auch durch die konkreten Analyseangaben zum Wein zu markieren.



Abb. 17: Im Rahmen der Wein-Verkostung im Seminar 2015 wurde die Leufähigkeit von Weinen mit einem Greisinger 3430 gemessen. Der hohe Wert der meisten Frankenweine – nahezu durchweg über 2mS/cm – überraschte.

Ein Müller-Thurgau und wenige Rieslinge dienten zur sensorischen Verortung des Silvaners. Die Auslotung des sensorischen Spektrums des Silvaners erfolgte auf der Grundlage der verschiedensten Qualitätsstufen. Die Vielfalt der aus dieser Traube erzeugten Weine wurde so eindrucksvoll dokumentiert. Hinsichtlich eine Unterscheidbarkeit von „Maintal-Weinen“ und „Keuperstufen-Weinen“ gab es allerdings keinen Konsens: nur der kleinere Teil der Teilnehmer plädierte dafür, die „Maintalweine“ wären tendenziell durch eine weicher und voller wirkende Frucht und weniger Würznoten markiert. Allerdings waren die Teilnehmer sensorisch unterschiedlich erfahren, so dass dieses Resultat in allgemeiner Hinsicht wenig aussagekräftig ist.

4.2. Fränkischer Weißweine und ihre Standortbedingungen (2014)

Neben geowissenschaftlichen Diskussionen über Standortfragen galt die Aufmerksamkeit der sensorischen Charakteristik der verschiedenen Rebsorten. Verkostet wurden Müller-Thurgau, Silvaner, Weißburgunder und Riesling, dazu am Ende einige Scheureben.

Um die Wahrnehmung zu schärfen und zu konkretisieren, wurde ein einfaches Sensorik-Diagramm als Arbeitsgrundlage erstellt. Die gängigen Sensorik-Diagramme, wie auch das von der Amerikanerin Ann Noble entworfene und nun auch in Deutschland häufiger angewandte „Sensorik-Rad“ überfordert unserer Meinung nach vor allem Anfänger, in dem es eine viel zu großes Spektrum möglicher Aromen vorgibt. Ein wenig geübter Verkoster kann dadurch verleitet werden, viel stärker all diesen Möglichkeiten nachzuspüren, als sich auf die Grundstruktur des Weines zu konzentrieren. Mit dem vereinfachten Sensorik-Diagramm gelang es, die Charakteristik der einzelnen Sorten gut zu erfassen. Eine abschließende Blindverkostung ergab allerdings keine zufriedenstellende Zuordnung der Proben zu diesen Sortenprofilen – ob das eine Folge der Ermüdung, weniger charakteristischer Probeweine oder ein Mangel des Diagramms war, muss vorerst offen bleiben.

4.3. Vergleich Elsass-Franken: Silvaner und Riesling (2015)

Allgemeines

Während in Franken unterschiedliche Gesteine/Böden und unterschiedliche Kleinklimate zwei starke Variablen hinsichtlich der Wachstumsbedingungen bilden, ist die Situation im Elsass insofern einfacher, als die klimatische Situation einheitlicher ist. Die Weinberge liegen durchweg am Fuß der Vogesen und sind so vor den von Westen kommenden Niederschlägen geschützt, zugleich

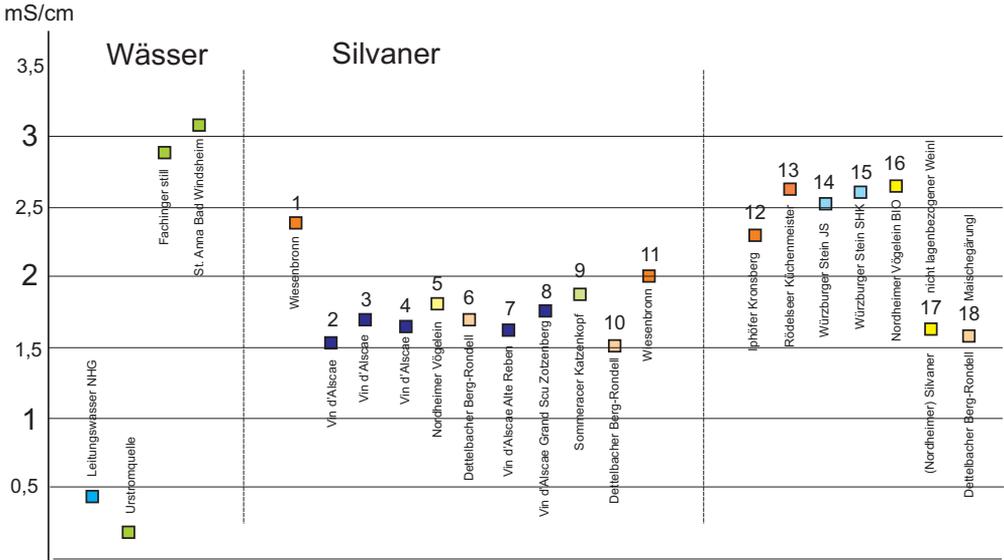


Abb. 18: Leitfähigkeitsmessungen von Wässern (linker Abschnitt) und Silvanern aus Franken und dem Elsass. Die elsässischen Silvaner (dunkelblaue Quadrate) fallen durch ihre durchweg niedrige Leitfähigkeit gegenüber den meisten fränkischen auf. Gleichwohl wurden auch einige fränkische Silvaner mit niedriger Leitfähigkeit gemessen (gelbe, hellorange und grüne Quadrate). Das rechte Segment stammt von Messungen, die erst nach dem Weinsminar vorgenommen wurden.

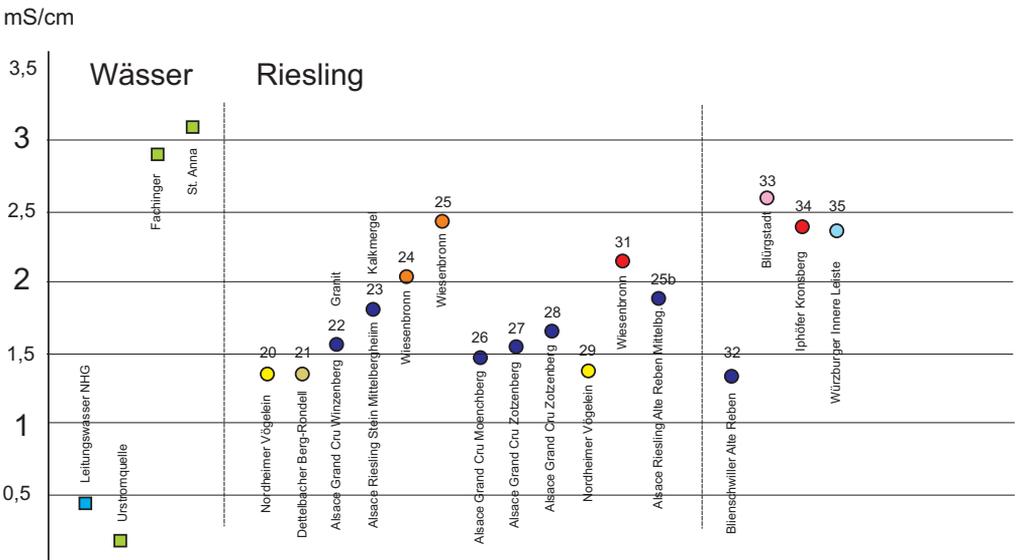


Abb. 19: Auch die Rieslinge zeigen eine deutliche Differenzierung in drei Felder: die Elsässer Gruppe (dunkelblaue Kreise), die Franken mit hoher Leitfähigkeit und Franken mit besonders niedriger Leitfähigkeit aus dem Raum Dettelbach-Nordheim-Sommerach.

profitieren sie so von einem Föhneffekt, der die Bewölkung reduziert. In dieser Hinsicht ist die Lage der Weinberge nahezu das gerade Gegenteil zu Franken, wo sie an der Keuperstufe nach Westen exponiert sind. Durch die burgundische Pforte strömt auch noch warme Luft aus dem mediterranen Bereich zu – all das sind Gründe dafür, dass der phänomenologische Frühlingsbeginn (z.B. der Beginn der Apfelblüte) am Oberrhein um bis zu 4 Wochen dem in Franken vorangeht.

Im Gegensatz zu der relativ einheitlichen klimatischen Situation sind die geologischen Verhältnisse im Elsaß äußerst vielfältig. Bruchschollen am Rande des Oberrheintalgrabens verursachen ein oft auch engräumiges Nebeneinander von sedimentären wie kristallinen Gesteinen. So finden sich Substrate aus Kalk- und Kalkmergel (v.a. aus dem Jura und Oligozän), Sandsteinen (Buntsandstein), Schiefeln des Grundgebirges und auch aus Granit. Vermutlich gibt es kein anderes Weingebiet in der Welt, dass ähnlich weite Unterschiede im geologischen Aufbau aufweisen kann. Das Elsaß wäre damit zugleich auch das beste Versuchsgebiet, um Fragen nach dem Einfluss des Ausgangsgesteins und des Bodens nachzugehen. Unser Augenmerk galt in diesem Seminar aber den sensorischen Unterschieden zwischen Silvanern und Rieslingen.

Problem: Silvaner und Sylvaner – wo sind im Elsaß die guten Sylvaner-Lagen?

Die unterschiedliche Schreibweise für „Silvaner“ ist nicht das Problem, wenn es darum geht, interessante und aussagekräftige Weine für eine Verkostung zu finden. Das Hindernis besteht vielmehr darin, dass der Sylvaner im Elsaß nicht zu den „edlen“ Traubensorten gezählt wird. Die Konsequenz daraus ist, dass es deshalb auch keine *Grand Cru* zertifizierten Silvaner gibt. Umgekehrt wird ein Winzer deshalb auch keine als *Grand Cru* ausgewiesene Lage mit Silvanern bepflanzen, de-

nen er auf dem Etikett eben kein *Grand Cru* ausweisen darf.

Es gibt allerdings eine einzige Ausnahme: Allein auf dem Zotzenberg zwischen Barr und Mittelbergheim kann ein Silvaner auch eine *Grand Cru*-Zertifizierung bekommen! Damit ist zumindest formal klar, wo im Elsaß die besten Silvaner zu finden sind. Das heißt nicht, dass in anderen Lage keine guten und interessanten Silvaner produziert werden – es bedeutet aber, dass es keine Methodik gibt, außerhalb des Zotzenbergs und seiner Umgebung zielorientiert nach interessanten Silvanern zu suchen. Obwohl nahezu alle Winzer auch Silvaner produzieren, haben selbst entsprechende Nachfragen bei Winzern keine zuverlässigen Hinweise auf weitere, besonders bemerkenswerte Silvaner-Standorte ergeben. So wurden für die Verkostung die nicht vom Zotzenberg oder Mittelbergheim stammenden Silvaner nach dem Zufallsprinzip ausgewählt. Allerdings wurde darauf geachtet wurde, auch Weine von in Franken nicht vorhandenen Substraten (wie Granit) zum Vergleich zu haben.

Angesichts des im Vergleich zu Franken wärmeren Klimas ist der Silvaner ein Wein, der im Elsaß unter den Möglichkeiten der Region angesiedelt ist. Riesling und Gewürztraminer sind die Sorten, die als die angemessene wie höherwertige Nutzung angesehen werden.

Verkostung: Silvaner/Sylvaner

Die Proben ergaben deutliche Unterschiede zwischen fränkischen und elsässischen Silvanern.

Die elsässischen Silvaner waren tendenziell einfacher strukturierte Weine, bei denen zu meist saure Fruchtnoten dominierten. Die Frucht war nicht immer in der Lage, die Säure in angenehmer Weise auszubalancieren. Allein die Silvaner aus Mittelbergheim ließen

anspruchsvollere Profile erkennen, zeigten Eleganz und langes Spiel, ohne allerdings die aromatische Intensität vieler fränkischer Silvaner zu erreichen.

Da der Silvaner in Franken als eine für die Region besonders repräsentative Sorte angesehen wird, stecken die Winzer hier natürlich auch beträchtliches Engagement in den Ausbau dieser Rebe. Neben der großen Qualitätsvielfalt war festzustellen, dass bei den höherwertigen Fränkischen Silvanern die Frucht zumeist über der Säure steht, bzw. diese im Abgang dominiert. Zugleich wurde deutlich, dass im Geruchsspektrum der Franken zwar alle Aroma-Grundrichtungen (würzig-bitter – saure Früchte – süsse Früchte) zu finden waren, im Gaumen und noch mehr im Abgang aber häufig würzig-bittere Noten in den sensorischen Vordergrund rückten. Dazu gab es Proben, in denen eindeutig auch salzige Noten zu spüren waren. Diese Merkmale erschienen uns im Vergleich zu den Elsässern markant (eine Blindprobe wurde allerdings nicht durchgeführt).

Wir sehen in diesen sensorischen Unterschieden einen ganz klaren Ausdruck von Terroir. Das betrifft vor allem die Ausrichtung der Aromen: bei keinem Elsässer wurde der in Franken als „mineralisch“ oder „würzig“ bezeichnete Ton wahrgenommen. Es liegt nahe, die Gründe dafür im trockeneren und wärmeren Klima des Elsass zu suchen, wobei aber möglicherweise auch die dort gezogenen Klone solche von den Franken abweichende Sensorikprofile unterstützen könnten.

Diese Faktoren werden möglicherweise dadurch verstärkt, dass viele elsässische Winzer den Silvaner doch etwas stiefmütterlich zu behandeln scheinen und ihm die besseren Lagen tendenziell vorenthalten werden. Die Spitzensilvaner aus Mittelbergheim waren angenehm und elegant, wobei das Preisniveau dieser Weine im Elsass deutlich unter

dem fränkischen liegt. So gesehen, können diese Silvaner durchaus eine interessante Alternative sein.

Rieslinge

Der Riesling ist – neben dem Gewürztraminer – die Vorzeigesorte des Elsass. Die im Vergleich zu Franken besseren Klimawerte haben schon vorneweg den Anbau zu dieser anspruchsvolleren und auch als höherwertig angesehenen Sorte verlagert.

In Franken hat sich der Riesling mit der Verbesserung des Klimas stärker ausgebreitet, ohne natürlich den Silvaner als fränkische Vorzeigesorte ernsthaft in Bedrängnis bringen zu können. Die Verkostung beinhaltete auch sehr engagiert ausgebaute fränkische Riesling mit Alkoholgehalten von 13-13,5%. Die Rieslinge waren wie die Elsässer durchgegoren und trocken. Die fränkischen Rieslinge wirkten sehr fruchtig, meist zeigten sie auch komplexe Struktur. Allerdings erschienen uns die für Rieslinge allgemein als charakteristisch angesehenen Eigenschaften – saure und/oder süße Fruchtaromen, im Abgang eine ausgewogenen Balance zwischen Frucht und Säure – oft nicht idealtypisch entwickelt. Im Gaumen wie im Abgang war dieses Profil häufig zu den würzig-bitteren Noten verschoben, die dann auch zumeist die Säure überdeckten und die soeben angesprochene Balance vermissen ließen. Dieser Eindruck verstärkte sich, je länger die Weine der Luft ausgesetzt waren, wobei die frischen und süßen Fruchtaromen offenbar nicht für längere Zeit stabil waren.

Auch bei den Rieslingen ist der Eindruck entstanden, dass sich ein Frankenterroir gut von einem Elsaßterroir unterscheiden ließ. Die Elsässer Riesling waren, selbst wenn sie einfacher strukturiert waren, dem idealtypischen näher wie die Franken. Auch hier wirkten die besseren Elsässer sehr elegant wie auch klar an der klassischen Riesling-

Ausrichtung orientiert. Wie bei den Silvanern waren die Würz- und Bitternoten bei den Elsässer Rieslingen nur sehr schwach ausgeprägt, während die meisten Franken-Rieslinge davon dominiert schienen. Wenn man die Unterschiede pointiert formulieren möchte, könnte man sagen: viele fränkische Rieslinge entpuppten sich vor allem nach längerem Luftkontakt sensorisch als verkappte „Silvaner“; oder als Rieslinge, die mehr Säure wie die Silvaner zeigen, am Ende aber dennoch wie die Silvaner von den Würz- und Bitternoten dominiert werden.

Am Ende der Rieslingprobe wurde nach einem 13,5 % Keuperstufen-Riesling noch spontan ein Elässer geöffnet. Dem Riesling „Alte Reben“ aus Mittelbergheim gelang es ungeachtet seiner nur 12,5 %, den Franken aus dem Gaumen und der Gunst der Seminararteilehmer zu drängen: Nicht mit einer Steigerung an Kraft und „Mineralität“, sondern mit frischer Frucht und einem harmonischen, rieslingtypischen Abgang. So war am Ende der Konsens, dass die sensorische Ausrichtung der Elsässer Riesling eine attraktive und von vielen als angenehmer, empfundene Alternative zu den weniger leichtfüßig daher kommenden fränkischen Gewächsen ist.

4.3.3. Leitfähigkeitsmessungen

Nachdem insbesondere die fränkischen Weine mitunter auch salzige und möglicherweise auch mineralisch bedingte, bittere Noten zeigten, stellte sich die Frage, ob man den Mineralgehalt von Weinen möglicherweise auch ohne chemische Analyse wenigstens in zusammenfassender Weise bestimmen könnte. Der Gedanke, dies über Leitfähigkeitsmessung zu versuchen, kam bei einer Diskussion mit Gerhard Roth (Wiesenbronn) auf.

Vorangestellt wurden Messungen an Wässern, um die Leitfähigkeit von Weinen auch gegenüber Leitungswasser, Mineral- und Heilwässern einordnen zu können.

Ergebnisse:

(1) Die Spannweite der Leitfähigkeit von Wässern ist beträchtlich. Liegt das Nürnberger Leitungswasser (NHG-Wasserhahn) bei ca. 0,4-0,5 mS/cm, bewegen sich mineralarme Quellwässer teilweise noch deutlich darunter. Heilwässer mit deutlicher wahrnehmbaren Geschmacksnoten können hingegen die Trinkwasser-Leitfähigkeit um mehr als 6-fache übertreffen und Werte über 3 mS/cm erreichen.

(2) Die Leitfähigkeit der gemessenen Weine bewegt sich im Bereich von mineralreichen Mineralwässern oder gar Heilwässern. Das hat einige Teilnehmer doch sehr überrascht.

(3) Die Leitfähigkeiten der beprobten Weine aus dem Elsass bewegen sich in einem relativ engen Rahmen von ca. 1,4-1,9 mS/cm. Kein Elsässer kam über die 2,0 mS/cm-Marke, während viele fränkische Weißweine deutlich über die 2,0 und gar über die 2,5 mS/cm Linie gingen.

(4) Zugleich zeigten die fränkischen Proben aber auch beträchtlich Schwankungen in der Leitfähigkeit. Eine Gruppe von Weinen aus dem Raum Dettelbach-Nordheim-Sommerach lag durchweg mehr im Spektrum der Elsässer Weine, bei den Rieslingen sogar tendenziell darunter. Ein Bio-Silvaner aus Nordheim (Probe 16) fällt mit seiner hohen Leitfähigkeit allerdings aus diesem angedeuteten Muster.

4.3.4. Diskussion

Wie viele Minerale aus dem Boden in das Fleisch und die Haut der Traube kommen, hängt im wesentlichen vom Mineralgehalt des Bodens und der Feuchtigkeit ab: feuchte Standorte begünstigen die Ionen-Transport vom Boden in den Wein. Dies könnte ein Grund für die überwiegend hohen Leitfähigkeiten der fränkischen Weine sein.

Doch nicht alles, was an Mineralen in die Traube gekommen ist, gelangt auch in den Wein. Hier ist von Bedeutung, wie effizient Pressung und Mostabtrennung die Minerale aus der Traube zu holen vermögen. Längere Maischestandzeiten könnten es zudem ermöglichen, dass aus der Haut der Trauben mehr Minerale als bei nur kurzem Kontakt kommen.

Bei der Gärung werden hingegen wieder Minerale verbraucht: auch die Hefen leben nicht vom Zucker allein. Nach der Gärung kann der Mineralgehalt weiter durch Weinsteinfällung verringert werden. Erfolgt die Schwefelung nicht durch SO_2 -Zufuhr, sondern durch Zugabe von Kaliumdisulfit K_2SO_4 , würde das erneut die Konzentration gelöster Minerale, nun aber nach oben, verändern.

Während die Leitfähigkeit von Wässern sich allein auf die aus dem Gestein gelösten Minerale zurückführen lässt, ist die Situation beim Wein komplizierter, weil die beim Wachstum der Traube gebildeten organischen Säuren (Weinsäure, Apfelsäure und in geringeren Anteilen noch weitere) ebenfalls verstärkenden Einfluss auf die Leitfähigkeit nehmen können. Wie stark dieser Einfluss ist, ist nach Auskunft der *Bayerischen Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau* (Veitshöchheim, freundliche mündl. Auskunft Dr. GESSNER) mangels entsprechender Untersuchungen jedoch nicht klar bestimmt.

Allerdings sind Leitfähigkeitsmessungen an Weinen eine häufig angewandte Praxis, um die Notwendigkeit einer Weinsteinfällung zu ermitteln. Hierbei werden Proben der Weine bis hin zu 0°C heruntergekühlt, wodurch die Löslichkeit des Weinstein erniedrigt wird. Zeigt sich nach einer definierten Zugabe von Kristallkeimen (Kontaktweinstein) stark verminderte Leitfähigkeit, dann wird das als In-

diz dafür genommen, dass der Wein einer solchen Ausfällung bedarf. Das Ziel dieser Ausfällung ist allein, einer späteren Ausfällung in der Flasche zuvor zu kommen, denn Weinstein wird von Verbrauchern angeblich mitunter – zu Unrecht – als Weinfehler wahrgenommen.

Die Schwellenwerte bei solchen Probeausfällungen liegen bei Leitfähigkeitsabnahmen von $> 30\mu\text{S}$ bis $> 50\mu\text{S}$. Diese Abnahme erfolgt durch die Entfernung vor allem von K und dem Tartrat-Komplex der Weinsäure, die in Verbindung den Weinstein ergeben. Geringere Abnahme der Leitfähigkeit zeigen hingegen, dass die Konzentration der Weinsäure so gering ist, dass eine Ausfällung auch bei Abkühlung und Kristallkeinzugabe nicht in bedeutender Weise erfolgt und deshalb auch eine spätere Kristallisation von Weinstein unwahrscheinlich ist. Bei stark instabilen Weinen, also Weinen mit hohen K-Tartrat-Konzentration, führt eine Probeausfällung zur Erniedrigung der Leitfähigkeit von zu über $100\mu\text{S}/\text{cm}$, also $0,1\text{mS}/\text{cm}$. So gesehen dürfte es unwahrscheinlich sein, dass die von uns gemessenen Leitfähigkeitsunterschiede von über 1mS im wesentlichen von unterschiedlichen Weinsäure-Konzentrationen stammen.

Wenn also die Leitfähigkeit doch relativ eng mit den im Wein gelösten Mineralen zusammenhängen sollte, dann könnte man mit solchen Messungen vielleicht auch – zumindestens statistisch – terroir-relevante Informationen gewinnen. Nachdem bei unserer Verkostung sensorische Unterschiede zwischen den Weinen aus Franken und dem Elsaß deutlich wurden, kann man die Frage stellen, ob diese nicht auch durch die analog festgestellten Unterschiede in der Leitfähigkeit repräsentiert werden, und die Fränkischen Silvaner und Rieslingen vielleicht wirklich messbar „mineralischer“ sind als die Weine aus dem Elsaß.

Um in dieser Frage weiter zu kommen, bedarf es allerdings einer breiteren statistischen Basis. Dann wäre es in einem zweiten Schritt möglich, in Rücksprache mit den Winzern zu klären, in wie weit dafür vielleicht auch unterschiedliche Kellertechniken die Ursache sein könnten. In jedem Fall wollen wir das Thema weiter verfolgen – für kommende Seminare und Verkostungen gibt es viele spannende Fragestellungen.

Dank

Thomas Weber für die Organisation von Probeweinen zum Thema „Terroir in Franken“, dem Ehepaar Uhl für die Bereitstellung von Probeweinen aus dem Sauer/Ruck-Experiment, Lothar Meyer für zwei bemerkenswerte Silvaner, den Winzern Gerhard Roth und Wolfgang Glaser für ihre Diskussionsbereitschaft, sowie Dr. Gessner von der Bayerischen Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau, Veitshöchheim, der sich ebenfalls viel Zeit für die Beantwortung von Fragen genommen hat. Das Leitfähigkeits-Messgerät wurde freundlicherweise von Christof Gropp & Brigitte Hilpert zur Verfügung gestellt.

Literatur

ALBERTI, FRIEDRICH VON (1834): Beitrag zu einer Monographie des bunten Sandsteins, Muschelkalks und Keupers, und die Verbindung dieser Gebilde zu einer Formation. Tübingen: Cotta.

BAUER, ANDREA (2008): Terroirausprägung bei der Rebsorte Riesling: Korrelation sensorischer, chemischer, bodenkundlicher und klimatischer Parameter. – Dissertation TU Braunschweig.

BAYERISCHES LANDESAMT für Umwelt (Hg.) (2008): Boden und Wein – Infoblatt zur Bodenstation Castell (Gratis-Download auf www.bestellen.bayern.de)

BAYERISCHES LANDESAMT für Umwelt (Hg.) (2008): Boden und Wein – Infoblatt zur Bodenstation Hallburg (Gratis-Download auf www.bestellen.bayern.de)

BAYERISCHES LANDESAMT für Umwelt (Hg.) (2008): Boden und Wein – Infoblatt zur Bodenstation Handthal (Gratis-Download auf www.bestellen.bayern.de)

BAYERISCHES LANDESAMT für Umwelt (Hg.) (2008): Boden und Wein – Infoblatt zur Bodenstation Vogelsburg (Gratis-Download auf www.bestellen.bayern.de)

BAYERISCHES LANDESAMT für Umwelt (Hg.) (2009): Boden und Wein – Infoblatt zur Bodenstation Zeril am Main (Gratis-Download auf www.bestellen.bayern.de)

BAYERISCHES LANDESAMT für Umwelt (Hg.) (2010): Boden und Wein – Infoblatt zur Bodenstation Bürgstadt (Gratis-Download auf www.bestellen.bayern.de)

BAYERISCHES LANDESAMT für Umwelt (Hg.) (2011): Boden und Wein – Infoblatt zur Bodenstation Klengenberg. (Gratis-Download auf www.bestellen.bayern.de)

BAYERISCHES LANDESAMT für Umwelt (Hg.) (2011): Boden und Wein – Infoblatt zur Bodenstation Alzenau-Michelbach (Gratis-Download auf www.bestellen.bayern.de)

BAYERISCHES LANDESAMT für Umwelt (Hg.) (2014): Weinbergsboden in Castell – Boden des Jahres 2014 (Gratis-Download auf www.bestellen.bayern.de)

DARTING, MARTIN (2012): Sensorik: Für Praktiker und Genießer. Stuttgart (Ulmer) – 2. erweiterte Auflage.

FISCHER, U., A. BAUER (2006) Das Terroir schmeckbar machen. Sensorische Ausprägungen des Rieslings in verschiedenen Lagen der Pfalz. – Das Deutsche Weinmagazin 12 (2), 24-31.

HOPPMANN, DIETER (2010): Terroir: Wetter – Klima – Boden. Stuttgart (Ulmer).

HUGLIN, PIERRE: Biologie et écologie de la vigne. Paris 1986.

KLIMMEK, ANTJE (2003): Bestimmung des geografischen Ursprungs von Weinen mittels Multikomponentenanalyse und multivariater Statistik. – Dissertation TU Berlin.

MAASS, ULRIKE & ARNOLD SCHWAB (2011): Klimawandel und Sortenwahl: Der Huglin-Index und der Wärmeanspruch von Rebsorten. – Das deutsche Weinmagazin 10, bzw. Bayerische Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau (LWG), kostenloser Download unter: http://www.lwg-design3.bayern.de/weinbau/rebenanbau_qualitaetsmanagement/linkurl_18.pdf

NITSCH, EDGAR (1996): Keuper 1820-34: Geburt eines stratigrafischen Begriffs. – Annals of Science, 53, S. 489-500.

SCHMIDT, OLIVER (2008): Kristallstabilisierung: Klar wie Kloßbrühe. – Das deutsche Weinmagazin 2/26: 15-21.

SCHMIDT, OLIVER (2013): Moderne Kellertechnik. Stuttgart (Ulmer)

SCHNITZER, W. & BRUNNACKER, K. (1978): Neue Arbeitsmethoden der Quartär-Geologie. – Eiszeitalter und Gegenwart, 28, 211-217.

SCHNITZER, W. & SCHWAB, R. G. (1975): Neue Möglichkeiten erdgeschichtlicher Forschung mit Hilfe des Paläogeruchs. — Erlanger geol. Abh. H. 101: 20 S.; Erlangen.

SITTLER, C. (1995): „Wein auf Stein“ oder „Vom Stein zum Wein“ Beziehung von Rebsorte zu Gesteinslage und Wein-Eigenart im Gebiet Barr-Andlau (Lesäß, Frankreich) (Exkursion J am 21. April 1995).- Jahresberichte und Mitteilungen des Oberrheinischen Geologischen Vereins Neuer Folge 77, Stuttgart.

SPIES, ERNST-DIETER (2014): Steine – Böden – Terroir der Pfalz: Kann man Gestein und Boden im Wein schmecken? (Exkursion C1 und C2 am 24. und 25.

April 2014). – Jahresberichte und Mitteilungen des Oberrheinischen Geologischen Vereins Neuer Folge 96, S. 47.

In diesem Heft ist zwar der Titel in der hier wiedergebenen Weise vermerkt, aber der Beitrag wurde wegen nicht fristgerechter Abgabe des Manuskripts in diesem Band nicht gedruckt; der Text ist allerdings in bereits gesetzter Form verteilt worden, allerdings unter der Autorschaft: Böhm, Peter & Ernst-Dieter Spies (2014). Die darin gemachten Aussagen zum Terroir in der Pfalz stützen sich u.a. auf die von Fischer & Bauer (2006) und weitere von Fischer & Coautoren publizierte Arbeiten.

WÜRDIG, G. & R. WOLLER (1989): Chemie des Weines, Stuttgart (Ulmer).

Anschrift des Verfassers	Dr. Gottfried Hofbauer Anzengruberweg 2 91056 Erlangen geoldoku@gdgh.de
--------------------------	---