

Bodenkundliche und klimatologische Untersuchungen im fränkischen Weinbaugebiet

**Jucundus Jacobeit (Augsburg), Stefanie Michel, Jochen Neumeier,
Arndt Peter & Heike Showers (Würzburg)**

1. Einführung

Seit einigen Jahren werden in Zusammenarbeit mit der Bayerischen Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau (LWG) in Veitshöchheim bodenkundliche und klimatologische Studien im fränkischen Weinbaugebiet durchgeführt. Von universitärer Seite sind dabei eine Reihe spezifischer Themen im Rahmen von Diplomarbeiten behandelt worden (MICHEL 2001; RUDLOFF 2002; NEUMEIER 2004; SHOWERS 2004; PETER 2004) sowie eine in die Abschlussphase gelangte Dissertation auf den Weg gebracht worden (MICHEL 2005). Von Seiten der LWG, die diese Arbeiten inhaltlich, logistisch und durch Praktikanten- wie Projektstellen gefördert bzw. abgesichert hat, konnten die universitären Beiträge in das Bayerische Weinbau-Informationssystem (BayWIS) integriert werden, in dem seit 1999 umfassende Daten über die bayerischen Weinbaugebiete erfasst werden (KÖNIGER et al. 2002, 2003). BayWIS begreift sich als informationstechnologisches Hilfsmittel für Fachberater, Traubenerzeuger, Weingüter und Genossenschaften zur Anbauplanung und Optimierung des Rebflächenmanagements. Dazu werden in einem Geographischen Informationssystem (GIS) auf der Basis der topographischen Karte 1:25 000 vielfältige Daten erfasst, die Informationen zu Topographie, Geologie, verschiedenen Bodenparametern, Einstrahlung, Sonnenscheindauer und weiteren Wetterstationsmessungen, zu Wege- und Gewässernetz, Gemeindegrenzen, Flurstücken, Natur-, Wasser- und Vogelschutzgebieten, Frostschäden, Erosionspotenzial und Erosionsereignissen beinhalten. Hintergrund ist die Tatsache, dass auch die natürlichen Gegebenheiten eines Rebenstandortes wie Gestein, Boden, Topographie, Wasserhaushalt und Geländeklima entscheidende Auswirkung auf die Traubenqualität und damit auf den daraus erzeugten Wein besitzen. Im Rahmen einer fundierten Anbauplanung kommt also einer objektiven Bewertung von Weinbergslagen auf der Grundlage natürlicher Einflussfaktoren eine große Bedeutung zu. Die wichtigsten qualitätsbestimmenden Standortfaktoren sind dabei das von den topographischen Verhältnissen geprägte Geländeklima und die bodenabhängige Wasserversorgung der Reben.

Im folgenden Beitrag soll anhand ausgewählter Beispiele ein Einblick in die verschiedenartigen Themenbearbeitungen gegeben werden, die im Umfeld des BayWIS-Projekts der LWG im Bereich der Physischen Geographie in den letzten Jahren behandelt worden sind. Dabei wird zunächst auf die Bewertung bodenkundlicher Standortfaktoren eingegangen, wie sie für Rebflächen bei Nordheim durchgeführt worden ist. Anschließend gelangen verschiedene Aspekte einer klimatischen Bewertung zur Darstellung, wobei in erster Linie die geländeabhängigen Einstrahlungsverhältnisse von Bedeutung sind; ergänzend wird aber auch auf die Frostgefährdung und den Windeinfluss eingegangen. Schließlich soll ein kleines Beispiel einer Sortenanbauplanung den weiterreichenden anwendungsbezogenen Aspekt der Bewertungsstudien verdeutlichen.

2. Bewertung bodenkundlicher Standortfaktoren

Neben klimatischen Einflussgrößen wird die Traubenqualität auch von der Wasserversorgung im Boden mitbestimmt. Hierfür ist die nutzbare Feldkapazität (nFK) ein maßgeblicher Parameter: sie bezeichnet die maximal mögliche Bodenwassermenge, die pflanzenverfügbar ist, also zur Wasserversorgung der Reben bereitstehen kann. Sie wird ihrerseits von einer Reihe bodenkundlicher Größen beeinflusst, wobei neben dem Bodengefüge, der Lagerungsdichte, der Durchwurzelungstiefe,

dem Humusgehalt sowie der Art der Bodenkolloide und der adsorbierten Kationen vor allem die Korngrößenzusammensetzung, also die Bodenart eine ausschlaggebende Rolle spielt.

Im Rahmen einer bodenkundlichen Arbeit (NEUMEIER 2004) wurde in Ergänzung ähnlicher Untersuchungen bei Thüngersheim (KUSSEROW 2002) das Weinbaugebiet bei Nordheim mit 356 Bohrstock-Sondierungen bis zu zwei Meter Tiefe beprobt. Unter Berücksichtigung der Richtlinien der Bodenkundlichen Kartieranleitung (4. Auflage 1996) konnten daraus Angaben zu Gründigkeit, Durchwurzelungstiefe, Karbonatgehalt, Skelettanteil, Steinbedeckungsgrad und Bodenbearbeitung sowie rechnergestützt zur Bodenart und nutzbaren Feldkapazität gewonnen werden. Ergänzend wurden aus den 356 gezogenen Bohrstockprofilen 54 ausgewählte Mischproben im physisch-geographischen Labor des Geographischen Instituts der Universität Würzburg auf Korngrößenzusammensetzung, Karbonatgehalt und chemische Bodenreaktion (pH-Wert) analysiert (NEUMEIER 2004). Die punktförmig vorliegenden Daten wurden nach Übertragung in das Geographische Informationssystem ArcView zu flächendeckenden Karten transformiert.

Auf der Basis der Geländedaten entstanden für das Untersuchungsgebiet bei Nordheim Karten der nutzbaren Feldkapazität, der Durchwurzelbarkeit, der effektiven Durchwurzelungstiefe und des Steinbedeckungsgrades, auf der Basis der Laboranalysen Karten der Bodenartengruppen, der Bodenreaktion und des Karbonatgehalts. Beispielhaft zeigen die Figuren 1 und 2 die für eine bodenkundliche Standortbewertung besonders wichtigen Ergebnisse für Bodenart und nutzbare Feldkapazität.

In Figur 1 sind die insgesamt 12 im Untersuchungsgebiet auftretenden Bodenarten zu 6 Bodenartengruppen zusammengefasst worden, wobei einige Modifikationen gegenüber der Bodenkundlichen Kartieranleitung vorgenommen wurden (NEUMEIER 2004: 111). Deutlich ist aus der Karte abzulesen, dass die Korngrößenfraktion Sand bei den Böden des Untersuchungsgebietes vorherrscht. Auch die flächenmäßig verbreitetste Bodenartengruppe, die der sandigen Lehme, ist stark von der größten Feinbodenkomponente geprägt. Aus den laboranalytisch ermittelten Bodenarten kann damit bereits auf eine lediglich verhaltene Versorgungsleistung der Rebstöcke mit Bodenwasser geschlossen werden.

Die Karte der nutzbaren Feldkapazität (Figur 2) bestätigt diese generelle Aussage. Vorwiegend werden in der fünfstufigen Klassifikation nur geringe bis mittlere nFK-Werte erreicht. Am Westhang des Untersuchungsgebietes im Bereich der bekannten Weinlage „Nordheimer Vögelein“ finden sich streckenweise Flächen mit höheren Kapazitäten an pflanzenverfügbarem Bodenwasser. Insgesamt dominieren jedoch geringere Werte, die während anomaler Trockenperioden wie etwa im Fall des Sommers 2003 leicht eine kritische Situation hinsichtlich der notwendigen Wassermenge für Entwicklung und Wachstum der Reben konstituieren können.

3. Klimatische Bewertungen

Das Klima ist nicht nur über seine interannuelle Variabilität ein dominanter Einflussfaktor für die Traubenqualität, sondern auch in seiner standortspezifischen Ausprägung als Geländeklima von hervorgehobener Bedeutsamkeit. Die Weinrebe benötigt generell Standorte mit hoher Sonneneinstrahlung, ausreichender Wärme und einer gesicherten Wasserversorgung. Franken als relativ nördlich gelegenes und vergleichsweise trockenes Weinbaugebiet erfüllt diese Anforderungen nicht flächendeckend, sondern nur in bestimmten Lagen. Meist wird die Neigung der Hänge entlang der Flüsse genutzt, um günstigere Einfallswinkel der Sonnenstrahlung und damit einen erhöhten Strahlungsgenuss für die Weinreben zu erreichen. In der Ebene genügen die Einstrahlungswerte pro Flächeneinheit aufgrund der nur mehr reduzierten Einfallswinkel in unseren geographischen Breiten meist nicht mehr für den Weinbau. Geländeklimatisch bevorzugt sind dagegen steilere Hänge, wenn sie eine hinreichende Ausrichtung zur Sonne besitzen. Die höchsten Einstrahlungswerte (zur Reifezeit in Franken bei 63 kJ/cm^2) werden an steilen südexponierten Hängen erreicht. Während der Reife-monate September und Oktober erhalten rund 45% der Anbauflächen in fränkischen Weinbergen nur mehr eine Strahlungsenergiezufuhr zwischen 46 und 53 kJ/cm^2 . Zu dieser Zeit macht sich neben den flacheren Einfallswinkeln der Sonnenstrahlung auch die reduzierte Sonnenscheindauer limitierend bemerkbar.

Nachdem die Geländeklimatologie fränkischer Weinbergslagen bereits in einer Diplomarbeit (MICHEL 2001) behandelt worden war, konnte dieser zentrale Aspekt einer objektiven Bewertung im Weinbau auf Projektbasis bei der LWG weitergeführt und fortentwickelt werden (MICHEL ET AL.

2002, 2003, 2004; MICHEL 2004, 2005). Zwar gab es auch schon in den 1960er Jahren Arbeiten zur Beurteilung von Weinbergslagen nach ihrer Standortgüte (z.B. von BECKER (1968, 1971) für den Rheingau oder von WEISE & WITTMANN (1971) für Franken), aber die seit einigen Jahren wieder aufgegriffenen und verstärkten Bemühungen um eine objektive Bewertung von Rebflächen nach natürlichen Standortfaktoren zielen neben einer Verbreiterung der Datenbasis insbesondere auch auf methodische Weiterentwicklungen, sei es bei der mesoskaligen Klimamodellierung oder bei der informationstechnologischen Weiterverarbeitung. Als ein Beispiel sei der Weinbau-Standortatlas für den Rheingau genannt (HOPPMANN & LÖHNERTZ 2002), dessen Einschätzungen zusammen mit festgelegten Anbau- und Erzeugungskriterien zu einer ersten Klassifizierung deutscher Weine aus klassifizierten Lagen geführt haben (HOPPMANN 2002). Als weiteres Beispiel werden Untersuchungsergebnisse aus Franken gezeigt, die in den letzten Jahren erarbeitet worden sind (MICHEL 2004, 2005).

Die GIS-basierten Analysen gehen von einem digitalen Geländemodell aus, bei dem zunächst aus den digitalisierten Höhenlinien der topographischen Karte 1 : 25 000 TIN-Modelle (Triangulated Irregular Network) auf Vektorbasis berechnet werden. Aus Praktikabilitätsgründen werden diese anschließend in ein Raster-Höhenmodell mit einer räumlichen Auflösung von 25 x 25 m überführt. Daraus lassen sich Hangneigungs- und Hangexpositionskarten erstellen, die wiederum zur Berechnung der potentiellen Sonnenscheindauer und der direkten Sonneneinstrahlung herangezogen werden.

Die Figuren 3 und 4 zeigen in ihrem linken Teil die Einstrahlungskarten der Reifemonte September/Oktober für die beiden Weinbaugebiete bei Thüngersheim und bei Nordheim in einer fünfstufigen Klassifizierung. Man erkennt den höchsten Wert für Franken an der südexponierten Hanglage des Escherndorfer Lumps im Bereich der Volkacher Mainschleife, während auf der gegenüberliegenden Talseite am nordexponierten Hang weniger als halb so große Werte anzutreffen sind.

Die direkte Einstrahlung als zentraler Einflussfaktor wird bei der klimatischen Bewertung der Rebflächen jedoch noch durch weitere Größen ergänzt (MICHEL 2004). Dazu werden die Einstrahlungswerte in eine Punkteskala transformiert (der höchste Einstrahlungswert wird gleich 100 Punkte gesetzt), wovon standortspezifische Punktwerte für die jeweilige Frost- und Windgefährdung abgezogen werden. In Anlehnung an WEISE & WITTMANN (1971) wird erstere doppelt so stark wie letztere gewichtet, da Frostauswirkungen über die gesamte Vegetationsperiode spürbar sind (Rebverluste, verzögerter Austrieb, verkürzte Wachstumsperiode) und über die Bedeutung des Windeinflusses noch keine hinreichenden Erkenntnisse vorliegen. Die resultierenden klimatischen Standorteignungskarten, im rechten Teil der Figuren 3 und 4 in einer fünfstufigen Klassifizierung von weit unter- bis weit überdurchschnittlich wiedergegeben, zeigen deutliche Unterschiede gegenüber der Klimagüte-Bewertung von WEISE & WITTMANN (1971). Dies gilt vor allem für flache Lagen, die aufgrund ihrer Frostgefährdung niedriger als ehemals eingestuft werden. Generell zeichnet sich die höchste Frostgefährdungstufe in der ansonsten von den Einstrahlungswerten dominierten Bewertung ab, während der gering gewichtete Windeinfluss kaum resultatsverändernd in Erscheinung tritt.

Die beiden Zusatzgrößen in der klimatischen Bewertung – Frostgefährdung und Windeinfluss – sind auch in eigenständigen Diplomarbeiten gesondert untersucht worden. Zur Beurteilung der Frostgefährdung – zuvor schon in Südtirol eingehend studiert (Jacobeit 1992) – wurde für das fränkische Weinbaugebiet ein Punktbewertungssystem herangezogen, das ursprünglich von UHLIG (1954) für Mittelgebirgsbereiche entwickelt, später in die landschaftsökologischen Erfassungsstandards (ZEPP & MÜLLER 1999) leicht verändert und ergänzt aufgenommen und aktuell für den mainfränkischen Bereich in einigen Punkten modifiziert worden ist (SHOWERS 2004). Folgende Faktoren, die die Frostgefährdung beeinflussen, liegen dem Bewertungsverfahren zugrunde: Hangneigung, Tallänge, Länge von Hangmulden, Lage einer zu bewertenden Fläche zum Tal oder einer Hangmulde, relative Höhe und Oberflächenbeschaffenheit in der Umgebung einer zu bewertenden Fläche. Aus den Punktsummen für diese Faktoren lassen sich daraufhin Gefährdungsbereiche nach der Eintrittswahrscheinlichkeit von Frost ableiten.

Nach den Figuren 5 und 6 für die Weinbaugebiete bei Thüngersheim und Nordheim sind besonders die flacheren Lagen im Talboden, am Hangfuß, an den unteren Hangzonen, auf Hangverebnungen sowie die tieferen Lagen entlang von Seitentälern frostgefährdet, während an oberen Hangzonen oder an steilen Partien des mittleren Unterhanges nur eine geringe Gefährdung besteht (SHOWERS 2004). Zahlreiche Rebflächen liegen somit in stärker frostgefährdeten Bereichen, weshalb eine vermehrte Berücksichtigung der unterschiedlichen Frostempfindlichkeit verschiedener Rebsorten bei der Anbauplanung angezeigt erscheint.

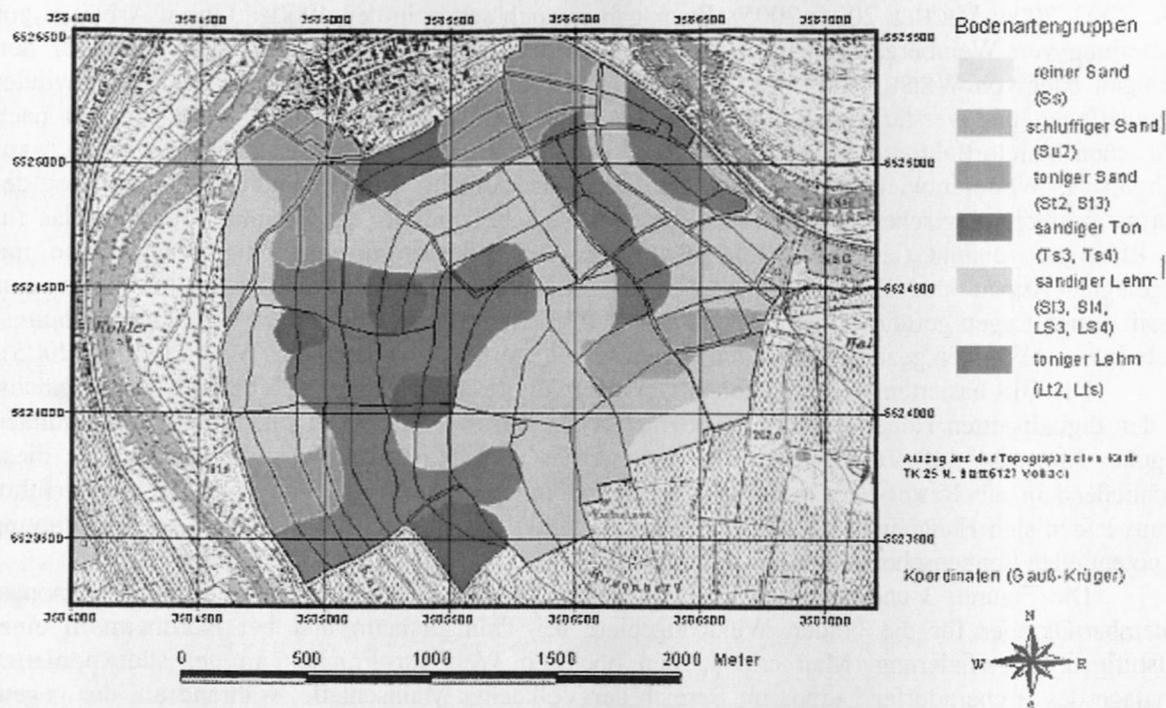


Abb. 1: Die Bodenartengruppen der Nordheimer Weinbergsböden

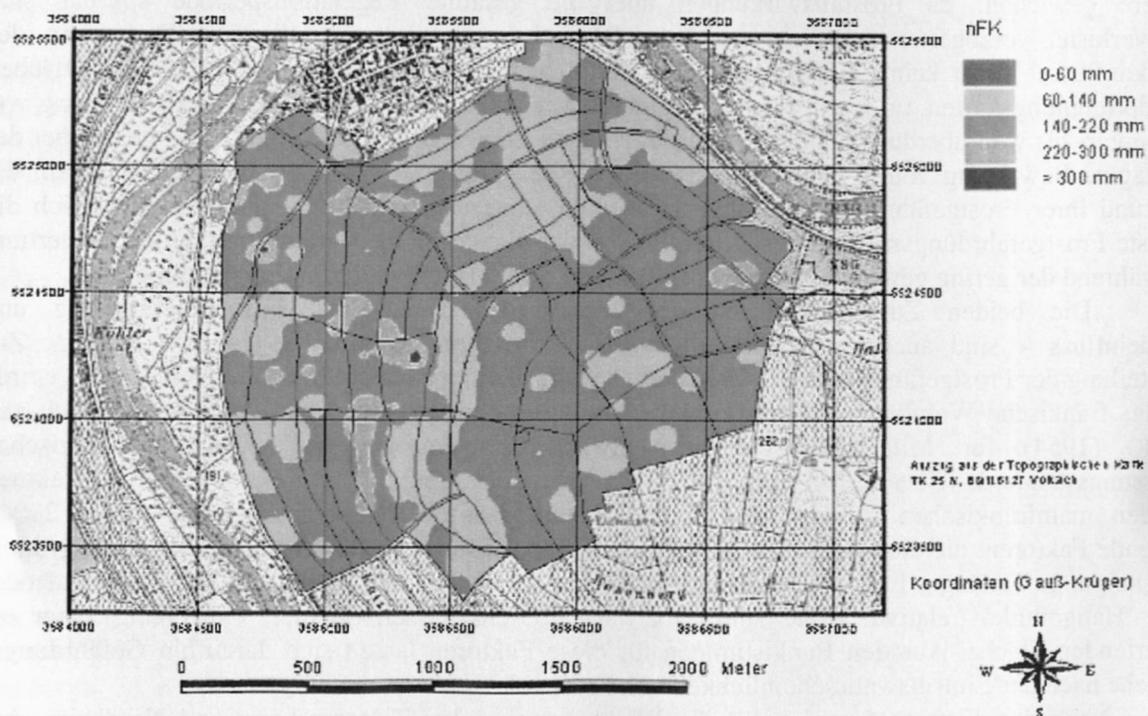


Abb. 2: Die nutzbare Feldkapazität (nFK) der Nordheimer Weinbergsböden

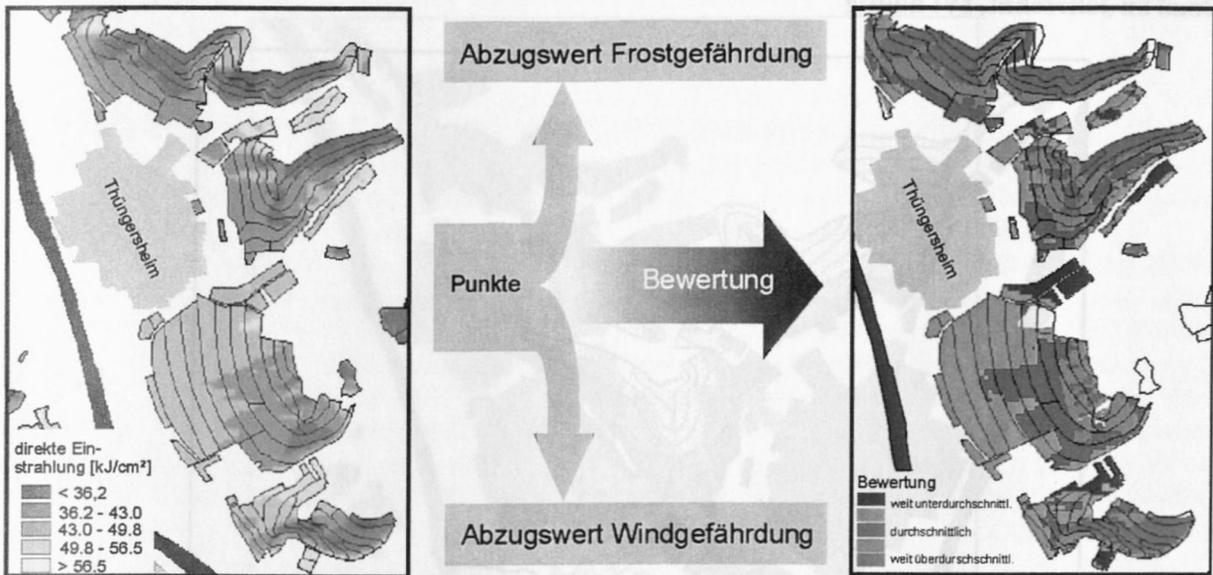
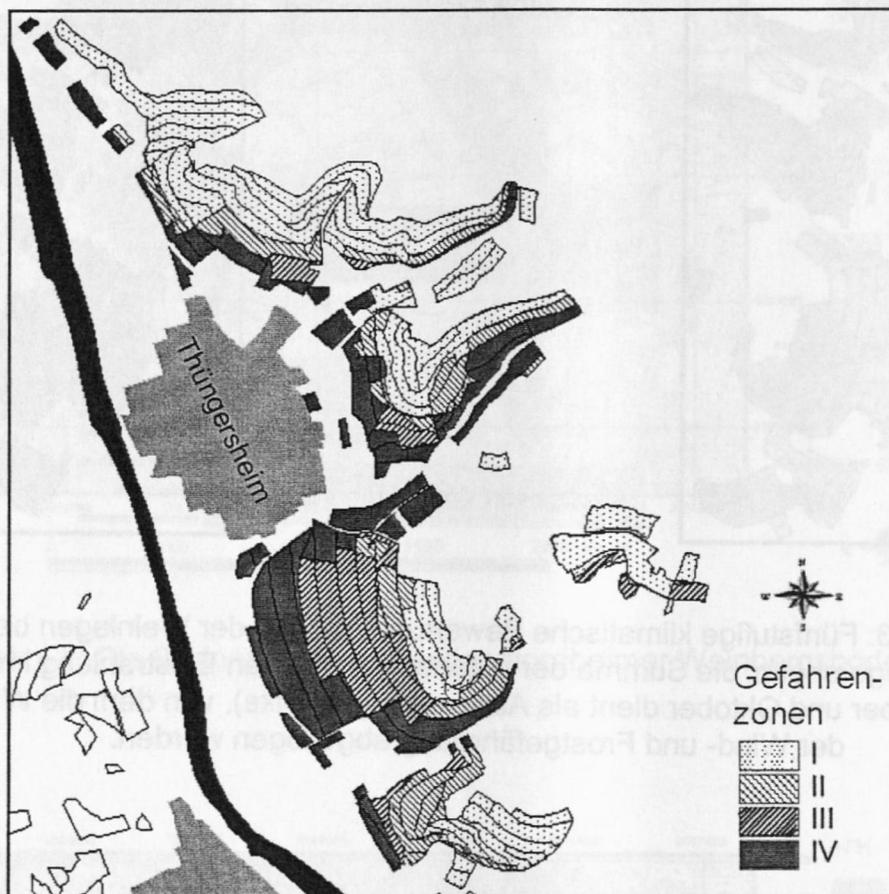


Abb. 3: Fünfstufige klimatische Bewertung (rechts) der Weinlagen bei Thüngersheim: die Summe der potentiellen direkten Einstrahlung im September und Oktober dient als Ausgangswert (links), von dem die Werte der Wind- und Frostgefährdung abgezogen werden.



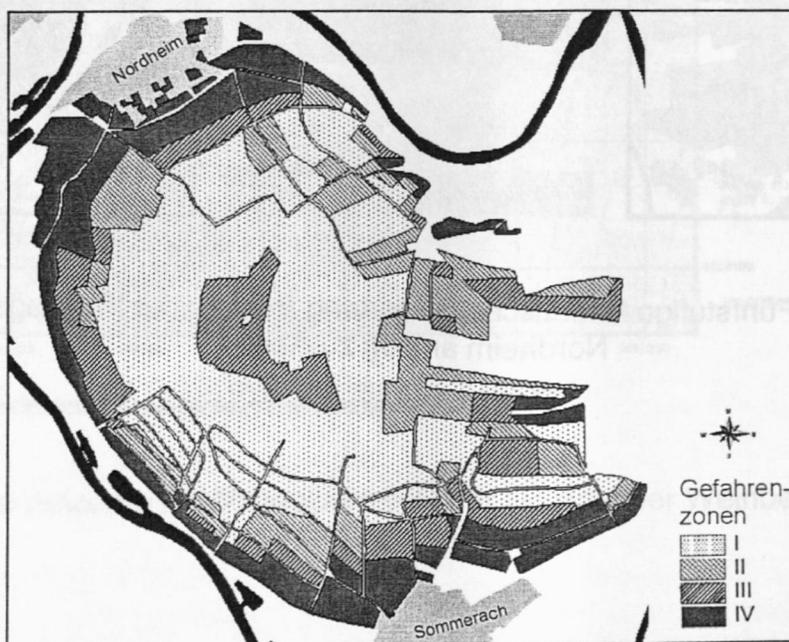
Abb. 4: Fünfstufige klimatische Bewertung (rechts) der Weinlagen bei Nordheim analog zu Abb. 3

Figur 5: Einteilung der Eintrittswahrscheinlichkeit von Frost in vier Gefährdungszonen für die Weinlagen bei Thüngersheim: I: sehr selten, II: 2-3mal in einem Menschenalter, III: höchstens 1-2mal im Jahrzehnt, IV: häufig



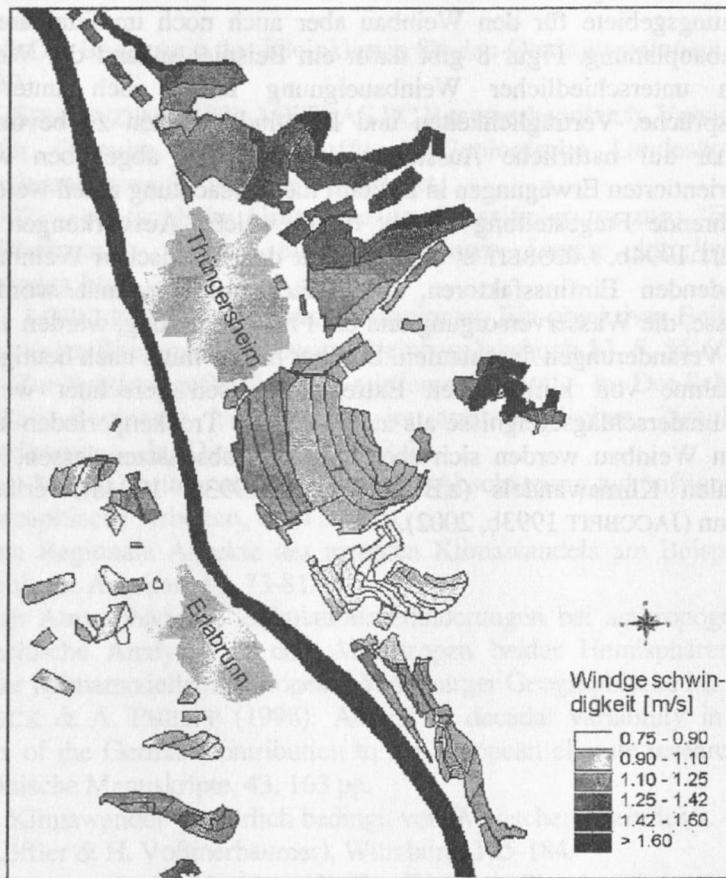
(Entwurf: H. Showers)

Figur 6: Einteilung der Eintrittswahrscheinlichkeit von Frost in vier Gefährdungszonen für die Weinlagen bei Nordheim: I: sehr selten, II: 2-3mal in einem Menschenalter, III: höchstens 1-2mal im Jahrzehnt, IV: häufig



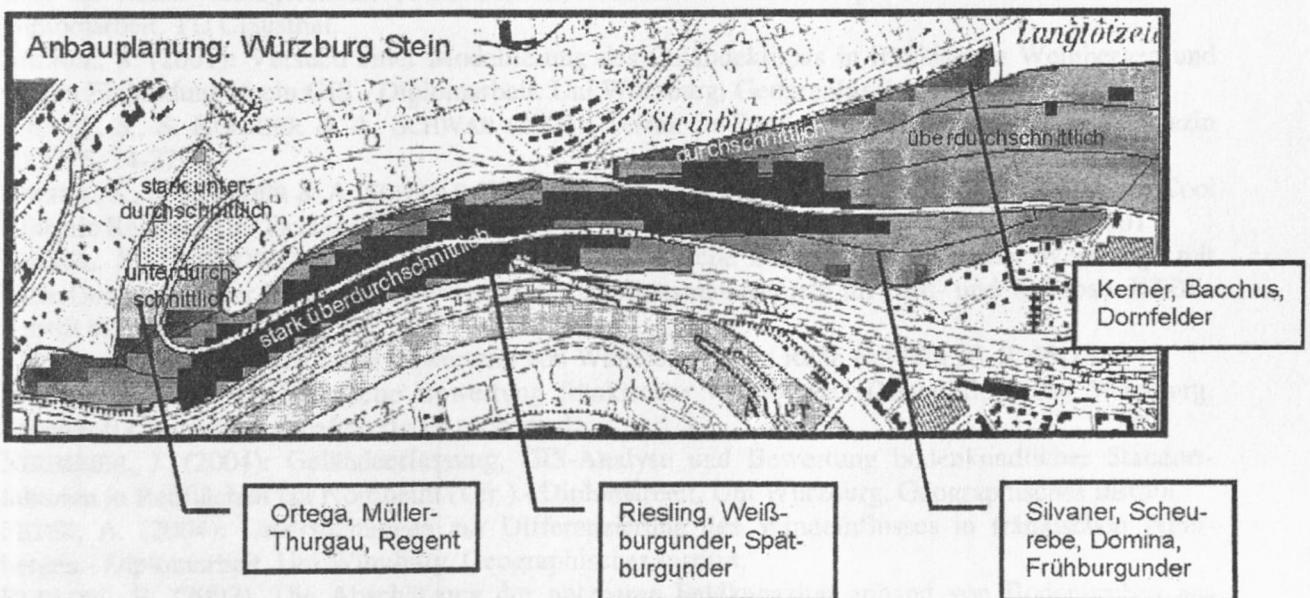
(Entwurf: H. Showers)

Figur 7: Durchschnittliche Windgeschwindigkeiten bei antizyklonalen Großwetterlagen im August und September über den Weinbergen bei Thüngersheim und Erlabrunn



(Entwurf: A. Peter)

Figur 8: Mögliche Anbauplanung für die Lage "Würzburger Stein" aufgrund der klimatischen Bewertung

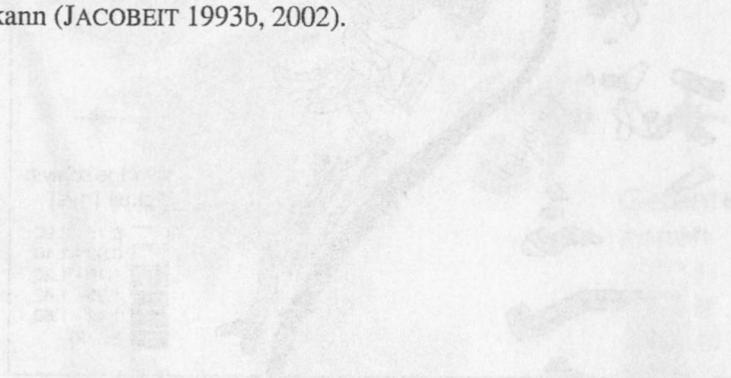


(Entwurf: S. Michel)

4. Ausblick

Über die abgestufte Bewertung natürlicher Standortfaktoren hinaus erlauben die Abgrenzungen unterschiedlicher Eignungsgebiete für den Weinbau aber auch noch unmittelbare Beiträge zu einer angewandten Sortenanbauplanung. Figur 8 gibt dafür ein Beispiel anhand der Weinlage Würzburger Stein: den Gebieten unterschiedlicher Weinbaueignung lassen sich unter Berücksichtigung sortenspezifischer Ansprüche, Verträglichkeiten und Empfindlichkeiten zu bevorzugende Rebsorten zuordnen, wenn primär auf natürliche Ausstattungskomponenten abgehoben wird. Diesen sollte gegenüber rein marktorientierten Erwägungen in Zukunft mehr Beachtung zuteil werden.

Eine weiterführende Fragestellung besteht darin, welche Auswirkungen der bevorstehende Klimawandel (JACOBEIT 1994b, JACOBEIT et al. 1998) auf den fränkischen Weinbau nach sich ziehen dürfte. Alle entscheidenden Einflussfaktoren, die weiter oben genannt worden sind, wie die Einstrahlungsverhältnisse, die Wasserversorgung und die Frostgefährdung, werden voraussichtlich mehr oder weniger spürbare Veränderungen durchlaufen. Darüber hinaus muss nach heutigem Erkenntnisstand wohl mit einer Zunahme von klimatischen Extremereignissen gerechnet werden, sowohl was erosionsträchtige Starkniederschlagsereignisse als auch anomale Trockenperioden anbelangt. Genauere Auswirkungen auf den Weinbau werden sich aber erst dann abschätzen lassen, wenn die regionale Dimension des globalen Klimawandels (z.B. JACOBEIT 1993a, 1994a) verlässlicher quantitativ eingegrenzt werden kann (JACOBEIT 1993b, 2002).



(Quelle: A. Lorenz)

Die Abbildung zeigt die räumliche Verteilung der Eignungsgebiete für die Rebsorten 'Spätburgunder', 'Pinot Noir' und 'Riesling' in der Weinlage Würzburger Stein. Die Eignungsgebiete sind in verschiedene Stufen unterteilt, die von 'sehr gering' bis 'sehr hoch' reichen. Die Karte ist mit einer Legende versehen, die die Eignungsstufen und die zugehörigen Rebsorten darstellt.



sehr gering
gering
mittel
hoch
sehr hoch

Spätburgunder
Pinot Noir
Riesling

sehr gering
gering
mittel
hoch
sehr hoch

(Quelle: B. Müller)

Literaturverzeichnis:

- BECKER, N.J. (1968): Die Gütebewertung der Rheingauer Weinbergslagen. -In: Der deutsche Weinbau 36, S. 1298-1302.
- BECKER, N.J. (1971): Die Bedeutung des Kleinklimas für den Qualitätsweinbau. -In: Dtsch. Weinbau-Jahrbuch 22, S. 15-20.
- BIGALKE, K. & K.H. SCHLÜNZEN (1998): METRAS PC Benutzerhandbuch, Version 1.0.- Hamburg
- BUNDESANSTALT für Geowiss. und Rohstoffe & Geologische Landesämter (Hrsg.) (1996): Bodenkundliche Kartieranleitung (4. Auflage).- Stuttgart.
- HOPPMANN, D. (2002): Die fachliche Grundlage der Klassifizierung zum "Ersten Gewächs".- In: Erstes Gewächs Rheingau - Weine aus klassifizierten Lagen: <http://www.erstes-gewaechs-rheingau.de/deutsch/index.htm>
- HOPPMANN, D. & O. LÖHNERTZ (2002): Terroir - Rheingau. Ein objektiver Beitrag zur Beschreibung der Standortverhältnisse im Rheingau.- In: Dtsch. Weinbau-Jahrbuch 53, S. 55-65
- JACOBEIT, J. (1992): Zur Spätfrostgefährdung im mittleren Etschtal. - In: Der Schlern, 66(5), 321-330.
- JACOBEIT, J. (1993a): Regionale Unterschiede im atmosphärischen Zirkulationsgeschehen bei globalen Klimaveränderungen. -In: Die Erde, 124, 63-77.
- JACOBEIT, J. (1993b): Möglichkeiten und Probleme der Abschätzung zukünftiger Klimaänderungen. - In: Würzburger Geographische Arbeiten, 87, 419-430.
- JACOBEIT, J. (1994a): Regionale Aspekte des rezenten Klimawandels am Beispiel Unterfranken. -In: Würzburger Geographische Arbeiten, 89, 73-81.
- JACOBEIT, J. (1994b): Atmosphärische Zirkulationsveränderungen bei anthropogen verstärktem Treibhauseffekt - jahreszeitliche Analysen in den Außertropen beider Hemisphären auf der Basis von Ausgabedaten globaler Klimamodellsimulationen. - Würzburger Geographische Manuskripte, 34, 101 pp.
- JACOBEIT, J., C. BECK & A. PHILIPP (1998): Annual to decadal variability in climate in Europe - objectives and results of the German contribution to the European climate research project ADVICE. - Würzburger Geographische Manuskripte, 43, 163 pp.
- JACOBEIT, J. (2002): Klimawandel – natürlich bedingt, vom Menschen beeinflusst. – In: Mit unserer Erde leben (hrsg. von G. Löffler & H. Voßmerbäumer), Würzburg, 165-184.
- KÖNIGER, S., A. SCHWAB & S. MICHEL (2002): Welcher Standort bringt's?. -In: das deutsche weinmagazin 22, S. 12-15
- KÖNIGER, S., A. SCHWAB & S. MICHEL (2003): Nutzung eines GIS zur "Terroir"-Bewertung, Sorten- und Anbauplanung.- In: Dtsch. Weinbau-Jahrbuch 55, S. 34-46.
- KUSSEROW, M. (2002): Geologisch-bodenkundliche Analyse und GIS-Erfassung des östlichen Maintals im Raum Thüngersheim (Unterfranken) hinsichtlich weinbauspezifischer Standortfaktoren.- Diplomarbeit, TU Clausthal.
- MICHEL, S. (2001): Versuch einer Modellierung des Geländeklimas in fränkischen Weinbergen und dessen Einbindung in ein GIS.- Diplomarbeit, Uni Würzburg, Geographisches Institut
- MICHEL, S., S. KÖNIGER & A. SCHWAB (2002): Terroir in Franken.- In: das deutsche weinmagazin 16/17, S. 24-27.
- MICHEL, S., S. KÖNIGER & A. SCHWAB (2003): Micro- and Topoclimatic Conditions of Terroirs in Cool Climatic Regions.- In: Paysage de vignes et de vins, Colloque International Fontevraud, S. 159-161
- MICHEL, S., H. SHOWERS & A. PETER (2004): Klimatische Bewertung fränkischer Weinberge mit Hilfe Geographischer Informationssysteme.- In: Qualitätsmanagement im Obst- und Weinbau, KTBL-Schrift 421, S. 225-231.
- MICHEL, S. (2004): Klimatische Bewertung von Weinbergen.- In: Rebe & Wein 10, S. 25-28
- MICHEL, S. (2005): Klimatische Bewertung fränkischer Weinberge.- Dissertation, Uni Würzburg, Fakultät für Geowissenschaften (to be submitted)
- NEUMEIER, J. (2004): Geländeerfassung, GIS-Analyse und Bewertung bodenkundlicher Standortfaktoren in Rebflächen bei Nordheim (Ufr.).- Diplomarbeit, Uni Würzburg, Geographisches Institut
- PETER, A. (2004): Untersuchungen zur Differenzierung des Windeinflusses in fränkischen Weinbergen.- Diplomarbeit, Uni Würzburg, Geographisches Institut.
- RUDLOFF, B. (2002): Die Abschätzung der nutzbaren Feldkapazität anhand von Bodenproben aus fränkischen Weinbergsböden.- Diplomarbeit, Uni Würzburg, Geographisches Institut.
- SHOWERS, H. (2004): Frostgefährdung in fränkischen Weinbergslagen und ihre Einbindung in ein GIS.- Diplomarbeit, Uni Würzburg, Geographisches Institut

UHLIG, S. (1954): Beispiel einer kleinklimatischen Geländeuntersuchung.- In: Zeitschrift für Meteorologie 8, S. 66-75.

WEISE, R. & WITTMANN, O. (1971): Boden und Klima fränkischer Weinberge.- Atlas BayStMELF, München, 633 Karten.

ZEPP, H & M. J. MÜLLER (Hrsg.) (1999): Landschaftsökologische Erfassungsstandards.- Forschungen zur Deutschen Landeskunde, Band 244