

Regierungspräsidium Freiburg, Abt. Wasserwirtschaft.: Morphologische Querprofile der Oberrheinebene i. M. 1:25 000 längs, 1:100 hoch.

SAYER, C.: Die Wassermengen der fließenden Gewässer im Großherzogtum Baden. – Beiträge zur Hydrographie des Großherzogtums Baden 8, Karlsruhe 1893.

THÜRACH, H., W. HASEMANN & R. BRILL: Erläuterungen zur Übersichtskarte der Bodenarten von Baden. Heidelberg 1926.

WACKER, F.: Baden-Württemberg. Bodenübersicht 1:600 000. – Geologisches Landesamt Baden-Württemberg, Freiburg i. Br. 1965.

## LOKALE KLIMAVERÄNDERUNG DURCH FLURBEREINIGUNG DAS BEISPIEL KAISERSTUHL

Mit 12 Abbildungen und 4 Tabellen

WILFRIED ENDLICHER

*Summary:* Local climatic change as a result of land consolidation

In the context of consolidation of land under viticulture in the wine growing district of the Kaiserstuhl the conventional small terrace relief is giving way to large terraces comprising several hectares each. This leads to considerable changes in the field climate, especially in respect of conditions of radiation and wind as well as surface and air temperature. With the aid of morning and midday thermal photography flights and measurement transits increasing risks of frosts and decreasing quality of yields could be proved to be the consequence of these reorganisations.

Die regionale Klimagunst der südlichen Oberrheinebene, Konsequenz der Superposition von ihrer in bezug auf Mitteleuropa südlichen Lage, der tiefen Absenkung in den Oberrheingraben und dem Schutz der Randgebirge Vogesen und Schwarzwald, wird im Kaiserstuhl durch die Sonderkultur des Weinbaus in Wert gesetzt. Die klimatischen Gunstfaktoren werden durch pedologische in Form von Pararendzinen über mächtigen Lößdecken ergänzt. Weinbau ist am Kaiserstuhlrand bereits im 8. Jh. nachgewiesen, die Inkulturnahme der Hänge erfolgte hingegen erst im 10. und 11. Jh. Hierbei wurden hunderte von schmalen Terrassen mit oftmals nur 1–3 Rebzeilen angelegt. Dieses anthropogen geschaffene Sekundärrelief ist aufgrund der Erosionsanfälligkeit des Löß unabdingbar und verursacht auf der Handarbeitsstufe nur wenig Nachteile. Spätestens nach der Gründung der Europäischen Gemeinschaft rückte aber die Notwendigkeit einer wirtschaftlicheren Gestaltung des Reblandes in den Mittelpunkt: Mit einer enormen Flächenexpansion und der Bemühung um höchste Weinqualität ging der Zwang zur Rationalisierung und Mechanisierung der Weinbergsarbeiten, also eine Senkung des Arbeitsaufwandes aus Gründen der Preisgestaltung einher.

### 1. Rebflurbereinigung am Kaiserstuhl

In diesem Rahmen ist die Durchführung von Flurbereinigungsmaßnahmen<sup>1)</sup> zu sehen. Ab Mitte der sechs-

ziger Jahre eröffneten die im Zuge des Autobahnbaus entwickelten Erdbaumaschinen hierfür neue technische Möglichkeiten. Die bis zu 30 m dicken Lößauflagen gestatten einen besonders wirkungsvollen, sprichwörtlich „bergeversetzenden“ Großmaschineneinsatz. Das konventionelle Kleinterrassenrelief wird seitdem sukzessive in bis zu über 5 ha umfassende Großterrassen umgelegt. Ihre Fläche nahm 1971 bereits 10% derjenigen des waldfreien Kaiserstuhls ein (HASERODT 1971, 334), und inzwischen dürfte über die Hälfte des Kaiserstühler Weins auf Großterrassen produziert werden.

Durch die Großterrassierung wird insbesondere den Forderungen von arbeitswirtschaftlicher Seite nach mindestens 60 m langen Rebzeilen als Voraussetzung für eine rationelle Bewirtschaftung Rechnung getragen. Als weitere Vorteile sind Zeitersparnis und Transporterleichterung durch verbesserte Wegerschließung und die Erhöhung der Marktleistung durch die Anpflanzung qualitativ höherwertiger Rebstöcke anzuführen. Der besonders zeitintensive Rebschnitt und die Lese sind bisher allerdings nicht zu mechanisieren. Grundstückszusammenlegungen erfolgten nur in sehr bescheidenem Maße, da durch den Maschineneinsatz die Reblandwirtschaft als Neben- oder Zuerwerb möglich ist.

Eine dieser Flurbereinigungen wurde am Ihringer Fohrenberg im südwestlichen Kaiserstuhl durchgeführt (Tab. 1). Insgesamt wurden 29 neue Terrassen mit einer mittleren Größe von 2,2 ha geschaffen. Ihre Länge variiert zwischen 100 und 500 m, ihre Breite zwischen 30 und 130 m. Die Form ist zumeist rechteckig bis polygonal. Zur Verhütung von Erosionsschäden besitzen die Großterrassen ein bergwärtiges Gefälle von 2 bis 4% und ein ebenso großes in ihrer Längsrichtung. Die Höhe der begrasteten Böschungen beträgt 6 bis 25 m. Ein Randwall von ca. 1 m Höhe am Terrassenaußenrand soll die Unfallgefahr verringern und dient als Bodenreserve. Verbindungswege rund um die Terrassen ermöglichen den Zugang zu den Rebzeilen (Abb. 1).

<sup>1)</sup> Detaillierte Angaben über die Rebflurbereinigung im Kaiserstuhl sind den Untersuchungen von HASERODT (1971),

FRIZ (1976) und SCHNEKENBURGER et al. (1976) zu entnehmen.

Tabelle 1: Übersicht über das Flurbereinigungsverfahren Ihringen V (West) am Fohrenberg (nach Angaben des Flurbereinigungsamtes Freiburg und FRIZ, 1976)

Summary of the land consolidation method at Ihringen V (West) on the Fohrenberg (according to data of the Land Consolidation Office at Freiburg and FRIZ, 1976)

Antrag der Gemeinde Ihringen auf Durchführung eines Flurbereinigungsverfahrens: 1964  
Planierungsarbeiten: Winter 1969/70  
Abschluß des Verfahrens: 1972  
Gesamtkosten: 4,8 Mio DM

Stand	vor	nach
	der Flurbereinigung	
Anzahl der Besitzer	520	304
Anzahl der Terrassenniveaus	25–30	8
weinbaulich genutzte Fläche	97 ha	89 ha
Anzahl der Parzellen	1029	448
durchschnittliche Parzellengröße	0,13 ha	0,35 ha
prozentuale Aufgliederung der Parzellengrößen		
	≤ 0,05 ha	10% 8%
	0,05–0,10 ha	49% 23%
	0,10–0,20 ha	35% 38%
	0,20–0,50 ha	5% 27%
	0,50–1,00 ha	0,5% 2%
	≥ 1,00 ha	0,5% 2%
Rohrleitungen zum Ableiten des Oberflächenwassers	1 km	6 km
Wege und Gewässer (Sedimentationsbecken)	4 ha	33 ha
Rebzeilenabstand	1,20 m	1,50 m
Rebstockabstand	1,20 m	1,30 m

Die im § 1 des Flurbereinigungsgesetzes geforderte „wirtschaftliche Gestaltung“ eines Weinbaubetriebes hängt neben der rationellen Bewirtschaftung aber auch wesentlich von der Qualität des erzeugten Traubensaftes und dem Anbau-risiko ab, Gesichtspunkte, die in naher Zukunft bei Ausweitung der Europäischen Gemeinschaft noch an Bedeutung gewinnen dürften. In Mitteleuropa, an der Polargrenze des Qualitätsweinbaus, läßt sich die Rebe aber nur in geländeklimatischer Gunstlage mit Erfolg anbauen, und „alle Faktoren, die das Bestandsklima beeinträchtigen, sind negativ zu bewerten und sollten nach Möglichkeit eingeschränkt oder vermieden werden“ (HORNEY 1972, 320). Es ist deswegen folgerichtig, daß auch Flurbereinigungsmaßnahmen als eine Möglichkeit der Lokalklimaverbesserung angesehen werden (LINSENMAIER 1965). Ob jedoch Umlegungsmaßnahmen in Form von Großterrassen wie am Ihringer Fohrenberg den aus geländeklimatologischer Sicht zu stellenden Forderungen gerecht werden und welche lokalklimatischen Veränderungen durch die Reliefumgestaltung eingetreten sind, soll durch die nachfolgend beschriebene Untersuchung geklärt werden.

## 2. Untersuchungsmethodik

Als für den Qualitätsweinbau wichtigste geländeklimatische Parameter sind die Einstrahlungsverhältnisse mit ihren Konsequenzen für die mittäglichen Temperaturmaxima, die Temperaturminima in Strahlungsnächten unter besonderer Berücksichtigung der Frostgefährdung in den Übergangsjahreszeiten und die Windbelastung anzusehen. So ergaben z. B. einfache Regressionsanalysen zwischen Energieeinnahme pro Vegetationsperiode und erreichbarem Mostgewicht als Ausdruck der Qualität des Traubensaftes Korrelationskoeffizienten von +0,70 bis +0,92 (HOPPMANN 1978) oder zwischen den mittleren Lufttemperaturmaxima und der Blüteentwicklung von +0,94 (BECKER 1972). GEIGER (1975) und HOPPMANN (1978) konnten nachweisen, daß früherer Laubfall, geringere Ertragsmengen, höherer Säuregehalt des Mostes und Qualitätseinbußen von ca. 3 bis maximal 5° Oechsle auf stagnierende nächtliche Kaltluft zurückgeführt werden können. In denselben Lagen stellt auch die Spätfrostgefahr die größte Hürde für den Ertrag dar. „In den Kaltluftstraßen gedeihen . . . die Reben schlechter, werden leichter krank, erfrieren häufiger und bringen weniger zuverlässig Erträge, die fast stets geringer und minderwertiger als normal sind“ (WEISE 1953, 349).

Den Kernpunkt der Untersuchungen bildeten synchrone Messungen der Oberflächen- und Lufttemperaturen zum Eintrittszeitpunkt der Extremwerte an kleinterrassierten Rebhängen und modernen Großterrassen. Die Oberflächentemperaturen wurden dabei im Rahmen des Flugzeugmeßprogramms (ENDLICHER 1978) mit einem Zeilenabtaster aus 1000 mNN aufgenommen. Diese Aufnahmetechnik macht sich einerseits das Gesetz von Stefan Boltzmann, nach dem bei einem schwarzen Strahler die emittierte Gesamtstrahlung von der absoluten Temperatur des Strahlers abhängt, und andererseits die Infrarotfenster der Atmosphäre, die diese Strahlung im Bereich von 8–13 µm nahezu ungehindert durchlassen, zunutze. An der Bildverarbeitungsanlage DIBIAS der Deutschen Forschungs- und Versuchsanstalt für Luft- und Raumfahrt wurden die aufgenommenen Signale digital weiterverarbeitet und als Thermalbilder bzw. Äquidensitendarstellungen ausgegeben. Bei letzteren werden die Oberflächentemperaturen vorgegebenen Temperaturintervallen zugeordnet, wodurch eine Quantifizierung der Bildinformation möglich ist. Die Aquisition der Lufttemperaturdaten in 2 m ü. G. geschah mobil mit Hilfe eines Meßwagens auf ausgewählten Routen über repräsentative klein- und großterrassierte Rebareale. Die während der Fahrt kontinuierlich registrierten und anschließend auf einen einheitlichen Zeitpunkt reduzierten Meßwerte wurden an die 18jährige Reihe der Klimahauptstation Liliental bei Ihringen angeschlossen. Die Meßergebnisse sind als Lufttemperaturprofile in Abweichung von einem in der vorgelagerten Oberrheinebene gemessenen Basiswert dargestellt.

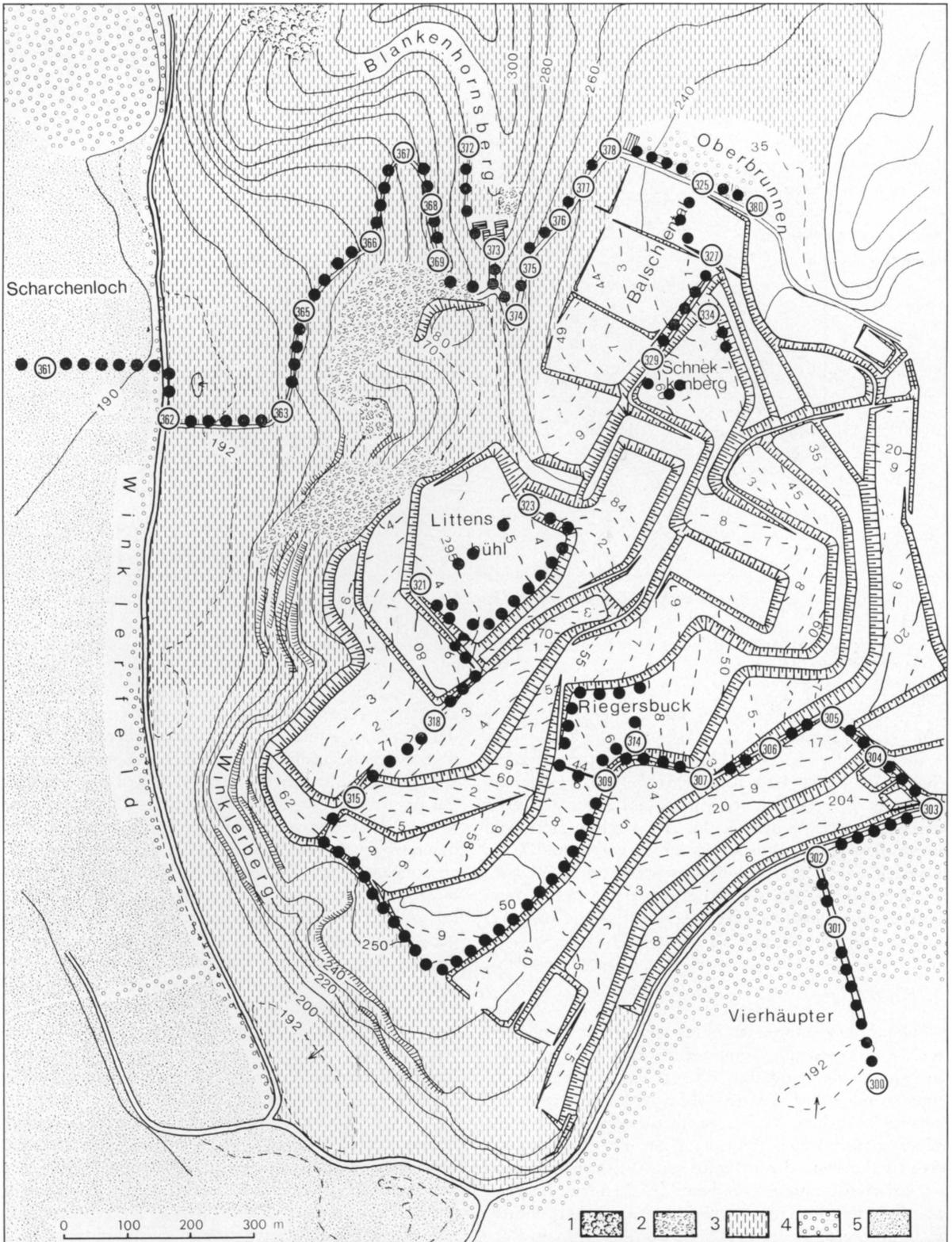


Abb. 1: Topographische Skizze der Großterrassenanlage am Ihringer Fohrenberg mit Landnutzung und Meßitineraren; Kartengrundlage: DGK 1:5000 (mit Genehmigung des Landesvermessungsamtes Baden-Württemberg)

1 Hochwald des Zentralkamms u. seiner Ausläufer; 2 Niederwaldreste; 3 un- oder kleinterrassiertes Rebland; 4 Obstwiesen u. -plantagen, Nußbäume u. Feldgemüsebau auf Talböden und im Randbereich; 5 Acker- u. Grünland d. Oberrheinebene

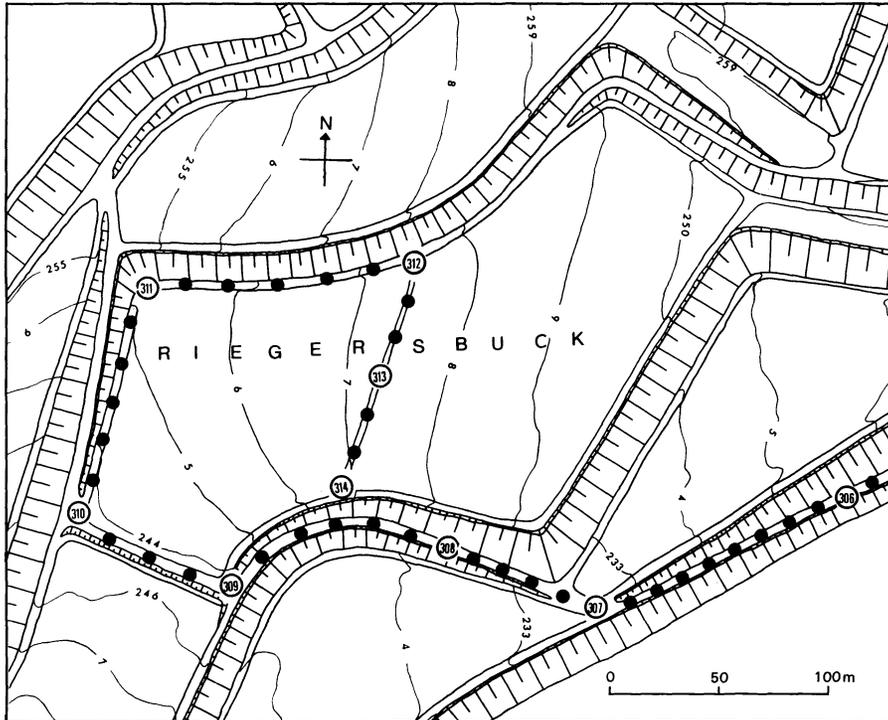


Abb. 2: Großterrasse am Riegersbuck (Mit Genehmigung des Flurbereinigungsamtes Freiburg auf der Grundlage einer Karte 1:1500)

Large terrace on the Riegersbuck (with permission of the Land Consolidation Office, Freiburg, based on the 1:1500 map sheet)

Im folgenden sollen exemplarisch die Meßresultate auf einer Testfläche, der Großterrasse am Riegersbuck (Abb. 1 und 2), diskutiert werden. Sie gehört mit ca. 4,2 ha zu den größeren Terrassen am Fohrenberg und liegt an seinem Südabfall ca. 50 m über der Niederterrasse des Rheins. Die mittlere Tiefe vom Böschungsfuß zur Böschungskante beträgt ca. 100 m. Das Itinerar steigt vom Basismesspunkt (Nr. 300) im Tiefland an den Außenrand des Riegersbuck (309), verläuft dann entlang des Terrasseninnerandes (310–312) und quert abschließend die Terrasse (313–314).

### 3. Einstrahlungsverhältnisse

Die direkte Sonnenstrahlung stellt in unseren Breiten die entscheidende Komponente innerhalb der Strahlungsbilanzgleichung dar, da sich die anderen Strahlungsströme über längere Zeiträume hinweg weitgehend aufheben. Damit ist ihre Bedeutung für die Wärmehaushaltsgleichung manifest, und die quantitative Evaluierung der auf unterschiedlich geneigten und exponierten Empfangsflächen einfallenden Energiemengen im Rahmen agrarklimatologischer Untersuchungen grundlegend. Für die Bonitierung von Rebflächen in Mitteleuropa berechnete deshalb BRANDTNER (1974) die stündlichen Summen der direkten Sonnenstrahlung, die auf unterschiedlich orientierte Hänge

auftrifft, wobei er neben der geographischen Breite, der Tageslänge und der Transmission der Atmosphäre über die Sonnenscheindauer auch die Bewölkungsverhältnisse berücksichtigte. In Tab. 2 sind die Werte in der geographischen Breite des Kaiserstuhls für die gesamte Vegetationsperiode sowie für die im Weinbau besonders wichtigen Spätsommer- und Herbstmonate zusammengestellt. Im Vergleich zu mit  $20^\circ$  geneigten Süd-, Südwest- und Südosthängen erhält z. B. eine horizontale Empfangsfläche während der Vegetationsperiode respektiv 11,2%, 7,2% bzw. 6,7% weniger direkte Sonnenenergie. Innerhalb dieses Zeitraums lösen Abschnitte von größerer und kleiner witterungsklimatischer Bedeutung einander ab. Da über die Qualität des Traubenmostes aber insbesondere die Herbstwitterung entscheidet (PRIMAULT 1969, 19f.), kommt den Strahlungssummen des Septembers und Oktobers hervorragende Bedeutung zu. Eine Ebene erhält im Oktober nur noch 67% der Strahlungssumme eines Südhanges bzw. 73% und 77% derjenigen eines Südwest- bzw. eines Südosthanges von  $20^\circ$  Neigung.

Wendet man nun diese theoretischen Betrachtungen auf den konkreten Fall des Ihringer Fohrenberges an, so müssen die Expositions- und Inklinationsverhältnisse vor der Umlegung berücksichtigt werden. Der kleinterrassierte Südabfall, der Riegersbuck, wies vor der Flurbereinigung eine Neigung von ca.  $10^\circ$  auf. Bei

Tabelle 2: Summen der direkten Sonnenstrahlung an unterschiedlich orientierten Hängen in MJ/m<sup>2</sup> für 48° 15' N, reduziert nach Maßgabe des mittleren prozentualen Sonnenscheins (berechnet auf der Basis von Datenkollektiven bei BRANDTNER, 1974)

Direct insolation totals on differently oriented slopes in MJ/m<sup>2</sup> for 48° 15' N, reduced according to the average percentage sunshine (calculated on the basis of data collection in BRANDTNER, 1974)

EXPOSITION	Juli			August			September			Oktober			Veget. Per. April-Okt.		
Ebene	449			363			229			116			2216		
NE	424	386	337	332	291	243	197	159	121	89	62	39	2031	1787	1507
E	441	422	396	356	341	320	224	213	200	109	105	98	2175	2086	1961
SE	459	457	444	381	390	388	252	268	275	135	151	162	2327	2374	2361
S	467	471	461	392	410	416	265	293	311	147	173	194	2392	2496	2525
SW	460	459	447	383	392	391	255	274	284	139	158	172	2335	2388	2379
W	443	425	400	358	345	326	229	221	211	117	115	111	2188	2104	1984
NW	425	388	340	333	293	247	200	165	129	93	68	46	2038	1801	1522
	10°	20°	30°	10°	20°	30°	10°	20°	30°	10°	20°	30°	10°	20°	30°
INKLINATION															

einem Vergleich der seinerzeit im Mittel direkt einstrahlten Energiemengen mit denjenigen, welche die fast horizontale Großterrasse empfängt, errechnet sich für die gesamte Vegetationsperiode eine Verringerung von 176 MJ/m<sup>2</sup> oder 7,4%, für den September allein von 36 MJ/m<sup>2</sup> oder 13,6% und für den Oktober von 31 MJ/m<sup>2</sup> entsprechend 21,1%. Selbst wenn man einwendet, daß bezüglich des Strahlungsgenusses das Kleinterrassenrelief nicht völlig dem eines glatten Hanges gleichgesetzt werden kann, so ist doch die erhebliche Verringerung der empfangenen Strahlungsenergie als Konsequenz der Großterrassierung offensichtlich. Diese Tatsache ist an Südhängen vor allem auch deshalb so gravierend, weil den dort früher erzielten Spitzenqualitäten mit ihrem hohen Markterlös die strahlungsklimatische Grundlage entzogen wird.

#### 4. Mittägliche Maxima der Oberflächentemperatur

Mit Hilfe von Fernerkundungsmethoden soll als nächster Schritt untersucht werden, inwiefern sich bei Strahlungswetter der unterschiedlich hohe Energieinput an Hängen und auf Großterrassen auch in einer Differenzierung der Oberflächentemperaturen niederschlägt. Abb. 3 ist ein Thermabild vom Fohrenberg, das am 16. 7. 1976 um 14.35 Uhr MEZ aus 1000 mNN aufgenommen wurde. Die großterrassierten Rebflächen heben sich als verhältnismäßig dunkel = rel. kühl von den begrasteten und in Südexposition sehr hellen = rel. warmen Steilböschungen ab. Etwa im gleichen Temperaturniveau wie die Großterrassen liegen auch die dem Fohrenberg vorgelagerten Freilandflächen der Oberrheinebene (K/L 7/11). Die südexponierten Kleinterrassenhänge westlich des Blankenhornsbergs (B 1/2) verzeichnen hingegen höhere Werte.

Gleiches gilt für die südwestexponierten Rebhänge am Winklerberg über Tephrit (I 1).

Die Äquidensitendarstellung (Abb. 4) läßt erkennen, daß die Oberflächentemperaturen der meisten Großterrassenflächen im Bereich von 30–40 °C liegen. Die Steilböschungen südlicher Exposition sind mit 40–45 °C dagegen wärmer. Ähnlich hohe Werte treten aber auch auf Kleinterrassenhängen in Süd- und Südwestexposition wie am Blankenhornsberg (B 1/2) und am Winklerberg auf bzw. wurden auch an anderen Kleinterrassenhängen der Ihringer Gemarkung (Lenzenberg, Schlichten) nachgewiesen.

Der Vergleich der Oberflächentemperaturen von Klein- und Großterrassen macht deutlich, daß die Umlegung süd-, südwest- und südostexponierter Hänge zu horizontalen „Ebenen am Hang“ bei sommerlichem Strahlungswetter eine Erniedrigung der Oberflächentemperaturen um 5–10 °C nach sich zieht. Das Temperaturniveau der Großterrassen entspricht dann etwa dem an unterrassierten Rebhängen östlicher und westlicher Exposition, wie der Vergleich mit entsprechend exponierten Rebarealen am Blankenhornsberg (B 4/5, B/C 6/7) erweist. Die Benachteiligung der Großterrassen muß sich zum Herbst hin noch erheblich verschärfen, da gerade in diesen für die Qualität entscheidenden Monaten die maximale Einstrahlungsdifferenzierung während der gesamten Vegetationsperiode auftritt (vgl. Tab. 2).

#### 5. Mittägliche Maxima der Lufttemperatur

Die geschilderte Verteilung der mittäglichen Oberflächentemperaturen schlägt sich auch in den Lufttemperaturen nieder. Als Beispiel hierfür sollen drei Lufttemperaturprofile von der Oberrhein-



Abb. 3: Kontrastverstärktes Thermalbild der Großterrassenanlage am Fohrenberg vom 16. 7. 1976, 14.35 Uhr MEZ, aus 1000 mNN; dunkel = rel. niedrige, hell = rel. hohe Oberflächentemperatur (Freigeig. Regierung v. Oberbayern, Nr. GS 300/7250)

Contrast-intensified thermal photograph of the large terrace lay-out on the Fohrenberg taken on 16 July, 1976 at 14.35 Central European Time from an altitude of 1000 m above sea-level; dark = relatively low, light = relatively high surface temperature (with permission of the Government of Upper Bavaria, No. GS 300/7250)

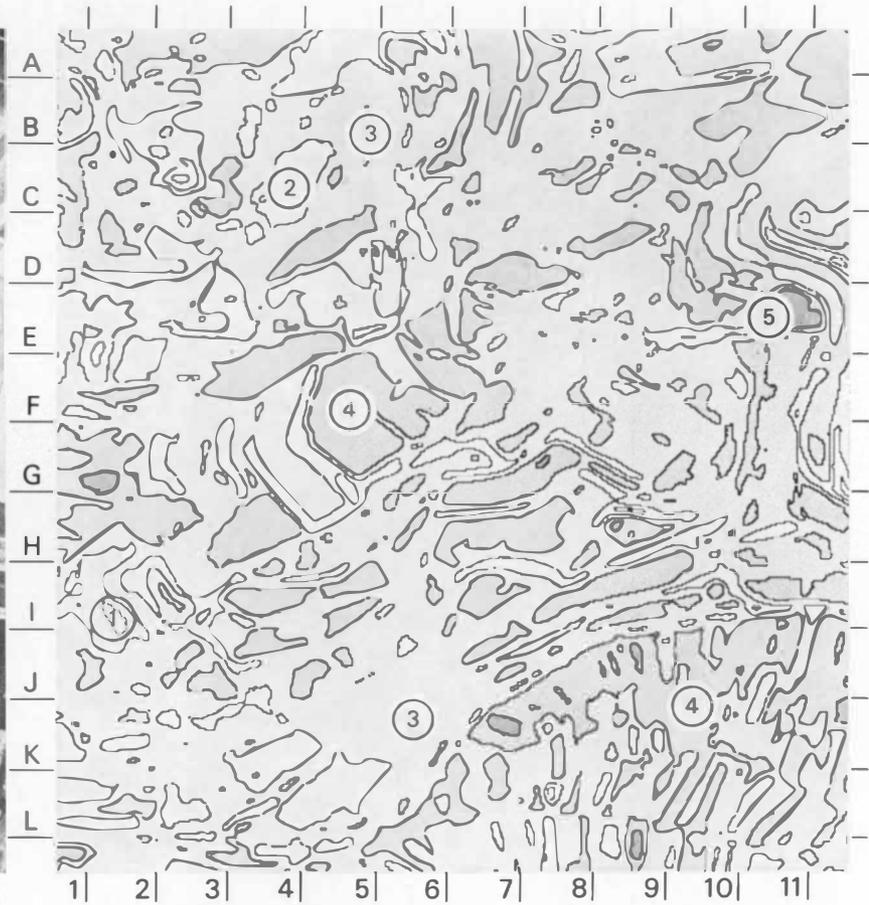


Abb. 4: Äquidensitendarstellung von Abb. 3; Intervalle der Oberflächentemperatur:

weiß	(1)	>45 °C
hellgrau	(2)	40–45 °C
mittelgrau a	(3)	35–40 °C
mittelgrau b	(4)	30–35 °C
dunkelgrau	(5)	25–30 °C

Presentation of equi-densities of Fig. 3; surface temperature intervals: white (1) >45 °C light grey (2) 40–45 °C medium grey a (3) 35–40 °C medium grey b (4) 30–35 °C dark grey (5) 25–30 °C

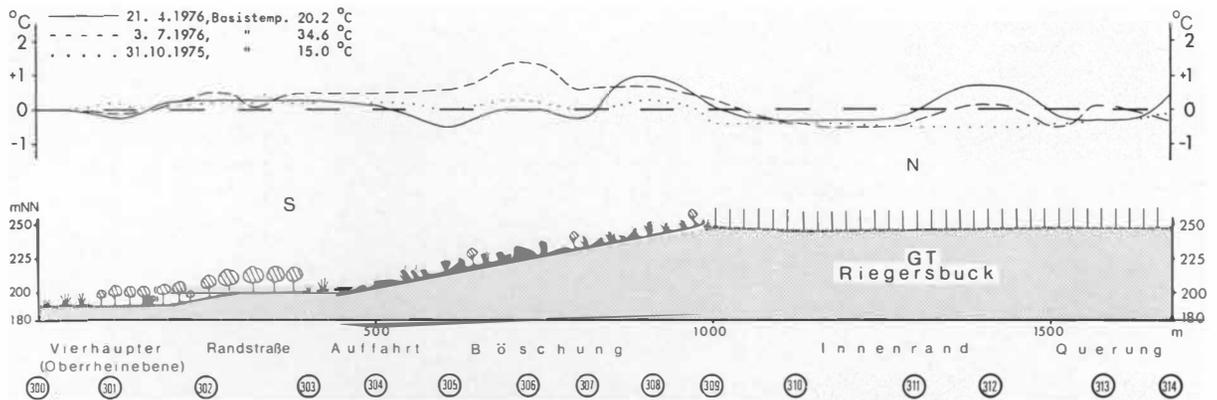


Abb. 5: Mittägliche Temperaturverteilung zu verschiedenen Jahreszeiten auf dem Meßitinerar von der Oberrheinebene (Vierhäupter) auf die Großterrassenanlage am Fohrenberg und über die Großterrasse Riegersbuck; Temperaturen 2 m ü. G. in Abweichung vom Basiswert am Standort Vierhäupter (300)

Distribution of noon temperatures in different seasons on the measurement itinerary from the Upper Rhine Plain (Vierhäupter) to the large terrace on the Fohrenberg and beyond to the large terrace at Riegersbuck; temperatures 2 m. above ground-level in deviation from the basic value at the Vierhäupter location (300)

ebene auf den Fohrenberg und über die Großterrasse am Riegersbuck vorgestellt werden, die jeweils bei wolkenlosem Strahlungswetter am frühen Nachmittag aufgenommen wurden. Bei der wiedergegebenen Meßgröße handelt es sich um die Temperaturabweichung vom Basismessstandort (300) auf der vorgelagerten Niederterrasse (Vierhäupter), gemessen in 2 m ü. G. (Abb. 5). Der genaue Verlauf des Itinerars kann Abb. 1 entnommen werden.

Am Itinerarbeginn ist auf der Hangschleppe des Kaiserstuhls bei allen drei Profilen eine leichte Begünstigung des südostexponierten Obstbaumgürtels zu vermerken. An der Auffahrt auf die Großterrassenanlage besitzt eine höhlwegartig angelegte, in den Übergangsjahreszeiten beschattete Kurve (305) niedrige Werte, die von den Itinerarmaxima vor den südost- bis südwestexponierten Hochböschungen (306, 308) abgelöst werden. Im Regelfall werden hier die Temperaturen der Ebene um mindestens 1 °C, im Extremfall um mehr als 2 °C übertroffen. Auf der Großterrasse am Riegersbuck (309, 310) geht bei allen drei Meßfahrten die Temperatur um 1 bis 2 °C auf 0,5 °C unter den Basiswert zurück. Erst an der südexponierten Innenböschung (312) kann bei der Frühjahrs- und Sommermeßfahrt ein Temperaturanstieg um ca. 1 °C festgestellt werden. Bei der Querung der Großterrasse (313) unterschreitet das Temperaturniveau in den Übergangsjahreszeiten deutlich den Basiswert, während es bei der Sommermessung an ihn heranreicht. Der Außenrand der Großterrasse (314) oberhalb einer südexponierten Böschung ist bei der Frühjahrsmeßfahrt um ca. 0,7 °C, bei der Herbstmeßfahrt um ca. 0,4 °C wärmer als die Großterrassenmitte. Dieser Effekt trat bei 7 der insgesamt 10 Meßfahrten auf und kann auf den Einfluß der von der darunter liegenden, günstig exponierten Böschung konvektiv aufsteigenden Warmluftblasen zurückge-

führt werden. Bei der Sommermessung genügten hingegen Windgeschwindigkeiten von ca. 2 m/sec aus Süden, um eine Überwärmung des Außenrandes zu verhindern.

Die Temperaturgunst der begrasten Böschungen überträgt sich im allgemeinen also nicht auf die rebenbestandenen Flächen. Ausnahmen bilden nur die schmalen Säume an Außen- und Innenrändern bei vorteilhafter Exposition der Böschungen. Nur dann kann die langwellige Ausstrahlung der Rückböschung bzw. die thermische Turbulenz am Außenrand bei Windstille temperaturerhöhend wirken, wie das Beispiel des Riegersbuck erkennen läßt.

## 6. Morgendliche Minima der Oberflächentemperatur

Neben der Kenntnis der tagsüber eingestrahltten Energiemengen mit ihren Konsequenzen für die Temperaturmaxima ist auch die Verteilung der nächtlichen Temperaturminima sehr wichtig. Kaltluftbeeinflusste Lagen weisen niedrigere Mostgewichte und höhere Säuregehalte auf, da bei niedrigeren Temperaturen einerseits mehr organische Säuren gebildet werden, andererseits in zunehmendem Maße Zucker als Veratmungssubstrat dient (BECKER 1970, 366). Vor allem mindert aber die Gefahr von Strahlungsfrösten bei Kaltluftstagnation die Ertragssicherheit. Thermalbilder liefern zwar Aussagen über die Oberflächentemperatur. In Strahlungs Nächten können bei in vollem Laub stehenden Rebstöcken die Lufttemperaturen aber prägend auf die Blattertemperaturen einwirken, da die Blattsubstanz nur eine geringe Wärmekapazität besitzt. Aus der im Thermalbild wiedergegebenen Vegetationsoberflächentemperatur sind deshalb Rückschlüsse auf die Bestandeslufttemperatur möglich, wobei deren Wärme-



Abb. 6: Kontrastverstärktes Thermalbild der Großterrassenanlage am Fohrenberg vom 16. 7. 1976, 4.14 Uhr MEZ, aus 1000 mNN; dunkel = rel. niedrige, hell = rel. hohe Oberflächentemperatur (Freigeig. Regierung v. Oberbayern, Nr. GS 300/7249)

Contrast-intensified thermal photograph of the large terrace at Fohrenberg taken on July 16, 1976 at 4.14 Central European Time from an altitude of 1000 m above sea-level; dark = relatively low, light = relatively high surface temperature (by permission of the Government of Upper Bavaria No. GS 300/7249)

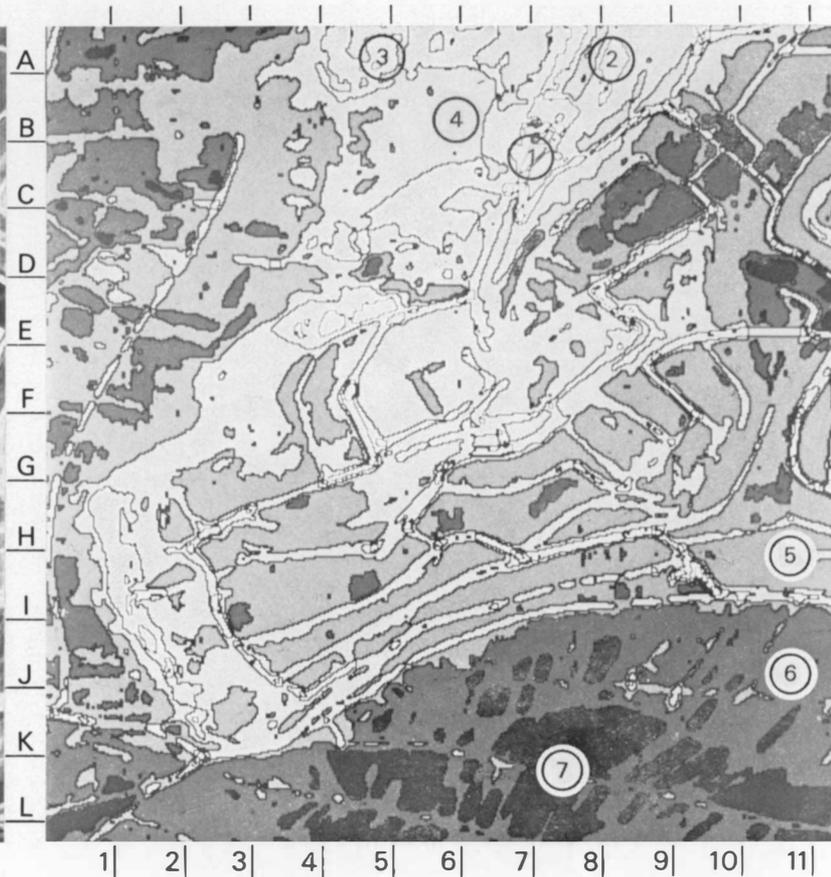


Abb. 7: Äquidensitendarstellung von Abb. 6; Intervalle der Oberflächentemperatur:

weiß	(1)	>18 °C	dunkelgrau a	(5)	14–15 °C
hellgrau a	(2)	17–18 °C	dunkelgrau b	(6)	13–14 °C
hellgrau b	(3)	16–17 °C	schwarz	(7)	<13 °C
mittelgrau	(4)	15–16 °C			

Presentation of equi-densities of Fig. 6; surface temperature intervals: white (1) >18 °C light grey a (2) 17–18 °C light grey b (3) 16–17 °C medium grey (4) 15–16 °C dark grey a (5) 14–15 °C dark grey b (6) 13–14 °C black (7) <13 °C

inhalt möglichst noch durch synchrone Kontrollmessungen festgestellt werden sollte.

Das Thermalbild vom Fohrenberg (Abb. 6) wurde am 16. 7. 1976 vor Sonnenaufgang aus 1000 mNN aufgenommen. Die tiefsten Oberflächentemperaturen (dunkel) besitzt die Niederterrasse und die meliorierte Aue im Kaiserstuhlvorland. Ebenfalls sehr niedrige Werte weisen auch das Balschen- und Oberbrunnental (B 11, C 9) auf. Nur geringfügig heller und damit wärmer werden die verschiedenen Großterrassen abgebildet. Als relativ warm heben sich von ihnen das asphaltierte Betriebswegenetz und die steilen, begrasten Böschungen ab. Ebenfalls hohe Oberflächentemperaturen haben die Niederwaldreste am hinteren Winklerberg (C 5, E 4), die Kleinterrassen am Blankenhornsberg und am vorderen Winklerberg (A 4/5, I 1, J 2) und das unterrasierte Rebland am Blankenhornsberg (B 6, C 7).

Die Äquidensitendarstellung (Abb. 7) mit 1 °C-Oberflächentemperaturintervallen ermöglicht unter Hinzuziehung der Topographie (Abb. 1) die Aussage, daß die Großterrassen fast überall um ca. 1–2 °C, im Extremfall bis 4 °C tiefere Oberflächentemperaturen als nicht oder nur kleinterrasierte Rebhänge aufweisen. Die Großterrassen übertreffen damit das Temperaturniveau des wegen extremer Frostgefährdung rebfrei gehaltenen Tieflandes nur noch um 1,0–1,5 °C. Besonders ungünstig stellt sich die Großterrassierung des Balschentalbodens (C 9) dar. Eine Ausnahme bildet hingegen das höchstgelegene Großterrassenniveau am Littensbühl (E/G 5/6). Auf diesem Gipfelplateau ge-

nügte bereits eine Windgeschwindigkeit von ca. 1,5 m/sec, um eine Durchmischung der autochthonen Terrassenkaltluft mit wärmerer Umgebungsluft zu bewirken, was sich dann in den höheren Oberflächentemperaturen niederschlug. Auf ähnliche Werte kommen auch die Unterhänge am nicht terrasierten Blankenhornsberg (B/C 5). An den Oberhängen werden bereits Temperaturen von 16–17 °C gemessen, und die höchsten Werte verzeichnen mit 17–18 °C Kleinterrassenhänge über Tephrit am vorderen Winklerberg (I 1, J 2). Dies bedeutet eine Differenz zu den Tieflandswerten von > 4 °C.

### 7. Morgendliche Minima der Lufttemperatur

Ein Handicap der Thermalbildaufnahmen bildet die Tatsache, daß meistens nur eine einmalige Befliegung durchgeführt werden kann. Um eventuelle Fehlinterpretationen auszuschließen, sind wiederholte Bodenkontrollmessungen der Lufttemperatur dringend anzuraten. Im vorliegenden Untersuchungsgebiet wurden deshalb in insgesamt 12 Strahlungsnächten mobile Messungen 2 1/2 Stunden vor Sonnenaufgang über groß- und kleinterrasierte Rebareale durchgeführt. Als Beispiele sollen drei charakteristische Lufttemperaturprofile über den Riegersbuck (Abb. 8) vorgestellt und die infolge der Großterrassierung eingetretenen Veränderungen diskutiert werden.

Frühjahrsmeßfahrt vom 1. 5. 1976

Die Temperaturminima auf der Niederterrasse im Gewann Vierhäupter liegen in dieser Frostnacht bei

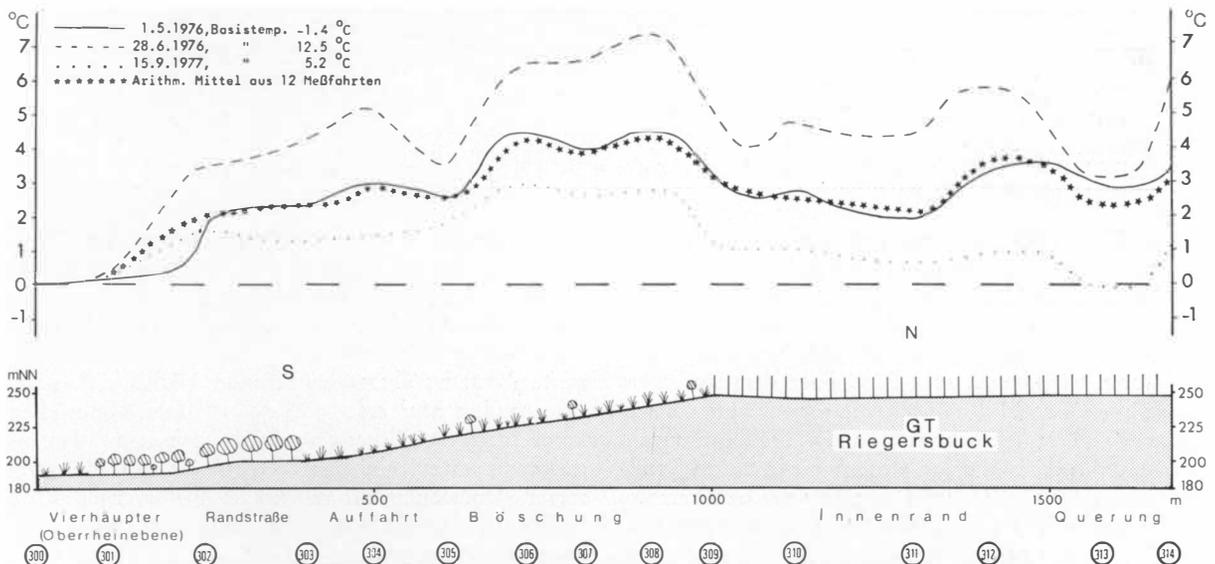


Abb. 8: Morgendliche Temperaturminima zu verschiedenen Jahreszeiten auf dem Meßitinerar von der Oberrheinebene (Vierhäupter) auf die Großterrassenanlage am Fohrenberg und über die Großterrasse Riegersbuck; Temperaturen 2 m ü. G. in Abweichung vom Basiswert kurz vor Sonnenaufgang am Standort Vierhäupter (300)

Matinal temperature minima in different seasons on the measurement itinerary from the Upper Rhine Plain (Vierhäupter) to the large terrace lay-out on the Fohrenberg and above the large terrace lay-out on the Riegersbuck; temperatures 2 m above ground-level in deviation from the basic value shortly before sunrise at the Vierhäupter location (300)

Tabelle 3: Vergleich der Temperaturminima (0,7 m und 2,0 m ü. G.) in 12 Strahlungsnächten zwischen der Großterrasse am Riegersbuck und klein- oder unterrassierten Rebarealen; Temperaturen (°C) in Abweichung vom Basiswert in der Oberreinebene (Vierhäupter) zu Sonnenaufgang; Meßstandorte s. Abb. 1

Comparison of temperature minima (0.7 m and 2.0 m above ground) in twelve radiation nights between the large terrace at the Riegersbuck and small-or unterraced vineyards; temperatures (°C) as deviations from the basic value in the Upper Rhine Plain (Vierhäupter) at sunrise; measurement locations see Fig. 1

Nr. Standort	Meß- höhe ü. G.	9. 3. 1977	22. 3. 1976	1. 5. 1976	7. 5. 1976	22. 6. 1976	28. 6. 1976	16. 7. 1976	27. 7. 1975	3. 8. 1975	7. 8. 1975	15. 9. 1977	31. 10. 1975	Mittel 12 Nä.
345 Schlichten, KT, E-expon. Hang, 248 mNN, 15 m über lokalem Talboden	2.0 m	5.2	3.7	–	4.4	4.1	10.8	4.3	3.3	3.4	7.3	3.3	4.4	4.9
	0.7 m	4.6	5.5	–	5.0	3.7	11.2	4.8	3.2	3.1	–	3.0	3.8	4.8
377 Blankenhornsberg, unterr., E-expon., Hang, 251 mNN, 10 m über lokalem Talboden	2.0 m	4.6	3.7	4.4	3.6	3.8	8.8	4.5	3.9	2.4	3.5	2.2	3.2	4.1
	0.7 m	4.2	3.0	4.6	3.7	3.6	8.7	5.0	3.9	2.1	–	2.2	2.1	3.9
368 Blankenhornsberg, unterr., W-expon. Hang, 249 mNN, 62 m über lokalem Talboden	2.0 m	5.1	3.9	5.7	5.8	4.6	8.3	5.3	4.0	5.4	3.7	4.1	4.8	5.1
	0.7 m	5.1	3.8	5.0	5.0	3.9	8.0	5.6	3.9	3.7	–	4.2	4.0	4.8
308 Riegersbuck, Böschung S-expon., 240 mNN, 48 m über lokalem Talboden	2.0 m	4.8	3.6	4.4	4.1	4.9	7.3	3.7	2.5	4.8	4.2	2.7	4.7	4.3
	0.7 m	4.3	3.3	3.8	4.7	3.9	7.2	4.0	2.4	3.6	–	2.5	4.6	4.0
314 Riegersbuck, GT, Außenrand 247 mNN, 55 m über lokalem Talboden	2.0 m	3.9	2.6	3.4	3.3	3.8	5.9	2.9	1.0	2.1	3.0	1.0	3.7	3.1
	0.7 m	3.2	1.8	2.5	3.7	2.6	4.2	2.3	1.1	1.2	–	0.4	3.0	2.4
311 Riegersbuck, GT, Innenrand 245 mNN, 53 m über lokalem Talboden	2.0 m	1.7	1.4	1.9	2.4	2.2	4.3	1.8	1.5	1.9	2.7	0.6	2.7	2.1
	0.7 m	2.0	1.6	2.1	2.6	0.7	2.5	2.0	1.7	1.1	–	1.3	2.3	1.8

– 1,4 °C. Ein Temperaturanstieg von knapp 2 °C markiert an der Hangschleppe den Einflußbereich der Bodenkaltluft. Während der folgenden Auffahrt auf die Großterrassenanlage dient der Betriebsweg streckenweise der Kaltluftdrainage (304, 305), wobei die Temperaturen zwischen 2 und 3 °C über dem Basiswert schwanken. Erheblich höher ist mit 4,4 °C über Basistem. das Temperaturniveau an den Steilböschungen, nur unterbrochen an einer Wegespinne in einem Großterrassenniveau (307). Beim Erreichen der Großterrasse am Riegersbuck in einer Höhe von 52 m über der Niederterrasse beginnt ein Rückgang der Temperatur um 2,5 °C bis auf 1,9 °C über Basistem. am Innenrand (311). Während in derselben Höhe über dem Tiefland am unterrassierten Blankenhornsberg 5,0 °C über Basistem. gemessen werden (vgl. Tab. 3), liegt im Bereich dieses sekundären Minimums auf der inneren Großterrassenhälfte die Lufttemperatur nur ein halbes

Grad über der Frostgrenze! Der überraschende Temperaturanstieg bei Standort 312 fällt mit der Fahrtstrecke entlang einer südexponierten Böschung zusammen. Ihre langwellige Ausstrahlung setzt die Temperatur auf 3,5 °C über Basiswert herauf. Die Terrassenmitte (313) ist demgegenüber nur 0,7 °C kälter. Bei den Anfang Mai erst spärlich belaubten Rebstöcken kann dies möglicherweise auf turbulente Durchmischung von eigenbürtiger Terrassenkaltluft und wärmerer Umgebungsluft zurückgeführt werden. Am Außenrand (314) übertrifft die Temperatur das sekundäre Minimum am Innenrand um 1,5 °C, erreicht jedoch nicht die hohen Werte wie an den Böschungen.

#### S o m m e r m e ß f a h r t v o m 28. 6. 1976

Bei dieser Meßkampagne besteht eine extreme Temperaturdifferenz zwischen Tiefland und Steilböschungen von 6–7 °C. Vor letzteren werden ähnliche Tempe-

raturverhältnisse wie am unterlassierten Blankenhornsberg in gleicher Höhe angetroffen (vgl. Tab. 3). Der Großterrasseninnenrand und die Mitte sind um 2–3 °C kälter als die Böschungsstandorte und bilden das sekundäre Minimum des Profils.

#### Herbstmeßfahrt vom 15. 9. 1977

Als frappierendes Ergebnis dieser Kampagne gilt es festzuhalten, daß im Extremfall auf den ungünstigsten Stellen einer Großterrasse, also ihren Mittel- und Innenteilen (309–311, 313), die Temperaturen offensichtlich bis auf Werte wie im Kaiserstuhlvorland absinken können.

#### Arithmetisches Mittel aus 12 Meßfahrten

Bei der Auffahrt auf den Fohrenberg steigt die Temperatur an der Hangschleppe auf 2–3 °C über den Basiswert an. Entlang den Böschungen werden im Mittel Werte erreicht, die um 4,2 bzw. 4,3 °C über denen der Oberreinebene liegen. Diese hohe positive Temperaturabweichung resultiert insbesondere daraus, daß die Ausstrahlungskaltluft infolge des starken Böschungsgefälles ungehindert abfließen kann. Die nach der Oberreinebene thermisch ungünstigsten Lagen des Itinerars bilden ausgerechnet die rebenbestandenen Flächen auf dem inneren Teil und in der Mitte der Großterrasse. Die aufgrund der Terrassengröße beträchtlichen, autochthon gebildeten *Kaltluftquanten können wegen des Innengefälles nicht abfließen*, so daß die Temperaturen im Mittel nur 2 bis 2,5 °C über dem Basiswert liegen. *Die Großterrasse entpuppt sich als Kaltluftfalle! Der an den ungenutzten Böschungen als „warme Hangzone“ vorhandene Gunstraum erfährt damit auf den in Kultur genommenen Großterrassen eine Unterbrechung.* Nur in einem schmalen Saum entlang südexponierter Böschungen kann durch langwellige Ausstrahlung ein Aufwärmen der dort lagernden Kaltluftpakete um ca. 1,5 °C erfolgen.

Das Ausmaß der Temperaturveränderung ist aus Vergleichswerten von Kleinterrassen und Rebhängen in ähnlicher Höhenlage über dem Tiefland abzuleiten (Tab. 3). Demnach ähneln die Temperaturverhältnisse vor den Steilböschungen (308) sowohl in 2,0 als auch in 0,7 m Meßhöhe ü. G. denjenigen an Kleinterrassen (345, 377, 368). Die mittleren Differenzen sind in beiden Meßniveaus <1,0 °C ( $\sigma = 0,92$  bzw.  $0,93$  °C). Der Großterrassenaußenrand (314) mit im Mittel 3,1 °C über der Basistemperatur weist im 2 m-Meßniveau um ca. 1,0 bis 2,5 °C, im 0,7 m-Meßniveau um ca. 1,5 bis 3,0 °C tiefere Werte als die Vergleichslagen an klein- und nicht terrassierten Rebhängen auf. Für die größeren Differenzen im tieferen Meßniveau ist vor allem auch der den Austausch hemmende Einfluß des Randwalles verantwortlich zu machen. Der Großterrasseninnenrand (311) ist in beiden Meßhöhen um ca. 2,0 bis 3,5 °C kälter als die Hänge am Schlichten und Blankenhornsberg. An zwei Meßterminen betru-

gen die Differenzen mehr als 4 °C. *Die Konsequenz von Flurbereinigungsmaßnahmen in Form von bergwärts einfallenden Großterrassen ist in Strahlungsnächten eine Kaltluftstagnation mit stark negativer Auswirkung auf die thermischen Verhältnisse im Rebland.*

#### 8. Windgefährdung

Ein eindeutiger, aus Feldmessungen abgeleiteter Nachweis bezüglich einer Veränderung der Windverhältnisse liegt noch nicht vor. Es muß deshalb auf die Laborversuche von DARMER (1967) zurückgegriffen werden, die er an ähnlich wie Großterrassen gestuften und geböschten Haldenmodellen durchführte (Abb. 9). Aus diesen Windkanalversuchen läßt sich ableiten, daß die Windgeschwindigkeit vor den oberen Teilen der Böschungen stark ansteigt und ihr Maximum an der Böschungsoberkante erreicht. Eine mittlere Anströmgeschwindigkeit von 7 m/sec erhöht sich dort um ca. 20%. KAISER (1954) konnte an den Oberkanten von 10 m hohen Terrassenböschungen sogar eine Zunahme der Windgeschwindigkeit um 50–65% beobachten. Auf den Terrassenflächen erfolgt mit zunehmender Entfernung vom Außenrand ein Rückgang der Windgeschwindigkeit, der jedoch mit zunehmender *Böigkeit* gekoppelt ist. Den ungünstigsten Turbulenzgrad (Schwankungsbreite der Windgeschwindigkeit in % der mittleren Anströmgeschwindigkeit) verzeichnen die inneren Terrassenteile vor dem Böschungsfuß.

Diese Effekte resultieren aus der Zusammendrängung des Strömungsfeldes an den abrupten Übergängen der Böschungen zu den Terrassenflächen. Auf die Kaiserstühler Verhältnisse übertragen bedeutet dies, daß aufgrund der großen Steilheit (meist 100%) und Höhe (10–20 m und mehr) der Böschungen *an windausgesetzten Großterrassenrändern eine erhöhte Windbelastung besteht*. Betroffen sind hiervon vor allem nach Südwesten, der Hauptwindrichtung im Oberreingraben exponierte Großterrassen. Die Kaiserstühler Winzer versuchen dieser Tatsache durch Errichten von Plankenwänden und Spannen von Kunststoffplanen an den betroffenen Terrassenkanten zu begegnen.

#### 9. Konsequenzen für den Qualitätsweinbau

Die dergestalt abgeleitete Veränderung des Geländeklimas zieht erhebliche Konsequenzen für den Weinbau nach sich, wobei die Erhöhung des Anbaurisikos als Folge der größeren Frostgefährdung und die Beeinträchtigung der Mostqualität am gravierendsten sind.

##### a) Erhöhung des Frostrisikos

Kartierungen von erfrorenen Trieben und Blättern nach Frostnächten stellen eine bewährte Methode bei der Untersuchung der Frostverhältnisse im Rebland

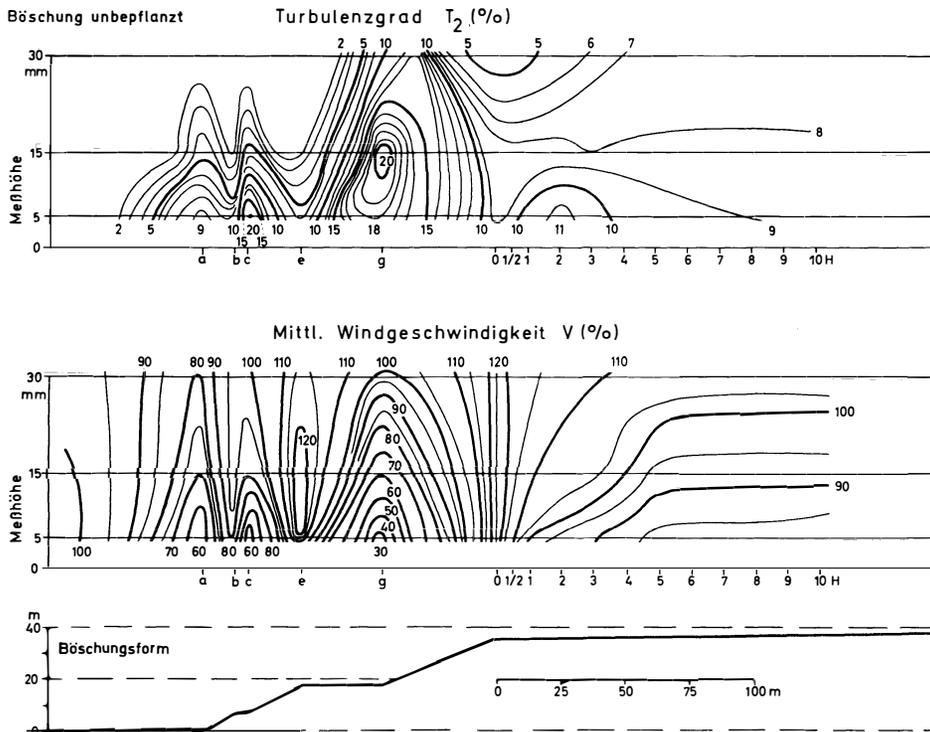


Abb. 9: Turbulenzgrad und Windgeschwindigkeit in ‰ der mittleren Anströmgeschwindigkeit von 7 m/sec an unbepflanzten Böschungen und Terrassen im Windkanalversuch (aus DARMER 1967, 113)

Degree of turbulence and wind speed in percentage of the mean air flow velocity of 7 m/sec on unplanted slopes and terraces in the wind channel experiment (from DARMER 1967, 113)

dar. Am Ihringer Fohrenberg lieferte ein Frühfrost in den ersten Oktobertagen des Jahres 1972 hierfür die Gelegenheit. Aus Osten eingeflossene Kaltluft kam unter dem Einfluß eines mitteleuropäischen Zentralhochs zur Ruhe, so daß z. B. in Oberrotweil (210 mNN) die Temperaturen in der Nacht vom 4. auf den 5. 10. 1972 bis auf  $-2,5^{\circ}\text{C}$  absanken. Die dabei entstandenen Frostschäden wurden am 17. 10. 1972 gemäß den „Richtlinien für die Kartierung der Frostgefährdung...“ des Deutschen Wetterdienstes aufgenommen<sup>2)</sup>. Ganz generell war dabei festzustellen, daß kleinere, schmale Terrassen geringere Schäden aufwiesen als die mehrere Hektar großen. Abb. 10 zeigt das Ergebnis der Frostschadenskartierung vom Riegersbuck. Der Mittelteil der Großterrasse wies Totalschäden auf, die Außenränder waren relativ wenig betroffen. Besonders interessant waren die Verhältnisse in dem bereits erwähnten Winkel am Standort 311. Der Wärmeverlust des Rebbestandes wurde an dieser singulären Stelle durch die Ausstrahlung der südexponierten Rückböschung soweit ausgeglichen, daß in einem schmalen Streifen keine oder nur geringe Schäden festgestellt

werden konnten. Es ist besonders bemerkenswert, daß am benachbarten, noch kleinterrassierten Weinberg, dem Schlichten, die Rebstöcke in gleicher relativer Höhenlage über dem Tiefland schadfrei geblieben waren. Auf der Großterrasseanlage hingegen traf dies nur für das ca. 100 m über der Oberreinebene liegende Gipfelplateau zu.

Über die Kartierung von singulären Schadfällen hinaus wurde außerdem versucht, durch den Anschluß der 12 morgendlichen Meßfahrten in Strahlungs Nächten an die langjährige Reihe der Klimahauptstation Liliental zu einer detaillierten Berechnung der Frostgefährdung auf den Meßrouten zu gelangen. Darunter ist die Eintrittswahrscheinlichkeit der für die Reben kritischen Temperatur von  $-1,5^{\circ}\text{C}$  in 2 m ü. G. während der Vegetationsperiode zu verstehen. Als Beispiel hierfür ist in Tab. 4 die Frühjahrs(F)- und Herbst(H)-Frostgefährdung des Gipfelplateaus Littensbühl (Lit.; 293–295 mNN), der spornartig vorragenden Großterrasse Schneckenberg (Sch.; 259–264 mNN) und des Riegersbuck (Rie.; 245–247 mNN) sowie entsprechender Vergleichslagen am kleinterrassierten Schlichten und nicht terrassierten Blankenhornsberg aufgeführt. Daraus ist abzuleiten, daß kleinterrassierte Rebflächen ca. 50 m über dem Tiefland im Frühjahr und fast immer auch im Herbst in Frostgefährdungszone I fallen

<sup>2)</sup> Für die Überlassung von Kartierungsunterlagen möchte ich Herrn Prof. Dr. W. Weisheit, Herrn Dr. W. Nübler und Herrn H. Wetzler herzlich danken.

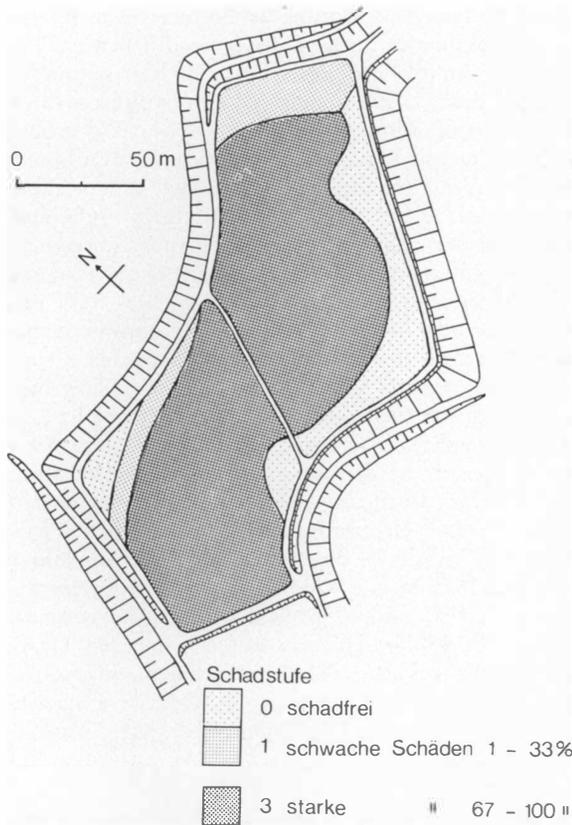


Abb. 10: Frostschadenskartierung vom 17. 10. 1972, Großterrasse am Riegersbuck  
Mapping of frost damage on 17. 10. 1972: large terrace on the Riegersbuck

und damit nicht oder nur gering gefährdet sind. In gleicher relativer Höhenlage zählen dagegen die inneren und mittleren Teile der Großterrassen am Littensbühl und Schneckenberg zur mäßig gefährdeten Zone II, am Riegersbuck zur stark gefährdeten Zone III. Dies bedeutet eine Zunahme der Frostgefährdung um ca. 10 bis maximal 40%. Die Umgestaltung kleinterrasierter Hänge zu großen „Ebenen am Hang“ hat damit eine drastische Vergrößerung des Frostrisikos auf vorher kaum gefährdeten Rebarealen zur Folge. Nur die Außenränder und der Ventilation besonders stark ausgesetzte, relativ hoch gelegene Großterrassen wie z. B. das Gipfelplateau verbleiben in der annähernd frostsicheren Zone I.

b) Beeinträchtigung der Ertragsqualität

Außer einer erhöhten Frostgefährdung steht als weitere Konsequenz eine Qualitätsminderung, d. h. eine Abnahme des Trauben- und Fruchtzuckergehaltes ausgedrückt durch niedrigere Mostgewichte beim produzierten Saft zu erwarten. Eine exakte Größenangabe ist hierbei jedoch nur schwer möglich, da die vollständige Entfernung des Altbestandes bei der Flurbereinigung und die Neubepflanzung mit höherwertigen Sorten und Klonen einen direkten Vergleich der Mostgewichtsleistung vor und nach der Umlegung von vorne herein unmöglich macht. Weiter bleibt zu beachten, daß die verbesserte Parzellenschließung ja auch eine intensivere Stockpflege erlaubt.

Versucht man trotzdem eine Abschätzung, so kann man sich auf die Abhängigkeit der Mostgewichtsleistung vor allem vom Energieinput beziehen. Für den

Tabelle 4: Frühjahrs- (F) und Herbstfrostgefährdung (H) des Gipfelplateaus Littensbühl (Lit), der Großterrasse Schneckenberg (Sch) und der Großterrasse Riegersbuck (Rie) im Vergleich zu kleinterrassiertem (Schlichten) und nicht terrassiertem (Blankenhornsberg) Rebland; Meßstandorte s. Abb. 1

Danger of spring (F) and autumn (H) frosts on the Littensbühl summit plateau (Lit), on the large terraces of Schneckenberg (Sch) and Riegersbuck (Rie) in comparison with small terraced (Schlichten) and non-terraced (Blankenhornsberg) vineyards; measurement locations – see Fig. 1

Nr.	Schlichten kleinterrassiert			Blankenhornsberg unterrassiert				Böschung		Fohrenberg Großterrassen						
	350	346	345	372	376	377	368	320	328	Außenrand			Innenrand			
Standort				W	E	E	W	Lit	Sch	Rie	Lit	Sch	Rie	Lit	Sch	Rie
mNN	300	257	248	280	259	251	249	285	250	240	293	264	247	295	259	245
Frostgefährdungszone	F	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	II
	H	I	I	I	I	I	II	I	I	II	II	I	I	II	II	III

Zone I: schwach gefährdet bis ungefährdet; Eintrittswahrsch. d. kritischen Temp. (-1,5 °C): 0-8%  
 Zone II: mäßig gefährdet; Schadfröste 1-2 mal pro Jahrzehnt; Eintrittswahrsch. d. krit. Temp.: 8-20%  
 Zone III: stark gefährdet; Schadfröste sehr häufig; Eintrittswahrsch. der krit. Temp.: 20-50%  
 Zone IV: sehr stark gefährdet; Schadfröste fast in jedem Jahr; Eintrittswahrsch. d. krit. Temp.: 50-100%

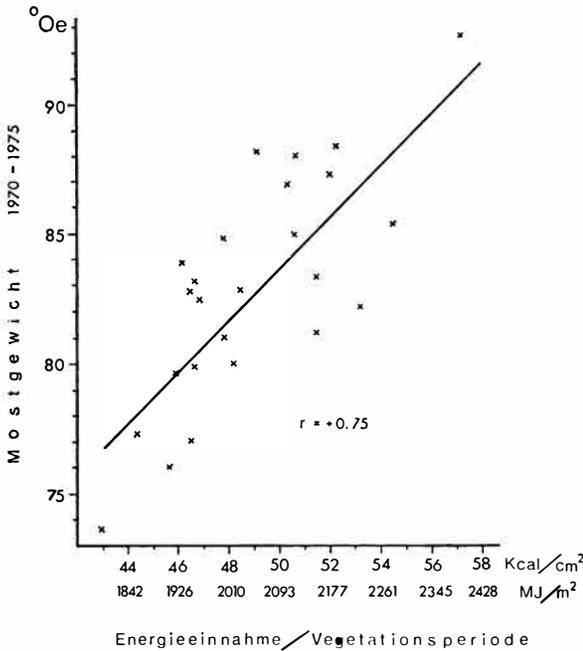


Abb. 11: Zusammenhang zwischen Energieeinnahme pro Vegetationsperiode und erreichbarem Mostgewicht bei Ruländerreben aus dem Kaiserstuhl im sechsjährigen Mittel; Bestimmtheitsmaß 0,56; Signifikanzgrenze 1% (nach HOPPMANN 1978, 76)

Relationship between energy intake per vegetation period and obtainable must weight of Ruländer stock from the Kaiserstuhl area over a six year mean; degree of certainty 0.56; significance limits 1% (after HOPPMANN 1978, 76)

Weinbaubereich Kaiserstuhl errechnete HOPPMANN (1978) auf der Basis der Mostgewichte von 1970 bis 1975 von 25 günstig exponierten Ruländerparzellen und der direkten Sonnenbestrahlung pro Vegetationsperiode im langjährigen Mittel einen Korrelationskoeffizienten von +0,75 (Abb. 11). Dies erscheint eine verhältnismäßig enge Beziehung, wenn man bedenkt, daß die tatsächliche Bestrahlung in den sechs Jahren natürlich vom langjährigen Mittel abwich, und daß andere geländeklimatische Faktoren wie Kaltluft einfluß und Windbelastung unberücksichtigt blieben. Bei Zurechnung der genannten Regressionsbeziehung entsprechen einer Energieverminderung von 176 MJ/m<sup>2</sup> (= 4,2 Kcal/cm<sup>2</sup>) in der Vegetationsperiode von 2392 MJ/m<sup>2</sup> (= 57,13 Kcal/cm<sup>2</sup>) auf 2216 MJ/m<sup>2</sup> (= 52,93 Kcal/cm<sup>2</sup>) als Konsequenz der Umlegung eines Südhanges von 10° Neigung in eine horizontale Großterrasse eine Verringerung des Mostgewichtes um ca. 4 °Oechsle von knapp 91 °Oe (Qualitätsstufe Spätlese) auf gut 86 °Oe (Qualitätsstufe Kabinett). Eine ähnliche Regression für die Rebsorte Müller-Thurgau ergibt einen Mostgewichtsrückgang von ca. 3 °Oe.

Dieses Beispiel einer Berechnung des Qualitätsverlustes als Konsequenz der Großterrassierung eines Südhanges dürfte der Realität durchaus entsprechen, wobei

allerdings eine Abmilderung bei hochwertigem Pflanzgut und optimaler Pflege nicht auszuschließen ist. Der negative Einfluß der nächtlichen Kaltluftstagnation auch auf die Qualität kommt jedoch noch hinzu. Hierüber geben die Mostgewichte von zwei je 10 a großen Müller-Thurgau-Parzellen und zwei je 20 a umfassenden Ruländer-Parzellen der 1967 fertiggestellten Großterrassenanlage am Achkarrer Kastelberg Aufschluß. Die Parzellen befinden sich nebeneinander jeweils auf der äußeren und inneren Hälfte einer 105 m tiefen und 250 m breiten Großterrasse in 295 m über NN und 50 m über dem lokalen Talboden. Die nordwestexponierte Terrasse besitzt eine diagonale Außenneigung von 1,5%. Obwohl weder die pedologischen Gegebenheiten noch das Pflanzgut, die Bewirtschaftung und die Erntezeitpunkte differieren, liegen die Mostgewichte beider Sorten auf der inneren Terrassenhälfte regelmäßig unter denen auf der äußeren Terrassenhälfte (Abb. 12). Die Größenordnung schwankt dabei zwischen 1 °Oechsle in den sonnenscheinreichen Jahren 1973 und 1976 bzw. 3 °Oechsle in den maritim geprägten Jahren 1975 und 1977. In den beiden letzteren erreichte der Müller-Thurgau auf der inneren Großterrassenhälfte nicht das für Prädikatswein vorgeschriebene Ausgangsmostgewicht von 72 °Oechsle, ein geringerer Erlös war die Folge. Die niedrigeren Mostgewichte

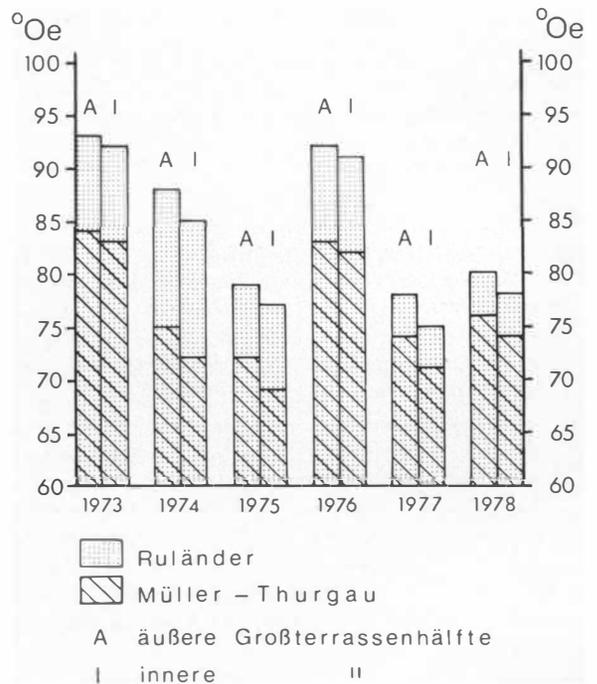


Abb. 12: Mostgewichte von Ruländer- und Müller-Thurgau-Reben auf der äußeren (A) und inneren (I) Hälfte einer Großterrasse am Achkarrer Kastelberg

Must weights of Ruländer and Müller-Thurgau grape stock on the outer (A) and inner (I) half of a large terrace on the Achkarr Kastelberg

wichte auf der inneren Großterrassenhälfte sind nur durch nächtliche Kaltluftstagnation zu erklären, die am äußeren Terrassenrand durch die dort größere Turbulenz verringert wird. Nur in einstrahlungsintensiven „Jahrhundertwein Jahren“ kann die erhöhte Zuckerveratmung in den kaltluftbeeinflussten Innenbereichen annähernd kompensiert werden.

#### 10. Möglichkeiten einer geländeklimatischen Optimierung bei Rebflurbereinigungen

Die durch Flurbereinigungsmaßnahmen in Form von Großterrassen hervorgerufene Veränderung des Geländeklimas in den Kaiserstühler Weinbergen läuft einer ökologischen Standortoptimierung entgegen. Dies kann weder im Sinne der Winzer sein, welche die aufgezeigten Risiken zu tragen haben, noch im Sinne der für die Flurbereinigung verantwortlichen Behörden, die ja gerade auch eine Verbesserung des Geländeklimas anstreben, noch im Sinne der Allgemeinheit, wenn man an die beträchtlichen Investitionen denkt, die von der Öffentlichen Hand getätigt werden. Auch von Seiten des Naturschutzes und der Landschaftspflege wird am „absoluten Primat der Landbautechnik und der Rentabilität“ (WILMANN et al. 1977, 29) mit der Konsequenz einer „synthetischen Retortenlandschaft“ (ZUNDEL 1975, 199) Kritik geübt.

Die geländeklimatischen Nachteile resultieren insbesondere aus der Anlage von zu großen, bergwärts geneigten Terrassen mit extrem hohen, begrastem Böschungen. Um hier Abhilfe zu schaffen, sollte man sich bei künftigen Rebumlegungen auf Schmalterrassen von 7–10 m, allerhöchstens 15 m Tiefe beschränken, sie mit einer Außenneigung von mindestens 50% versehen und die Böschungshöhen auf 5–8 m herabsetzen. Eine zusätzliche Bepflanzung der Böschungen mit standortgemäßen Gehölzen trüge zur Verringerung der Windbelastung infolge erhöhter Oberflächenrauigkeit bei. Allerdings wäre der Befestigung der Terrassenaußenkante zur Vermeidung von Erosionsschäden bei Starkregenfällen besonderer Augenmerk zu schenken. Den Forderungen der Arbeitswirtschaftler nach rational zu bewirtschaftenden, genügend langen Rebzeilen könnte durch hangparallele Zeilung und ein leistungsfähiges Betriebswegenetz Rechnung getragen werden. Es bleibt zu hoffen, daß bei zukünftigen Rebflurbereinigungen eine Erhaltung der geländeklimatischen Gunst der Kaiserstühler Reblagen gelingt. Die Chancen hierfür sind aufgrund des in den letzten Jahren gewachsenen Verständnisses für ökologische Zusammenhänge gestiegen.

#### Literatur

BECKER, N. J.: Kennwerte des klimatischen Leistungspotentials von Rebflächen. Die Wein-Wissenschaft 25 (1970) 356–370.

- : Vergleich verschiedener Methoden zur Beurteilung kleinklimatischer Wärmeunterschiede an Rebstandorten. Die Wein-Wissenschaft 27 (1972) 105–112.
- : Untersuchungen über Kleinklimaveränderungen im Reb-  
gelände durch den Bau großflächiger Terrassen. Die Wein-  
Wissenschaft 32 (1977) 237–253.
- BRANDTNER, E.: Die Bewertung geländeklimatischer Ver-  
hältnisse in Weinbaulagen. Deutscher Wetterd. Zentral-  
amt, Abt. Agrarmeteorol., Offenbach a. M. 1974.
- DARMER, G.: Windkanalversuche über Struktur und Anord-  
nung von Schutzpflanzungen im Böschungsbereich von  
Halden und Hochkippen. Beitr. z. Landespflege 3 (1967)  
102–124.
- ENDLICHER, W.: Zum Temperaturverhalten auf Großterrassen  
in Strahlungs Nächten anhand von Meßfahrten, Frost-  
kartierung und Thermalbildern. Die Wein-Wissenschaft  
32 (1977) 174–188 u. 309.
- : Thermalbilder und die Veränderung des Geländeklimas  
in flurbereinigten Weinbergen. Ber. z. Symposium Flug-  
zeugmeßprogramm, Bundesministerium Forschung u.  
Technol., Forschungsber. W 78–04, Eggenstein-Leopold-  
shafen 1978, 217–226.
- : Geländeklimatologische Untersuchungen im Weinbau-  
gebiet des Kaiserstuhls. Berichte d. Deutschen Wetterd.  
Nr. 150, Offenbach a. M. 1980, 124 S.
- ERIKSEN, W.: Probleme der Stadt- und Geländeklimatologie.  
Erträge der Forschung Bd. 35, Darmstadt 1975.
- FRIZ, W.: Wirkungen des Weinbaus auf Sozial- und Sied-  
lungsstruktur im Kaiserstuhl. Diss. Tübingen 1976.
- GEIGER, M.: Der Einfluß von Kaltluftströmen auf den Er-  
trag von Reben. Die Wein-Wissenschaft 30 (1975) 129–143.
- GOSSMANN, H.: Radiometrische Oberflächentemperaturmes-  
sung und Thermalbild als Hilfsmittel der Umweltfor-  
schung. Beih. Geogr. Rdsch. 7 (1977) 101–112.
- HASERODT, K.: Reliefveränderungen durch Großterrassen in  
den Lößlandschaften des südlichen Oberrheingebiets – ein  
Beitrag zur anthropogenen Geomorphologie. Regio Basi-  
liensis 12 (1971) 330–351.
- HOPPMANN, D.: Standortuntersuchungen im Rheingau und  
in Baden. Weinberg u. Keller 25 (1978) 66–92.
- HORNEY, G.: Die klimatischen Grundlagen des Anbaues von  
Weinreben in Deutschland. Weinberg u. Keller 19 (1972)  
305–320.
- KAISER, H.: Über die Strömungsverhältnisse im Bergland.  
Meteorol. Rdsch. 7 (1954) 214–217.
- LINSENMAIER, O.: Qualitätserhöhung durch Flurbereinigung  
und gemeinschaftliche Umstellung. Rebe u. Wein 18 (1965)  
127–131.
- LORENZ, D.: Die radiometrische Messung der Boden- und  
Wasseroberflächentemperatur und ihre Anwendung insbe-  
sondere auf dem Gebiet der Meteorologie. Z. f. Geophysik  
39 (1973) 627–701.
- PRIMAULT, B.: Le climat et la viticulture. Int. J. of Bio-  
meteorol. 13 (1969) 7–24.
- Richtlinien für die Kartierung der Frostgefährdung durch  
Dienststellen des Deutschen Wetterdienstes. In: Frost-  
schutz im Pflanzenbau, Bd. 1, hg. v. F. Schnelle, Mün-  
chen – Basel – Wien 1963, 425–443.

- SCHNEKENBURGER, F., H. RÜHLE, H. WÖHRLE: Untersuchungen über den Ablauf und Aufwand bei Rebflurbereinigungen aus einzelbetrieblicher und gesamtwirtschaftlicher Sicht. Weinberg u. Keller 23 (1976) 355–374.
- STADELBAUER, J.: Der Weinbaukomplex Kaiserstuhl. Regio Basiliensis 19 (1978) 143–171.
- WEISCHET, W.: Einführung in die Allgemeine Klimatologie. Physikalische und meteorologische Grundlagen. Stuttgart 1977.
- WEISE, R.: Kaltluftstraßen im Weinberg und ihre Auswirkung. Der deutsche Weinbau 8 (1953) 348f.
- WILMANN, O., W. WIMMENAUER, G. FUCHS: Der Kaiserstuhl. Gesteine und Pflanzenwelt. Die Natur- und Landschaftsschutzgebiete Baden-Württembergs, Bd. 8, hg. v. Landesstelle f. Naturschutz u. Landschaftspflege Baden-Württemberg, Karlsruhe, 2. Aufl. 1977.
- ZUNDEL, R.: Die Gestaltung des Kaiserstuhls als Mehrzwecklandschaft. Natur u. Landschaft 50 (1975) 197–200.

## LEERFORMELN DER RAUMORDNUNG

Mit 1 Abbildung

KLAUS WIEK

*Summary:* Open formulas of spatial ordering

In spatial ordering the open formula is a framework which has been created by the legislature in order to give the executive scope for action. Two open formulas and their fillings are investigated: the one of the "larger = more efficient" communities (Law for the preparation of territorial reform in the Saarland), and the one concerning "Reduction of disparities in the conditions of life" (Federal Regional Planning Programme). The geographical examination identifies unsuitable fillings, which arise through non-recognition of the results of spatial functions (inter alia in respect of urban quality of life). The example of the territorial reform of the Saarland is used to show that the postulate of "concretisation" of open formulas is not fulfilled by the latter, being ineffectively filled by the substitution of the range of effectiveness by the population total (minimum size of community 8,000 inhabitants).

An appeal is made to the public administration not only to call in geographers for assessment of fillings already completed, but to let them participate in the examination of alternative fillings in time before the act of legislation has taken place. In this way a symbiosis of geographical science and regional planning might be achieved.

### 1. Charakter der Leerformel

Die Herkunft des Begriffs ‚Leerformel‘ ist nach TOPITSCH im kritischen Rationalismus zu suchen. Die Leerformel wird dort verstanden als Wortfassade, die als Rest einer von der Naturwissenschaft überwundenen von Mythen bestimmten Weltsicht steht. In diesem Sinne kann definiert werden: „Sätze, die infolge ihres fehlenden Gehalts prinzipiell nicht für falsch erklärbar sind, weil sie mit jeder Sachlage vereinbar sind, sollen Leerformeln heißen.“ (SCHMID, S. 20). Der negative Anstrich einer solchen Leerformel ist stets augenfällig. Leerformeln verbinden das „Pathos der ‚Absolutheit‘ mit praktisch unbeschränkter Manipulierbarkeit.“ (TOPITSCH, S. 264). Man muß jedoch andererseits feststellen, daß es sich hier um ein Werkzeug handelt, das einen sehr breiten Spielraum für Aussagen läßt. Wird eine Leerformel gefüllt durch legislative, jurisdiktive

oder administrative Handhaben (Gesetze, Verordnungen, Erlasse etc.), so kann eine Handlungsweise abgeleitet werden, die nicht mit anderen gegensätzlichen Handlungsweisen identisch ist. Es ist auch bei der eindeutigsten Füllung zu beachten, daß sie sich in einer räumlichen und zeitlichen Anordnung befindet, die nicht stabil ist und keinem absoluten Optimalzustand zustrebt: „Es gibt keine optimale Zuordnung von Mensch zu Raum, die absolut gültig sein könnte“ (DITTRICH, 1966, S. 196).

### 2. Rollen der Leerformel

Wir befassen uns hier mit normsetzenden Akten der Raumordnung, die besonders auf Leerformeln angewiesen ist. Beispiel eines solchen normsetzenden Aktes sind Grundsätze im Raumordnungsprogramm des Saarlandes. Einer von ihnen postuliert: „Alle Landesteile sollen im Rahmen der übergeordneten Gesamtentwicklung des Landes gemäß ihrer Ausstattung und ihrer besonderen Möglichkeiten eine optimale Struktur erhalten“ (Saarland, Raumordnungsbericht, S. 56). Unter den Aufgaben, die eine so allgemeine Formulierung wahrnehmen kann, ist zunächst einmal ihre integrative Rolle zu nennen. Denn diese Leerformel „stellt eine Sprache bereit, in der sich der Konsens über die gemeinsamen Zielvorstellungen artikulieren kann“ (SCHMID, S. 206). Zweitens haben Leerformeln oft eine Entlastungsaufgabe, z. B. die Entlastung von der Verantwortung und von dem Zwang zu ständig neuer Entscheidung. Gerade bei Entscheidungsschwierigkeiten oder auch bei Entscheidungsunwilligkeit, etwa des Gesetzgebers, besteht erhöhte Bereitschaft, die Konsequenzen einer Leerformel zu akzeptieren. Die Normsetzung durch die Leerformel kann erst einmal als positiver Rechtszug verbucht werden: Es ist Spielraum im zeitlichen Sinne gewonnen worden.

Eine dritte, eher nachteilige Rolle der Leerformel ist das Vorspiegeln von Geschäftigkeit. Oft kommt der