



Berichte des Deutschen Wetterdienstes

176

**Der Einfluß von Jahreswitterung und Standort auf die
Mostgewichte der Rebsorten Riesling und Müller-Thurbau
(Vitis vinifera L.)**

von
Dieter Hoppmann



Zitationsvorschlag:

Hoppfmann, Dieter: Der Einfluß von Jahreswitterung und Standort auf die Mostgewichte der Rebsorten Riesling und Müller-Thurgau (Vitis vinifera L.). - Offenbach am Main: Selbstverlag des Deutschen Wetterdienstes, 1988.

(Berichte des Deutschen Wetterdienstes ; 176)

ISSN der Onlineausgabe: 2194-5969

ISSN der Druckausgabe: 0072-4130

Nutzungsbedingungen



Dieses Dokument steht unter folgender Creative Commons-Lizenz

Sie dürfen das Werk bzw. den Inhalt unter folgenden Bedingungen vervielfältigen, verbreiten und öffentlich zugänglich machen: Sie müssen den Namen des Autors/Rechteinhabers in der von ihm festgelegten Weise nennen. Dieses Werk bzw. dieser Inhalt darf nicht für kommerzielle Zwecke verwendet werden und es darf nicht bearbeitet, abgewandelt oder in anderer Weise verändert werden.

Mit der Verwendung dieses Dokumentes erkennen Sie die Nutzungsbedingungen an.

Herausgeber und Verlag: :

Deutscher Wetterdienst
Frankfurter Straße 135
D- 63067 Offenbach am Main

Internet: www.dwd.de

Mail: bibliothek@dwd.de

INHALTSVERZEICHNIS

Seite

	ABKÜRZUNGEN DER VERWENDETEN GRÖSSEN	VIII
	ZUSAMMENFASSUNG/ABSTRACT	XI/XII
1	EINLEITUNG	1
2	ZIELSETZUNGEN	3
2.1	ABGRENZUNG DES VORHABENS	3
2.2	VERSUCHSZIELE ZUR REGIONAL-KLIMATISCHEN DIFFERENZIERUNG DER WEINBAUGEBIETE	4
2.3	GELÄNDEKLIMATISCHE DIFFERENZIERUNG DER WEINBAUSTANDORTE IM BEWERTUNGSVERFAHREN DES WETTERDIENSTES	5
2.4	VERSUCHSZIELE ZUR GELÄNDEKLIMATISCHEN DIFFERENZIERUNG DER WEINBAUSTANDORTE	6
2.4.1	EINFLUSS DER HÖHENLAGE EINES STANDORTES AUF DIE QUALITÄTSBILDUNG	6
2.4.2	WASSERHAUSHALT EINES STANDORTES	8
2.4.3	ABSTIMMUNG AUF PHÄNOLOGISCHE ZEITRÄUME	8
3	LITERATURÜBERSICHT	9
3.1	KLIMATISCHE EINFLÜSSE AUF PHOTOSYNTHESE UND TRANSPIRATION	9
3.2	KLIMATISCHE EINFLÜSSE AUF DEN WACHSTUMSZYKLUS DER REBEN	11
3.3	MÖGLICHKEITEN DER STANDORTDIFFERENZIERUNG	13
3.3.1	REGIONAL - KLIMATISCHE KRITERIEN	13
3.3.2	MESOKLIMATISCHE DIFFERENZIERUNG DER WEINBAUSTANDORTE	15

	Seite	
4	BESCHREIBUNG DER UNTERSUCHUNGEN UND METHODEN	18
4.1	AUSWAHL DER STANDORTE, BEREICHE UND UNTERSUCHUNGS- ZEITRÄUME UND ERLÄUTERUNG DER PFLANZENBAULICHEN ERHEBUNGEN	18
4.1.1	JAHRESANALYSEN	18
4.1.2	STANDORTE UND BEREICHE	19
4.1.2.1	STANDORTUNTERSUCHUNGEN IM RHEINGAU	20
4.1.2.2	STANDORTUNTERSUCHUNGEN IN RHEINLAND - PFALZ	24
4.1.2.3	STANDORTUNTERSUCHUNGEN IN FRANKEN	24
4.1.3	PFLANZENBAULICHE UND PHÄNOLOGISCHE ERHEBUNGEN	28
4.1.3.1	MOSTGEWICHT	28
4.1.3.2	PHÄNOLOGISCHE ERHEBUNGEN	29
4.1.3.3	BLATTFLÄCHENINDEX	33
4.2	AUSWAHL KLIMATISCHER EINFLUSSGRÖSSEN FÜR JAHRES- UND STANDORTANALYSEN	33
4.2.1	KLIMAELEMENTE FÜR DIE JAHRESANALYSEN	33
4.2.2	GELÄNDEKLIMATISCHE EINFLUSSGRÖSSEN	35
4.2.2.1	STRAHLUNGSGRÖSSEN	35
4.2.2.2	TEMPERATURVERTEILUNG IN ABHÄNGIGKEIT VON DER HÖHE	35
4.2.2.3	AKTUELLE VERDUNSTUNG	36
4.3	MESSUNGEN UND MESSMETHODIK	36
4.3.1	TEMPORÄRE MESSNETZE	36
4.3.2	MESSMETHODIK	38
4.4	RECHENMODELLE UND ANALYSEVERFAHREN	40
4.4.1	RECHENMODELLE	40
4.4.1.1	BERECHNUNG DER DIREKTEN SONNENEINSTRahlung	40
4.4.1.2	BESTIMMUNG DER AKTUELLEN EVAPOTRANSPIRATION	42
4.4.1.3	TEMPERATURFUNKTIONEN	45
4.4.2	STATISTISCHE MODELLE	47
4.4.2.1	HÖHENABHÄNGIGKEIT DER TEMPERATUR UNTER BERÜCKSICH- TIGUNG DER QUALITÄTSSCHWANKUNGEN	47
4.4.2.2	KALTLUFT - UND WINDGEFÄHRDUNG	50
4.4.2.3	BODENKENNWERTE	51
4.4.3	STATISTISCHE ANALYSEN	51

	Seite	
5	ERGEBNISSE	55
5.1	REALISIERUNG DER VERDUNSTUNGSANSÄTZE	56
5.1.1	PENMAN - GLEICHUNG UND HAUDE - FORMEL	56
5.1.2	ANWENDUNG DER PENMAN - GLEICHUNG AUF VERSCHIEDENEN WEINBAUSTANDORTEN	68
5.2	GEGENÜBERSTELLUNG VERSCHIEDENER MODELLANSÄTZE ZUR BERECHNUNG VON TEMPERATURGRÖSSEN	73
5.2.1	DIE VERSCHIEDENEN TEMPERATURGRÖSSEN	73
5.2.2	EINFLUSS UNTERSCHIEDLICH BERECHNETER TEMPERATURWERTE AUF DEN BLÜHTERMIN	77
5.2.3	EINFLUSS UNTERSCHIEDLICH BERECHNETER TEMPERATURWERTE AUF DAS MOSTGEWICHT	79
5.3	ERFASSUNG DER GELÄNDEBEDINGTEN TEMPERATURUNTERSCHIEDE	80
5.3.1	MINIMUMTEMPERATUREN IN ABHÄNGIGKEIT VON DER HÖHE	80
5.3.2	TEMPERATURVERHÄLTNISSE AM TAGE (SONNENAUF- BIS SONNENUNTERGANG) IN ABHÄNGIGKEIT VON DER HÖHE	83
5.4	JAHRESANALYSEN DES MOSTGEWICHTES UND DER PHÄNOLOGISCHEN PHASEN	88
5.4.1	JAHRESSCHWANKUNGEN UND REGIONALE UNTERSCHIEDE DER VERWENDETEN VARIABLEN	89
5.4.2	JAHRESANALYSEN DER PHÄNOLOGISCHEN PHASEN IM RHEINGAU (1947 - 1984)	94
5.4.3	MOSTGEWICHTSANALYSEN IM RHEINGAU (1947-84)	101
5.4.4	MOSTGEWICHTSANALYSEN IN RHEINLAND - PFALZ UND IM RHEINGAU (1975 - 84)	106
5.4.5	WEINBAUKLIMATISCHE REGIONALE DIFFERENZIERUNG DER WEINBAUGEBIETE	111
5.5	STANDORTANALYSEN IN DEN VERSCHIEDENEN WEINBAUGEBIETEN	114
5.5.1	STANDORTANALYSEN IM RHEINGAU (1960 - 80)	116
5.5.1.1	VERGLEICH DER STANDORTEINFLÜSSE IN DEN EINZELJAHREN	116
5.5.1.2	BERECHNUNG DER MITTELWERTE IM RHEINGAU (1965 - 80)	117
5.5.1.3	GESAMTANALYSE IM RHEINGAU (1965 - 80)	121

	Seite
5.5.2 STANDORTANALYSEN IN DEN WEINBAUGEBIETEN VON RHEINLAND-PFALZ (1975 - 80)	124
5.5.2.1 ANALYSE DER MITTELWERTE IN RHEINLAND-PFALZ (1975-80)	124
5.5.2.2 GESAMTANALYSE DER EINZELBEOBACHTUNGEN IN DEN WEINBAUGEBIETEN VON RHEINLAND-PFALZ (1975 - 80)	129
5.5.3 STANDORTANALYSEN IM WEINBAUGEBIET FRANKEN (1970-79)	131
5.5.3.1 VERRECHNUNG DER 10-JÄHRIGEN MITTELWERTE	132
5.5.3.2 GESAMTANALYSE IN FRANKEN (1970 - 79)	132
5.6 EINFLUSS DES WASSERHAUSHALTES AUF DIE QUALITÄTSBILDUNG	133
5.6.1 EINFLÜSSE AUF DIE JAHRESSCHWANKUNGEN DES MOSTGEWICHTES	134
5.6.2 EINFLUSS DES WASSERHAUSHALTES IN DEN STEILLAGEN AUF DIE QUALITÄTSBILDUNG	136
6 DISKUSSION DER ERGEBNISSE	139
6.1 ÜBERPRÜFUNG DES ZUR ZEIT ANGEWENDETEN BEWERTUNGSVERFAHRENS VON WEINBERGLAGEN	140
6.1.1 REGIONALKLIMATISCHE GLIEDERUNG	140
6.1.2 GELÄNDEKLIMATISCHE GLIEDERUNG	140
6.2 GÜLTIGKEITSBEREICH DER NEUEN MODELLANSÄTZE	141
6.2.1 DIE VERWENDUNG DER AKTUELLEN VERDUNSTUNG	141
6.2.2 DARSTELLUNG DER TEMPERATUR IN ABHÄNGIGKEIT VON DER HÖHE ÜBER DEM ÖRTLICHEN TALGRUND UND DER GELÄNDEFORM	148
6.2.3 ÜBERPRÜFUNG DES VERFAHRENS ZUR DARSTELLUNG DER TEMPERATURVERHÄLTNISSE IN ABHÄNGIGKEIT VON DER HÖHE	151
6.3 BEURTEILUNG DER STATISTISCHEN ANALYSEN	155
6.3.1 GEGENÜBERSTELLUNG DER STATISTISCHEN VERFAHREN	155
6.3.1.1 JAHRESANALYSEN DES MOSTGEWICHTES UND DES BLÜHTERMINS	156
6.3.1.2 STANDORTANALYSEN DES MOSTGEWICHTES	157
6.3.2 DIE BEDEUTUNG DES KLIMAS FÜR DIE QUALITÄTSBILDUNG	161
6.3.2.1 VARIABLE EINTEILUNG DER VEGETATIONSZEIT	161
6.3.2.2 EINFLUSS VON STRAHLUNG UND TEMPERATUR	163

	Seite
6.3.2.3 DER EINFLUSS VERSCHIEDENER WASSERHAUSHALTSGRÖSSEN	166
6.4 ENTWICKLUNG DER KLIMATISCHEN KRITERIEN ZUR STANDORTBEURTEILUNG IN VERSCHIEDENEN WEINBAUGEBIETEN	170
6.4.1 REGIONALE ABGRENZUNG	170
6.4.2 MESOKLIMATISCHE DIFFERENZIERUNG	173
6.4.2.1 PHÄNOLOGISCHE PHASEN	173
6.4.2.2 STRAHLUNGSBILANZ	174
6.4.2.3 EMPIRISCH STATISTISCHE MODELLE ZUR DARSTELLUNG DER TEMPERATURVERHÄLTNISSE IN ABHÄNGIGKEIT VON DER HÖHE	174
6.4.2.4 BERÜCKSICHTIGUNG DER AKTUELLEN VERDUNSTUNG UND DER KLIMATISCHEN WASSERBILANZ	176
6.4.2.5 KALTLUFT- UND WINDGEFÄHRDUNG	177
6.4.3 ANWENDUNG DER KLIMATISCHEN KRITERIEN IN ANDEREN ANBAUGEBIETEN	178
 LITERATURVERZEICHNIS	 181
 ANHANGTABELLEN UND -ABBILDUNGEN	 190

TABELLE A.1. Abkürzungen der verwendeten Größen

B	Bestimmtheitsmaß
DEK	Monatsdekade des Jahres (1 - 36)
ETA	Aktuelle Evapotranspiration [mm]
ETP	Potentielle Evapotranspiration [mm]
F-Wert	Testgröße für F-Verteilung in Regressionsrechnungen. Vergleich der Restvarianzen durch Hinzunahme einer Var.
$F(x)$	Funktion der Variablen x
HT^n	Höhe über Talgrund [m] ⁿ
HFT1	Mittlere Summenhäufigkeit der Luftfeuchtigkeit (Stundenwerte in einer Dekade in den Klassen 1 - 4 für helle Tagesphasen Klasse 1: ≥ 90 , Klasse 2: 70 - 89.9, Klasse 3: 40 - 69.9, Klasse 4: < 40 %)
HFT2	
HFT3	
HFT4	
KALT	Kaltluftgefährdung (nach Kartierungsunterlagen (Stufen: -1 bis -20 kJ/(cm ² *Vegetationsperiode)) im Bewertungsverfahren)
N	Anzahl der Beobachtungen bei den statistischen Analysen
nfK	Pflanzenverfügbares Bodenwasser (0-1m Bodentiefe) [mm]
P	Signifikanzschwelle bei einer angegebenen Irrtumswahrscheinlichkeit (0.001, 0.005, 0.01, 0.025, 0.05, 0.10)
RR	Mittlerer Niederschlag [mm]
SA	Sonnenaufgang
SS	Mittlere Sonnenscheindauer in einer Dekade [h/Tag]
SS ^{MAX}	Maximal mögliche Sonnenscheindauer [h/Tag]
SU	Sonnenuntergang
STR	Mittlere direkte Sonneneinstrahlung einer Dekade (horizontale Fläche) [kJ/(cm ² *Tag)]
SDEF	Mittleres Sättigungsdefizit einer Dekade [hP]
SDEV	Standardabweichung Variable x
STRA ^{xn}	Mittl. direkte Sonneneinstrahlung auf geneigte Flächen (Weinbergspartellen) [kJ/(cm ² *Tag)]
STRAC	Reduzierte direkte Sonneneinstrahlung (Bewertungsverfahren (BRANDTNER (1973))) [kJ/(cm ² *Tag)]
T ^{MAX}	Mittl. Maximumtemperatur [°C]
T ^{MIN}	Mittl. Minimumtemperatur [°C]
T ^{MIT}	Mittl. Mitteltemperatur [°C]
TMX	Mittl. Maximumtemperatur einer Dekade (gewichtet) [°C]

TSUM Temperatursumme Gradstunden
 (Schwellenwerte > 10°C für Phase 1,2,5,6
 > 15°C für Phase 3,4)

THT1 } Mittl. Summenhäufigkeiten der Temperatur (Stundenwerte in
 . } einer Dekade) in den Klassen 1-5 für helle Tagesphase (SA
 . } bis SU) (Klasse 1: ≤ 0 ; Klasse 2: 0.1-10.0; Klasse 3:
 THT5 } 10.1-20.0; Klasse 4: 20.1-30.0; Klasse 5: > 30.0)

THN1 } Mittl. Summenhäufigkeit der Temperatur (Stundenwerte in
 . } einer Dekade in den Klassen 1-5 (Klassen siehe THT) für
 THN5 } dunkle Tagesphase von SU bis SA)

TMINP Mittl. Minimumtemperatur einer Dekade für eine Parzelle
 (TMINP ist höhenabhängig) [°C]

TSUP Mittl. Temperatursumme einer Dekade für eine Parzelle von
 SA bis SU (Schwellenwert TMINP) [Gradstunden]

TTP Mittl. Tagestemperatur einer Dekade für eine Parzelle
 von SA bis SU [°C]

WIND Windgefährdung (Schätzwert: -1 bis -10 kJ/(cm²*Vegeta-
 tionsperiode) im Bewertungsverfahren)

WSBL Klimatische Wasserbilanz [mm] (N - ETA)

WSPV Wasserspeichervermögen des Bodens [mm] (Schätzgröße nach
 BECKER (1967)) 0 - 1,5m Bodentiefe

WSUMT Windwegsumme TAG (SA - SU) [km] der Basisklimastation

WHAUS₁ nfK + WSBLGES Mittl. Wasserbilanz

WHAUS₂ WSPV + WSBLGES Einzelstandort [mm]
 (WSBLGES: Mittl. klimatische Wasserbilanz für einen
 Einzelstandort über einen Untersuchungszeitraum [mm])

***1: Mittelwert Klimagröße in der Phase 1 (Bsp.: TMX1)

***2: " " " " " 2 (Bsp.: ETA2)

***3: " " " " " 3 (Bsp.: TMIN3)

***4: " " " " " 4 (Bsp.: TSUM4)

***5: " " " " " 5 (Bsp.: WSBL5)

***6: " " " " " 6 (Bsp.: STR6)

***BL: Mittelw. Klimagr. in Phase Austrieb-Blüte (Bsp.:TTPBL)

***RE: " " " " Blüte-Reifebeginn (Bsp.:TMINPRE)

***LE: " " " " Reifebeginn-Lese (Bsp.:ETALE)

***GES: " " über die gesamte Vegetationszeit

(Bsp.:WSBLGES)

ZUSAMMENFASSUNG

Das im Rahmen des Weinwirtschaftsgesetzes eingesetzte geländeklimatische Bewertungsverfahren wird in den Weinbaugebieten von Rheinland-Pfalz, Hessen und Bayern überprüft. Die auf insgesamt 234 Standorten an den Rebsorten Riesling und Müller-Thurgau durchgeführten Mostgewichtserhebungen bilden die Basis für den Vergleich zwischen der am Standort erzielten Qualität und den im Bewertungsverfahren ausgewiesenen Standortvariablen.

Es wurden methodische Verbesserungen erarbeitet. Sie beinhalten eine schärfere regionale Gliederung der Weinbaugebiete nach klimatischen Kriterien, die Darstellung der Temperatur in Abhängigkeit von der Höhenlage und die Einführung von Wasserhaushaltsgrößen. Das Modell orientiert sich an der phänologischen Entwicklung der Rebe.

Die verwendeten Klimagrößen erklären 91 % der Jahresschwankungen des Mostgewichtes.

Mit Hilfe eines temporären Meßnetzes ist es möglich, im mesoklimatischen Bereich Temperaturfunktionen in Abhängigkeit von der Geländeform und Höhe zu entwickeln. Die aktuelle Verdunstung wird über die Penman-Gleichung ermittelt.

Klimatische Wasserbilanz und pflanzennutzbare Bodenwasser werden als weitere Standortvariable in die Regressionsanalysen mit dem Mostgewicht als Zielgröße einbezogen, wobei die klimatischen Einflußgrößen über eine Hauptkomponentenanalyse zu Orthogonalfunktionen transformiert werden. Die neuen voneinander unabhängigen Standortgrößen erklären 72 % der möglichen Qualitätsschwankungen zwischen den Standorten.

SUMMARY

The topo-climatic evaluation method, employed within the frame of the "wine economic law", will be tested in the viticultural areas of Rheinland-Pfalz, Hessen and Bayern.

Data on sugar (soluble solid) content of musts of the grapevine cultivars "White Riesling" and "Müller-Thurgau" from 234 vineyard-sites are compared with site dependent climatic variables considered in the evaluation method.

Presently, methodical improvements are established. These include a more precise regional division of viticultural areas based on climatic criteria, the description of temperature-altitude relationship for vineyard-sites and incorporation of water-balance-parameters. The model is based on the phenological development of grapevines.

The applied climatic factors account for 91 % of annual fluctuations in grape must sugar content.

A network of 11 temporary topo-climatological stations is presently used to establish a specific temperature-relationship, which considers the topographical situation and the altitude of the vineyard-site. The actual evapotranspiration will be calculated using the Penman-equation. Climatic water-balance and plant available soil water content will be included as further new site-variables in model calculations of grape must sugar content via regression analysis. For this purpose, the climatic variables have to be transformed by principal component analysis into orthogonal functions. The new, from each other independent site variables account for 72 % of the possible fluctuations in grape must sugar content between different vineyard-sites.

Nach dem Weinwirtschaftsgesetz aus dem Jahr 1980 ist in der Bundesrepublik Deutschland die Neuanpflanzung von Reben genehmigungspflichtig. Es werden nur solche Standorte zum Anbau von Weinreben zugelassen, die im 10-jährigen Durchschnitt bestimmte Mindestmostgewichte erzielen. Es ist somit vor der Anpflanzung der Nachweis zu erbringen, daß die geforderten Grenzwerte erreicht werden. Bei der Entscheidung über die Eignung einer beantragten Fläche sind insbesondere die klimatischen und bodenkundlichen Voraussetzungen am Standort zu prüfen.

Für die Güte der Weinernten an der Nordgrenze des Weinbaus ist es typisch, daß sie von Jahr zu Jahr und von Standort zu Standort großen Schwankungen unterworfen sind. Wegen dieser starken Jahres- und Standortschwankungen des Mostgewichtes hat es sich bisher als sehr schwierig erwiesen, enge Beziehungen zwischen Mostgewicht auf der einen und klimatischen und bodenkundlichen Größen auf der anderen Seite zu finden. Die Bundesländer Hessen und Rheinland-Pfalz haben durch eine Rechtsverordnung vorgeschrieben, daß die Eignung eines Standortes für den Anbau von Reben mit Hilfe des geländeklimatischen Bewertungsverfahrens des Wetterdienstes (BRANDTNER (1973)) festzustellen ist. Die Verfahrensweise ist dann gerechtfertigt, wenn es gelingt, den Einfluß der im Bewertungsverfahren ausgewiesenen Standortgrößen auf das Mostgewicht quantitativ nachzuweisen. Die Beziehungen müssen zudem so eng sein, daß sie eine scharfe räumliche Abgrenzung der Weinbaustandorte auf der Basis der berechneten - bzw. durch eine Kartierung festgelegten - Standortgrößen ermöglichen.

Die direkte Sonneneinstrahlung, die Kaltluft- und Windgefährdung sind die wesentlichen Faktoren des Bewertungsverfahrens. Für die Weinbaugebiete Rheingau und Baden konnte ein Zusammenhang zwischen direkter Sonneneinstrahlung und Mostgewicht hergestellt werden (HOPPMANN (1978)). Ebenso ist für das Weinbaugebiet Rheingau der Nachweis gelungen, daß eine verstärkte Kaltluftgefährdung die Qualität mindert. Bei der Übernahme des geländeklimatischen Bewertungsverfahrens des Wetterdienstes als

Rechtsverordnung in Hessen und Rheinland-Pfalz ging man davon aus, daß zum Erreichen eines bestimmten Mindestmostgewichtes immer die gleiche Wärmesumme aus der direkten Sonneneinstrahlung erforderlich ist. Diese Annahme ist allerdings nur bedingt richtig, da die Relation Mostgewicht - Strahlung aus Regressionen abgeleitet wird. Die Koeffizienten dieser Beziehung sind nicht auf andere Regionen übertragbar und müssen vor einer Anwendung in einem anderen Weinbaugebiet überprüft werden.

Um diesen Schwierigkeiten bei der Anwendung des Bewertungsverfahrens in der Weinbaupraxis zu begegnen, sollen in der vorgelegten Untersuchung Methoden entwickelt werden, die die Standortbeurteilung verbessern. Die aus neuen Modellansätzen abgeleiteten Standortgrößen werden mit dem tatsächlich erreichten Mostgewicht verglichen. Aus dem Vergleich mit früheren Ergebnissen kann festgestellt werden, ob die neuen Methoden eine schärfere räumliche Abgrenzung der Weinbaustandorte ermöglichen. Wegen der komplexen Zusammenhänge zwischen Qualität und Umweltfaktoren sollen die bis jetzt sehr global gefaßten Versuchsziele in Kap.2 schärfer umrissen werden.

2.1 ABGRENZUNG DES VORHABENS

Die Abb.2.1 weist die wesentlichen, für die Qualitätsbildung der Beeren verantwortlichen Faktoren aus. Wechselwirkungen sind durch doppelte, einseitige Einflüsse dagegen durch einfache Pfeile gekennzeichnet.

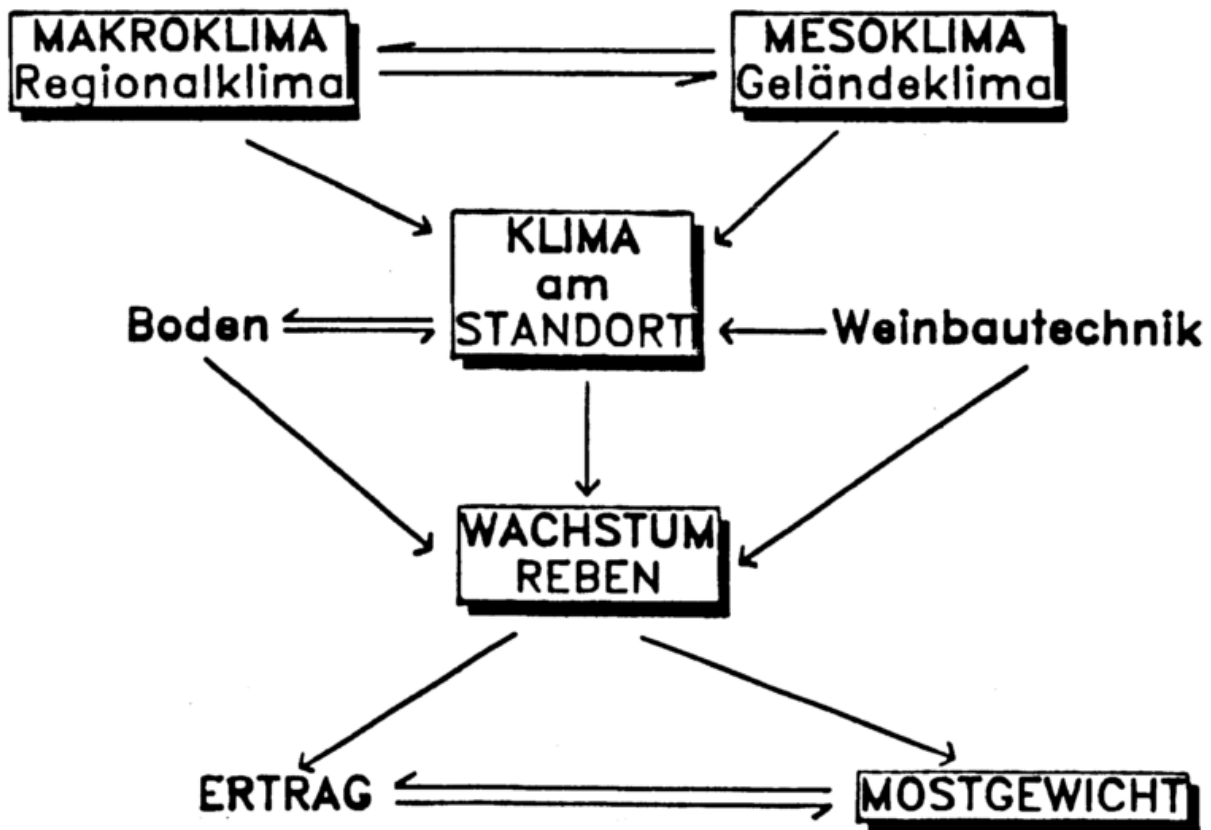


Abb.2.1: WECHSELWIRKUNGEN UND STEUERUNG DES SYSTEMS
BODEN - REBE - ATMOSPHERE

Es werden die klimatischen Einflüsse auf das Wachstum der Reben und die Qualitätsbildung der Beeren bei den Rebsorten Riesling und Müller-Thurgau untersucht. Wegen der bestehenden Wechselbeziehungen zwischen Boden und Klima am Standort kann man die pedologischen Einflüsse nicht vollständig ausklammern (vgl.

Kap.4.4.2.3). Die nicht eingerahmten Teilaspekte in Abb.2.1 werden nicht behandelt.

Diese Trennung sagt nichts über die Bedeutung dieser Einflüsse aus, vielmehr erleichtert sie die thematische Abgrenzung und die Erläuterung der Zielsetzung.

Bei Erhebungsuntersuchungen, die auf verschiedenen Standorten über mehrere Jahre durchgeführt werden, kann man 50 bzw. 70 % der Streuung von Ertrag und Qualität mit klimatischen und pedologischen Faktoren erklären. Diese Bindungen finden beispielsweise HOPPMANN und SCHALLER (1981), BECKER (1977) und SCHOLZ (1983). Die verschiedenen klimatischen Einflüsse sind unterschiedlichen räumlichen und zeitlichen Skalen zuzuordnen.

2.2 VERSUCHSZIELE ZUR REGIONAL-KLIMATISCHEN DIFFERENZIERUNG DER WEINBAUGEBIETE

Die von Jahr zu Jahr zu beobachtenden Schwankungen des Mostgewichtes in einer Größenordnung von 50° Öchsle (HOPPMANN und SCHALLER (1981)) finden eine Erklärung in dem Wechsel der Jahreswitterung in den für die Reben entscheidenden Wachstumsphasen (KOBLET et al (1965)). Sie liegen in dem makroklimatischen Skalenbereich. Anschaulich läßt sich dieser Bereich mit der räumlichen Differenzierung der verschiedenen Weinbaugebiete nach regionalklimatischen Kriterien beschreiben, denn die nördlichen Anbaugebiete weisen im Vergleich zu den südlicher gelegenen Weinbauzonen einen stärkeren Wechsel in der Qualität von Jahr zu Jahr auf.

Daraus läßt sich die erste Versuchsaufgabe ableiten:

Die klimatischen Kriterien für die Abgrenzung verschiedener Weinbaugebiete sollen verbessert werden.

Zur Zeit wird die regionale Gliederung mit der prozentualen Verteilung der Sonnenscheindauer (BRANDTNER (1973)) vorgenommen. So gibt es in den Weinbaugebieten Mosel-Saar-Ruwer, Rheinhessen, Nahe, Pfalz, Rheingau, Bergstraße und Franken nur 13 Stationen, die die Sonnenscheindauer registrieren. Diese 13 Stationen

reichen nicht aus, um die einzelnen Weinbaugebiete räumlich voneinander abzugrenzen.

Für die angestrebte schärfere regionale Trennung der Anbaugebiete bieten sich Stationen mit Temperatur- und Niederschlagsbeobachtungen an, da an 32 Stationen in den o.g. Bereichen diese Klimaelemente beobachtet werden. Durch Analysen der Jahreschwankungen des Mostgewichtes können geeignete klimatische Kriterien für eine räumliche Differenzierung im makroklimatischen Bereich entwickelt werden.

Diese Analysen erfordern die Betrachtung längerer Klimareihen (30 Jahre).

2.3 GELÄNDEKLIMATISCHE DIFFERENZIERUNG DER WEINBAUSTANDORTE IM BEWERTUNGSVERFAHREN DES WETTERDIENSTES

Der zweite räumliche und zeitliche Skalenbereich umfaßt Qualitätsunterschiede innerhalb einer Region. Sie werden einem mesoklimatischen Skalenbereich zugeordnet.

Eine Möglichkeit zur qualitativen Abgrenzung der Standorte im mesoklimatischen Skalenbereich bietet das zur Zeit angewendete geländeklimatische Bewertungsverfahren zur Beurteilung von Weinbergslagen (BRANDTNER (1973)).

Es umfaßt die Teilbereiche:

- direkte Sonneneinstrahlung auf geneigten Weinbergsflächen
- Höhenabhängigkeit der thermischen Bedingungen in Abhängigkeit von der Exposition des Hanges
- Kaltluftgefährdung von Weinbergslagen
- Windbelastung der Weinbergslagen

Die Anwendung wird bei HOPPMANN (1978) beschrieben.

Die direkte Sonneneinstrahlung, die Kaltluft- und Windgefährdung werden in der im Bewertungsverfahren vorgegebenen Form verwendet (BRANDTNER (1973)) (vgl. Kap.4.4.1.1 u. 4.4.2.2).

2.4 VERSUCHSZIELE ZUR GELÄNDEKLIMATISCHEN DIFFERENZIERUNG DER WEINBAUSTANDORTE

Mit Hilfe der genannten mesoklimatischen Faktoren wird über die klimatische Eignung eines Weinbaustandortes entschieden.

Die langjährige Arbeit mit dem Bewertungsverfahren zeigt, daß die Ergebnisse nicht in allen Fällen die verschiedenen Standorte qualitativ in richtiger Weise unterscheiden, wenn man langjährige Mostgewichtsbeobachtungen mit der geländeklimatischen Bewertung vergleicht.

So können im Rheingau und in Baden zwar statistisch abgesicherte Beziehungen zwischen den klimatischen Standortfaktoren und den Mostgewichten am Einzelstandort ermittelt werden (HOPPMANN (1978), HOPPMANN u. SCHALLER (1981)), aber die Klimagrößen (Strahlung, Wind- u. Kaltluftgefährdung) erklären nur 45% bzw. 50% der gesamten Qualitätsschwankungen im Rheingau bzw. in Baden.

In Franken können die klimatische Standortbeurteilung und die Qualität nicht zur Deckung gebracht werden (HOPPMANN (1981)). In den Anbaugebieten von Rheinland-Pfalz wurde das Verfahren bisher nicht überprüft. Daraus lassen sich folgende Versuchsaufgaben ableiten:

- Verbesserung verschiedener Modellansätze im Bewertungsverfahren
- Überprüfung des Verfahrens in den verschiedenen Anbaugebieten.

Nachfolgend sollen die geländeklimatischen Kriterien erläutert werden, für die eine Verbesserung aus fachlicher Sicht begründet ist.

2.4.1 EINFLUSS DER HÖHENLAGE EINES STANDORTES AUF DIE QUALITÄTSBILDUNG

Die Darstellung der vertikalen Abhängigkeit der thermischen Bedingungen am Rebhang entzieht sich einem Modellansatz, da die räumliche Verteilung der Lufttemperatur ein Ergebnis aus dem

Zusammenwirken einer Vielzahl von Faktoren, wie beispielsweise der zugestrahlten Sonnenenergie, der Bewölkung, der Rückstrahlung und der Wärmeeigenschaften des Bodens und der Windverhältnisse ist.

Zwar sind die funktionalen Zusammenhänge dieser teilweise komplexen Größen bekannt, doch die Parametrisierung dieser Größen bereitet erhebliche Schwierigkeiten. Einen Ausweg bieten statistische Methoden, die auf der Basis von Meßwerten die Temperaturverhältnisse in geeigneter Weise darstellen können. Auch im derzeit angewendeten Bewertungsverfahren (BRANDTNER (1973)) wird die Höhenabhängigkeit durch eine Reduktion des tatsächlich berechneten Energieangebotes aus der direkten Sonneneinstrahlung realisiert, wobei dieses Reduktionsverfahren sowohl die Höhe als auch die Exposition des Standortes berücksichtigt (HOPPMANN (1978)). Die Richtigkeit dieser Reduktion konnte bisher nicht durch entsprechende Untersuchungen bestätigt werden.

Während ENDERS (1979) keinen Zusammenhang zwischen Temperaturverteilung und Exposition herstellen kann, zeigen sich deutliche Unterschiede in den Untersuchungen am Kaiserstuhl (ENDLICHER (1980)). Dort liegt das Temperaturniveau auf nach Süden exponierten Rebhängen deutlich über den Temperaturen von ebenen Flächen bzw. anderen Hangrichtungen. Bei der Wertung muß man berücksichtigen, daß ENDERS (1979) längere klimatologische Reihen verwendet, während ENDLICHER (1980) Einzelfälle bei bestimmten Wettersituationen untersucht.

Der Einfluß der Höhenlage eines Standortes auf die Qualitätsbildung hängt von der Jahreswitterung ab (HOPPMANN (1979)). In strahlungsreichen Jahren schwächt sich dieser Einfluß ab, in strahlungsarmen Jahren nimmt er zu. Im Rheingau werden an verschiedenen Hängen Temperaturmessungen durchgeführt (vgl. Kap.4.3). Aus diesen Messungen wird ein Modellansatz formuliert, der die thermischen Bedingungen am Rebhang in Abhängigkeit von der Jahreswitterung beschreibt (vgl. Kap.4.4.2.1).

2.4.2 WASSERHAUSHALT EINES STANDORTES

Neben dem Strahlungsangebot sind auch Wasserhaushaltsgrößen standortspezifisch wirksam. Insbesondere wird der Einfluß der aktuellen Verdunstung (ETA) immer wieder als qualitätsbildender Faktor in die Diskussion eingebracht, da die Rebe bei geringem pflanzennutzbaren Bodenwasser auch unter Freilandbedingungen die Transpiration einschränkt (HOPPMANN und JAGOUTZ (1985)). In Folge dieser Wasserstresssituation können in Trockenperioden Qualitätsdepressionen auftreten. Davon sind insbesondere die Steillagen mit einer geringen Bodenmächtigkeit betroffen. Die Bedeutung des Wassers als qualitätsbildender Faktor wird von den Autoren unterschiedlich beurteilt (vgl. Kap.3.2). Mit neuen Modellansätzen zur Berechnung der aktuellen Verdunstung (ETA) (vgl. Kap.4.4.1.2) ist es möglich, die klimatische Wasserbilanz während der einzelnen Wachstumsphasen der Rebe für die einzelnen Standorte aufzustellen. Im zweiten Schritt wird dann geprüft, ob die genannten Wasserhaushaltsgrößen einen signifikanten Einfluß auf die Qualitätsbildung ausüben.

2.4.3 ABSTIMMUNG AUF PHÄNOLOGISCHE ZEITRÄUME

Ebenso wie die Qualität schwanken die Eintrittstermine der phänologischen Entwicklungsstadien der Rebe von Jahr zu Jahr sehr stark. Dies ist die Folge der wechselnden Jahreswitterung. Aus den bisher dargelegten Zielen wird deutlich, daß den Wachstumsphasen der Reben in den Einzeljahren eine besondere Bedeutung zukommt, da die Länge der phänologischen Phasen die Qualität direkt beeinflusst. Nach BECKER (1984) sind die geländeklimatischen Einflüsse vor allem in der Anfangsphase zwischen Austrieb und Blüte sowie in der Reifezeit wirksam. Im derzeit angewendeten Verfahren wird das Energieangebot für einen festen Zeitraum von April bis Oktober berechnet. Mit der Aufschlüsselung der Standortvariablen nach phänologischen Phasen lassen sich die Beziehungen zwischen geländeklimatischen Größen und Qualität verbessern.

3.1 KLIMATISCHE EINFLÜSSE AUF PHOTOSYNTHESE UND TRANSPIRATION

Die Rebe ist eine wärmeliebende Pflanze. Das wird schon aus dem Ursprungsbiotop deutlich. Die Wildreben und auch die von ihnen abstammenden Kulturreben sind Lianen des mediterranen Auwaldes. Die Kulturrebe hat sich in ihrer Entwicklungsgeschichte an die ihr heute zugewiesenen Standorte angepaßt. Dennoch lassen sich aus dem Heimatbiotop immer noch die Forderungen für eine günstige Assimilationsleistung ableiten (HORNEY (1972)):

- ausreichende Lichtverhältnisse ($>600 \mu\text{E}/(\text{cm}^2 \cdot \text{s})$)
- hohe Temperaturen (25 - 27°C)
- ausreichend hohe Luftfeuchtigkeit (60 - 70%)
- gute Wasserversorgung (70 - 90% pflanzennutzbare Bodenwasser)

Die Abhängigkeit der Photosynthese- und Transpirationsleistung von verschiedenen Klimafaktoren kann beispielsweise unter künstlichen Bedingungen in unterschiedlich dimensionierten, klimatisierten Küvetten untersucht werden. Insbesondere wird bei diesen Versuchen die Wirkung der photosynthetisch aktiven Einstrahlung (PAR), der Lufttemperatur, der relativen Luftfeuchtigkeit und des Sättigungsdefizites auf die Transpirations- und Assimilationsleistung ermittelt.

Nach KRIEDEMANN und LENZ (1972) soll die Lichtsättigung bei $700 \mu\text{E}/(\text{cm}^2 \cdot \text{s})$ eintreten.

Andere Werte finden BERAN und KLEIN (1983) und SMART (1984), die Werte von knapp $600 \mu\text{E}/(\text{cm}^2 \cdot \text{s})$ bzw. $1000 \mu\text{E}/(\text{cm}^2 \cdot \text{s})$ angeben. Die unterschiedlichen Angaben können sortenbedingt sein bzw. stammen aus sehr unterschiedlichen Klimaregionen, so daß eine Adaption an die Umgebung nicht auszuschließen ist. Die genannten PAR-Werte werden bei uns während des Sommerhalbjahres an der Obergrenze des Bestandes in der Regel erreicht bzw. überschritten, so daß dieser Faktor nicht standortbegrenzend bzw. -differenzierend

wirkt. Nach SMART (1984) ist die Beleuchtungsstärke innerhalb des Rebbestandes von der Erziehungsform, Blattfläche, Laubwandhöhe, Zeilenbreite und -orientierung abhängig. Innerhalb der Laubwand sind die Unterschiede größer als zwischen verschiedenen Klimaregionen. In der vorgelegten Arbeit wird diese Frage nicht weiter behandelt. Neben der photosynthetisch aktiven Strahlung üben Temperatur, Luftfeuchtigkeit und das Wasserdampfsättigungsdefizit einen starken Einfluß auf die Photosynthese und Transpiration aus. Diese Größen können nicht unabhängig voneinander betrachtet werden, da der Sättigungsdampfdruck exponentiell mit der Temperatur ansteigt und hohe Temperaturwerte am Tage mit niedrigen Werten der relativen Luftfeuchtigkeit einhergehen.

Unabhängig von der beschriebenen Wechselwirkung liegen die Temperaturoptima (Blattemperatur) zwischen 25 und 30°C (KRIEDEMANN (1968), STOEVE (1966), KRIEDEMANN und LENZ (1972), BERAN und KLEIN (1983)). Nach REUTHER (1977) und (1981) hat die Rebe die Fähigkeit, sich in gewissem Umfang den Jahresrhythmus der Witterung anzupassen, das heißt, die oben genannten Temperaturoptima verschieben sich im Frühjahr und Herbst zu niedrigeren Werten (ca 20°C).

Nach BERAN und KLEIN (1981) steigen die Photosyntheseraten mit ansteigender Luftfeuchtigkeit weitgehend linear an, wobei die Steigerungsraten mit hohen Temperaturen zunehmen. Die angegebenen Optimalbereiche der Klimagrößen sind ausnahmslos Näherungswerte, da andere Autoren weniger enge Zusammenhänge zwischen CO₂-Gaswechsel bzw. Transpiration und verschiedenen Klimagrößen finden (RIES (1984), ZUNKER (1980)).

RIES (1984) führt die unterschiedlichen Versuchsergebnisse auf nicht vergleichbare Versuchsbedingungen zurück. Es ist zudem auch nicht geklärt, ob Ergebnisse aus klimatisierten Küvetten auf das Freiland übertragen werden können.

Folgende Wachstums- und Stoffwechselfvorgänge während der Vegetationsperiode sind von klimatischen Umgebungsbedingungen abhängig:

- das vegetative Wachstum,
- das generative Wachstum,
- die Bildung von Reservestoffen (Zucker und Stärke),
- die Zuckereinlagerung in die Beeren,
- Zu- bzw. Abnahme des Säuregehaltes in den Beeren.

Die klimatischen Einflüsse sind somit nicht nur in der Steuerung des CO₂-Gaswechsels und des Wasserdampftransportes zu sehen, sondern sie beeinflussen den Wachstumszyklus während des gesamten Jahres. Von allen Autoren wird die besondere Rolle der Temperatur und der Einstrahlung hervorgehoben (KOBLET et.al. (1965)), VOGT und GOETZ (1977) und BECKER (1977)). Das betrifft sowohl die Maxima als auch die Minima der genannten Größen. Schon im Sommer des Vorjahres können bei sonnenscheinreichem und warmen Wetter zahlreiche und große Gescheinsanlagen in den Knospen entstehen. Die Witterung während des Sommers bestimmt die Frosthärte des Rebholzes in der folgenden Winterruhe. Mangelnde Holzreife (abhängig vom Stärke- und Wassergehalt) erhöht die Gefahr von Winterfrostschäden. So traten im Winter 1984/85 Frostschäden bei Temperaturen von -15 bis -20°C auf, die die meisten Rebsorten normalerweise unbeschadet überstehen. Anhaltend niedrige Temperaturen im Winter verhindern den vorzeitigen Augenaustrieb. Nun ist für unser Klimagebiet der rasche Wechsel von kalten und warmen Witterungsperioden typisch. In solchen warmen Perioden kann die Winterruhe durch vorzeitigen Saftanstieg (Bluten) teilweise gelöst werden. Nach HORNEY (1966) setzt das Bluten in dem Moment ein, in dem sich der Wärmestrom im Boden, der im Winter aus dem Boden herausführt, umkehrt. Bei nachfolgenden Kälteperioden erhöht sich das Frostrisiko der Reben beträchtlich.

Der Austriebstermin wird sehr wesentlich von den Luft- und Bodentemperaturen gesteuert (BECKER (1969), HORNEY (1966)). ALLEWELDT u. HOFÄCKER (1975) ermitteln die Rangfolge Maximumtemperaturen und Bodentemperaturen. Das Triebwachstum in der Zeit nach dem

Austrieb bis zur Blüte ist wiederum weitgehend an die Temperatur gekoppelt. So setzt HORNEY (1966) die stündlichen Temperatursummen oberhalb 10°C mit der Länge der Periode vom Blüten bis zur Vollblüte in Beziehung und ermittelt für den Riesling im Rheingau eine Temperatursumme von 8000 Gradstunden. Ein gleichzeitig zunehmender Bodenwassergehalt soll nach BECKER (1969) allerdings eine blühverzögernde Wirkung haben. Blühzeitpunkt und Blühverlauf beeinflussen schon recht eindeutig die Qualitäts- und Ertragsbildung; eine frühe Blüte ermöglicht eine lange Ausreifezeit. So stellen ALLEWELDT und HOFÄCKER (1975) fest, daß mit einer Verzögerung des Blühtermins um einen Tag eine Mostgewichtseinbuße von 1,5 Grad Öchsle einhergeht.

HOFÄCKER et. al. (1976) ermitteln zwischen Blühverlauf und Infloreszenzbildung einen "Zielkonflikt", weil ersterer vor allem durch Temperaturen mitreguliert wird, letztere aber deutlich höhere Ansprüche an die Wasserversorgung stellt. Andere Autoren, VOGT und GÖTZ (1977) und BUTTROSE (1974), betonen die Bedeutung hoher Temperaturen und günstiger Lichtverhältnisse für die Bildung der Blütenanlagen. Ähnlich bedeutsam wie für die Infloreszenzbildung wird von RÜHL (1981) die Wasserversorgung in der Nachblütezeit angesehen, in der das Beerenwachstum einsetzt und sich das Triebwachstum verstärkt.

Mit fortschreitender Entwicklung nimmt die Bedeutung des Wassers ab und die Bedeutung von Temperatur und Licht zu. Die Zuckereinlagerung und Ausreife der Beeren wird dann wieder weitgehend von den Temperatur- und Lichtverhältnissen bestimmt (BECKER (1985)). Die qualitätsfördernden Wirkungen von Strahlung, Temperatur und Licht sind somit weitgehend bekannt; unterschiedlich wird dagegen die Bedeutung der Wasserversorgung für die Qualitätsbildung beurteilt. Eine hohe Wasserversorgung fördert vornehmlich das vegetative Wachstum und nach der Blüte das Beerenwachstum. Deshalb wird wiederholt eine positive Korrelation zum Ertrag gefunden (RÜHL (1981), MÜLLER (1980)). Ein zu starkes vegetatives Wachstum geht allerdings zu Lasten einer zügigen Ausreife, da durch eine stärkere Abschattung der Traubenzone der Reifeprozess verzögert wird (SMART (1984)).

RÜHL u. ALLEWELDT (1985) plädieren bei auftretendem Wasserstreß für späte zusätzliche Wassergaben während der Reifezeit. SMART u. COOMBE (1983) betonen dagegen, daß mäßiger Wasserstreß die Zuckereinlagerung steigert, weil das Triebwachstum reduziert wird. Als Folge vermindert sich die Gesamtblattfläche; die Lichtverhältnisse für die im Inneren liegenden Blätter, bzw. für die Traubenzone, verbessern sich. Somit erhöhen sich auch die Photosyntheseraten für die besser belichteten Pflanzenteile und die Zuckereinlagerung verläuft zügiger. Diesen Effekt erzielten FREEMAN et.al. (1980) durch künstliches Ausdünnen der Laubwand. Eine zusätzliche Beregnung der Rebenkultur auf der Basis einer ständig hohen Wasserversorgungsstufe führt in der Regel zu einer Ertragssteigerung (STEINBERG (1978)), MÜLLER (1980)) und weniger zu Qualitätssteigerungen. Nur sehr großer Wasserstreß kann die Ausreife verzögern und daraus resultierend die Qualität verschlechtern. Die Grenzwerte sind unter Freilandbedingungen nicht bekannt. Die von RÜHL und ALLEWELDT (1985) beschriebenen Experimente werden unter künstlichen Bedingungen durchgeführt.

In trockenen und warmen Klimaregionen kann das Wasser sogar zum anbaubegrenzenden Faktor werden ((SMART u. COOMBE (1983), FUERI u. KOZMA (1977))). Das schließt aber nicht aus, daß es auch in unserem Gebiet ausgesprochen warme und trockene Standorte gibt, in denen das Wasser ins Minimum geraten kann.

3.3 MÖGLICHKEITEN DER STANDORTDIFFERENZIERUNG

3.3.1 REGIONAL-KLIMATISCHE KRITERIEN

Die in Kap.3.1 und 3.2 zusammengestellten Einflüsse engen den Anbau von Weinreben bei uns auf klimatisch bevorzugte Bereiche ein. Deshalb hat es in der Vergangenheit und Gegenwart nicht an Versuchen gefehlt, die Anbaumöglichkeiten anhand von langjährigen Monatsmittelwerten verschiedener Klimagrößen festzulegen.

So werden beispielsweise von AICHELE (1965) Grenzwerte für den kältesten und wärmsten Monat aufgestellt. VOGT (1951) legt die

Grenzen anhand der Sonnenscheindauer (1300h) fest. BECKER (1984) stellt folgende Grenzbedingungen auf:

- das langjährige Mittel des kältesten Monats sollte über -1°C ,
- die Temperatur über eine 20-jährige Periode nur einmal unter -20°C ,
- die frostfreie Zeit über 180 Tage,
- die Temperatursummen über 10°C bei Weißweinsorten 1000 bis 1250 Gradtage und 1150 bis 1500 Gradtage für Rotweinsorten,
- die Sonnenscheindauer 1250 Stunden und
- die Jahresniederschlagsmenge mindestens 450 mm betragen.

Bei HUGLIN (1972) wird ein Index nach CONSTANTINESCU zitiert, wobei das Produkt aus Temperatursumme über 10°C und Sonnenscheindauer gebildet wird, das dann durch Niederschläge und Zahl der Tage der Vegetationszeit dividiert wird. BRANAS (1974) bildet folgendes Produkt:

$$\text{TSUM} \times t$$

Dabei ist TSUM = Summe der Tagesmitteltemperatur über 10°C während der Vegetationszeit und t = Summe der Tageslänge der Tage, an denen die Temperatur über 10°C liegt. Ein anderes Verfahren zur regionalen Abgrenzung der Weinbaustandorte basiert auf der Berechnung der potentiellen Evapotranspiration mit Hilfe der THORNTHWAITTE - Verdunstungsformel (ANEY (1974), COURY (1964)).

In den bisher zitierten Verfahren fehlen Angaben über den Zusammenhang zwischen den genannten Größen und der Mostqualität. Mehrfaktorielle Analysen führte BECKER (1977) auf der Basis von mehrjährigen Mostgewichtserhebungen im badischen Weinbauggebiet durch. Als signifikante Einflußgrößen auf das Mostgewicht ergeben sich in der Rangfolge Sonnenscheindauer (Mai bis Oktober) und Summe der mittleren Tagestemperaturen über 10°C (15.04. bis 15.10). Auf der Basis von 13 Einzeljahren - zwei Jahre der 15-jährigen Versuchsreihe müssen zu Ausreißern erklärt werden - können mit den gefundenen Regressionsbeziehungen 90 % der Jahres-

streuung der Mostgewichte erklärt werden. Die Gleichungen fallen für Rotmost und Weißmost verschieden aus.

Sehr umfangreiche Erhebungen führt BASLER (1980) in der Ostschweiz durch. Auch bei diesen Untersuchungen ergeben sich enge Beziehungen zwischen Temperatursummen und Qualität. Dabei werden die Temperatursummen nach Monaten aufgeschlüsselt. Die Summen im Juni und Juli sowie September und Oktober korrelieren stärker mit dem Mostgewicht als die Werte des Monats August. Vergleicht man die Ergebnisse der verschiedenen Autoren, so ergeben sich Unterschiede in dem Zusammenhang zwischen Klimagrößen und Mostgewicht. Bei HOFÄCKER (1974) nimmt der Einfluß der Temperatur von Juni bis Oktober zu, bei BASLER (1980) sind die Temperaturen im Juni, Juli, September und Oktober für die Qualitätsbildung von gleicher Bedeutung, während der August für die Qualitätsbildung weniger wichtig ist. Die Aussagekraft der genannten Untersuchungen wird auch dadurch eingeschränkt, daß die Meßwerte einer Klimastation nicht eine größere Region repräsentieren können.

Besonders in den klimatischen Grenzzonen müssen weitere geländeklimatische Kriterien die regionale Gliederung ergänzen, da der Weinbau in diesen Gebieten nur auf günstig exponierten Hängen betrieben werden kann.

3.3.2 MESOKLIMATISCHE DIFFERENZIERUNG DER WEINBAUSTANDORTE

Auch heute ist es nur in begrenztem Umfang möglich, die klimatischen Standortgrößen, die die Qualität beeinflussen, flächendeckend darzustellen. Insbesondere ist es nicht möglich, den Jahres- und Tagesgang der Temperatur in Abhängigkeit von der Geländeform zu ermitteln. Auf der einen Seite ist der meßtechnische Aufwand zu groß, um alle Details des Geländeklimas zu erfassen. Auf der anderen Seite stehen zur Zeit auch keine geeigneten Modellansätze zur Verfügung, um die Temperatur in Abhängigkeit von den topographischen Verhältnissen in ausreichend großem Maßstab darstellen zu können. Vielmehr war man mit Beginn der Standortbeurteilung darum bemüht, den Wärmehaushalt einer Lage mit Größen zu bestimmen, die einem Rechenverfahren zugäng-

lich sind. Erste Ansätze dazu gibt es bei LEHMANN (1954) im sogenannten "Trierer Schätzungsrahmen", in dem die direkte Sonneneinstrahlung in Abhängigkeit von Exposition und Neigung dargestellt wird. Diese Verfahrensweise kann damit begründet werden, daß die Temperatur eines Standortes von den auf den Erdboden auftreffenden Sonnenstrahlen beeinflusst wird. Der Boden oder die Vegetationsdecke bildet die Umsatzfläche für die Sonneneinstrahlung und kann die so zugeführte Wärme an die darüber liegende Luft- und/oder Pflanzenschicht weitergeben. Standorte, die in einem günstigen Winkel zur Sonneneinstrahlung stehen, heizen sich somit schneller auf als ungünstig gelegene Standorte. Später wurde der Trierer Schätzungsrahmen zum sogenannten Offenbacher Bewertungsverfahren weiterentwickelt (BRANDTNER (1973)), mit dem man die direkte Sonneneinstrahlung für jede Fläche berechnen kann. In dem Verfahren werden lokale Größen (Hangneigung, Hangrichtung, Horizontabschirmung) und regionale Parameter (Sonnenscheindauer, geographische Breite) berücksichtigt.

Einen methodisch anderen Weg der Standortdifferenzierung beschreitet BECKER (1975) mit der sogenannten Zuckerinversionsmethode. Kurzzeitig am Rebstandort eingesetzte Zuckerampullen erfahren eine Drehung des Polarisationswinkels der Zuckerlösung, die Größe dieses Winkels hängt von den thermischen Bedingungen während der Einsatzzeit ab. Die Brauchbarkeit dieser Methode wird von HORNEY (1971), BRANDTNER u. ZUNKER (1978) angezweifelt, da keine Möglichkeit besteht, diese Kurzzeitmessungen auf im normalen Klimanetz gewonnene Temperaturgrößen zu reduzieren. Kurzzeitmessungen werden zu stark von der aktuellen Witterung geprägt und repräsentieren nicht die tatsächlichen Standortbedingungen.

Auf der Basis der Kleinklima- und Bodenkartierung entwickelte man für die Weinbaugebiete im Bundesland Hessen einen Standortatlas im Maßstab 1:50000 (ZAKOSEK et.al.(1967)). Neben den Einzeldarstellungen über die klimatischen und pedologischen Verhältnisse vermitteln die Karten zum ersten Mal in einer synthetischen Darstellungsform Aussagen über die Güte eines Standortes. Auf der Basis weiterer Untersuchungen an 115 Adaptionsanlagen und 140 Testflächen war es möglich, die Standortkarte zu großmaßstäblichen Karten im Maßstab 1:5000 weiterzuentwickeln (ZAKOSEK u.a. (1979)).

BECKER (1967) berichtet über die Versuchsergebnisse der ersten drei Versuchsjahre 1964 bis 1967, HOPPMANN und SCHALLER (1981) fassen die Ergebnisse aus 10 Versuchsjahren zusammen. Letztere zeigen deutlich, daß sich die Einflüsse auf die Mostgewichte in Abhängigkeit von der Jahreswitterung ändern. Versuchsergebnisse aus Einzeljahren sind keineswegs für eine Standortdifferenzierung ausreichend. Auf der Basis langjähriger Vergleiche kann dieser Einfluß quantifiziert werden.

4.1 AUSWAHL DER STANDORTE, BEREICHE UND UNTERSUCHUNGSZEIT- RÄUME UND ERLÄUTERUNG DER PFLANZENBAULICHEN ERHEBUNGEN

Die vorgelegte Untersuchung wird auf insgesamt 234 Testparzellen in den Weinbaugebieten Rheingau, Pfalz, Nahe, Mosel und Franken durchgeführt. Sie beschränkt sich in den genannten Gebieten auf die Rebsorte Riesling, lediglich in Franken wird die Rebsorte Müller-Thurgau gewählt, da der Riesling in Franken flächenmäßig nur eine untergeordnete Rolle spielt und somit eine Auswahl verschiedener Standorte nicht möglich war.

4.1.1 JAHRESANALYSE

Die Tab.4.1 zeigt die Verteilung der Standorte in den verschiedenen Bereichen, die Untersuchungszeiträume und das verwendete Datenmaterial, das für die Jahresanalysen des Mostgewichtes verwendet wird. Die Jahresanalyse der Mostgewichte für den Zeitraum 1947-84 am Schloß Johannisberg bildet die Basis für die Auswahl der einzelnen Klimaelemente. Bei diesen Untersuchungen werden erstmals auch die Entwicklungsstadien der Rebe während der Vegetationszeit mitberücksichtigt. Auf der Basis dieser Ergebnisse wird dann der Zeitraum 1975 bis 1984 in den 4 Bereichen von Rheinland-Pfalz (Pfalz, Nahe, Obermosel) und im Rheingau untersucht und miteinander verglichen. Der Bereich der Mittelmosel bleibt von dieser Untersuchung ausgeschlossen, da die benötigten Klimadaten nur unvollständig bis 1984 vorliegen. In Franken können keine getrennten Jahresanalysen durchgeführt werden, da der Zeitraum von 10 Jahren bei der Vielzahl der Einflußgrößen für eine getrennte Analyse zu kurz ist.

TAB.4.1 : MOSTGEWICHTS-UND ERTRAGSERHEBUNGEN FÜR DIE ANALYSEN ZUR
ERMITTLUNG DES JAHRESEINFLUSSES

BEREICH	QUELLE	ANZ. PARZ.	ZEITRAUM	MOSTGEW	PHÄNOLOGIE
Rheingau	Schloß Joh.	21	1947-84	+	+ 1)
Franken	Bay. L W u G	33	1970-79	+	-
Pfalz	Landesreifem.	19	1975-84	+	+ 2)
Nahe	"	16	1975-84	+	+ 2)
Obermosel	"	18	1975-84	+	+ 2)
Mittelmos. 3)	"	25	1975-84	+	+ 2)

1) Austrieb, Blüte, Reife, Lese; Angaben aus: Phänologisches Meldenetz AMBF Geisenheim, Institut für Rebenzüchtung und Domäneverwaltung Schloß Johannisberg

2) Austrieb, Blüte (Phänologisches Meldenetz DWD)

3) Nur Gesamtanalyse Standort- und Jahreseinfluß

+ : Erhebungen vorhanden

- : Erhebungen nicht vorhanden

Bay. L W u G : Bayerische Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau, Juliusspital, Bürgerspital

Schloß Joh. : Schloß Johannisberg

Landesreifem.: Landesreifemessung

4.1.2 STANDORTE UND BEREICHE

Unabhängig von den Jahresanalysen werden die Standortanalysen in den einzelnen Bereichen und in den ausgewiesenen Zeiträumen (Tab.4.2.) durchgeführt.

4.1.2.1 STANDORTUNTERSUCHUNGEN IM RHEINGAU

Die Abb.4.1-4.4 kennzeichnen die räumliche Verteilung der Untersuchungsgebiete im Rheingau. Die Standorte verteilen sich auf die Gemarkungen Oestrich-Winkel, Geisenheim - insbesondere die Testflächen am Schloß Johannisberg - Rüdesheim und Lorch. In den beiden ersten Bereichen findet man vornehmlich nach Süden orientierte Flachhanglagen ($<15^\circ$). Nur die Steillagen unmittelbar unterhalb von Schloß Johannisberg bilden dabei eine Ausnahme. In Rüdesheim und Lorch trifft man dagegen vermehrt nach Süden und Westen ausgerichtete Steilhänge an.

Die Gemarkungen Oestrich-Winkel und Geisenheim weisen lehmige bis sandige Lehmböden auf, die Parzellen des Schlosses Johannisberg lassen sich in einen westlichen Teil mit mittelgründigen, skeletthaltigen Quarzitverwitterungsböden und einen östlichen Teil mit sandigen Lößlehmböden aufgliedern. In Rüdesheim und Lorch sind neben den schon genannten Bodentypen verstärkt auch Quarzit- und Schieferverwitterungsböden vertreten.

Die Mostgewichtsangaben stammen aus verschiedenen Bezugsquellen (Tab.4.2.). Den Hauptanteil bilden die Erhebungsuntersuchungen, die im Rheingau 1965 mit Förderung des Ministeriums für Landwirtschaft und Forsten begannen und 1974 endeten und dann von der AMBF Geisenheim in eigener Regie auf ausgewählten 22 Standorten bis 1984 weitergeführt werden. Parallel zu diesen Versuchen beginnt das Institut für Rebenzüchtung und Rebenveredlung bereits 1960 mit Adaptionversuchen an verschiedenen Rebsorten (5 Standorte).

Weitere Ernteergebnisse stammen von 4 Testflächen des Instituts für Weinbau. Langjährige standortbezogene Aufzeichnungen zum Riesling liegen bei der Domäneverwaltung Schloß Johannisberg vor. Diese stellten ihre Ergebnisse freundlicherweise für diese Untersuchung zur Verfügung, so daß insgesamt an 21 Standorten für den Zeitraum 1947 bis 1984 die Mostgewichte vorliegen.

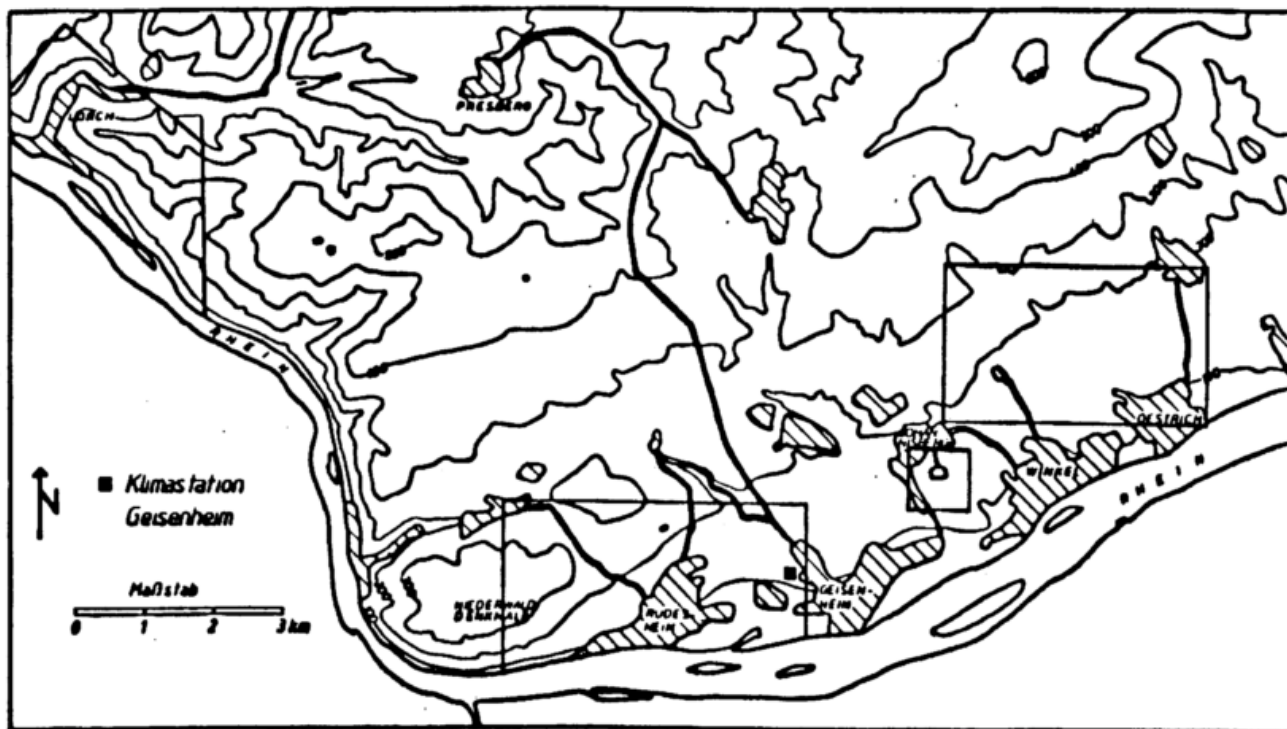
Insgesamt ist somit der Rheingau mit 123 Testflächen an dieser Untersuchung beteiligt. Die Standortanalysen können nicht über das Jahr 1980 fortgeführt werden, da die benötigten Klimadaten zur Berechnung der Standortgrößen nur unvollständig bis 1984 auf Datenträgern bereitstehen.

TAB.4.2 : MOSTGEWICHTSERHEBUNGEN FÜR DIE ANALYSEN ZUR ERMITTLUNG DES STANDORTEINFLUSSES (STANDORT UND JAHR)

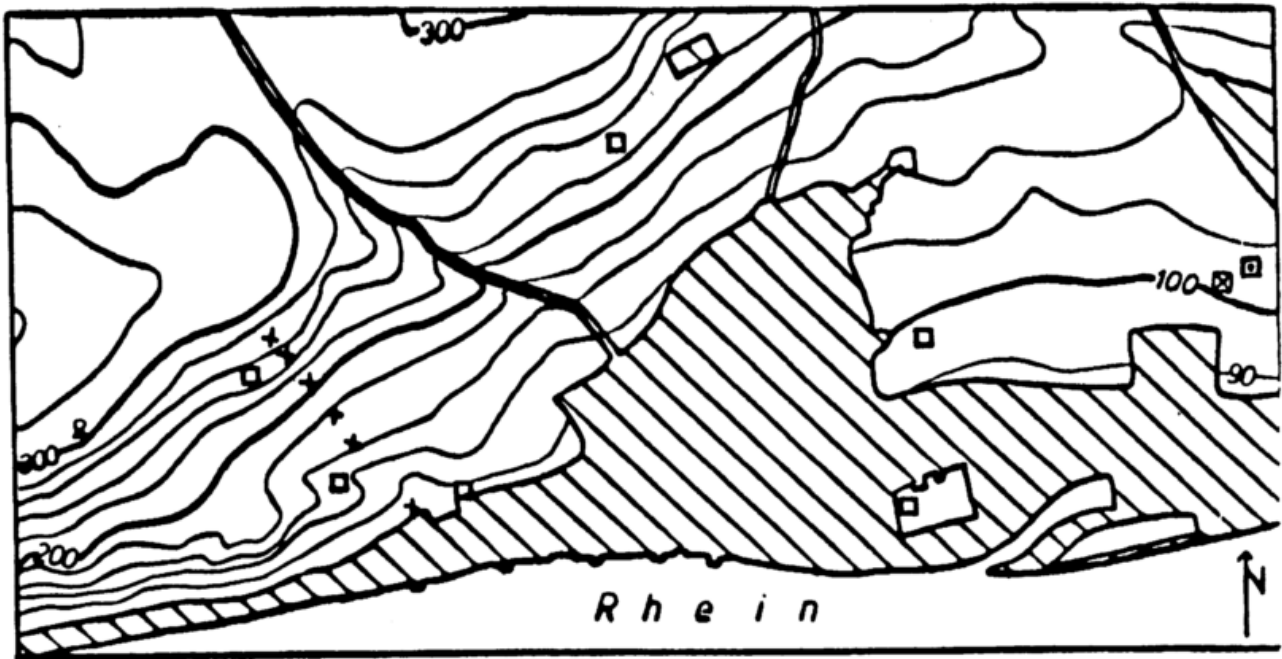
BEREICH	QUELLE	ANZ. PARZ.	ZEITRAUM
Rheingau	Schloß Johannisberg	21	1960-80
Rheingau	AMBF Geisenheim	93 (22)	1965-74 (1965-80)
Rheingau	Inst. Rebenzüchtung (FAG)	5	1963-73
Rheingau	Inst. Weinbau (FAG)	4	1975-80
Franken	Bay. L W u G	33	1970-79
Pfalz	Landesreifemessung	19	1975-80
Nahe	"	16	1975-80
Obermosel	"	18	1975-80
Unter/ Mittelmos.	"	25	1975-80

Bayr. L W u G : Bayerische Landesanst. für Weinbau und Gartenbau, Juliusspital, Bürgerspital

FAG : Forschungsanstalt Geisenheim



**Abb. 4.1: UNTERSUCHUNGSGEBIET RHEINGAU MIT DEN EINZELGEBIETEN
LORCH RÜDESHEIM JOHANNISBERG GOTTESTHAL**



UNTERSUCHUNGSGEBIET RÜDESHEIM - GEISENHEIM

- × Punkte des Temperaturmeßprofiles
- Geländeklimastation
- ▣ Wärme- und Wasserhaushaltstation
- ▤ Wasserbilanzstation

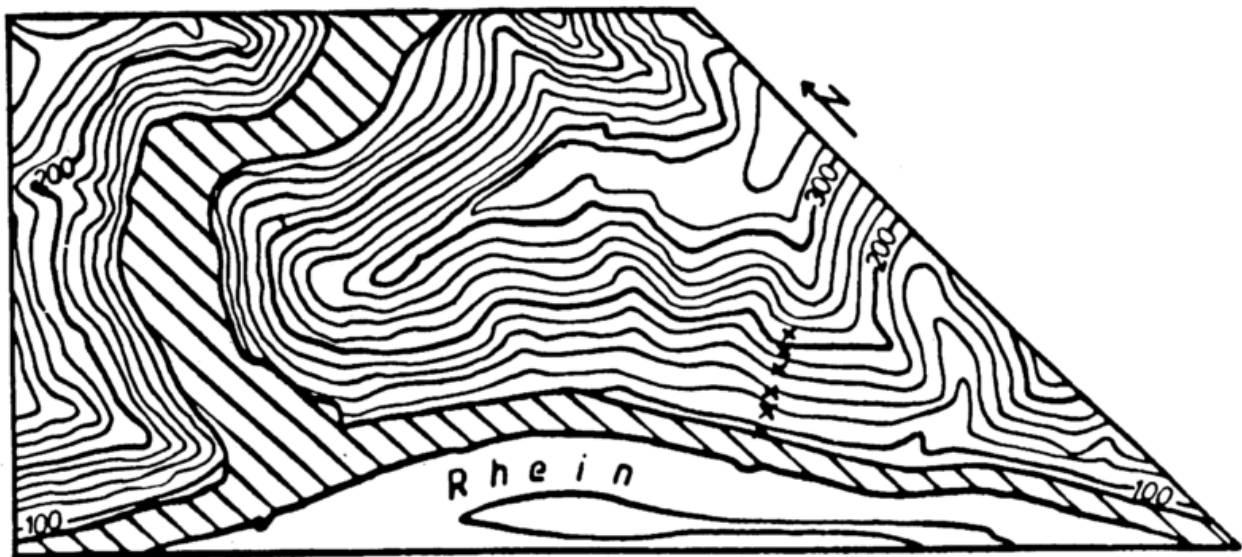


Abb. 4.2: UNTERSUCHUNGSGEBIET LORCH

- × Punkte des Temperaturmeßprofiles

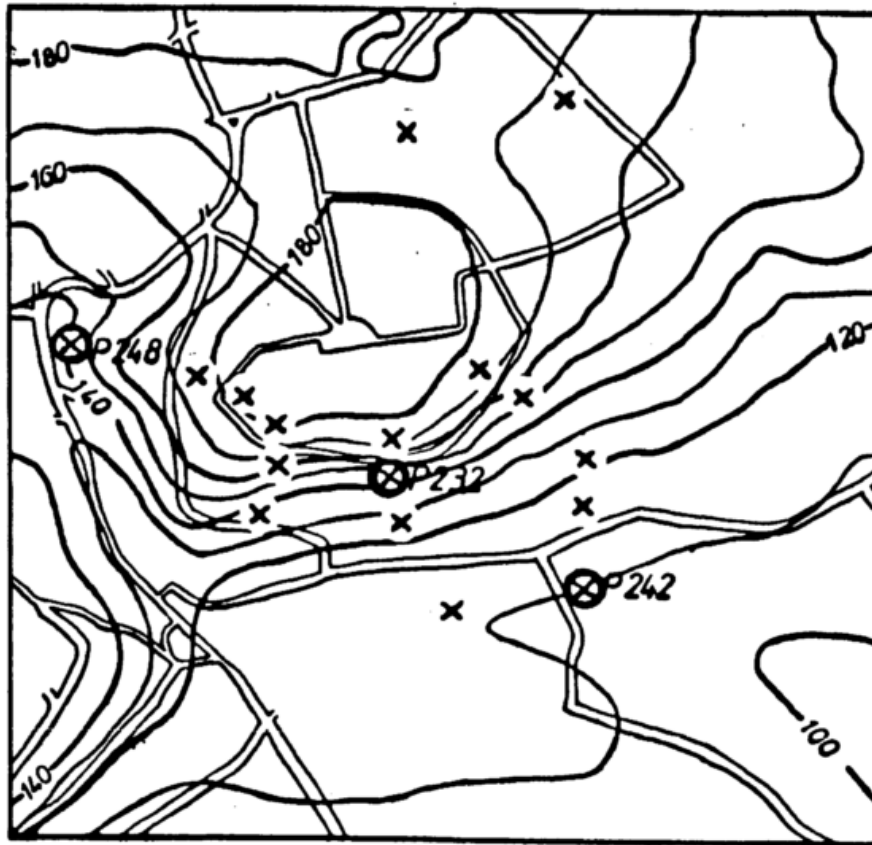


Abb.4.3: UNTERSUCHUNGSGEBIET SCHLOSS JOHANNISBERG

- ⊗ Standorte mit Verdunstungsberechnung
- × Testparzellen

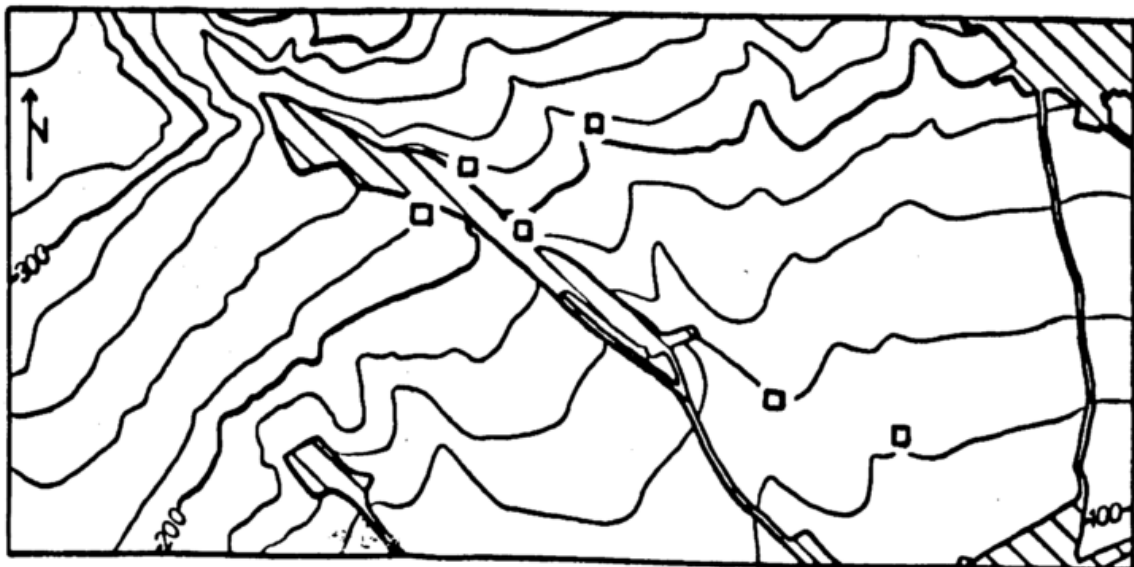


Abb.4.4: UNTERSUCHUNGSGEBIET GOTTESTHAL

- Geländeklimastation

4.1.2.2 STANDORTUNTERSUCHUNGEN IN RHEINLAND-PFALZ

An diesen Untersuchungen sind insgesamt 78 Parzellen der Weinbaugebiete Pfalz, Nahe und Mosel-Saar-Ruwer beteiligt. Bei den Standorten handelt es sich ausschließlich um Parzellen aus den Landesreifemessungen an der Rebsorte Riesling. Auf den genannten Standorten liegen mehrjährige Mostgewichtserhebungen von 1975 bis 1984 vor. Aus den gleichen Gründen - wie im Rheingau - können auch in Rheinland-Pfalz standortbezogene Analysen über das Jahr 1980 hinaus nicht weitergeführt werden. Die Verteilung der Standorte ist aus den Abb.4.5 - 4.6 ersichtlich.

Im Anbaugebiet Pfalz werden ausschließlich Flach- und leichte Hanglagen untersucht. Deshalb ist die Standortvariabilität im Vergleich zu den anderen Bereichen geringer. Die Palette der Böden reicht von sandig bis lehmig in allen Übergangsformen. Lediglich in der Gemarkung Birkweiler werden höhere Skelettanteile gefunden.

An der oberen Nahe herrschen überwiegend steilere Hang- und Steillagen mit Schieferverwitterungsböden vor, während an der unteren Nahe Flachhanglagen mit skelettarmen und sandigen bis lehmigen Böden anzutreffen sind.

Der größte Teil der untersuchten Standorte an Mosel, Saar und Ruwer sind Steillagen mit Schieferverwitterungsböden. Im Gegensatz zu den anderen Bereichen dominiert an der Mosel die Pfahlerziehung. Nur vereinzelt sind einfache Drahtanlagen vertreten. Nur wenige Parzellen sind Flachhanglagen. Diese liegen meist unmittelbar am Moselufer mit überwiegend sandigen bis lehmigen Böden.

4.1.2.3 STANDORTUNTERSUCHUNGEN IN FRANKEN

Die Ernteergebnisse aus Franken stammen aus einer von der AMBF Geisenheim 1981 durchgeführten Erhebungsuntersuchung (HOPPMANN (1981)). Die Erhebungen erstrecken sich vornehmlich auf das Maindreieck zwischen den Städten Würzburg, Marktbreit und Volkach und dem Westrand des Steigerwaldes.

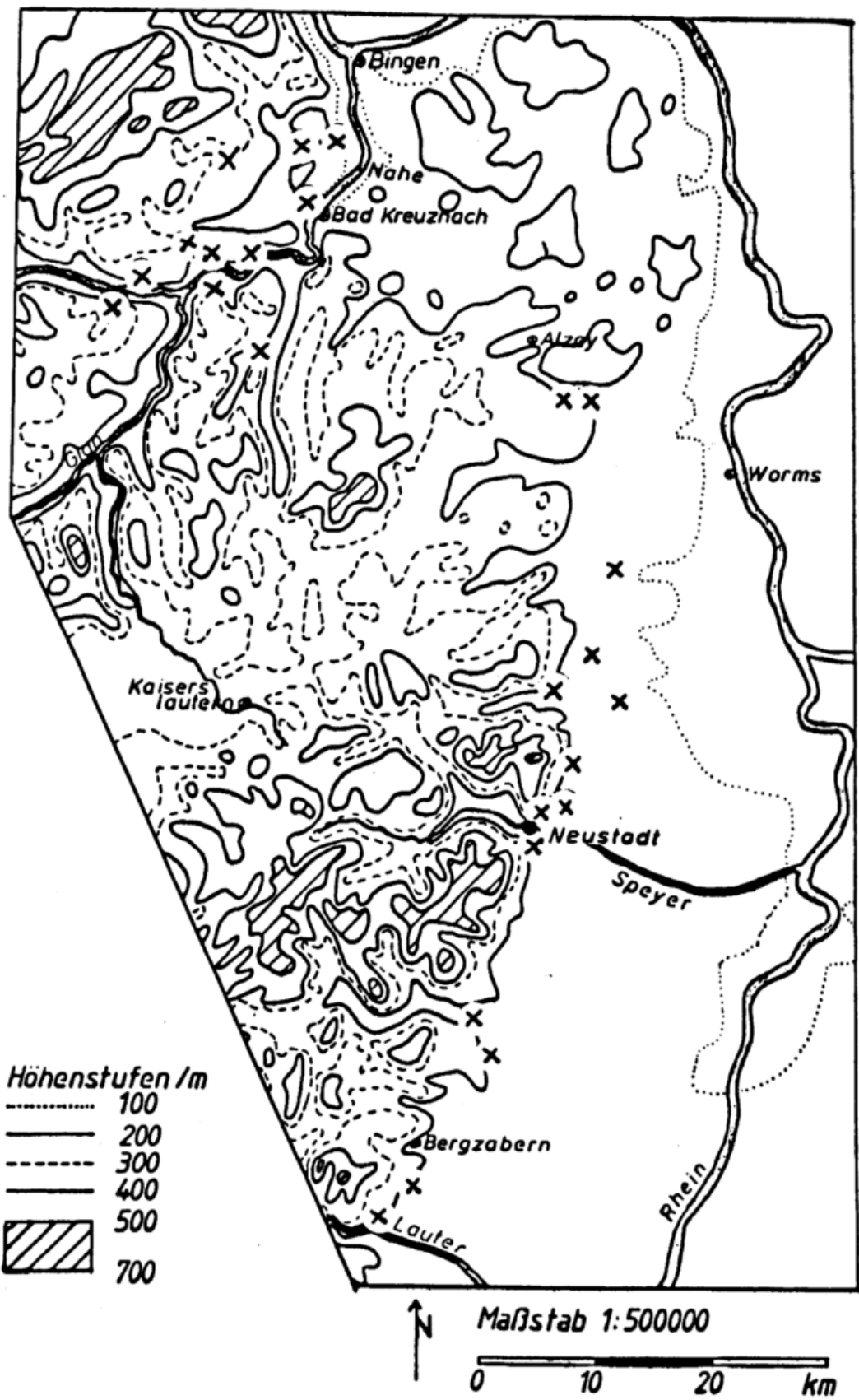


Abb.4.5: VERTEILUNG DER TESTPARZELLEN IN DEN UNTERSUCHUNGSGEBIETEN PFALZ UND NAHE

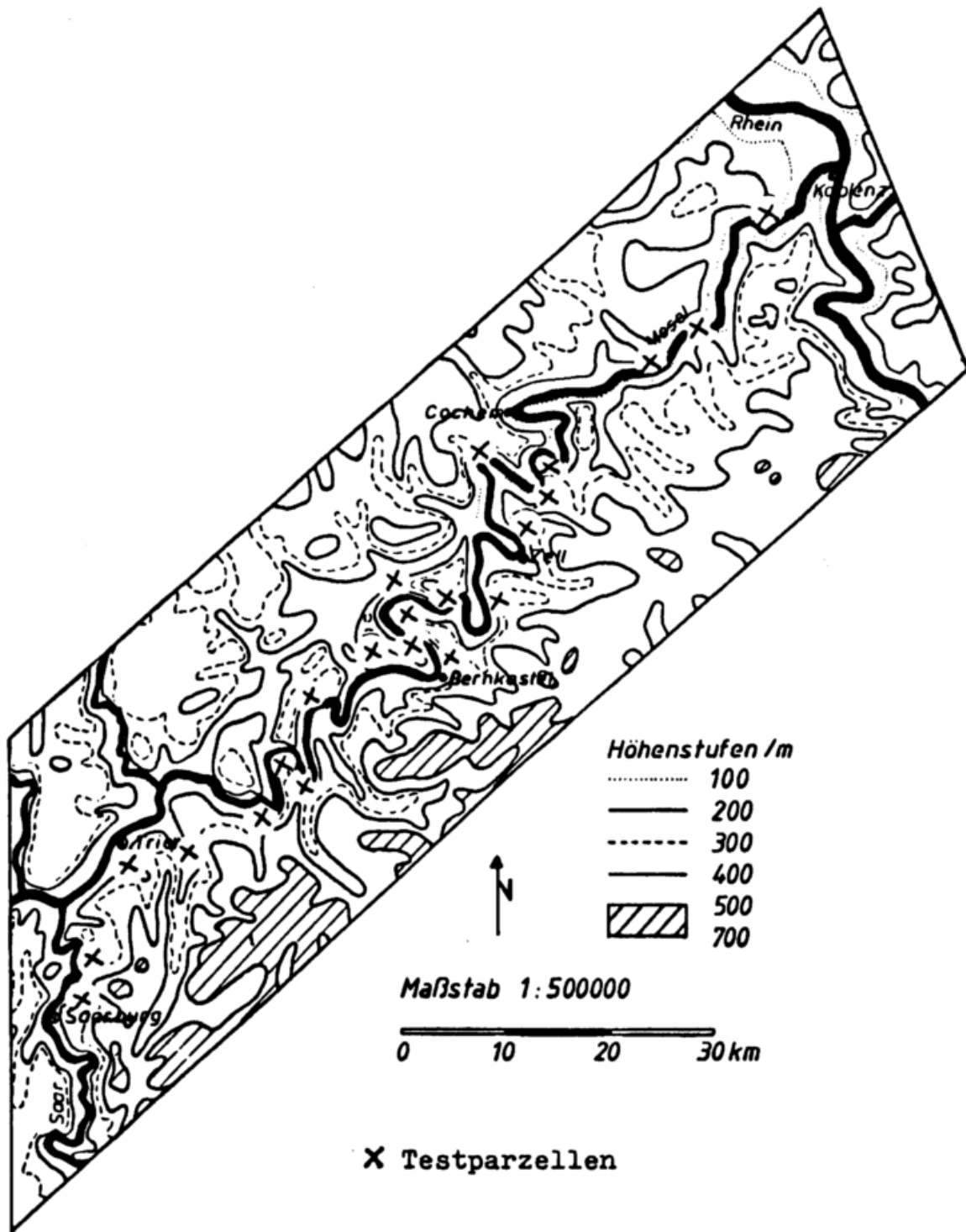
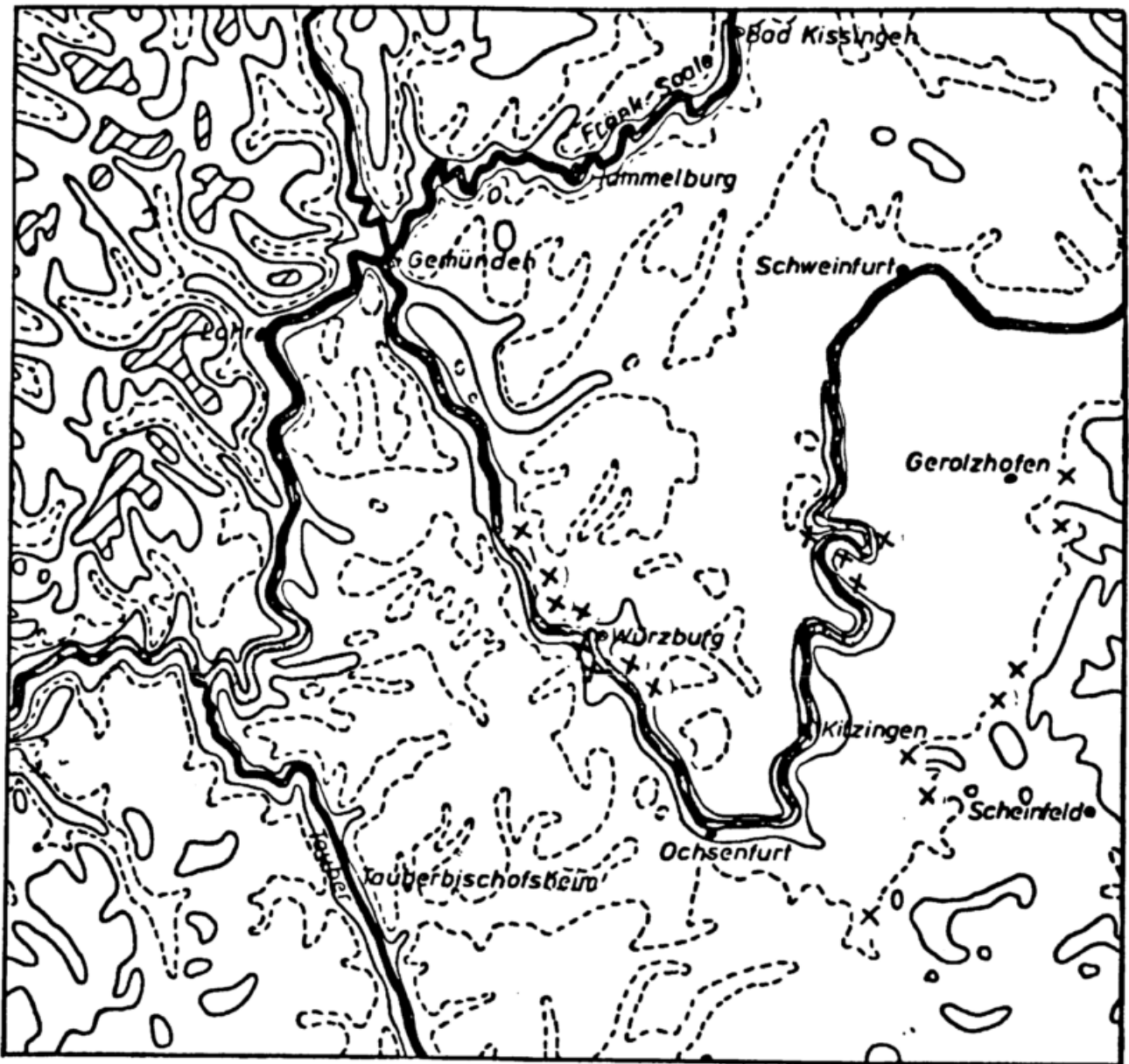
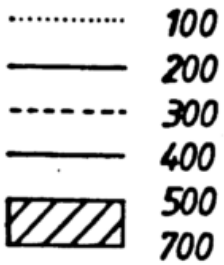


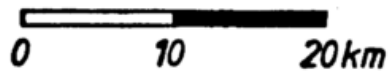
Abb.4.6: VERTEILUNG DER TESTPARZELLEN IM
 UNTERSUCHUNGSGEBIET MOSEL - SAAR - RUWER



Höhenstufen/m



Maßstab 1:500000



X Testparzellen

Abb.4.7: VERTEILUNG DER TESTPARZELLEN IM
UNTERSUCHUNGSGEBIET FRANKEN

Die Abb.4.7 zeigt die Verteilung der Testflächen. Von den ursprünglich verwendeten 110 Testparzellen werden 33 Standorte ausgewählt, die entweder zu den Versuchsparzellen der Bayerischen Landesanstalt für Obst-, Wein- und Gartenbau in Veitshöchheim gehören, bzw. aus Einzelergebnissen des Julius- und des Bürgerhospitals stammen. Die Mostgewichtsangaben aus privaten Bezugsquellen (Winzer, Winzergenossenschaft) werden nicht weiter verwendet, da sie im Vergleich zu den obengenannten Quellen als unzuverlässig einzustufen sind. Im Gegensatz zu den anderen Weinbaugebieten gibt es in Franken keine größeren zusammenhängenden Rebflächen. Es ist in zahlreiche Einzelbereiche gegliedert. Grenzlagen treten unter folgenden Gesichtspunkten auf:

- sie reichen bis zum nördlichen Rand der deutschen Anbaugebiete,
- sie dehnen sich am weitesten nach Osten aus,
- sie erstrecken sich in einzelnen Bereichen bis in Höhen um 400m.

Somit kann aus klimatischer Sicht eine größere räumliche Differenzierung erwartet werden, die kaum durch das vorhandene Klimanetz abgedeckt wird. Der repräsentative Charakter der in dieser Untersuchung verwendeten Klimadaten der Station Würzburg muß für die in Abb.4.7 ausgewiesenen Bereiche zu Recht in Frage gestellt werden.

4.1.3 PFLANZENBAULICHE UND PHÄNOLOGISCHE ERHEBUNGEN

4.1.3.1 MOSTGEWICHT

Mit den Mostgewichtserhebungen begann BECKER 1964 im Rheingau (BECKER (1967)). HOPPMANN und SCHALLER (1981) berichten über die Versuchsergebnisse des Zeitraums 1965 bis 1974. Als Unterlagsrebsorte wird auf diesen Versuchsstandorten in der Regel 5 BB oder 5 C verwendet, das Klonenmaterial ist in diesem Versuch nicht näher bekannt. Bei dem von der Forschungsanstalt Geisenheim zur Verfügung gestellten Datenmaterial handelt es sich um Ernteergeb-

nisse des Riesling Klons GM 239 auf der Unterlage 5 C. Der Riesling Klon GM 239 wird in den letzten Jahrzehnten auch am Schloß Johannisberg eingesetzt. Auch die Unterlage 5 C ist dort am stärksten vertreten.

Über das verwendete Klonenmaterial und die Unterlagsrebsorten können für die Anbauggebiete in Rheinland-Pfalz keine näheren Angaben gemacht werden. Ebenso fehlen diese Angaben für die Untersuchungen im Weinbaugebiet Franken.

Bei der Vielzahl der Standorte, Bereiche und Jahre ist eine einheitliche Verfahrensweise bei der Erfassung des Mostgewichtes nicht möglich. Zwei verschiedene Methoden zur Mostgewichtsbestimmung werden angewendet:

a) Bestimmung des Mostgewichtes mit dem Refraktometer von einer Stichprobe abgepreßter Beeren (100 bis 200 Beeren),

b) Bestimmung des Mostgewichtes nach dem Abpressen der Trauben über eine Mostgewichtswaage;

Beide Verfahren können zu voneinander abweichenden Resultaten führen. Bei der Betrachtung längerer Reihen muß dieser Mangel bei den Untersuchungen in Kauf genommen werden. Mit dem Verfahren a) werden die Mostgewichte in Rheinland-Pfalz und auf den 22 ausgewählten Standorten im Rheingau in den Jahren 1975 bis 1980 bestimmt. Alle anderen Ergebnisse werden mit der Methode b) ermittelt. In Rheinland-Pfalz wird im Gegensatz zu den anderen Weinbaugebieten nicht der Mostgewichtswert zum Lesetermin verwendet, sondern die letzte vor der Ernte vorgenommene Reifemessung. Damit sind die Mostgewichte aus verschiedenen Regionen und Bereichen vergleichbar.

4.1.3.2 PHÄNOLOGISCHE ERHEBUNGEN

Ebenso wie Qualität und Ertrag schwankt die phänologische Entwicklung der Rebe von Jahr zu Jahr sehr stark. Dies ist eine Folge der aktuellen Jahreswitterung. Nach EICHHORN und LORENZ (1977) vollzieht sich die phänologische Entwicklung der Reben

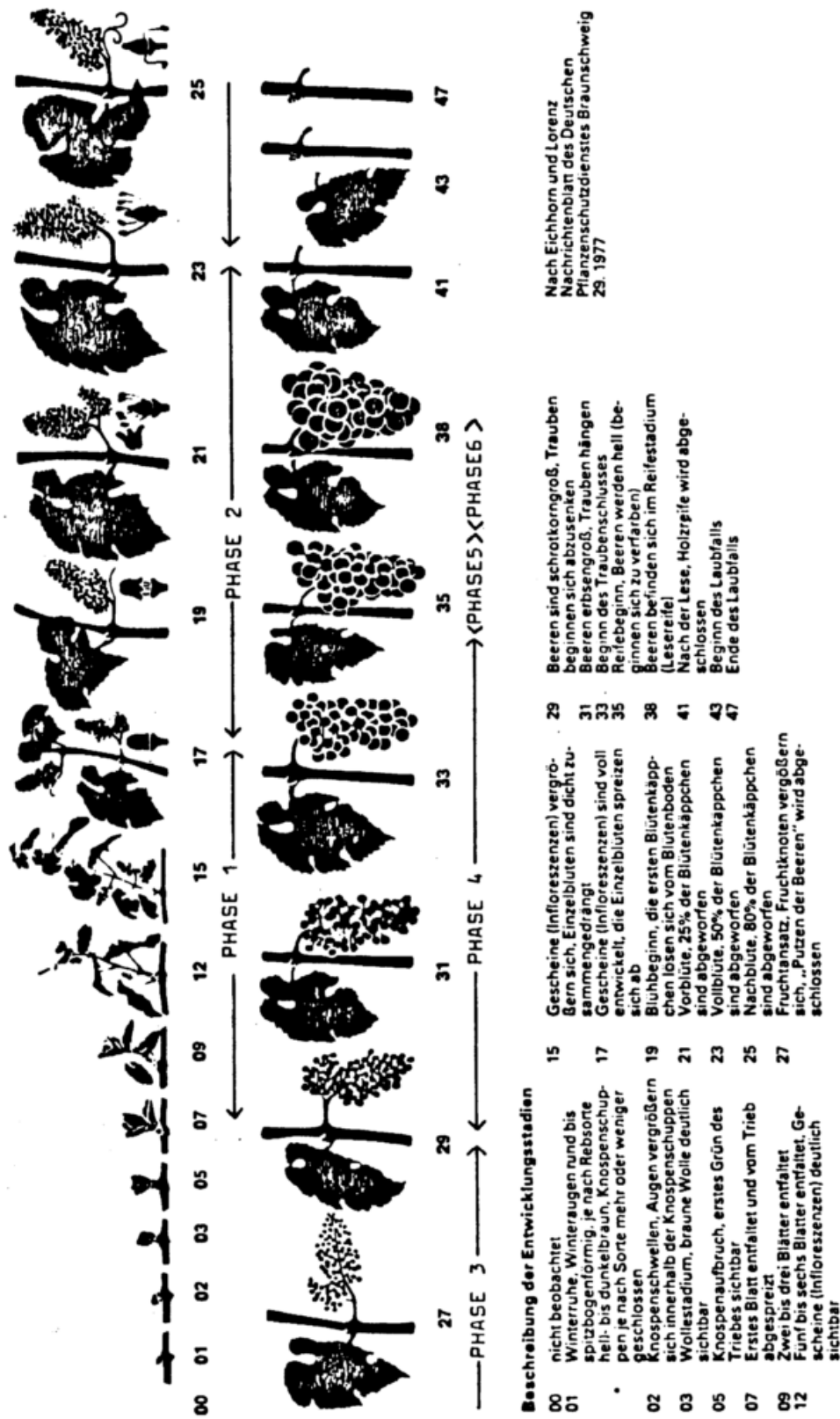


Abb. 4.8: PHAENOLOGISCHE ENTWICKLUNGSSTADIEN DER REBE

über insgesamt 23 Entwicklungsstadien von der völligen Winterruhe bis zum Laubfall (Abb.4.8.). Die Zahlenkombinationen deuten an, daß noch weitere Zwischentermine berücksichtigt werden können. In der Praxis beobachtet man allerdings nur das Stadium 7 (erstes Blatt entfaltet und vom Trieb abgespreizt (Austrieb)), 23 (Vollblüte), 35 (Reifebeginn) und 38 (Lesereife bzw. Lesetermin). In Anlehnung an diesen phänologischen Entwicklungskalender wird die Vegetationszeit in insgesamt 6 Phasen eingeteilt mit 3 Hauptphasen - Austrieb bis Blüte - Blüte bis Reifebeginn - Reifebeginn bis Lesetermin. Die Klimagrößen fließen als Dekadenmittelwerte in die Analysen ein. Deshalb können die phänologischen Termine zur nächsten Dekadenzahl auf- bzw. abgerundet werden. Die Tab.4.3. zeigt die Aufschlüsselung der Dekaden in 6 Phasen für den Zeitraum 1947 bis 1984. Ordnet man diese Einteilung dem phänologischen Entwicklungskalender nach EICHHORN und LORENZ (1977) zu, so erfassen die Eckpunkte der 6 Phasen folgende Entwicklungsstadien (Abb.4.8.):

Phase 1:

Austrieb (07) bis Gescheine voll entwickelt (17),

Phase 2:

Gescheine voll entwickelt (17) bis Vollblüte (23),

Phase 3:

Vollblüte (23) bis Beeren <sind schrotkorngroß> (29),

Phase 4:

Beeren sind schrotkorngroß (29) bis Reifebeginn (35),

Phase 5:

Reifebeginn (35) bis Mitte <Reifebeginn - Lesereife> (35 - 38),

Phase 6:

Mitte <Reifebeginn bis Lesereife> (35 - 38) bis Lesereife bzw. Lesetermin (38).

Tab.4.3: AUFSCHLÜSSELUNG DER DEKADEN IN 6 PHASEN (1947-84)

JAHR	PHASE 1	PHASE 2	PHASE 3	PHASE 4	PHASE 5	PHASE 6
1947	13-14	15-16	17-19	20-23	24-26	27-29
1948	12-13	14-16	17-19	20-24	25-27	28-30
1949	12-13	14-16	17-19	20-24	25-27	28-29
1950	13-14	15-17	18-20	21-24	25-27	28-29
1951	13-14	15-17	18-20	21-25	26-28	29-30
1952	12-13	14-16	17-19	20-24	25-27	28-29
1953	14-15	14-16	17-19	20-24	25-27	28-29
1954	14-15	16-17	18-20	21-25	26-28	29-30
1955	14-15	16-18	19-21	22-25	26-28	29-30
1956	14-15	16-18	19-21	22-25	26-28	29-30
1957	13-14	15-17	18-20	21-23	24-26	27-29
1958	14-15	16-18	19-21	22-25	26-28	29-30
1959	12-13	14-16	17-19	20-22	23-25	26-28
1960	12-13	14-16	17-19	20-24	25-27	28-29
1961	11-15	16-18	19-21	22-25	26-28	29-30
1962	13-15	16-18	19-21	22-25	26-28	29-30
1963	13-14	15-17	18-20	21-24	25-27	28-29
1964	13-14	15-17	17-19	20-23	24-26	27-29
1965	13-15	16-18	19-21	22-25	26-28	29-30
1966	13-14	15-17	18-20	21-24	25-27	28-29
1967	13-14	15-17	18-20	21-23	24-26	27-28
1968	12-15	16-18	19-21	22-24	25-27	28-29
1969	14-15	16-18	19-21	22-24	25-27	28-29
1970	14-15	16-17	18-20	21-24	25-27	28-29
1971	13-14	15-17	18-20	21-23	24-26	27-28
1972	13-15	16-18	19-21	22-24	25-27	28-30
1973	13-14	15-17	18-20	21-24	25-27	28-29
1974	11-14	15-17	18-20	21-25	26-27	28-29
1975	13-14	15-17	18-20	21-23	24-26	27-28
1976	13-14	15-16	17-19	20-22	23-25	26-27
1977	13-15	16-18	19-21	22-23	24-26	27-29
1978	13-15	16-18	19-21	22-26	27-28	29-30
1979	14-15	16-17	18-20	21-24	25-27	28-29
1980	14-15	16-18	19-21	22-26	27-28	29
1981	11-13	14-17	18-20	21-24	25-26	27-28
1982	14-15	16-17	18-20	21-24	25-26	27-28
1983	13-15	16-18	19-21	22-24	25-27	28-29
1984	13-16	17-19	20-22	23-24	25-27	28-30

Genauere Beobachtungen liegen für den obengenannten Zeitraum für die Stadien Austrieb, Vollblüte, Reifebeginn und Lesetermin vor, so daß die Zwischentermine unter Berücksichtigung der Jahreswitterung abgeschätzt werden können. Im Hinblick auf die vorgenommene Dekadenteilung ist diese Verfahrensweise ausreichend genau. Diese Art der Einteilung gilt generell für alle Bereiche und Standorte. Mit der Einteilung werden vor allem die Einflüsse der Jahreswitterung berücksichtigt. Zeitliche Verschiebungen im Entwicklungszyklus, die innerhalb der Standorte auftreten können, wirken sich nicht auf diese Einteilung aus. Detaillierte phänologische Beobachtungen an einzelnen Standorten liegen nur für 6 Einzeljahre im Rheingau vor. Für eine Standortdifferenzierung können diese phänologischen Erhebungen nicht genutzt werden.

4.1.3.3 BLATTFLÄCHENINDEX

Die Berechnung der aktuellen Evapotranspirationen erfordert Angaben über die Entwicklung der Blattfläche (vgl. Kap. 4.4.1.2.).

Im Jahr 1984 wird auf 4 verschiedenen Standorten der Blattflächenindex nach einer Methode von STEINBERG et.al. (1982) ausgewiesen. Das Verfahren setzt die Länge bestimmter Blattachsen zur Gesamtblattfläche in Beziehung. Dabei ergeben sich sortenunabhängige Regressionsbeziehungen zwischen diesen Blattachsen und der gesamten Blattfläche. Diese Untersuchungen werden am Rieslingklon GM 239 auf der Unterlage 5C durchgeführt.

4.2 AUSWAHL KLIMATISCHER EINFLUSSGRÖSSEN FÜR JAHRES- UND STANDORTANALYSEN

4.2.1 KLIMAELEMENTE FÜR DIE JAHRESANALYSEN

Um mit den für die Jahresanalyse benötigten Klimadaten rationaler arbeiten zu können, wird für den Zeitraum 1960 bis 1984 bzw.

Geisenheim von 1947 bis 1984 eine Klimadatenbank aufgebaut. Die Tab.4.4. weist die verwendeten Klimastationen, die Höhenangaben und Ortskoordinaten aus. Die Datenbank enthält insgesamt 33 Klimaelemente als Dekadenwerte für den genannten Zeitraum und soweit erforderlich, auch nach heller und dunkler Tagesphase aufgeschlüsselt (in Tab.A.1-2 (Abkürzungen, Seite VI u. VII)) sind die wichtigsten Klimagrößen mit den verwendeten Abkürzungen aufgelistet).

Aus der Datenbank können über einfache Leseprogramme die gewünschten Klimadaten für die Analysen herausgelesen und zu den 6 phänologischen Phasen zusammengefaßt werden.

Tab.4.4: ÜBERSICHT ÜBER DIE VERWENDETEN KLIMASTATIONEN

KLIMASTSTION	HÖHE ü. NN	BREITE	LÄNGE
Geisenheim	118m	49.59	7.57
Neustadt	163m	49.22	8.08
Trier-Petrisberg	265m	49.45	6.40
Würzburg	268m	49.46	9.58
Bad Neuenahr, Ahrweiler	111m	50.32	7.05
Bernkastel	120m	49.55	7.04
Bad Kreuznach	159m	49.51	7.51
Bad Kissingen	262m	50.12	10.05

4.2.2 GELÄNDEKLIMATISCHE EINFLUSSGRÖSSEN

Das ursprüngliche Ziel, ähnlich wie bei der Klimadatenbank, eine Zeitreihe von 1960 bis 1984 aufzubauen, mußte aufgegeben werden, da bei einer Reihe von Klimastationen die erfaßten Daten ab 1981 nicht vorliegen. Deshalb werden die Standortanalysen auf den Zeitraum von 1960 bis 1980 begrenzt. Die Tab.A.1-2 enthält ebenfalls alle verwendeten geländeklimatischen Einflußgrößen einschließlich der benutzten Abkürzungen.

4.2.2.1 STRAHLUNGSGRÖSSEN

Zur Berechnung der direkten Sonneneinstrahlung (STRA) und der reduzierten Strahlung (STRAC) (vgl. Kap.4.4.1.1) wird für alle Bereiche und Standorte eine Datenbank aufgebaut, die im Rheingau den Zeitraum 1960 bis 1980, in Rheinland-Pfalz den Zeitraum 1975 bis 1980 und für Franken den Zeitraum 1970 - 79 umfaßt. Die Strahlungsdaten für die statistischen Analysen und zur Berechnung der Penman-Verdunstung liegen als Dekadenwerte von Anfang April bis Ende Oktober vor und können zu Mittelwerten in den einzelnen Phasen zusammengefaßt werden.

4.2.2.2 TEMPERATURVERTEILUNG IN ABHÄNGIGKEIT VON DER HÖHE

In den Jahren 1975-76 war ein temporäres Meßnetz mit 11 Geländeklimastationen im Rheingau in verschiedenen Höhenbereichen installiert (vgl. Tab.4.5). Es ermöglicht die Entwicklung verschiedener Temperaturbeziehungen, die die Temperaturverteilung in Abhängigkeit von der Geländeform und der Höhe beschreiben (vgl. Kap.4.4.2.1).

4.2.2.3 AKTUELLE VERDUNSTUNG

Verdunstungsberechnungen auf der Basis der Penman-Gleichung (vgl. Kap.4.4.1.2) ergänzen die geländeklimatische Einflußgrößen. Zur Realisierung der Penman-Gleichung müssen einige Parametrisierungen vorgenommen werden. Die dazu notwendigen Meßdaten stammen aus dem agrarmeteorologischen Meßprogramm der AMBF Geisenheim. Insbesondere handelt es sich um folgende Meßwerte (unter Angabe des Meßzeitraumes):

- Globalstrahlung (1978 - 80),
- Strahlungsbilanz (1978 - 80),
- Albedo (1978 - 80),
- vertikale Windprofile über Rebbestände (1979),
- Blattflächenindex (1984),
- Bodenfeuchteverlauf (1984).

Über die Penman-Verdunstung kann dann mit Hilfe der Niederschlagsangaben auch die klimatische Wasserbilanz (WSBL) berechnet werden.

4.3 MESSUNGEN UND MESSMETHODIK

4.3.1 TEMPORÄRE MESSNETZE

Die aus Rebbeständen gewonnenen Meßdaten erlauben die Anpassung der in Kap.4.4 beschriebenen Modelle an die Kulturform Rebe. In Tab.4.5 und 4.6 sind die Standorte mit Höhenangaben, Exposition, Verwendungszweck und Meßzeiträumen aufgelistet. Die Spalte 1 kennzeichnet, unter Hinweis auf die entsprechende Abbildung, den genauen Standort der Meßeinrichtungen. Die Wärme- und Wasserbilanzstationen ermöglichen die Realisierung der Verdunstungsformel (vgl. Kap.4.4.1.2). Aus den Geländeklimastationen in Rüdesheim und Oestrich-Winkel wird die Höhenbeziehung der Temperatur abgeleitet (vgl. Kap.4.4.2.1). Diese, mit Hilfe von 11 Geländeklimastationen ermittelte Beziehung wird in den 3 Gemarkungen

Rauenthal, Rüdesheim und Lorch mit Temperaturmeßgängen an ausgewählten Tagen überprüft (Tab.4.6) (vgl.Kap.6.2.3).

Tab.4.5: TEMPORÄRE MESSEINRICHTUNGEN ZUR REALISIERUNG DER MODELLANSÄTZE

Gemarkung	Höhe ü.NN *	Hangr.	Hangn.	Verwendungszweck	Zeitraum
Geisenheim Abb.4.2	109	180°	4°	Wärmehaushalt vertikales Wind- profil	1978-80
					1979
Geisenheim Abb.4.2	104	0°	0°	Wasserbilanz	1984
Rüdesheim Abb. 4.2	82	0°	0°	Geländeklimastation Temp.-Höhen- Beziehung	1975-76
	102	175°	4°		
	107	170°	21°		
	134	60°	8°		
	247	150°	20°		
Öe-Winkel Abb. 4.4	119	240°	3°	Geländeklimastation Temp.-Höhen- Beziehung	1975-76
	142	250°	3°		
	179	195°	6°		
	211	250°	7°		
	215	220°	20°		
	219	125°	4°		

* örtlicher Talgrund: 80 m ü. NN

Tab.4.6: MESSPUNKTE DER TEMPERATURMESSGÄNGE IN 3 GEMARKUNGEN IM RHEINGAU

Gemarkung	Lorch (Abb. 4.2)	Rüdesheim (Abb. 4.2)	Rauenthal
Meßpunkte	Südwesthang Höhe ü. NN	Südosthang Höhe ü. NN	Südwesthang Höhe ü. NN
1	90	103	122
2	115	157	155
3	143	180	177
4	170	209	205
5	195	255	230
6	220	275	257

4.3.2 MESSMETHODIK

Ein belüftetes Solarimeter nach MOLL-GORCZYNSKI (KIPP und ZONEN, Typ CM 7) mißt die Globalstrahlung (horizontal) im Wellenlängenbereich von 0,3 bis 3 μm auf einer 3 m hohen Meßplattform im Klimameßfeld der Dienststelle (Genauigkeit: $\pm 5\%$). 1978 und 1979 erfaßt ein Strahlungsbilanzgeber vom Typ Schenk, der ab 1980 durch einen Strahlungsbilanzmesser vom Typ Schulze ersetzt wird, die Strahlungsbilanz im Wellenlängenbereich von 0.3 bis 60 μm in 4m Höhe, also 2m über der Obergrenze des Rebbestandes (Zeilenbreite: 1,6m, Zeilenhöhe: 2m). Letzterer erlaubt die Aufschlüsselung der Gesamtstrahlung in die Teilkomponenten und arbeitet wesentlich zuverlässiger. Die Genauigkeit wird nach DAEKE (1972) mit $\pm 5\%$ angegeben. Die Toleranz muß beim Schenk-Geber mit $\pm 10\%$ angenommen werden. Die Albedo wird in gleicher Höhe wie die Strahlungsbilanz mit einem zum Rebbestand ausgerichteten Solarimeter gleichen Typs - wie oben erläutert - gemessen. Ein Schalenkreuz-Anemometer (Typ Thies), das die Windgeschwindigkeit mißt, erzeugt auf opto-elektronischem Wege Impulse, die von einer

digitalen Datenerfassungsanlage gezählt werden. Die Anlaufgeschwindigkeit beträgt laut Herstellerangaben 0,2 m/s. Unter Feldbedingungen kann man einen Wert von 0,5 m/s annehmen. Die Anemometer werden in 5 Höhen eingesetzt, wobei 2 Anemometer in der Zeilenmitte im Rebbestand in 0,3 m und 1 m Höhe und 3 über dem Rebbestand in 2, 4 und 8 m Höhe plaziert sind.

Im Routinedienst erfaßt man die Bodenfeuchte gravimetrisch bis zu einer Tiefe von 60 cm. Ungünstige vorangegangene Versuchsergebnisse (HOPPMANN und JAGOUTZ (1985)) waren der Anlaß, das Meßprogramm am Versuchsstandort bis auf 2 m Tiefe auszudehnen, wobei bis 1 m Tiefe parallel mit Tensiometern und gravimetrisch, und von 1-2 m Tiefe nur mit Tensiometern gemessen wird. Als dritte Meßvariante ergänzen parallel zu den beiden ersten Methoden Gipsblöcke die Messungen. Die Ergebnisse werden in dieser Untersuchung nicht verwendet. Über den Vergleich der verschiedenen Meßmethoden berichtet WIND (1984).

Die Tensiometer werden in Tiefen von 10, 30, 50, 70, 90, 110, 130, 150, 170 und 200 cm Bodentiefe eingebaut. Von dem Versuchsstandort liegen sowohl die PF-Kurve, als auch die Kardinalwerte des Bodenwassergehaltes vor, so daß aus den Messungen das pflanzennutzbare Wasser berechnet werden kann. Das in größere Tiefen abfließende Sickerwasser sammelt sich in dafür vorgesehenen Sickerschächten. Diese Werte werden bei der Bilanzierung des Wasserhaushaltes 1984 ebenfalls berücksichtigt.

Die oben genannten Geländeklimastationen liefern 1975 und 1976 stündliche Daten der Temperatur und Luftfeuchtigkeit. Die Thermohygrographen befinden sich in 0,7 m Höhe in "Gießener Hütten" und Windmesser in 2,5 m Höhe, also 1 m über dem Rebbestand. Aus den Registrierungen können stündliche Angaben der Lufttemperatur, Luftfeuchtigkeit, Windgeschwindigkeit und Windrichtung gewonnen werden. Die Genauigkeit liegt beim Thermohygrographen bei $\pm 0,2^{\circ}\text{C}$, bzw. $\pm 5\%$ relative Luftfeuchtigkeit, der Wölfle-Windschreiber läuft bei etwa 1 m/s an. Nur die Stundenwerte der Temperatur sind für die Auswertung vorgesehen. Die zusätzlichen Windauswertungen ermöglichen eine quantitative Abschätzung der Windgefährdung.

4.4 RECHENMODELLE UND ANALYSEVERFAHREN

4.4.1 RECHENMODELLE

4.4.1.1 BERECHNUNG DER DIREKTEN SONNENEINSTRALUNG

Die gesamte Strahlungsbilanz einer Weinbergspartzele setzt sich aus mehreren Anteilen kurzwelliger und langwelliger Strahlungskomponenten zusammen. Von allen Komponenten wird in dieser Arbeit nur das Modell zur Berechnung der direkten Sonneneinstrahlung verwendet. Alle anderen benötigten Komponenten werden mit Hilfe von Parametrisierungsverfahren abgeschätzt. Nur diese Vorgehensweise ermöglicht den Einsatz eines Rechenverfahrens auf allen Standorten und in allen Bereichen. Zwar wird zur Zeit ein Modell zur Strahlungsbilanz entwickelt (HOPPMANN und JAGOUTZ (1986)), die exakte Berechnung der Strahlungskomponenten setzt aber die Kenntnis der atmosphärischen Verteilung der absorbierenden und emittierenden Gase, der Temperatur und der Wolken, sowie die Kenntnis der Bodenoberflächentemperaturen voraus. Dieses Modell muß weiter vereinfacht werden, damit es in der Praxis eingesetzt werden kann. Die separate Behandlung der direkten Sonneneinstrahlung an Stelle der Strahlungsbilanz ist dann gerechtfertigt, wenn sich die restlichen Komponenten gegenseitig aufheben. Die Versuchsergebnisse zeigen (HOPPMANN und JAGOUTZ (1985)), daß die direkte Sonneneinstrahlung und die Strahlungsbilanz mit länger werdenden Mittelungszeiträumen (Dekade, Monate oder Vegetationszeit) immer besser übereinstimmen. Dennoch muß bei der Verwendung von Dekadenwerten in ungünstigen Fällen mit Abweichungen bis zu 10 % gerechnet werden. Die Dekadenwerte werden zu insgesamt 6 Phasen, bzw. später zu 3 Phasen gemittelt, so daß dann die Abweichung zwischen beiden Strahlungsgrößen abnimmt. Der Modellansatz erlaubt es, die verschiedenen Standorte entsprechend der in den einzelnen phänologischen Zeitspannen schwankenden Sonnenscheindauer räumlich und zeitlich zu differenzieren. Neben der wechselnden Sonnenscheindauer beeinflussen Hangneigung und -richtung, die geographische Breite, sowie die Horizontabschirmung die

berechnete Strahlungsintensität. Die bei der Berechnung angewendete Beziehung lautet:

$$I_{MAX} = I_o \exp(-a T_m) * \sin(\beta) \quad (4.1)$$

wobei

- I_{MAX} die maximal mögliche direkte Sonneneinstrahlung ohne Berücksichtigung der Bewölkung,
- I_o der Strahlungsstrom an der Obergrenze der Atmosphäre,
- a der Transmissionskoeffizient der Atmosphäre,
- T_m der Trübungsfaktor der Atmosphäre,
- β der Einfallswinkel der Sonneneinstrahlung bedeuten.

β ist von der Neigung und Orientierung der Empfangsfläche sowie vom Sonnenstand (-höhe u. -azimut) abhängig (BRANDTNER (1973)). Die tatsächliche Sonneneinstrahlung (STRA) unter Berücksichtigung der Bewölkung wird wie folgt berechnet:

$$STRA = I_{MAX} * (SS/SS_{MAX}) \quad (4.2)$$

Darin bedeuten SS die tatsächliche Sonnenscheindauer und SS_{MAX} die maximal mögliche Sonnenscheindauer.

Durch die Erfassung der direkten Sonneneinstrahlung allein lassen sich die qualitativen Unterschiede zwischen den Weinbergslagen nicht ermitteln. Während das Strahlungsangebot mit der Höhe eine Zunahme erfährt, werden aufgrund der vertikalen Temperaturabnahme die thermischen Verhältnisse für den Weinbau mit der Höhe immer ungünstiger, so daß die Höhe ebenfalls einen Begrenzungsfaktor für den Anbau von Weinreben bildet.

Dem aus der direkten Sonneneinstrahlung berechneten Energieangebot wird mit Hilfe eines empirischen Reduktionsverfahrens, das aus Messungen an verschiedenen exponierten Hängen stammt, ein Energieverlust gegenübergestellt (BRANDTNER (1973)), der die Höhenabhängigkeit der Qualität eines Standortes nachvollziehen soll. Die reduzierte Strahlung (STRAC) liegt für die Standorte in Rheinland-Pfalz und Franken vor, da in diesen Bereichen keine Temperaturbeziehungen zur Verfügung stehen (vgl. Kap.4.4.2.1).

4.4.1.2 BESTIMMUNG DER AKTUELLEN EVAPOTRANSPIRATION

Die latente Wärme oder aktuelle Evapotranspiration (ETA) bildet neben der Strahlungsbilanz die wesentliche Wärmehaushaltskomponente im Pflanzenbestand. Sie kann allein 50% der Strahlung, die dem Bestand während der hellen Tagesphase zufließt, aufzehren. Gleichzeitig ist ETA aber eine wichtige Größe in der Wasserbilanzgleichung (Gleichung 4.3).

Begrifflich unterscheidet man die potentielle Evapotranspiration (ETP) und die aktuelle Evapotranspiration (ETA). Nach einer neueren Definition (H. SCHRÖDTER (1984)) ist die potentielle Evapotranspiration diejenige Wasserdampfmenge, die von einer ganz oder teilweise mit Vegetation bedeckten, unter optimaler Wasser- und Nährstoffversorgung stehenden Fläche bei ungehindertem Wassernachschub unter den gegebenen meteorologischen, bodenphysikalischen, vegetationspezifischen und pflanzenbaulichen Randbedingungen pro Zeiteinheit maximal in die Atmosphäre transferierbar ist.

Die aktuelle Evapotranspiration (ETA) ist dagegen die tatsächliche in die Atmosphäre transferierte Wasserdampfmenge. Sie schließt nicht nur die Evaporation des Bodens und die Transpiration der Pflanzen ein, sondern auch die Verdunstung von Tau, Guttationswasser und von interzeptiertem Niederschlag.

Um realistische, aktuelle Verdunstungswerte (ETA) zu erhalten, soll ein Weg beschritten werden, wie er häufig in der Bewässerungslandwirtschaft angewendet wird. Dieser beinhaltet die Einführung einfacher Pflanzenfaktoren (K_C), mit denen die berechnete potentielle Evapotranspiration (ETP) korrigiert wird, um näherungsweise kulturspezifische, aktuelle Verdunstungswerte (ETA) zu erhalten. Diese pflanzenspezifischen Faktoren K_C werden nicht nur durch die Bestandsmorphologie und phänologische Entwicklung gesteuert, vielmehr nimmt das vorhandene pflanzennutzbare Bodenwasser eine Schlüsselrolle bei der Bestimmung der K_C -Faktoren ein. So reduziert sich die ETA vor allem bei niedrigen Werten des pflanzennutzbaren Wassers (nfK). In der Regel beginnt diese Reduktion bei 70% nfK . Dieser Reduktionsfaktor ist neben dem Bodenwassergehalt auch von der potentiellen Verdunstung selbst abhän-

gig.

Die Einflüsse abnehmender Bodenfeuchtigkeit auf die Stomatareaktion, bzw. auf das Blattwasserpotential müssen bei der Berechnung der aktuellen Evapotranspiration ausgeklammert werden, da bodenphysikalische Kennwerte des Wasserhaushaltes auf der Vielzahl der untersuchten Weinbaustandorte unbekannt sind.

Brauchbare K_C - Werte können mit Hilfe der Wasserbilanz- Gleichung gewonnen werden:

$$RR + ETA + (Ab_B + Ab_O) + SI = \Delta WG \quad (4.3)$$

wobei

- RR der Niederschlag,
- Ab_B der unterirdische Abfluß,
- Ab_O der oberirdische Abfluß,
- SI die Sickerung in 2m Bodentiefe,
- ETA die aktuelle Verdunstung,
- ΔWG die Änderung der Bodenfeuchtigkeit (0-2m Bodentiefe) bedeuten (Angaben in mm/Zeiteinheit).

Für horizontale Standorte sind sowohl der unterirdische als auch der oberirdische Zu- und Abfluß vernachlässigbar, so daß sich Gleichung 4.3. zu Gleichung 4.4. verkürzt.

$$RR + ETA + SI = \Delta WG \quad (4.4)$$

In Rebbeständen muß man allerdings die Änderung der Bodenfeuchte (ΔWG) über größere Tiefen hinweg erfassen, um brauchbare Verdunstungswerte (ETA) zu erhalten. Die bisher üblichen Messungen bis 60 cm reichen dazu nicht aus (HOPPMANN und JAGOUTZ (1985)). Die kontinuierliche Erfassung der Bodenfeuchte bis auf 2 m Bodentiefe ergibt sich als zwingende Notwendigkeit.

Das Verhältnis von ETA zu ETP ermöglicht die Bestimmung der pflanzenspezifischen Faktoren K_C , wobei ETA aus Gleichung 4.3 gewonnen wird.

Zur Berechnung der ETP bieten sich 2 Modellansätze an:

$$ETP_H = f * (E_s - e_s)_{14^{\circ\circ}} \quad (\text{Haude}) \quad (4.5)$$

wobei

- $E_s - e_s$ das aus Lufttemperatur und -feuchte um 14 Uhr bestimmte Sättigungsdefizit (hP) und
- $f=0.25$ ein Proportionalitätsfaktor mit der Dimension mm/hP bedeuten.

Mit diesem Ansatz werden Tageswerte der Verdunstung in mm/Tag berechnet. Er wird für die regionalklimatischen Analysen benötigt, da das Sättigungsdefizit aus den verfügbaren Klimadaten einer Klimastation berechnet werden kann.

Wesentlich aufwendiger ist die Berechnung der ETP nach dem Penman-Ansatz, der neben der Vorgabe des Sättigungsdefizites auch die Kenntnis der Strahlungsbilanz und der Windwegsumme verlangt. Dieser Ansatz lautet in der von DOORENBOS u. PRUITT (1977) vorgegebenen modifizierten Form:

$$ETP_P = C * ((s / (s + \gamma)) * Q_{GES} + (1 - s / (s + \gamma)) * (E_s - e_s) * f(u)) \quad (4.6)$$

(Penman)

Dabei bedeuten:

- Q_{GES} das Tagesmittel der Strahlungsbilanz ($J / (cm^2 * Tag)$)
- $E_s - e_s$ das Tagesmittel des Sättigungsdefizites (hP),
- $f(u)$ eine Windfunktion (km/Tag),
- C ein Korrekturfaktor,
- s die Steigung der Dampfdruckkurve (hP/°C) und
- γ die Psychrometerkonstante (=0.67).

Auch in diesem Ansatz werden Tageswerte der Verdunstung in mm/Tag berechnet. Die Gleichung 4.6 unterscheidet sich von der ursprünglichen Form der Penman-Gleichung durch die Einführung des Korrekturfaktors C. Dieser Wert ist abhängig von der Höhe des Maximums der relativen Luftfeuchtigkeit, dem Tag/Nachtverhältnis der Windgeschwindigkeit, von der Globalstrahlung und der Windgeschwindigkeit.

keit der hellen Tagesphase. Er soll außerdem die Tatsache berücksichtigen, daß der Verdunstungsprozeß überwiegend am Tage abläuft.

Für die Berechnung der empirischen Windfunktion $f(u)$ muß die Abhängigkeit der Windgeschwindigkeit von der Höhe bekannt sein. Diese ändert sich in Abhängigkeit von der Bestandsgeometrie. Die bestandsspezifischen Größen lassen sich aus vertikalen Windprofilen ableiten. Die Strahlungsbilanz kann mit Hilfe der direkten Sonneneinstrahlung und verschiedenen anderen Klimagrößen parametrisiert werden.

Die pflanzenspezifischen Faktoren werden aus den Beziehungen

$$K_{CH} = \text{ETA} / \text{ETP}_H \quad (\text{ETP nach HAUDE}) \quad (4.7)$$

und

$$K_{CP} = \text{ETA} / \text{ETP}_P \quad (\text{ETP nach PENMAN}) \quad (4.8)$$

gewonnen. Der sogenannte Haude-Faktor ist das Produkt aus $(f \cdot K_{CH})$, d.h. er wird aus dem Verhältnis $\text{ETA} / (E_s - e)_{14^\circ}$ berechnet. Die Verwendung dieser Ansätze bietet sich auch deshalb an, weil für eine Vielzahl von Kulturen die pflanzenspezifischen Faktoren bereits bekannt sind.

4.4.1.3 TEMPERATURFUNKTIONEN

Temperatursummen:

Es ist unbestritten, daß für die wärmeliebende Rebe in unseren nördlichen Breiten die Temperatur der wichtigste qualitätsbestimmende Faktor ist. Nach WINKLER u.a. (1974) und BASLER (1980) hört das Triebwachstum bei 10°C praktisch auf. Mit Hilfe von Temperatursummen kann man - ähnlich wie bei anderen Kulturen - den Einfluß auf die Temperatur auf die Wachstumsphase und die Qualitätsbildung quantitativ beschreiben, wobei im Gegensatz zu anderen Kulturen der Schwellenwert mit 10°C etwas höher liegt (BECKER (1977), BASLER (1980)). Dabei setzt man voraus, daß stets eine gewisse Temperatursumme notwendig ist, um das nächste phänologische Stadium zu erreichen. Entwicklungsverzögerungen, bzw. -beschleunigungen schlagen sich in entsprechenden Qualitätsein-

bußen, bzw. -steigerungen nieder. In diesem Sinne haben die verschiedenen Autoren die Beziehung zwischen der Temperatur einerseits und dem Austrieb, der Blüte, des Reifebeginns und der Lese andererseits beschrieben (vgl. Kap. 3.2.).

Zur Berechnung der Temperatursummen werden alle Stundenwerte der Temperatur, die oberhalb des vorgegebenen Schwellenwertes liegen, aufsummiert. Das Rechenverfahren läßt sich wie folgt formulieren:

$$TSUM = \sum_{i=1}^{n_1} (T_i - T_0) * \Delta t \quad (4.9)$$

wobei

- T_0 der vorgegebene Schwellenwert (10°C, 15°C),
- n_1 die Anzahl der Stunden mit $T_i > T_0$ und
- Δt der Zeitschritt für die Aufsummierung (1 Stunde) bedeutet.

Als Schwellenwert wird in den phänologischen Phasen 1,2,5 und 6 (vgl. Abb.4.8) $T_0 = 10^\circ\text{C}$ und für die Phasen 3 und 4 $T_0 = 15^\circ\text{C}$ gewählt. Der Anstieg der Schwellenwerte soll die Vorstellung berücksichtigen, daß sich die Temperaturoptima mit der Jahreszeit verschieben (REUTHER (1977)).

Gewichtete Temperaturen:

Die Untersuchungen (vgl. Kap. 3.1) zur Photosynthese zeigen keineswegs einen linearen Anstieg der Gaswechselraten in Abhängigkeit von der Temperatur, sondern in der Regel sind es Optimumkurven mit zunächst flachem und dann steiler werdendem Anstieg der Gaswechselraten, die dann im Optimum wieder abflachen und bei überoptimalen Bedingungen steil abfallen. Dieses Temperaturverhalten kann durch eine Exponentialfunktion (BRONSTEIN u. SEMENDJAJEW (1981), S.134) der Form

$$F(T_1) = a * (T_1 ** b) * \exp(-cT_1) \quad (4.10)$$

realisiert werden, wobei die Koeffizienten a, b und c der Temperaturfunktion $F(T_1)$ näherungsweise mit Hilfe der aus der Literatur bekannten T_1 Optimumkurven zur Photosyntheseleistung bestimmt werden (vgl. Kap.5.2) können.

T_1 ist ebenfalls eine transformierte Temperaturgröße, die die Verschiebung des Temperaturoptimums in Abhängigkeit von der Jahreszeit nachvollziehen soll (REUTHER (1977) und (1981)).

4.4.2 STATISTISCHE MODELLE

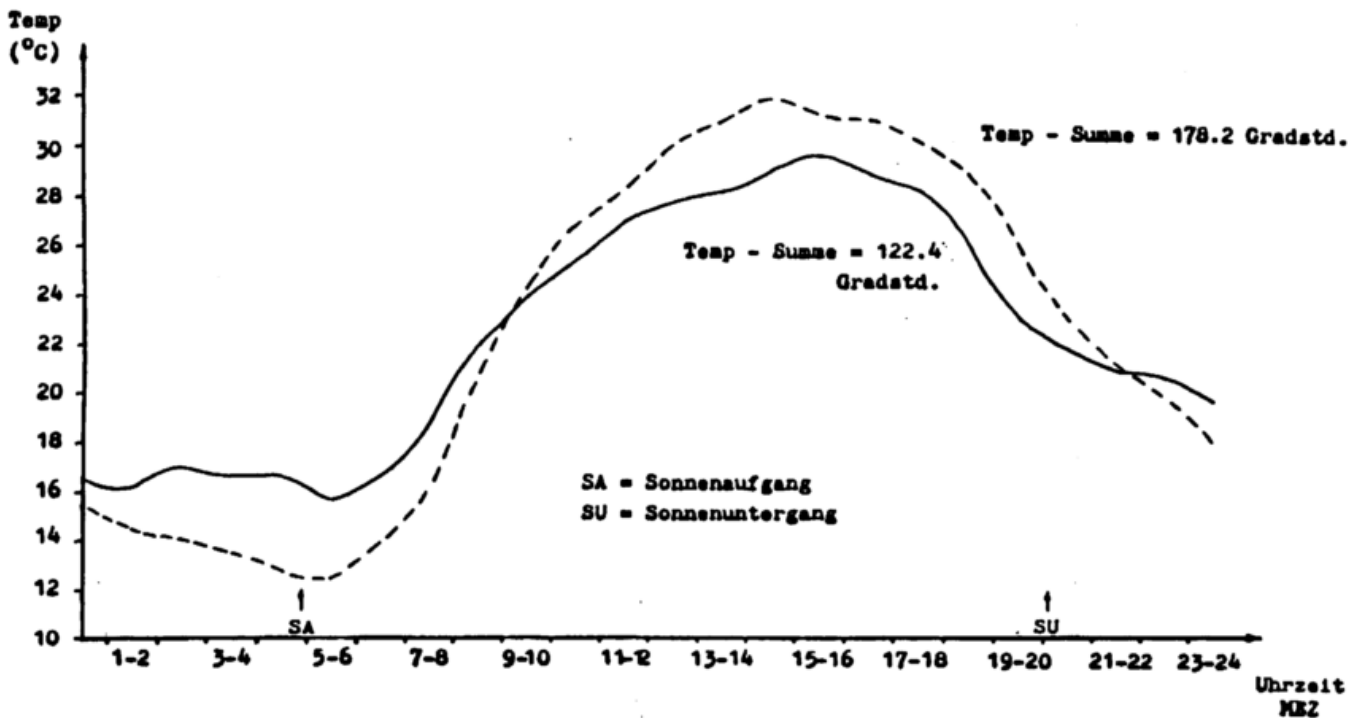
4.4.2.1 HÖHENABHÄNGIGKEIT DER TEMPERATUR UNTER BERÜCKSICHTIGUNG DER QUALITÄTSSCHWANKUNGEN

Der negative Einfluß der Höhe auf die Qualitätsbildung der Trauben wird im derzeit angewendeten Verfahren durch die Reduzierung des Energieangebotes (STRAC) realisiert (vgl. Kap.4.4.1.1). Die Grundlage für dieses empirische Verfahren bilden Auswertungen von wenigen Temperaturmessungen aus alpinen Regionen an verschiedenen exponierten Hängen. Es ist deshalb erforderlich,

- die Brauchbarkeit dieser Verfahrensweise an Hand von Qualitätserhebungen zu testen oder
- auf der Basis von Temperaturmessungen im Gelände zu verbessern bzw. zu modifizieren.

Der Lösungsweg soll kurz beschrieben werden.

In Abb.4.9 wird an dem Tagesgang der Temperatur an einem Strahlungstag für zwei Standorte die Methodik verdeutlicht. Die Standorte weisen eine Höhendifferenz von 100 m auf. Typisch für den höher gelegenen Standort im Vergleich zu der tiefer gelegenen Lage ist der abgeflachte Tagesgang mit am Tage tieferen und in der Nacht höheren Temperaturen. Die Wärmegunst eines Standortes läßt sich durch die Temperatursumme von Sonnenauf- bis Sonnenuntergang darstellen. Im vorgelegten Beispiel liegt die Temperatursumme auf dem tiefer gelegenen Standort um cirka 56 Gradstunden höher als auf der hochgelegenen Parzelle. Die Differenzen sind von der Wetterlage abhängig. Bei bewölktem Wetter nehmen die Amplituden ab und die Differenz der Temperatursumme schwächt sich ab.



- - Weinbaustandort (Höhe ü. Talgrund: 39 m, Hangrichtung: SE, Hangneigung: 3)
- Weinbaustandort (Höhe ü. Talgrund: 139 m, Hangrichtung: SE, Hangneigung: 4)

Abb.4.9: TAGESGANG DER TEMPERATUR AN EINEM STRALUNGSTAG ENDE JULI AUF ZWEI WEINBAUSTANDORTEN

Qualitätsbestimmend ist allerdings nicht allein die täglich gebildete Temperatursumme, sondern auch das Temperaturniveau bei Sonnenaufgang. Je tiefer die Temperaturen absinken, desto später wird am Tage der für die Rebenentwicklung günstige Temperaturbereich erreicht. Bei der Bewertung der Höhenlage sollte nach Möglichkeit eine Kombination beider Größen angestrebt werden. So ist beispielsweise bei bewölktem Wetter der tiefer gelegene Standort während des ganzen Tages und auch in der Nacht wärmer als der höher gelegene Standort. Die Kombination beider Größen erfordert eine statistische Absicherung der Minimumtemperatur bei Sonnenaufgang und der Tagessumme der Temperatur in Abhängigkeit von der Höhe und der Wetterlage. Im ersten Schritt werden die

morgendlichen Minima in Abhängigkeit von der Höhenlage und von der Wetterlage dargestellt. Die Einteilung der Wetterlagen erfolgt in Anlehnung an die Arbeiten von WILMERS (1976). Als Klassifizierungsgrößen werden die mittlere Windgeschwindigkeit der Nacht und die Bewölkungsbeobachtungen zum Abendtermin (Klimatermin III) und Morgentermin (Klimatermin I) verwendet.

Wettertyp Ia:

Termin III und Termin I Bewölkung $< 4/8$
mittlere Windgeschwindigkeit $< 1.5\text{m/s}$
Dieser Typ wird als Strahlungswetter bezeichnet.

Wettertyp Ib:

Termin III und Termin I Bewölkung $< 4/8$
mittlere Windgeschwindigkeit $\geq 1.5\text{m/s}$
Dieser Typ wird als böiges Strahlungswetter bezeichnet.

Wettertyp II:

Termin III oder Termin I Bewölkung $\geq 4/8$
der andere Termin Bewölkung $< 4/8$
Dieser Typ wird als wechselhaftes Wetter bezeichnet.

Wettertyp III:

Termin III und Termin I Bewölkung $\geq 4/8$
Dieser Typ wird als bewölktetes Wetter bezeichnet.

Das morgendliche Minimum (TMINP) ist dann für jede dieser Wetterlagen in Abhängigkeit von der Höhenlage darstellbar. Die Windgeschwindigkeit spielt bei den Wettertypen II und III keine Rolle.

Im zweiten Rechenschritt wird die Tagessumme der Temperatur (TSUP) zwischen Sonnenauf- und -untergang in Abhängigkeit von der Einstrahlung, der Höhe, der Wind- und Kaltluftgefährdung und den Windwegsummen der Klimastation ermittelt.

Im dritten Rechenschritt ist dann die Berechnung der Mitteltemperatur der hellen Tagesphase aus der Beziehung

$$\text{TTP} = \text{TMINP} + \text{TSUP} / \text{Tageslänge} \quad (4.11)$$

möglich. Die so ermittelten durchschnittlichen Temperaturverhältnisse werden für jede Weinbergsparzelle im Rheingau für den Untersuchungszeitraum (1960-80) zu Dekadenmitteln und später zu entsprechenden Phasenmitteln zusammengefaßt. Diese empirische Beziehung läßt sich nicht auf andere Weinbaugebiete übertragen. Falls sich diese Verfahrensweise für den Rheingau bewährt, können mit Hilfe der Messungen aus Klimakartierungen auch für die anderen Gebiete ähnliche Beziehungen aufgestellt werden (vgl. Kap.7).

4.4.2.2 KALTLUFT- UND WINDGEFÄHRDUNG

Kaltluft- und Windgefährdung entziehen sich einem direkten Rechenverfahren. Die Kaltluftgefährdung wird für Gebiete, für die eine Kartierung nach dem Verfahren von SCHNELLE (1963) vorliegt, aus den Kartierungsunterlagen festgestellt. Für die Untersuchungsgebiete Rheingau und Rheinland-Pfalz liegen diese Unterlagen vor und bilden somit eine objektive Methode zur Abschätzung dieses Faktors. Für die Standorte in Franken mußte eine subjektive Abschätzung vorgenommen werden, da die vorhandene Kartierung (WEISE und WITTMANN (1971)) nur eine kleine Fläche des gesamten Anbaugebietes umfaßt. Eine Einteilung in verschiedene Gefährdungsstufen erfolgte nach den Ausführungsbestimmungen zum Weinwirtschaftsgesetz, in dem Gefährdungsstufen von 0 bis 20 (0: keine Gefährdung, 20: stärkste Gefährdung (vgl. Tab.A.1-2 Seite VI u.VII)) vorgesehen sind. Die Gefährdungsstufen orientieren sich an der Farbabstufung der Kartierungsunterlagen (SCHNELLE (1963)).

Wesentlich problematischer ist die Abschätzung der Windgefährdung, die in der Regel - ebenso wie die Kaltluft - das Wachstum der Reben negativ beeinflußt. Man geht dabei von der Vorstellung aus, daß in unserem Klimagebiet die für die Qualitätsbildung der Trauben notwendigen thermischen Verhältnisse nur dann erreicht werden, wenn sich am Standort ein Bestandsklima, das gegenüber dem Freiland höhere Temperaturen aufweist, entwickeln kann. Ein stärkerer Wind "bläst" die warme und feuchte Bestandsluft aus und das Sonderklima wird zerstört. Im Gegensatz zur Kaltluftgefährdung gibt es dazu keine Grundlagen, die eine

objektive Einschätzung dieser Größen ermöglichen, vielmehr müssen sie mit Hilfe der Windstatistik benachbarter Klimastationen geschätzt werden. Die Methode wird bei BRANDTNER (1973) und bei HORNEY (1975) beschrieben. Im Weinwirtschaftsgesetz ist eine Abstufung von 0 bis 10 (0: keine Gefährdung, 10: stärkste Gefährdung (vgl.Tab.A.1-2 Seite VI u.VII)) vorgesehen (HOPPMANN (1978), HOPPMANN u. SCHALLER (1981)).

4.4.2.3 BODENKENNWERTE

Wegen der Vielzahl der Parzellen liegen die Kardinalwerte des Bodenwassergehaltes (Feldkapazität und Welkepunkt) und des pflanzennutzbaren Wassers (nfK) nicht für alle Standorte vor. Für 93 Testparzellen im Rheingau weist BECKER (1967) Schätzwerte (WSPV) aus, die auch in dieser Untersuchung übernommen werden. Für Franken liegen ebenfalls Schätzwerte nach dem gleichen Verfahren vor. Von den Standorten in Rheinland-Pfalz ermittelt dagegen SOHNS (1981) die Bodenkardinalwerte, Feldkapazität und Welkepunkt. Als weitere Einflußgröße für die Standortanalysen wird die Wasserbilanzgleichung

$$\text{WHAUS}_1 = \text{WSBLGES} + \text{nfK} \quad \text{bzw.}$$

$$\text{WHAUS}_2 = \text{WSBLGES} + \text{WSPV} \quad (4.12)$$

gebildet.

4.4.3 STATISTISCHE ANALYSEN

Zur Klärung der Zusammenhänge zwischen klimatischen Einflußgrößen und Ertrag, Mostgewicht und phänologischen Phasen wird eine multiple, stufenweise Regressionsanalyse im Vorwärtsschrittverfahren verwendet. Das Verfahren wählt in jedem einzelnen Rechenschritt die jeweils wichtigste Einflußgröße aus dem Gesamtkollektiv der Variablen aus.

Das Kriterium für die Auswahl ist der F-Test. Bei diesem Verfahren wird varianzanalytisch geprüft, in welchem Maße die Hinzunahme einer weiteren Einflußgröße die Schätzung der Zielgröße verbessert. SACHS (1974) hat für den einfachsten Fall einer Regressionsanalyse mit 2 Einflußgrößen die Methode beschrieben. In den einzelnen Rechenschritten der Regressionsanalyse nimmt das multiple Bestimmtheitsmaß B ständig zu. Das Verfahren bricht in dem Moment ab, wenn die F-Werte aller restlichen Einflußgrößen einen vorgegebenen Schwellenwert von $F=3.0$ unterschreiten.

Die in den einzelnen Rechenschritten ausgewiesenen F-Werte müssen mit Hilfe der F-Verteilung auf Signifikanz geprüft werden. Als Kriterium für die Signifikanz wird die Irrtumswahrscheinlichkeit P verwendet. Die ermittelten F-Werte gelten für $P > 0.05$ als nicht signifikant (n.s.). Für $P \leq 0.05$ werden bei den Analysen die Signifikanzschranken mit angegeben. Bei der üblichen multiplen Regressionsanalyse ändern sich die Regressionskoeffizienten in den einzelnen Rechenschritten, wenn die verwendeten Merkmale miteinander interkorrelieren. Die verwendeten Klima- und Standortgrößen erfüllen in der Regel nicht die Bedingung der vollständigen Unabhängigkeit (Orthogonalität). Die genannten Änderungen der Regressionskoeffizienten weisen auf bestehende Wechselbeziehungen zwischen den Einflußgrößen hin. Die fehlende Unabhängigkeit der Einflußgrößen läßt sich mit Einführung von empirischen Orthogonalfunktionen formal beheben (ÜBERLA (1971)). Die Beobachtungsmatrix wird linear so transformiert, daß die neuen Variablen die Bedingungen der Orthogonalität erfüllen. Mathematisch läßt sich die lineare Transformation wie folgt formulieren (WEBER (1974)):

$$Z = W^T * X_{\text{norm}} \quad (4.13)$$

wobei

- Z der Zeilenvektor der transformierten linear unabhängigen Beobachtungsmatrix,
- X_{norm} der Zeilenvektor der normierten ursprünglichen Beobachtungsmatrix und
- W^T die transponierte Matrix der Hauptkomponenten bedeuten.

Für eine Einzelbeobachtung $X_{m,n}$ (m-te Einflußgröße und n-te Beobachtung) gilt folgende Normierungsvorschrift:

$$X_{m,n} \text{ (norm)} = (X_{m,n} - \bar{x}_m) / \text{SDEVX}_m \quad (4.14)$$

wobei

\bar{x}_m der Mittelwert und SDEVX_m die Standardabweichung der m-ten Einflußgröße bedeuten.

Die Ableitung der Hauptkomponentenmatrix wird bei E. WEBER (1974) (S.93-101) ausführlich beschrieben. Der wesentliche Unterschied zur normalen Hauptkomponentenanalyse mit allen Variablen besteht darin, daß zur Berechnung von W ausschließlich die Einflußgrößen verwendet und die Zielgrößen (Mostgewicht, phänologische Phasen) ausgeschlossen werden. Die Anwendung des beschriebenen Verfahrens dient dem Zweck, neue orthogonale Variablen zu berechnen.

Mit den neuen Variablen wird dann die oben beschriebene Regressionsanalyse durchgeführt. Die Regressionskoeffizienten ändern sich nicht in den einzelnen Analyseschritten. Die Verwendung von Orthogonalfunktionen setzt voraus, daß die Abhängigkeit der Zielgröße von den Einflußgrößen linear ist. Die Annahme nichtlinearer Einflüsse ist dann gerechtfertigt, wenn sich die Wirkung bestimmter Größen auf die Wachstumsvorgänge als Optimumkurve oder -fläche darstellen läßt (ATANASIU und SCHNEIDER (1965)). Als Näherungslösung kann im Fall der nichtlinearen Einflüsse die Regressionsfläche bei m-signifikanten Einflußgrößen als m-dimensionales Paraboloid dargestellt werden, d.h. in den Regressionsgleichungen treten quadratische und gemischte Größen auf. Um bei dem nichtlinearen Ansatz die Vergleichbarkeit der Einflußgrößen zu gewährleisten, wird die in Gleichung 4.14 ausgewiesene Normierungsvorschrift verwendet (HASELBERG (1972)). Aus der Gegenüberstellung der Analysen mit Orthogonalfunktionen und nichtlinearen quadratischen Regressionsgleichungen kann die Berechtigung nichtlinearer Ansätze ermittelt werden, da das Modell mit Orthogonalfunktionen die am höchsten abzusichernde lineare Kombination aller Einflußgrößen ist. Als Vergleichsmaßstab für die Güte der Beziehungen bietet sich das multiple Bestimmtheitsmaß B an. Für die Realisierung der beschriebenen Alternativen bei den statisti-

schen Analysen stehen die BMDP-Programmbibliothek (DIXON (1977)) und eine Hewlett-Packard- Programmbibliothek (ANONYM (1984)) zur Verfügung. Einzelheiten zu den Rechenabläufen können den Programmbeschreibungen entnommen werden.

Aus den in Kap.4.4 vorgestellten Modellansätzen lassen sich neue klimatische Standortfaktoren ableiten (Verdunstung, Wasserbilanz, verschiedene Temperaturgrößen), die im zur Zeit angewendeten Bewertungsverfahren (Kap.2.3) nicht zur Verfügung stehen. Diese Modellansätze enthalten Variablen und Konstanten, die von der Kulturform, der Pflanzenentwicklung und der Bestandsgeometrie abhängen. Es wird zunächst über die Anpassung der Modelle an die Kulturform Rebe berichtet (Kap.5.1-5.3), die mit Hilfe der temporären Meßeinrichtungen (vgl.Kap.4.3) vollzogen werden kann.

Im zweiten Schritt wird dann der Einfluß der neuen Variablen auf die Qualitätsschwankungen der Trauben (Jahre und Standorte) getestet. Im Vergleich mit den Einflußgrößen, die im zur Zeit angewendeten Verfahren bereitstehen, kann abgeschätzt werden, ob durch die Hinzunahme weiterer Standortgrößen eine schärfere räumliche Abgrenzung der Weinbaustandorte nach regional- und mesoklimatischen Kriterien möglich ist (Kap.5.4 und 5.5).

Das Kap.5.6 schließt die Ergebnisse mit einer Betrachtung über den Einfluß des Wasserhaushaltes auf die Qualitätsbildung ab. Die Hervorhebung des Wasserhaushaltes ist deshalb zweckmäßig da

- erstmals rebspezifische Modellansätze zur Verdunstungsberechnung eingeführt werden und
- der Einfluß des Wasserhaushaltes auf die Qualitätsbildung von den verschiedenen Versuchsanstellern sehr unterschiedlich beurteilt wird (vgl. Kap.3.2).

Eine Vorrangstellung bei der Qualitätsbildung wird dem Wasserhaushalt nicht eingeräumt, da an der Nordgrenze des Weinbaues die dem Weinberg zufließende Wärme die Qualität bestimmt und nicht etwa das Wasserangebot. Bei geringer Bodenmächtigkeit kann in strahlungsreichen Jahren auch in unseren Breiten das Wasserangebot die Qualität beeinflussen. Quantitative Angaben sind zu dieser Frage möglich.

5.1 REALISIERUNG DER VERDUNSTUNGSANSÄTZE

5.1.1 PENMAN-GLEICHUNG UND HAUDE-FORMEL

Die Penman-Gleichung (4.6) enthält einen aerodynamischen Anteil

$$\left(1 - \frac{s}{s+\gamma}\right) * (E_s - e) * (f(u))$$

und einen Strahlungsanteil

$$\left(\frac{s}{s+\gamma} * Q_{\text{GES}}\right).$$

Darin bedeuten

- $E - e$ das Tagesmittel des Sättigungsdefizites (hP),
- s die Steigung der Dampfdruckkurve (hP/°C),
- γ die Psychrometerkonstante (=0.67),
- $f(u)$ eine Windfunktion und
- Q_{GES} das Tagesmittel der Strahlungsbilanz (J/(cm²*Tag)).

Die Anpassung der Penman-Gleichung an den Rebbestand ist mit Hilfe der Meßdaten möglich, die an der Wärmehaushalts- und Wasserbilanzstation am Standort Fuchsberg (vgl. Kap. 4.3) in der Gemarkung Geisenheim gewonnen werden. Der Rebbestand beeinflusst insbesondere das vertikale Windprofil. Die Anwendung der Penman-Gleichung erfordert deshalb eine Reduktion der Windgeschwindigkeit von 10 m Höhe - im Rahmen der Klimabeobachtungen wird die Windgeschwindigkeit in dieser Höhe registriert - auf das Bestandsniveau (Höhe 2m). Unterbleibt diese Reduktion, so wird der aerodynamische Anteil im Verdunstungsansatz überschätzt. Die Höhenabhängigkeit der Windgeschwindigkeit kann in einem einfachen Ansatz über eine logarithmische Funktion der Form

$$U(Z) = U_* / \chi * \left(\ln \left(\frac{z-d}{z_0}\right)\right) \quad (5.1)$$

beschrieben werden, wobei

- $U(Z)$ die Windgeschwindigkeit in der Höhe Z (m) in m/s,
- U_* die Schubspannungsgeschwindigkeit (m/s),

- χ die von-Karman-Konstante
- d die Verdrängungshöhe (m) und
- z_0 die Rauigkeitshöhe (m) bedeuten und bestandsspezifische Größen sind.

Dieser Ansatz führt nur bei neutraler Temperaturschichtung zum Erfolg, da bei labiler und stabiler Temperaturschichtung der fühlbare Wärmestrom auch die Windfunktion verändert.

Im vorliegenden Fall wird das Tagesmittel der Windgeschwindigkeit von Sonnenauf- bis -untergang unter der Annahme einer im Mittel weitgehend neutralen Schichtung verwendet. Das Programm klammert die stabilen Temperaturverhältnisse der Nacht aus.

Mit den berechneten Tagesmitteln läßt sich in sehr guter Näherung die Höhenabhängigkeit des Windes mit Gleichung (5.1) realisieren. Es ergeben sich folgende Zuordnungen:

- Schubspannungsgeschwindigkeit $U_* = 0,107 * U (10 \text{ m})$,
- Verdrängungshöhe $d = 1,2 \text{ m}$, bzw. $d = 0,55 H$,
wobei H die Bestandshöhe darstellt,
- Rauigkeitshöhe $z_0 = 0,21 \text{ m}$.

Die Güte der Beziehung läßt sich durch Tab.5.1 und Abb.5.1 dokumentieren, in der für eine Auswahl von Tagen gemessene und berechnete Windgeschwindigkeiten dargestellt sind.

Die ausgewählten Tage des Jahres 1979 erfüllen die in Tab.5.1 ausgewiesenen Kriterien. Die Windrichtungen aus dem östlichen Halbraum fehlen deshalb, weil das Windprofil bei einer Anströmung des Rebstandortes aus diesen Richtungen stark gestört wird. Häuser und angrenzende Gärten im Osten des Standortes verursachen die Veränderungen im Windprofil. Das Bezugsniveau für die Berechnungen in Tab.5.1 befindet sich in 8 m Höhe. Deshalb ergeben sich für die Berechnungen in dieser Höhe keine Abweichungen zwischen berechneten und gemessenen Werten.

Da die Werte auch in 4 und 2m gut übereinstimmen, wird diese Form in der Penman-Gleichung für die Windfunktion $f(u)$ verwendet.

Tab.5.1

WINDPROFIL ÜBER EINEM REBBESTAND RIESLING

GEISENHEIM (1979) STANDORT: FUCHSBERG

NORMALANLAGE (Zeilenbreite: 1.5 m; Laubwandhöhe: 2.20 m;
Stockabstand: 1.2 m)Mittlere Windgeschwindigkeit m/s
(helle Tagesphase)

Datum(*)	U8M	U4M	U4MBER	U2M	U2MBER
1 21.7	3.71	2.69	2.76	1.57	1.43
2 22.7	2.49	1.93	1.85	1.04	0.96
3 23.7	0.81	0.61	0.60	0.25	0.31
4 24.7	1.96	1.21	1.46	0.79	0.75
5 29.7	1.39	1.05	1.04	0.52	0.53
6 30.7	2.55	1.91	1.90	1.00	0.98
7 31.7	1.65	1.23	1.23	0.61	0.63
8 1.8	3.20	2.39	2.38	1.28	1.23
9 8.8	2.96	2.20	2.20	1.11	1.14
10 10.8	3.51	2.63	2.61	1.37	1.35
11 11.8	0.88	0.63	0.66	0.25	0.34
12 13.8	0.59	0.35	0.44	0.18	0.23
13 15.8	2.60	1.88	1.94	0.88	1.00
14 19.8	3.01	2.15	2.24	1.03	1.16
15 25.8	2.21	1.59	1.65	0.83	0.95
16 3.9	2.80	1.93	2.09	1.05	1.00

U8M : gemessene Windgeschwindigkeit in 8m Höhe

U4M : gemessene Windgeschwindigkeit in 4m Höhe

U4MBER : berechnete Windgeschwindigkeit in 4m Höhe

U2M : gemessene Windgeschwindigkeit in 2m Höhe

U2MBER : berechnete Windgeschwindigkeit in 2m Höhe

(*) Kriterien für die Auswahl der Tage:

- 1) Windrichtung während der hellen Tagesphase
 ≥ 180 Grad (Süd) und ≤ 360 Grad (Nord)
- 2) Voll entwickelte Laubwand

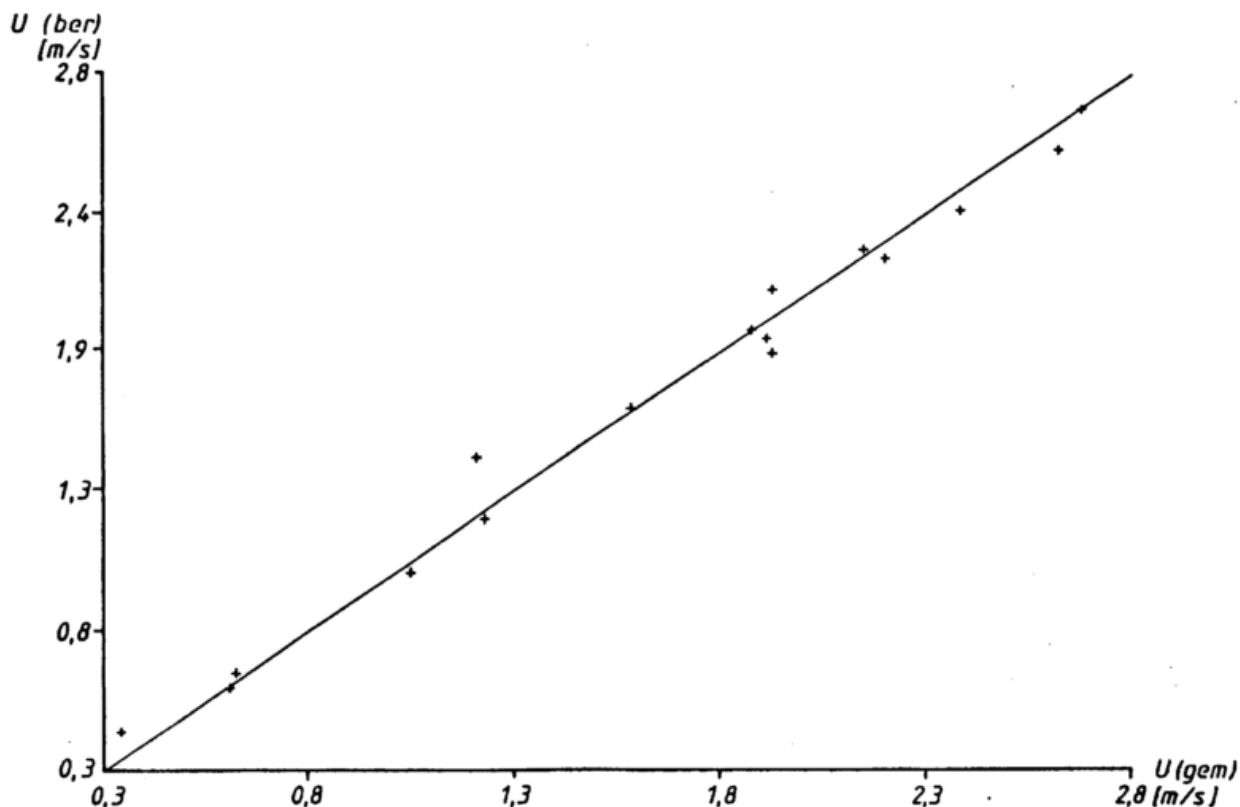


Abb.5.1: VERGLEICH ZWISCHEN GEMESSENER UND BERECHNETER WINDGESCHWINDIGKEIT IN 4 m HÖHE
 GEISENHEIM (1979) STANDORT FUCHSBERG
 NORMALANLAGE (Zeilenbreite: 1.5 m; Laubwandhöhe: 2.2 m
 Stockabstand: 1.2 m)

In die Berechnung des Sättigungsdefizites im aerodynamischen Teil des Verdunstungsansatzes fließen die gemessenen Klimawerte in 2 m Höhe ein. Sättigungsdefizit und Windgeschwindigkeit können nicht in Abhängigkeit von der Geländeform erfaßt werden, da entsprechende Modellansätze zur Bestimmung der genannten Größen fehlen. Die Geländeform (Hangneigung und -richtung) spielt dagegen in der Berechnung der Strahlungsbilanz eine Rolle.

Die Strahlungsbilanz Q_{GES} in Gleichung 4.6 wird über die direkte Sonneneinstrahlung, die Lufttemperatur und die Sonnenscheindauer parametrisiert. Die Basis für die Anpassung bilden wiederum die am Standort Fuchsberg (Geisenheim) gewonnenen Meßwerte.

Die Strahlungsbilanz Q_K läßt sich dabei in den kurzwelligen Teil

$$Q_K = (1 - A) (I + H) \quad (5.2)$$

und den langwelligen Teil

$$Q_L = R_L - R_e \quad (5.3)$$

aufteilen. Darin bedeuten

- Q_K die kurzwellige Strahlungsbilanz ($\text{kJ}/(\text{cm}^2 \cdot \text{Tag})$),
- A die Albedo (%),
- I die direkte Sonneneinstrahlung ($\text{kJ}/(\text{cm}^2 \cdot \text{Tag})$),
- H die diffuse Himmelsstrahlung ($\text{kJ}/(\text{cm}^2 \cdot \text{Tag})$),
- Q_L die langwellige Strahlungsbilanz ($\text{kJ}/(\text{cm}^2 \cdot \text{Tag})$),
- R_L die langwellige Gegenstrahlung der Atmosphäre ($\text{kJ}/(\text{cm}^2 \cdot \text{Tag})$) und
- R_e die langwellige Abstrahlung des Erdbodens ($\text{kJ}/(\text{cm}^2 \cdot \text{Tag})$).

Für Gleichung 5.2 wird ein Ansatz gewählt, der neben der maximalen direkten Sonneneinstrahlung I das Verhältnis von maximaler zu tatsächlicher Sonnenscheindauer (S/SS_{MAX}) enthält. Aus der Gegenüberstellung von berechneter direkter Sonneneinstrahlung und gemessener Globalstrahlung läßt sich folgende Gleichung finden:

$$I + H = aI + b \left(\frac{SS}{SS_{\text{MAX}}} \right) + c \quad (5.4)$$

mit $a = 1.356$
 $b = -1.134$
 $c = 0.60$

Diese Gleichung bezieht sich auf berechnete und gemessene mittlere Dekadenwerte der Strahlungsgrößen in $\text{kJ}/(\text{cm}^2 \cdot \text{Tag})$.

Die Tab.5.2 zeigt den Zusammenhang zwischen berechneter und gemessener Globalstrahlung sowie die Abweichungen zwischen berechneten und gemessenen Werten für insgesamt 40 Dekaden. Die Zeiträume, in denen die verschiedenen Strahlungskomponenten gemessen wurden, sind in Spalte 1 von Tab.5.2 ausgewiesen. Bei dieser Beziehung (Gleichung 5.4) kann ein maximaler Fehler von $0.19 \text{ kJ}/(\text{cm}^2 \cdot \text{Tag})$ auftreten. In mm-Verdunstung umgerechnet entspricht dieser Wert $0,8 \text{ mm/Tag}$.

TAB.5.2

DIFFERENZEN ZWISCHEN BERECHNETEN UND GEMESSENEN STRAHLUNGSWERTEN
(GLOBALSTRAHLUNG UND STRAHLUNGSBILANZ)

GEISENHEIM (1978 - 1980) STANDORT FUCHSBERG

NORMALANLAGE: (Zeilenbreite 1.5m; Laubwandhöhe 2.20m; Stock-
abstand 1.20m)MITTLERE DEKADENWERTE KJoule / (cm² * Tag)

MESSZEITRAUM	G: GEM.	ABW.	Q _{GES} : GEM.	ABW.
1978				
28.06.- 3.07.	1.13	0.10	0.80	-0.03
8.07.-17.07.	1.83	-0.02	1.24	-0.03
18.07.-27.07.	1.59	-0.05	1.15	-0.07
28.07.- 6.08.	1.71	-0.04	1.25	-0.13
7.08.-16.08.	1.29	0.03	0.76	0.08
17.08.-26.08.	1.85	-0.02	1.36	-0.20
27.08.- 5.09.	1.12	0.03	0.77	-0.06
6.09.-15.09.	1.09	0.01	0.63	0.03
16.09.-25.09.	1.03	0.07	0.74	-0.15
26.09.- 5.10.	0.62	-0.07	0.46	-0.08
6.10.-15.10.	0.58	-0.05	0.39	-0.06
16.10.-25.10.	0.48	-0.12	0.33	-0.06
1979				
30.06.- 9.07.	1.69	0.02	1.06	0.05
10.07.-19.07.	1.48	0.01	0.96	0.03
20.07.-29.07.	1.58	-0.01	1.08	-0.05
30.07.- 8.08.	1.61	-0.11	1.11	-0.04
9.08.-18.08.	1.14	-0.04	0.83	-0.07
19.08.-28.08.	1.16	0.04	0.78	-0.07
29.08.- 7.09.	1.56	0.06	1.16	-0.24
8.09.-17.09.	1.30	0.03	0.93	-0.19
18.09.-27.09.	1.00	0.07	0.72	-0.18
28.09.- 7.10.	0.81	-0.02	0.55	-0.10
8.10.-17.10.	0.63	-0.02	0.38	-0.06
1980				
13.05.-22.05.	2.19	-0.05	1.42	0.01
23.05.- 1.06.	1.64	0.11	1.06	-0.02
2.06.-11.06.	1.71	0.01	1.13	0.01
12.06.-21.06.	1.60	0.03	1.09	-0.06
22.06.- 1.07.	1.26	0.08	0.79	0.07
2.07.-11.07.	1.13	0.06	0.85	-0.06
12.07.-21.07.	0.80	-0.06	0.53	0.12
22.07.-31.07.	1.93	-0.19	1.27	0.05
1.08.-10.08.	1.84	-0.01	1.15	0.01
11.08.-20.08.	1.47	0.16	0.92	-0.09
21.08.-30.08.	1.29	0.07	0.76	0.00
31.08.- 9.09.	1.33	0.01	0.78	0.03
10.09.-19.09.	0.98	0.01	0.61	-0.03
20.09.-29.09.	0.86	-0.04	0.51	0.00
30.09.- 9.10.	0.82	0.06	0.44	-0.01
10.10.-19.10.	0.49	-0.11	0.26	0.01
20.10.-29.10.	0.40	-0.13	0.23	-0.03

G : Globalstrahlung
Q_{GES} : Strahlungsbilanz

GEM.: gemessene Werte
ABW.: Differenz (gem. - ber. Werte)

Für die Albedo A wird in dieser Untersuchung

$$A = 0.8 (I + H) \quad (5.5)$$

gesetzt. Von diesem Wert können sich nach HOPPMANN und JAGOUTZ (1985) in Abhängigkeit vom Bodentyp, dem Entwicklungsstand der Reben und der Bodenfeuchtigkeit Abweichungen bis zu 5% ergeben. Für den langwelligen Teil der Strahlungsbilanzgleichung findet man in der Literatur realistische Ansätze, die die Lufttemperatur, die prozentuale Sonnenscheindauer und den Dampfdruck enthalten. Der Einfluß des Dampfdruckes auf die langwellige Strahlungsbilanz läßt sich aus den Meßdaten nicht absichern. Vielmehr führt ein Ansatz zum Erfolg, der die Lufttemperatur T_L und die prozentuale Sonnenscheindauer SS/SS_{MAX} enthält:

$$Q_L = a \left((273.2 + T_L) / 100 \right)^b \cdot SS/SS_{max} + b \quad (5.6)$$

$$\text{mit } a = 5.11 \cdot 10^{-3}$$

$$b = 0.675 \cdot 10^{-3}$$

Zwischen berechneten und gemessenen Werten ergeben sich maximale Abweichungen von 0.80 kJ/(cm²*Tag). Das entspricht einem Verdunstungswert von 0,3 mm/Tag. Im Vergleich zu den Abweichungen, die bei der Berechnung der kurzwelligen Strahlungsbilanz auftreten, fallen die Differenzen im langwelligen Bereich kleiner aus. Auf die tabellarische Zusammenstellung dieser Differenzen wird verzichtet.

Kurz- und langwellige, berechnete Strahlungskomponenten werden zur Gesamtstrahlungsbilanz Q_{GES} zusammengefügt. In diesem Zusammenhang interessiert vor allem der Vergleich zwischen gemessenen und berechneten Größen. Die Tab.5.2 vermittelt einen Überblick über die Unterschiede zwischen berechneten und gemessenen Werten der Strahlungsbilanz in den Meßzeiträumen von 1978-1980. Für die Strahlungsbilanz ergibt sich ein maximaler Fehler von 0.24 kJ/(cm²*Tag) bzw. 1 mm Verdunstung pro Tag. Bei der Gegenüberstellung der Einzeljahre fällt auf, daß die Anpassung der berechneten Strahlungsbilanzwerte an die gemessenen Werte 1980 im Vergleich zu den Vorjahren besser gelingt. Die größeren Abweichungen in den Jahren 1978 und 79 sind möglicherweise auf Meßfehler

zurückzuführen, da der Schenk-Strahlungsbilanzmesser im Vergleich zum Schulze-Bilanzmesser größere Meßfehler aufweist (vgl. Kap. 4.3). Der maximal mögliche Fehler geht 1980 auf 0,5 mm/Tag zurück. Aus den Ergebnissen der Tab.5.2 wird deutlich, daß insbesondere die Berechnung der kurzwelligen Komponenten für die Verdunstung möglichst genau sein sollte, während die langwellige Bilanz bei Verwendung von Dekadenwerten durch den oben genannten Ansatz relativ gut beschrieben wird.

In der von DOORENBOS und PRUITT (1977) verwendeten Penman-Gleichung liegt der Faktor C (vgl. Glg.4.6) in Tabellenform vor. Für diesen Faktor C läßt sich näherungsweise für unser Klimagebiet folgender Ansatz finden:

$$C = A_1 * (I+H) + A_2 * U_{\text{Tag}} + A_3 * (U_{\text{Tag}} * (I+H)) + A_4 \quad (5.7)$$

$$A_1 = 1.28 * 10^{-2} \qquad A_3 = 3.222 * 10^{-3}$$

$$A_2 = -4.93 * 10^{-2} \qquad A_4 = 0.98$$

Darin bedeuten U_{Tag} die Windwegsumme (SA-SU) in km und I+H die Globalstrahlung in $\text{kJ}/(\text{cm}^2 * \text{Tag})$.

Dabei wird das Tag/Nacht-Verhältnis der Windgeschwindigkeit konstant auf 1,5 gesetzt und das Maximum der relativen Luftfeuchtigkeit in der Nacht dem Bereich zwischen 70 und 90 % zugeordnet. Die beiden zuletzt genannten Größen sind die für unsere Klimaregion charakteristischen Werte.

Damit ist die Anpassung des meteorologischen Teils der Penman - Gleichung an den Rebbestand gelungen.

Die pflanzenspezifischen Faktoren K_{CP} und K_{CH} (Penman und Haude) werden ebenfalls für die Berechnung der aktuellen Verdunstung (ETA) benötigt. Die gravimetrischen und tensiometrischen Messungen der Bodenfeuchte über eine Bodentiefe von 0 bis 2m, das Sickerwasser und die Niederschlagsmessungen an der Wasserbilanzstation Fuchsberg (Gemarkung Geisenheim) ermöglichen die Anwendung der Wasserbilanzgleichung und damit die Bestimmung der aktuellen Evapotranspiration (ETA).

Nach den Gleichungen 4.7 und 4.8 ist der pflanzenspezifische Faktor das Verhältnis der aktuellen Evapotranspiration zur potentiellen Evapotranspiration, die nachfolgend auch als relative

Verdunstung bezeichnet wird. DOORENBOS und PRUITT (1977) geben für die verschiedenen Entwicklungsphasen der Reben Werte an, die zwischen 0,5 und 0,8 schwanken. Nach FÜRI und KOZMA (1977) schwankt das Verhältnis zwischen 0,7 und 0,9. Die relative Verdunstung läßt sich in Abhängigkeit vom pflanzennutzbaren Wasser des Bodens und der Zunahme der Blattflächen darstellen.

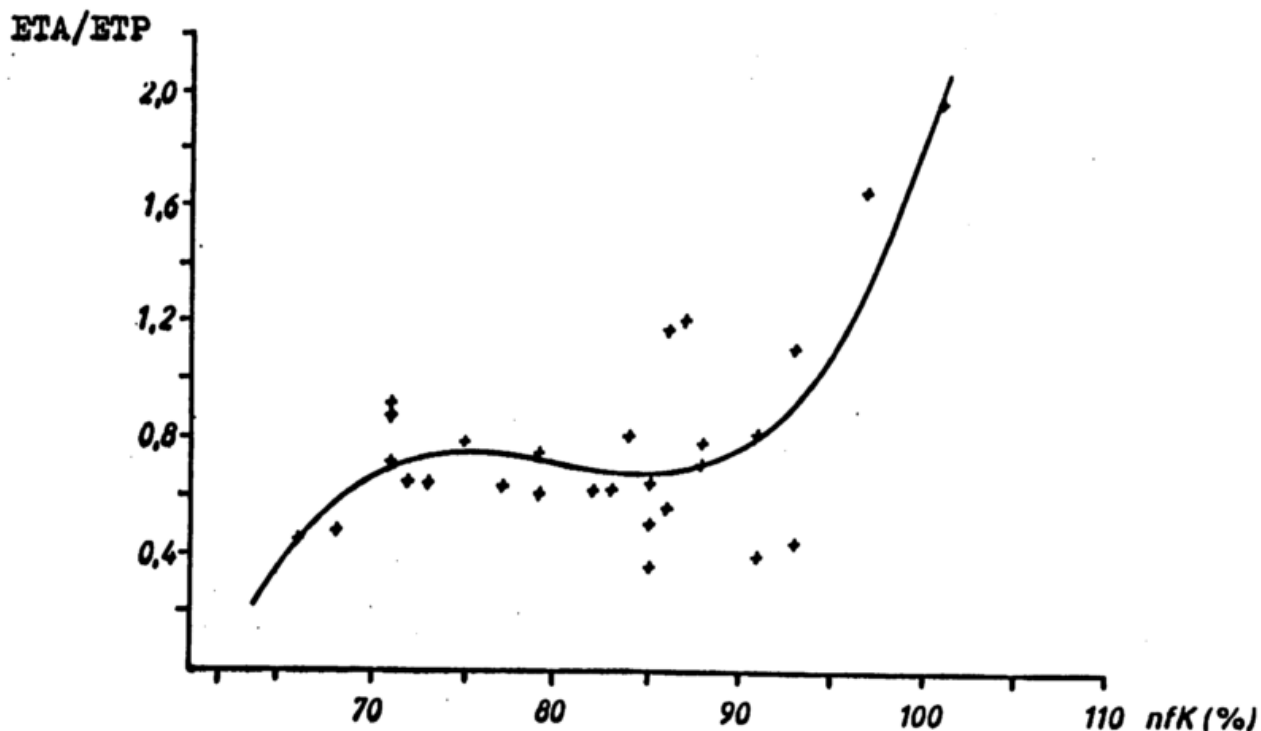


Abb.5.2: RELATIVE VERDUNSTUNG (ETA / ETP)
 GEISENHEIM (1984) STANDORT FUCHSBERG
 NORMALANLAGE (Zeilenbreite: 1.8 m; Laubwandhöhe: 2.0 m
 Stockabstand: 1.5 m)
 MAX. BLATTFLÄCHENINDEX: 1.9 m²/m² (RIESLING)

Die Abb.5.2 zeigt den Zusammenhang zwischen der relativen Verdunstung und dem pflanzennutzbaren Bodenwasser auf der Basis der modifizierten Penman-Gleichung. Dabei erbringt eine kubische Gleichung das höchste Bestimmtheitsmaß mit B=0.62.

Im Gegensatz zu ähnlichen Untersuchungen bei anderen Kulturen steigt das Verhältnis (ETA/ETP) bei hohen Wassergehalten im Boden auf Werte > 1 an.

Hohe Verdunstungswerte sind erklärbar, wenn man die Besonderheiten der Kulturform Rebe berücksichtigt. Durch die vorgegebene Bestandsgeometrie können während des vegetativen Wachstums im

Vergleich zu anderen Kulturen höhere Evaporationsraten auftreten, da der Bodenbedeckungsgrad niemals die sonst üblichen Werte von 80 bis 100 % erreicht, wodurch die Bodenevaporation weitgehend unterbunden würde. Insbesondere nach Niederschlagsperioden steigt die Evaporation stark an. Darüber hinaus kann die Rebe als Auwald-Liane bei hohem Wasserangebot die Transpiration beträchtlich steigern, da sie bei hohem Wassergehalt des Bodens mit einem verstärkten Triebwachstum reagiert und als Folge davon sich die Transpirationsleistung erhöht. Hohe Transpirationswerte können bei gleichzeitig intensiver Geiztriebbildung und hohem Wasserangebot bis zum Termin der Laubarbeiten angenommen werden.

Die Relativwerte $(ETA/ETP) > 1.2$ sind dagegen methodischen Ungenauigkeiten bei der Anwendung der Wasserbilanzmethode zuzuschreiben. Insbesondere können horizontale Wasserbewegungen sowie Interzeptionsverluste nicht erfaßt werden.

Bei den Untersuchungen zur Wasserbilanz erweisen sich die Tensiometermessungen als hilfreich, die insbesondere bei hohen Wassergehalten im Boden genaue Bodenfeuchtwerte liefern. Bei einer hohen Wasserversorgungsstufe (70 bis 100 % nfK) ist der mittlere K_{CP} -Faktor = 0.8 (Penman), der bei den späteren Verdunstungsberechnungen verwendet wird. Im Vergleich dazu geben DOORENBOS und PRUITT (1977) für voll entwickelte Rebbestände K_{CP} -Werte von 0,8 bis 0,85 an. K_{CP} -Werte bei niedrigem Wassergehalt können wegen des ungünstigen Witterungsverlaufes 1984 aus den Wasserbilanzrechnungen nicht abgeleitet werden. Ebenso bleiben die K_{CP} -Werte > 1 bei den nachfolgenden Berechnungen ausgeschlossen, da entsprechende Verdunstungsraten nur bei einem extremen Wetterablauf möglich sind.

Die Handhabung der Haude-Formel (Gleichung 4.5) für die Wasserbilanzberechnung ist wesentlich einfacher, da zur Berechnung lediglich der 14-Uhr-Wert des Sättigungsdefizits benötigt wird. Auf der anderen Seite erlaubt dieser Ansatz keine Differenzierung der Standorte nach Hangneigung und Richtung. Er wird deshalb in den nachfolgenden Kapiteln nur bei den regional-klimatischen Untersuchungen zum Mostgewicht verwendet. Ähnlich wie bei der Penman-Gleichung 4.6 wird der pflanzenspezifische Haude-Faktor $(f \cdot K_{CH})$

(vgl. Kap.4.4) auch aus den Wasserbilanzrechnungen des Jahres 1984 abgeleitet. Der Haude-Faktor ergibt sich aus dem Verhältnis $ETA / (E_s - e)_{14^{00}}$.

Die Abb.5.3 zeigt den Zusammenhang zwischen dem berechneten Sättigungsdefizit (14.00 Uhr) und dem pflanzennutzbaren Wasser (nfk). Wie schon bei der Penman-Gleichung kann mit Hilfe einer kubischen Gleichung der Zusammenhang sehr gut wiedergegeben werden. Das Bestimmtheitsmaß ($B = 0.82$) fällt deutlich höher aus als beim Penman-Ansatz. Das bessere Ergebnis ist unter anderem darauf zurückzuführen, daß das Sättigungsdefizit direkt am Standort gemessen wird. Bei hoher Wasserversorgung (70 - 100 % nfk) ergibt sich ein Haude-Faktor von 0.21.

Ähnlich wie die k_{cp} -Werten > 1.2 sind auch Haude-Faktoren > 0.3 unrealistisch und werden bei den weiteren Berechnungen nicht berücksichtigt.

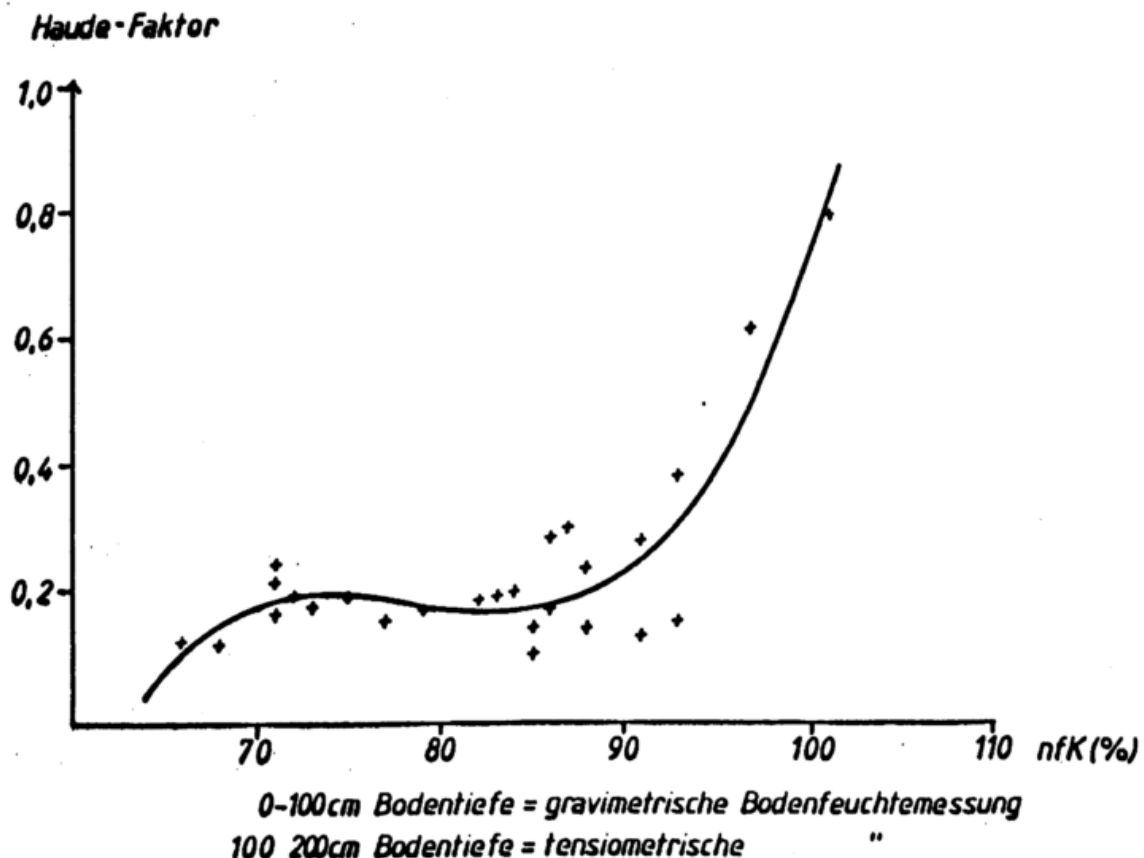


Abb.5.3: HAUDE-FAKTOREN IN ABHÄNGIGKEIT VOM PFLANZENNUTZBAREN BODENWASSER (nfK)
GEISENHEIM (1984) STANDORT FUCHSBERG
NORMALANLAGE (Zeilenbreite: 1.8 m; Laubwandhöhe: 2.0 m; Stockabstand: 1.5 m)
MAX. BLATTFLÄCHENINDEX: $1.9 \text{ m}^2/\text{m}^2$ (RIESLING)

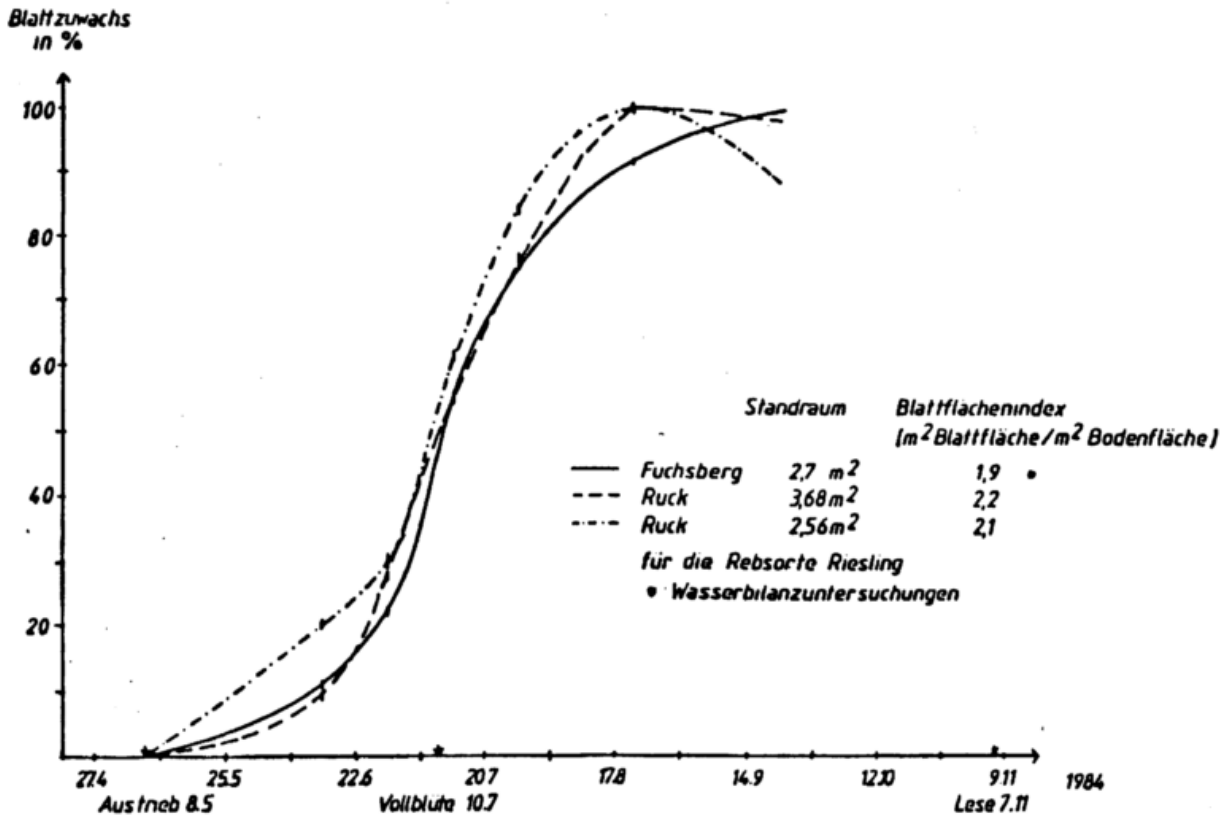


Abb.5.4: ENTWICKLUNG DES RELATIVEN BLATTFLÄCHENZUWACHSES FÜR 3 VERSCHIEDENE STANDORTE IM RHEINGAU (1984) MIT UNTERSCHIEDLICHEN STANDWEITEN IN ABHÄNGIGKEIT VON DER PHÄNOLOGISCHEN ENTWICKLUNG (RIESLING)

Analog zum Bodenwassergehalt werden auch Vergleichsrechnungen mit dem Blattflächenzuwachs durchgeführt. Die Abb.5.4 zeigt den wöchentlichen Zuwachs der Blattfläche (in %). Die Kurven für drei ausgewählte Standorte für die gleiche Rebsorte verlaufen weitgehend parallel. Wie in Kap.4.1.3 dargestellt, werden dabei die von STEINBERG et.al. (1982) entwickelten statistischen Beziehungen verwendet. In den Absolut-Werten schwanken die Ergebnisse zwischen 1,9 und 2,2 m² Blattfläche / m² Bodenfläche.

Die Wasserbilanzrechnungen gelten für einen Standort, der eine maximale Blattfläche von 1,9 m²/m² Bodenfläche erreicht. Die ermittelten Faktoren (K_{CP} und Haude) beziehen sich ausschließlich auf diese Blattfläche.

Die möglichen Schwankungen in den Absolutwerten sind auf Unterschiede in der Bestandsgeometrie (Standraum, Zeilenabstand, Bestandshöhe, Anschnitt, Erziehungsform) zurückzuführen. Auch die Unterlagsrebsorte und das verwendete Klonenmaterial beeinflussen

die Wüchsigkeit. Wegen des atypischen Witterungsverlaufes mit hohen Evaporationsverlusten in der Vegetationsperiode 84 besteht kein Zusammenhang zwischen Blattflächenzuwachs und relativer Verdunstung. Deshalb werden die pflanzenspezifischen Faktoren für die 6 Phasen (Kap.4.1.3) unter Verwendung der von DOORENBOS und PRUITT (1977) vorgeschlagenen Startwerte im Frühjahr und den ermittelten maximalen pflanzenspezifischen Faktoren und dem relativen Blattflächenzuwachs (Abb.5.3) ermittelt. Daraus ergeben sich folgende K_{CP} - bzw. Haude-Werte für die Penman- bzw. Haude-Gleichung (Tab.5.3).

Tab.5.3: REDUKTIONSVERFAHREN ZUR BERECHNUNG DER AKTUELLEN EVAPO-TRANSPIRATION NACH PENMAN (K_{CP}) und HAUDE ($K_{CH} * f$)

GEISENHEIM (1984) STANDORT: FUCHSBERG

NORMALANLAGE (Zeilenbreite 1.8m; Laubwandhöhe 2.0m; Stockabstand 1.5m)

REBSORTE RIESLING (max. Blattfläche: 1.9m² / m²)

Phänologische Phasen	1	2	3	4	5	6
K_{CP} (Penman)	0.45	0.55	0.70	0.80	0.75	0.65
($K_{CH} * f$) (Haude)	0.16	0.18	0.21	0.21	0.19	0.18

5.1.2 ANWENDUNG DER PENMAN-GLEICHUNG AUF VERSCHIEDENEN WEINBAUSTANDORTEN

Mit den in Kapitel 5.1.1 entwickelten Modellansätzen für einen Rebbestand ist es nun möglich, die aktuelle Evapotranspiration und die Klimatische Wasserbilanz für verschiedene Weinbaustandorte zu berechnen. Die berechneten Verdunstungswerte gelten unter der Annahme, daß die Reben ständig hoch mit Wasser versorgt sind (70 bis 100 % nfk). Für den Blattflächenindex gelten die in Kap.5.1.1 aufgestellten Voraussetzungen. Für den Vergleich werden ein Flachhang- und zwei Steillagen mit unterschiedlicher Exposition am Schloß Johannisberg ausgewählt. Die Parzellen sind

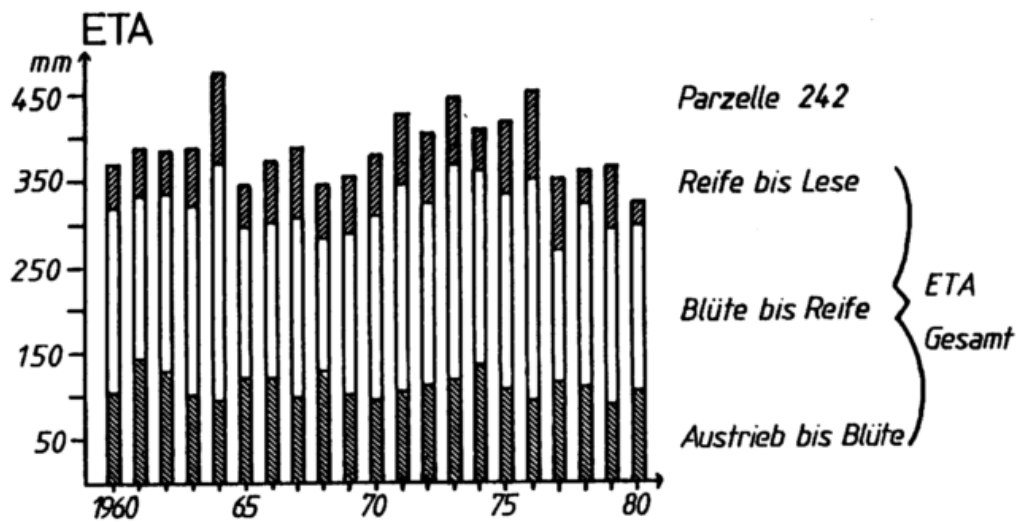
in Abb.4.3 als Standorte P 242, P 232 und P 248 gekennzeichnet und lassen sich wie folgt klassifizieren:

	P 242	P 232	P 248
Höhe ü. NN (m)	110	140	145
Hangrichtung (Grad)	150 (SE)	170 (S)	270 (W)
Hangneigung	3	23	22
Bodenart	fsL	lS-sL	L-stark steinig
Mächtigkeit (m)	1.0	0.6	0.5
Ausgangsgestein	Auelehm	Löß mit Terrassenbeimengung	Graphitverwitterung
Pflanzennutzbares Wasser (mm)	220	100	60

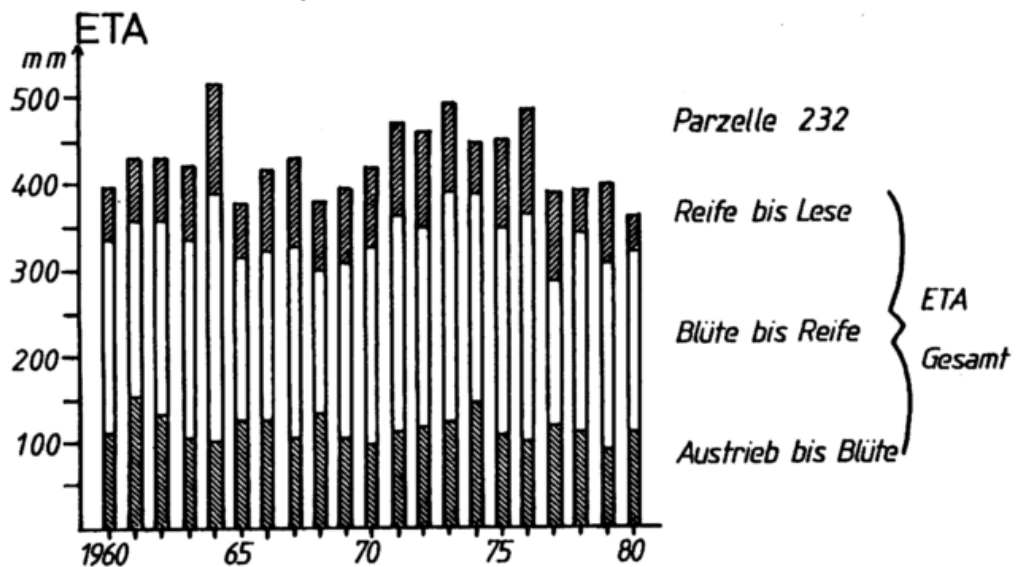
Die Angaben zum Boden entstammen der Standortkarte Rheingau (ZAKOSEK (1979))

Die Tab.I.1-2 (Anhang) und Abb.5.5 bis 5.7 veranschaulichen die Jahrgänge der Verdunstung und der klimatischen Wasserbilanz auf den drei ausgewählten Standorten sowohl in den drei Phasen (Austrieb bis Blüte, Blüte bis Reifebeginn und Reifebeginn bis Lese) als auch die Gesamtsumme über die Vegetationszeit (Austrieb bis Lese). Mit den Darstellungen und Tabellen kann folgendes verdeutlicht werden:

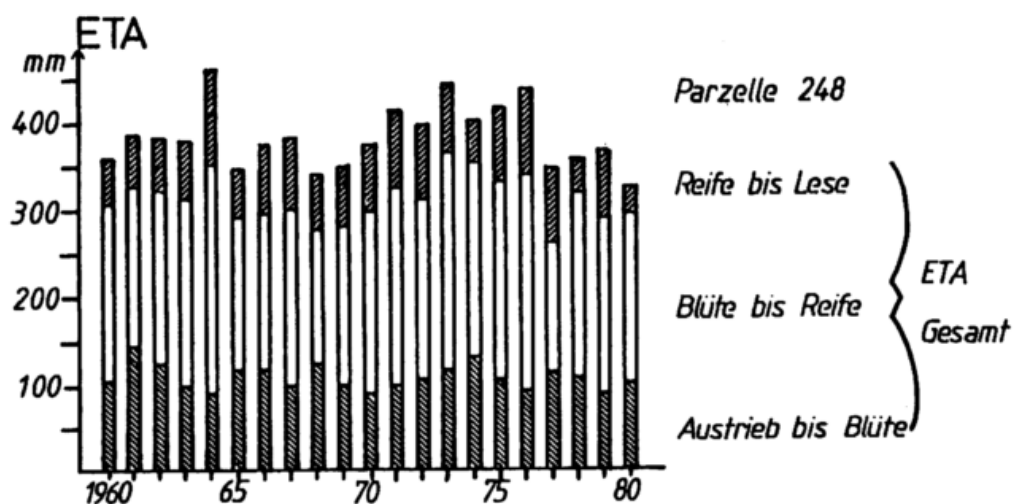
Die überragende Rolle im Wasserbedarf der Rebe spielt die Phase Vollblüte bis Reifebeginn. Der Verdunstungsanspruch in dieser Phase schwankt im Flachhang zwischen 152 mm (1977) und 272 mm (1964). Die Verdunstungswerte im Steilhang liegen nur geringfügig um 11 bis 21 mm über diesen Angaben. Im steilen Westhang sinkt die Verdunstung um 2 bis 13 mm knapp unter die Werte des Flachhanges, da die Strahlungsbilanz etwas niedriger ausfällt als im flachen Südhang. Insgesamt sind die durch die Exposition bedingten Unterschiede in dieser Phase schwach ausgeprägt.



HÖHE: 110 m ü.NN; HANGRICHTUNG: 150°; HANGNEIGUNG: 3°



HÖHE: 140 m ü.NN; HANGRICHTUNG: 170°; HANGNEIGUNG: 23°



HÖHE: 145 m ü.NN; HANGRICHTUNG: 250°; HANGNEIGUNG: 22°

Abb. 5.5: BERECHNETE AKTUELLE VERDUNSTUNG FÜR 3 PHÄNOLOGISCHE PHASEN UND DIE GESAMTE VEGETATIONSZEIT (PENMAN - GLEICHUNG)
GEISENHEIM (1960 - 80) STANDORT JOHANNISBERG

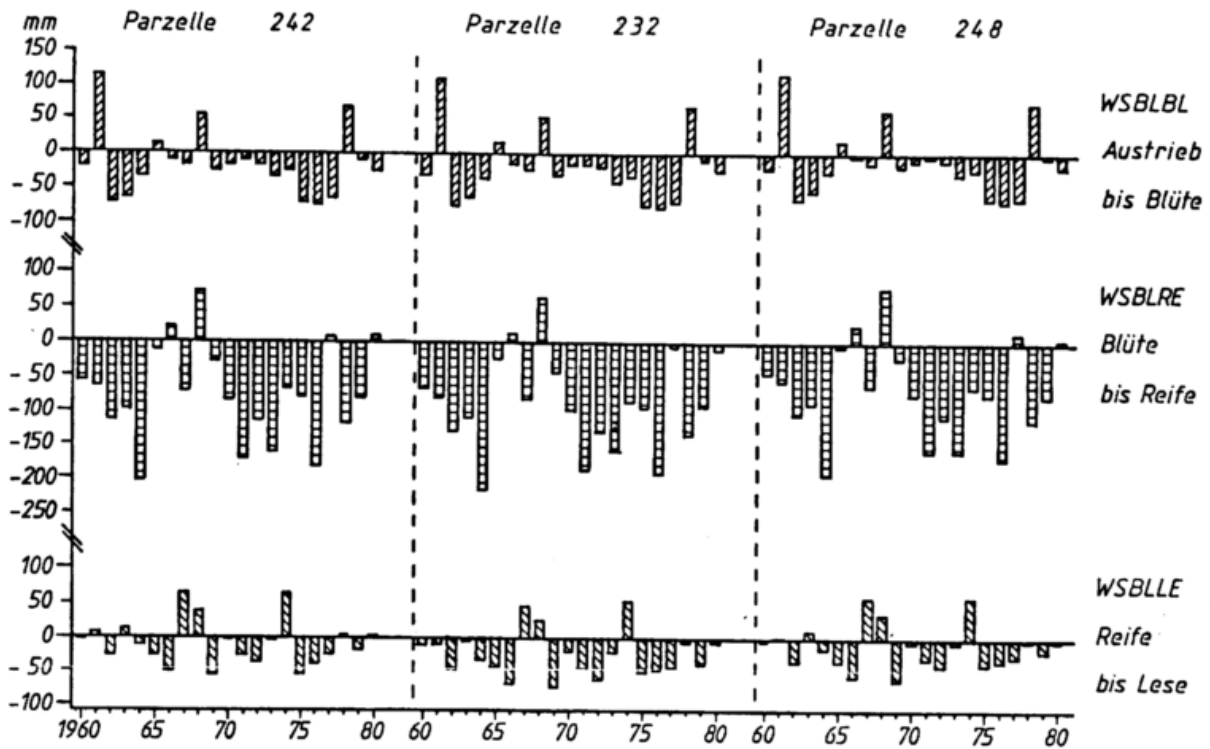
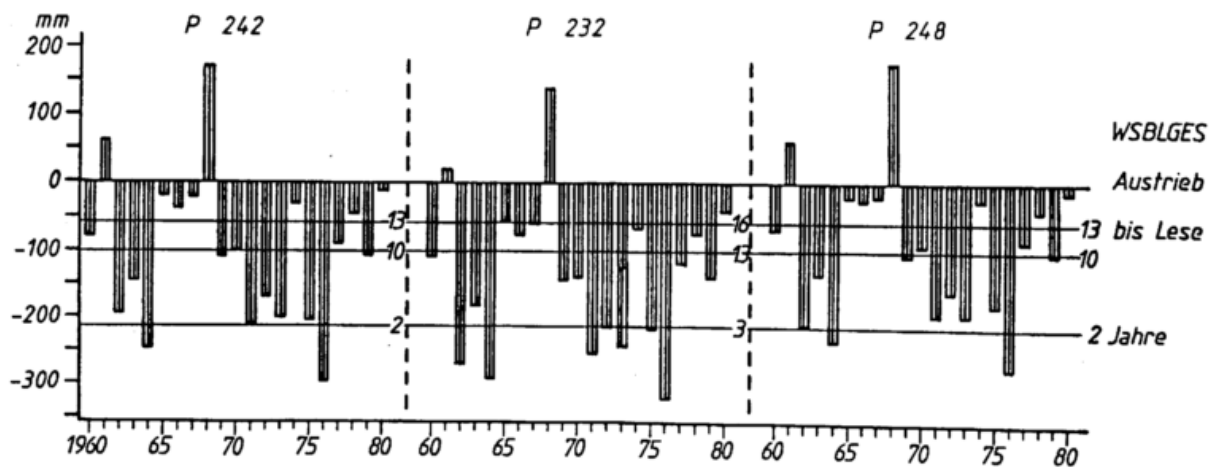


Abb. 5.6:



Höhe (m/NN)	110	140	145
Hangrichtung	150°	170°	250°
Hangneigung	3°	23°	22°

Abb. 5.7: BERECHNETE KLIMATISCHE WASSERBILANZ FÜR 3 PHÄNOLOGISCHE PHASEN UND DIE GESAMTE VEGETATIONSZEIT GEISENHEIM (1960 - 80) STANDORT JOHANNISBERG

Von geringerer Bedeutung für den Gesamtwasserbedarf sind die Phasen Austrieb bis Blüte und Reifebeginn bis Lese. Die relativ kleinen Verdunstungswerte in der ersten Phase resultieren aus der noch nicht voll entwickelten Blattfläche. Die niedrigeren Werte während der Reifezeit ergeben sich aus der stark abnehmenden Strahlungsintensität und dem kleiner werdenden Sättigungsdefizit. Die relativen Standortunterschiede nehmen allerdings zu. In strahlungsreichen Jahren wie 1964 und 1979 verbraucht der Steilhang in der letzten Phase unter sonst gleichen Bedingungen 24 mm mehr Wasser als der Flachhang. Die Absolutwerte liegen bei 131 bzw. 107 mm. Vergleicht man die Gesamtverdunstung während der Vegetationszeit, so steigen die maximalen Unterschiede 1964 auf 56 mm an (Süd- und Westhang).

Eine Aussage über starke Defizite im Wasserhaushalt während der Vegetationsperiode ist über die Darstellung der Verdunstung allein nicht möglich. Nur die Gegenüberstellung von Niederschlag und Verdunstung in der Klimatischen Wasserbilanz (WSBL) liefert aussagekräftige Beispiele über witterungsbedingte Wasserstreßsituationen während der Vegetationszeit.

In wenigen Einzeljahren werden positive Wasserbilanzen (1961 und 1968) (Abb.5.6 und 5.7) berechnet.

In den Jahren 1964, 71, 75 und 76 fallen die Wasserbilanzdefizite ($WSBLGES < -200\text{mm}$) (Tab.I.2) besonders deutlich aus.

Von großer Bedeutung ist die Gegenüberstellung zwischen klimatischer Wasserbilanz und pflanzennutzbarem Bodenwasser. Wenn man die Gesamtwasserbilanz ($WHAUS_1 = nFK + WSBLGES$) berechnet, wobei nFK das pflanzennutzbare Bodenwasser und $WSBLGES$ die klimatische Wasserbilanz der Vegetationsperiode bedeuten, so können die Jahre mit negativen Gesamtwasserbilanzen ermittelt werden. In der Abb.5.7 sind die pflanzennutzbaren Bodenwassergehalte der 3 Standorte durch waagerechte Linien gekennzeichnet. Alle Jahre, die diese Linie unterschreiten, weisen eine negative Gesamtwasserbilanz auf. Dabei wird vorausgesetzt, daß die Böden zum Vegetationsbeginn mit Wasser aufgefüllt sind. Bei 220 mm nFK treten nur in 2 bzw. 3 Jahren, bei 100 mm in 10 bzw. 13 und bei 60 mm in 13 bzw. 16 von 21 Jahren negative Bilanzen auf. Die expositionsbedingten Unterschiede nehmen sich dagegen unbedeutend aus. Die Zahl der Jahre mit negativen Bilanzen verändern sich nur

geringfügig, wenn man die Standorte (Abb.5.7) untereinander vergleicht. Daraus läßt sich eindeutig ableiten, daß über mögliche Wasserstreßsituationen in Einzeljahren ausschließlich das pflanzenverfügbare Bodenwasser entscheidet und der durch eine bevorzugte Exposition bedingte erhöhte Verdunstungsanspruch nur eine untergeordnete Rolle spielt. Es ist deshalb aus dieser Sicht nicht gerechtfertigt, die Berechnungswürdigkeit im Weinbau auf Steillagen zu begrenzen. Alleiniges Kriterium für die Berechnungswürdigkeit sollten die Bodenverhältnisse sein.

Es soll an dieser Stelle noch einmal daran erinnert werden, daß die ausgewiesenen Zahlen unter der Voraussetzung gelten, daß die Böden auf einer hohen Wasserversorgungsstufe stehen. Bei niedrigen Bodenwassergehalten verringern sich die tatsächlichen Transpirationsraten und als Folge nehmen die Wasserbilanzdefizite ab.

5.2 GEGENÜBERSTELLUNG VERSCHIEDENER MODELLANSÄTZE ZUR BERECHNUNG VON TEMPERATURGRÖSSEN

5.2.1 DIE VERSCHIEDENEN TEMPERATURGRÖSSEN

In Kap.4.4.1.3 werden verschiedene Methoden dargestellt, mit denen der Einfluß der Temperatur auf die Länge phänologischer Phasen und die Qualität der Trauben ermittelt werden kann. Zur Verfügung stehen Summenhäufigkeiten von stündlichen Temperaturwerten in verschiedenen Temperaturklassen zur Tag- und Nachtzeit, stündliche Temperatursummen über verschiedene Schwellenwerte und in Abhängigkeit von der phänologischen Entwicklung gewichtete Temperaturgrößen. Die Einzelwerte faßt man zunächst zu Dekadenwerten zusammen und mittelt sie später über die Dauer einzelner phänologischer Phasen.

Die gewählten Temperaturschwellenwerte für die stündlichen Temperatursummen (10°C für Phase 1,2,5 u. 6, 15°C für Phase 3 u. 4) und die Temperaturklassen für die Summenhäufigkeiten der Temperatur (0 bis 10, 10.1 bis 20, 20.1 bis 30°C (vgl. Tab. A.1-2)) orientieren sich an bereits durchgeführten Studien von (BASLER (1980), BECKER (1977) und ALLEWELDT und HOFÄCKER (1975)).

Für die gewichtete Temperaturfunktion werden folgende Koeffizienten ausgewählt (vgl. Kap.4.4.1.3):

$$F(T_1) = a \cdot (T_1^{**b}) * \exp(-cT_1) \quad (5.8)$$

mit $a = 10$

$b = 10$

$c = 3.57$

Der Funktionsverlauf entspricht näherungsweise den in der Literatur ausgewiesenen Optimumkurven zur Photosyntheseleistung. Die vorgegebenen Koeffizienten a , b und c müssen deshalb auch als Näherungswerte interpretiert werden, weil die Angaben der Autoren über die Temperaturabhängigkeit der Photosyntheseleistung schwanken (vgl. Kap.3.1). Wie in Kap.3.1. dargestellt, beeinflussen weitere Umweltfaktoren - wie die photosynthetisch aktive Strahlung (PAR) - das Sättigungsdefizit und die relative Luftfeuchtigkeit den Funktionsverlauf. Die Auswahl der Koeffizienten a , b und c erfolgt unabhängig von den nachfolgenden statistischen Analysen. Die Koeffizienten c und b bestimmen die Steigung und das Maximum der Kurve, der Koeffizient a ist lediglich eine Skalierungsgröße. Auf die Güte der Beziehung zwischen Einfluß- und Zielgröße hat dieser Faktor keinen Einfluß. Da die Auswahl der Koeffizienten vor der nachfolgenden Regressionsanalyse erfolgt, ist ein direkter Vergleich mit anderen Temperaturgrößen (Temperatursummen und Summenhäufigkeiten) zulässig. Das multiple Bestimmtheitsmaß B wird als Kriterium verwendet, ob die Einführung der transformierten Temperatur $F(T_1)$ im Vergleich zu anderen Größen die Zielgröße (Mostgewicht, phänologische Phase) besser absichern kann. Fällt dieser Vergleich für die transformierte Temperatur positiv aus, so wird bei den folgenden regionalklimatischen Untersuchungen (Kap.5.4) ausschließlich diese Temperaturgröße verwendet. Ebenso wie die Wahl der Koeffizienten a , b und c erfolgt die angestrebte jahreszeitliche Verschiebung der Temperaturkurve (vgl. Kap.4.4.1.3) unabhängig von den folgenden Regressionsanalysen. Die Verschiebung des Temperaturoptimums der Funktion $F(T_1)$ in Abhängigkeit von der Jahreszeit ist mit folgender Parabelfunktion möglich:

$$T_1(\text{DEK}, T_1) = (T_1 + A + B * (\text{DEK}/10) + C * (\text{DEK}/10)^2)/10 \quad (5.9)$$

$$T_1 = T_{\text{MAX}}, T_{\text{MIT}}, T_{\text{MIN}} \quad (\text{vgl. Tab.A.1-2})$$

A	=	4.3	für T _{MIT}
A	=	1.3	für T _{MAX}
A	=	7.3	für T _{MIN}
B	=	4.22	
C	=	1.03	
DEK	=	Dekaden 10 bis 30 des Jahres	

Die Koeffizienten A, B und C sind die Koeffizienten einer Parabelgleichung. Sie werden aus einer Analyse des Jahresganges der langjährigen mittleren Dekadenwerte (T_{MAX} , T_{MIT} und T_{MIN}) über den genannten Zeitraum (10. bis 30. Dekade) gewonnen. Dieser Modellvorstellung liegt die Annahme zugrunde, daß sich die Rebe in ihrem Anpassungsprozeß an die Umgebung auf den mittleren Jahresgang der Temperaturen eingestellt hat. Wachstumsbeschleunigungen bzw. -verzögerungen resultieren dann aus den positiven bzw. negativen Abweichungen der aktuellen Dekadenwerte der Temperatur vom langjährigen Mittelwert. Die Wahl der Koeffizienten A, B und C orientiert sich ausschließlich an dem mittleren Jahresgang der Temperaturen.

Die Abb.5.8 zeigt den Verlauf der Funktion für die Dekaden 13 bis 28 (Mai bis Oktober) für $T = T_{\text{MAX}}$. Die Maxima dieser Funktion verschieben sich von 20 °C im Frühjahr zu 28 °C im Juli und August und fallen dann auf 20 °C Mitte Oktober. Bei einem Vergleich von Maximum-, Mittel- und Minimumtemperaturen korrelieren die Maximumtemperaturen deutlich stärker zum Mostgewicht bzw. zur phänologischen Entwicklung als die anderen genannten Temperaturgrößen. Auch die Kombinationen von Maximum-, Mittel- oder Minimumtemperaturen sichern das Ergebnis nicht stärker ab.

In den weiteren Analysen werden dann die gewichteten Maximumtemperaturen mit den Summenhäufigkeiten der Temperatur und der Temperatursummen verglichen.

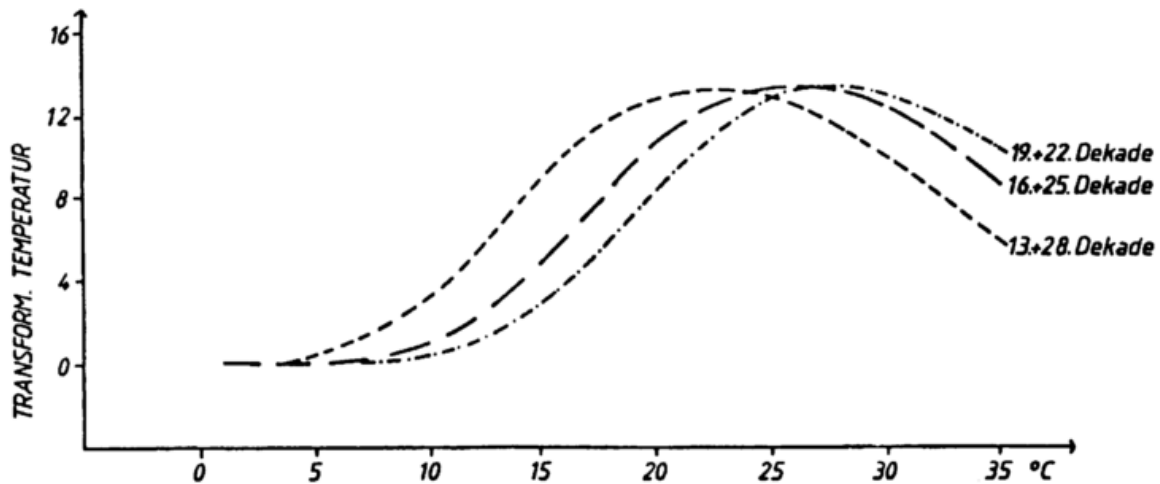


Abb.5.8: REBSPEZIFISCHE GEWICHTETE TEMPERATUREN FÜR DIE 13. BIS 28. DEKADE DES JAHRES

Der begrenzte Stichprobenumfang bei den Jahresanalysen (Max. 40 Jahre) erlaubt es nicht, alle Temperaturgrößen parallel in den Analysen einzusetzen. Aus den Summenhäufigkeiten der Temperatur (4 Klassen, helle und dunkle Tagesphase sowie für 6 phänologische Phasen) ergeben sich allein für diese Größe 48 Variablen. Es ist deshalb erforderlich, in entsprechenden Voranalysen mit der Länge der phänologischen Phasen und den Mostgewichten eine Vorauswahl zu treffen.

In diesen Regressionsanalysen werden die mittleren jährlichen Mostgewichte aller 21 Testparzellen vom Schloß Johannisberg, die Blühtermine am Standort Fuchsberg (Geisenheim) und die Klimawerte der Klimastation Geisenheim für den Zeitraum 1947-1980 verwendet. Bei der Berechnung des Blühtermins fließen Temperaturwerte der phänologischen Phasen 1 und 2, bei der Analyse der Mostgewichtsreihe dagegen alle phänologischen Phasen von 1 bis 6 ein (vgl. Tab.4.3).

5.2.2 EINFLUSS UNTERSCHIEDLICH BERECHNETER TEMPERATURWERTE AUF DEN BLÜHTERMIN

In der Tab.5.4 sind die Ergebnisse aus den Regressionsanalysen zusammengestellt. Bei Verwendung gewichteter Maximumtemperaturen erhöht sich das multiple Bestimmtheitsmaß B im Vergleich zu den Analysen, die Temperatursummen und Summenhäufigkeiten verwenden, recht deutlich. Daraus kann man allerdings nicht ableiten, daß die Temperatursummen und die Summenhäufigkeiten den Blühtermin nicht beeinflussen. Es bestehen vielmehr signifikante Einzelkorrelationen zur Blüte (Tab.5.4).

Die Tab.5.5 vermittelt einen Überblick über die berechneten stündlichen Temperatursummen $>10^{\circ}\text{C}$ vom Austrieb bis zur Blüte. Die berechneten Werte schwanken zwischen 3900 und 6400 Gradstunden.

Diese überraschend hohe Schwankungsbreite steht im Widerspruch zu der Annahme, daß erst nach Erreichen einer bestimmten, von der Jahreswitterung unabhängigen Temperatursumme die Reben aufblühen. Nach HORNEY (1966) muß mit der Aufsummierung der stündlichen Temperaturwerte mit dem Beginn des Blütens begonnen werden, so daß möglicherweise die Schwankungen zwischen den Jahren dann geringer werden und der von ihm genannte höhere Schwellenwert von 8000 Gradstunden mit Beginn der Vollblüte erreicht wird. Eindeutig ist die Tatsache, daß die Anwendung der Temperatursummenregel für die Phase Austrieb bis Blüte nicht möglich ist. Diese Aussage wird auch dadurch erhärtet, daß sich die Zeit zwischen Austrieb und Blüte bei sehr spätem Austrieb unabhängig von den zwischen diesen Terminen berechneten Temperatursummen verkürzt. Die in Tab.5.5 für den Austriebstermin (AUSTR) ausgewiesenen Regressionskoeffizienten sind immer negativ, d.h. bei spätem Austrieb verkürzt sich die Dauer der Phase Austrieb bis Blüte.

Tab.5.4

REGRESSION - JAHRESANALYSE

Einflußgrößen: VERSCHIEDENE TEMPERATURWERTE (Geisenheim)

Zielgröße: DAUER DER PHASE AUSTRIEB BIS BLÜTE RIESLING

GEISENHEIM (1947 - 1980) STANDORT FUCHSBERG

N = 34 B = 0.68(I), 0.81(II), 0.81(III)

	Einflußgr.	Einzelkorr.	F-Wert	Reg.Koeff.	P-Wert	
I	AUSTR	0.63	31.9	-0.60	0.001	*
	TSUM1	0.54	17.9	-0.03	0.001	*
	TSUM2	0.24	8.7	-0.02	0.01	*
II	AUSTR	0.63	75.5	-0.71	0.001	*
	TMX1	0.49	28.0	-0.29	0.001	*
	TMX2	0.39	23.0	-0.29	0.001	*
III	AUSTR	0.63	79.7	-0.72	0.001	*
	TMXBL	0.56	6.7	-0.58	0.025	*

REGRESSION - JAHRESANALYSE

Einflußgrößen: VERSCHIEDENE TEMPERATURWERTE (Geisenheim)

Zielgröße: MITTLERES MOSTGEWICHT (21 PARZELLEN) (°Oe) RIESLING

GEISENHEIM (1947 - 80) STANDORT SCHLOSS JOHANNISBERG

N = 34 B = 0.69(I), 0.66(II), 0.80(III)

	Einflußgr.	Einzelkorr.	F-Wert	Reg.Koeff.	P-Wert	
I	Blüte	0.71	2.4	-0.4	0.10	n.s.
	TSUM4	0.71	6.6	0.3	0.025	*
	TSUM5	0.68	1.7	0.1	0.10	n.s.
	THN2-6	0.50	3.3	-0.8	0.10	n.s.
II	Blüte	0.71	22.9	-0.8	0.001	*
	THT4-3	0.38	4.9	1.5	0.05	*
	HFT2-5	0.54	8.1	-4.3	0.01	*
III	Blüte	0.70	20.7	-0.7	0.001	*
	TMX4	0.62	18.9	+4.7	0.001	*
	TMX6	0.56	6.7	+1.6	0.025	*
	TMX5	0.54	3.6	+1.6	0.10	n.s.

* = signifikant

n.s. = nicht signifikant

Blüte: Stadium Vollblüte

AUSTR: Stadium Austrieb

TMX: gewichtete Maximumtemperatur

TSUM: Temperatursummen (>10 o.>15°C)

THT4: Häufigkeit der Temperatur (20-30°C) am Tage

THN2: Häufigkeit der Temperatur (0-10°C) in der Nacht

HFT2: Häufigkeit der rel. Luftfeuchtigkeit (70-90%) am Tage

Die Ziffern an den Variablen kennzeichnen die Phasen

Tab.5.5: TEMPERATURSUMMEN (Gradstunden >10°C) AUSTRIEB BIS BLÜTE
 KLIMAWERTE und PHÄNOLOGISCHE BEOBACHTUNGEN *
 GEISENHEIM (1947 - 80) STANDORT FUCHSBERG

JAHR	TSUMBL	JAHR	TSUMBL
1947	3964	1964	4329
1948	4977	1965	4931
1949	4067	1966	4997
1950	5624	1967	4698
1951	4915	1968	5737
1952	4961	1969	4486
1953	5008	1970	3689
1954	3970	1971	4269
1955	4802	1972	4964
1956	3898 MIN	1973	4406
1957	5139	1974	5328
1958	3918	1975	4126
1959	5258	1976	4480
1960	4925	1977	5080
1961	6375 MAX	1978	4853
1962	5992	1979	3521
1963	4644	1980	4381

* Klimastation und Standort mit phänologischen Beobachtungen grenzen unmittelbar aneinander.

5.2.3 EINFLÜSSE UNTERSCHIEDLICH BERECHNETER TEMPERATURWERTE AUF DAS MOSTGEWICHT

Ähnliche Vergleichsrechnungen werden auch mit dem Mostgewicht als Zielgröße durchgeführt (Tab.5.4). Die Beispiele stellen eine Auswahl mit dem jeweils höchsten multiplen Bestimmtheitsmaß in einer Serie von Analysen mit verschiedenen Temperaturgrößen dar. Sie bieten eine weitere Möglichkeit, die Wirksamkeit der gewichteten Temperaturen zu testen. Bei dieser Gegenüberstellung wird

als zusätzliche Einflußgröße der Eintrittstermin der Vollblüte verwendet, um hoch abgesicherte Ergebnisse zu erhalten. Neben den schon genannten Temperaturwerten werden auch die Summenhäufigkeit der nächtlichen Temperatur (THN2) und der relativen Luftfeuchtigkeit (HFT2) mit einbezogen, da nach ALLEWELDT (1967) hohe Nachttemperaturen und eine niedrige relative Luftfeuchtigkeit die Veratmung der Säure während der Reifezeit beschleunigen. Alle Vergleichsrechnungen führen zu signifikanten Ergebnissen. Die Resultate fallen aber unterschiedlich aus. Die Analyse mit gewichteten Temperaturmaxima führt wiederum zu einem höheren Bestimmtheitsmaß im Vergleich zu anderen Temperaturgrößen.

5.3 ERFASSUNG DER GELÄNDEBEDINGTEN TEMPERATURUNTERSCHIEDE

Wie bereits in Kap.4.4.2.1 erläutert, beeinflussen neben den Strahlungskomponenten vor allem die mit der Höhe schlechter werdenden thermischen Bedingungen die erreichbaren Mostgewichte. Geländeform und Höhenlage steuern die nächtliche Temperaturverteilung ebenso wie den Gang der Temperaturen am Tage (Abb.4.9). Für die Analyse stehen 11 temporäre Geländeklimastationen (vgl. Tab.4.5 (Kap.4.3)) im Rheingau zur Verfügung, die während der Jahre 1975 und 76 unter verschiedenen geländeklimatischen Situationen die Temperaturen aufzeichneten. Zunächst können die morgendlichen Minimumtemperaturen auf der Basis der Wetterlagen-Klassifikation (vgl. Kap.4.4.2.1) differenziert werden.

5.3.1 MINIMUMTEMPERATUREN IN ABHÄNGIGKEIT VON DER HÖHE

Die Abb.5.9 und Tab.5.6 beschreiben die Temperaturen in Abhängigkeit von der Höhe über Talgrund (80 m über NN) für die Wetterlagen (Klassen Ia bis III). Während sich windstilles und böiges Strahlungswetter durch eine lineare Zunahme der Temperatur mit der Höhe darstellen lassen, können bewölktetes Wetter und wechselnd bewölkte Wetterlagen mit Parabeln beschrieben werden. Die ermittelten Gleichungen gelten für einen Höhenbereich von 0 bis 170m über dem örtlichen Talgrund, in dem die Meßpunkte liegen.

Insbesondere würde die Extrapolation der Parabeln auf größere Höhen über Talgrund zu einer unrealistischen Verteilung der Temperatur führen.

Die Abb.5.9 zeigt deutlich die Unterschiede zwischen den verschiedenen Wetterlagen auf. Während bei windstillem Strahlungswetter die Temperaturen im Mittel um 2 °C pro 100 m Höhenzunahme zunehmen, schwächt sich der Gradient bei böigem Strahlungswetter auf 0,62 °C/100 m ab. Bei wechselnder Bewölkung ist nur in den tiefer gelegenen Standorten ein deutlicher Temperaturgradient zu erkennen. Bei bewölktem Wetter nimmt oberhalb von 100 m über Talgrund die Temperatur ab. Mit Hilfe der ermittelten Gleichungen kann für jeden Tag während des Zeitraumes 1960 bis 80 anhand der Klimabeobachtungen die Verteilung der Minima ermittelt werden. Die täglichen Minima werden anschließend zu Dekadenwerten zusammengefaßt und später über die einzelnen phänologischen Phasen gemittelt (TMINP).

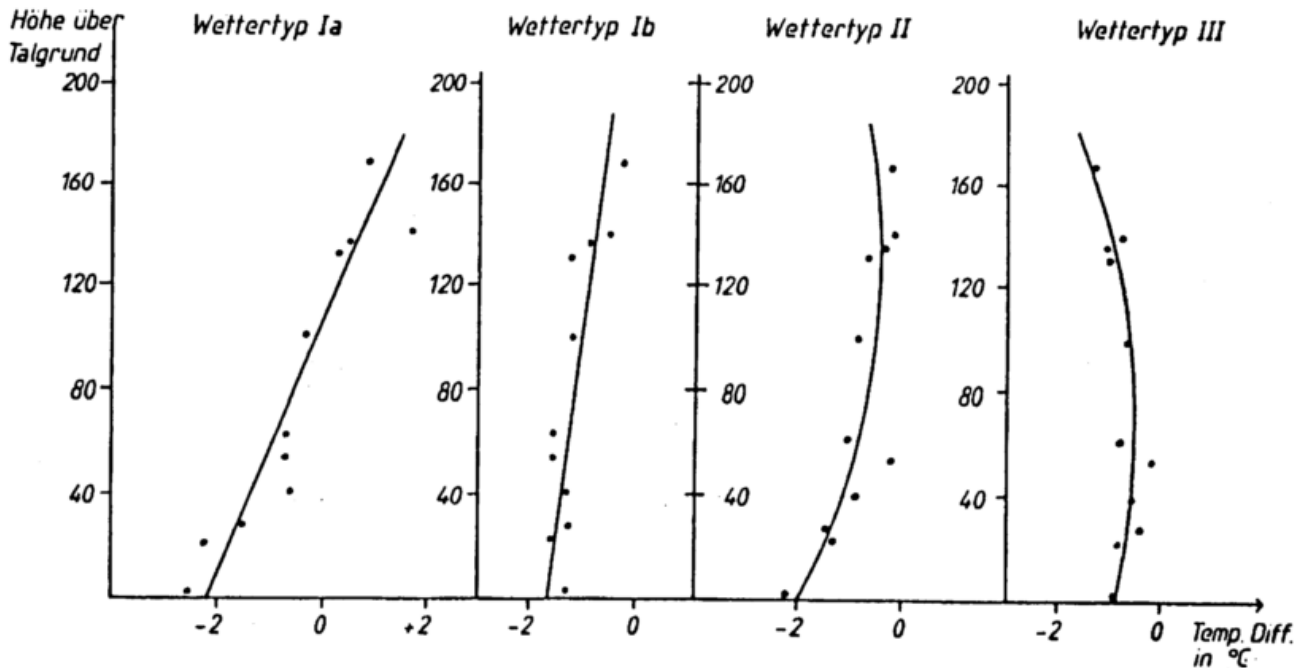


Abb.5.9: HÖHENABHÄNGIGKEIT DER MINIMUMTEMPERATUR (TMINP) IN ABHÄNGIGKEIT VON VERSCHIEDENEN WETTERLAGEN (RHEINGAU (1975 - 76))
DIFFERENZ ZWISCHEN DEN GELÄNDEKLIMASTATIONEN (70 cm ü.Grund) UND BASISSTATION (2 m ü.Grund) (109 m ü.NN) GEISENHEIM

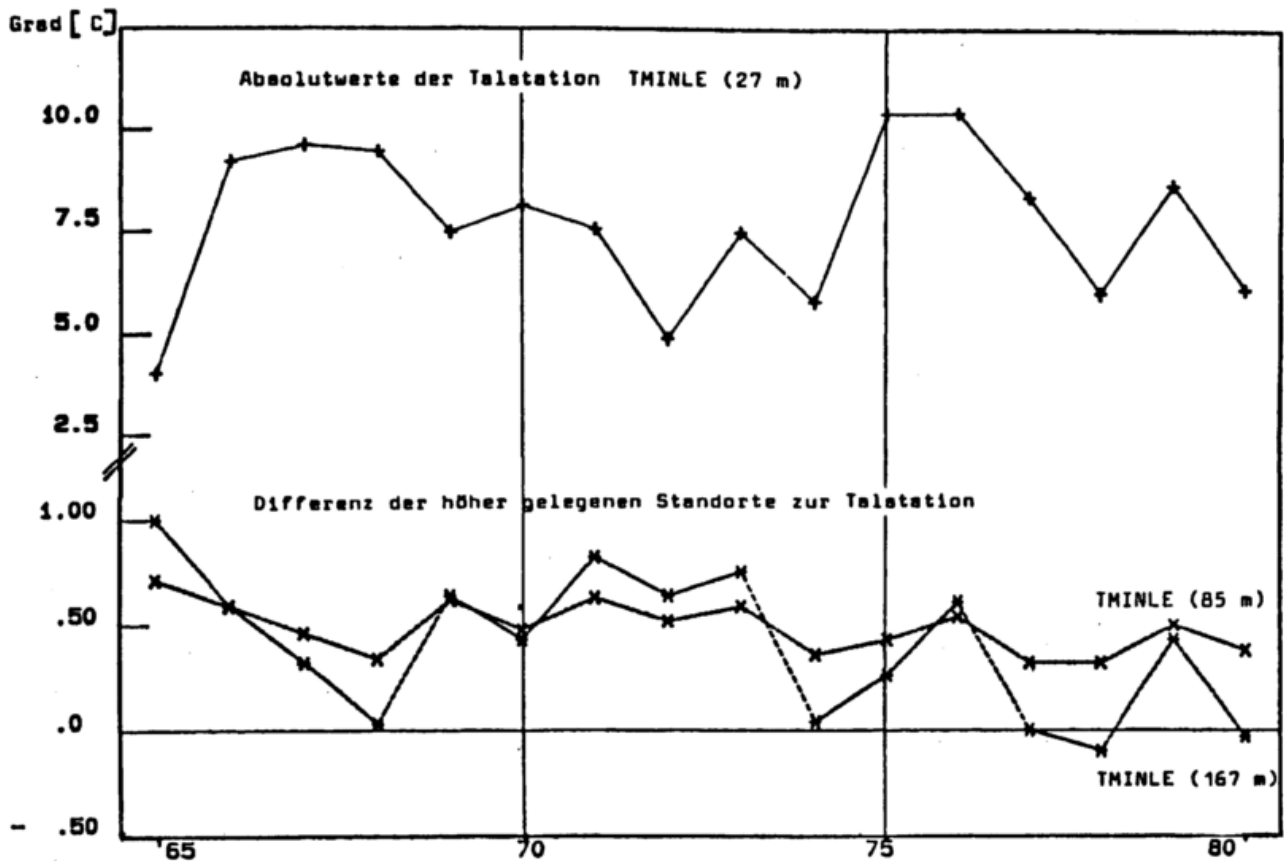


Abb.5.10: BERECHNETE MINIMUMTEMPERATUREN FÜR 3 STANDORTE (27, 85 u. 167 m über Talgrund (80 m ü.NN)) IM RHEINGAU WÄHREND DER PHASE REIFEBEGINN - LESE (1965 - 80)

Tab.5.6: HÖHENABHÄNGIGKEIT DER MINIMUMTEMPERATUR (TMINP) IN ABHÄNGIGKEIT VON VERSCHIEDENEN WETTERLAGEN RHEINGAU (1975 - 1976)

DIFFERENZ ZWISCHEN 11 GELÄNDEKLIMASTATIONEN (70 cm Höhe ü. Grund im Rebbestand) UND DER BASISSTATION (2 m) GEISENHEIM (109 m ü.NN) Höhe des Talgrundes: 80m über NN

HOEHE (m) ü.Talgrund	WETTER- TYP Ia °C	WETTER- TYP Ib °C	WETTER- TYP II °C	WETTER- TYP III °C
2	-2.55	-1.36	-2.23	-0.91
22	-2.23	-1.54	-1.33	-0.86
27	-1.53	-1.23	-1.50	-0.42
39	-0.62	-1.36	-0.91	-0.56
54	-0.69	-1.60	-0.22	-0.14
62	-0.68	-1.62	-1.06	-0.82
99	-0.27	-1.18	-0.94	-0.73
131	+0.30	-1.30	-0.74	-1.03
135	+0.61	-0.88	-0.46	-1.06
139	+1.41	-0.54	-0.22	-0.84
167	+0.80	-0.28	-0.30	-1.34

WETTERTYP Ia : Windschwaches Strahlungswetter

WETTERTYP Ib : Böiges Strahlungswetter

WETTERTYP II : Wechselnd bewölktetes Wetter

WETTERTYP III: Bewölktetes Wetter

(Definition der
Wettertypen siehe
Kap.4.4.2.1)

Die Abb.5.10 zeigt nun die Verteilung der Minima in der Phase Reifebeginn bis Lese in dem ausgewählten Zeitraum (1965 - 80) für drei Standorte in unterschiedlicher Höhe. Es handelt sich dabei um Standorte in der Gemarkung Oestrich-Winkel, für die über den genannten Zeitraum kontinuierliche Aufzeichnungen des Mostgewichtes vorliegen (vgl.Tab.4.2 u. Abb.4.4).

Im oberen Teil der Abbildung ist der Jahresgang (1965 bis 80) eines talnahen Standortes (27 m über Talgrund) abgebildet. Die Jahre 1967, 75 und 76 weisen relativ hohe, die Jahre 65, 72 und 78 relativ niedrige Temperaturminima auf. Von größerer Bedeutung für die standortbedingten Unterschiede sind dagegen die Temperaturdifferenzen der höhergelegenen Parzellen zum talnahen Standort.

Diese Differenzen schwanken entsprechend der Verteilung der Wetterlagen in den Einzeljahren:

- bei strahlungsreicher Witterung, 1971, 73 oder 76 nehmen die Differenzen nach oben hin zu,
- bei strahlungsarmer Witterung (1968, 74 oder 78) schwächen sich die Differenzen ab.

In einer Reihe von Jahren sind die Differenzen zwischen Tal (27m) und Oberhang (167 m) niedriger als zwischen Tal und Mittelhang.

5.3.2 TEMPERATURVERHÄLTNISSE AM TAGE (SONNENAUF- BIS SONNEN- UNTERGANG) IN ABHÄNGIGKEIT VON DER HÖHE

Die Temperaturen am Tage sind genauso bedeutsam für die Qualitätsbildung wie die Minimumtemperaturen in der Nacht. Mögliche Modellansätze, die die Geländeform und die Höhe ü. NN berücksichtigen, werden wiederum - wie im vorangegangenen Kapitel - aus den stündlichen Temperaturregistrierungen der 11 temporären Geländeklimastationen (Tab.4.5 (Kap.4.3)) entwickelt. Ein Modellansatz für Temperaturmaxima in Abhängigkeit von den 4 Wettertypen kann statistisch nicht abgesichert werden. Ähnlich wie bei der Untersuchung von ENDLICHER (1980) im Kaiserstuhl, streuen die Maxima wesentlich stärker als die Minima. Auf eine Darstellung wird verzichtet.

Wenn man dagegen die vom Sonnenauf- bis Sonnenuntergang gemessenen stündlichen Temperaturwerte aufsummiert, können deutliche Einflüsse der direkten Sonneneinstrahlung, der Windwegsummen und der Kaltluft- und Windgefährdung auf die an jedem Standort gemessenen Temperatursummen gefunden werden.

Die Ergebnisse der Kaltluftkartierung bestimmen den Grad der Gefährdung, die Windgefährdung muß mit Hilfe der Windstatistik der Geisenheimer Klimastation abgeschätzt werden. Aus der Gegenüberstellung von Temperatursummen und den genannten Einflußgrößen ergibt sich folgender Ansatz:

$$\begin{aligned}
 \text{TSUP} = & 55.2 + 5.91\text{E-}02 * \text{HT} - 8.32\text{E-}04 * \text{HT}^{**2} \\
 & + (6.87 - 1.17\text{E-}02 * \text{HT} - 0.12*\text{KALT} - 0.15*\text{WIND}) \\
 & * (1.0\text{E-}02)*\text{STRA} - 0.19*\text{WSUMT} \\
 & \text{Abkürz. vgl. Seite VI-VII} \qquad \qquad \qquad (5.10)
 \end{aligned}$$

Diese Beziehung erfaßt 70 bis 75 % der Gesamtschwankung der gemessenen Temperatursummen auf den 11 Standorten. Die Abb.5.11 zeigt an einem Beispiel die möglichen Abweichungen in Form der Quadrate der Residuen. In 30 % der Fälle liegt die Abweichung über 10 Gradstunden, in 10 % der Fälle über 30 Gradstunden. Hohe Abweichungen treten infolge von starker Kaltluft- und Warmluftadvektion auf, die den Tagesgang der Temperatur stark verändern. Dieser Temperaturwechsel trifft aber alle Standorte in gleicher Weise. Mit dem Wechsel steigen und fallen dann die morgendlichen Minimumtemperaturen, die auf der Basis der Tab.5.6 berechnet werden. Der zeitliche Wechsel der Temperaturen schlägt sich somit in den Minimumtemperaturen nieder.

Aus den Dekadenwerten von TMINP und TSUP kann dann die Tagesmitteltemperatur von Sonnenauf- bis Sonnenuntergang berechnet werden (TTP). Die gewonnenen Beziehungen bestimmen die Temperaturverteilung über den Untersuchungszeitraum (1960-1980) für die Standorte im Rheingau. Die Dekadenwerte werden für die drei Phasen (Austrieb bis Blüte, Blüte bis Reifebeginn, Reifebeginn bis Lese) gemittelt.

Die Abb.5.12 und 5.13 sollen die Zusammenhänge für ausgewählte Standorte für die Jahre 1965 bis 1980 verdeutlichen. Die Wahl der dargestellten Beispiele fällt auf die letzte Phase Reifebeginn

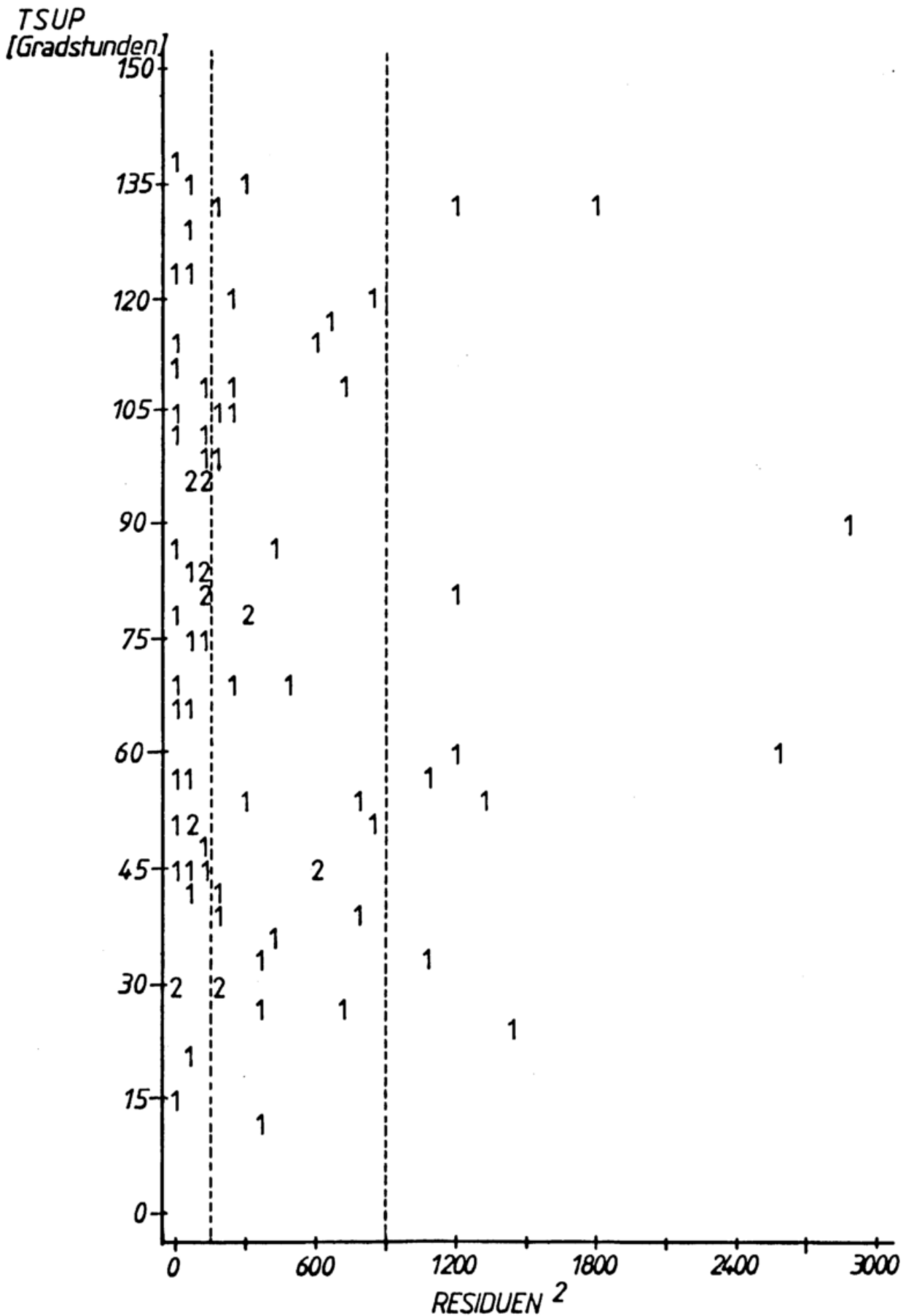


Abb.5.11: QUADRATE DER RESIDUEN (gemessene/berechnete Temperatursummen (Gradstunden)) FÜR EINE GELÄNDEKLIMASTATION (135 m ü.Talgrund (80 M ü.NN)) IM RHEINGAU (1975)

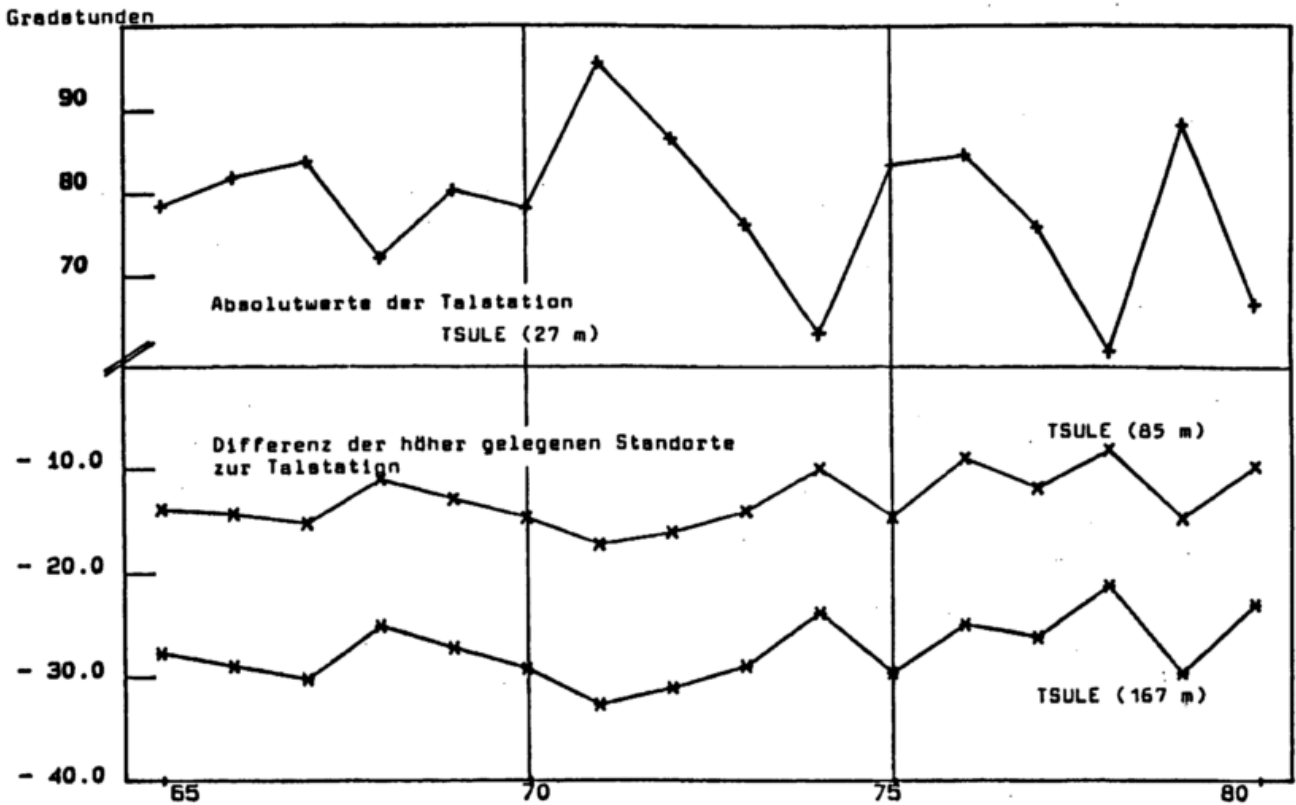


Abb.5.12: BERECHNETE TEMPERATURSUMMEN FÜR 3 STANDORTE (27, 85 u. 167 m ü.Talgrund (80 m ü.NN)) IM RHEINGAU WÄHREND DER PHASE REIFEBEGINN - LESE (1965 - 1980)

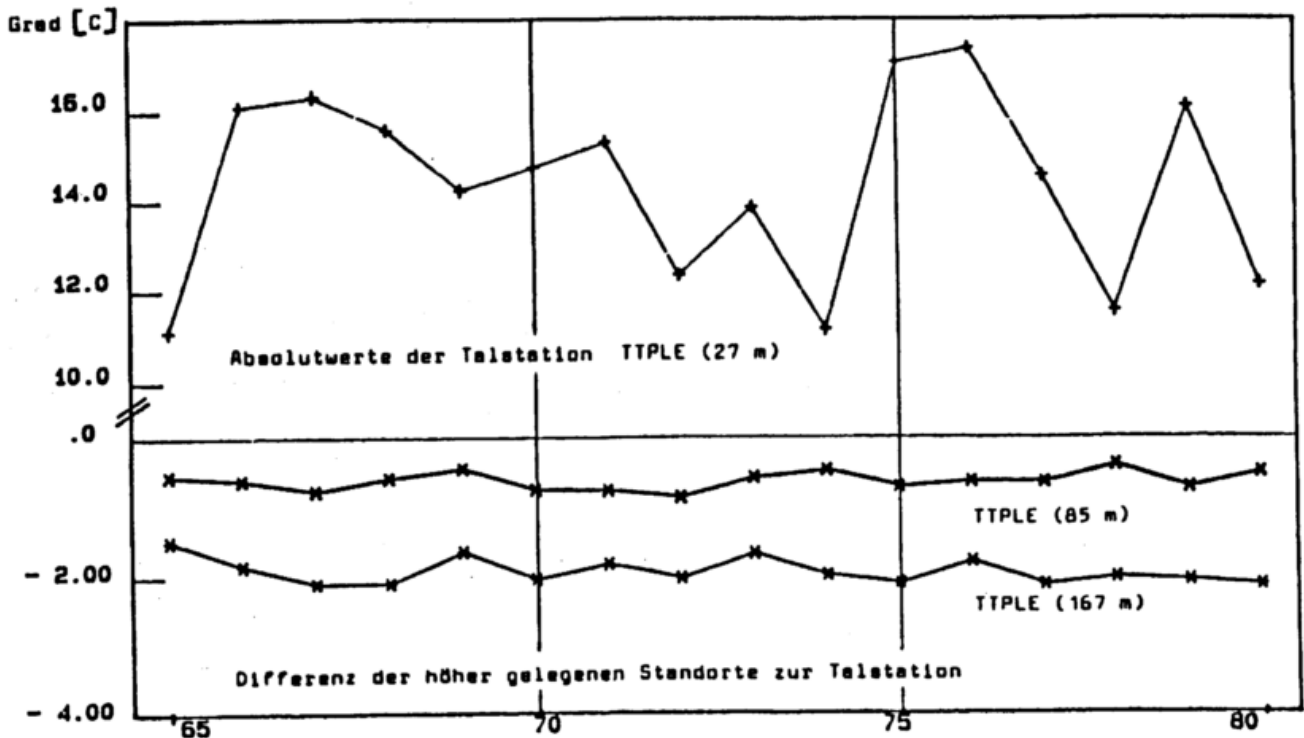


Abb.5.13: BERECHNETE TAGESMITTELTEMPERATUREN (helle Tagesphase (SA-SU)) FÜR 3 STANDORTE (27, 85 u. 167 m ü.Talgrund (80 m ü.NN)) IM RHEINGAU IN DER PHASE REIFEBEGINN - LESE (1965 - 80)

bis Lese, da die Reifezeit im besonderen Maße die Qualität steuert.

Im oberen Teil der Abbildungen sind jeweils die Absolutwerte des talnahen Standortes, im unteren Teil die Differenzen der höher gelegenen Vergleichsstandorte dargestellt. Die Strahlungsverhältnisse der Einzeljahre prägen die Absolutwerte der Temperatursummen. In einer strahlungsreichen Reifephase wie 1971 wird eine Temperatursumme von 95 Gradstunden berechnet, in strahlungsarmen Jahren - wie 1974 und 1978 - fallen die Werte bis auf 60 Gradstunden ab (Abb 5.12).

Da die tägliche Strahlungssumme von der Hangneigung und -richtung abhängt, beeinflusst die Exposition auch die Temperatursumme (Gleichg.5.10). Sie ist aber im Vergleich zur Höhenabhängigkeit wesentlich geringer. Die Differenz der höher gelegenen Standorte kann bis auf 30 Gradstunden ansteigen (Abb.5.12).

Die mittleren Tagestemperaturen von Sonnenauf- bis -untergang (TTP) (Abb.5.13) weisen in der letzten Phase, Reifebeginn bis Lese, starke Jahresschwankungen auf. Sie verdeutlichen die Ungunst schlechter Jahrgänge (65, 74, 78), mit Tageswerten um 11 °C im Gegensatz zu den Spitzenjahren 1975 und 76 mit Werten über 16 °C. Die Differenzen zwischen den Standorten ähneln in ihrem Verlauf den Jahresschwankungen der Temperatursummen, wobei sich die Amplituden abschwächen.

Strahlungsreiche Phasen (1969, 73, 76) dämpfen die höhenbedingte Abnahme der Mitteltemperaturen am Tage (TTP) (Abb.5.12), in strahlungsarmen Phasen nehmen die Höhendifferenzen zu (1967, 68, 74, 75, 77 und 80).

Die Berechnungen differenzieren die Standorte so, wie sie auf der Basis beobachteter Qualitätsunterschiede erwartet werden.

5.4 JAHRESANALYSEN DES MOSTGEWICHTES UND DER PHÄNOLOGISCHEN PHASEN

Die in den Kap.5.1-5.3 entwickelten verschiedenen Modellansätze ermöglichen die Berechnung neuer klimatischer Standortfaktoren. In den folgenden Kap.5.4 bis 5.6 wird geprüft, ob durch die Hinzunahme dieser neuen Variablen (verschiedene Temperaturgrößen, Verdunstung, Wasserbilanz) eine schärfere räumliche Differenzierung der Weinbaustandorte möglich ist.

Auch bei der regionalklimatischen Differenzierung bedarf es einer methodischen Verbesserung (vgl. Kap.2.2), da die bisherige räumliche Abgrenzung mit Hilfe der Sonnenscheinregistrierungen wegen der geringen Netzdichte nur unvollkommen gelingt. Die zur Verfügung stehenden Temperatur- und Niederschlagsbeobachtungen können die Weinbaugebiete nach regionalen Gesichtspunkten schärfer gliedern.

Die statistischen Analysen der Jahresschwankungen des Mostgewichtes der Rebsorte Riesling in den einzelnen Bereichen stellen den Zusammenhang zwischen Klimagrößen und Qualität her, um die gewünschte regionale Gliederung zu erreichen (vgl.Kap.4.2.1 und 4.4.3). Das multiple Bestimmtheitsmaß B ist das Kriterium für die Güte des Zusammenhanges.

Im ersten Schritt werden aus den Analysen der Jahresschwankungen des Mostgewichtes Möglichkeiten zur regionalen Abgrenzung der Weinbaugebiete aufgezeigt (Kap.5.4), im zweiten Schritt sollen die Standortanalysen in den einzelnen Bereichen verwendet werden, um eine bessere geländeklimatische Differenzierung der Standorte zu erreichen (Kap.5.5).

Nach den Voranalysen mit verschiedenen Temperaturgrößen (vgl. Kap.5.2) fällt die Wahl auf folgende Klimaelemente in den 6 phänologischen Entwicklungsstadien (vgl. Kap.4.1.3.2) des Rieslings:

- gewichtete Maximumtemperaturen (TMX)
- direkte Sonneneinstrahlung für ebene Flächen (STR)

- Sättigungsdefizit (SDEF)
- Niederschlag (RR)
- Klimatische Wasserbilanz (WSBL)

5.4.1 JAHRESSCHWANKUNGEN UND REGIONALE UNTERSCHIEDE DER VERWENDETEN VARIABLEN

Durch die Gegenüberstellung der Jahresschwankungen der Klimagrößen, der Blüte und des Mostgewichtes soll ein Überblick über die Variabilität der Größen zwischen den Jahren vermittelt werden.

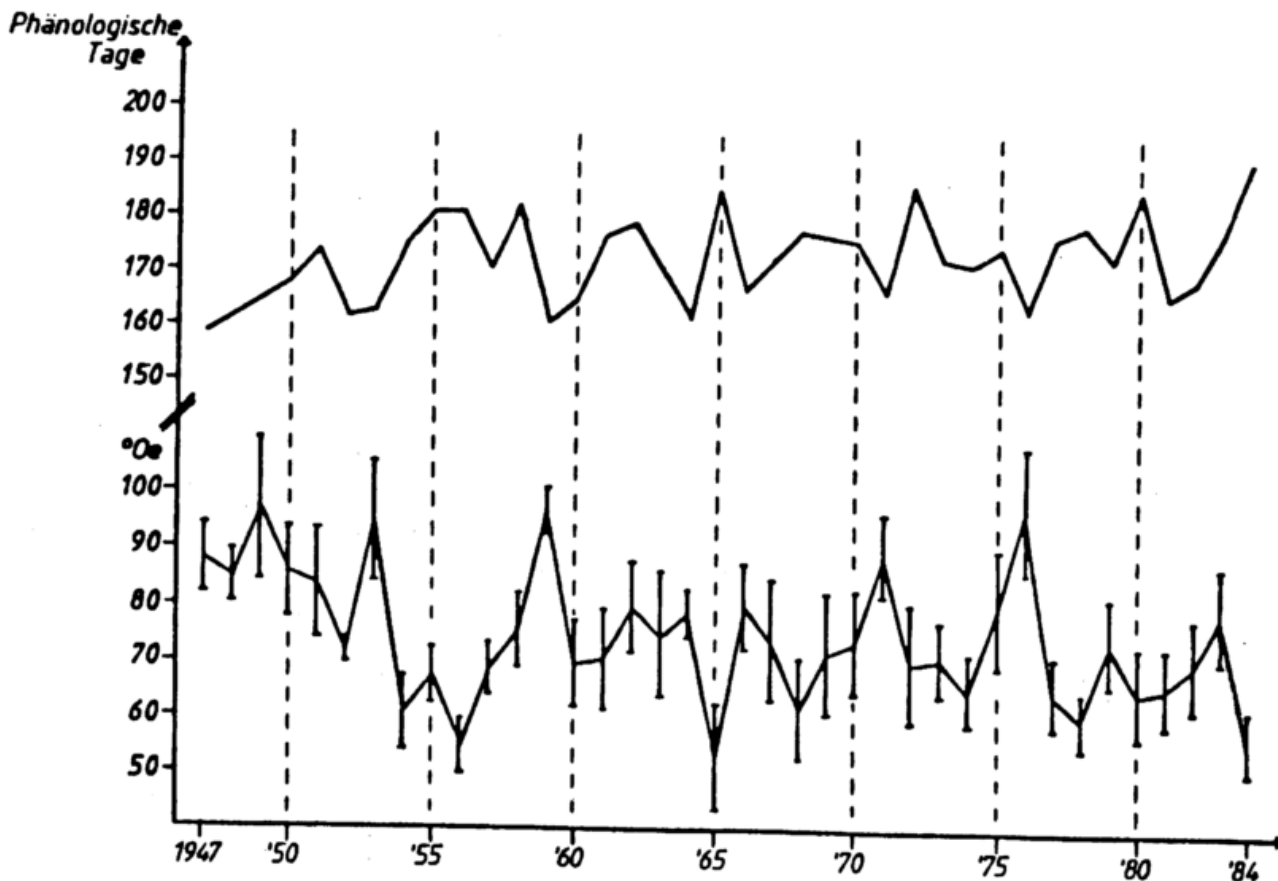


Abb. 5.14: JAHRESSCHWANKUNGEN DER MITTLEREN MOSTGEWICHTE RIESLING (SCHLOSS JOHANNISBERG) UND DER VOLLBLÜTE (RIESLING) GEISENHEIM (1947 - 1984)

In der Abb.5.14 sind die Jahresschwankungen des mittleren Mostgewichtes (21 Parzellen) am Schloß Johannisberg und die Blühtermine am Standort Fuchsberg (Geisenheim) von 1947 bis 84 aufgetragen. Die senkrechten Striche kennzeichnen die Standortschwankungen des Mostgewichtes in den Einzeljahren.

Die Abb.II.1 bis II.3 (Anhang) veranschaulichen die Jahresschwankungen wichtiger klimatischer Einflußgrößen für den Zeitraum 1947 bis 84 im Rheingau. Die Gegenüberstellung der Blühtermine (Abb.5.15) und der Klimaelemente (Abb.II.4-6 (Anhang)) in den verschiedenen Anbaugebieten belegen die regionalen Unterschiede zwischen dem Rheingau (1947 - 84) und den Anbaugebieten von Rheinland - Pfalz (1975 - 84). Die Jahresschwankungen verlaufen weitgehend parallel mit regional bedingten Niveauunterschieden. Lediglich die Niederschlagssummen und die daraus resultierende klimatische Wasserbilanz weisen stärkere regionale Streuungen auf.

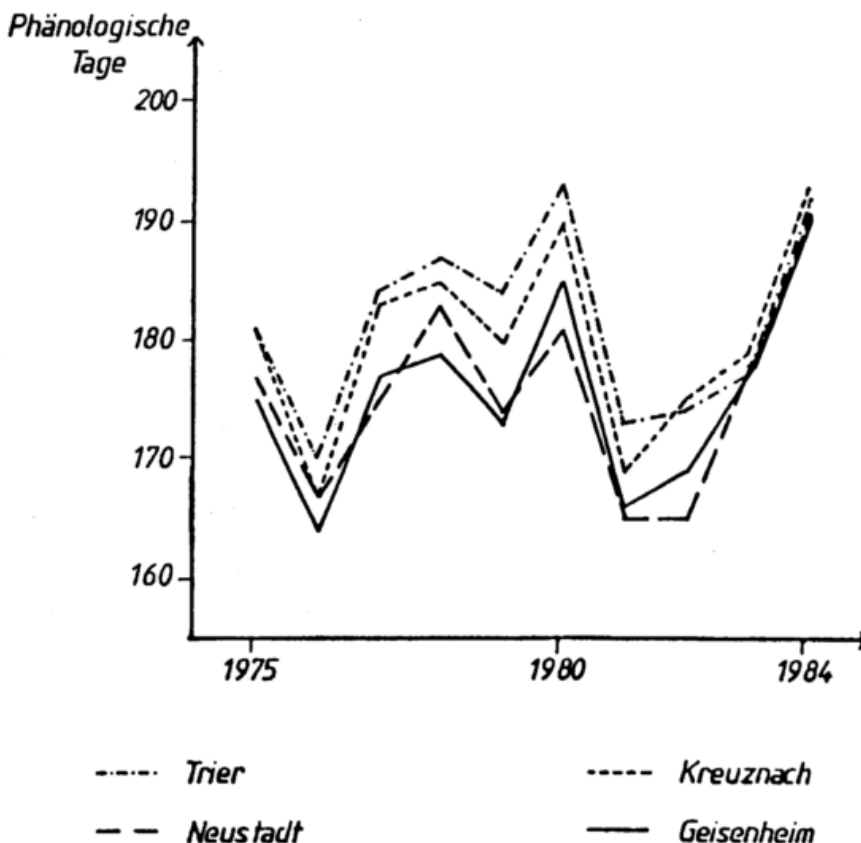


Abb.5.15: VERGLEICH DER JAHRESSCHWANKUNG DES EINTRITTERMINS (VOLL- BLÜTE RIESLING) IN DEN ANBAUGEBIETEN OBERMOSEL (TRIER), PFALZ (NEUSTADT), NAHE (BAD KREUZNACH), RHEINGAU (GEISENHEIM) (1975 - 1984)

Die Abb.5.14 zeigt, daß Schwankungen von 40 °Oe zwischen den Jahren nicht ungewöhnlich sind. Deutlich heben sich Spitzenjahrgänge ($> 80^{\circ}\text{Oe}$) von den geringen Jahrgängen ($< 60^{\circ}\text{Oe}$) ab.

Bei dem Vergleich der Blühtermine und der klimatischen Einflußgrößen mit den Jahresschwankungen des Mostgewichtes deuten sich offensichtliche Zusammenhänge an. So sind zwischen den gewichteten Temperatur-Maxima (TMX4 und TMX6) (Abb.II.1) und dem Mostgewicht Parallelen in den Jahresschwankungen zu erkennen, während der Termin der Vollblüte invers zur Höhe des Mostgewichtes verläuft. Die Spitzenjahre 1949, 59, 71 und 76 lassen sich mit einem frühen Blühtermin und hohen Temperatur-Maxima charakterisieren. Geringe Jahrgänge, wie 1956, 65, 68, 80 oder 84, heben sich deutlich mit sehr später Blüte und entsprechend niedrigen Temperatur-Maxima von den anderen Jahren ab. Ausnahmen bilden beispielsweise die Jahre 1947, 64 und 73, in denen die Temperaturwerte weit über dem Durchschnitt liegen, die Mostgewichte dagegen einen parallelen Anstieg vermissen lassen. Die unterschiedlichen Einflüsse werden in den nachfolgenden Kapiteln näher erläutert.

Da die Mostgewichte nicht für alle Weinbaugebiete kontinuierlich für den gleichen Zeitraum von 1947-84 vorliegen, sind in Tab.5.7 Mittelwerte, Standardabweichungen und Extremwerte von wichtigen Einflußgrößen für den Rheingau (1947-84) und Rheinland-Pfalz (1975-84) gegenübergestellt. Im Anhang (Tab.I.4 und I.5) sind alle Variablen für beide Bereiche mit den oben genannten Kenndaten aufgelistet. Obwohl zwischen den verschiedenen Einflußgrößen in den Untersuchungszeiträumen 1947-84 und 1975-84 deutliche Unterschiede bestehen, können diese statistisch nicht abgesichert werden. Wegen der großen Standardabweichungen ist die Anwendung von Testverfahren nicht zweckmäßig.

Wenn man längere Zeitreihen untersucht, so drängt sich die Frage nach einem möglichen Jahrestrend von Ertrag und Qualität auf. Es kann nicht erwartet werden, daß das Mostgewichts- und Ertragsniveau über mehrere Jahrzehnte hinweg zeitlich stabil bleibt. Durch die langen Mostgewichts- und Ertragsaufzeichnungen am Schloß Johannisberg (Rheingau) von 1890 bis 1980 ist es möglich, diesen Jahrestrend zu bestimmen.

Tab.5.7: GEGENÜBERSTELLUNG VON MITTELWERTEN, STANDARDABWEICHUNGEN MAX- UND MINIMA DER WICHTIGSTEN VARIABLEN IN DEN UNTERSUCHUNGSGEBIETEN

VARIABLE	RHEINGAU (1947 - 1984)				RHEINLAND - PFALZ (1975 - 1984)			
	MITTEL	SDEV	MAX	MIN	MITTEL	SDEV	MAX	MIN
MOSTG. °Oe	74.6	11.5	97.0	53.3	73.6	10.7	96.9	57.0
BLÜTE Jahrestag	172.9	8.0	191.0	159.0	178.1	8.3	193.0	164.0
WSBL3 1/10mm/Tag	-12.1	16.3	20.2	-62.9	-13.6	23.7	31.9	-62.9
WSBL5 1/10mm/Tag	-8.9	12.4	17.6	-43.2	-6.0	14.8	34.7	-34.7
STR3 J/(cm ² *Tag)	1287.8	276.8	1970.0	790.0	1275.6	371.5	2045.0	689.0
STR6 J/(cm ² *Tag)	351.1	162.1	970.0	130.0	317.6	107.6	547.5	150.0
TMX4 1/10 Grad	117.1	9.7	134.7	97.8	117.3	9.6	130.3	92.0
TMX6 1/10 Grad	100.5	18.7	131.7	36.0	101.6	15.9	123.5	57.0
RR5 1/10mm/Tag	11.3	7.1	29.2	1.0	15.0	9.8	45.7	1.0
RR6 1/10mm/Tag	13.6	9.6	38.2	0.3	19.2	13.2	55.5	1.5
SDEF3 1/10 hP	144.5	39.1	299.3	84.7	158.1	61.3	306.3	67.3
SDEF4 1/10 hP	143.9	36.4	261.8	86.7	143.6	34.2	214.0	87.8
SDEF6 1/10 hP	63.6	24.2	170.7	32.0	61.0	17.0	97.0	30.0

WSBL= Klimatische Wasserbilanz (RR - ETA)

STR = Mittlere direkte Sonneneinstrahlung einer phänologischen Phase (horizontale Fläche)

TMX = Mittlere Maximumtemperatur einer Phase

RR = Mittlerer Niederschlag einer Phase

SDEF= Mittleres Sättigungsdefizit einer Phase

Die Ziffern an den Variablen kennzeichnen die Phänologische Phase.

Der Ertragsanstieg kann mit folgender Funktion beschrieben werden:

$$\text{ERTRAG} = 0.406 \text{ ATAN} \left(\frac{\text{JAHR} - 1940}{10} \right) + 44.1 \quad (5.11)$$

wobei

- der Ertrag in hl/ha angegeben wird,
- ATAN der Arcustangens und
- JAHR die Jahreszahl bedeuten.

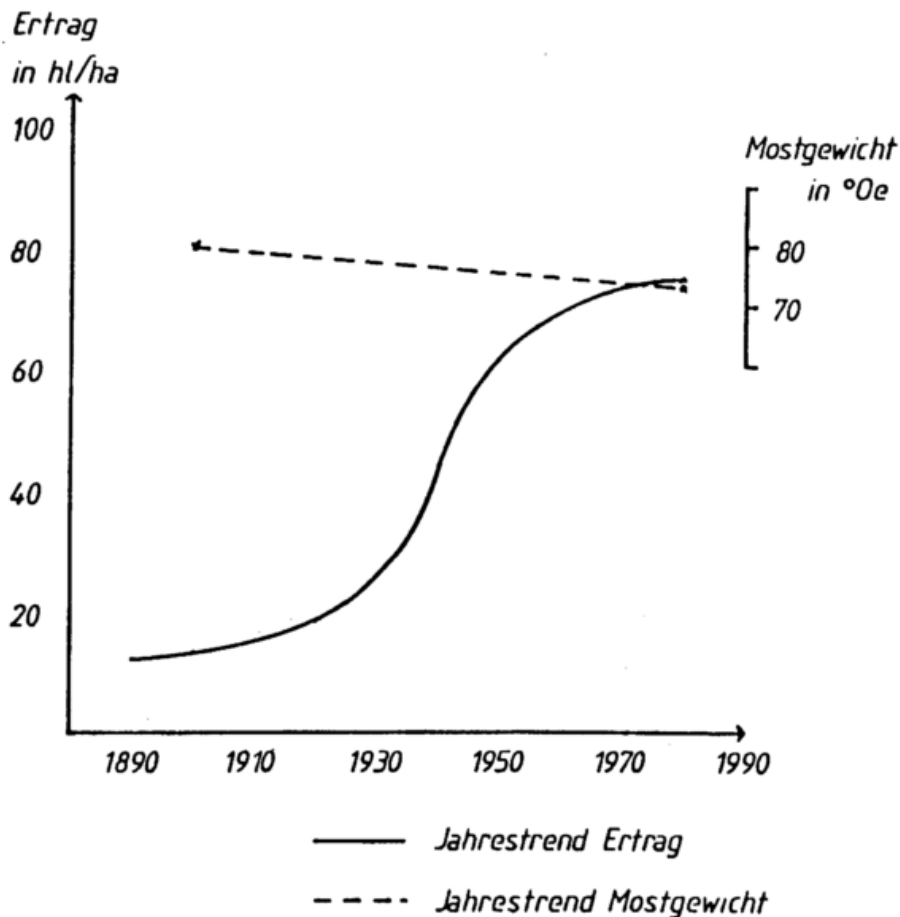


Abb.5.16: JAHRESTREND DES MITTL. MOSTGEWICHTES UND DES MITTL. ERTRAGES (21 PARZELLEN) GEISENHEIM (1890 - 1980) STANDORT SCHLOSS JOHANNISBERG

Die Abb.5.16 zeigt den mit dieser Funktion angepaßten Ertragsanstieg der letzten 100 Jahre. Bis 1930 lagen die Erträge nur in seltenen Fällen über 25 hl/ha, nach 1945 hat es dagegen keinen Ertrag gegeben, der unter 25 hl/ha lag. Von 1900 bis heute haben sich die Erträge vervierfacht. Die Steigerungsraten sind auf die Einführung der Pfropfreben, die Fortschritte in der Rebenzüchtung und die verbesserte Weinbautechnik zurückzuführen. Beim Mostgewicht führt ein gegenläufiger linearer Jahrestrend zu einer Einbuße von 7 °Oe in den letzten 80 Jahren. Lagen die Durchschnittswerte des Mostgewichtes um 1900 bei 80 °Oe, so pendeln sie heute um einen Mittelwert von 73 °Oe. Ein gegenläufiger nichtlinearer Abfall zum Ertrag, wie es die Menge-Güte-Relation postulieren würde, kann nicht ermittelt werden.

Für den Untersuchungszeitraum 1947-84 kann ein Jahrestrend von - 0.9 °Oe in 10 Jahren angenommen werden. Eine entsprechende Wechselbeziehung zum Ertrag besteht nicht.

5.4.2 JAHRESANALYSEN DER PHÄNOLOGISCHEN PHASEN IM RHEINGAU (1947 - 1984)

Für die Qualitätsbildung sind die Eintrittstermine der phänologischen Entwicklungsstadien bedeutsam.

Kontinuierliche Aufzeichnungen der Termine Austrieb, Vollblüte und Lesetermin liegen für den Rheingau von 1947 bis 84 vor. Der Reifebeginn wird erst neuerdings im phänologischen Beobachtungsdienst erfaßt. Für die Zeit von 1959 bis 1984 (ohne 1963 und 1964) stellt das Institut für Rebenzüchtung diese fehlenden Aufzeichnungen für den Standort Fuchsberg zur Verfügung. Die Lücke von 1947 bis 58 wird mit Hilfe der Regressionsbeziehung des Reifebeginns für den Zeitraum 1959 bis 84 geschlossen. Die Tab.5.8 und Abb.5.17 verdeutlichen die Ergebnisse zur Jahresanalyse des Reifebeginns. Insbesondere der Blühtermin steuert mit 50 % entscheidend den Reifebeginn. Danach folgen die Maximumtemperatur in der Nachblütephase (TMX3), die Niederschläge (RR4) und die Strahlung in der vierten Phase (STR4).

Tab.5.8

REGRESSION - JAHRESANALYSE

Einflußgrößen: AUSGEWÄHLTE KLIMAGRÖSSEN GEISENHEIM

Zielgröße: DAUER DER PHASE BLÜTE BIS REIFEBEGINN RIESLING
GEISENHEIM (1960 - 1984) STANDORT FUCHSBERG

N = 23 B = 0.88

Einflußgr.	Einzelkorr.	F-Wert	Reg.Koeff.	P-Wert	
Blüte	0.22	38.5	-0.49	0.001	*
TMX3	0.74	34.4	-0.30	0.001	*
RR4	0.20	18.0	-0.21	0.001	*
STR4	0.55	16.7	-0.02	0.001	*

Differenz zwischen berechneter und geschätzter Phasendauer

Abweichung (Tage)	0 - 3	3 - 6
Jahre (%)	78	22

NICHTLINEARE REGRESSION - JAHRESANALYSE

Einflußgrößen: AUSGEWÄHLTE KLIMAGRÖSSEN (GEISENHEIM)

Zielgröße: DAUER DER PHASE AUSTRIEB - BLÜTE RIESLING
GEISENHEIM (1947 - 1984) STANDORT FUCHSBERG

N = 38 B = 0.91

Einflußgr.	Einzelkorr.	F-Wert	Reg.Koeff.	P-Wert	
AUSTR	0.61	72.1	-5.23	0.001	*
TMX1	0.55	28.8	-4.13	0.001	*
TMX2	0.34	34.8	-3.76	0.001	*
RR2	0.39	7.2	1.59	0.025	*
WSBL1	0.32	9.2	2.68	0.005	*
STR2**2	0.23	3.3	-0.90	0.10	n.s.
TMX1**2	0.01	4.6	-1.56	0.05	*
WSBL1**2	0.14	7.9	-1.42	0.01	*
TMX1*STR1	0.10	5.1	1.47	0.05	*

Differenz zwischen tatsächl. und berechn. Blühterminen in %
der Jahre

Abweichung (Tage)	0 - 3.0	3.1 - 5.0	5.1 - 8.0
Jahre (%)	74	18	8

STR=Mittl.direkte Sonneneinstrahlung einer Phase (horizont. Fläche)

TMX=Mittl.Maximumtemp. einer Phase

RR=Mittl.Niederschlag einer Phase

WSBL=Klimatische Wasserbilanz (RR-ETA)

Die Ziffern an den Variablen kennzeichnen die phänologische Phase

* = signifikant

n.s. = nicht signifikant

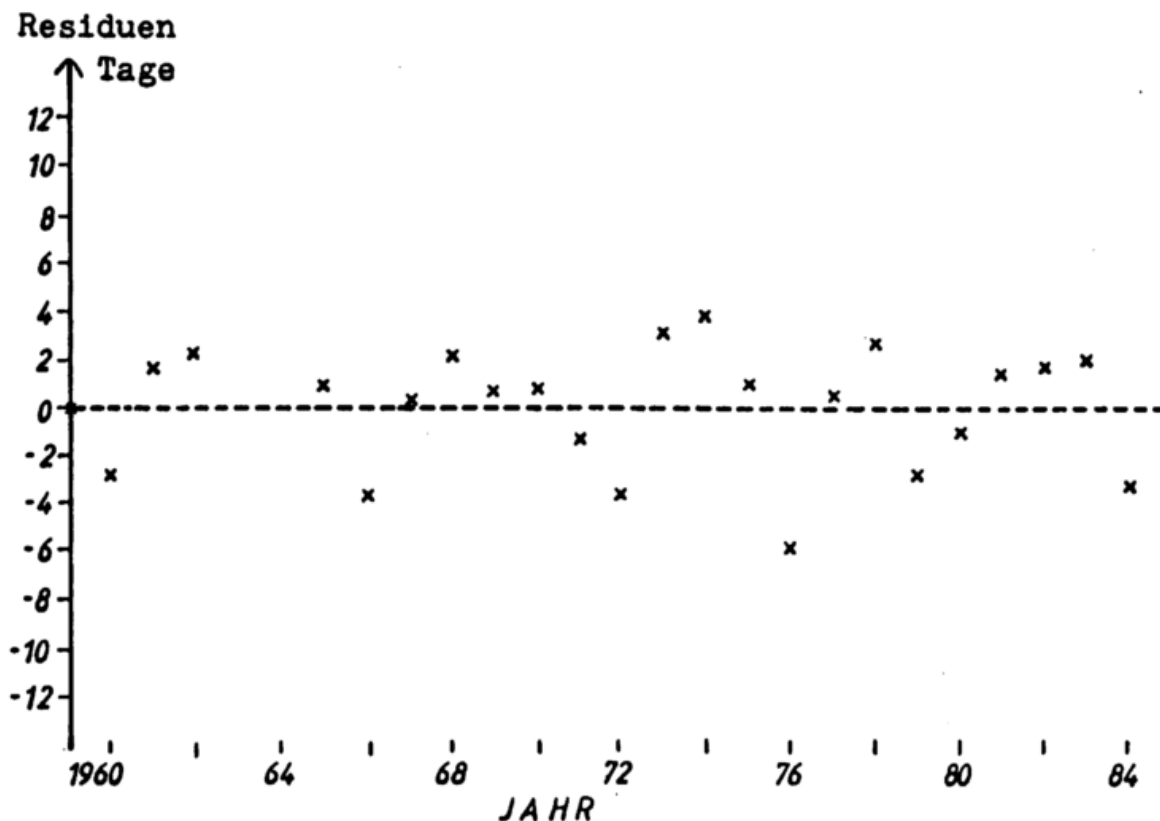


Abb. 5.17: LINEARE REGRESSION - JAHRESANALYSE
 Einflußgrößen: VERSCHIEDENE KLIMAGRÖSSEN (PHÄNOL. PHASEN)
 Zielgröße: DAUER DER PHASE BLÜTE BIS REIFEBEGINN RIESLING
 GEISENHEIM (1959 - 84) STANDORT FUCHSBERG

Insgesamt können mit dieser Beziehung 88 % der gesamten Schwankungsbreite abgedeckt werden. Die maximale Abweichung des tatsächlichen vom geschätzten Reifebeginn beträgt 6 Tage. Eine Anwendung auf den Zeitraum 47 bis 59 ist somit gerechtfertigt, da für die Vegetationszeit lediglich eine Dekadenteilung vorgesehen ist (vgl. Kap. 4.1.3). Somit kann der gesamte Zeitraum 1947 bis 84 entsprechend der in Kap. 4.1.3 vorgestellten Werte eingeteilt werden. Über diese wichtige Anwendung hinaus wird der Reifebeginn bei den folgenden Qualitätsanalysen nicht verwendet. Die Berücksichtigung des Termins führt zu keiner Verbesserung des Ergebnisses bei den Qualitätsanalysen.

Das sagt nichts über die Bedeutung des Reifebeginns für die Qualitätsbildung aus. Entscheidend für die weiteren Analysen ist vielmehr die Tatsache, daß mit der Festlegung des Reifebeginns die angestrebte Phaseneinteilung der Vegetationszeit gelungen ist (vgl. Kap. 4.1.3).

Von großer Bedeutung für die regional-klimatische Gliederung der Weinbaugebiete ist die Berechnung des Eintrittstermins der Vollblüte.

Als Zielgröße wird nicht der tatsächliche Eintrittstermin der Blüte gewählt, sondern die Länge der Phase Austrieb bis Blüte in Tagen. Erste Analysen mit dem tatsächlichen Eintrittstermin führen zu deutlich schlechteren Ergebnissen als die Berücksichtigung der Phase Austrieb bis Blüte. Ebenso verschlechtern sich die Ergebnisse, wenn man für die Verrechnung nur die Klimamittelwerte über die gesamte Phase verwendet. Die Aufteilung in zwei Zeitabschnitte erweist sich als vorteilhaft. Eine nichtlineare quadratische Gleichung mit dem Austriebstermin und 6 weiteren Klimagrößen decken für den Zeitraum 1947 - 84 91 % der gesamten Schwankungsbreite des Blühtermins ab. Dabei wird die Normierungsvorschrift Gleichung 4.14 (vgl. Kap.4.4.3) angewendet.

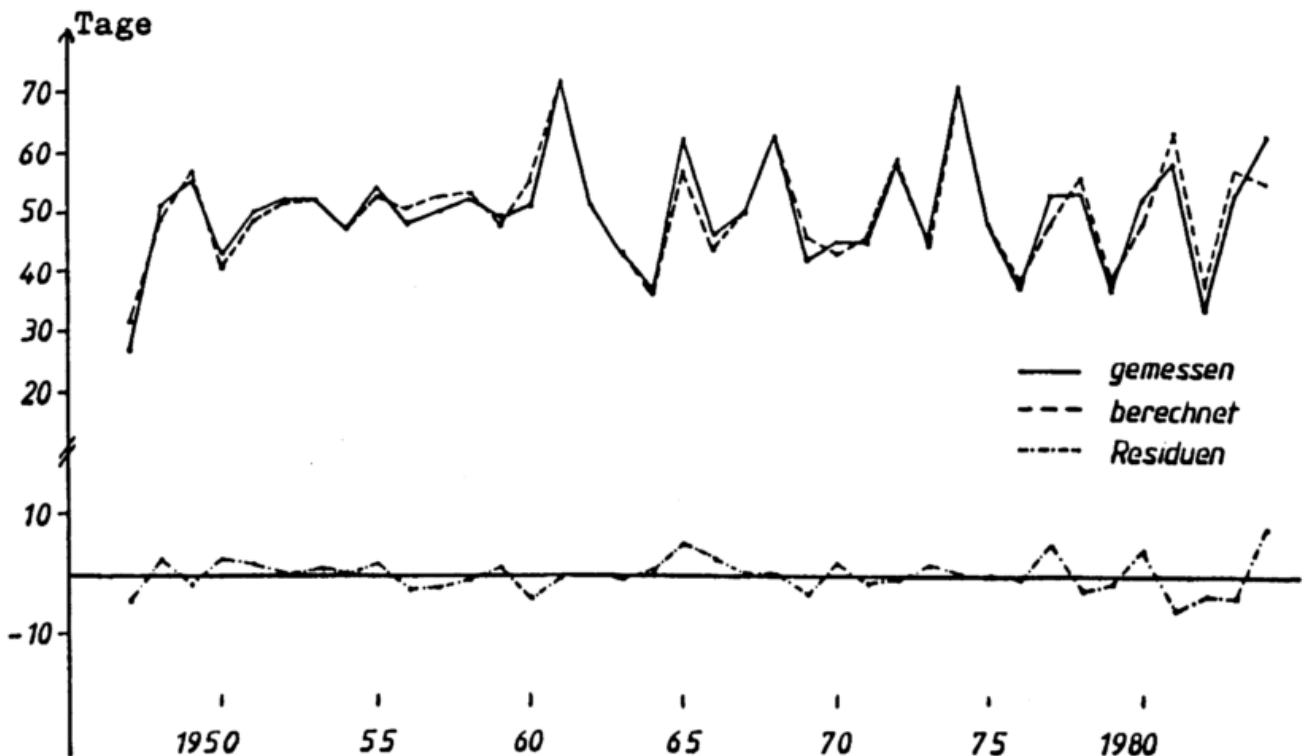


Abb.5.18: NICHTLINEARE REGRESSION - JAHRESANALYSE - RESIDUEN
 Einflußgrößen: VERSCHIEDENE KLIMAGRÖSSEN (PHÄNOL. PHASEN)
 Zielgröße: DAUER DER PHASE AUSTRIEB BIS VOLLBLÜTE
 RIESLING
 GEISENHEIM (1947 - 84) STANDORT FUCHSBERG

In Tab.5.8 sind die Ergebnisse der Regressionsanalyse zusammengestellt, die Abb.5.18 und Tab.I.7 (Anhang) zeigen die Residuen für den Zeitraum 1947 - 84. Die Tab.I.6 und I.4 (Anhang) enthalten die Korrelationen bzw. die Basisstatistik (Mittel, SDEV, MAX, MIN) aller verwendeten Variablen. Da die Einflußgrößen normiert sind, kann deren Einfluß auf die Blüte direkt abgelesen werden. Die Verspätung des Austriebs um + SDEV (= 9 Tage) verkürzt die Phase Austrieb bis Blüte um 5,2 Tage. Ein Entwicklungsverzug zu Beginn kann in der folgenden Zeit zum Teil aufgeholt werden. Die Erhöhung der gewichteten Temperatur-Maxima (TMX1) um + SDEV = 1,5 °C (Tab.I.4 (Anhang)) beschleunigt die Entwicklung um 4 Tage.

In ähnlicher Weise können die anderen Größen interpretiert werden. Niederschläge in der zweiten Phase verzögern die Blüte ebenso wie eine positive Wasserbilanz. Die quadratischen Glieder bestätigen den nichtlinearen Zusammenhang. Das bedeutet, daß unter extremen Witterungsbedingungen die Einflüsse nicht weiter linear ansteigen bzw. abfallen, sondern einem konstanten Grenzwert zustreben. Da die linearen Koeffizienten in der Gleichung wesentlich größer sind als die Koeffizienten der quadratischen Glieder, ist ein durch die quadratischen Glieder verursachter rückläufiger Trend der Einflußgrößen kaum möglich. Nur in 8 % aller Jahre weichen geschätzter und berechneter Blühtermin stärker voneinander ab (> 5 Tage) (Tab.I.7 (Anhang)). In 74 % aller Jahre weicht der Schätzwert um weniger als +/- 3 Tage vom tatsächlichen Eintrittstermin ab. Von wesentlicher Bedeutung in dieser Gleichung ist der Austriebstermin, der den Blühtermin selbst zu einem erheblichen Teil mitsteuert.

Neben der nichtlinearen Regressionsanalyse werden auch Regressionen mit empirischen Orthogonalfunktionen gebildet (vgl.Kap.4.4.3).

Aus der Hauptkomponentenanalyse aller möglichen Einflußgrößen werden neue künstliche Variablen abgeleitet, die völlig unabhängig voneinander sind.

In Tab.5.9 sind die Ergebnisse der Analysen mit Orthogonalfunktionen zusammengestellt. So bestimmen vor allem eine spezifische Austriebskomponente (AUSTR), eine thermische Wirkungs-

Tab.5.9

HAUPTKOMPONENTENANALYSE ALLER EINFLUSSGRÖSSEN
 REGRESSION MIT ORTHOGONALFUNKTIONEN
 JAHRESANALYSE DAUER DER PHASE AUSTRIEB - BLÜTE
 GEISENHEIM (1947 - 1984) STANDORT FUCHSBERG

TABELLE DER HAUPTKOMPONENTEN

Reihenf.Regr.	(3)	(2)	(1)	4	5	(4)
	1	2	3			6
AUSTR	0.02	-0.04	-0.71	0.15	-0.50	0.43
STR1	0.45	-0.06	-0.18	0.15	-0.17	-0.63
STR2	-0.14	-0.67	0.04	0.02	-0.13	-0.35
TMX1	0.39	-0.17	-0.04	0.34	0.64	0.34
TMX2	-0.02	-0.64	0.28	0.19	-0.18	0.33
RR1	-0.42	0.01	-0.27	0.48	0.24	-0.21
RR2	0.09	0.31	0.49	0.65	-0.41	0.04
SDEF1	0.47	-0.05	-0.23	0.20	0.07	-0.11
WSBL1	-0.48	0.03	-0.15	0.32	0.17	-0.13
Eigenwert	3.83	1.83	1.58	0.73	0.53	0.28
Varianz in %	42.55	20.34	17.59	8.11	5.90	3.13
Gesamtvarianz	42.55	62.89	80.48	88.59	94.49	97.61

- (1) ist die Orthogonalfunktion AUSTR
 (2) ist die Orthogonalfunktion STR2 - TMX2
 (3) ist die Orthogonalfunktion WSBL1 - STR1
 (4) ist die Orthogonalfunktion STR1

REGRESSION MIT ORTHOGONALFUNKTIONEN

Zielgröße: DAUER DER PHASE AUSTRIEB BIS BLÜTE RIESLING
 GEISENHEIM (1947 - 1984) STANDORT FUCHSBERG
 N = 38 B = 0.83

Einflußgrößen	Einzelkorr.	F-Wert	Reg.Koeff.	P	
AUSTR	0.54	56.8	3.91	0.001	*
STR2 - TMX2	0.53	54.6	3.56	0.001	*
WSBL1-SDEF1-STR1	-0.45	39.5	-2.09	0.001	*
STR1	-0.26	13.1	-4.44	0.001	*

STR = Mittl. direkte Sonneneinstrahlung (Horizontale Fläche)

TMX = Gewichtete mittl. Maximumtemperatur

RR = Mittl. Niederschlag

SDEF = Mittl. Sättigungsdefizit

WSBL = Klimatische Wasserbilanz (RR - ETA)

Die Ziffern an den Variablen kennzeichnen die phänol. Phase

* = signifikant

n.s. = nicht signifikant

komponente (STR2 - TMX2), eine Wasserhaushalts- und Strahlungs-
komponente (WSBL1 - STR1) den Blühtermin. Dieses Ergebnis stimmt
mit den Untersuchungen von BECKER (1985) überein, der enge Zusam-
menhänge zwischen Temperatur und Blühtermin findet. Die nicht-
lineare Analyse deutet auf einen stärkeren Einfluß des Nieder-
schlags (RR2) hin. Die Hauptkomponentenanalyse zeigt, daß
zwischen Austrieb und Niederschlag (RR2) Wechselwirkungen
bestehen (Komponente 3), so daß der Einfluß des Niederschlags
(RR2) auf den Blühtermin sich auch aus diesen Wechselwirkungen
ergeben kann. Die Wechselwirkungen können klimatisch nicht
erklärt werden.

Insgesamt erreicht die lineare Kombination der Orthogonalfunk-
tionen ein Bestimmtheitsmaß von $B = 0.83$. Der nichtlineare Ansatz
kann die Berechnung des Blühtermins besser absichern ($B = 0.91$).

Um die gewonnenen Beziehungen auch in Gebieten anwenden zu
können, die nicht mit Reben bestockt sind, müssen Kriterien
entwickelt werden, mit denen der Austriebstermin festgelegt wird.
Ein gut abgesicherter Zusammenhang läßt sich beispielsweise mit
der Vollblüte mittelfrüher Apfelsorten (Boskoop) aufbauen.

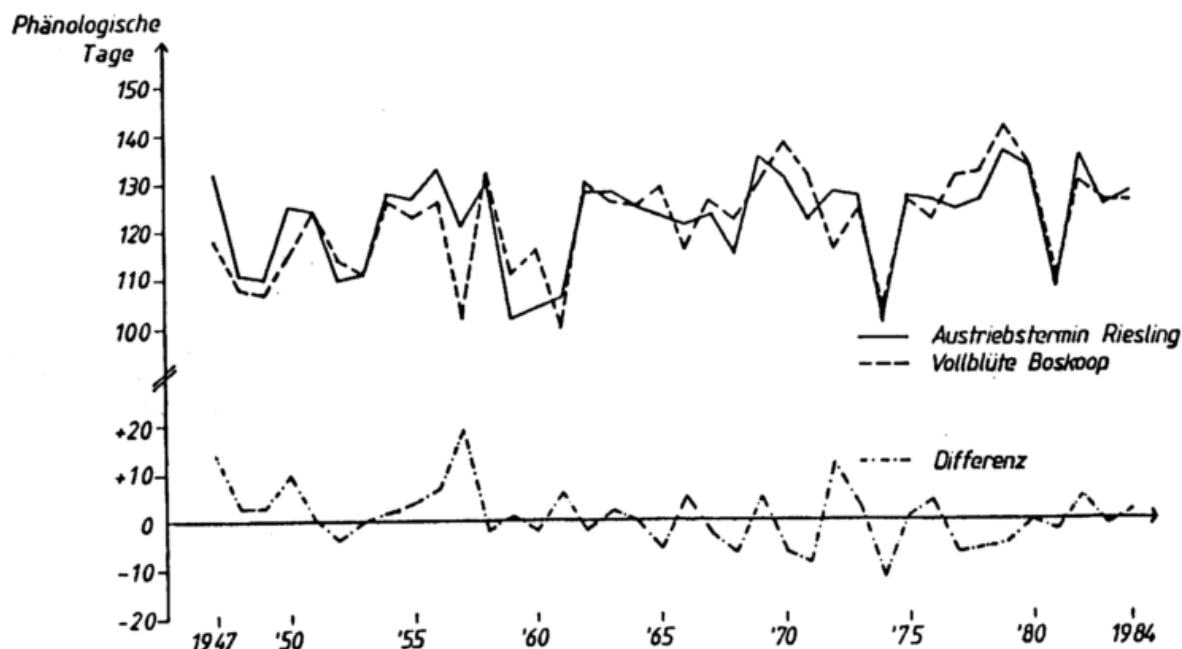


Abb.5.19: VERGLEICH DER EINTRITTSSTERMINE AUSTRIEB RIESLING UND
VOLLBLÜTE BOSKOOP
GEISENHEIM - RHEINGAU (1947 - 84)

Die Abb.5.19 und Tab.I.8 (Anhang) zeigen den Eintrittstermin der Vollblüte beim Boskoop und den Austriebstermin des Rieslings von 1947 bis 84. Beide phänologischen Phasen verlaufen weitgehend parallel. In der Hälfte aller Jahre ist die Differenz zwischen Vollblüte (Boskoop) und Austrieb Riesling 3 Tage, in 73% aller Jahre 6 Tage und nur in 10% steigt die Differenz auf über 10 Tage an. In erster Näherung ist es gerechtfertigt, den Termin Vollblüte (Boskoop) zur Berechnung des Austriebstermins heranzuziehen.

5.4.3 MOSTGEWICHTSANALYSEN IM RHEINGAU (1947 - 84)

Die Tab.4.3 enthält die variable Einteilung der Vegetationsperiode in Dekaden für den Zeitraum (1947-84). Neben dieser variablen Einteilung in 6 Phasen werden Analysen mit einer konstanten Einteilung der Vegetationszeit in 6 Phasen durchgeführt.

Wenn sich die Ergebnisse aus diesen Analysen ähnlich gut absichern lassen wie die bei der Verwendung einer von Jahr zu Jahr wechselnden Phaseneinteilung, so fällt die Umsetzung der aus diesen Berechnungen gewonnenen Beziehungen in die Praxis leichter.

Das beste Ergebnis der Untersuchung mit einer von Jahr zu Jahr gleichbleibenden Phaseneinteilung zeigt die Tab.5.10 (Blüte, STR3, SS 4, THN 2-6, HFT 2-5, STR 6).

Insbesondere fördern ein früher Blühtermin, eine sonnenscheinreiche 4. Phase und hohe Nachttemperaturen in der Reifephase die Qualitätsbildung. Die Beziehung erklärt 79% der Schwankungsbreite des Mostgewichtes ($B = 0.79$). Die Schwankungen der Residuen sind allerdings beträchtlich. Bei den weiteren Analysen fallen die Ergebnisse mit einer variablen Einteilung deutlich besser aus.

In Kap.5.2.3 wurde der Einfluß der verschiedenen Temperaturgrößen auf die Qualitätsbildung erläutert. In der Tab.I.9 (Anhang) sind alle Einzelkorrelationen der verwendeten Einflußgrößen aufgelistet. Von allen Analysen kann die in Tab.5.10 zusammengestellte Regressionsanalyse am besten die Qualitätsschwankungen von Jahr

Tab.5.10

LINEARE REGRESSION - JAHRESANALYSE

Einflußgrößen: AUSGEWÄHLTE KLIMAGRÖSSEN (GEISENHEIM)

Zielgröße: MITTLERES MOSTGEWICHT (21 PARZELLEN) RIESLING

GEISENHEIM (1947 - 1980) STANDORT SCHLOSS JOHANNISBERG

KONSTANTE PHASENEINTEILUNG

N = 34 B = 0.79

Einflußgr.	Part.Korr.	F-Werte	Reg.-Koeff.	P-Wert	
Blüte	-0.71	15.43	-0.65	0.001	*
STR3	+0.53	1.73	0.05	0.10	n.s.
SS4	+0.64	8.54	0.31	0.01	*
THN2-6	-0.28	6.56	-0.15	0.025	*
HFT2-5	-0.37	3.50	-0.26	0.10	n.s.
STR6	+0.46	3.49	-0.20	0.10	n.s.

Differenz zwischen berechneten und tatsächlichen Mostgewichten in %
der Jahre

Differenz (°Oe)	0 - 3.0	3.1 - 6.0	6.1 - 10.0	≥ 10.1
Jahre (%)	47	38	6	9

NICHTLINEARE REGRESSION - JAHRESANALYSE

Einflußgrößen: AUSGEWÄHLTE KLIMAGRÖSSEN (GEISENHEIM)

Zielgröße: MITTLERES MOSTGEWICHT (21 PARZELLEN) RIESLING

GEISENHEIM (1947 - 1984) STANDORT SCHLOSS JOHANNISBERG

VARIABLE PHÄNOLOGISCHE PHASEN

N = 38 B = 0.91

Einflußgr.	Einzelkorr.	F-Wert	Reg.Koeff.	P-Wert	
Blüte	-0.68	58.8	-6.2	0.001	*
TMX4	+0.53	31.1	6.2	0.001	*
TMX6	+0.50	30.2	5.1	0.001	*
RR6	-0.33	25.2	-4.6	0.001	*
SDEF3	+0.44	13.9	5.8	0.005	*
SDEF4	+0.62	6.1	-3.8	0.025	*
WSBL3	-0.40	3.7	2.9	0.10	n.s.
STR6**2	+0.26	15.1	-2.9	0.001	*
RR5*WSBL5	-0.15	11.6	-1.9	0.005	*
STR6*TMX6	+0.20	15.8	5.2	0.001	*

Differenz zwischen berechnetem und tatsächlichem Mostgewicht

Differenz (°Oe)	0 - 3.0	3.1 - 6.0	≥ 6.1
Jahre (%)	63	32	5

STR=Mittl.direkte Sonneneinstr. SS=Mittl.Sonnenscheindauer
 THN=Summenhäufigkeit Temp.(Nacht) RR=Niederschlag
 HFT=Summenhäuf. Luftfeucht. (Tag) WSBL=Klimat.Wasserbilanz (RR-ETA)
 SDEF=Sättigungsdefizit TMX=Gewicht. Temperaturmaxima
 Die Ziffern an den Variablen kennzeichnen die phänol. Phase
 * = signifikant n.s. = nicht signifikant

zu Jahr erklären. Die Größen sind bis auf das Mostgewicht normiert (vgl. Kap.4.4.3). Sie können mit Hilfe Tab.I.4 (Anhang) interpretiert werden:

- eine verfrühte Blüte um + SDEV (= + 8 Tage) steigert das Mostgewicht um 6,2 °Oe,
- ähnliche Anstiege können bei dem Sättigungsdefizit (SDEF3 = +3.9 hP und TMX4 = +0.97°) erwartet werden,
- eine Erhöhung des mittleren täglichen Niederschlags (RR6) um +0.96 mm/Tag verschlechtert die Qualität um 4.6 °Oe,
- ein Anstieg der mittl. täglichen Strahlungssummen (STR6) um + SDEV = + 162 J/(cm²*Tag) und der Maximumtemperaturen (TMX6) um + SDEV = +1.87° können das Mostgewicht um 10 °Oe steigern,
- hohe Sättigungsdefizite wirken sich in der Phase 4 negativ aus,
- eine günstige Wasserbilanz in der Phase 3 fördert, in der Phase 5 dagegen vermindert sie die Qualität.

Die Abb.5.20 und Tab.I.10 (Anhang) verdeutlichen die Güte der gewonnenen Beziehung im Vergleich des berechneten Mostgewichtes mit dem tatsächlichen Beobachtungswert. Stärkere Abweichungen treten 1949 mit 6 °Oe, 1958 mit 7,2 °Oe, 1971 mit -5,9 °Oe, 1972 mit +6,0 °Oe und 1982 mit -6,6 °Oe auf. Überraschend gut wird in den extrem trockenen Jahren 1947, 59, 64, 73, 76 und 83 die Qualitätsstufe getroffen. Diese guten Ergebnisse sind darauf zurückzuführen, daß verschiedene Wasserhaushaltsgrößen mitberücksichtigt werden. Extrem hohe Strahlungswerte in der Phase 6 (STR6**2) - wie beispielsweise 1947 - mindern ebenfalls die Qualität. Mit Berücksichtigung des Lesetermins kann das multiple Bestimmtheitsmaß von 0,912 auf 0,922 verbessert werden. Bei dem Vergleich der Residuen ergeben sich allerdings keine wesentlichen Steigerungen. In 63 % der Jahre weicht das geschätzte Mostgewicht um weniger als 3 °Oe, in 95 % der Jahre um weniger als 6 °Oe vom beobachteten Wert ab.

Neben dem nichtlinearen Regressionsansatz kann - wie bei der Berechnung der Vollblüte - das Mostgewicht aus der linearen Kombination der Orthogonalfunktion ermittelt werden.

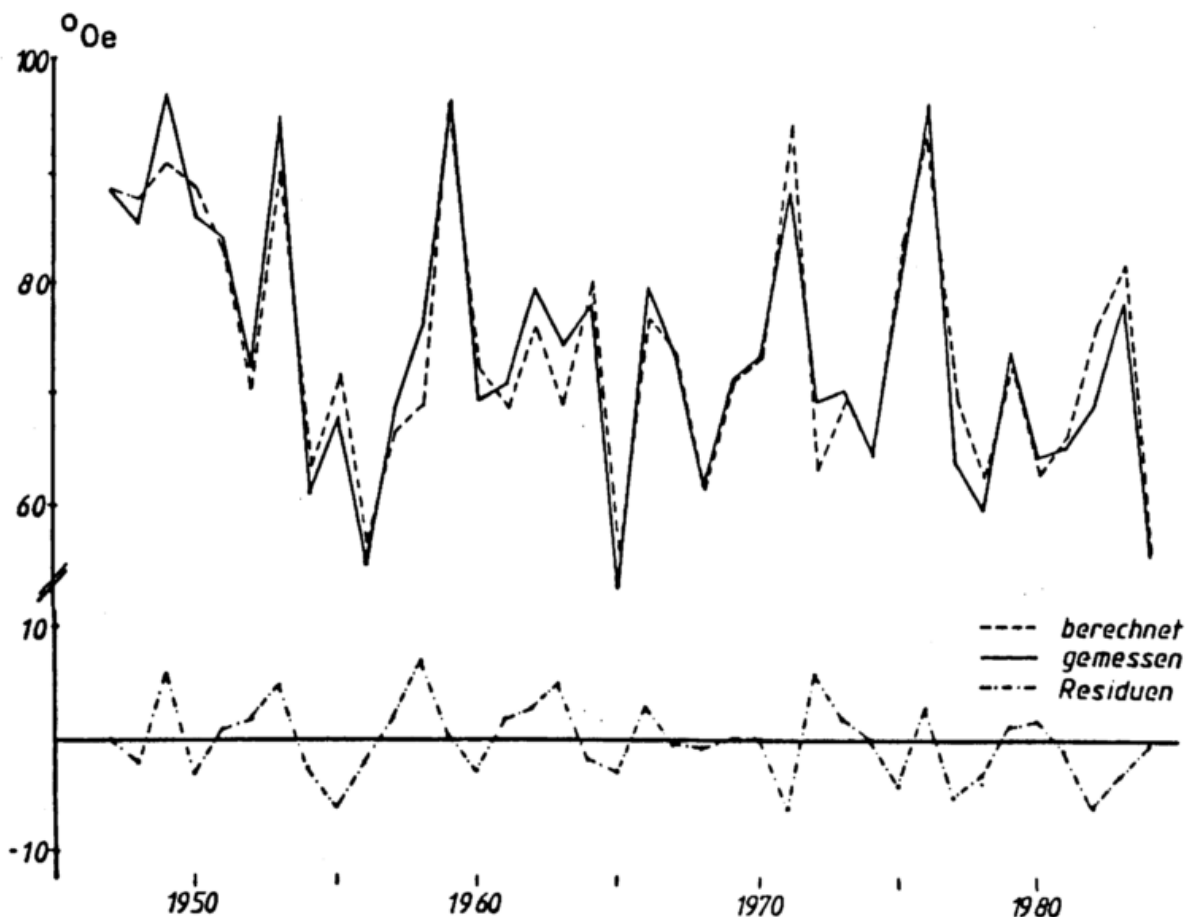


Abb.5.20: NICHTLINEARE REGRESSION - JAHRESANALYSE - RESIDUEN
 Einflußgrößen: VERSCHIEDENE KLIMAGRÖSSEN (VARIABLE PHASEN)
 Zielgröße: MITTL. MOSTGEWICHT (21 PARZ.)(°C) RIESLING GEISENHEIM (1947-84) STANDORT JOHANNISBERG
 DIFFERENZ ZWISCHEN BEOBACHTETEN UND BERECHNETEN WERTEN (RESIDUEN IN °C)

Die Tab.5.11 zeigt die Hauptkomponenten, die die Basis für die Bildung der neuen, voneinander unabhängigen Orthogonalfunktionen bilden. Im unteren Teil der Tabelle ist das Ergebnis der Regressionsanalysen mit den Orthogonalfunktionen dargestellt. Die Wirkungskomponente 1 wird durch verschiedene Variablen (STR6, SDEF3, SDEF4 und WSBL3) festgelegt. Sie bestimmt auch weitgehend die Qualitätsbildung. Eine eindeutige Zuordnung zu bestimmten Phasen ist nicht möglich. In dieser Wirkungskomponenten weisen Blühtermin und Strahlungs- bzw. Temperaturgrößen ein entgegengesetztes Vorzeichen auf, das heißt, eine frühe Blüte führt zu günstigen thermischen Bedingungen in den Folgephasen (Jahresgang der Klimagrößen).

Tab.5.11

HAUPTKOMPONENTENANALYSE ALLER EINFLUSSGRÖSSEN

JAHRESANALYSE MITTLERES MOSTGEWICHT (21 PARZELLEN) RIESLING

GEISENHEIM (1947 - 84) STANDORT SCHLOSS JOHANNISBERG

TABELLE DER HAUPTKOMPONENTEN

Reihenf.Regr.	(1)			(4)			(2)	(3)	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
BLÜTE	0.33	-0.04	0.24	0.24	-0.54	0.55	0.36	-0.22	-0.01
STR6	-0.39	0.01	0.15	0.15	0.37	-0.05	0.81	0.02	-0.05
TMX4	-0.28	-0.29	0.39	-0.49	-0.21	0.22	-0.01	0.58	0.08
TMX6	-0.29	0.20	0.26	0.38	0.40	0.58	-0.40	0.03	0.03
RR5	0.13	-0.63	0.19	0.14	0.29	-0.07	-0.10	-0.23	-0.07
RR6	0.15	-0.26	-0.54	-0.42	0.33	0.53	0.13	-0.09	-0.02
SDEF3	-0.36	-0.29	-0.36	0.31	-0.23	0.00	-0.01	-0.01	0.71
SDEF4	-0.41	-0.18	0.26	-0.32	-0.14	-0.04	-0.13	-0.70	-0.06
WSBL3	0.37	0.26	0.35	-0.30	0.28	-0.04	0.07	-0.16	0.69
WSBL5	0.32	-0.47	0.22	0.25	0.13	-0.14	-0.03	0.20	0.03
Eigenwert	3.82	1.95	1.19	0.97	0.84	0.05	0.39	0.17	0.10
Varianz in %	38.17	19.48	11.92	9.74	8.42	5.48	3.86	1.73	1.02
Gesamtvarianz	38.17	57.65	69.57	79.30	87.72	93.20	97.06	98.79	99.81

(1) ist die Orthogonalfunktion STR6 - WSBL3 - SDEF3 - SDEF4

(2) ist die Orthogonalfunktion TMX4 - SDEF4

(3) ist die Orthogonalfunktion WSBL3 - SDEF3

(4) ist die Orthogonalfunktion STR6

REGRESSION MIT ORTHOGONALFUNKTIONEN

Zielgröße: MITTL. MOSTGEWICHT (21 PARZELLEN) (RIESLING)

RHEINGAU (1947 - 1984) STANDORT SCHLOSS JOHANNISBERG

N = 38 B = 0.77

Einflußgrößen	Einzelkorr.	F-Wert	Reg.Koeff	P
STR6-WSBL3-SDEF3 -SDEF4	-0.80	94.2	-4.79	0.001 *
TMX4 - SDEF4	0.27	10.2	7.41	0.005 *
WSBL3 - SDEF3	-0.17	4.2	-3.18	0.05 *
STR6	0.17	4.4	6.31	0.05 *

STR = Mittl. direkte Sonneneinstrahlung (horizontale Fläche)

TMX = Gewichtete mittl. Maximumtemperatur

RR = Mittl. Niederschlag

SDEF = Mittl. Sättigungsdefizit

WSBL = Klimatische Wasserbilanz (RR - ETA)

Die Ziffern an den Variablen kennzeichnen die phänol. Phase

* = signifikant

n.s. = nicht signifikant

Die weiteren Wirkungskomponenten, die an der Qualitätsbildung beteiligt sind, lassen sich eindeutiger bestimmten Phasen bzw. Klimaelementen zuordnen.

Die Temperatur in der Phase 4 (TMX4), die Wasserhaushaltsgröße (SDEF3-WSBL3-SDEF4) und die Strahlung (STR6) in der Phase 6 sind für die Qualitätsbildung bedeutsam. Die lineare Kombination der Orthogonalfunktion kann 77% ($B=0.77$) der Jahresschwankungen des Mostgewichtes erklären. Gegenüber dem nichtlinearen Ansatz ($B=0.91$) fällt dieses Ergebnis deutlich schlechter aus.

5.4.4 MOSTGEWICHTSANALYSEN IN RHEINLAND-PFALZ UND IM RHEINGAU (1975-1984)

Ähnliche Analysen wie im Rheingau werden mit den Mostgewichtserhebungen in Rheinland-Pfalz (1975 - 84) durchgeführt. Aus den Landesreifemessungen (vgl. Kap.4.1.2) stehen Erhebungen aus den Anbaugebieten Pfalz, Nahe, Ober- und Mittelmosel zur Verfügung. Diese Jahresanalyse klammert den Bereich der Mittelmosel aus (vgl. Kap.4.1.1). Dagegen werden auch die Erhebungen des Rheingaus für diesen Zeitraum mitverwendet, so daß ein Gesamtkollektiv aus 40 Einzelbeobachtungen zur Verfügung steht. Die Trennung nach Einzelbereichen (10 Beobachtungen) erlauben keine sinnvollen Analysen.

Die Phaseneinteilung, die sich für den Rheingau bewährt hat, bildet die Basis für die Einteilung der Klimagrößen während der Vegetationsperiode. Diese Analysen sind nicht mit den Berechnungen im Rheingau vergleichbar, da sich das Gesamtkollektiv aus verschiedenen Weinbaugebieten über einen nur 10-jährigen Zeitraum zusammensetzt. Die Besonderheiten der Jahre 1975 bis 84 (vgl. Kap.5.4.1.) lassen sich auch in den Ergebnissen wiederfinden. Die regionalen Unterschiede treten gegenüber den Jahresschwankungen zurück. Aus den Analysen wird deutlich (Tab.5.12 und Abb.5.21), daß sich die Mostgewichte in den 4 Bereichen für die Jahre 1975 - 84 wesentlich besser absichern lassen, als die Einzelanalyse des Rheingaus. Die verwendeten Klimagrößen bestimmen allein 93% der Gesamtschwankungen des Mostgewichtes. Das Sättigungsdefizit in der letzten Phase stellt mit 64% den Hauptanteil (Tab.5.12).

Tab.5.12

NICHTLINEARE REGRESSION - JAHRESANALYSEN

Einflußgrößen: AUSGEWÄHLTE KLIMAGRÖSSEN

Zielgröße: MITTLERES MOSTGEWICHT RIESLING

WEINBAUGEBIETE MOSEL (18 PARZ.) - NAHE (16 PARZ.)

PFALZ (19 PARZ.) - RHEINGAU (21 PARZ.)

VARIABLE PHASENEINTEILUNG

N = 40 B = 0.93

Einflußgr.	Einzelkorr.	F-Wert	Reg.Koeff	P-Wert	
STR3	0.78	25.7	4.77	0.001	*
SDEF6	0.80	69.7	6.73	0.001	*
STR3**2	0.51	3.2	1.63	0.10	n.s.
TMX6**2	0.27	9.2	1.40	0.005	*
SDEF6**2	0.02	8.7	-1.93	0.01	*
WSBL5**2	-0.28	37.5	-9.33	0.001	*
WSBL3*RR3	0.28	3.2	1.81	0.10	n.s.
RR5*WSBL5	0.26	34.6	8.42	0.001	*
RR6*WSBL6	0.05	7.7	1.17	0.01	*

Differenz zwischen berechnetem und tatsächlichem Mostgewicht

Differenz(°Oe)	0 - 3.0	3.1 - 6.0	≥ 6.1
Beobachtungen (%)	75	23	2
(Jahre, Bereiche)			

STR = Mittlere direkte Sonneneinstrahlung (horizontale Fläche)

SDEF = Mittl. Sättigungsdefizit

TMX = Gewichtete mittl. Temperaturmaxima

WSBL = Klimatische Wasserbilanz (RR - ETA)

RR = Mittl. Niederschlag

Die Ziffern an den Variablen kennzeichnen die phänologische Phase

* signifikant

n.s. = nicht signifikant

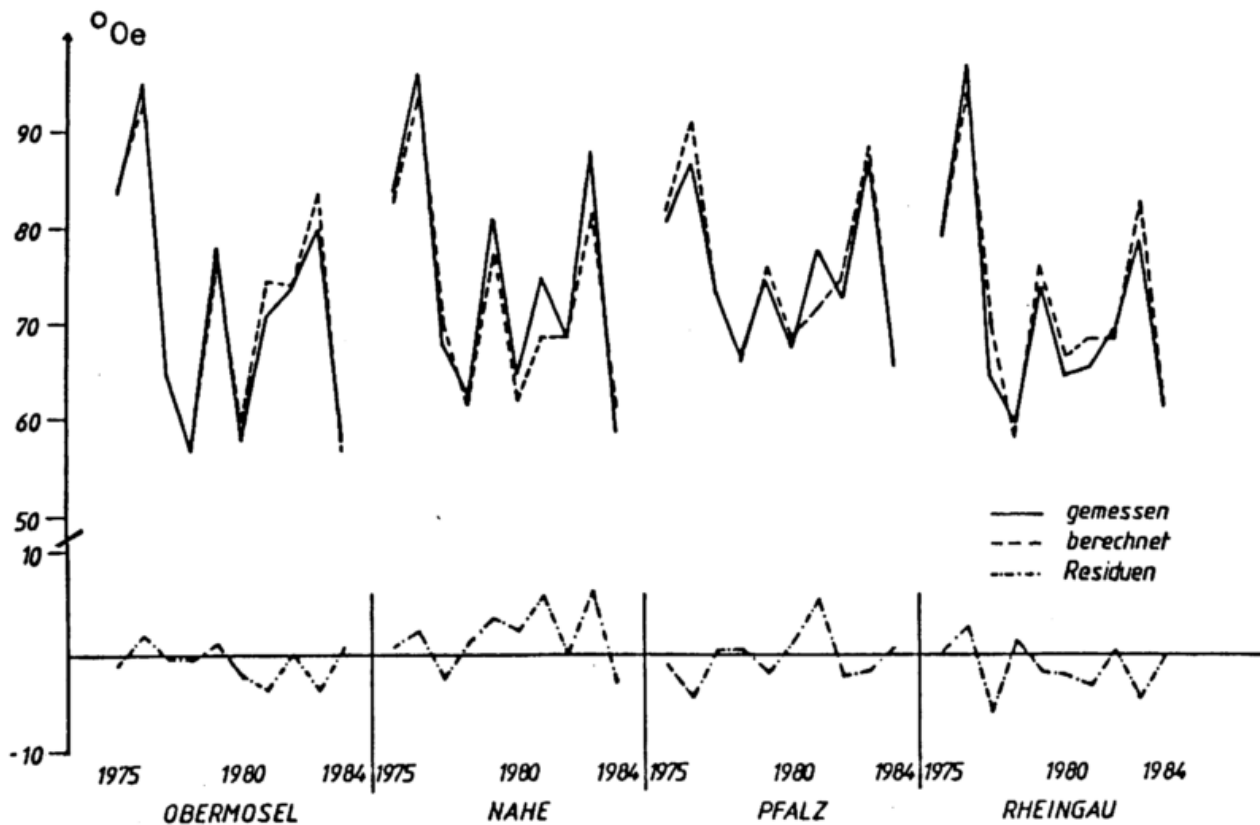


Abb.5.21: NICHTLINEARE REGRESSION - JAHRESANALYSE
 Einflußgrößen: VERSCHIEDENE KLIMAGRÖSSEN
 Zielgröße: MITTL. MOSTGEWICHT (°Oe) RIESLING
 WEINBAUGEBIETE MOSEL (18 PARZ.) - NAHE (16 PARZ.)
 PFALZ (19 PARZ.) - RHEINGAU (21 PARZ.)
 DIFFERENZ ZWISCHEN BEOBACHTETEN UND BERECHNETEN WERTEN
 (RESIDUEN IN °Oe)

Bei 75 % aller Einzelbeobachtungen liegt die Differenz zwischen berechnetem und geschätztem Mostgewicht zwischen 0 und 3 °Oe und nur in 2 % über 6 °Oe (Tab.I.16 (Anhang)). Nicht zu verkennen sind die deutlichen Unterschiede zu den Ergebnissen im Rheingau:

- der starke Einfluß des Blühtermins verlagert sich auf die Einstrahlung in der dritten Phase,
- das Sättigungsdefizit in der 6. Phase ersetzt den Einfluß der Strahlung und des Temperaturmaximums in dieser Phase im Rheingau,
- Klimagrößen aus der 4.Phase haben keinen signifikanten Einfluß,

- die Wasserbilanz in der 5. Phase übt einen stärkeren Einfluß aus, wobei sehr hohe und sehr niedrige Werte die Qualität mindern, mittlere die Qualität fördern,
- der Anteil nichtlinearer Glieder an der Gesamtschwankung ist wesentlich höher.

Diese vom Rheingau abweichenden Ergebnisse sind auf die stärker ausgeprägten Wechselbeziehungen zwischen den Einflußgrößen zurückzuführen. Die Korrelationstabelle I.11 (Anhang) weist die Zusammenhänge aus. Die Wechselwirkungen erklären sich aus der Tatsache, daß sich bei den Variablen Jahreseinflüsse und regionale Unterschiede vermischen.

Entsprechend den vorangegangenen Analysen werden wiederum die Hauptkomponenten der Einflußgrößen berechnet und daraus die Orthogonalfunktionen abgeleitet (Tab.5.13). Bei der Analyse des kombinierten Datensatzes (Rheinland-Pfalz - Rheingau) der Jahre 1975-84 üben ausschließlich Variablen der Phase 3 und 6 einen signifikanten Einfluß auf die Qualität aus. Von Bedeutung sind vor allem Strahlungs- und Wasserhaushaltsgrößen.

Zwei Wirkungskomponenten können abgesichert werden:

- Wirkungskomponente 1
(Strahlungs- und Wasserhaushalt der Phase 3)
- Wirkungskomponente 5
(Strahlung und Niederschlag Phase 3 und Temperatur Phase 6)

Ähnlich wie im Rheingau fällt das Ergebnis der linearen Regressionsanalyse mit Orthogonalfunktionen ($B = 0.74$) im Vergleich zum nichtlinearen Ansatz ($B = 0.93$) deutlich schlechter aus. Bei der regionalklimatischen Differenzierung der Weinbaugebiete werden die Orthogonalfunktionen nicht verwendet.

Tab.5.13

HAUPTKOMPONENTENANALYSE ALLER EINFLUSSGRÖSSEN

JAHRESANALYSE MITTLERES MOSTGEWICHT RIESLING

RHEINLAND - PFALZ UND RHEINGAU (1975 - 1984)

TABELLE DER HAUPTKOMPONENTEN

Reihenf.Regr.	(1)			(2)		
	1	2	3	4	5	6
STR3	0.45	-0.06	-0.03	-0.25	0.54	-0.54
TMX6	0.32	-0.05	-0.55	0.35	-0.51	-0.44
RR3	-0.43	0.00	-0.04	0.42	0.48	-0.40
RR5	-0.16	-0.45	-0.52	-0.26	0.21	0.18
RR6	-0.09	0.55	-0.40	-0.15	0.12	0.11
SDEF6	0.39	-0.02	-0.26	0.52	0.38	0.55
WSBL3	-0.46	0.02	-0.02	0.41	-0.04	-0.08
WSBL5	-0.28	-0.46	-0.29	-0.23	-0.06	0.02
WSBL6	-0.17	0.53	-0.33	-0.26	0.03	-0.02
Eigenwert	4.04	2.47	1.19	0.80	0.35	0.11
Varianz in %	44.91	27.47	13.25	8.94	3.89	1.26
Gesamtvarianz	44.91	72.37	85.63	94.56	98.45	99.71

(1) ist die Orthogonalfunktion STR3 - RR3 - WSBL3

(2) ist die Orthogonalfunktion STR3 - TMX6 - RR3

REGRESSION MIT ORTHOGONALFUNKTIONEN

Zielgröße: MITTLERES MOSTGEWICHT RIESLING

RHEINLAND-PFALZ UND RHEINGAU (1975 - 1984)

N = 40

B = 0.74

Einflußgrößen	Einzelkorr.	F-Werte	Reg.Koeff	P
STR3-RR3-WSBL3	0.78	86.2	4.17	0.001 *
STR3-TMX6-RR3	0.36	18.0	6.47	0.001 *

STR = Mittl. direkte Sonneneinstrahlung

TMX = Gewichtete mittl. Maximumtemperatur

RR = Mittl. Niederschlag

SDEF = Mittl. Sättigungsdefizit

WSBL = Klimatischer Wasserhaushalt (RR - ETA)

Die Ziffern an den Variablen kennzeichnen die phänol. Phase

* = signifikant

n.s. = nicht signifikant

5.4.5 WEINBAUKLIMATISCHE REGIONALE DIFFERENZIERUNG DER WEINBAUGEBIETE

Die gefundenen Beziehungen zwischen Klimagrößen und Mostgewicht bieten die Möglichkeit, die einzelnen Anbauggebiete nach weinbauklimatischen Kriterien zu gliedern. Da es sich um statistische Verfahren handelt, müssen die Beziehungen an ähnlich langen Zeitreihen in den anderen Weinbaugebieten überprüft werden (vgl. Kap. 6.3.1.1).

Zur regionalen Abgrenzung werden die im Rheingau für die Blüte und Mostgewichte gewonnenen Beziehungen verwendet. Zur Berechnung der Blüte wird wiederum die Kenntnis des Austriebs vorausgesetzt. Da es für die Anwendung vor allem darauf ankommt, die Gleichungen auch in nicht mit Reben bestockten Gebieten einsetzen zu können, wird der Austrieb aus der Vollblüte der Apfelsorte Boskoop abgeleitet (vgl. Kap. 5.4.2). Dabei werden in den einzelnen Jahren die im Rheingau beobachteten Differenzen zwischen Vollblüte und Austrieb Riesling auch für die anderen Bereiche eingesetzt. Diese Verfahrensweise ist gerechtfertigt, da die Differenzen im wesentlichen aus der aktuellen Jahreswitterung erklärt werden können. Mögliche regionale Unterschiede reduzieren sie dann auf wenige Tage. Für diesen Vergleich werden klimatisch exponierte Klimastationen ausgewählt, die folgende Bereiche repräsentieren:

- AHRWEILER (die Nordgrenze der maritim-beeinflußten Weinbaugebiete)
- TRIER-PETRISBERG (265 m über NN) (Obergrenze des Weinbaus an der Obermosel)
- NEUSTADT/WEINSTRASSE (klimatisch bevorzugter Standort im Zentrum der Pfalz)
- GEISENHEIM (klimatisch bevorzugte Lage im Zentrum des Rheingaus)
- BAD KISSINGEN (die Nordgrenze des fränkischen Anbaugebietes als Übergang des maritim zum kontinental-beeinflußten Bereich).

Die Abb. II.7 und II.8 (Anhang) vergleichen zunächst den Austriebstermin und Blühtermin der genannten Stationen mit

Geisenheim. Hier deuten sich bereits sehr klar die regionalen Unterschiede zwischen den bevorzugten Stationen im Rheingau und Pfalz und den weniger begünstigten Bereichen, Trier, Ahrweiler und Bad Kissingen an. Die berechneten Blühtermine fließen nun ihrerseits in die Berechnung der Mostgewichte für die 4 Stationen mit ein. Die Berechnung des Mostgewichtes mit der in Kap.5.4.4 (Tab.5.10) ausgewiesenen Gleichung führt für die Klimastation Trier in ungünstigen Jahren zu unrealistisch niedrigen Werten. Dieser Abfall wird durch das nichtlineare Glied ($RR5 * WSBL5$) verursacht. Bei extrem hohen Niederschlägen in der Phase 5 wird die eingesetzte Gleichung instabil. Da diese Einflußgrößen für die Qualitätsbildung sowohl bei den Berechnungen in Rheinland-Pfalz, als auch im Rheingau eine wesentliche Rolle spielen, wurde versucht, mit stabilen Ersatzgrößen eine ähnliche Regressionsbeziehung aufzubauen. Die Tab.5.14 weist die Gleichung aus, die auch bei den Berechnungen für die einzelnen Stationen verwendet wird. Das Fehlen des nichtlinearen Terms ($RR 5 \times WSBL 5$) macht sich durch den Abfall des multiplen Bestimmtheitsmaßes $B = 0,91$ auf $B = 0,88$ bemerkbar. Damit erhöht sich zugleich die Zahl der Jahre, in denen das berechnete vom beobachteten Mostgewicht um mehr als $6^{\circ}Oe$ abweicht, von zwei auf vier Jahre. Um die in Tab.5.10 ausgewiesenen Beziehungen zwischen Mostgewicht und Klimagrößen in allen Gebieten anwenden zu können, müssen gebiets-typische Koeffizienten entwickelt werden.

Die Tab.I.13 enthält die wichtigsten statistischen Kenngrößen sowie die Perzentil-Werte von 5 bis 95 % für den Zeitraum 1960 - 80 in den 5 Bereichen. Der berechnete Mittelwert stimmt im Rheingau gut mit dem beobachteten Mittelwert überein.

In der Pfalz fällt der berechnete Wert um $4^{\circ}Oe$ zu niedrig aus, an der Obermosel steigt die Differenz auf $11^{\circ}Oe$ an.

Der Unterschied in der Differenz an der Obermosel ist erklärbar durch die in Kap.5.5.2 an der Obermosel nachgewiesene Höhenabhängigkeit des Mostgewichtes, die immerhin die Qualität um knapp $9^{\circ}Oe$ auf 100 m Höhenzuwachs verschlechtert. Die für 265 m über NN berechneten Mostgewichte müssen folgerichtig zu niedrig ausfallen. Dieses Beispiel zeigt, daß die Gleichung sehr sensibel auf Höhenänderungen reagiert. In Tab.I.13 sind auch für die Einzeljahre im Rheingau, in der Pfalz und an der Obermosel

Tab.5.14

NICHTLINEARE REGRESSION - JAHRESANALYSEN

Einflußgrößen: AUSGEWÄHLTE KLIMAGRÖSSEN

Zielgröße: MITTLERES MOSTGEWICHT RIESLING (°Oe)

RHEINGAU (1947 - 1984) STANDORT SCHLOSS JOHANNISBERG

N = 38 B = 0.88

Einflußgr.	Einzelkorr.	F-Wert	Reg.Koeff.	P-Wert	
Blüte	0.68	25.0	-4.88	0.001	*
TMX4	0.53	16.1	3.76	0.001	*
RR5	0.32	16.9	-3.47	0.001	*
SDEF5**2	0.20	13.2	-1.63	0.005	*
STR3	0.64	7.4	2.96	0.025	*
TMX6	0.50	6.6	2.82	0.025	*
WSBL6	0.52	6.4	-2.24	0.025	*
TMX6**2	0.03	3.3	0.95	0.10	n.s.

Differenz zwischen tatsächlichem und berechnetem Mostgewicht

Differenz °Oe	0 - 3.0	3.1 - 6.0	≥ 6.1
Jahre (%)	50.0	39.4	10.5

VERGLEICH BEOBACHTETER UND BERECHNETER MOSTGEWICHTE (RIESLING) IN DEN WEINBAUGEBIETEN RHEINGAU, PFALZ UND OBERMOSEL FÜR DEN ZEITRAUM 1975 - 1984

Gleichung:

$$Oe = 75.1 - 4.9*(Blüte) + 3.8*TMX4 - 3.5*RR5 - 1.6*SDEF5**2 + 3.0*STR3 + 2.8*TMX6 - 2.2*WSBL6 + 0.95*TMX6**2$$

JAHR	RHEINGAU		PFALZ		OBERMOSEL	
	GEM.	BER.	GEM.	BER.	GEM.	BER.
1975	80.00	80.71	81.00	75.36	84.00	60.47
1976	96.90	87.26	87.00	82.03	95.00	79.45
1977	64.80	68.38	74.00	72.33	65.00	60.45
1978	60.30	62.06	67.00	65.61	57.00	49.15
1979	74.40	75.12	75.00	71.88	78.00	66.82
1980	65.00	59.47	68.00	57.85	58.00	40.44
1981	66.00	70.40	78.00	74.88	71.00	58.42
1982	70.00	77.69	73.00	78.10	74.00	70.29
1983	78.90	82.18	87.00	81.07	80.00	78.40
1984	62.00	55.52	67.00	57.40	58.00	40.66
MITTEL	71.80	71.90	75.70	71.70	72.00	60.50

berechnete und beobachtete Werte zusammengestellt. Der Vergleich zeigt, daß auch in der Pfalz in ungünstigen Jahren 1980 und 84 die berechneten Mostgewichte deutlich zu niedrig ausfallen. An der Obermosel sind in den genannten Jahren die Differenzen noch größer. Diese Beispiele zeigen, daß für die Anwendung gebiets-typische Koeffizienten entwickelt werden müssen.

5.5 STANDORTANALYSEN IN DEN VERSCHIEDENEN WEINBAUGEBIETEN

Mit den Jahresanalysen der Mostgewichtsreihen ist es gelungen, neue klimatische Kriterien zur Abgrenzung der Weinbaugebiete zu erarbeiten (vgl. Kap.5.4). In ähnlicher Weise können auch die in Kap.5.1-5.3 beschriebenen Modellansätze die Methoden zur gelände-klimatischen Differenzierung der Weinbaustandorte verbessern. Um dieses Ziel zu erreichen, wird ein ähnlicher Weg wie in Kap.5.4 beschritten. Wiederum bestimmen die Analysen der Mostgewichts-reihen der Rebsorten Riesling und Müller-Thurgau (Franken) die Güte des Zusammenhanges zwischen Standortfaktoren und Mostgewicht mit dem multiplen Bestimmtheitsmaß als Kriterium.

Im Gegensatz zu den Jahresanalysen wird nun nicht mehr das mittlere Mostgewicht aller Standorte in den Einzeljahren sondern die Mostgewichte der einzelnen Standorte als Zielgröße gewählt. Für diese Analysen bieten sich mehrere Alternativen an:

- Analyse der Standortschwankungen in den Einzeljahren
- Analyse mehrjähriger mittlerer Mostgewichte von den Einzelstandorten (10 Jahre im Rheingau u. Franken; 6 Jahre in Rheinland-Pfalz) (vgl. Kap.4.1.2)
- Gesamtanalyse aller Einzelbeobachtungen (Jahre * Standorte)

Zur ersten Alternativen liegen bereits Versuchsergebnisse vor (BECKER (1967) und HOPPMANN u. SCHALLER (1981)). Sie zeigen, daß Standortanalysen aus Einzeljahren kein Hilfsmittel darstellen, um objektive klimatische Kriterien für die Abgrenzung der Weinbaustandorte zu entwickeln. Die Qualitätsunterschiede zwischen klimatisch bevorzugten und benachteiligten Standorten ändern sich von Jahr zu Jahr und hängen somit von dem Witterungsablauf des

Einzeljahres ab. Aus den wechselnden Einflüssen lassen sich keine gesicherten Kriterien für die Anbauregelung im Weinbau ableiten. Deshalb wird in Kap.5.5.1.1 nur eine Übersicht von Versuchsergebnissen aus Einzeljahren mitgeteilt. Eine größere Bedeutung ist dagegen den Analysen mehrjähriger Mittelwerte beizumessen.

HOPPMANN und SCHALLER (1981) testen das zur Zeit angewandte geländeklimatische Bewertungsverfahren im Rheingau auf 100 Weinbaustandorten, für die 10-jährige Mostgewichtserhebungen vorliegen. Die verwendeten klimatischen Standortgrößen decken 45% der vorhandenen Qualitätsschwankungen ab. Mit der Einführung der neuen Variablen bietet sich ein Vergleich mit dem bisherigen Verfahren an. Wenn es gelingt, die Ergebnisse deutlich höher als $B=0.45$ abzusichern, so ist auch die Einführung der neuen Modellansätze gerechtfertigt.

Für die Weinbaugebiete von Rheinland-Pfalz und Franken liegen keine entsprechenden Vergleiche vor. Deshalb sollen für diese Gebiete das bisherige Verfahren überprüft und der Einfluß der neuen Modellvariablen (aktuelle Verdunstung und klimatische Wasserbilanz) auf die Qualitätsbildung am einzelnen Standort ermittelt werden.

Die Gesamtanalysen (Jahre*Standorte) ergänzen die Untersuchungen der mehrjährigen Mittelwerte. In einzelnen Bereichen (Nahe, Mittelmosel) sind nur diese Analysen möglich, da die Anzahl der Einzelbeobachtungen für eine mehrjährige Mittelbildung nicht ausreicht.

Die Standortanalysen beziehen zunächst die für 6 phänologische Phasen berechneten Standortvariablen in die Auswertungen ein (vgl Kap.5.4). Mit dieser Verfahrensweise müssen allein 42 Standortgrößen berechnet werden. Um den Rechenaufwand und die Zahl der Variablen zu reduzieren, vergleicht eine weitere Analyse die Ergebnisse mit Standortvariablen aus 3 Phasen (Austrieb -Blüte), (BL), Blüte-Reifebeginn (RE) und Reifebeginn-Lese (LE)) mit den Resultaten aus 6 Phasen. Die Reduzierung auf 3 Phasen führt bei den Standortanalysen zu keinem schlechteren Ergebnis als die zeitliche Auflösung in 6 Phasen. Deshalb fällt für die nachfolgenden Analysen die Wahl generell auf eine Einteilung in 3 Phasen.

5.5.1 STANDORTANALYSEN IM RHEINGAU (1960-80)

5.5.1.1 VERGLEICH DER STANDORTEINFLÜSSE IN DEN EINZELJAHREN

Die Gegenüberstellung der 21 untersuchten Jahrgänge im Rheingau zeigt, daß die klimatischen Standorteinflüsse von Jahr zu Jahr wechseln und ihre Anteile an der Qualitätsbildung zwischen 17 und 87 % schwanken. Im Mittel werden zwischen 50 und 60 % erreicht. In Spitzenjahren treten die klimatischen Einflüsse zurück, und bodenkundliche Faktoren gewinnen an Bedeutung, in ungünstigen Jahren kehrt sich das Verhältnis um. Die Einflüsse lassen sich in der Regel aus dem Witterungsverlauf erklären.

Tab.5.15

REGRESSION - STANDORTANALYSEN (Einzeljahre)
 Einflußgrößen: MITTELWERTE KLIMAGRÖSSEN (Phänologische Phasen)
 UND KONSTANTE STANDORTFAKTOREN
 Zielgrößen: MOSTGEWICHT RIESLING (Jahre und Standorte)
 RHEINGAU (1960 - 1980)

Häufigkeit eines signifikanten Einflusses der verschiedenen Standortfaktoren an der Qualitätsbildung der Trauben (Riesling) in den Einzeljahren

	TSUP,TTP,TMINP	STRA	STRAC	ETA,WSBL	WIND	KALT
Anz.Jahre	13	4	6	4	4	1
Prozent	62 %	19 %	29 %	19 %	19%	5%

TSUP : Mittlere Temperatursumme in Gradstunden (SA - SU)
 TTP : Mittlere Tagesmitteltemperatur (SA - SU)
 TMINP: Mittlere Minimumtemperatur
 STRA : Mittlere direkte Sonneneinstrahlung
 STRAC: Mittlere reduzierte Sonneneinstrahlung
 ETA : Mittlere aktuelle Verdunstung
 WSBL : Klimatische Wasserbilanz
 WIND : Windgefährdung
 KALT : Kaltluftgefährdung

In Tab.5.15 werden die in der Analyse verwendeten Standortvariablen miteinander verglichen. In 62 % der Jahre üben die Temperaturfunktionen einen signifikanten Einfluß auf die Qualität aus, die reduzierte direkte Sonnenstrahlung (STRAC) ist mit 29 %, die direkte Sonneneinstrahlung, die Wasserhaushaltsgrößen und die Windgefährdung mit jeweils 19 % und die Kaltluftgefährdung mit 5 % an der Qualitätsbildung beteiligt.

Der Hauptanteil innerhalb der Temperaturfunktionen tragen die Temperatursummen (TSUP) mit 70%, wobei vor allem die letzte Phase Reifebeginn bis Lese bedeutsam ist. Ein Einfluß der Minimumtemperatur (TMINP) kann nur in wenigen Einzeljahren ermittelt werden.

5.5.1.2 BERECHNUNG DER MITTELWERTE IM RHEINGAU (1965 - 80)

Die Analysen mit dem Mostgewicht als Zielgröße beziehen 91 Standorte ein, die über eine Mostgewichtsreihe von mindestens 10 Jahre verfügen. Es werden Zeitreihen von 1965 bis 74 bzw. 1965 - 1980 verwendet. Bei einem Vergleich der Zeitreihen weichen die Mostgewichte um maximal 1 °Oe und die Standardabweichungen (SDEV) um maximal 0,7 °Oe voneinander ab; das heißt, daß die durch die unterschiedlichen Zeitreihen verursachten Fehler gering sind.

Die Tab.5.16 erklärt die verschiedenen Einflüsse. Bei den für alle Standorte durchgeführten Berechnungen entfallen allein 60 % auf die Tagesmitteltemperatur (SA-SU)(TTPLE) in der Phase Reifebeginn bis Lese, 7 % auf die Minimumtemperatur (TMINPRE) während der Zeit Blüte bis Reifebeginn und 4 % auf die Verdunstung (ETABL) in der Phase Austrieb bis Blüte.

Wie schon bei den Jahresanalysen üben die thermischen Bedingungen in der Zeit vom Reifebeginn bis zur Lese den stärksten Einfluß auf die Qualität aus. Dabei soll daran erinnert werden, daß TTPLE eine Funktion der Einstrahlung, der Höhe, der Windwegsumme und der Wind- und Kaltluftgefährdung ist. Im Gegensatz dazu ist die Temperaturfunktion (TMINPRE) allein eine Funktion der Höhe unter Berücksichtigung der vorgegebenen Wetterlagenklassifikation (Abb.5.9).

Tab.5.16

REGRESSION - STANDORTANALYSE (MITTELWERTE)

Einflußgröße: MITTELWERTE KLIMAGRÖSSEN (Phänol. Phasen)
UND STANDORTKONSTANTE

Zielgröße: MITTL. MOSTGEWICHT (mind. 10 Jahre)

RIESLING (Einzelstandorte) ($^{\circ}\text{Oe}$)

RHEINGAU (1965 - 1980)

N = 91 B = 0.71

Einflußgr.	Einzelkorr.	F-Wert	Reg.Koeff.	Zuwachs B(%)	P-Wert	
TTPLE	0.773	157.86	5.72	59.7	0.001	*
TMINPRE	-0.246	29.05	-6.73	7.2	0.001	*
ETABL	0.292	12.98	22.08	4.3	0.001	*

Differenz zwischen tatsächlichem und berechnetem Mostgewicht in %

Differenz ($^{\circ}\text{Oe}$) 0 - 3.0 3.1 - 6.0 ≥ 6.1

Prozent Parzellen	73	26	1
Anzahl Parzellen	66	24	1

TTP : Mittlere Tagesmitteltemperatur (SA-SU)

TMINP: Mittlere Minimumtemperatur

ETA : Mittlere aktuelle Verdunstung

Die Buchstaben BL, RE und LE kennzeichnen die phänologischen Phasen

* = signifikant n.s. = nicht signifikant

Der negative Einfluß dieser Funktion ist so zu verstehen, daß in der Phase Blüte bis Reifebeginn vornehmlich die Höhe standortdifferenzierend wirkt. Dabei sind Hangfußlagen mit tieferen Nachttemperaturen begünstigt. Expositionsbedingte Unterschiede treten in dieser Zeit zurück. Hangneigung und -richtung werden dagegen auch in der ersten Phase Austrieb bis Blüte qualitätssteuernd wirksam. Eine lagebedingte höhere Verdunstung wirkt sich günstig auf die Qualität aus.

Die durchgeführten Regressionsanalysen zeigen eine lineare Abhängigkeit der Qualität von den Temperaturgrößen (TTPLE und TMINPRE) und der Verdunstung (ETABL).

Die Tab.I.15.a (Anhang) bietet die Möglichkeit, die Wirkung der Regressionskoeffizienten auf die Qualitätsbildung zu ermitteln:

- die Erhöhung der Tagesmitteltemperatur (TTPLE) um $+0.44^{\circ}\text{C}$ steigert das Mostgewicht um 2.5°Oe

- die Erhöhung der aktuellen Verdunstung (ETABL) um +0.05 mm/Tag steigert das Mostgewicht um 1.1°Oe
- die Erhöhung der Minimumtemperatur (TMINPRE) um +0.22°C verringert das Mostgewicht um 1.4°Oe

Ähnlich wie bei den Jahresanalysen werden für die Einflußgrößen wiederum die empirischen Orthogonalfunktionen berechnet und daraus eine Regressionsanalyse mit vollständig unabhängigen Komponenten durchgeführt.

Die Tab.5.17 enthält die 4 wichtigsten Hauptkomponenten für die Qualitätsbildung. Temperatur und Strahlung steuern die erste und die Höhe über dem örtlichen Talgrund die zweite Komponente, die dritte und vierte Komponente sind gemischte Glieder mit Temperatur- und Verdunstungsgrößen. Mit den Orthogonalfunktionen wird ein etwas besseres Ergebnis als mit den einfachen linearen Regressionsanalysen erzielt (B = 0.72).

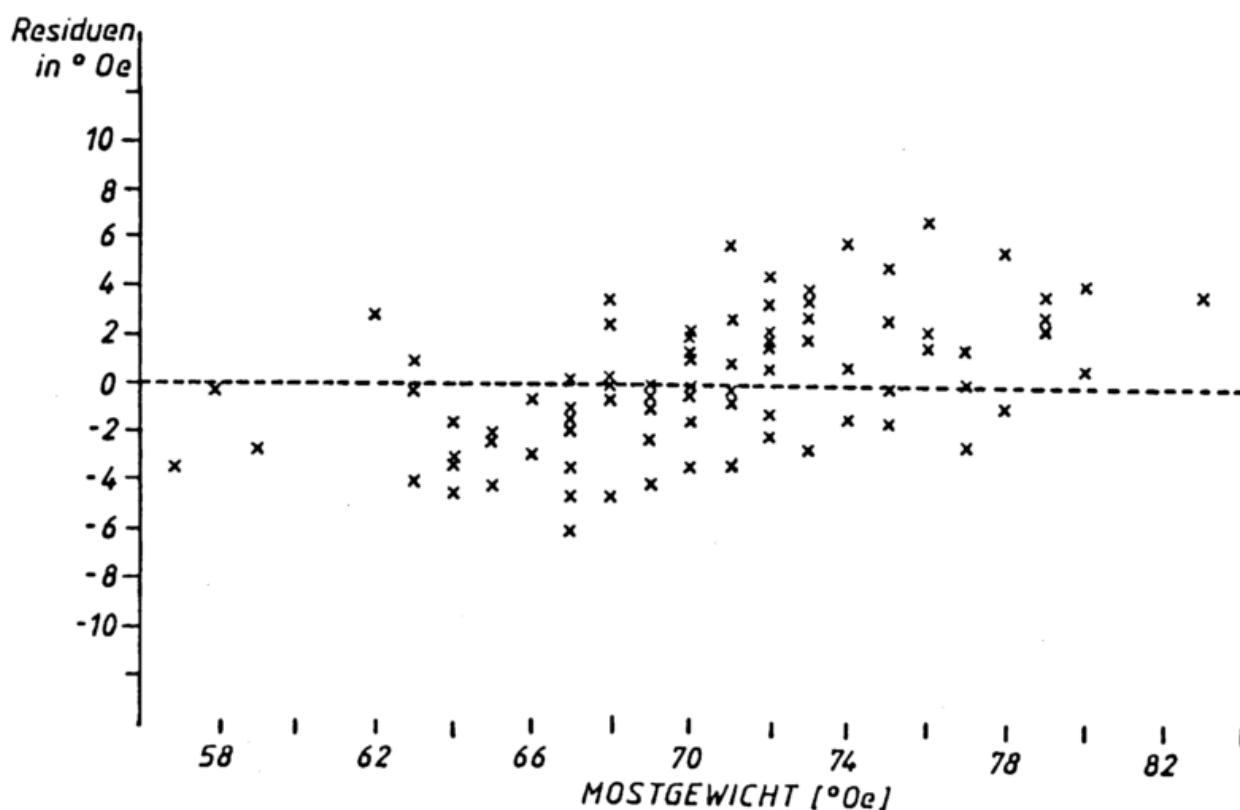


Abb.5.22: REGRESSION - STANDORTANALYSE
 Einflussgrößen: VERSCHIEDENE ORTHOGONALFUNKTIONEN DER STANDORTVARIABLEN
 Zielgröße: MITTL. MOSTGEWICHT (mind: 10 Jahre)
 RIELING - EINZELSTANDORTE
 RHEINGAU (1965.- 80)
 DIFFERENZ ZWISCHEN BEOBACHTETEN UND BERECHNETEN WERTEN
 (RESIDUEN IN °Oe)

Tab.5.17

HAUPTKOMPONENTENANALYSE ALLER EINFLUSSGRÖSSEN
 STANDORTANALYSE : MITTL. MOSTGEWICHT RIESLING (mind. 10 Jahre)
 RHEINGAU (1965 - 1980)

TABELLE DER HAUPTKOMPONENTEN

Reihenf.Regr.	(2)		(1)		(3)		(4)	
	1	2	3	4	5	6		
1 HT	0.49	-0.05	0.04	-0.09	-0.29	-0.57		
2 KALT	-0.36	-0.21	0.15	0.83	-0.25	-0.06		
3 TMINPRE	0.38	0.20	-0.43	0.27	-0.54	0.02		
4 TMINPLE	0.32	0.32	-0.38	0.36	0.51	0.25		
5 TTPRE	-0.30	0.43	-0.20	-0.19	-0.34	0.05		
6 TTPLE	-0.23	0.49	-0.13	0.06	0.14	-0.22		
7 TSUPLE	-0.38	0.38	0.03	-0.08	-0.11	-0.24		
8 ETABL	0.22	0.34	0.57	-0.01	-0.30	0.58		
9 ETALE	0.22	0.37	0.51	0.22	0.26	-0.40		
Eigenwerte	3.87	3.10	1.27	0.49	0.11	0.10		
Varianz in %	42.98	34.50	14.08	5.41	1.20	1.14		
Gesamtvarianz	42.98	77.47	91.55	96.96	98.16	99.30		

(1) ist die Orthogonalfunktion TTPLE - TTPRE

(2) ist die Orthogonalfunktion HT

(3) ist die Orthogonalfunktion ETABL - ETALE

(4) ist die Orthogonalfunktion TMINPLE

REGRESSION (Orthogonalfunktion)

STANDORTANALYSE (Mittelwerte)

Zielgröße: MITTL. MOSTGEWICHT RIESLING (Einzellagen) (°Oe)

RHEINGAU (Mittelwerte aus mind. 10 Jahren) (1965 - 80)

N : 91

B : 0.72

Einflußgr.	Einzelkorr.	F-Wert	Reg.Koeff.	Zuwachs B(%)	P-Wert	
TTPBL-TTPRE	0.67	134.10	1.88	44.4	0.001	*
HT	0.47	67.3	-1.19	22.1	0.001	*
ETABL-ETALE	0.17	9.0	0.76	3.1	0.005	*
TMINPRE-TMINPLE	0.14	6.0	2.1	2.0	0.025	*

HT : Höhe über Talgrund

KALT : Kaltluftgefährdung (Kartierung 0-20)

TMINP: Mittlere Minimumtemperatur

TTP : Mittlere Tagesmitteltemperatur

TSUP : Mittlere Temperatursumme in Gradstunden (SA-SU)

ETA : Mittlere aktuelle Verdunstung

Die Buchstaben BL, RE und LE kennzeichnen die phänologischen Phasen.

* = signifikant

n.s. = nicht signifikant

Die neu entwickelten Temperaturfunktionen (Gleichg.5.10 Kap.5.3.2) verbessern im Vergleich zu früheren Analysen am gleichen Datenmaterial die Standortbeurteilung erheblich (HOPPMANN und SCHALLER (1981)).

Diese früheren Analysen erklären unter Einbeziehung des reduzierten Energieangebotes (STRAC), der Höhe, der Kaltluftgefährdung und unter Ausschluß der Bodenkennwerte, 45 % der standortbedingten Streuung. Im Vergleich dazu wird durch die Entwicklung der Temperaturfunktionen eine Steigerung von 27 % erzielt. Diese Verbesserung ist unter anderem auch auf die Einteilung in phänologische Phasen zurückzuführen. Die Abweichungen der Einzelstandorte vom berechneten Wert liegen in 73 % der Fälle in einem Bereich zwischen 0 und 3 °Oe und nur in 1 % der Fälle ist die Abweichung größer als 6 °Oe (Abb.5.22). Analysen mit nichtlinearen Faktoren - in Analogie zu den Jahresanalysen - verbessern die Ergebnisse nicht.

5.5.1.3 GESAMTANALYSE IM RHEINGAU (1965 - 80)

Neben der Verrechnung der Mittelwerte der einzelnen Standorte werden auch Regressionsrechnungen mit allen Einzelbeobachtungen (Jahre * Standorte) durchgeführt. In Tab.5.18 (obere Hälfte) stehen die Ergebnisse einer linearen Analyse, im unteren Teil das beste Ergebnis aus einem nichtlinearen Ansatz.

Mit Hilfe der Tab.I.15.a kann der Einfluß der einzelnen Regressionskoeffizienten bestimmt werden. Die Regressionskoeffizienten fallen wegen der großen Jahresschwankungen der Einzelbeobachtungen sehr hoch aus.

In beiden Fällen lassen sich die Ergebnisse sehr hoch absichern ($P = < 0,001$). Die lineare Analyse erklärt knapp 70 % der Schwankung, durch Hinzunahme von weiteren 7 Größen steigt das multiple Bestimmtheitsmaß um 76 %. Die Hinzunahme nichtlinearer Terme führt zu keiner entscheidenden Verbesserung. Trotz der großen Einflüsse der Standortgrößen bei der Gesamtanalyse weichen die beobachteten Mostgewichte zum Teil beträchtlich von den Schätzwerten ab (Maximum: + 25 °Oe, Minimum: - 19 °Oe) (Abb. 5.23). Die nichtlineare Analyse zeigt deutlich die bestehenden

Wechselwirkungen (Tab.I.16 (Anhang)) zwischen den verschiedenen Einflußgrößen auf. Die verschiedenen partiellen Korrelationskoeffizienten wechseln ihr Vorzeichen in den Einzelschritten der stufenweisen Regressionsanalyse (TSURE, ETARE und STRALE). Einzelgrößen werden zu Faktorengruppen in den drei Entwicklungsstadien der Rebe zusammengefaßt. Hohe Einstrahlungswerte führen bei gleichzeitig hohen Verdunstungsraten zu relativen Qualitätseinbußen. Diese Beziehungen bestehen zwischen ETARE und STRARE oder zwischen ETALE und STRALE.

Tab.5.18

LINEARE U. NICHTLINEARE REGRESSION - GESAMTANALYSE (Jahre*Standorte)
 Einflußgrößen: MITTELWERTE KLIMAGRÖSSEN (Phänologische Phasen)
 UND STANDORTKONSTANTE
 Zielgröße: MOSTGEWICHT RIESLING EINZELBEOBACHTUNGEN
 (Jahre * Standorte)
 RHEINGAU (1965 - 1980)

N = 713

LINEARER ANSATZ B = 0.70

Einflußgr.	Einzelkorr.	F-Wert	Reg.Koeff.	Zuwachs B(%)	P-Wert
TSUPBL	0.39	183.1	0.35	60.3	0.001 *
ETA	0.31	70.9	14.75	6.2	0.001 *
STRARE	0.31	70.5	17.92	3.1	0.001 *

NICHTLINEARER ANSATZ B = 0.756

Einflußgr.	Einzelkorr.	F-Wert	Reg.Koeff.	Zuwachs B(%)	P-Wert
ETALE	0.78	99.5	9.2	60.1	0.001 *
TSUPBL	0.59	79.3	4.4	6.8	0.001 *
STRARE	0.70	106.7	20.4	3.0	0.001 *
TSUPLE	0.65	30.0	+6.6	1.8	0.001 *
ETARE	0.70	42.1	-14.9	1.0	0.001 *
TSUPRE	0.67	37.1	-7.1	0.7	0.001 *
WSBLRE	-0.53	30.0	-2.8	0.6	0.001 *
ETARE**2	0.33	16.7	+1.8	0.6	0.001 *
ETALE**2	0.01	33.0	-2.0	0.6	0.001 *
STRALE	0.68	78.6	-8.4	0.5	0.001 *

TSUP : Mittlere Temperatursumme in Gradstunden (SA-SU)

ETA : Mittlere aktuelle Verdunstung

STRA : Mittlere direkte Sonneneinstrahlung

WSBL : Mittlere klimatische Wasserbilanz

Die Buchstaben BL, RE und LE kennzeichnen die phänologische Phase

* = signifikant n.s. = nicht.signifikant

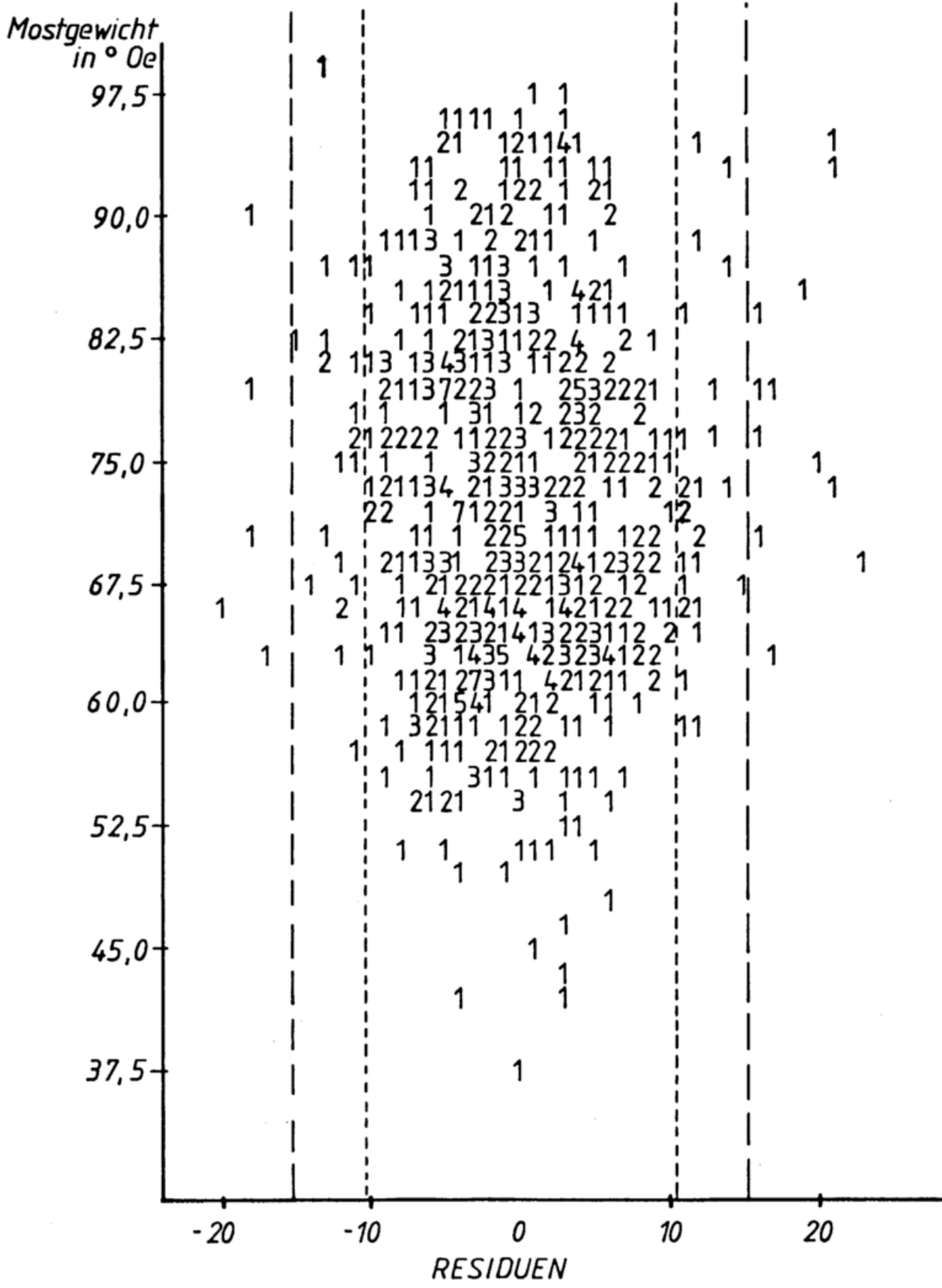


Abb.5.23: NICHTLINEARE REGRESSION - GESAMTANALYSE
 (JAHRE * STANDORTE)
 Einflußgrößen: MITTELWERTE KLIMAGRÖSSEN
 (PHÄNOLOGISCHE PHASEN)
 Zielgröße: MOSTGEWICHT RIESLING EINZELBEOBACHTUNGEN
 (JAHRE * STANDORTE)
 RHEINGAU (1965 - 80)
 DIFFERENZ ZWISCHEN BEOBACHTETEN UND BERECHNETEN WERTEN
 (RESIDUEN IN °Oe)

5.5.2 STANDORTANALYSEN IN DEN WEINBAUGEBIETEN VON RHEINLAND - PFALZ (1975 BIS 80)

Ähnlich wie im Rheingau werden in den Weinbaugebieten Pfalz, Nahe und Mosel - Saar - Ruwer auf der Basis der Landesreifemessungen Standortanalysen durchgeführt. Die Analysen verwenden im Gegensatz zum Rheingau keine Temperaturfunktionen (vgl. Kap.4.1.2.2). Die im Bewertungsverfahren vorgesehene Reduzierung des Energieangebotes berücksichtigt die Höhenabhängigkeit der thermischen Bedingungen. Für den Bereich von Nahe und Mittelmosel sind zudem auch keine Verdunstungs- und Wasserbilanzrechnungen möglich.

5.5.2.1 ANALYSE DER MITTELWERTE IN RHEINLAND-PFALZ (1975 - 80)

Eine Analyse der mittleren Mostgewichte des genannten Zeitraums sind nur für die Weinbaugebiete Pfalz und Obermosel möglich, da in den anderen Regionen die Landesreifemessungen erst ab 1976, bzw. 1977 an der Rebsorte Riesling begannen und somit der Mittelungszeitraum zu kurz ist. Bei der Beurteilung der Ergebnisse ist auch zu berücksichtigen, daß die Zahl der Testparzellen (Pfalz: 13, Mosel: 14) für eine mehrfaktorielle Analyse sehr klein bemessen ist.

In Tab.5.19 sind die Ergebnisse aus beiden Anbaugebieten zusammengestellt. An der Mosel steuern das reduzierte Stahlungsangebot in der Reifezeit (STRACLE) und die Gesamtwasserbilanz (WSBLGES) die Qualität positiv, die Höhe (HT) und die Kaltluftgefährdung (KALT) dagegen negativ. Die Berücksichtigung der Höhe (HT und STRACLE) als Einflußgröße zeigt, daß die Reduzierung der Sonneneinstrahlung mit der Höhe im Bereich der Obermosel die tatsächliche Abnahme des Mostgewichtes mit der Höhe nur unzureichend nachvollzieht. Die tatsächliche Mostgewichtsabnahme fällt stärker aus. Wenn man allein die Höhe als Einflußgröße verwendet, nimmt das Mostgewicht um 9°Oe auf 100 m Höhenzuwachs ab.

Tab.5.19

REGRESSION - STANDORTANALYSE (Mittelwerte)

Einflußgröße: MITTELWERTE KLIMAGRÖSSEN UND STANDORTKONSTANTE

Zielgröße: MITTLERES MOSTGEWICHT RIESLING (6 Jahre)

WEINBAUGEBIET PFALZ (1975 - 1980)

N = 13 B = 0.85

Einflußgr.	Einzelkorr.	F-Wert	Reg.Koeff.	Zuwachs B(%)	P-Wert	
STRACRE	0.27	28.1	181.6	36.7	0.001	*
STRARE	-0.60	31.8	-185.8	35.4	0.001	*
WHAUS ₁	0.50	7.4	-0.1	13.5	0.025	*

WEINBAUGEBIET OBERMOSEL (1975 - 1980)

N = 14 B = 0.80

Einflußgr.	Einzelkorr.	F-Wert	Reg.Koeff.	Zuwachs B(%)	P-Wert	
HT	-0.44	4.0	-0.04	44.4	0.10	n.s.
WSBLGES	-0.21	7.3	0.36	16.7	0.025	*
KALT	-0.37	7.2	-0.99	13.4	0.025	*
STRACLE	0.50	9.4	101.59	5.0	0.025	*

STRAC : Mittlere reduzierte direkte Sonneneinstrahlung

WHAUS₁ : Wasserbilanz (pflanzennutzbare Bodenwasser + mittlere klimatische Wasserbilanz)

WSBL : Mittlere klimatische Wasserbilanz

HT : Höhe über Talgrund

KALT : Kaltluftgefährdung (Kartierung 0-20)

Die Buchstaben BL, RE, LE und GES kennzeichnen die phänologischen Phasen bzw. die gesamte Vegetationszeit

* = signifikant n.s. = nicht signifikant

In der Pfalz beeinflusst das reduzierte Strahlungsangebot während der Phase Blüte bis Reifebeginn die Qualität positiv, die Gesamtwasserbilanz unter Berücksichtigung des Bodenwassers (WHAUS₁) und der Einstrahlung (STRARE) die Qualität negativ. Zwischen Einstrahlung und Wasserhaushalt bestehen über die Verdunstung Wechselwirkungen, die keine Erklärung im Sinne einer Addition der Einflüsse ermöglichen. Stärker als in anderen Regionen beeinflusst in der Vorderpfalz auch der Wasserhaushalt die Qualitätsbildung. Die Wirkung der Regressionskoeffizienten verdeutlichen die Tab.I.14 und I.15.b.

Tab.5.20

HAUPTKOMPONENTENANALYSE ALLER EINFLUSSGRÖSSEN

STANDORTANALYSE : MITTL. MOSTGEWICHT RIESLING (mind. 6 Jahre)
 PFALZ (1975 - 1980)

TABELLE DER HAUPTKOMPONENTEN

Reihenfolge	Regr. (2)		(3)		(1)	
	1	2	3	4	5	6
HT	0.39	-0.22	-0.27	0.07	0.65	-0.47
KALT	-0.09	0.43	0.29	0.82	0.22	0.01
WIND	-0.17	0.22	-0.90	0.25	-0.22	-0.05
nfK	-0.43	0.21	-0.07	-0.27	0.49	0.25
ETALE	0.46	0.27	-0.05	-0.09	0.27	0.20
WHAUS ₁	-0.48	0.08	-0.03	-0.18	0.37	0.08
STRARE	0.43	0.36	-0.11	-0.15	-0.00	0.56
STRACRE	0.02	0.69	0.13	-0.36	-0.16	-0.60
Eigenwerte	3.87	1.76	0.90	0.81	0.54	0.12
Varianz in %	48.34	21.97	11.30	10.12	6.71	1.48
Gesamtvarianz	48.34	70.31	81.62	91.74	98.45	99.93

(1) ist die Orthogonalfunktion STRACRE - STRARE

(2) ist die Orthogonalfunktion ETALE-STRARE-nfK-WHAUS₁

(3) ist die Orthogonalfunktion WIND

REGRESSION (Orthogonalfunktion)

STANDORTANALYSE (Mittelwerte)

Zielgröße: MITTL. MOSTGEWICHT RIESLING (Einzellagen) (°Oe)
 PFALZ (Mittelwert aus 6 Jahren) (1975 - 1980)

N : 13

B : 0.87

Einflußgrößen	Einzelkorr.	F-Wert	Reg.Koeff.	Zuwachs B(%)	P-Wert
STRACRE-STRARE	-0.63	27.1	-7.6	40.2	0.001 *
ETALE-STRARE-nfK-WHAUS ₁	-0.58	23.0	-1.22	34.3	0.001 *
WIND	0.34	8.2	1.50	11.1	0.025 *

HT : Höhe über Talgrund

KALT : Kaltluftgefährdung (Kartierung 0-20)

ETA : Mittlere aktuelle Verdunstung

STRA : Mittlere direkte Sonneneinstrahlung

STRAC : Mittlere reduzierte direkte Sonneneinstrahlung

WHAUS₁ : Wasserbilanz (pflanzennutzbare Bodenwasser + mittlere klimatische Wasserbilanz)

nfK : Pflanzennutzbare Bodenwasser

WIND : Windgefährdung (Schätzwert 0-10)

Die Buchstaben BL, RE, LE kennzeichnen die phänologischen Phasen

* = signifikant

Tab.5.21
 HAUPTKOMPONENTENANALYSE ALLER EINFLUSSGRÖSSEN
 STANDORTANALYSE :MITTL. MOSTGEWICHT RIESLING (mind. 6 Jahre)
 OBERMOSEL (1975 - 1980)

TABELLE DER HAUPTKOMPONENTEN

Reihenf.Regr.	(2)				(1)	(3)
	1	2	3	4	5	6
HT	0.06	-0.50	-0.17	0.28	0.76	0.08
KALT	0.18	0.44	-0.27	-0.66	0.41	0.31
WIND	0.04	-0.35	0.78	-0.35	0.03	0.38
nfK	0.14	-0.52	-0.37	-0.38	-0.26	-0.09
WSBLBL	0.47	0.13	-0.09	0.45	-0.18	0.67
ETALE	-0.50	-0.18	-0.26	-0.00	0.01	0.38
STRACLE	-0.52	-0.05	-0.18	-0.04	-0.25	0.39
WHAUS ₁	0.44	-0.32	-0.23	-0.15	-0.28	0.03
Eigenwert	3.30	2.54	0.96	0.53	0.47	0.19
Varianz in %	41.30	31.78	12.03	6.60	5.86	2.30
Gesamtvarianz	41.30	73.09	85.12	91.72	97.58	99.98

- (1) ist die Orthogonalfunktion HT - KALT
 (2) ist die Orthogonalfunktion STRACLE-ETALE-WSBLBL-WHAUS₁
 (3) ist die Orthogonalfunktion WSBLBL

REGRESSION (Orthogonalfunktion)
 STANDORTANALYSE (Mittelwerte)
 Zielgröße: MITTLERES MOSTGEWICHT RIESLING (Einzellagen)
 OBERMOSEL (Mittelwert aus mind. 6 Jahre) (1975 - 1980)

N : 14 B : 0.82

Einflußgröße	Einzelkorr.	F-Wert	Reg.Koeff.	Zuwachs	B(%)	P-Wert
HT - KALT	-0.77	18.3	-6.4	60.3	0.005	*
STRACLE-ETALE- WSBLBL-WHAUS ₁	-0.35	7.2	-1.1	12.9	0.025	*
WSBLBL	-0.30	5.2	3.9	9.1	0.05	*

HT : Höhe über Talgrund
 KALT : Kaltluftgefährdung (Kartierung 0-20)
 ETA : Mittlere aktuelle Verdunstung
 WSBL : Klimatische Wasserbilanz
 STRAC : Reduzierte direkte Sonneneinstrahlung
 WHAUS₁ : Wasserbilanz (Pflanzennutzbares Bodenwasser + mittlere kli-
 matische Wasserbilanz)
 nfK : Pflanzennutzbares Bodenwasser
 WIND : Windgefährdung

Die Buchstaben BL, RE und LE kennzeichnen die phänologischen Phasen

* = signifikant n.s. = nicht signifikant

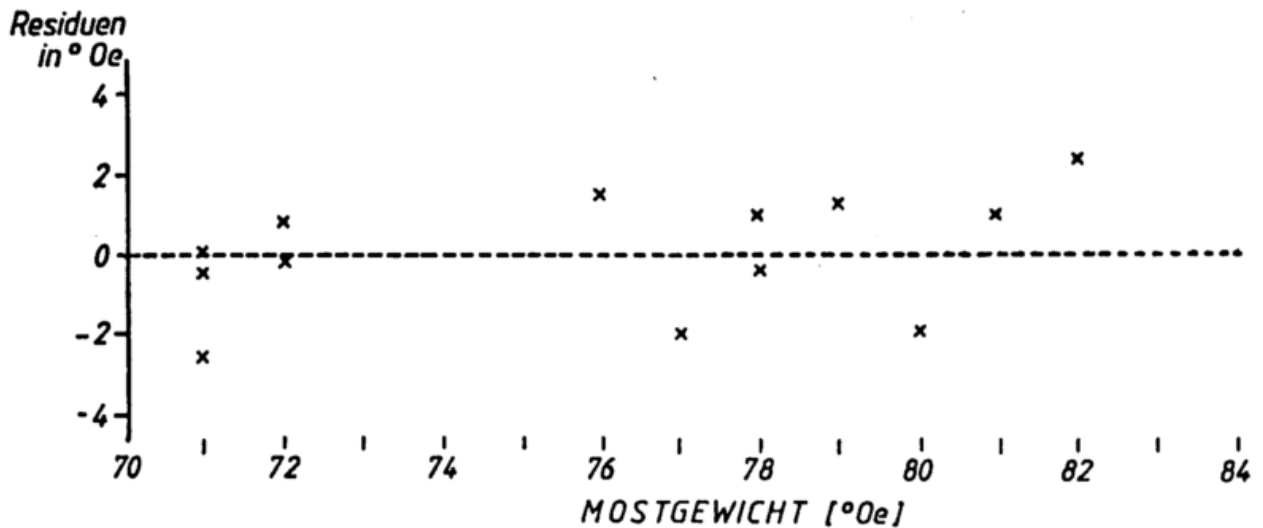


Abb.5.24: REGRESSION - STANDORTANALYSE
 Einflussgrößen: VERSCHIEDENE ORTHOGONALFUNKTIONEN DER STANDORTVARIABLEN
 Zielgröße: MITTL. MOSTGEWICHT (mind: 6 Jahre)
 RIELING - EINZELSTANDORTE
 PFALZ (1975 - 80)
 DIFFERENZ ZWISCHEN BEOBACHTETEN UND BERECHNETEN WERTEN (RESIDUEN IN °Oe)

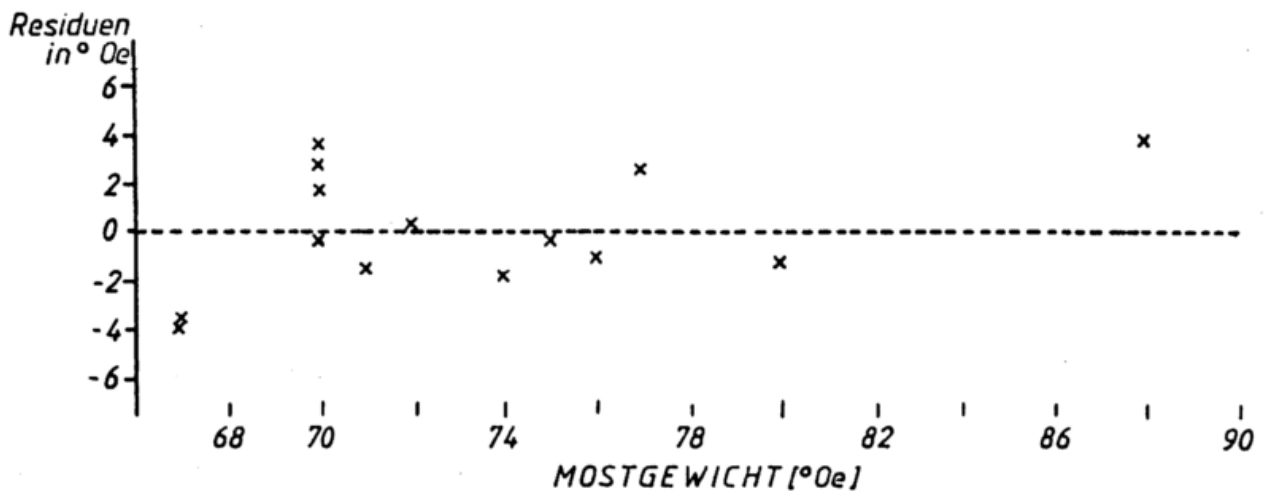


Abb.5.25: REGRESSION - STANDORTANALYSE
 Einflussgrößen: VERSCHIEDENE ORTHOGONALFUNKTIONEN DER STANDORTVARIABLEN
 Zielgröße: MITTL. MOSTGEWICHT (mind: 6 Jahre)
 RIELING - EINZELSTANDORTE
 OBERMOSEL (1975 - 80)
 DIFFERENZ ZWISCHEN BEOBACHTETEN UND BERECHNETEN WERTEN (RESIDUEN IN °Oe)

Ebenso wie für den Rheingau werden auch für die Weinbaugebiete Pfalz und Obermosel für die 6-jährigen Mittelwerte die Orthogonalfunktionen berechnet (Tab.5.20 u. 5.21). In der Pfalz (Tab.5.20) üben die gemischte Komponente 6 (STRACRE und STRARE), die Komponente 1 (ETALE, STRARE, nfK und WHAUS₁) und die Komponente 3 (WIND) signifikante Einflüsse aus. An der Obermosel (Tab.5.21) beteiligen sich die Komponenten 5 (HT und KALT), die Komponente 1 (STRACLE, ETALE, WSBLBL und WHAUS₁) und die Komponente 6 (WSBLBL) an der Qualitätsbildung. Letztgenannter Einfluß kann allerdings nur schwach abgesichert werden.

Insgesamt kann die Verwendung von Orthogonalfunktionen die Ergebnisse in Rheinland Pfalz im Vergleich zur einfachen linearen Analyse verbessern. In Abb.5.24 u. 5.25 sind die berechneten Residuen dargestellt.

5.5.2.2 GESAMTANALYSE DER EINZELBEOBACHTUNGEN IN DEN WEINBAUGEBIETEN VON RHEINLAND-PFALZ (1975-80)

Gesamtanalysen der Einzelbeobachtungen im obengenannten Zeitraum sind für alle Bereiche (Pfalz, Nahe, Ober- und Mittelmosel) möglich. In der Pfalz (Tab.5.22) ergeben sich ähnliche Zusammenhänge wie bei der Verrechnung der Mittelwerte. An die Stelle der gesamten Wasserbilanz (WHAUS₁) tritt die klimatische Wasserbilanz (WSBLBL) für die Phase Austrieb bis Blüte. Die Zusammenhänge bestätigen die vermuteten Wechselwirkungen zwischen Strahlung und Wasserbilanz.

An der Nahe ist eine Interpretation im Rahmen einer linearen Regressionsanalyse möglich. Die reduzierte Sonneneinstrahlung (STRAC) (vgl. Kap 4.4.1.1) beeinflusst in allen 3 Entwicklungsabschnitten die Qualität, wobei der Einstrahlung in der letzten Phase der höchste Anteil zufällt. So steigt das Mostgewicht um $2,8^{\circ}\text{Oe}$ an, wenn die Einstrahlung um $0,1 \text{ kJ}/(\text{cm}^2 \cdot \text{Tag})$ in der Phase Reifebeginn bis Lese zunimmt. Aber auch das pflanzennutzbare Wasser (nfK) steuert die Qualität im positiven Sinne, das heißt, bei einem Anstieg von 10 mm pflanzennutzbarem Wasser wird das Mostgewicht um $0,9^{\circ}\text{Oe}$ angehoben. Dagegen vermindert sich das

Tab.5.22

REGRESSION - GESAMTANALYSE (Jahre * Standorte)

Einflußgr.: MITTELWERTE KLIMAGRÖSSEN (Phänol. Phasen)
UND STANDORTKONSTANTE

Zielgröße: MOSTGEWICHT RIESLING (Einzelbeob.) (Jahre*Standorte)

WEINBAUGEBIET NAHE (1975 - 1980)

N = 77 B = 0.83

Einflußgr.	Einzelkorr.	F-Wert	Reg.Koeff.	Zuwachs	B(%)	P-Wert	
STRACLE	0.81	14.0	28.27	67.2		0.001	*
WIND	-0.15	11.9	-1.31	7.8		0.005	*
STRACRE	0.80	24.2	26.13	4.9		0.001	*
nfK	0.13	7.4	0.09	2.2		0.01	*
STRACLE	0.65	4.2	11.78	1.0		0.05	*

WEINBAUGEBIET PFALZ (1975 - 1980)

N = 93 B = 0.59

Einflußgr.	Einzelkorr.	F-Wert	Reg.Koeff.	Zuwachs	B(%)	P-Wert	
STRACRE	0.67	28.1	122.8	45.5		0.001	*
STRARE	0.63	18.3	-96.5	8.7		0.001	*
WSLBL	-0.44	10.2	-1.6	4.7		0.001	*

WEINBAUGEBIET OBERMOSEL (1975 - 1980)

N = 98 B = 0.80

Einflußgr.	Einzelkorr.	F-Wert	Reg.Koeff.	Zuwachs	B(%)	P-Wert	
ETALE	0.85	31.4	19.46	72.0		0.001	*
HT	-0.13	22.3	-0.09	3.3		0.001	*
KALT	-0.14	11.4	-1.12	2.5		0.005	*
WSBLRE	-0.81	12.3	-3.09	2.1		0.001	*

WINBAUGEBIET MITTELMOSEL (1975 - 1980)

N = 101 B = 0.77

Einflußgr.	Einzelkorr.	F-Wert	Reg.Koeff.	Zuwachs	B(%)	P-Wert	
STRACLE	0.85	278.2	52.90	72.8		0.001	*
KALT	-0.34	5.4	-0.51	1.8		0.025	*
nfK	-0.07	10.6	0.06	1.8		0.005	*
WIND	-0.09	4.8	-1.11	1.1		0.05	*

HT : Höhe über Talgrund

KALT : Kaltluftgefährdung (Kartierung 0-20)

ETA : Mittlere aktuelle Verdunstung

STRA : Mittlere direkte Sonneneinstrahlung

WSBL : Mittlere klimatische Wasserbilanz

STRAC : Mittlere reduzierte direkte Sonneneinstrahlung

WIND : Windgefährdung (Schätzwert 0-10)

nfK : Pflanzenverfügbares Bodenwasser

Die Buchstaben Bl, RE und LE kennzeichnen die phänologischen Phasen.

* = signifikant

n.s. = nicht signifikant

Mostgewicht um -1.3°Oe , wenn die Windgefährdung um 1 Stufe ($-1 \text{ kJ}/\text{cm}^2 \cdot \text{Vegetationsperiode}$) im Bewertungsverfahren) ansteigt. Ein der Nahe vergleichbares Ergebnis wird auch an der Mittelmosel erzielt.

Der Einfluß der Strahlung verlagert sich an der Mittelmosel im Gegensatz zur Nahe ganz auf die letzte Phase (STRACLE), wobei der Regressionskoeffizient entsprechend ansteigt. Mit einem Anstieg der mittleren Einstrahlung (STRACLE) um $0.1 \text{ kJ}/(\text{cm}^2 \cdot \text{Tag})$ ist eine Qualitätsanhebung von $+5.3^{\circ}\text{Oe}$ verbunden. An der Nahe verteilt sich der Einfluß auf mehrere Strahlungsgrößen. Bei der Windgefährdung entsprechen sich die Ergebnisse. Der Einfluß des pflanzennutzbaren Wassers geht etwas zurück. In beiden Regionen können keine Verdunstungs- und Wasserbilanzwerte berechnet werden.

Diese fließen wiederum in die Verrechnungen an der Obermosel ein. Die aktuelle Verdunstung (ETALE) in der Reifezeit erklärt 72% der Gesamtschwankung bei der Qualitätsbildung. Wasserbilanz (WSBLRE), Höhe über Talgrund und Kaltluft beeinflussen die Qualität in negativer Weise, wobei mit einer Zunahme um 100 m das Mostgewicht um $8,5^{\circ}\text{Oe}$ und bei einer höheren Kaltluftgefährdung ($-1 \text{ kJ}/(\text{cm}^2 \cdot \text{Vegetationsperiode})$) im Bewertungsverfahren) um $1,1^{\circ}\text{Oe}$ abfällt. Im Gegensatz zur Mittelmosel und Nahe wird die reduzierte Einstrahlung als höhenabhängige Variable nicht berücksichtigt. Diese Größe erfaßt die Höhenabhängigkeit nur unzureichend. Obwohl alle Analysen hohe Bestimmtheitsmaße erreichen, treten zum Teil beträchtliche Abweichungen von den berechneten Werten auf. Abweichungen von mehr als 10°Oe bleiben allerdings auf wenige Einzelfälle begrenzt.

5.5.3 STANDORTANALYSEN IM WEINBAUGEBIET FRANKEN (1970 - 79)

Wie in den Weinbaugebieten von Rheinland-Pfalz fehlen für die Analysen in Franken die Temperaturfunktionen zur Differenzierung der Standorte in Abhängigkeit von der Höhe. Für die Verrechnung werden Strahlungs-, Verdunstungs- und Wasserbilanzwerte sowie verschiedene konstante Standortparameter verwendet.

5.5.3.1 VERRECHNUNG DER 10-JÄHRIGEN MITTELWERTE

Die statistische Analyse mit den 10-jährigen Durchschnittswerten der Parzellen (1979 - 79) führen zu keinen signifikanten Ergebnissen.

5.5.3.2 GESAMTANALYSE IN FRANKEN (1970 - 79)

Zum Abschluß der Standortanalysen in Franken wird der Versuch einer Gesamtanalyse aller Einzelbeobachtungen von 1970 bis 79 unternommen (Tab.5.23). Die lineare Analyse kann 52 %, die nicht-lineare Analyse 67 % der gesamten Schwankungsbreite erklären, wobei die Residuen beträchtlich sind (Max: = +30°Oe, Min:= -20°Oe). An der Qualitätsbildung sind fast ausschließlich die Einstrahlungs- und Wasserbilanzgrößen beteiligt. Die reduzierte Strahlung (STRACLE und STRACBL) steuert bei der nichtlinearen Analyse die Qualität in der Form, daß abfallende Strahlungswerte das Mostgewicht steigern. Es ist somit ausgeschlossen, das für den Rheingau entwickelte Reduktionsverfahren auch in Franken anzuwenden. Die Abnahme des Mostgewichtes um 4° auf 100 m Höhenzunahme erscheint dagegen plausibel, obwohl der Einfluß mit 0,6 % an der Gesamtschwankungsbreite sehr gering ist.

Der negative Einfluß der klimatischen Wasserbilanz ist so zu erklären, daß Jahre mit hohen Niederschlägen die Qualität verschlechtern, wobei ungünstige Strahlungsverhältnisse am Standort (geringere Verdunstung) diesen Effekt verstärken. Der negative Regressionskoeffizient des quadratischen Gliedes der Verdunstung (ETALE**2) bestätigt die Vermutung, daß ein strahlungsbedingter Vorzug in strahlungsreichen trockenen Jahren zu Qualitätsdepressionen beim Müller-Thurgau führt. Insgesamt kann dieser Einfluß mit 7 % angesetzt werden. Die Einflüsse können wegen den bestehenden Wechselwirkungen zwischen den Einflußgrößen mit den Regressionskoeffizienten zahlenmäßig nicht ausgedrückt werden.

Tab.5.23

LINEARE UND NICHTLINEARE REGRESSION - GESAMTANALYSE (Jahre*Standort)
 Einflußgr.: MITTELWERTE KLIMAGRÖSSEN (Phänologische Phasen)
 UND STANDORTKONSTANTE
 Zielgröße: MOSTGEWICHT MÜLLER- THURGAU (Einzelbeob.)
 (Jahre * Standorte)

WEINBAUGEBIET FRANKEN (1970 - 1979) LINEARER ANSATZ

N = 285 B = 0.52

Einflußgr.	Einzelkorr.	F-Wert	Reg.Koeff.	Zuwachs B(%)	P-Wert
WSBLBL	-0.59	155.9	-9.26	34.8	0.001 *
STRARE**2	0.51	101.5	3.43	17.2	0.001 *

WEINBAUGEBIET FRANKEN (1970 - 1979) NICHTLINEARER ANSATZ

N = 285 B = 0.67

Einflußgr.	Einzelkorr.	F-Wert	Reg.Koeff.	Zuwachs B(%)	P-Wert
WSBLBL	-0.59	64.3	-21.0	34.8	0.001 *
STRARE**2	0.51	106.5	4.4	17.2	0.001 *
STRABL**2	-0.12	37.6	-5.1	5.2	0.001 *
ETABL**2	0.05	37.9	5.2	2.5	0.001 *
STRACLE	0.51	30.4	-6.4	2.2	0.001 *
ETALE**2	0.03	18.9	-5.6	2.1	0.001 *
STRACBL	0.47	11.4	-4.0	0.8	0.001 *
HT	-0.04	4.9	-0.0	0.6	0.05 *
ETALE*STRALE	-0.03	7.1	3.4	0.6	0.01 *
ETALE	0.54	4.9	2.7	0.5	0.05 *

HT : Höhe über Talgrund
 ETA : Mittlere aktuelle Verdunstung
 STRA : Mittlere direkte Sonneneinstrahlung
 WSBL : Mittlere klimatische Wasserbilanz
 STRAC : Mittler reduzierte direkte Sonneneinstrahlung

Die Buchstaben BL, RE und LE kennzeichnen die phänologischen Phasen.

* = signifikant n.s. = nicht signifikant

5.6 EINFLUSS DES WASSERHAUSHALTES AUF DIE QUALITÄTSBILDUNG

In Kap.3.2 wird erläutert, daß der Einfluß verschiedener Wasserhaushaltsgrößen auf die Qualitätsbildung zur Zeit noch umstritten ist. So sollte nach MÜLLER (1980) in der Zeit zwischen Blüte und Reifebeginn eine optimale Wasserversorgung für die Reben vorhanden sein. Dagegen meinen RÜHL und ALLEWELDT (1985), daß vor allem

unter Berücksichtigung physiologischer Gesichtspunkte eine günstige Wasserbilanz zwischen Reifebeginn und Lese die Qualität fördert. Nach SMART (1984) wirkt sich ein "milder Wasserstreß" günstig auf die Qualität aus, wobei allerdings keine quantitativen Angaben zu diesem Wasserstreß möglich sind.

Mit den verwendeten Modellansätzen zur Berechnung der Verdunstung (Haude- und Penman- Verdunstung) bietet sich erstmals die Möglichkeit, den Einfluß der Verdunstung, der klimatischen Wasserbilanz und des pflanzenverfügbaren Bodenwassers auf die Qualitätsbildung quantitativ abzusichern. Die nachfolgende Betrachtung ist diesem Aspekt bei den Jahres- und Standortanalysen gewidmet.

5.6.1 EINFLÜSSE AUF DIE JAHRESSCHWANKUNGEN DES MOSTGEWICHTES

In den im Rheingau durchgeführten Jahresanalysen lassen sich eine Reihe von Jahren finden, die eine hohe negative Wasserbilanz aufweisen. Dazu müssen Jahre gerechnet werden, in denen selbst das pflanzennutzbare Bodenwasser als positives Glied in der Wasserbilanzrechnung die insgesamt negative klimatische Wasserbilanz während der Vegetationszeit nicht ausgleichen kann. Die Tab.I.14 (Anhang) weist das mittlere Wasserspeichervermögen der verschiedenen Bereiche und Standorte aus. Den Zahlenangaben aus Rheinland-Pfalz ist dabei eine größere Bedeutung zuzusprechen, da sie aus Bodenanalysen gewonnen werden, während im Rheingau und Franken dazu nur Schätzwerte vorliegen. Die Angaben für das pflanzenverfügbare Bodenwasser in Rheinland-Pfalz schwanken zwischen 77 u. 233 mm, im Rheingau und Franken zwischen 120 u. 300 mm. Bei der Gegenüberstellung ist zu beachten, daß die Schätzwerte für den Bereich 0 bis 150 cm Bodentiefe gelten, die Bodenanalysen dagegen nur die Bodenschichten bis 1 m Tiefe erfassen.

Als Trockenjahre können solche Jahre angesprochen werden, in denen die klimatische Wasserbilanz (WSBLGES) < -200 mm ist.

Für die Festsetzung dieses Grenzwertes von -200 mm gelten folgende Voraussetzungen:

- Über das pflanzenverfügbare Bodenwasser stehen im Frühjahr mindestens 100 mm zur Verfügung, die den Wasserbedarf während des Sommers teilweise decken können,
- die Rebe kann ein Defizit von 100 mm durch ein reduziertes Trieb- und Blattwachstum ausgleichen ohne daß dieses Defizit zu Qualitätsdepressionen führt (SMART (1984)).

Unter den genannten Schwellenwert fallen die Jahre 1947, 49, 53, 59, 62, 64, 71, 73, 76 und 82. In dem in Tab.5.10 ausgewiesenen Rechenverfahren zum Mostgewicht sind einige Wasserhaushaltsgrößen enthalten, die eine Abschätzung der Einflüsse erlauben (SDEF3, WSBL3, SDEF4, RR5 * WSBL5 und RR6). Von diesen Größen wirken sich in trockenen Jahren WSBL3 und SDEF4 negativ auf die Qualität aus. Sowohl SDEF3 (mit in Trockenjahren hohen Werten), als auch die in Trockenjahren niedrigen Werte von (RR5 * WSBL5 und RR6) steigern die Qualität.

Mit Tab.5.24 läßt sich zeigen, in welchen Jahren von den genannten Trockenjahren die Wasserhaushaltsgrößen WSBL3 und SDEF4 die Qualität negativ beeinflussen. Die Mostgewichte werden sowohl mit, als auch ohne Berücksichtigung der Größen SDEF 4 und WSBL3 berechnet. In der zuletzt genannten Variante werden für SDEF4 und WSBL3 jeweils die langjährigen Mittelwerte eingesetzt. Bei einem Vergleich mit den beobachteten Werten zeigt sich in den Jahren 1947 (+16), 1959 (+6), 1964 (+10), 1971 (+15), 1973 (+4) und 1976 (+7) der negative Einfluß dieser Klimagrößen. In den anderen Trockenjahren ist kein Zusammenhang feststellbar. Zwar ist die Differenz 1982 zwischen berechnetem (Verfahren 3) und beobachtetem Mostgewicht (Verfahren 1) sehr groß, die Differenz kommt aber durch andere Effekte zustande, da sich bereits der berechnete Wert (Verfahren 2) sehr stark von dem Beobachtungswert (1) unterscheidet. Ähnliches gilt für das Jahr 1949.

Die in gleicher Weise durchgeführten Berechnungen des Mostgewichtes mit und ohne Wasserhaushaltsgrößen zeigen in der Pfalz in den Jahren 1976 und 1982 ähnliche Differenzen wie im Rheingau auf.

Tab.5.24

EINFLUSS VON WASSERHAUSHALTSGRÖSSEN AUF DIE QUALITÄT DER TRAUBEN
(RIESLING) in Trockenjahren
GEGENÜBERSTELLUNG DER BEOBACHTETEN UND BERECHNETEN MOSTGEWICHTE
(ohne/mit den Klimagrößen (WSBL3,SDEF4))
RHEINGAU (1947 - 1984)

	1947	1949	1953	1959	1962	1964	1971	1973	1976	1982
Mostgew.1)	88	97	90	96	80	79	89	71	97	70
Mostgew.2)	88	90	90	96	76	80	95	70	94	77
Mostgew.3)	104	98	89	102	77	89	104	75	104	79
Differ.3)-1)	+16	+1	-1	+6	-3	+10	+15	+4	+7	+9

- 1) Beobachtete Mostgewichte (°Oe)
- 2) Berechnete Mostgewichte mit (SDEF4 u. WSBL3) (°Oe)
- 3) Berechnete Mostgewichte ohne (SDEF4 u. WSBL3) (°Oe). Für SDEF4 und WSBL3 werden die langjährigen Durchschnittswerte eingesetzt.

	1947	1949	1953	1959	1962	1964	1971	1973	1976	1982
WSBL1 mm	-10	-37	-29	-24	+14	-17	-42	-1	-42	-18
WSBL2 mm	-62	+76	-34	-36	-88	-36	+45	-35	-61	-68
WSBL3 mm	-99	-90	+1	-71	-48	-89	-68	-67	-189	-90
WSBL4 mm	-180	-150	-121	-56	-73	-111	-103	-97	-27	-41
WSBLRE mm	-279	-240	-120	-127	-121	-200	-171	-164	-216	-131
WSBL5 mm	-130	-75	-53	-73	-38	-38	-22	-65	-59	-60
WSBL6 mm	-45	-8	-22	-91	-11	+3	-19	+23	+2	+37
WSBLGES mm	-526	-284	-258	-351	-244	-288	-209	-242	-376	-240

SDEF : Mittleres Sättigungsdefizit einer Dekade
WSBL : Klimatische Wasserbilanz

Die Ziffern 1 - 6 und die Buchstaben BL, RE, LE und GES kennzeichnen die phänologischen Phasen bzw. die gesamte Vegetationszeit.

5.6.2 EINFLUSS DES WASSERHAUSHALTES IN DEN STEILLAGEN AUF DIE QUALITÄTSBILDUNG

Im Weinbau kann auf klimatisch bevorzugten Steillagen mit gleichzeitig geringer Bodenauflage zur Qualitätsförderung eine Zusatzberegnung eingesetzt werden. In diesem Zusammenhang stellt sich die Frage, ob hohe berechnete Verdunstungsraten in den Steillagen die Qualität mindern. Dazu werden am Schloß Johannisberg -

dieser Bereich wurde zwischenzeitlich als berechnungswürdiger Standort ausgewiesen - die Mostgewichtsergebnisse aus den Steillagen ($>15^\circ$ Hangneigung) während des Zeitraums 1960 - 80 mit den Mittelwerten der Einzeljahre über den Gesamtbereich verglichen. Die Differenz zwischen dem Mostgewicht der Steillagen und dem Mostgewicht (Gesamtmittel des Einzeljahres) bildet die Zielgröße.

Tab.5.25

NICHTLINEARE REGRESSION - STANDORTANALYSE (Mittelwerte Steillagen)
Einflußgr.: MITTELWERTE KLIMAGRÖSSEN (Phänologische Phasen)
UND STANDORTKONSTANTE

Zielgröße: MITTLERES MOSTGEWICHT RIESLING ($^\circ\text{Oe}$) (Steillagen)
RHEINGAU (1965 - 1974)

N = 26 B = 0.75

Einflußgr.	Einzelkorr.	F-Wert	Reg.Koeff.	Zuwachs	B(%)	P-Wert
TMINRE	0.62	14.6	-20.06	37.8		0.001 *
TSUPLE	0.52	21.8	0.56	16.9		0.001 *
WSPV	0.30	16.8	0.04	7.0		0.001 *
ETARE	0.03	5.4	-13.80	6.7		0.05 *
HT*TSUPLE	0.58	10.9	0.26	6.7		0.005 *

Differenz zwischen tatsächlichem und berechnetem Mostgewicht

Differenz ($^\circ\text{Oe}$)	0 - 3.0	3.1 - 6.0	≥ 6.1
Prozent	92	8	0
Anzahl	24	2	

REGRESSION - STANDORTANALYSE (Steillagen)

Einflußgr.: MITTELWERTE KLIMAGRÖSSEN (Phänologische Phasen)

Zielgröße: DIFFERENZ MOSTGEWICHT RIESLING (Steillagen / Einzeljahre
- MOSTGEWICHT (Gesamtmittel / Einzeljahre)
RHEINGAU (1960 - 1980) STANDORT SCHLOSS JOHANNISBERG

N : 21 B : 0.43

Einflußgr.	Einzelkorr.	F-Wert	Reg.Koeff.	Zuwachs	B(%)	P-Wert
TTPLE	+0.31	8.6	+1.1	27		0.01 *
ETABL	-0.40	10.7	-11.7	16		0.005 *

HT : Höhe über Talgrund
TMINP : Mittlere Minimumtemperatur
TTP : Mittlere Tagestemperatur (SA-SU)
TSUP : Mittlere Temperatursumme in Gradstunden (SA-SU)
ETA : Mittlere aktuelle Verdunstung
WSPV : Wasserspeichervermögen des Bodens

Die Buchstaben BL, RE und LE kennzeichnen die phänologischen Phasen.

Es zeigt sich, daß in strahlungsreichen Jahren die Differenzen ab- in strahlungsarmen Jahren dagegen zunehmen. Die statistische Analyse führt zu den in Tab.5.25 (untere Hälfte) ausgewiesenen Ergebnissen. Die Vermutung bestätigt sich, daß in strahlungsreichen und trockenen Jahren ein erhöhter Verdunstungsanspruch (ETABL) die Differenz der Mostgewichte verkleinert.

Eine getrennte Analyse der 10-jährigen mittleren Mostgewichte in den Steillagen (Rüdesheim-Lorch) belegt den Einfluß des pflanzennutzbaren Bodenwassers (WSPV) auf die Qualitätsbildung (oberer Teil Tab.5.25).

Der Einfluß verteilt sich auf die Faktoren Temperatursumme (TSULE), pflanzenverfügbares Wasser (WSPV), die Minimumtemperatur (TMINRE), die Höhe über dem örtlichen Talgrund (HT) und die Verdunstung (ETARE). Im Gegensatz zur Analyse der 91 Einzellagen im Rheingau (Tab.5.16) beeinflusst der Wasserhaushalt der Standorte (WSPV und ETARE) die Qualität mit knapp 14 %. Ein knapper Bodenwassergehalt in Verbindung mit hohen standortbedingten Verdunstungsraten verschlechtern die Mostgewichte (vgl. Kap.6.2.2.3).

Eine Zunahme des pflanzennutzbaren Bodenwassers (WSPV) um 20mm erhöht das Mostgewicht um 1°Oe. Ähnliche Abhängigkeiten vom Bodenwasser lassen sich auch für die Bereiche Mittelmosel und Nahe ableiten (Tab.5.22). An der Mittelmosel erhöht sich das Mostgewicht um 1.2°Oe, an der Nahe um 1.8°Oe, wenn das pflanzennutzbare Bodenwasser (nfK) um 20mm ansteigt.

Die Ergebnisse haben gezeigt, daß es nicht möglich ist, einheitliche Kriterien und Grenzwerte für die Standortbewertung in den verschiedenen Weinbaugebieten zu finden.

In Kap.6.1 werden zunächst die Konsequenzen aufgezeigt, die sich aus der Überprüfung des zur Zeit angewendeten Bewertungsverfahrens von Weinbergslagen in den einzelnen Anbaugebieten ergeben.

Mit der Einführung neuer Variablen ist eine schärfere Abgrenzung der Weinbaustandorte nach regional-klimatischen und mesoklimatischen Kriterien möglich.

Im Gegensatz zu den sonst üblichen Feldexperimenten in der Agrarforschung, die alle Meßdaten und pflanzenbaulichen Größen im Meßfeld direkt erfassen, werden Modelle verwendet, die die verschiedenen klimatischen Einflußgrößen am Einzelstandort berechnen. Diese Einführung von Modellvariablen im mesoklimatischen Bereich ist deshalb notwendig, weil das offizielle Klimameßnetz nicht ausreicht, um die klimatischen Gegebenheiten am Einzelstandort in ausreichender Genauigkeit zu erfassen.

Die Modelle enthalten eine Reihe von Fehlerquellen. Sie begrenzen die Anwendung der Modelle in der Weinbaupraxis. Fehler und Anwendungsmöglichkeiten werden in Kap.6.2 aufgezeigt. Neben der Darstellung des Gültigkeitsbereiches für die Modelle werden die statistischen Analysen in Kap.6.3 einer kritischen Würdigung unterzogen. Die Verwendung von Klimagrößen in den Regressionsanalysen schließt Wechselwirkungen zwischen den Einflußgrößen mit ein. Diese sich wechselseitig steuernden Einflüsse verändern die Regressionskoeffizienten in jedem Rechenschritt. Die richtige Beurteilung der klimatischen Einflüsse auf die Qualitätsbildung ist nur dann möglich, wenn die Wechselbeziehungen bekannt sind. Die verbesserte Methodik in der Standortbewertung erfordert die Hinzunahme von weiteren Standortvariablen. In Kap.6.4 werden Wege beschrieben, wie die für den Rheingau entwickelten Beziehungen auch in den anderen Anbaugebieten angewendet werden können.

6.1 ÜBERPRÜFUNG DES ZUR ZEIT ANGEWENDETEN BEWERTUNGS- VERFAHRENS VON WEINBERGSLAGEN

6.1.1 REGIONALKLIMATISCHE GLIEDERUNG

Die regional-klimatische Gliederung wird im jetzigen Verfahren mit Hilfe der regionalen Verteilung der prozentualen Sonnenscheindauer erfaßt (vgl. Kap.2.2). Wie die zu dieser Frage durchgeführten Untersuchungen zeigen, ist die auf der Basis der Sonnenscheindauer vorgenommene regionale Differenzierung unzureichend. Insbesondere weisen die Weinbaugebiete Mittelmosel, Obermosel, Pfalz und Franken stärkere regionale Unterschiede auf, die das vorhandene Netz von Sonnenscheinregistrierungen nur unvollständig abdecken kann. In Kap.6.4 werden entsprechende Alternativen zur Lösung dieses Problems entwickelt.

6.1.2 GELÄNDEKLIMATISCHE GLIEDERUNG

Die Überprüfung des geländeklimatischen Bewertungsverfahrens des Deutschen Wetterdienstes in verschiedenen Weinbaugebieten zeigt enge Zusammenhänge zwischen reduziertem Energieangebot und Mostgewichten in den Bereichen Rheingau, Nahe und Mittelmosel auf. Die Vergleiche in den Bereichen Pfalz, Obermosel und Franken erbringen dagegen unbefriedigende Ergebnisse, da

- zwischen Höhenreduzierung des Energieangebotes und Abnahme des Mostgewichtes mit zunehmender Höhe über dem örtlichen Talgrund kein Zusammenhang ermittelt wird und
- in den Bereichen Pfalz und Franken teilweise negative Beziehungen zwischen Strahlung und Mostgewicht bestehen, die auf den Einfluß des Wasserhaushaltes auf die Qualität hinweisen.

Enge Zusammenhänge zwischen Kaltluftgefährdung und Qualität ergeben sich für die Bereiche Ober- und Mittelmosel, negative Ein-

flüsse der Windgefährdung können erstmals für den Bereich Nahe und Mittelmosel nachgewiesen werden. Bei den zuletzt genannten Einflüssen ist zu berücksichtigen, daß die im Rheingau entwickelte Temperaturfunktion implizit Kaltluft- und Windgefährdung enthält. Die Ergebnisse belegen, daß ein geländeklimatisches Bewertungsverfahren auf die spezifischen Gegebenheiten der einzelnen Anbaugebiete zugeschnitten sein muß. Zwar lassen sich physikalische Modellgleichungen - wie das Rechenverfahren zur Berechnung der direkten Sonneneinstrahlung - auf andere Gebiete übertragen, unzulässig ist dagegen die Verallgemeinerung empirisch-statistischer Modellansätze, wie die Darstellung der Temperatur in Abhängigkeit von der Höhe. Die Schlußfolgerungen ziehen auch MAY et.al. (1985) bei der Überprüfung des Bewertungsverfahrens im Bereich von Südbaden.

6.2 GÜLTIGKEITSBEREICH DER NEUEN MODELLANSÄTZE

6.2.1 DIE VERWENDUNG DER AKTUELLEN VERDUNSTUNG

Die für die Untersuchungen ausgewählte Penman-Gleichung berücksichtigt in der Berechnung topographische Größen - wie die Geländeneigung und Hangrichtung. Beide Größen verändern den Strahlungshaushalt eines Standortes. Da zur Berechnung der Nettostrahlungsbilanz bisher noch nicht alle erforderlichen Eingangsgrößen bekannt sind, werden Parametrisierungsverfahren entwickelt, die die unbekannt Teile des Strahlungshaushaltes aus bekannten Klimagrößen ableiten. Die Tab.5.2 (vgl. Kap.5.1.1) weist die Toleranzen dieses Verfahrens aus. Auch der aerodynamische Teil $(f(u) * (E - e))$ wird aus den Meßdaten der nächstgelegenen Klimastation ^S berechnet. Es treten somit im Rechenverfahren einige Fehlerquellen auf, die genauer analysiert werden sollen.

Die sogenannte Sensitivity-Analyse oder auch Empfindlichkeitsstudie ist ein Hilfsmittel, um die möglichen Fehlerquellen abzuschätzen. Für die Strahlung und die Windgeschwindigkeit sind dazu Analysen möglich. Die Einflüsse der Geländeform auf die Höhe des

Sättigungsdefizites sind dagegen weitgehend unbekannt. Eine Empfindlichkeitsstudie kann mit Hilfe der Differentialrechnung durchgeführt werden, indem man die relativen Änderungen der Verdunstung ($\Delta \text{ETA} (\%)$) in Abhängigkeit von der Strahlungsbilanz bzw. der Windgeschwindigkeit unter Anwendung der Reihenentwicklung ableitet. Es ergibt sich für die relative Änderung der Verdunstung in Abhängigkeit von einer Variablen x_1 :

$$\Delta \text{ETA}(x_1) [\%] = \left(\frac{\partial (\text{ETA})}{\partial x_1} * \frac{x_1}{\text{ETA}} \right) * \Delta x_1 [\%] \quad (6.1)$$

wobei für x_1 die Strahlungsbilanz bzw. die Windgeschwindigkeit eingesetzt wird. Die Größe in der Klammer ist der sogenannte Sensitivity-Koeffizient (SK). Im einfachsten Fall von multiplikativen Größen - wie beispielsweise bei den Faktoren K_{CP} und C - ist der Koeffizient $\text{SK} = 1$, das heißt, Fehler bei diesen Faktoren werden sich in gleichen prozentualen Fehlern bei der Verdunstung niederschlagen. Fehler bei der Strahlungsbilanz und der Windgeschwindigkeit wirken sich hingegen unterschiedlich aus (Abkürzungen vgl. Kap.4.4.1.2, Seite 44):

$$\Delta \text{ETA}(Q_{\text{GES}}) = \left(\frac{\partial}{\partial S} \frac{(f(u) * (E_s - e))}{Q_{\text{GES}}} + 1 \right)^{-1} * \Delta Q_{\text{GES}} \quad (6.2)$$

$$\text{mit } \text{SK}(Q_{\text{GES}}) = \left(\frac{\partial}{\partial S} \frac{(f(u) * (E_s - e))}{Q_{\text{GES}}} + 1 \right)^{-1} \quad (6.3)$$

$$\Delta \text{ETA}(u) = \left(\frac{\partial}{\partial u} * Q_{\text{GES}} / [0.19 * (E_s - e) * (u/100)] + 1 / (u/100) + 1 \right)^{-1} * \Delta u \quad (6.4)$$

$$\text{mit } \text{SK}(u) = \left(\frac{\partial}{\partial u} * Q_{\text{GES}} / [0.19 * (E_s - e) * (u/100)] + 1 / (u/100) + 1 \right)^{-1} \quad (6.5)$$

Die Tab.6.1 enthält für die phänologischen Phasen 1-6 für den 21-jährigen Zeitraum (1960 bis 1980) die Sensitivity-Koeffizienten für die Strahlungsbilanz Q_{GES} und die Windgeschwindigkeit U . Für die Berechnung werden jeweils die klimatologischen Mittelwerte in

den einzelnen Phasen verwendet. Die Koeffizienten variieren zwischen den einzelnen Phasen, wobei der Jahresgang bei den Koeffizienten gegenläufig ist. Das Maximum bei $SK(Q_{GES})$ fällt mit dem Minimum bei $SK(U)$ zusammen. So ergibt sich beispielsweise für $SK(U)$ in der Phase 3 ein Wert von 0,25 und 0.78 für $SK(Q_{GES})$.

Tab.6.1: SENSITIVITY - Koeffizienten für die Strahlungsbilanz ($SK(Q_{GES})$) und die Windgeschwindigkeit ($SK(u)$) in der modifizierten Penman-Gleichung für die 6 Phasen der Rebeentwicklung

PHASE	1	2	3	4	5	6
$SK(Q_{GES})$	0.74	0.78	0.78	0.75	0.70	0.63
$SK(U)$	0.30	0.26	0.25	0.27	0.30	0.35

Ein Fehler von 10 % in der Windgeschwindigkeit wirkt sich mit einem Fehler von 2,5 % in der Verdunstung aus. Dagegen verändert der gleiche Fehler bei der Strahlungsbilanz die Verdunstung um knapp 8 %. Die relativen Änderungen der Strahlungsbilanz sind somit dreimal stärker als bei der Windgeschwindigkeit.

Die Tab.6.2 ist so aufgebaut, daß der prozentuale Fehler bei der Verdunstungsberechnung in Abhängigkeit von gemessenen Absolutwerten der Strahlungsbilanz und der Differenz zwischen tatsächlicher und berechneter Strahlungsbilanz dargestellt wird. Die Zusammenhänge sollen an einem Beispiel erläutert werden:

Der berechnete Wert der Strahlungsbilanz beträgt $1 \text{ kJ}/(\text{cm}^2 \cdot \text{Tag})$. Der Fehler soll mit $160 \text{ J}/(\text{cm}^2 \cdot \text{Tag})$ angenommen werden (16 %). Daraus resultiert entsprechend Tab.6.2 ein Fehler in der Verdunstungsberechnung von 12 %.

Die mit (*) und (+) gekennzeichneten Zahlen vermitteln eine Übersicht über die im Zeitraum 1978 bis 1980 tatsächlich aufgetretenen prozentualen Fehler bei der Verdunstungsberechnung, wenn man die Differenzen zwischen berechneten und gemessenen Strah-

Tab.6.2
 RELATIVER FEHLER BEI DER VERDUNSTUNGSBERECHNUNG UNTER VORGABE VON DIFFERENZEN ZWISCHEN
 TATSÄCHLICHER UND BERECHNETER STRAHLUNGSBILANZ (KJoule / (cm**2 * Tag))
 SENSITIVITY - KOEFFIZIENT (SK(Q_{GES})) = 0.75 (Zeitraum (1978 - 80))

	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6
0.04	15	10	7.5	6	5	4.3	3.8	3.3	3.0	2.7	2.5	2.3	2.1	2.0	1.9
0.08	30	20	15	12	10	8.6	7.5	6.7	6.0	5.4	5.0	4.6	4.3	4.0	3.8
0.12	-	30	23	18	15	12.9	11.3	10.3	9.0	8.2	7.5	6.9	6.4	6.0	5.6
0.16	-	-	30	24	20	17.1	15.0	13.3	12.0	10.9	10.0	9.2	8.6	8.0	7.5
0.20	-	-	-	30	25	21.4	18.8	16.7	15.0	13.6	12.5	11.5	10.7	10.0	9.4
0.24	-	-	-	-	30	25.7	22.5	20.0	18.0	16.4	15.0	13.8	12.9	12.0	11.2
0.28	-	-	-	-	-	30	26.3	23.3	21.0	19.1	17.5	16.2	15.0	14.0	13.1

X* = Verteilung der Fehler (gemessene und berechnete Strahlungsbilanz) im Zeitraum 1978-79

X+ = Verteilung der Fehler (gemessene und berechnete Strahlungsbilanz) im Jahr 1980
 vgl. Tab.5.3

Auswirkung auf die Verdunstungsberechnung 1978 - 79

Fehler in % in der Verdunstung	15	15.0-10.1	10.0-5.1	≤ 5.0
Prozentualer Anteil	10	13	30	47

Auswirkung auf die Verdunstungsberechnung 1980

Fehler in % in der Verdunstung	15	15.0-10.1	10.0-5.1	≤ 5.0
Prozentualer Anteil	6	0	24	70

lungsbilanzwerten zugrunde legt. In 10 % aller Beobachtungen ist der Fehler größer als 15 % (Maximum: 18 %). In der Hälfte aller Fälle ist der Fehler kleiner als 5 %. Wenn man ausschließlich das Jahr 1980 mit genaueren Meßwerten der Strahlungsbilanz betrachtet, so liegt in über 90 % aller Beobachtungen der Fehler bei der Berechnung der Verdunstung unter 10 % und in zwei Drittel aller Beobachtungen unter 5 %.

Eine ähnliche Übersicht wie für die Strahlungsbilanz wird auch für die Windgeschwindigkeit als Windwegsumme über einen Tag zusammengestellt (Tab.6.3). Dabei interessieren vor allem die möglichen Abweichungen der Windgeschwindigkeit an einem beliebigen Geländepunkt von den Basismessungen an der Klimastation. Da die topographischen Gegebenheiten die Verteilung der Windgeschwindigkeit entscheidend beeinflussen, können hier lediglich Einzelsituationen mitgeteilt werden. Dazu dient der Vergleich der Basismesswerte der Klimastation mit einem windexponierten Standort. Die beobachteten Abweichungen sind jeweils unterstrichen. Insbesondere sind bei Schwachwindlagen größere Abweichungen zwischen Basisstation und Einzelstandort zu erwarten. Auf der anderen Seite treten Schwachwindlagen in der Regel mit starker Einstrahlung auf, das heißt, der Koeffizient $SK(U)$ wird kleiner als der klimatologische Basiswert in der Tab.6.1. Im umgekehrten Fall steigt er bei stärkerer Bewölkung und zunehmender Windgeschwindigkeit an (Übergangsjahreszeiten, Winter).

Zwar kann man den möglichen relativen Unterschieden in der Windgeschwindigkeit eine größere Toleranz einräumen (kleinere Sensitivity-Koeffizienten), ohne die Anwendbarkeit der Methode bei der Verdunstungsberechnung in Frage stellen zu müssen, aber unter extremen Bedingungen (Vergleich: windexponierter Standort mit Klimastation) sind stärkere Abweichungen nicht auszuschließen. Die unterstrichenen Einzelbeobachtungen zeigen, daß die prozentualen Veränderungen in der Verdunstung für einen windexponierten Standort bis auf 20 % ansteigen können.

Tab.6.3: RELATIVER FEHLER BEI DER VERDUNSTUNGSBERECHNUNG UNTER VORGABE VON DIFFERENZEN ZWISCHEN GEMESSENER WINDGESCHWINDIGKEIT AN DER KLIMASTATION (GEISENHEIM) UND DER TATSÄCHLICHEN WINDGESCHWINDIGKEIT AM STANDORT
SENSITIVITY - KOEFFIZIENT (SK(U) = 0.25)

Windgeschw. m/s		0.7	0.9	1.2	1.4	1.6	1.9	2.1	2.3	2.5	2.8
	Windweg km	60	80	100	120	140	160	180	200	220	240
0.2	20	<u>9</u>	7	5	5	4	3	3	3	2	2
0.5	40	18	<u>14</u>	11	<u>9</u>	8	7	6	5	5	5
0.7	60	27	20	16	14	12	10	9	8	7	7
0.9	80	-	27	<u>22</u>	18	15	<u>14</u>	12	11	10	9
1.2	100	-	-	27	22	19	<u>17</u>	15	<u>14</u>	12	11
1.4	120	-	-	-	27	23	20	18	16	15	14
1.6	140	-	-	-	-	27	24	21	19	17	16
1.9	160	-	-	-	-	-	27	24	22	20	18

Vergleich Basisklimastation mit windexponiertem Standort

Unterstrichene Werte = gemessene Differenzen

Insgesamt ist bei der Anwendung der Penman-Gleichung in der Praxis der Schwerpunkt auf die kurzwellige Strahlungsbilanz zu legen, da diese während der hellen Tagesphase - die gleichzeitig mit der Transpirationsphase zusammenfällt - für die Gesamtstrahlungsbilanz entscheidend ist. Das belegen auch die in Kap.5.1.1 entwickelten Parametrisierungsverfahren für kurzwellige und langwellige Strahlungskomponenten. Bei den ersteren beträgt der Maximalfehler knapp $190 \text{ J}/(\text{cm}^2 \cdot \text{Tag})$, bei den letzteren nur $50 \text{ J}/(\text{cm}^2 \cdot \text{Tag})$.

Ebenso wichtig ist die genaue Erfassung des pflanzenspezifischen Faktors K_{CP} , da in diesem Fall der prozentuale Fehler bei der Verdunstungsberechnung voll wirksam wird. Die in dieser Arbeit verwendeten K_{CP} -Werte sind als Näherungswerte zu verstehen, da insbesondere die Abhängigkeit vom pflanzennutzbaren Bodenwasser

noch erarbeitet werden muß. Die Absolut-Werte der Blattflächenindizes schwanken auf den verschiedenen Standorten beträchtlich. Die Maximal-Werte ($K_{CP} = 0,85$) stimmen mit denen von DOORENBOS und PRUITT (1977) vorgeschlagenen Werten überein. Ähnliche Werte finden auch FUERI und KOZMA (1979). Wenn die physikalischen Kennwerte des Bodens bekannt sind (Dichte, Welkepunkt und Feldkapazität), können unter Vorgabe des Niederschlages die Änderungen des Bodenwassergehaltes berechnet werden. Dazu müssen bei abnehmender Bodenfeuchte an dem Faktor K_{CP} entsprechende Reduktionen vorgenommen werden.

Nach einem Ansatz von SLABBERS (1980) läßt sich dieser Einfluß mit Hilfe des sogenannten kritischen Blattwasserpotentials formulieren. Der Stomata-Widerstand der Blätter hängt vom Blattwasserpotential ab und steigt oberhalb eines kulturspezifischen kritischen Blattwasserpotentials exponentiell an. Für die Ermittlung dieser Wechselbeziehungen sind parallele Messungen des Diffusionswiderstandes am Blatt, des Blattwasserpotentials und der Bodenfeuchte notwendig.

Für die in dieser Untersuchung berechneten aktuellen Verdunstungswerte sollen noch einmal alle Voraussetzungen für eine Anwendung in der Praxis zusammengestellt werden:

Fehler von 13 % bei der Berechnung der Strahlungsbilanz führen zu Fehlern von etwa 10 % bei der Verdunstungsrate. Wenn man für die Windgeschwindigkeit ähnliche Toleranzen von 10 % vorgibt, so sind für einzelne Standorte, für die die Windverhältnisse unbekannt sind, folgende Abweichungen möglich, ohne daß die vorgegebene Fehlerquote überschritten wird:

- Windwegsummen von 100 km/Tag (1,2 m/s) erlauben eine Abweichung von 20 km/Tag (0,2 m/s),
- Windwegsummen von 160 km/Tag (1,9 m/s) erlauben eine Abweichung von 60 km/Tag (0,7 m/s)
- Windwegsummen von 240 km/Tag (2,8 m/s) erlauben eine Abweichung von 80 km/Tag (0,9 m/s).

In allen anderen Fällen müssen am Standort Windwegsummen gemessen werden.

Die durchgeführten Berechnungen zur aktuellen Verdunstung (ETA) gelten unter der Voraussetzung, daß die Böden ausreichend mit Wasser aufgefüllt sind. Eine Reduktion der Transpiration aufgrund zu geringer Bodenwassergehalte wird ausgeschlossen. Die ermittelten Einflüsse auf die Qualitätsbildung zeigen, daß die aktuelle Evapotranspiration - ebenso wie die Strahlung und verschiedene Temperaturgrößen - die Qualität wirksam beeinflussen. Gleichzeitig kann mit diesem Rechenverfahren der Wasserbedarf für einen einzelnen Standort ermittelt werden (Kap.5.1.2). Mit der HAUDE-Formel ist diese Berechnung nicht möglich, da der Einfluß der Geländeform auf das Sättigungsdefizit unbekannt ist. Die HAUDE-Formel läßt sich - wie die Qualitätsanalysen zeigen (Kap.5.4) - dagegen für die regional-klimatische Differenzierung einsetzen. Die entwickelten Beziehungen zeigen die Notwendigkeit, die Verdunstung auch bei regionalen Untersuchungen zu berücksichtigen. Aus dem Kenntnis der aktuellen Verdunstung kann man die klimatische Wasserbilanz ($RR - ETA$) ableiten. Ein Unsicherheitsfaktor ist dabei der Niederschlag (RR), der sich gerade während der Vegetationszeit auf sehr engem Raum sehr stark ändern kann. Trotz dieser bestehenden Unsicherheiten bietet sich die Möglichkeit an, den Einfluß längerer Trockenperioden auf die Qualitätsbildung zu prüfen.

6.2.2 DARSTELLUNG DER TEMPERATUR IN ABHÄNGIGKEIT VON DER HÖHE ÜBER DEM ÖRTLICHEN TALGRUND UND DER GELÄNDEFORM

Die Abb.4.9 (Kap.4.4.2.1) verdeutlicht an einem Tagesgang der Temperatur für zwei ausgewählte Standorte zwei wesentliche Merkmale für die Temperaturunterschiede in Abhängigkeit von der Höhe.

- Die Zunahme der morgendlichen Tiefsttemperaturen mit ansteigender Höhe und
- die Abflachung der Tagesamplitude mit zunehmender Höhe.

Beide Merkmale sind weinbauklimatisch bedeutsam. Tiefere Temperaturminima am Morgen (stärkere Kaltluftgefährdung) hemmen die Rebenentwicklung (ALLEWELDT (1967), HOPPMANN (1978)). Die Abflachung der Kurve am Tage führt zu einer geringeren Zahl von

Stunden, die im Optimalbereich für eine günstige Rebenentwicklung liegen. Gleichzeitig sind beide Merkmale von der Wetterlage abhängig. Der Einfluß der Wetterlage bewirkt folgende Änderungen an dem in Abb.4.9 dargestellten Tagesgang.

- Bei Strahlungswetter ist die morgendliche Temperaturzunahme mit der Höhe stärker ausgeprägt, am Tage herrschen dagegen geringe Temperaturunterschiede zwischen Unter- und Oberhang,
- bei bewölktem Wetter kehren sich die Verhältnisse um mit schwächeren positiven bis negativen Temperaturgradienten am Morgen und stärkeren negativen Temperaturgradienten am Tage.

Da in unserem Klimagebiet bewölkt und wolkenarmes Wetter im Durchschnitt der Jahre im Verhältnis von 3:1 stehen, ist die stärkere Temperaturabnahme mit der Höhe am Tage bei bewölktem Wetter weinbauklimatisch ein wesentlicher Faktor. Daraus resultiert in strahlungsarmen Jahren eine stärkere Abnahme der Qualität mit der Höhe. In strahlungsreichen Jahren dagegen schwächen sich die Differenzen ab. Das vorgestellte Verfahren zur Berechnung der Minima (TMINP), der Temperatursummen (TSUP) und der Tagesmitteltemperaturen (helle Tagesphase) (TTP) kann diese Gesetzmäßigkeiten nachvollziehen. Das zur Zeit eingesetzte Reduktionsverfahren am berechneten Energieangebot aus der direkten Sonneneinstrahlung (STRAC) berücksichtigt diesen Wechsel nicht, da die Reduktion aus Temperaturmessungen an unterschiedlich exponierten Hängen bei Strahlungswetter abgeleitet wird (BRANDTNER (1973)). Diese Messungen stammen aus Mittelgebirgslagen bzw. aus alpinen Regionen. Die Übertragbarkeit in weinbaulich genutzte Areale ist nicht gegeben.

Das Reduktionsverfahren berücksichtigt auch nicht den Wechsel zwischen den Bewölkungsverhältnissen, der sich entscheidend auf die Differenzen der Mostgewichte in Abhängigkeit von der Höhenlage auswirkt.

Der Versuch, die räumliche Verteilung der Maximumtemperaturen am Tage in Abhängigkeit von der Einstrahlung und der Windgeschwindigkeit statistisch abzusichern, war wenig erfolgreich. Ähnlich wie bei ENDLICHER (1979) verwischen am Tage die kurzzeitigen

Temperaturschwankungen - infolge der stärkeren Turbulenz - die klaren räumlichen Zuordnungen, wie sie beispielsweise für die nächtlichen Minima möglich sind.

Das vorgestellte empirisch-statistische Verfahren ist der zur Zeit einzig gangbare Weg, um in der notwendigen räumlichen Auflösung die Temperaturverhältnisse in Abhängigkeit von der Höhe darstellen zu können. Der von ENDERS (1979) gefundene einfache lineare Zusammenhang zwischen Temperatur und Höhe wird den weinbauklimatischen Verhältnissen nicht gerecht. Vielmehr läßt sich eine Abhängigkeit der Temperatursummen (SA bis SU) von der Exposition feststellen, wie sie ENDLICHER (1980) auch für die Maximumtemperaturen an einzelnen Tagen am Kaiserstuhl durch Messungen bestätigt hat. Diese Abhängigkeit von der Exposition geht bei stärkerer Bewölkung verloren.

MAY et.al. (1985) untersuchen die Höhenabhängigkeit der Qualität am südlichen Ende des Oberrheingrabens wenige Kilometer nördlich von Basel. Die Autoren stellen eine hochsignifikante Beziehung zwischen der horizontalen Entfernung vom Rhein und der Qualität fest. Die horizontale Entfernung von einem Gewässer oder Fluß hat keinen Einfluß auf die Qualitätsbildung. Vielmehr verbergen sich hinter dieser Scheinkorrelation mesoklimatische Phänomene, die sich durch den Einfluß der sich in Nord-Süd-Richtung erstreckenden Mittelgebirgszüge Vogesen und Schwarzwald erklären lassen.

Die Autoren stellen mit Recht fest, daß der Föhneinfluß der Vogesen bzw. die Advektion von Warmluft durch die Burgundische Pforte im Oberrheingraben - in Verbindung mit höheren Temperaturen - die Rebenentwicklung begünstigen. Dagegen wirken sich stärkere Bewölkung und höhere Niederschläge (Stauwirkung) im Nahbereich des Schwarzwaldes nachteilig auf die Qualität der Beeren aus. Höhere Niederschläge in der Reifephase reichen allein aus, um die Qualität zu verschlechtern (vgl. Kap.5.4.3). Eine verstärkte Bewölkung mit einer entsprechenden Reduzierung der Einstrahlung ist eine hinreichende aber nicht unbedingt notwendige Voraussetzung für die beobachteten relativen Qualitätsverluste. Die dort ermittelten Zusammenhänge bestätigen, daß die auf empirisch-statistischen Wegen gefundenen Beziehungen keinesfalls auf andere Weinbaugebiete ohne Berücksichtigung der dort vorhandenen meso-

klimatischen Phänomene übertragbar sind. Deshalb darf das Reduktionsverfahren am Energieangebot nicht in allen Weinbaugebieten in gleicher Weise angewendet werden. Es ist notwendig, den Einfluß der Höhe den jeweiligen mesoklimatischen Gegebenheiten anzupassen.

6.2.3 ÜBERPRÜFUNG DES VERFAHRENS ZUR DARSTELLUNG DER TEMPERATURVERHÄLTNISSE IN ABHÄNGIGKEIT VON DER HÖHE

Die in Kap.5.3 entwickelte Temperaturhöhenbeziehung ist das Ergebnis einer Auswertung eines temporären Meßnetzes mit 11 Klimastationen. Diese Beziehung wird mit 3 Meßprofilen im oberen Rheingau (Rauenthal-West), im mittleren Rheingau (Rüdesheim) und im unteren Rheingau (Lorch) an drei unterschiedlich exponierten Hängen getestet (vgl.Tab.4.6). Die Abb.6.1 bis Abb.6.3 stellen gemessene und berechnete Werte an jeweils 6 Meßpunkten am Hang für eine Frühjahrssituation (Austrieb bis Blüte) und für eine Spätsommersituation zu Beginn der Reifezeit dar. Die Tagesgänge der Temperatur an den 6 Meßpunkten werden durch Meßgänge mit einem Assmann-Aspirationspsychrometer erfaßt. Die Meßgänge erfolgen im Stundenrhythmus, wobei die Zwischenpunkte zeitversetzt angelaufen werden. Ausgleichspolynome 5. Grades fügen die diskreten Meßpunkte zu einem kompletten Tagesgang der Temperatur zusammen.

In den beiden Abb.6.1 und 6.2 stimmen gemessene und berechnete Werte sehr gut überein, wobei sich allerdings in beiden Fällen zwischen berechneten und gemessenen Werten Niveauunterschiede ergeben. Die berechneten Werte liegen generell zu hoch. Die zu hohen Rechenwerte sind auf die zu niedrigen Trübungs-faktoren bei der Berechnung der direkten Sonneneinstrahlung zurückzuführen (HOPPMANN und JAGOUTZ (1986)). Der Trübungs-faktor weist zudem noch einen Jahresgang auf, der bei dem derzeitigen Rechenverfahren nicht berücksichtigt wird. Die berechneten Werte werden mit Hilfe der tatsächlich gemessenen Sonneneinstrahlung an beiden Terminen reduziert (punktierte Linienzüge). In Rauenthal führt diese Reduzierung zum Erfolg. In Rüdesheim reduzieren sich die Absolut-Werte der Temperatursummen zu stark. Für beide Situatio-

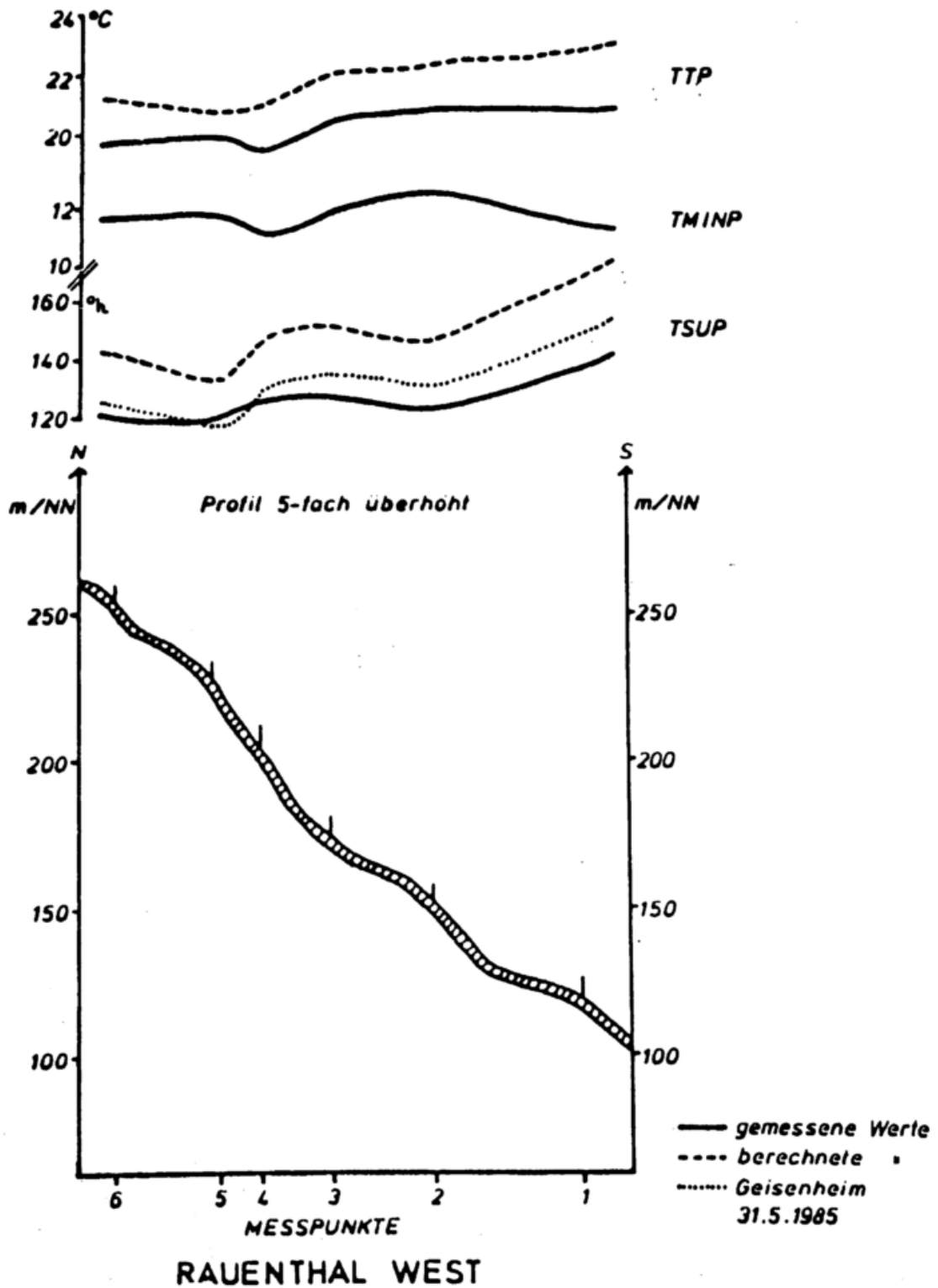


Abb. 6.1:
 VERGLEICH ZWISCHEN DEN GEMESSENEN UND BERECHNETEN TEMPERATURGRÖSSEN (TTP, TMINP, TSUP). Rechengrundlage Glchg.4.11

VERWENDUNG UNTERSCHIEDLICHER TRÜBUNGSFAKTOREN ZUR BERECHNUNG DER DIREKTEN SONNENEINSTRALUNG

a) Geländeklimatisches Bewertungsverfahren (Brandtner, 1973) (gestrichelte Temperaturgrößen)

b) gemessene Werte Geisenheim am Meßtag (punktierte Temperaturgrößen)

MESSPROFIL: RAUENTHAL WEST 31.5.1985

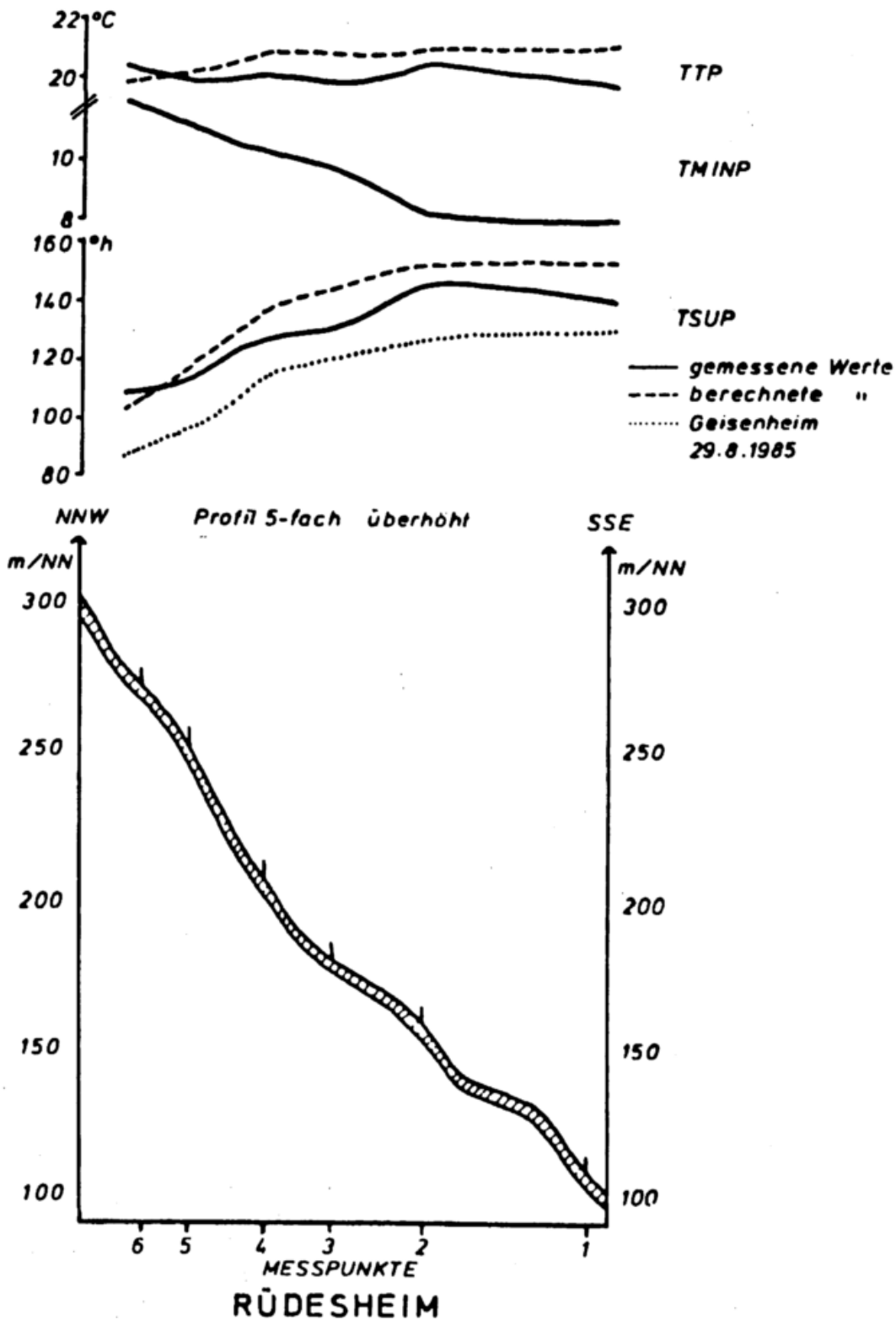


Abb. 6.2:
 VERGLEICH ZWISCHEN DEN GEMESSENEN UND BERECHNETEN TEMPERATURGRÖSSEN (TTP, TMINP, TSUP). Rechengrundlage Glchg.4.11

VERWENDUNG UNTERSCHIEDLICHER TRÜBUNGSFAKTOREN ZUR BERECHNUNG DER DIREKTEN SONNENEINSTRALUNG

a) Geländeklimatisches Bewertungsverfahren (Brandtner, 1973) (gestrichelte Temperaturgrößen)

b) gemessene Werte Geisenheim am Meßtag (punktierte Temperaturgrößen)

MESSPROFIL: RÜDESHEIM 29.8.1985

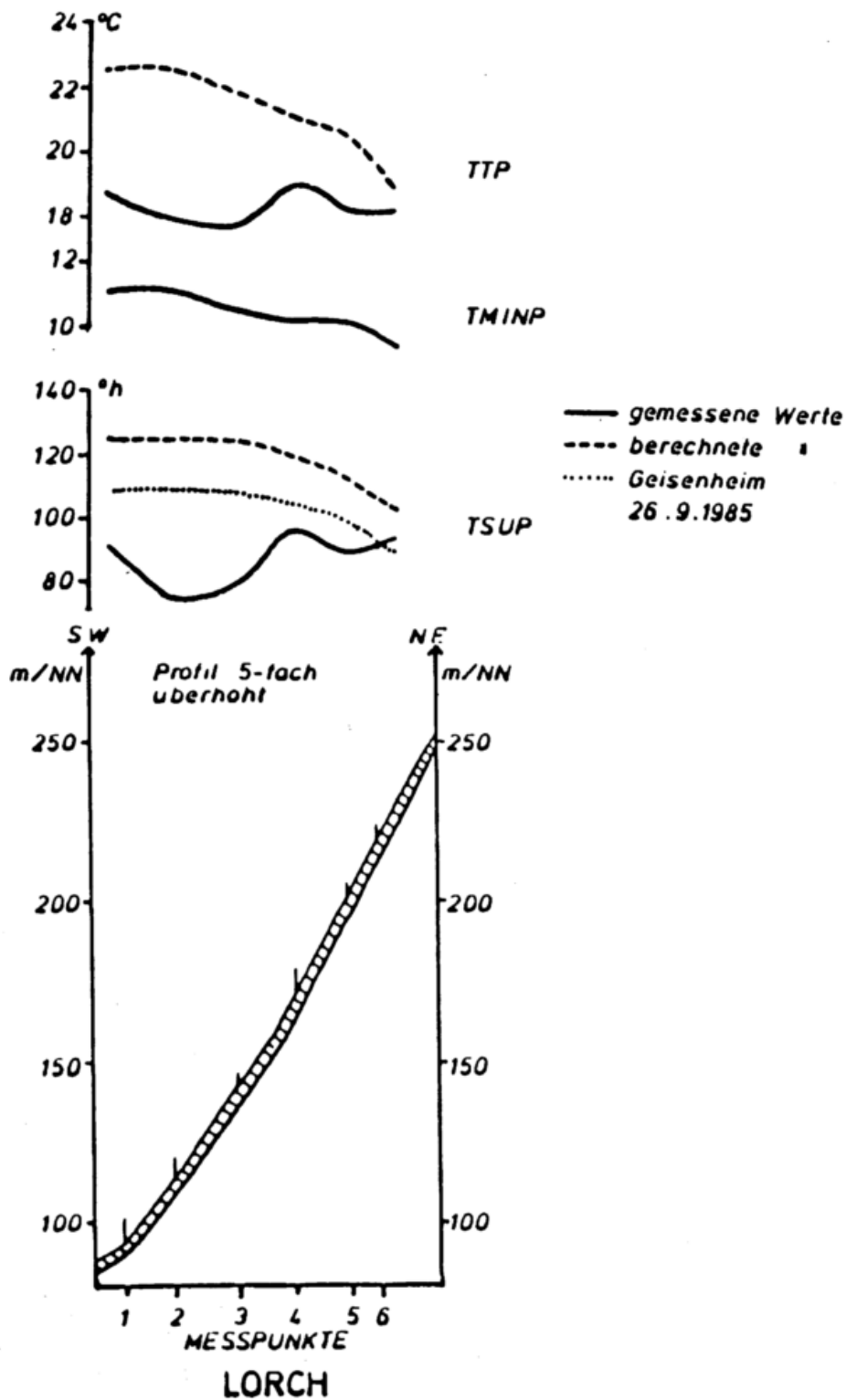


Abb.6.3:
VERGLEICH ZWISCHEN DEN GEMESSENEN UND BERECHNETEN TEMPERATURGRÖSSEN (TTP, TMINP, TSUP). Rechengrundlage Glchg.4.11

VERWENDUNG UNTERSCHIEDLICHER TRÜBUNGSFAKTOREN ZUR BERECHNUNG DER DIREKTEN SONNENEINSTRALUNG
a) Geländeklimatisches Bewertungsverfahren (Brandtner, 1973) (gestrichelte Temperaturgrößen)
b) gemessene Werte Geisenheim am Meßtag (punktierte Temperaturgrößen)

MESSPROFIL: LORCH 26.9.1985

nen ist die richtige Wiedergabe der relativen Unterschiede am Hang wesentlich, die ausschließlich die Qualitätsunterschiede bestimmen.

Die gleichen Messungen werden an einem Süd-West-Hang in Lorch - am Ausgang des Wispertaales - durchgeführt (Abb.6.3). Der Wisperwind (HORNEY (1969)) führt zu einer völlig atypischen Verteilung der Kaltluftgefährdung am Hang. So liegt die Zone stärkster Kaltluftgefährdung nicht etwa in unmittelbarer Nachbarschaft des örtlichen Talgrundes, vielmehr ist sie um 70 m nach oben versetzt (HORNEY (1969)). Die gemessenen Temperatursummen fallen somit für den Mittelhang am niedrigsten aus. Bei der Berechnung der Temperatursummen wird dagegen eine lineare Abnahme der Kaltluftgefährdung mit der Höhe angenommen, um den Einfluß der Kaltluftgefährdung zu demonstrieren. Dieses Beispiel zeigt, daß unter besonderen Gegebenheiten die Kaltluftgefährdung die relativen Unterschiede der Temperatursummen sehr deutlich verändern kann, und daß es notwendig ist, bei der Berechnung der Temperatursummen die Kaltluftgefährdung miteinzubeziehen.

Da große Teile der deutschen Weinbaugebiete bezüglich der Kaltluftgefährdung kartiert sind, ist eine krasse Fehleinschätzung in den meisten Fällen auszuschließen. Ein dagegen ungelöstes Problem ist die Berücksichtigung der Windgefährdung. So ist die Abschätzung im Rheingau mit Hilfe der Windmessungen der Geländeklimastationen relativ einfach; bei komplexen Geländestrukturen und ungünstiger Lage der Vergleichsstation sind Fehleinschätzungen nicht auszuschließen.

6.3 BEURTEILUNG DER STATISTISCHEN ANALYSEN

6.3.1 GEGENÜBERSTELLUNG DER STATISTISCHEN VERFAHREN

Bei den Analysen werden eine Vielzahl von Faktoren verfolgt, die nicht nur die Qualität, sondern sich zugleich auch wechselseitig beeinflussen. Dabei ist vor allem die Beantwortung folgender Fragen notwendig:

- Welche Faktorenkombination führt zu einer engen Beziehung zur Qualitätsbildung?
- Welche Wechselwirkungen bestehen zwischen den einzelnen Faktoren?

Die erste Frage wird mit Hilfe der Regressionsanalyse (vgl. Kap.5.4 u. 5.6), die zweite Frage mit Hilfe der Korrelationsmatrix der Einflußgrößen, bzw. der Hauptkomponentenanalyse beantwortet (vgl Kap.5.4 u. 5.5).

6.3.1.1 JAHRESANALYSEN DES MOSTGEWICHTES UND DES BLÜHTERMINS

In den Tab.I.6, I.9, I.11 (Anhang) sind die Korrelationsmatrizen aller wichtigen Einflußgrößen auf die Qualitätsbildung zusammengestellt. Die Klimafaktoren zeigen in Tab.I.9 und I.11 deutliche "Nachwirkungen" auf die Folgephasen. Aufgrund des Jahresganges der Temperaturen und der Strahlung führt eine beschleunigte phänologische Entwicklung zu höheren Temperaturen und Strahlungswerten in den Folgephasen.

Bei den Jahresanalysen des Mostgewichtes (vgl Kap.5.4.3 u. 5.4.4) im Rheingau und in Rheinland-Pfalz fällt die unterschiedliche Bewertung einzelner Klimagrößen auf. Insbesondere wechselt die Bedeutung der Maximumtemperatur und des Sättigungsdefizites in der 4.Phase (Tab.5.10. u. 5.12).

Während im Rheingau dieser Einfluß - vertreten durch die Hauptkomponente 8 (Tab.5.11) - sehr groß ist, ist in Rheinland-Pfalz dieser Einfluß unbedeutend.

Die Regressionsanalysen mit empirischen Orthogonalfunktionen führen in beiden Untersuchungen zu ähnlichen Bestimmtheitsmaßen ($B = 0,77$ im Rheingau, $B = 0,74$ in Rheinland-Pfalz). Bei den nichtlinearen Regressionsanalysen steigt dagegen das multiple Bestimmtheitsmaß auf $0,91$ bzw. $0,93$ an. Die Verwendung empirischer Orthogonalfunktionen für die klimatische Differenzierung der Weinbaugebiete ist somit mit größeren Unsicherheiten behaftet.

Im Vergleich schneidet die nichtlineare Regressionsanalyse wesentlich besser ab. So sind die thermischen Einflüsse auf das Mostgewicht zwar weitgehend linear - überoptimale Bedingungen sind an der Nordgrenze des Weinbaus kaum möglich - bei verschiedenen Strahlungs- und Wasserhaushaltsgrößen treten dagegen gemischte und quadratische Glieder auf, die somit den nichtlinearen Ansatz rechtfertigen.

Aus der Gegenüberstellung und der Wirkung einzelner Größen auf das Mostgewicht wird deutlich, daß die im Rheingau gewonnenen Ergebnisse an gleichen Zeitreihen in Rheinland-Pfalz getestet werden müssen. Die Zusammenhänge können mit einem 10-jährigen Datenkollektiv nur unzureichend simuliert werden.

6.3.1.2 STANDORTANALYSEN DES MOSTGEWICHTES

Bei den Standortanalysen treten Wechselbeziehungen besonders auffällig in Erscheinung. Die verwendeten Rechenverfahren (Strahlung, Verdunstung, Wasserbilanz und Temperatur) differenzieren die Standorte klimatisch nach:

- Exposition (Hangneigung und Hangrichtung),
- Höhenlage,
- Kaltluft- und Windgefährdung.

Dabei können zwischen Höhenlage, Kaltluftgefährdung und Windgefährdung bereits Wechselwirkungen angenommen werden, denn letztgenannte Größen folgen in abgeschlossenen Arealen in erster Näherung den Höhenlinien.

Als zusätzliche pedologische Größe kann das pflanzennutzbare Wasser - soweit es für die Standorte erfaßt wird - die Qualität beeinflussen. Die Standortuntersuchungen lassen sich thematisch in

- Analysen der Einzeljahre,
- Gesamtanalyse des Jahres- Standorteinflusses,
- Analyse mehrjähriger Mittelwerte und

- Analyse mit Orthogonalfunktionen für mehrjährige Mittelwerte

gliedern.

Die Gesamtanalyse enthält besonders viele nichtlineare Terme. Die gegenseitigen Einflüsse sollen für eine Gesamtanalyse im Rheingau demonstriert werden. Die Tab.I.16 (Anhang) vermittelt einen Eindruck über die bei den Standortfaktoren bestehenden Interkorrelationen.

Die Tab.6.4 veranschaulicht mit Hilfe der Faktorenanalyse - ohne Faktorrotation - die bestehenden Wechselwirkungen. Nur die Faktoren 1, 2, 7 und 8 erhalten Ladungen durch das Mostgewicht, wobei die Ladungen in Faktor 1 sehr hoch positiv, in Faktor 7 schwach positiv und in den Faktoren 2 und 8 dagegen schwach negativ ausfallen. Der Faktor 1 umschreibt den Temperatur-Strahlungseinfluß, der Faktor 2 dagegen den Höheneinfluß, der Faktor 7 den Einfluß thermischer Komponenten in der Reifephase und Faktor 8 ist ein reiner Temperaturfaktor.

Entscheidend für die Faktorladungen sind die Jahresschwankungen, die die Standortschwankungen in den Hintergrund drängen. Deshalb fällt auch die Faktorladung für den Höheneinfluß auf das Mostgewicht relativ niedrig aus. Die Ladungen für Strahlung, Verdunstung und Wasserbilanz (letztere mit negativem Vorzeichen) in Faktor 1 ähneln sich, da die Unterschiede ausschließlich auf die wechselnde Exposition zurückzuführen sind. Die hohen Ladungen resultieren aus den Jahresschwankungen. Die Faktorenanalyse verdeutlicht den Zusammenhang zwischen den Einflußgrößen. Sie erklärt zugleich die nichtlinearen Glieder in der Regressionsanalyse (vgl. Kap.5.5.1.3). Es ist deshalb nicht zweckmäßig, Standort- und Jahresanalysen miteinander zu verknüpfen. Auch die nach dem Betrag hohen Residuen (vgl. Kap. 5.5.1.3) sprechen gegen eine Anwendung der Gesamtanalyse zur Abgrenzung der Weinbergs-lagen.

Tab.6.4: FAKTORENANALYSE (UNROTIERT) FÜR ALLE BEOBACHTUNGEN
(JAHRE * STANDORTE)
RHEINGAU (1965 - 1980)

VARIABLE	FAKTOREN							
	1	2	3	4	5	6	7	8
	FAKTORLADUNGEN							
OECHSLE	0.84	-0.16	0.04	0.06	0.03	-0.02	0.32	-0.38
TTPBL	0.35	-0.84	-0.08	0.18	0.16	-0.02	0.00	0.20
TTPRE	0.85	0.34	-0.06	-0.17	-0.18	0.14	0.02	0.14
TTPLE	0.76	-0.24	-0.02	-0.47	0.11	-0.15	0.25	0.15
TSUPBL	0.59	-0.67	-0.10	0.04	-0.14	0.33	-0.05	-0.08
TSUPRE	0.85	0.06	-0.41	0.00	-0.21	0.19	0.04	0.05
TSUPLE	0.79	-0.32	-0.38	-0.02	-0.12	-0.13	-0.26	-0.08
WSLBL	-0.68	-0.18	-0.48	0.29	0.22	-0.22	0.23	0.06
WSBLRE	-0.68	-0.34	-0.07	-0.62	0.02	-0.04	-0.03	-0.06
ETABL	0.63	-0.47	0.55	0.13	0.13	0.11	0.01	0.09
ETARE	0.91	0.38	0.05	0.09	-0.02	-0.04	0.07	0.09
ETALE	0.93	0.04	0.15	-0.07	0.06	-0.25	-0.02	-0.05
STRARE	0.52	0.33	-0.18	-0.09	0.69	0.28	-0.13	-0.06
STRALE	0.87	-0.02	0.04	0.06	0.07	-0.39	-0.25	-0.04
STRACRE	0.91	0.35	-0.07	0.07	-0.03	-0.01	0.11	0.08
FAKTORENWERT	8.68	2.21	0.94	0.80	0.71	0.57	0.38	0.28
ANTEIL GES.- VARIANZ IN %	57.86	14.72	6.25	5.35	4.72	3.81	2.57	1.85

- OECHSLE : Mostgewicht in °Oe
TTP : Mittlere Tagestemperatur (SA - SU)
TSUP : Mittlere Temperatursumme in Gradstunden (SA - SU)
WSBL : Mittlere klimatische Wasserbilanz (RR - ETA)
ETA : Mittlere aktuelle Verdunstung
STRA : Mittlere direkte Sonneneinstrahlung
STRAC : Mittlere reduzierte direkte Sonneneinstrahlung

Die Buchstaben BL, RE und LE an den Variablen kennzeichnen die phänologischen Phasen.

Die Verwendung empirischer Orthogonalfunktionen kann die bestehenden Standortunterschiede in der Qualität ähnlich gut - teilweise sogar besser - erklären, als die lineare Kombination der Einflußgrößen in der Regressionsanalyse.

Ein großer Vorteil der Orthogonalfunktionen gegenüber der einfachen linearen Regressionsanalyse ist zweifellos die vollständige Unabhängigkeit der Komponenten. Als Nachteil erweist sich die Tatsache, daß mit der Hauptkomponentenanalyse keine klare Differenzierung der Einflüsse möglich ist. Besonders die Komponenten 2 und 3 (vgl Kap. 5.5.1.2) setzen sich aus unterschiedlichen Größen zusammen und belegen auch die bei den Mittelwerten bestehenden Wechselbeziehungen. Andererseits ist die Anwendung der Regressionsanalyse nicht unproblematisch, da wegen der bestehenden Interkorrelation zwischen den einzelnen Standortfaktoren (Tab.I.16-I.20 (Anhang)) durch die stufenweise Regressionsanalyse (F-Werte) eine Auswahl getroffen wird, die bei einer nur wenig geänderten Konstellation der Beobachtungsmatrix anders ausfallen kann. Die Anwendung der Orthogonalfunktionen ist weniger willkürlich, da man immer wieder den gleichen Satz von Einflußgrößen für die Berechnung der Hauptkomponenten verwendet.

Aus Gründen der Objektivität werden der Berechnung der Orthogonalfunktionen bei der Anwendung in der Praxis deutliche Vorteile eingeräumt. Die Koeffizienten der orthogonalen Polynome müssen zur mesoklimatischen Differenzierung der Weinbaustandorte für jedes Weinbaugebiet getrennt bestimmt werden, da die ausgewiesenen Beziehungen sich regional verändern können. So wirken sich möglicherweise im Weinbaugebiet Rheinhessen oder Rheinpfalz stärker die Wasserhaushaltsgrößen, an den ausgedehnten Moselhängen dagegen die Höhenabhängigkeit der Temperatur auf die Qualität aus. MAY et.al. (1985) haben gezeigt, daß spezielle regionale Phänomene die Qualität wirksam beeinflussen. Die mesoklimatischen Besonderheiten verändern die Koeffizienten der orthogonalen Polynome.

Es überrascht an der Obermosel die Wechselwirkung zwischen Höhe und pflanzennutzbarem Wasser (vgl.Tab.I.20). Sie läßt sich wie folgt interpretieren:

- Hangfußlagen haben eine größere Bodenauflage,
- der Mittel- und Oberhang weisen flachgründige Böden auf.

Beide Analysen zeigen deutlich, daß die Unterschiede in der Qualität nur unzureichend durch die reduzierte Strahlung (jetziges Bewertungsverfahren) beschrieben werden. In der Pfalz bestehen sogar negative Beziehungen zur Strahlung.

Ähnliche Vergleiche wie beim Riesling führen bei der Rebsorte Müller-Thurgau in Franken zu keinem abgesicherten Ergebnis. Deshalb war es auch nicht möglich, durch die Entwicklung empirischer Orthogonalfunktionen eine Standortdifferenzierung herbeizuführen.

6.3.2 DIE BEDEUTUNG DES KLIMAS FÜR DIE QUALITÄTSBILDUNG

Die Ergebnisse der Mostgewichtsanalysen beweisen die starke Abhängigkeit der Mostqualität von verschiedenen Klimagrößen.

6.3.2.1 VARIABLE EINTEILUNG DER VEGETATIONSZEIT

Die Analysen zeigen, daß die Einflüsse in den einzelnen Wachstumsabschnitten der Rebe sich in sehr unterschiedlicher Weise auf Temperatur, Strahlung und verschiedene Wasserhaushaltsgrößen verteilen. Die phänologischen Entwicklungsstadien bilden die Basis für eine Einteilung in 6 Phasen, wobei der Austriebstermin, die Vollblüte, der Reifebeginn und der Lesezeitpunkt die Eckpunkte bilden. Die von NITSCH et al (1960) vorgegebene Phaseneinteilung für das Beerenwachstum nach der Befruchtung (4 Phasen) ist nicht vollständig deckungsgleich mit den Phasen 3 bis 6. Hier fehlen langjährige Beobachtungen zu den Wachstumsphasen der Beeren.

Die Phasen 3 und 4 entsprechen den von NITSCH et. al. (1960) vorgegebenen Wachstumsphasen 1 bis 3, wobei die sogenannte LAG-PHASE (Wachstumsstillstand) voll in der Phase 4 enthalten ist. Die Dauer der Wachstumstillstandsphase wechselt von Jahr zu Jahr und schwankt zwischen 5 und 20 Tagen. Die von NITSCH et. al. (1960) vorgegebene 4. Phase (Reifephase) wird in zwei Teile aufgeschlüsselt (Phase 5 und 6). Diese von Jahr zu Jahr variable Einteilung erweist sich als sehr vorteilhaft für die Analysen, da sich dadurch die Einflüsse in den einzelnen Entwicklungsstadien am besten nachvollziehen lassen. Das wesentlich bessere Ergebnis mit variabler Einteilung ($B = 0,91$) im Vergleich zur festen Einteilung ($B = 0,79$) bestätigt die Richtigkeit dieser Methode.

Der wichtigste Termin für die Rebentwicklung und für die Qualitätsbildung ist der Blühtermin. Er bestimmt im Rheingau mit 46 %, in den Weinbaugebieten von Rheinland-Pfalz mit 41 % die Qualitätsbildung. Die Aussage steht nicht im Widerspruch zu den von KLENERT (1983) gefundenen Ergebnissen, der auf die besondere Bedeutung des Reifebeginns bzw. der Phasenlänge Vollblüte bis Reifebeginn hinweist. Bei den vorgenommenen Analysen übt auch der Reifebeginn einen erheblichen Einfluß auf die Qualität aus, der ähnlich hoch ($B = 0.46$) wie der Blühtermin selbst liegt. Doch der Reifebeginn steht in stärkerer Wechselwirkung zu verschiedenen Klimagrößen in den sich anschließenden Phasen 5 und 6. Diese Interkorrelation ist auf den Jahresgang der einzelnen meteorologischen Größen zurückzuführen. Da die Strahlungsintensität und die Temperatur in der Zeit des Reifebeginns jahreszeitlich bedingt stark abnehmen, liegen Strahlung und Temperatur der Phase 5 und 6 bei einem frühen Reifebeginn auf einem für die Qualitätsbildung günstigen Niveau. Bei späterem Reifebeginn kehrt sich diese Beziehung um. Daraus ergibt sich notwendigerweise eine enge Korrelation zu den Einflußgrößen in den nachfolgenden Phasen. Diese für den Reifebeginn erklärbare Wechselwirkung mit Klimaelementen der Folgephasen ist für den Blühtermin weniger deutlich ausgeprägt, da Temperatur und Strahlung mit Beginn der Blüte Mitte Juni jahreszeitlich bedingt im Maximum liegen.

Bei einer spätreifenden Sorte - wie dem Riesling - besteht ein sehr enger Zusammenhang zwischen Phasendauer und verschiedenen Klimafaktoren. Entscheidend dabei ist die Temperatur. Günstige

Bedingungen vor dem Reifebeginn beschleunigen die Zuckerakkumulation nach dem Reifebeginn (KLENERT (1983)). Man spricht von einer "Nachwirkung" der Temperaturverhältnisse auf den später ablaufenden, eigentlichen Reifeprozess. Neben einer möglichen physiologischen Begründung dieses Phänomens (HALE und BUTTROSE (1974)), die dieses Verhalten auf die Aktivität von Enzymen und Wuchsstoffen zurückführen, kann dieser Zusammenhang auch aus dem Jahresgang der Klimaelemente erklärt werden.

Die Einteilung der Vegetationszeit in 6 Phasen, die sich für die Jahresanalysen des Mostgewichtes als notwendig erwiesen hat, kann bei den sich anschließenden Standortanalysen auf die 3 Phasen Austrieb-Blüte (BL), Blüte-Reifebeginn (RE) und Reifebeginn-Lese (LE) reduziert werden. Eine stärkere Differenzierung führt zu keiner stärkeren Absicherung des Ergebnisses. Höhenlage und Exposition verändern die Standortvariablen (Temperatur, Strahlung und Verdunstung). Die Exposition beeinflusst das Mostgewicht im ersten (Austrieb - Blüte) und letzten Abschnitt (Reifebeginn - Lese) der Vegetationszeit, während die Höhe während der gesamten Vegetationszeit für die Qualitätsbildung bedeutsam ist (vgl. Kap.5.5.1.2).

Diese Aussage wird auch durch andere Untersuchungen bestätigt (BECKER (1984)). Diese jahreszeitliche Verschiebung der Strahlungseinflüsse läßt sich aus dem Sonnenstand erklären. Die relativen Standortunterschiede im Strahlungshaushalt der Weinberge nehmen vom Frühjahr zum Sommer bei ansteigender Deklination der Sonne ab und zum Herbst hin mit absteigender Deklination wieder zu. Die Möglichkeit, die Vegetationsperiode in nur drei Phasen einzuteilen, erklärt sich aus diesen von der Jahreswitterung unabhängigen Einflüssen.

6.3.2.2 DER EINFLUSS VON STRAHLUNG UND TEMPERATUR

HOFÄCKER und ALLEWELDT (1976) haben auf die unterschiedliche Bedeutung von Strahlung und Temperatur in den einzelnen Vegetationsabschnitten aus physiologischer Sicht hingewiesen. Der Meinung von BASLER (1980), daß der Einfluß der Sonnenscheindauer bzw. der Einstrahlung auf die Qualität schon in der Temperatur

zum Ausdruck kommt, kann nicht gefolgt werden, da eine hohe Strahlungsintensität ohne weiteres mit niedrigeren Temperaturen gekoppelt sein kann (Strahlungswetter im Oktober). Ebenso ist eine Umkehrung der Situation möglich, wenn schwül-warme Witterungsphasen im Sommer mit hohen Temperaturen aber geringen Strahlungsintensitäten auftreten. Diese Situation ist sogar relativ häufig. Grundsätzlich kann das von HOFÄCKER (1974) ermittelte Ergebnis bestätigt werden, daß die Bedeutung der beiden Faktoren Strahlung und Temperatur für die Qualitätsbildung von den frühen Phasen bis zur Lese kontinuierlich zunehmen. Insbesondere hat die Einstrahlung in der letzten Phase eine große Bedeutung für die Qualität. Das von BASLER (1980) mitgeteilte Ergebnis, daß die August-Temperaturen nur eine untergeordnete Rolle spielen, kann durch die Analyse mit variablen Phasen nicht bestätigt werden. Die schwächere Korrelation der August-Temperaturen wird bei BASLER (1980) mit der oben zitierten LAG-Phase im August begründet. Es ist allerdings nicht geklärt, ob diese Phase regelmäßig in den August hineinfällt. Nach HOFÄCKER und ALLEWELDT (1975) müßte dazu die erste September-Hälfte mitbetrachtet werden.

Bei den Untersuchungen im Rheingau kommt der Phase 4 - in diese Zeit fällt die LAG-Phase mit einer Dauer von 5 bis 20 Tagen - sogar eine große Bedeutung zu. Es können allerdings dabei regionalklimatische Einflüsse nicht ausgeschlossen werden, da die Ergebnisse in der Schweiz auch von Region zu Region schwanken. Gegen eine pauschale Aufsummierung der Sonnenscheindauer und der Temperaturen von der Blüte bis zur Lese - wie sie BECKER (1977) in Jahresanalysen der Weißmost- und Rotmosternt im Weinbaugebiet Baden vornimmt - spricht die unterschiedliche Bedeutung der Klimafaktoren in den einzelnen Vegetationsabschnitten (BASLER (1980), (HOFÄCKER (1974))).

Eine weitere wesentliche Verbesserung der Beziehungen gegenüber früheren Untersuchungen (BASLER (1980), HOFÄCKER (1974) und BECKER (1977) und (1983)) kann durch die Verwendung einer rebspezifischen Temperaturfunktion erzielt werden, die zwei wesentliche Voraussetzungen erfüllt, die sich aus den Klimaansprüchen der Rebe ergeben:

- Die Aufstellung einer Temperaturoptimumkurve für die Leistung der Rebe, die sich an den Gaswechsellmessungen (N. BERAN und W. KLEIN (1983)) orientiert und
- die Anpassung dieser Optimumkurve an die Jahreszeit auf der Basis der Arbeiten von BERAN (1977) und REUTHER (1977 und 1981).

Nach BERAN (1977) liegt der günstige Temperaturbereich für die Zuckerbildung im Herbst tiefer als für die Photosynthese im Sommer. Ersterer wird mit etwa 20, letzterer dagegen mit 25-30°C angegeben (vgl. Kap.3.1). Nach REUTHER (1977 und 1981) verschiebt die Rebe ihr optimales Leistungsverhalten in Abhängigkeit von den sich jahreszeitlich ändernden Umwelteinflüssen. Das Leistungsverhalten der Rebe kann natürlich nicht allein durch eine Temperaturfunktion erfaßt werden, da sowohl Stoffwechsel- als auch Substanzbildungsvorgänge die Gesamtleistung der Rebe umfassen. Die Substanzbildung, zu der auch die Zuckereinlagerung gehört, folgt anderen Gesetzen als die sich aus der Photosynthese ergebende Assimilationsleistung. Die Beschreibung des Leistungsverhaltens der Rebe mit Hilfe einer Temperaturfunktion ist ein erster Schritt um die bestehende Abhängigkeit von dem wichtigsten Umweltfaktor, der Temperatur, zu simulieren.

Die Temperaturfunktion ist anderen Modellannahmen (Temperatursummen (Gradstunden bzw. Gradtage) und Summenhäufigkeiten der Temperatur in verschiedene Temperaturklassen) überlegen.

Die direkte Sonneneinstrahlung übt vor allem in der 3. und 6. Phase einen stärkeren Einfluß auf die Qualitätsbildung aus. Dieses Ergebnis steht in Übereinstimmung zu den von HOFÄCKER (1974) gewonnenen Erkenntnissen. Eine hohe Einstrahlung bzw. Lichtintensität bei gleichzeitig hohem Temperaturniveau beschleunigen die Zuckereinlagerung. Der in Tab.5.10 ausgewiesene nicht-lineare Effekt (STR6**2) kann eine indirekte Folge einer zu großen Trockenheit (1947 oder 1959) sein, bei der sich der Reife-prozeß verlangsamt.

Auch bei den Standortanalysen tragen die Temperatur (TTP, TSUP und TMINP) und die Strahlung (STRA und STRAC) einen entscheidenden Anteil zur Qualitätsbildung bei (vgl. Kap.5.5). Die Aufschlüsselung der Temperaturwerte in TTP und TSUP für die helle Tages-

phase (SA -SU) und in TMINP für die dunkle Tagesphase (SA - SU) erweist sich als vorteilhaft, da dadurch erstmals auch physiologische Gesichtspunkte bei der geländeklimatischen Differenzierung der Standorte berücksichtigt werden können. Dabei fällt der Tagesmitteltemperatur (TTPLE) in der letzten Phase Reifebeginnlese mit 60% der entscheidende Einfluß an der Qualitätsbildung der Beeren zu (vgl. Tab.5.16). Die anderen Einflüsse sind dagegen vergleichsweise unbedeutend.

Gegenüber früheren Untersuchungen (HOPPMANN und SCHALLER (1981)) können mit Hilfe der Temperaturgrößen die Ergebnisse im Rheingau wesentlich höher abgesichert werden. Die Steigerungsrate im multiplen Bestimmtheitsmaß beträgt 27%.

Die verwendeten Temperaturbeziehungen können nicht auf andere Weinbaugebiete übertragen werden, da die Modellvariablen mit statistischen Verfahren berechnet werden.

In den anderen Weinbaugebieten tritt an die Stelle der Temperaturfunktionen die berechnete direkte Sonneneinstrahlung (STRA) und die reduzierte direkte Sonneneinstrahlung (STRAC), die auch im bisher eingesetzten geländeklimatischen Bewertungsverfahren verwendet werden.

Die Regressionskoeffizienten fallen in den einzelnen Gebieten unterschiedlich aus (vgl. Kap.5.5.2.1). Es ist deshalb nicht möglich, die gewonnenen Beziehungen in andere Regionen zu übertragen.

Die ermittelten Zusammenhänge zwischen den thermischen Größen (Strahlung - Temperatur) und der Qualität sind bei den Standortanalysen weitgehend linear.

6.3.2.3 DER EINFLUSS VERSCHIEDENER WASSERHAUSHALTSGRÖSSEN

Die Wachstums- und Reifevorgänge der Rebe werden nicht ausschließlich durch die Temperatur bestimmt. Es bestehen in der Reifephase negative Beziehungen zwischen der Zuckereinlagerung und den Niederschlagssummen, bzw. der klimatischen Wasserbilanz. Diese negativen Beziehungen findet auch BASLER (1980). Der Autor hat mit Recht darauf hingewiesen, daß neben der Niederschlags-

menge auch die Niederschlagsdauer die Reifeentwicklung beeinflusst. Er führt eine Wichtung von Niederschlagsmenge und Dauer ein und fügt sie zu einem sogenannten Niederschlagsindex zusammen. Dieses statistische Verfahren wird bei den beschriebenen Analysen nicht angewendet, denn die Wirkung längerer Niederschlagsperioden kann mit der Einführung des Sättigungsdefizites, das bei feuchter Witterung sehr klein ausfällt, nachvollzogen werden. Der Vorteil der Verwendung des Sättigungsdefizites liegt darin, daß man über die Verdunstungsformel von HAUDE die klimatische Wasserbilanz ermitteln kann. So wird auch ein positiver Zusammenhang zwischen Sättigungsdefizit bzw. eine entsprechende negative Beziehung zwischen der klimatischen Wasserbilanz und der Qualität festgestellt.

Hohe Verdunstungsraten in der Phase 3 beschleunigen das Wachstum der Beeren und verkürzen somit die Phasendauer Blüte bis Reifebeginn. Diese Ergebnisse werden sowohl im Rheingau als auch in Rheinland-Pfalz ermittelt. So billigt auch HOFÄCKER (1974) dem Wasserhaushalt in der Phase intensiver Zellteilung eine größere Rolle zu. Die ausschließliche Temperaturabhängigkeit der Entwicklungsvorgänge in dieser Phase, wie sie von KLENERT (1983) mitgeteilt werden, kann somit nicht bestätigt werden.

Die klimatische Wasserbilanz zwischen Blüte und Reifebeginn (WSBL3 und WSBL4) muß mindestens unter -150 mm bzw. unter -200mm über die gesamte Vegetationsperiode liegen, um deutliche Qualitätseinbußen zu verursachen. Als weitere Bedingung müssen auch die Phasen 1 und 2 (Austrieb bis Blüte), bzw. die letzten Phasen, deutlich negative Differenzen aufweisen. So wird 1949 beispielsweise das Defizit von 240 mm (Blüte bis Reifebeginn) durch den Überschuß von 76 mm in Phase 2 gemildert (vgl. Tab.5.24 Kap.5.6.1). Die Qualitätseinbußen resultieren auf jeden Fall aus einem hohen Wasserdefizit in den Phasen 3 und 4. Die Trockenheit kann sich beispielsweise auf die nachfolgenden Phasen 5 und 6 so auswirken, daß sie eine zügige Reife hemmen (RÜHL u. ALLEWELDT (1985)).

Aus den Witterungsbedingungen für den Zeitraum von 38 Jahren läßt sich kein Beweis ableiten, ob hohe Wasserdefizite in den Phasen 5 oder 6 die Qualität negativ beeinflussen. Vielmehr mindert eine hohe Wasserbilanz in der Phase 5 (RR5 * WSBL5) die Qualität. Die

jahreszeitlich bedingte Abnahme der Strahlung und der Temperatur verschlechtert insgesamt die klimatischen Bedingungen insbesondere dann, wenn relativ hohe Niederschlagswerte mit gleichzeitig niedrigen Verdunstungsraten den Reifeverlauf hemmen. Bei höherem Wasserangebot fließt ein prozentual höherer Anteil in die latente Wärme, der sonst der fühlbaren Wärme, d.h. den Bestandstemperaturen zugute kommen würde.

Ähnliche Zusammenhänge lassen sich auch aus den Standortuntersuchungen ableiten.

Die klimatische Wasserbilanz (WSBL) und die berechnete Penman-Verdunstung (ETA) sind bei den Standortuntersuchungen sowohl in den Einzeljahren, als auch bei der Analyse der Mittelwerte an der Qualitätsbildung beteiligt. So verschlechtern hohe Wasserbilanzwerte (hohe Niederschlagssummen) im allgemeinen die Qualität, während hohe Verdunstungsraten die Qualität steigern. Die Verdunstungssummen in der ersten (ETABL) und der letzten Phase (ETALE) differenzieren die Standorte stärker als die Verdunstung in der Phase Blüte bis Reife. Diese Erkenntnis ergibt sich aus der Gegenüberstellung der Verdunstungsberechnungen für einen Steilhang und einem Flachhang. In der Zeit des höchsten Wasserverbrauchs (Blüte bis Reifebeginn) nehmen die klimatischen Standortunterschiede in Relation zum Absolutwert ab (vgl. Kap.5.1.2).

Viel bedeutsamer für die Gesamtwasserbilanz am Einzelstandort ist dagegen das pflanzennutzbare Bodenwasser (WSPV, nfK), d.h. in Trockenperioden kann die Rebe auf Böden mit hoher Wasserspeicherkapazität über längere Zeit den Wasserbedarf aus dem Bodenwasser decken. Wie die Tab.I.14 (Anhang) beweist, sind die Unterschiede zwischen den untersuchten Standorten sehr groß. Die Angaben schwanken zwischen 77 und 300 mm. Im Vergleich zu den Bodenkennwerten nehmen sich die klimatisch bedingten Unterschiede (Hangneigung und Hangrichtung) bei der Wasserbilanz (WSBLGES) wesentlich kleiner aus und betragen maximal 50 mm über die gesamte Vegetationszeit.

In strahlungsreichen Trockenperioden kehrt sich der normalerweise positive Einfluß der Verdunstung auf die Qualität um und es treten negative Regressionskoeffizienten auf. Verschiedene Gesamtanalysen sowie die Verrechnung der Mittelwerte in den ein-

zelen Weinbaugebieten stellen den Einfluß des Wasserhaushaltes unter Beweis. Auch der ermittelte positive Einfluß des pflanzennutzbaren Bodenwassers (nfK, WSPV) in einzelnen Bereichen deutet darauf hin, daß eine günstige Wasserbilanz die Qualität fördert (vgl. Kap.5.6.2).

Qualitative Hinweise auf den negativen Einfluß zu hoher Verdunstungswerte auf die Qualität findet man in den nichtlinearen Analysen im Rheingau und in Franken, da jeweils verschiedene Strahlungs- und Verdunstungsgrößen ein negatives Vorzeichen haben. Dabei müssen allerdings die bestehenden Wechselwirkungen beachtet werden.

Eine indirekte Schlußfolgerung läßt sich aus dem negativen Einfluß der Einstrahlung (STRARE) in der Pfalz ableiten:

Eine relativ hohe Einstrahlung erhöht die Verdunstung; bei gleichzeitig ungünstiger Wasserversorgung wirkt sich die hohe Einstrahlung negativ auf die Qualität aus. So liegen auch die nfK-Werte in der Pfalz im Vergleich zu anderen Gebieten auf einem deutlich niedrigeren Niveau, und die Schwankungsbreite ist ungleich größer.

Im Rheingau konnte für die Steillagen ($> 15^\circ$) nachgewiesen werden, daß sich hohe standortbedingte Verdunstungsraten in den Trockenjahren negativ auf die Qualität auswirken (vgl. Kap.5.6.2).

Damit sind Beweise erbracht, daß der Wasserhaushalt in den Steillagen für die Qualitätsbildung nicht unbedeutend ist. Diesen Einfluß steuern folgende Faktoren:

- Vermehrter Oberflächenabfluß des Niederschlages,
- die allgemein geringere Bodenmächtigkeit im Steilhang (niedrige nfK-Werte) und
- ein strahlungsbedingter höherer Verdunstungsanspruch.

Die Bedeutung der einzelnen Faktoren nimmt in der aufgelisteten Rangfolge von oben nach unten ab.

Die aufgezeigten Zusammenhänge dokumentieren die Einflüsse klimatischer und pedologischer Größen. Die Rebe reagiert erst bei größeren Wasserbilanzdefiziten (< -200 mm) mit Qualitätseinbußen.

Die Reaktion hängt davon ab, ob ein bei strahlungsreicher Witterung auftretender erhöhter Wasserbedarf über den Boden reguliert werden kann. Die Aussage von SMART (1984), daß ein "milder Wasserstreß" der Qualitätsbildung durchaus noch zuträglich ist, kann durch die Ergebnisse voll bestätigt werden. Sonst müßten die Schwellenwerte für Qualitätsdepressionen weitaus höher liegen. Die Rebe reagiert auf eine stark negative Wasserbilanz zunächst mit einer Einschränkung des Trieb- und Blattflächenwachstums (RIES (1984)). Damit reduzieren sich die pflanzenspezifischen Verdunstungsfaktoren (K_{CP} und K_{CH}). Eine weitere Folge ist die Einschränkung der Verdunstung bei abnehmendem Bodenwassergehalt ($< 60 \% nfK$).

Insgesamt verläuft die Wasserbilanzkurve bei anhaltender Trockenheit also flacher als im angewendeten Modellansatz. Ein reduziertes Triebwachstum führt gleichzeitig zu besseren Lichtverhältnissen in der Traubenzone, und in Folge beschleunigt sich der Reifeverlauf (SMART (1983)). Aus dem dargestellten Sachverhalt ergibt sich ein sehr komplexer Wirkungsmechanismus zwischen Beerqualität auf der einen und den verschiedenen Wasserhaushaltsgrößen auf der anderen Seite. Damit kann aber verdeutlicht werden, daß Qualitätsdepressionen erst bei sehr niedrigen Wasserbilanzwerten auftreten können.

6.4 ENTWICKLUNG DER KLIMATISCHEN KRITERIEN ZUR STANDORTBEURTEILUNG IN VERSCHIEDENEN WEINBAUGEBIETEN

6.4.1 REGIONALE ABGRENZUNG

Mit den in Kap.5.4 abgeleiteten Beziehungen können die Jahreschwankungen des Mostgewichtes sehr genau beschrieben werden. Lediglich 10 % Restschwankung werden durch sie nicht erfaßt. Diese Beziehung wird eine auf der Basis einer 38-jährigen Mostgewichtsreihe (1947 - 84) aufgebaut. Sie enthält weitgehend die in unserem Klimagebiet möglichen Schwankungen der Jahreswitterung. Die Mostgewichtsgleichung wird der für die Anbauggebiete in Rheinland-Pfalz entwickelten Gleichung vorgezogen, da letztere

sowohl regionale Einflüsse, als auch die Einflüsse der Jahreswitterung des Zeitraums 1975 bis 1984 widerspiegelt.

Mit den zur Berechnung des Blühtermins und des Mostgewichtes entwickelten Beziehungen wird der von Jahr zu Jahr wechselnde Wachstumszyklus der Reben voll erfaßt. Die Eckpunkte der phänologischen Entwicklung bilden Austrieb, Vollblüte, Reifebeginn und Lese. Der enge zeitliche Zusammenhang zwischen Vollblüte der Äpfel (Boskoop) und Austrieb der Rebsorte Riesling ermöglichen die Anwendung der Beziehung in Gebieten, die noch nicht mit Reben bestockt sind. Langjährige Beobachtungen der Apfelfullblüte liegen als engmaschiges Beobachtungsnetz für das gesamte Bundesgebiet vor. Aus den Jahresbeobachtungen der Apfelblüte und den Klimabeobachtungen können sukzessiv Vollblüte der Reben und das Mostgewicht berechnet werden. Dieses Rechenschema wird für die Klimastation Ahrweiler, Trier, Neustadt/Weinstraße und Bad Kissingen angewendet, um sowohl den Einfluß der geographischen Breite, als auch den Bezug zu stärker maritim, bzw. kontinental geprägten Klimaräumen darzustellen.

Der Vergleich zwischen beobachteten und berechneten Werten für Neustadt und Trier bewegt sich für Neustadt in annehmbaren Toleranzen, wie sie auch im Rheingau auftreten können. In Trier werden deutlich zu niedrige Werte berechnet. Die Ursache ergibt sich zwangsläufig aus der Höhenlage der Klimastation (265 m über NN), die eindeutig oberhalb der möglichen Anbauzone für den Riesling liegt. Vergleicht man die berechneten und beobachteten Werte und berücksichtigt man ferner das für den Bereich der Obermosel gefundene Höhengefälle des Mostgewichtes von 9°Oe pro 100 m Höhenzuwachs, so sind die berechneten Werte als realistisch einzustufen. Daraus ergibt sich ein weiterer Vorteil für die Anwendung des Rechenschemas, da die Weinbaugebiete ohne genauere Kenntnis der Topographie in erster Näherung auch höhenmäßig abgestuft werden können. Die Gleichungen reagieren empfindlich auf:

- zeitliche Verschiebungen der phänologischen Entwicklung,
- Änderung der Temperatur und Strahlungskomponenten und
- höhere Niederschläge und geringere Werte des Sättigungsdefizits.

Die Anwendung des Rechenverfahrens zur regionalen Abgrenzung erfordert eine Überprüfung an langjährigen Mostgewichtsreihen in den verschiedenen Anbauzonen. Der Mindestzeitraum beträgt 30 Jahre; wünschenswert wäre der gleiche Zeitraum wie im Rheingau.

Bei der Überprüfung ist die gleiche Methodik wie im Rheingau anzuwenden. Die Mostgewichtsangaben sollten aus räumlich eng zusammenhängenden Arealen stammen und möglichst eine Vielzahl von verschiedenen Standorten mit hohen, mittleren und geringen Qualitäten abdecken. Der enge räumliche Zusammenhang ist deshalb notwendig, um die notwendige Repräsentanz der verwendeten Klimadaten zu sichern, insbesondere die des Niederschlags. Deshalb kommen für die Untersuchungen Mostgewichtsangaben in Frage, die aus

- Lehr- und Versuchsanstalten,
- Staatsweingütern oder
- größeren privaten Weingütern

stammen. Weit verstreute Einzellagen, wie sie aus den Landesreifemessungen zur Verfügung stehen, sind wenig zweckmäßig, da standortspezifische und regionale Einflüsse wirksam werden. Es muß auch ein räumlicher Zusammenhang zur Klimastation vorhanden sein. Deshalb ist vor dem Vergleich die Repräsentanz der Klimastation für die Umgebung zu prüfen. In Frage kommen folgende Stationen:

- Ahrweiler,
- Trier - Petrisberg und Trier - Stadt,
- Bernkastel,
- Koblenz - Süd,
- Bad Kreuznach,
- Neustadt,
- Bensheim,
- Würzburg (Stadt und Würzburg-Stein).

Eine entsprechende Auswahl privater oder staatlicher Weingüter ist möglich. Für die Untersuchungen kommen nur eine standortsensible, bzw. ertragsstabile Rebsorte - wie der Riesling - in Frage. Der Müller-Thurgau ist für diese Untersuchungen ungeeignet, obwohl er die höchsten Flächenanteile im Bundesgebiet

besitzt.

Die Entwicklung von empirischen Orthogonalfunktionen zur regionalen Differenzierung kann nicht empfohlen werden, da nichtlineare Ansätze zu einem besser abgesicherten Ergebnis führen.

6.4.2 MESOKLIMATISCHE DIFFERENZIERUNG

Die verschiedenen Modellansätze (Strahlung und Verdunstung) bei der geländeklimatischen Beurteilung sind auf die einzelnen Weinbaugebiete übertragbar, die Beziehungen der Standortvariablen zur Qualität sind dagegen gebietstypisch und nicht übertragbar, da sich auch die Wechselwirkungen zwischen den einzelnen Einflußgrößen von Gebiet zu Gebiet ändern. Daneben werden bei der Standortdifferenzierung auch empirisch statistische Modelle eingesetzt (Höhenabhängigkeit der Temperatur, Kaltluft- und Windgefährdung), bei denen von vornherein eine überregionale Anwendung ausgeschlossen werden muß. Da eine Klassifizierung der Standorte auch in Zukunft nicht ohne die genannten statistischen Ansätze auskommt, müssen dazu entsprechende Kriterien entwickelt werden.

6.4.2.1 PHÄNOLOGISCHE PHASEN

Die in Kap.5.5 ausgewiesenen Standorteinflüsse auf die Mostqualität zeigen, daß die 3-Teilung der Vegetationsperiode in die Phasen Austrieb bis Blüte, Blüte bis Reifebeginn und Reifebeginn bis Lese für die Standortdifferenzierung ausreicht. Die Einteilung in 6 Phasen erbringt keine Verbesserung in der Beziehung Standorteinfluß zum Mostgewicht. Die Differenzierung ist deshalb notwendig, weil die Expositionsunterschiede vor allem in der ersten und letzten Phase, die höhenabhängigen Größen dagegen in allen drei Phasen wirksam werden. Die aus den einzelnen Anbaugebieten vorliegenden phänologischen Beobachtungen bilden die Basis für die Phaseneinteilung. Diese Einteilung gilt generell für alle Variablen. Aus den Jahreswerten können auch mehrjährige Gesamtmittel gebildet werden.

6.4.2.2 STRAHLUNGSBILANZ

Die Verwendung der Strahlungsbilanz anstelle der direkten Sonneneinstrahlung zur Standortklassifizierung ist physikalisch begründet, da die direkte Sonneneinstrahlung nur unvollkommen den gesamten Strahlungshaushalt eines Standortes beschreibt (JAGOUTZ und HOPPMANN (1986)). Die bisher nicht berücksichtigten Strahlungskomponenten wirken sich dahingehend aus, daß die Unterschiede zwischen den verschiedenen exponierten Standorten geringer werden. Die Gesamtstrahlungsbilanz konnte in der vorgelegten Untersuchung noch nicht verwendet werden, da die Entwicklungsarbeiten für dieses Modell noch nicht abgeschlossen sind.

6.4.2.3 EMPIRISCH STATISTISCHE MODELLE ZUR DARSTELLUNG DER TEMPERATURVERHÄLTNISSE IN ABHÄNGIGKEIT VON DER HÖHE

Ein wichtiges Ziel der Untersuchung war die Beschreibung der quantitativen Abhängigkeit der Qualität von der Höhe. Für den Rheingau wird dazu ein statistisches Modell entwickelt, das es erlaubt, die Minimumtemperatur, die Temperatursumme sowie die Mitteltemperatur der hellen Tagesphase flächendeckend darzustellen (vgl. Kap. 5.3). Der Ausgangspunkt bildet die höhenabhängige Verteilung der Minimumtemperatur auf der Basis einer Wetterlagenklassifikation, die nur die Bewölkung und die Windwegsumme der Nacht enthalten.

Als weitere Einflußgrößen zur Berechnung der Temperatursummen und der Tagesmitteltemperaturen werden die direkte Sonneneinstrahlung, die Windwegsumme, die Kaltluft- und Windgefährdung und die Höhenangabe zum Standort benötigt. An die Stelle der direkten Sonneneinstrahlung kann auch die Strahlungsbilanz treten, sobald ein Rechenverfahren für diese Größe zur Verfügung steht.

Mit den so ermittelten Temperaturwerten lassen sich gut abgesicherte Beziehungen zur Qualität herstellen. Es liegt deshalb nahe, das im Rheingau erprobte Verfahren auch in anderen Weinbaugebieten anzuwenden. Dazu müssen die Koeffizienten der Gleichungen

chungen jeweils neu bestimmt werden. Bei der Entwicklung wurde beachtet, daß die einzelnen Kriterien einfach zu handhaben sind und aus kurzzeitigen temporären Meßnetzen abgeleitet werden können.

Als Basismaterial bietet sich die Auswertung der Kartierungsunterlagen in den Bundesländern Hessen und Rheinland-Pfalz an.

Bei den Kartierungsarbeiten werden in verschiedenen Höhenstufen 8 - 10 Thermohygrographen über eine Periode von 90 Tagen eingesetzt. Die Thermohygrographenregistrierungen müssen zur Berechnung der Temperatursummen von Sonnenauf- bis Sonnenuntergang stundenweise ausgewertet werden. Mit den so ermittelten Temperatursummen werden mit Hilfe der genannten Einflußgrößen Regressionsgleichungen aufgebaut, die dann die Darstellung der thermischen Bedingungen in Abhängigkeit von der Höhe erlauben. Da weite Teile von Rheinland-Pfalz in der Zwischenzeit flächendeckend kartiert sind, ist es möglich, den Einfluß der Höhe mit einer ausreichenden Zahl von Einzelbeispielen abzusichern. Die Verifizierung der Temperatur-Höhen-Beziehung erfordert somit kein zusätzliches Meßprogramm, sondern kann aus bereits existierenden Unterlagen abgeleitet werden. Diese Untersuchungen sind für die Bereiche Ober-, Mittel- und Untermosel, Ahr, Mittelrhein, Nahe, Rheinhessen, Rheinpfalz und Hessische Bergstraße durchzuführen, wobei für jedes dieser Gebiete zwei bis drei Fallbeispiele ausreichend sind.

Eine weitere Voraussetzung ist eine ausreichende Vertikalerstreckung der Meßprofile, die zwischen 150 und 200 m Höhe über dem örtlichen Talgrund liegen sollten. Dieses Verfahren läßt sich nicht im Weinbaugebiet Franken durchführen, da die entsprechenden Kartierungsunterlagen nur für kleine Bereiche (WEISE und WITTMANN (1971)) vorliegen. Dabei muß auch die Zersplitterung des fränkischen Weinbaugebietes in zahlreiche Einzelbereiche berücksichtigt werden. Geschlossene größere Rebareale existieren nur im Main-Dreieck, wobei allerdings die Vertikal-Erstreckung von der Talsohle bis zum Oberhang in der Regel nicht mehr als 100 m beträgt. Der Höheneinfluß spielt auch bei der statistischen Analyse als Einflußgröße des Mostgewichtes nur eine untergeordnete Rolle. Vielmehr kann mit Hilfe der Diskriminanzanalyse (HASSEMER-

SCHWARZ und JAGOUTZ (1986)) bzw. der Entwicklung von Orthogonal-funktionen die Zuordnung der Teilbereiche ermittelt werden, wobei in den Einzelbereichen die Standorte durch Rechenverfahren zum Wasserhaushalt (vgl. Kap.6.4.2.4) und mit der Bestimmung der Kaltluft- und Windgefährdung (vgl. Kap.6.4.2.5) differenziert werden können.

6.4.2.4 BERÜCKSICHTIGUNG DER AKTUELLEN VERDUNSTUNG UND DER KLIMATISCHEN WASSERBILANZ

Mit der Einführung der Penman-Gleichung ist es möglich, standortbezogene Verdunstungswerte zu berechnen. Dieses Modell kann in allen Weinbaugebieten eingesetzt werden. Die Berechnung berücksichtigt erstmals rebspezifische Faktoren, die sich an der Entwicklung der Blattfläche während der Vegetationszeit orientieren. Die Reduktion der Verdunstung infolge stark abnehmender Bodenwassergehalte fehlt bei diesem Verfahren. Dazu ist eine Simulation des Bodenfeuchteverlaufes am Standort notwendig. Aus der Verdunstungsberechnung und den Niederschlagsangaben kann die klimatische Wasserbilanz am Standort ermittelt werden. Die standortbezogenen Analysen zeigen (Kap.5.5), daß die Wasserhaushaltsgrößen die Qualität mit beeinflussen. Beziehungen zur Qualität treten vor allem im Rheingau, in der Pfalz und in Franken auf, das heißt in den Anbauzonen mit gebietstypisch niedrigen Niederschlagswerten.

Auf Standorten, auf denen im langjährigen Mittel das Wasserangebot aus dem Niederschlag während der Vegetationszeit (Mai-Oktober), zuzüglich dem zu Beginn der Vegetationszeit gespeicherten Wasser im Boden, die 400 mm-Grenze nicht überschreitet, muß mit einem positiven Einfluß der Wasserbilanz auf die Qualität gerechnet werden. Bei der Rebsorte Müller-Thurgau treten dabei im Vergleich zum Riesling stärkere Abhängigkeiten auf. Näherungsweise kann ohne Kenntnis der Bodenkennwerte auch die Niederschlagssumme von 320 mm (Mai bis Oktober) als Schwellenwert verwendet werden.

Neben den genannten Wasserhaushaltsgrößen steigt vor allem in den

Steillagen ($> 15^\circ$) die Qualität mit zunehmendem pflanzennutzbaren Wasser (nfK) des Bodens an. Diese Zusammenhänge konnten für die Bereiche Rheingau, Nahe und Mittelmosel nachgewiesen werden. Dabei ist zu berücksichtigen, daß Steillagen im allgemeinen eine geringere Bodenaufgabe haben als Flachhanglagen. Deshalb ergibt sich die Notwendigkeit, das pflanzennutzbare Bodenwasser bei der Standortbeurteilung zu berücksichtigen.

6.4.2.5 KALTLUFT- UND WINDGEFÄHRDUNG

Kaltluft- und Windgefährdung werden für jeden Standort auf der Basis des Bewertungsverfahrens bzw. der Kaltluftkartierungsunterlagen bestimmt. Im Rheingau enthalten die Temperaturfunktionen implizit Angaben zur Kaltluft- und Windgefährdung. Die Methoden zur Bestimmung der Kaltluftgefährdung auf der Basis der Klimakartierung hat sich bewährt. Seit 2 1/2-Jahrzehnten werden diese Arbeiten in Rheinland-Pfalz systematisch für jedes Anbauggebiet durchgeführt. Die aus einem temporären Meßnetz abgeleiteten Kartierungen sind sehr zeitaufwendig und nehmen für ein größeres Areal eine längere Zeit in Anspruch.

Inzwischen wurden wissenschaftliche Methoden erarbeitet, die eine Alternative zu den bisher praktizierten, zeitaufwendigen Kartierungsarbeiten darstellen. Diese Alternativen bieten sich vor allem in den Gebieten an, die bisher noch nicht kartiert wurden (Restfläche Rheinland-Pfalz, Franken, Baden Württemberg).

Auf der einen Seite stehen numerische Rechenmodelle zur Verfügung, die die nächtlichen Kaltluftabflüsse simulieren und die räumliche Verteilung der Minimumtemperaturen berechnen (GROSS (1985)). Auf der anderen Seite gibt es empirisch-statistische Verfahren, die die Verteilung der nächtlichen Tiefsttemperatur aus der Intensität nächtlicher Kaltluftflüsse, dem Bewuchs und der Höhe des Standortes ableiten (GERTH (1984 u. 1985)). Beide Methoden kommen ohne zusätzliche aufwendige Messungen im Gelände aus. Mit den genannten Rechenverfahren können innerhalb sehr kurzer Zeit größere Rebareale kaltluftkartiert werden. Eine Voraussetzung für die Anwendung ist allerdings die Verfügbarkeit

einer topographischen Datenbank, die Höhen, Bewuchs- und Bodenkennwerte in einem räumlichen Raster von ca. 100 x 100 m enthält. Diese topographische Datenbank wurde von der Deutschen Bundespost erstellt (SCHMELING (1977)).

Während es zur Bestimmung der Kaltluftgefährdung objektive Kriterien und Verfahren gibt, muß die Windgefährdung nach wie vor mit Hilfe der im Bewertungsverfahren für einige wenige Stationen ausgewiesenen Windstatistiken geschätzt werden. Im hügeligen Gelände stößt dieses Verfahren auf erhebliche Schwierigkeiten, da die komplexen Einflüsse des Geländes auf die tatsächlichen Windverhältnisse kaum abgeschätzt werden können. Somit sind subjektive Fehler bei der Beurteilung nicht auszuschließen. Alternativen zur bisher praktizierten Form dieses Teils des Bewertungsverfahrens bieten sich zur Zeit nicht an.

6.4.3 ANWENDUNG DER KLIMATISCHEN KRITERIEN IN ANDEREN WEINBAUGEBIETEN

Die für den Rheingau entwickelten Modelle können die Grundlage für eine Anwendung in den anderen Weinbaugebieten bilden.

Die Verwendung der von der Geländeform abhängigen Temperaturfunktionen ist unter den in Kap.6.4.2.3 genannten Voraussetzungen möglich. Für den Fall, daß die Temperaturfunktionen unbekannt sind, bleibt es bei der Höhenreduzierung des Energieangebotes bzw. der Strahlungsbilanz.

Als zusätzliche Einflußgrößen werden in den Bereichen, in denen die in Kap.6.4.2.4 genannten Schwellenwerte nicht überschritten wurden, sowohl die klimatische Wasserbilanz, als auch die Wasserbilanz unter Berücksichtigung des pflanzennutzbaren Bodenwassers berechnet. Dazu ist es notwendig, das engmaschige Niederschlagsmeßnetz für diese Anwendung auszuwerten. Damit eröffnet sich die Möglichkeit, die Rebflächen stärker zu regionalisieren. Die aufgelisteten Standortvariablen stellen Mittelwerte über mehrere Jahre dar. Der Mittelungszeitraum sollte mindestens 10 Jahre betragen. In diesem Zeitraum kann eine ausreichend abgesicherte Standortdifferenzierung erwartet werden.

Die in Regressionsanalysen mit Orthogonalfunktionen ermittelten Koeffizienten müssen für jedes Weinbaugebiet spezifiziert werden. Zusätzlich zu den bereits vorhandenen Testparzellen der Landesreifemessungen müssen ca. 2x30 Testparzellen mit mindestens 10-jährigen Mostgewichtsangaben ausgewiesen werden, um die gebiets-typischen Komponenten ermitteln zu können. Die Aufschlüsselung in jeweils zwei Datensätze ist notwendig, um einerseits die gebietstypischen Komponenten zu ermitteln, andererseits die Modelle validieren zu können. Dabei sollte ein möglichst enger räumlicher Zusammenhang der Testparzellen - ähnlich wie bei den Untersuchungen im Rheingau - gegeben sein. Die Erhebungen erstrecken sich regional auf die Gebiete Pfalz, Rheinhessen, Nahe, Mittelrhein, Ober-, Mittel- und Untermosel, Ahr und Hessische Bergstraße. Für Franken gelten die in Kap.6.4.2.3 genannten Regelungen. Für die Erhebungen wird in den genannten Gebieten ausschließlich die Rebsorte Riesling verwendet. Liegen gebietstypische Komponenten vor, so kann für jede beantragte Fläche unter Vorgabe der für diesen Standort ausgewiesenen Variablen das Mostgewicht berechnet werden. Der Rechengang stellt sich wie folgt dar:

1. Berechnung des gebietstypischen mittleren Mostgewichtes mit Hilfe der nichtlinearen Regressionsbeziehung, die mit den Jahresanalysen der langen Mostgewichtsreihen gewonnen wird.
2. Berechnung der Abweichung des Mostgewichtes für den Einzelstandort mit empirischen Orthogonalfunktionen, wobei die Koeffizienten aus den oben genannten Eingangsvariablen abgeleitet werden.

Die Berechnung der gebietstypischen Koeffizienten stellt die Grundlage für die Verbesserung des zur Zeit angewendeten Bewertungsverfahrens dar. Die Verbesserung ist im wesentlichen auf die Einführung neuer Standortgrößen zurückzuführen, die bisher wegen unzureichender Kenntnis der Zusammenhänge nicht berücksichtigt wurden. Insbesondere sind in diesem Zusammenhang die Einführung von Temperaturfunktionen, die Berechnung der aktuellen Verdunstung und der Wasserbilanz zu nennen. Es darf aber auch nicht verkannt werden, daß weitere methodische Verbesserungen notwendig sind. Auf die möglichen Fehlerquellen der Modelle wurde

in Kap.6.4.2 hingewiesen. So bleibt weiterhin die Frage einer objektiven Methode zur Berechnung der Windgefährdung offen. Sie beeinflußt sowohl die aktuelle Verdunstung als auch die Temperaturverhältnisse am Standort. Die Kaltluftgefährdung kann nur für die Standorte exakt bestimmt werden, für die eine Kartierung vorliegt. Darüber hinaus ist ein Rechenmodell anzustreben, daß die Reduktion der Verdunstung in Abhängigkeit vom pflanzennutzbaren Bodenwasser beschreibt.

Die Einflüsse des Bodens auf die Qualitätsbildung bleiben in der vorgelegten Untersuchung weitgehend unberücksichtigt. Die Wechselwirkung zwischen den thermischen Eigenschaften der Bodentypen und der Temperatur am Standort ist unbekannt, somit war es auch nicht möglich, den Einfluß des Bodens auf die phänologische Entwicklung der Rebe sowie auf die Qualitätsbildung der Trauben zu ermitteln.

LITERATUR

- AICHELE, H. (1965): Weinbau - Meteorologie Weinberg und Keller 12 S.7 - 14
- ALLEWELDT, G. (1967): Der Einfluß des Klimas auf Ertrag und Mostqualität der Reben. Rebe und Wein 20, Nr.10, S.312-314, 316-317.
- ALLEWELDT, G. u. HOFÄCKER, W. (1975): Einfluß von Umweltfaktoren auf Austrieb, Blüte, Fruchtbarkeit und Triebwachstum der Rebe. Vitis 14, S.103-114.
- ANEY, W.W. (1974): Oregon climates exhibiting adaptation potential for vinifera. American Journal Enology a.Viticulture 25, Nr.4 S.212-218.
- ANONYM (1984): HP 98820 A Statistical Library. Hewlett-Packard Comp. Color. 399 S.
- ATANASIU, N. u. SCHNEIDER, B. (1965): Zur Frage der Erfassung von Wirkung und Wechselwirkung mehrerer Faktoren auf den Ertrag. Zeitschrift für Acker- und Pflanzenbau 123, Nr.1 S.11-30
- BASLER, P. (1980): Beeinflussung von Leistungsmerkmalen der Weinrebe (*Vitis Vinifera* L.) in der Ostschweiz durch Klimafaktoren und Erträge sowie Versuch einer Qualitätsprognose. Die Wein-Wissenschaft 35, S.3-18, 90-116, 155-176, 227-241.
- BECKER, N.J. (1967): Beiträge zur Standortforschung an Reben (*Vitis Vinifera* L.). Ergebnisse einer Erhebungsuntersuchung im Rheingau. Dissertation Universität Giessen. Institut für Obstbau und Obstzüchtung.
- BECKER, N.J. (1969): Phänologische Beobachtungen an Reben und ihre praktische Anwendung zur Gütekartierung der Weinbergslagen. Die Wein-Wissenschaft 24, S.136 - 157.

- BECKER, N.J. (1975): Praktische Erfahrungen mit der reaktionskinetischen Temperaturmessung nach Pallmann. Archiv Geophys. Bioklimatologie Ser. B.23, S.415-430.
- BECKER, N.J. (1977): Ökologische Kriterien für die Abgrenzung des Rebgebietes in den nördlichen Weinbaugebieten. Die Wein-Wissenschaft 32, Nr.2, S.77-102.
- BECKER, N.J. (1984): Site selection for viticulture in cooler climates using local climatic information. In: Proceeding of the International Symposium on cool climate Viticulture and Enology Session I Vineyard site climate and exposure. Oregon State University Agricult. Experim. Station. Techn. Publication 7628, S.20 - 34
- BECKER, N.J. (1985): Einfluß von Standortfaktoren auf Beerereifung und Ertragsbildung. Die Wein-Wissenschaft 40, Nr.5, S.291-318.
- BERAN, N. (1977): Der Einfluß der Temperatur auf die Leistung der Rebe. Der Deutsche Weinbau 32, S.268.
- BERAN, N. u. KLEIN, W. (1981): Der Einfluß der Luftfeuchtigkeit auf die Photosynthese der Rebe (*Vitis vinifera*) unter besonderer Berücksichtigung der Lichtintensität und der Blattemperatur. Die Wein-Wissenschaft 36, S.227-244.
- BERAN, N. u. KLEIN, W. (1983): Wechselwirkungen zwischen Photosynthese, Blattemperatur und Wasserdampfsättigungsdefizit der Atmosphäre bei *Vitis vinifera* L. Die Wein-Wissenschaft 38, S.379-384.
- BRANAS, J. (1974): Viticulture. Dehan, Montpellier.
- BRANDTNER, E. (1973): Die Bewertung geländeklimatologischer Verhältnisse in Weinbaulagen. Deutscher Wetterdienst, Zentralamt Offenbach. Selbstverlag.
- BRANDTNER, E. u. ZUNKER, E. (1978): Zur klimatischen Bewertung von Weinbergslagen. Der Deutsche Weinbau 33, S.255-256.

- BRONSTEIN, I.N.u. SEMENDJAJEW, K.A. (1981): Taschenbuch der Mathematik Teubner Verlagsgesellschaft Leipzig, 860 S.
- BUTTROSE, M.S. (1974): Fruit fulness in grape vines: Effect of water stress. Vitis 12, Nr.4 S.299 - 305.
- COURY, C.H.J. (1964): Vine grape adaptation in the Napa Valley M.S. Thesis, University California Davis.
- DÄKE, C.W. (1972): Über ein neues Modell des Strahlungsbilanzmessers nach Schulze. Ber.d.Dt.Wetterd. 16, Nr.126.
- DIXON, W.J. (1977): BMDP Statistical Software University of California Press, Berkley, Los Angeles.
- DOORENBOS, J. u. PRUITT, W.O. (1977): Guidelines for predicting crop water requirements. FAO IRRIGATION and Drainage Papers Nr.24.
- EICHHORN, K.W. u. LORENZ, H.K. (1977): Phänologische Entwicklungsstadien der Rebe. Quelle: Sonderdruck "Der Deutsche Weinbau", Heft 1.
- ENDERS, G. (1979): Theoretische Topoklimatologie. Nationalpark Berchtesgaden. Forschungsbericht 1, 92 S.
- ENDLICHER, W. (1980): Geländeklimatologische Untersuchungen im Weinbaugbiet des Kaiserstuhls. Ber.d.Dt.Wetterd. Nr.150, 124 S.
- FREEMAN, B.M., LEE, T.H. TURKINGTON, C.R. (1980): Interaction of irrigation on pruning level on grape and wine quality of S Hiraz vines. American Journal Enology a. Viticulture 31, S.124-135.
- FÜRI, J. u. KOZMA, F. (1977): Der Wasserverbrauch und -bedarf der Rebe während der Vegetationsperiode. Die Wein-Wissenschaft 32, S.103-121

GERTH, W.P.(1984): Klimatische Wechselwirkungen in der Raumplanung bei Nutzungsänderungen. 1.Arbeitsbericht im Rahmen eines Forschungsprojektes. DWD Offenbach, 20 S.

GERTH, W.P.(1985): Klimatische Wechselwirkungen in der Raumplanung bei Nutzungsänderungen. 2.Arbeitsbericht, DWD Offenbach, 17 S.

GROSS, G. (1985): Numerische Simulation nächtlicher Kaltluftabflüsse und Tiefsttemperaturen in einem Moselseitental. Met. Rundschau 38, S.161-171.

HALE, C.R. u. BUTTROSE, H.S. (1974): Effect on temperature on ontogeny of berries of *Vitis vinifera* L. cv. Cabernet Sauvignon. Journal Amer. Soc. Hortic. Sci. 99 S.390-394.

HASSELBERG v., K. (1972): Die Gewinnung prognostischer Beziehungen aus meteorologischen Daten. Met. Rundschau 25, Nr.5, S.146-153.

HASSEMER-SCHWARZ, H. u. JAGOUTZ, H. (1986) Ermittlung des Einflusses ökologischer Faktoren auf die Qualitätsbildung der Reben zur Sicherung der nach dem Weinwirtschaftsgesetz geforderten Qualitätsbegrenzung von Weinberglagen. Abschlußbericht im Rahmen eines Forschungsprojektes Teil III. AMBF Geisenheim, 39 S.

HOFÄCKER, W., ALLEWELDT, G. u. KHADER, S. (1976): Einfluss von Umweltfaktoren auf Beerenwachstum und Mostqualität bei der Rebe. *Vitis* 15, Nr.2, S.96-112.

HOFÄCKER, W. (1974): Einfluß von Umweltfaktoren auf Ertrag und Mostqualität der Rebe. Ein Beitrag zur methodischen Ermittlung der optimalen Standortbedingungen im Weinbau. Diss. Univers. Hohenheim, Fachbereich Agrarbiologie, 154 S.

HOPPMANN, D. (1978): Standortuntersuchungen im Rheingau und in Baden. *Weinberg und Keller* 25, S.66-92.

- HOPPMANN, D. (1979): Das Kleinklima am Steilhang und die Möglichkeiten seiner Verbesserung. In: BECKER, H. u.a.: Weinbau am Steilhang Münster - Hiltrup S. 13-26 (KTBL - Schrift Nr. 328).
- HOPPMANN, D. (1981): Klimatologisches Bewertungsverfahren von Hanglagen im Rahmen des Weinwirtschaftsgesetzes. Abschlußbericht zum Forschungsprojekt. Deutscher Wetterdienst - Beiträge zur Agrarmeteorologie, Nr.6 27 S.
- HOPPMANN, D. u. SCHALLER, K. (1981): Der Einfluß verschiedener Standortfaktoren auf Qualität und Quantität der Reben. 1.Mittl. Entwicklung der Qualität in geringen und mittleren Jahrgängen. Die Wein-Wissenschaft 36, Nr.5, S.299-319.
- 2.Mittl. Entwicklung der Qualität in guten und besten Jahrgängen, und im 11jährigen Mittel. Die Wein-Wissenschaft 36, Nr.6 S.371-377.
- HOPPMANN, D. u. JAGOUTZ, H. (1985): Untersuchungen über verschiedene Wärme- und Wasserhaushaltskomponenten im Weinberg. Die Wein-Wissenschaft 40, Nr.5, S.319 - 358.
- HOPPMANN, D. u. JAGOUTZ, H. (1986): Ermittlung des Einflusses ökologischer Faktoren auf die Qualitätsbildung der Reben zur Sicherung der nach dem Weinwirtschaftsgesetz geforderten Qualitätsbegrenzung von Weinbergslagen. Abschlußbericht im Rahmen eines Forschungsprojektes Teil I. AMBF-Geisenheim. 16 S.
- HORNEY, G. (1969): Wettererscheinungen in ausströmender Kaltluft. Met. Rundschau 22, Nr.4 S.106-113.
- HORNEY, G. (1966): Die Vorhersage des Blühtermins der Reben. Weinberg und Keller 13, S.263-273.
- HORNEY, G. (1971): Die mikroklimatische Standortbeurteilung im Weinbau. Weinberg und Keller 18, Nr.2, S.61 - 78.
- HORNEY, G. (1972): Die klimatischen Grundlagen des Anbaus von Weinreben Weinberg und Keller 19, S.305-320.

- HORNEY, G. (1975): Das Häufigkeitsspektrum der Windrichtungen in ökologischer Sicht - dargestellt an den besonderen Verhältnissen im Rheingau. Ber.d.Dt.Wetterd. 18, Nr.138, 7 S.
- HUGLIN, P. (1972): Caractéristique ecologiques des cepages et des vignobles - Rapport français. Bulletin de l'OIV Nr.491 1/1972.
- KLENERT, M. (1983): Einfluß der Temperatur auf Wachstum und Reife der Beeren von Weintrauben. Wiss.Ber.d.Meteorol.Inst.Univ. Karlsruhe Nr.4, Seite 60-70.
- KOBLET, W. u. ZWICKY, P.(1965): Der Einfluß von Ertrag, Temperatur und Sonnenstunden auf die Qualität der Trauben. Die Wein-Wissenschaft 20, Nr.6, S.237 - 244.
- KRIEDEMANN, P.E. (1968): Observations on gas exchange in the developing sultana berry Austral.J. biol. Sci. 21, S.907-916.
- KRIEDEMANN, P.E. u. LENZ, F. (1972): The response of vine leaf photosynthesis to shoot tip excision and stem cincturing. Vitis 11, S.193-197.
- LEHMANN, P. (1954): Klimatische Gütebewertung von Weinbergslagen. Deutscher Weinbaukalender, S.60-62.
- MAY, T., BECKER, N.J., BOGENRIEDER, A. (1985): Vergleich verschiedener Methoden zur Beurteilung der lokalklimatischen Wärmegunst von Reblagen. Die Wein-Wissenschaft 40, Nr.6, S.371-393.
- MÜLLER, K. (1980): Untersuchungen über den Einfluß der Zusatzberechnung im Weinbau auf Muschelkalkböden in Franken. Dissertation Univ. Bonn, Inst. f. Bodenkunde.
- NITSCH, J.P., PRATT, C., NITSCH, C., U. SHAULIS, N.J.(1960): Natural growth substances in Concord and Concord seedless grapes in relations to berry development. Amer. J. Botany 47, S.85-105.

- REUTHER, G.(1977): Optimum temperatures of photosynthesis in different frost-resistant grape varieties. Genetique et Amelioration de la Vigne.II. Symposium International sur l'Amelioration de la Vigne, Bordeaux.
- REUTHER, G. (1981): Untersuchungen zur Methodik der Photosynthese- und Transpirationmessungen an abgetrennten Blättern von Reben zu verschiedenen Perioden der Entwicklung. Vortrag bei der Tagung des Forschungsrings des Deutschen Weinbaus, Bernkastel-Kues, 22.4.1981.
- RIES, R. (1984): Transpiration, CO_2 -Gaswechsel und Trockensubstanzproduktion verschiedener Rebsorten bei hohem Wasserangebot. Diss.Univ.Bonn Inst.für Obst- und Gemüsebau, 102 S.
- RÜHL, E.(1981): Einfluß der Wasserversorgung auf Photosynthese, Transpiration und vegetatives Wachstum verschiedener Rebsorten. Diss. Univ. Hohenheim, Inst.f.Obst- Gemüse- und Weinbau
- RÜHL, E. u. ALLEWELDT, G. (1985): Der Einfluß des Bewässerungszeitpunktes auf den Traubenertrag und die Mostqualität. Die Wein - Wissenschaft 40, Nr.5, S.359 - 366
- SACHS, L. (1974): Angewandte Statistik. Springer Verlag (Berlin, Heidelberg, New York), 545 S.
- SCHMELING, D. (1977): Das topographische Datenbank- und Verarbeitungssystem TDMS 1100 der Deutschen Bundespost, Fernmelde-technisches Zentralamt, Darmstadt
- SCHNELLE, F. (1963): Frostschutz im Pflanzenbau Bd.1. Die meteorologischen und biologischen Grundlagen der Frostschadensverhütung. BLV - Verlagsgesellschaft, München, S.425 - 443.
- SCHOLZ, A. (1983): Der Einfluß von Boden, Unterlage und Klima auf den Ertrag und die Qualität bei Riesling Klon 239 Gm. Dissertation Universität Bonn. Institut für Bodenkunde, 296 S.
- SCHRÖDTER, H. (1984): Verdunstung. Springer Verlag Berlin, Heidelberg, 186 S.

- SLABBERS, P.J. (1980): Practical prediction of actual evapotranspiration. Irrigation Sci 1, S.185 - 196.
- SMART, R.E. u. COOMBE, B.G. (1983): Water Relations of grapevines. In Koslowski, T.T: Water deficits and Plant Growth. Vol.VII Kap.4. Academic Press (London), S.137-196.
- SMART, R.E. (1984): Some aspects of climate, canopy, microclimate, vine physiology and vine quality. In: Proceeding of the International Symposium on cool climate Viticulture and Enology Session I. Vineyard Site Climate and Exposure. Oregon State University Agricult.Experim. Station Techn. Publication 7628. S.1-19.
- SOHNS, E. (1982): Untersuchungen über Klima und Bodenkenngrößen und deren Einfluß auf die Qualität der Reben. Diplomarbeit Fachhochschule Geisenheim. Institut für Bodenkunde, 48 S.
- STEINBERG, B. (1978): Der Einfluß der Zusatzberechnung. Rebe und Wein 31, S.143-145,169-173.
- STEINBERG, B. BETTNER, W. u. LANG, E. (1982): Beziehungen zwischen Blattfläche, Blattgewicht und Schnittholz bei verschiedenen Rebsorten. Die Wein-Wissenschaft 37, S.75-160.
- STOEV, K.D. (1966): Enrichissement en sucres et accroissements du volumes baies (mecanisme, facteurs:role de feuillage pour le reudement et la qualite du raisin, productivite du feuillage) Acad. Sci. Agric. Bulgarie, 180 S.
- ÜBERLA, K. (1971): Faktorenanalyse. Springer Verlag (Berlin, Heidelberg). 2.verb. Auflage, 399 S.
- VOGT, E. (1951): Weinbau. Ulmer Verlag Stuttgart, 258 S.
- VOGT, E. u. GÖTZ, B. (1977): Weinbau. 5. neubearbeitete Auflage. Ulmer Verlag Stgt, 452 S.
- WEBER, E. (1974): Einführung in die Faktorenanalyse. Fischer Verlag Stuttgart, 192 S.

- WEISE, R. u. WITTMANN, O. (1971): Boden und Klima fränkischer Weinberge. Atlas Hrsg. im Auftrag des Bayerischen Staatsministeriums für Ernährung, Landwirtschaft u. Forsten München, 8 S., 633 Kartenbl.
- WILMERS, F. (1976): Die Anwendung von Wittertypen bei ökoklimatischen Untersuchungen. Wetter und Leben 28, S.224 - 235.
- WIND, R. (1984): Gegenüberstellung verschiedener Methoden zur Wasserbilanzrechnung im Rebbestand. Diplomarbeit Fachhochschule Geisenheim - AMBF- Geisenheim, 97 S.
- WINKLER, A.J., COCK, J.A. KLIEWER, W.M. u. LIDER, L.A. (1974): General viticulture. University of California Press, Berkeley, 2.Auflage, 710 S.
- ZAKOSEK, H., KREUTZ, W. BAUER, W., BECKER, H. u. SCHROEDER, E. (1967): Die Standortkartierung der hessischen Weinbaugebiete. Abh.Hess.Landesamt Bodenforsch. 50, 82 S.
- ZAKOSEK, H., BECKER, H. (1979): Einführung in die Weinbau-Standortkarte Rheingau im Maßstab 1:5000 Geolog. Jb. Hessen 107, S.261-281.
- ZUNKER, E.J. (1980): Untersuchungen zur Auswirkung unterschiedlicher Wärmeumsätze und Sättigungsdefizite auf die photosynthetische Leistung der Rebe. Beiträge zur Agrarmeteorologie Nr.12, 13 S.

Tab. I.1:
BERECHNETE AKTUELLE VERDUNSTUNG FÜR 3 PHÄNOLOGISCHE PHASEN UND DIE
GESAMTE VEGETATIONSZEIT (PENMAN - GLEICHUNG)
GEISENHEIM (1960 - 1980) STANDORT SCHLOSS JOHANNISBERG

JAHR	ETABL			ETARE			ETALE			ETAGES		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1960	104.5	113.0	103.5	213.6	224.8	202.4	50.4	61.2	52.8	368.4	399.0	358.7
1961	144.8	149.6	144.0	186.2	203.7	180.6	56.0	72.5	62.5	387.0	425.8	387.1
1962	127.8	132.6	124.2	202.3	223.3	199.5	54.5	72.0	60.0	384.6	427.9	383.7
1963	101.0	107.0	96.0	218.4	232.4	212.8	66.5	83.0	69.5	385.9	422.4	378.3
1964	94.4	99.6	90.4	271.6	285.6	259.0	106.8	131.4	111.0	472.8	516.6	460.4
1965	118.8	123.6	117.0	175.7	191.1	171.5	48.5	65.0	55.5	343.0	379.7	344.1
1966	119.5	127.0	115.5	179.2	191.8	179.2	73.0	92.5	78.0	371.7	411.3	302.7
1967	98.5	104.5	96.0	208.2	221.4	201.6	79.0	97.5	83.5	385.7	423.4	381.0
1968	128.1	133.7	122.5	154.2	166.2	153.0	61.0	75.5	63.5	343.3	375.4	339.0
1969	102.0	106.0	98.0	186.0	201.6	181.8	66.0	82.0	70.0	354.0	389.6	349.8
1970	93.6	97.6	89.2	213.5	231.0	207.9	71.0	90.5	76.5	378.1	419.1	373.5
1971	105.0	113.0	98.5	237.0	253.8	228.0	83.5	105.0	87.5	425.5	471.8	414.0
1972	111.6	116.4	106.8	209.3	228.2	204.4	82.8	108.6	86.4	403.7	453.2	397.5
1973	118.0	124.5	115.0	249.9	268.8	247.8	77.0	96.0	80.0	444.9	489.3	442.8
1974	134.4	142.1	130.9	223.2	241.6	220.8	49.2	59.2	50.8	406.8	442.9	402.5
1975	107.5	113.0	105.5	224.4	240.0	222.6	85.0	103.0	88.5	416.9	456.0	416.7
1976	95.2	101.6	92.0	254.4	265.2	244.2	100.5	118.0	100.5	450.1	484.8	436.7
1977	115.2	120.0	113.4	152.0	163.5	147.0	82.8	99.0	86.4	350.0	382.5	346.8
1978	109.8	114.0	107.4	209.6	229.6	206.4	40.0	47.6	42.8	359.4	391.2	356.6
1979	90.0	93.6	88.4	202.3	214.4	200.2	70.0	95.5	78.5	362.3	404.0	367.2
1980	105.0	110.0	101.0	188.8	208.0	192.0	30.0	36.9	32.4	323.8	354.9	325.5

ETA = Aktuelle Evapotranspiration [mm]

BL = Phase Austrieb bis Blüte

RE = Phase Blüte bis Reifebeginn

LE = Phase Reifebeginn bis Lese

GES = Gesamte Vegetationszeit

	Standort 1	Standort 2	Standort 3
Höhe [m/NN]	110 m	140 m	145 m
Hangricht.	150°	170°	270°
Hangneig.	3°	23°	22°

Tab. I.2
BERECHNETE KLIMATISCHE WASSERBILANZ FÜR 3 PHÄNOLOGISCHE PHASEN UND
DIE GESAMTE VEGETATIONSZEIT
GEISENHEIM (1960 - 1980) STANDORT SCHLOSS JOHANNISBERG

JAHR	WSBLBL			WSBLRE			WSBLLE			WSBLGES		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1960	-24.0	-32.5	-23.0	-53.6	-64.8	-42.4	-2.4	-13.2	-4.8	-80.0	-110.5	-70.2
1961	114.4	108.8	115.2	-61.6	-79.1	-56.7	6.5	-10.0	0.0	59.3	19.7	58.5
1962	-73.8	-78.6	-70.2	-109.2	-129.5	-105.7	-29.0	46.0	-34.0	-212.0	-162.1	-209.9
1963	-62.0	-67.5	-57.0	-95.2	-109.9	-89.6	13.0	-4.0	10.0	-144.2	-181.4	-136.6
1964	-33.2	-38.8	-29.6	-203.0	-217.0	-190.4	-10.8	-35.4	-15.0	-247.0	-291.2	-235.0
1965	15.6	10.8	17.4	-8.4	-23.8	-4.2	-28.0	-45.0	-35.0	-20.8	-58.0	-21.8
1966	-10.0	-17.5	-6.0	23.1	10.5	23.1	-51.0	-70.0	-56.0	-37.9	-77.0	-38.9
1967	-18.5	-25.0	-16.5	-67.8	-81.0	-61.8	64.0	45.5	59.5	-22.3	-60.5	-18.8
1968	56.0	50.4	61.6	75.0	63.0	76.2	37.0	23.0	35.0	168.0	136.4	172.8
1969	-25.5	-30.0	-21.5	-26.4	-41.4	-22.2	-57.0	-73.5	-61.5	-108.9	-144.9	-105.2
1970	-16.8	-20.4	-12.0	-80.5	-98.0	-74.9	-1.0	-20.5	-6.5	-98.3	-138.9	-93.4
1971	-11.0	-19.0	-4.5	-169.8	-186.6	-160.8	-25.5	-47.0	-29.5	-206.3	-252.6	-194.8
1972	-16.2	-21.0	-11.4	-112.7	-131.6	-107.8	-37.2	-62.4	-40.8	-166.1	-215.0	-160.0
1973	-35.0	-41.5	-32.0	-158.9	-59.3	-156.8	-4.0	-23.0	-7.0	-197.9	-123.8	-195.8
1974	-27.3	-35.7	-24.5	-64.8	-83.2	-62.4	62.0	52.0	60.4	-30.1	-66.9	-26.5
1975	-70.5	-76.0	-68.0	-76.8	-91.8	-74.4	-55.5	-51.0	-36.5	-202.8	-218.8	-178.9
1976	-75.2	-81.6	-72.0	-179.4	-190.2	-169.2	-40.5	-46.4	-32.4	-295.1	-318.2	-273.6
1977	-67.8	-73.2	-66.6	7.0	-4.5	11.5	-27.0	-43.2	-30.6	-87.8	-120.9	-85.7
1978	67.8	63.6	70.8	-114.4	-134.4	-111.2	0.8	-6.4	-2.0	-45.8	-77.2	-42.4
1979	-9.2	-12.4	-7.2	-78.4	-91.0	-76.3	-18.5	-38.5	-21.5	-106.1	-141.9	-105.0
1980	-23.5	-28.5	-20.0	11.2	-8.0	7.2	1.8	-5.4	-0.9	-10.5	-41.9	-13.7

WSBL = Klimatische Wasserbilanz [mm] (RR-ETA)

BL = Phase Austrieb bis Blüte

RE = Phase Blüte bis Reifebeginn

LE = Phase Reifebeginn bis Lese

GES = Gesamte Vegetationszeit

	Standort 1	Standort 2	Standort 3
Höhe [m/NN]	110 m	150°	3°
Hangricht.	140 m	170°	23°
Hangneig.	145 m	250°	22°

Tab.I.3

BERECHNETE TEMPERATURWERTE (TMINP, TSUP, TTP) FÜR 3 STANDORTE
(27, 85 und 167 m über Talgrund) IM RHEINGAU (1965 - 80)
WÄHREND DER PHASE REIFEBEGINN BIS LESE
Talgrund = 80 m/NN

JAHR	ABSOLUTWERTE DER TALSTATION (27m)			DIFFERENZ DER HÖHER GELEGENEN STANDORTE ZUR TALSTATION					
	TMINLE	TSULE	TTPLE	(85m)			(167m)		
				TMINLE	TSULE	TTPLE	TMINLE	TSULE	TTPLE
1965	4.05	78.51	11.10	0.71	-13.91	-0.54	1.00	-27.69	-1.48
1966	9.22	81.88	16.10	0.59	-14.39	-0.61	0.59	-28.97	-1.84
1967	9.62	83.75	16.32	0.46	-15.29	-0.76	0.32	-30.22	-2.10
1968	9.48	72.09	15.57	0.34	-11.02	-0.58	0.02	-25.13	-2.10
1968	7.50	80.27	14.23	0.62	-12.92	-0.44	0.64	-27.20	-1.64
1970	8.16	78.06	14.73	0.48	-14.70	-0.75	0.43	-29.23	-2.04
1971	7.58	95.60	15.30	0.63	-17.26	-0.76	0.82	-32.75	-1.82
1972	4.94	86.54	12.35	0.52	-16.09	-0.86	0.64	-31.09	-2.03
1973	7.51	76.18	13.85	0.59	-14.11	-0.58	0.75	-28.96	-1.67
1974	5.84	62.73	11.14	0.36	-9.98	-0.47	0.04	-23.87	-1.98
1975	10.42	83.33	17.05	0.43	-14.64	-0.71	0.26	-29.62	-2.10
1976	10.44	84.50	17.38	0.54	-8.95	-0.63	0.61	-24.93	-1.78
1977	8.38	75.77	14.53	0.32	-11.84	-0.64	0.00	-26.16	-2.12
1978	6.06	60.48	11.55	0.32	-8.13	-0.40	-0.10	-21.24	-2.02
1979	8.69	88.08	16.08	0.50	-14.82	-0.73	0.43	-29.65	-2.06
1980	6.17	66.27	12.15	0.38	-9.74	-0.50	-0.03	-23.06	-2.12

TMINLE = Mittl. tägl. Minimumtemperatur in der Phase Reifebeginn
bis Lese

TSULE = Mittl. Temperatursummen in der Phase Reifebeginn bis Lese

TTPLE = Mittl. Tagesmitteltemperatur (helle Tagesphase) in der
Phase Reifebeginn bis Lese

Tab.I.4

BASISSTATISTIK DER ZIEL- UND EINFLUSSGRÖSSEN FÜR DIE REGRESSIONS-ANALYSEN
RHEINGAU (1947 - 84)

VARIABLE	MITTEL	SDEV	MAXIMUM	MINIMUM
OECHSLE °Oe	74.6	11.5	97.0	53.3
AUSTR Jahrestag	122.9	8.9	136.0	101.0
BLÜTE "	172.9	8.0	191.0	159.0
REIFE "	243.6	9.0	261.0	224.0
LESE "	291.6	9.4	309.0	268.0
WSBL1 1/10 mm/Tag	-2.5	13.0	34.0	-20.9
WSBL2 "	-4.0	13.1	25.3	-29.5
WSBL3 "	-12.1	16.3	20.2	-62.9
WSBL4 "	-11.5	16.0	37.8	-45.7
WSBL5 "	-8.9	12.4	17.6	-43.2
WSBL6 "	2.2	11.9	30.7	-30.4
STR1 J/(cm ² *Tag)	1161.1	246.3	1560.0	569.7
STR2 "	1290.6	234.3	1710.0	780.0
STR3 "	1287.8	276.8	1970.0	790.0
STR4 "	1140.9	219.2	1690.0	730.0
STR5 "	732.4	246.6	1370.0	331.3
STR6 "	351.1	162.1	970.0	130.0
TMX1 1/10 Grad	112.9	14.6	131.0	81.7
TMX2 "	113.0	11.5	134.0	83.3
TMX3 "	113.0	13.0	133.8	82.0
TMX4 "	117.1	9.7	134.7	97.8
TMX5 "	109.3	14.5	133.0	68.0
TMX6 "	100.5	18.7	131.7	36.0
RR1 1/10 mm/Tag	15.5	10.3	46.7	4.0
RR2 "	19.2	10.6	46.3	0.3
RR3 "	18.2	9.6	40.7	0.0
RR4 "	18.7	11.1	56.0	2.4
RR5 "	11.3	7.1	29.2	1.0
RR6 "	13.6	9.6	38.2	0.3
SDEF1 1/10 hP	112.6	25.3	168.0	59.3
SDEF2 "	128.6	23.2	175.0	87.0
SDEF3 "	144.5	39.1	299.3	84.7
SDEF4 "	143.9	36.4	261.8	86.7
SDEF5 "	106.7	38.8	236.3	54.0
SDEF6 "	63.6	24.2	170.7	32.0

AUSTR = Termin des Austriebs
 BLÜTE = Termin der Vollblüte
 REIFE = Termin des Reifebeginns

Tab.I.5: BASISSTATISTIK DER EINFLUSS- UND ZIELGRÖSSEN FÜR DIE
REGRESSIONS- ANALYSE
RHEINLAND-PFALZ (1975-1984)

VARIABLE	MITTEL	SDEV	MAXIMUM	MINIMUM
OECHSLE °Oe	73.6	10.7	96.9	57.0
BLÜTE Jahrestag	178.1	8.3	193.0	164.0
WSBL1 1/10 mm/Tag	4.4	21.7	45.5	-24.1
WSBL2 "	-4.5	11.6	25.0	-22.7
WSBL3 "	-13.6	23.7	31.9	-62.9
WSBL4 "	-13.2	15.4	25.5	-38.5
WSBL5 "	-6.0	14.8	34.7	-34.7
WSBL6 "	8.2	13.8	43.0	-7.0
STR1 J/(cm ² *Tag)	1141.0	335.0	1612.0	530.0
STR2 "	1262.8	202.5	1640.5	868.3
STR3 "	1275.6	371.5	2045.0	689.0
STR4 "	1097.8	199.8	1530.0	804.4
STR5 "	746.8	275.6	1197.3	294.7
STR6 "	317.6	107.6	547.5	150.0
TMX1 1/10 Grad	109.1	17.7	131.6	73.0
TMX2 "	109.3	9.9	125.8	85.3
TMX3 "	112.0	16.2	133.8	66.3
TMX4 "	117.3	9.6	130.3	92.0
TMX5 "	111.0	13.3	132.0	78.9
TMX6 "	101.6	15.9	123.5	57.0
RR1 "	21.8	17.3	57.0	2.0
RR2 "	18.5	9.5	40.3	5.5
RR3 "	19.6	12.5	46.0	0.0
RR4 "	17.0	11.1	51.5	2.3
RR5 "	15.0	9.8	45.7	1.0
RR6 "	19.2	13.2	55.5	1.5
SDEF1 1/10 hP	108.2	34.1	169.0	49.7
SDEF2 "	127.8	19.0	163.0	85.3
SDEF3 "	158.1	61.3	306.3	67.3
SDEF4 "	143.6	34.2	214.0	87.8
SDEF5 "	110.3	37.5	188.0	57.0
SDEF6 "	61.0	17.0	97.0	30.0

BLÜTE = Termin der Vollblüte

Tab.I.6

KORRELATIONSMATRIX REGRESSION - JAHRESANALYSE

Einflußgrößen: AUSGEWÄHLTE KLIMAGRÖSSEN (Phänologische Phasen)

Zielgröße: DAUER DER PHASE AUSTRIEB BIS BLÜTE

GEISENHEIM (1947-84) STANDORT FUCHSBERG

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1 AUSTR	1.00	0.23	-0.00	-0.00	-0.17	0.23	-0.37	0.28	0.10
2 STR1		1.00	-0.13	<u>0.62</u>	-0.04	<u>-0.56</u>	0.07	<u>0.88</u>	-0.72
3 STR2			1.00	-0.06	<u>0.75</u>	0.19	-0.35	-0.18	0.21
4 TMX1				1.00	0.15	<u>-0.44</u>	0.05	<u>0.78</u>	-0.59
5 TMX2					1.00	-0.06	-0.05	-0.07	-0.03
6 RR1						1.00	-0.19	<u>-0.55</u>	<u>-0.97</u>
7 RR2							1.00	0.04	-0.16
8 SDEF1								1.00	<u>-0.75</u>
9 WSBL1									1.00

Unterstrichene Werte sind signifikant von 0 verschieden ($P > 0.01$)

Tab.I.7: NICHTLINEARE REGRESSION - JAHRESANALYSE
 Einflußgrößen: AUSGEWÄHLTE KLIMAGRÖSSEN (PHÄNOL. PHASEN) IN TAGEN
 Zielgröße: DAUER DER PHASE AUSTRIEB - BLÜTE (RIESLING)
 GEISENHEIM (1947 - 84)
 VERGLEICH BEOBACHTETE UND BERECHNETE WERTE

Jahr	Blüte gem.	Blüte ber.	Resid.
1947	27.00	31.46	-4.46
1948	51.00	48.39	2.60
1949	55.00	56.74	-1.74
1950	43.00	40.52	2.47
1951	50.00	48.47	1.52
1951	52.00	51.85	0.14
1953	52.00	51.41	0.58
1954	47.00	46.98	0.01
1955	54.00	52.36	1.63
1956	48.00	50.47	-2.47
1957	50.00	52.26	-2.26
1958	52.00	52.93	-0.93
1959	49.00	47.57	1.42
1960	51.00	54.94	-3.94
1961	71.00	70.63	0.36
1962	51.00	51.04	-0.04
1963	43.00	43.46	-0.46
1964	37.00	36.17	0.82
1965	62.00	56.79	5.20
1966	46.00	43.68	2.31
1967	50.00	49.82	0.17
1968	63.00	62.79	0.20
1969	42.00	45.41	-3.41
1970	45.00	43.11	1.88
1971	45.00	46.49	-1.49
1972	58.00	58.85	-0.85
1973	46.00	44.46	1.53
1974	71.00	70.99	0.00
1975	48.00	47.98	0.01
1976	38.00	38.43	-0.43
1977	53.00	48.05	4.94
1978	53.00	55.79	-2.79
1979	37.00	38.43	-1.43
1980	52.00	47.88	4.11
1981	58.00	63.49	-5.49
1982	34.00	37.64	-3.64
1983	53.00	56.90	-3.90
1984	63.00	55.17	7.82

Tab.I.8: VERGLEICH DER EINTRITTSTERMINE AUSTRIEB (RIESLING) UND VOLLBLÜTE (BOSKOOP) RHEINGAU (1947 - 1984) STANDORT GEISENHEIM

JAHR	VOLLBLÜTE	AUSTRIEB	DIFF	JAHR	VOLLBLÜTE	AUSTRIEB	DIFF
1947	118	132	14	1966	116	121	5
1948	108	111	3	1967	126	123	-3
1949	107	110	3	1968	122	115	-7
1950	115	125	10	1969	130	135	5
1951	124	124	0	1970	138	131	-7
1952	114	110	-4	1971	131	122	-9
1953	111	111	0	1972	116	128	12
1954	126	128	2	1973	124	127	3
1955	123	127	4	1974	113	101	-12
1956	126	133	7	1975	126	127	1
1957	102	121	19	1976	122	126	4
1958	132	130	-2	1977	131	124	-7
1959	111	112	1	1978	132	126	-6
1960	116	114	-2	1979	141	136	-5
1961	100	106	6	1980	133	133	0
1962	130	128	-2	1981	110	108	-2
1963	126	128	2	1982	130	135	5
1964	125	125	0	1983	126	125	-1
1965	129	123	-6	1984	126	128	2

DIFFERENZ DER EINTRITTSTERMINE IN TAGEN

	0 - 3	3.1 - 6.0	6.1 - 10.0	≥ 10.1
JAHRE	18	10	6	4
%	47	26	16	11

Tab.I.9: KORRELATIONSMATRIX REGRESSION - JAHRESANALYSE
 Einflußgrößen: AUSGEWÄHLTE KLIMAGRÖSSEN (PHÄNOLOGISCHE PHASEN)
 Zielgröße: MITTL. MOSTGEWICHT (°Oe) (RIESLING)
 GEISENHEIM (1947 - 84) STANDORT SCHLOSS JOHANNISBERG

	1	2	3	4	5	6	7
1 BLÜTE	1.00	<u>-0.48</u>	<u>-0.48</u>	-0.19	-0.27	0.27	0.14
2 STR3		1.00	<u>0.52</u>	<u>0.49</u>	0.37	<u>-0.67</u>	0.05
3 STR6			1.00	0.34	<u>0.52</u>	-0.32	-0.10
4 TMX4				1.00	0.14	-0.27	0.15
5 TMX6					1.00	-0.20	-0.19
6 RR3						1.00	0.01
7 RR5							1.00
	8	9	10	11	12	13	14
1 BLÜTE	-0.01	-0.35	<u>-0.44</u>	<u>-0.51</u>	0.33	<u>0.45</u>	0.18
2 STR3	-0.16	<u>0.86</u>	<u>0.66</u>	<u>0.53</u>	<u>-0.83</u>	-0.29	-0.33
3 STR6	-0.26	<u>0.43</u>	<u>0.53</u>	<u>0.91</u>	-0.41	-0.38	<u>-0.54</u>
4 TMX4	-0.08	0.29	<u>0.76</u>	0.37	-0.30	-0.12	-0.20
5 TMX6	-0.33	0.21	0.31	<u>0.65</u>	-0.23	-0.38	<u>-0.51</u>
6 RR3	0.06	<u>-0.66</u>	-0.40	-0.30	<u>0.93</u>	0.25	0.15
7 RR5	0.28	0.07	0.02	-0.21	-0.03	<u>0.85</u>	0.30
8 RR6	1.00	-0.02	-0.23	-0.37	0.04	0.18	<u>0.94</u>
9 SDEF3		1.00	<u>0.48</u>	0.39	<u>-0.89</u>	-0.22	-0.16
10 SDEF4			1.00	<u>0.58</u>	<u>-0.48</u>	-0.39	-0.40
11 SDEF6				1.00	-0.38	<u>-0.51</u>	0.17
12 WSBL3					1.00	0.26	0.17
13 WSBL5						1.00	0.33
14 WSBL6							1.00

Unterstrichene Werte sind signifikant von 0 verschieden ($P > 0.01$)

Tab.I.10: NICHTLINEARE REGRESSION - JAHRESANALYSE
 Zielgröße: MITTL. MOSTGEWICHT RIESLING (°Oe) (21 PARZELLEN)
 GEISENHEIM (1947 - 84) STANDORT SCHLOSS JOHANNISBERG
 VERGLEICH BEOBACHTETE UND BERECHNETE WERTE

Jahr	Mostgew. gem.	Mostgew. ber.	Resid.
1947	88.19	88.18	0.02
1948	85.39	87.76	-2.36
1949	96.99	90.92	6.08
1950	85.99	88.66	-2.66
1951	83.99	83.13	0.87
1952	72.30	70.51	1.79
1953	95.39	90.09	5.31
1954	61.00	63.36	-2.36
1955	68.00	71.59	-3.59
1956	55.00	56.67	-1.67
1957	68.70	66.63	2.07
1958	76.30	69.09	7.21
1959	96.69	96.35	0.35
1960	69.60	72.40	-2.80
1961	71.10	69.04	2.06
1962	79.89	76.27	3.63
1963	74.60	69.23	5.37
1964	78.60	80.49	-1.89
1965	53.30	56.43	-3.13
1966	79.99	76.93	3.07
1967	73.70	73.93	-0.23
1968	62.00	62.68	-0.68
1969	71.80	71.46	0.34
1970	73.70	73.55	0.15
1971	88.99	94.92	-5.92
1972	69.70	63.71	5.99
1973	70.70	69.87	0.83
1974	65.20	65.07	0.13
1975	79.99	84.33	-4.33
1976	96.89	93.76	3.14
1977	64.80	70.27	-5.47
1978	60.30	63.11	-2.81
1979	74.40	72.83	1.57
1980	65.00	63.39	1.60
1981	66.00	67.15	-1.15
1982	70.00	76.57	-6.57
1983	78.90	82.49	-3.59
1984	56.40	56.75	-0.35

Tab.I.11: KORRELATIONSMATRIX REGRESSION - JAHRESANALYSE
 Einflußgrößen: AUSGEWÄHLTE KLIMAGRÖSSEN (PHÄNOLOGISCHE PHASEN)
 Zielgröße: MITTL. MOSTGEWICHT (°Oe) RIESLING
 WEINBAUGEBIETE MOSEL-NAHE-PFALZ-RHEINGAU (1975-84)

	1	2	3	4	5	6	7
1 BLÜTE	1.00	<u>-0.52</u>	<u>-0.72</u>	0.09	<u>-0.42</u>	<u>0.50</u>	<u>0.61</u>
2 STR3		1.00	<u>0.44</u>	0.29	<u>0.46</u>	<u>-0.75</u>	-0.13
3 STR6			1.00	-0.13	<u>0.57</u>	<u>-0.45</u>	-0.29
4 TMX4				1.00	0.21	-0.03	<u>0.42</u>
5 TMX6					1.00	<u>-0.48</u>	0.06
6 RR3						1.00	0.24
7 RR5							1.00
	8	9	10	11	12	13	14
1 BLÜTE	-0.40	<u>-0.52</u>	-0.11	<u>-0.60</u>	<u>0.55</u>	<u>0.80</u>	-0.25
2 STR3	-0.18	<u>0.95</u>	<u>0.65</u>	<u>0.65</u>	<u>-0.91</u>	-0.40	-0.32
3 STR6	0.26	<u>0.47</u>	0.14	<u>0.70</u>	<u>-0.49</u>	<u>-0.53</u>	0.10
4 TMX4	0.10	0.28	<u>0.74</u>	0.19	-0.17	0.21	0.05
5 TMX6	0.02	0.38	<u>0.43</u>	0.73	<u>-0.46</u>	-0.18	-0.15
6 RR3	0.15	<u>-0.75</u>	-0.29	<u>-0.46</u>	<u>0.93</u>	<u>0.42</u>	0.24
7 RR5	-0.25	-0.14	0.41	-0.14	0.20	<u>0.91</u>	-0.21
8 RR6	1.00	-0.16	-0.27	-0.09	0.16	-0.36	<u>0.98</u>
9 SDEF3		1.00	<u>0.60</u>	<u>0.60</u>	<u>-0.94</u>	-0.39	-0.28
10 SDEF4			1.00	<u>0.59</u>	<u>-0.48</u>	0.13	-0.39
11 SDEF6				1.00	<u>-0.57</u>	<u>-0.44</u>	-0.31
12 WSBL3					1.00	<u>0.43</u>	0.28
13 WSBL5						1.00	-0.24
14 WSBL6							1.00

Unterstrichene Werte sind signifikant von 0 verschieden ($P > 0.01$)

Tab.I.12: NICHTLINEARE REGRESSION - JAHRESANALYSE

Zielgröße: MITTL. MOSTGEWICHT (°Oe) (RIESLING)

WEINBAUGEBIETE MOSEL - NAHE - PFALZ - RHEINGAU

VERGLEICH BEOBACHTETE UND BERECHNETE WERTE

JAHR	OBERMOSEL (18 Parzellen)			PFALZ (19 Parzellen)		
	MOSTGEWICHT GEM.	BER.	RESIDUEN	MOSTGEWICHT GEM.	BER.	RESIDUEN
1975	83.99	84.89	-0.89	80.99	82.08	-1.08
1976	94.99	92.99	1.99	86.99	91.39	-4.39
1977	65.00	65.14	-0.13	74.00	73.47	0.52
1978	57.01	57.37	-0.36	67.00	66.42	0.58
1979	78.00	76.85	1.14	75.00	76.78	-1.78
1980	58.00	60.14	-2.13	68.00	66.56	1.43
1981	71.00	74.51	-3.50	78.00	72.19	5.80
1982	74.00	73.98	0.01	73.00	74.19	-1.91
1983	79.99	83.58	-3.58	86.99	88.37	-1.38
1984	58.00	57.22	0.77	67.00	66.31	0.68

JAHR	NAHE (16 Parzellen)			RHEINGAU (21 Parzellen)		
	MOSTGEWICHT GEM.	BER.	RESIDUEN	MOSTGEWICHT GEM.	BER.	RESIDUEN
1975	83.99	83.11	0.88	79.99	79.45	0.54
1976	95.99	93.57	2.42	96.89	93.94	2.95
1977	68.00	70.29	-2.29	64.80	70.42	-5.62
1978	63.01	61.67	1.33	60.31	58.75	1.55
1979	80.99	77.25	3.73	74.40	75.89	-1.49
1980	65.01	62.58	2.42	65.00	67.11	-2.10
1981	75.00	68.95	6.05	66.00	69.15	-3.14
1982	69.00	68.75	0.25	70.00	69.30	0.69
1983	87.99	81.48	6.50	78.90	82.99	-4.09
1984	59.00	61.55	-2.54	62.00	61.85	0.14

Tab.I.13: VERGLEICH BERECHNETER MOSTGEWICHTE FÜR 5 AUSGEWÄHLTE KLIMASTATIONEN VON 1960 - 1980

Gleichung:

$$Oe = 75.1 - 4.9*(Blüte) + 3.8*TMX4 - 3.5*RR5 - 1.6*SDEF5**2 + 3.0*STR3 + 2.8*TMX6 - 2.2*WSBL6 + 0.95*TMX6**2$$

	RHEINGAU	PFALZ	OBERMOSEL	AHR	FRANKEN
BREITE [°]	49.59	49.21	49.45	50.32	50.12
LÄNGE [°]	7.58	8.11	6.40	7.05	10.05
HÖHE [m/NN]	109	125	265	111	224
MITTEL	72.86	74.87	60.85	62.48	62.87
STDEV	9.09	10.17	13.10	12.25	11.21
MAX	93.17	102.05	91.12	93.69	82.54
MIN	57.94	59.68	35.69	48.64	35.05
5%PERC	59.37	59.79	43.44	49.18	48.29
10%PERC	61.14	62.75	43.98	52.72	49.21
20%PERC	65.73	67.61	52.74	58.13	55.63
25%PERC	67.43	67.87	53.37	59.25	57.94
30%PERC	68.42	68.80	53.79	59.91	59.99
40%PERC	71.38	72.78	59.06	61.47	60.79
60%PERC	73.23	77.13	62.25	74.05	65.91
70%PERC	75.35	77.62	66.48	74.95	68.52
75%PERC	75.62	80.16	68.45	75.18	68.82
80%PERC	75.83	80.23	69.49	75.73	69.28
90%PERC	80.96	82.62	70.61	78.66	71.32
95%PERC	83.40	86.24	74.00	78.96	76.75

RHEINGAU = Station GEISENHEIM
 PFALZ = Station NEUSTADT
 OBERMOSEL = Station TRIER
 AHR = Station AHRWEILER
 FRANKEN = Station BAD KISSINGEN

Tab.I.14: BASISSTATISTIK - STANDORTANALYSEN - STANDORTKONSTANTEN
IN DEN VERSCHIEDENEN ANBAUGEBIETEN

RHEINGAU					FRANKEN				
	MEAN	SDEV	MAX	MIN		MEAN	SDEV	MAX	MIN
HN	7.0	5.41	23.0	0.0	HN	12.1	6.84	25.0	0.0
HR	168.1	47.56	260.0	0.0	HR	188.5	81.93	340.0	0.0
TAL	81.0	0.00	81.0	80.0	TAL	173.8	39.68	198.0	0.0
HT	86.3	50.27	209.0	0.0	HT	57.6	39.35	135.0	0.0
KALT	6.8	4.54	15.0	0.0	KALT	1.2	0.94	3.0	0.0
WIND	1.8	1.15	8.0	0.0	WIND	0.6	0.66	2.0	0.0
WSPV	231.9	43.65	300.0	0.0	WSPV	235.2	49.72	300.0	120.0
PFALZ					NAHE				
	MEAN	SDEV	MAX	MIN		MEAN	SDEV	MAX	MIN
HN	5.8	4.80	15.0	0.0	HN	16.7	5.74	25.0	9.0
HR	131.6	50.55	195.0	0.0	HR	185.7	32.46	240.0	120.0
TAL	135.3	27.06	200.0	106.0	TAL	135.9	28.81	195.0	90.0
HT	23.6	18.91	51.0	1.0	HT	52.8	24.03	95.0	10.0
KALT	2.1	2.73	10.0	0.0	KALT	1.9	1.56	5.0	0.0
WIND	2.1	2.06	6.0	0.0	WIND	3.1	1.99	8.0	1.0
nfK	142.8	36.10	209.0	77.0	nfK	140.5	18.10	187.0	119.0
OBERMOSEL					MITTELMOSEL				
	MEAN	SDEV	MAX	MIN		MEAN	SDEV	MAX	MIN
HN	17.5	9.35	30.0	2.0	HN	21.4	8.02	30.0	9.0
HR	189.1	60.30	280.0	25.0	HR	207.5	40.36	285.0	170.0
TAL	126.7	19.31	160.0	102.0	TAL	87.6	15.31	120.0	67.0
HT	71.9	51.10	165.0	7.0	HT	21.9	7.09	30.0	13.0
KALT	2.3	2.84	9.0	0.0	KALT	1.2	3.16	10.0	0.0
WIND	3.9	2.09	7.0	0.0	WIND	1.7	1.25	4.0	0.0
nfK	188.8	22.80	233.0	159.0	nfK	168.9	26.82	196.0	120.0

- HN : Hangneigung (°)
HR : Hangrichtung (°)
TAL : Höhe des örtlichen Talgrundes über NN (m)
HT : Höhe der Parzelle über dem örtlichen Talgrund [m]
KALT : Kaltluftgefährdung
WIND : Windgefährdung
nfK : Pflanzennutzbares Wasser (0 - 100 cm Bodentiefe)
WSPV : Pflanzennutzbares Wasser (geschätzt) (0 - 100 cm Bodentiefe)

Tab.I.15.a: BASISSTATISTIK - STANDORTVARIABLEN
MEHRJÄHRIGE MITTELWERTE UND EINZELWERTE
(Jahre*Standorte)
RHEINGAU UND FRANKEN

RHEINGAU (1965 - 80)

	Mittelwerte (10 Jahre)				Einzelwerte			
	MEAN	SDEV	MAX	MIN	MEAN	SDEV	MAX	MIN
OE	72.7	5.03	83.0	61.0	72.9	12.75	115.0	38.0
TMINPRE	12.6	0.22	13.1	12.2	12.7	1.12	15.1	10.3
TMINPLE	8.1	0.19	8.3	7.7	8.1	1.85	11.1	3.7
TTPRE	18.5	0.41	19.4	17.5	18.5	1.71	22.4	14.5
TTPLE	13.7	0.44	14.6	12.8	13.7	2.05	17.6	9.2
TSUPBL	85.9	7.34	99.6	68.3	85.9	12.39	119.2	52.7
TSUPLE	66.9	5.86	77.1	54.1	67.2	10.27	95.6	38.9
ETABL	2.1	0.05	2.2	2.0	2.1	0.21	2.5	1.7
ETARE	3.1	0.10	3.3	2.9	3.2	0.54	4.4	2.3
ETALE	1.5	0.12	1.7	1.2	1.5	0.30	2.3	0.7
WSBLRE	-1.0	0.10	-0.8	-1.2	-1.1	1.13	1.5	-3.2
STRARE	1.2	0.04	1.3	1.1	1.2	0.23	1.7	0.9
STRALE	0.6	0.06	0.7	0.5	0.6	0.17	1.0	0.2

FRANKEN (1970 - 79)

	Mittelwerte (10 Jahre)				Einzelwerte			
	MEAN	SDEV	MAX	MIN	MEAN	SDEV	MAX	MIN
OE	75.8	3.26	86.0	69.0	76.2	10.33	113.0	50.0
ETABL	2.1	0.08	2.1	1.8	2.1	0.23	2.5	1.6
ETALE	1.6	0.16	1.9	1.2	1.6	0.34	2.4	0.9
WSBLGES	-0.7	0.14	-0.4	-0.9	-0.7	0.81	1.1	-2.1
STRABL	1.2	0.05	1.3	1.1	1.2	0.17	1.5	0.9
STRARE	1.2	0.06	1.3	1.1	1.2	0.23	1.8	0.9
STRALE	0.6	0.08	0.8	0.4	0.7	0.19	1.1	0.2
STRACBL	1.1	0.06	1.2	0.9	1.1	0.15	1.5	0.9
STRACLE	0.6	0.08	0.7	0.4	0.6	0.18	1.0	0.1

- OE : Mostgewicht [$^{\circ}\text{Oe}$]
 ETA : Mittlere aktuelle Verdunstung [mm/Tag]
 WSBL : Mittlere klimatische Wasserbilanz [mm/Tag]
 TMINP : Mittlere Minimumtemperatur [$^{\circ}\text{C}$]
 TTP : Mittlere Tagestemperatur (SA-SU) [$^{\circ}\text{C}$]
 TSUP : Mittlere Temperatursumme in Gradstunden (SA₂SU)
 STRA : Mittlere direkte Sonneneinstrahlung [kJ/(cm²*Tag)]
 STRAC : Mittl. Reduz. direkte Sonneneinstrahlung [kJ/(cm²*Tag)]

Die Buchstaben Bl, RE, LE und GES an den Variablen kennzeichnen die phänologischen Phasen bzw. die gesamte Vegetationszeit.

Tab.I.15.b: BASISSTATISTIK - STANDORTVARIABLEN
 MEHRJÄHRIGE MITTELWERTE UND EINZELWERTE
 (Jahre*Standorte)
 PFALZ - NAHE - OBERMOSEL - MITTELMOSEL

PFALZ (1975 - 1980)

	Mittelwerte (6 Jahre)				Einzelwerte			
	MEAN	SDEV	MAX	MIN	MEAN	SDEV	MAX	MIN
OE	76.0	4.10	82.0	71.0	74.7	9.71	93.0	55.0
WSBLBL	-0.3	0.04	-0.2	-0.4	-0.3	1.43	2.8	-1.8
WHAUS ₁	46.9	44.24	119.5	-25.2	-	-	-	-
STRARE	1.2	0.03	1.3	1.2	1.2	0.24	1.7	0.9
STRACRE	1.2	0.02	1.2	1.1	1.2	0.23	1.7	0.9

NAHE (1975 - 1980)

	Mittelwerte (6 Jahre)				Einzelwerte			
	MEAN	SDEV	MAX	MIN	MEAN	SDEV	MAX	MIN
OE	-	-	-	-	74.8	13.46	106.0	44.0
STRACBL	-	-	-	-	1.2	0.18	1.5	0.9
STRACRE	-	-	-	-	1.1	0.21	1.6	0.9
STRACLE	-	-	-	-	0.6	0.19	0.9	0.3

OBERMOSEL (1975 - 1980)

	Mittelwerte (6 Jahre)				Einzelwerte			
	MEAN	SDEV	MAX	MIN	MEAN	SDEV	MAX	MIN
OE	73.4	5.65	88.0	67.0	72.1	16.56	109.0	42.0
ETALE	1.6	0.15	1.8	1.4	1.6	0.46	2.6	0.9
WSBLRE	-0.8	0.12	-0.6	-0.9	-0.8	1.81	1.9	-3.8
WSBLGES	-0.3	0.11	-0.1	-0.4	-0.3	1.21	1.5	-2.4
STRACLE	0.6	0.07	0.7	0.5	0.6	0.19	1.0	0.3

MITTELMOSEL (1975 - 1980)

	Mittelwerte (6 Jahre)				Einzelwerte			
	MEAN	SDEV	MAX	MIN	MEAN	SDEV	MAX	MIN
OE	-	-	-	-	74.9	12.57	105.0	47.0
STRACLE	-	-	-	-	0.5	0.21	1.0	0.1

- = In diesen Bereichen wurden keine Mittelwertanalysen durchgeführt

- Oe : Mostgewicht [°Oe]
- ETA : Mittlere aktuelle Verdunstung [mm/Tag]
- WSBL : Mittlere klimatische Wasserbilanz [mm]
- WHAUS₁ : Wasserbilanz (pflanzennutzbarer Bodenwassergehalt (nfK)
 - klimatische Wasserbilanz (WSBL)) [mm]
- STRA : Mittlere direkte Sonneneinstrahlung [kJ/(cm²*Tag)]
- STRAC : Mittl. reduz. direkte Sonneneinstrahlung [kJ/(cm²*Tag)]

Die Buchstaben BL, RE, LE und GES an den Variablen kennzeichnen die phänologischen Phasen bzw. die gesamte Vegetationszeit

Tab.I.16: KORRELATIONSMATRIX EINFLUSSGRÖSSEN NICHTLINEARE REGRESSION - GESAMTANALYSE (Jahre * Standorte) RIESLING RHEINGAU (1965 - 1980)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1 OE	0.00	0.40	0.61	0.66	0.57	0.67	0.65	-0.51	-0.53
2 TTPBL		0.00	-0.00	0.42	0.69	0.25	0.54	0.00	-0.06
3 TTPRE			0.00	0.61	0.31	0.84	0.57	-0.71	-0.59
4 TTPLE				0.00	0.51	0.60	0.62	-0.48	-0.17
5 TSUPBL					0.00	0.59	0.69	-0.32	-0.20
6 TSUPRE						0.00	0.80	-0.47	-0.58
7 TSUPLE							0.00	-0.38	-0.38
8 WSBLBL								0.00	0.39
9 WSBLRE									0.00

	10	11	12	13	14	15
1 OE	0.59	0.69	0.77	0.37	0.68	0.71
2 TTPBL	0.59	0.03	0.24	-0.00	0.33	0.06
3 TTPRE	0.33	0.88	0.74	0.49	0.65	0.89
4 TTPLE	0.52	0.58	0.76	0.36	0.63	0.60
5 TSUPBL	0.66	0.25	0.44	0.10	0.40	0.30
6 TSUPRE	0.28	0.78	0.68	0.44	0.62	0.85
7 TSUPLE	0.39	0.56	0.70	0.30	0.77	0.60
8 WSBLBL	-0.53	-0.66	-0.66	-0.30	-0.54	-0.60
9 WSBLRE	-0.38	-0.80	-0.60	-0.38	-0.58	-0.76
10 ETABL	0.00	0.43	0.62	0.18	0.55	0.39
11 ETARE		0.00	0.86	0.54	0.78	0.98
12 ETALE			0.00	0.45	0.91	0.83
13 STRARE				0.00	0.41	0.55
14 STRALE					0.00	0.76
15 STRACRE						0.00

OE : Mostgewicht
TTP : Mittlere Tagestemperatur
TSUP : Mittlere Temperatursumme in Gradstunden (SA -SU)
WSBL : Mittlere klimatische Wasserbilanz
ETA : Aktuelle Evapotranspiration
STRA : Mittlere direkte Sonneneinstrahlung
STRAC : Mittlere reduzierte direkte Sonneneinstrahlung

Die Buchstaben BL, RE und LE an den Variablen kennzeichnen die phänologischen Phasen.

Tab.I.17: KORRELATIONSMATRIX EINFLUSSGRÖSSEN REGRESSION
 STANDORTANALYSE (Mittelwerte)
 RHEINGAU (1965 - 80)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1 HT	1.00	<u>-0.66</u>	<u>0.66</u>	<u>0.49</u>	<u>-0.63</u>	<u>-0.51</u>	<u>-0.75</u>	<u>0.38</u>	<u>0.38</u>
2 KALT		1.00	<u>-0.62</u>	<u>-0.59</u>	0.04	0.00	0.26	<u>-0.42</u>	<u>-0.36</u>
3 TMINRE			1.00	<u>0.89</u>	-0.09	0.03	<u>-0.35</u>	<u>0.24</u>	<u>0.29</u>
4 TMINLE				1.00	0.10	0.29	<u>-0.12</u>	<u>0.34</u>	<u>0.43</u>
5 TTPRE					1.00	<u>0.93</u>	<u>0.94</u>	<u>0.05</u>	<u>0.07</u>
6 TTPLE						1.00	<u>0.90</u>	0.20	<u>0.29</u>
7 TSUPLE							1.00	0.07	<u>0.12</u>
8 ETABL								1.00	<u>0.91</u>
9 ETALE									1.00

Unterstrichene Werte sind signifikant von 0 verschieden ($P > 0.01$)

HT : Höhe über Talgrund
 KALT : Kaltluftgefährdung (Kartierung 0 - 20)
 TMIN : Mittlere Minimumtemperatur
 TTP : Mittlere Tagestemperatur (SA - SU)
 TSUP : Mittlere Temperatursumme (SA - SU)
 ETA : Aktuelle Evapotranspiration

Die Buchstaben BL, RE und Le an den Variablen kennzeichnen die phänologischen Phasen.

Tab.I.18: KORRELATIONSMATRIX EINFLUSSGRÖSSEN REGRESSION
 STANDORTANALYSE (Mittelwerte) STEILLAGEN (> 15 GRAD)
 RHEINGAU (1965 - 74)

	1	2	3	4	5	6
1 HT	1.00	0.01	<u>0.88</u>	<u>-0.74</u>	0.15	<u>0.98</u>
2 WSPV		1.00	<u>-0.05</u>	<u>-0.39</u>	-0.47	<u>-0.06</u>
3 TMINRE			1.00	<u>-0.51</u>	0.09	<u>0.94</u>
4 TSUPLE				1.00	0.38	<u>-0.61</u>
5 ETARE					1.00	<u>0.22</u>
6 HT*TSUP						1.00

Unterstrichene Werte sind signifikant von 0 verschieden ($P > 0.01$)

HT : Höhe über Talgrund
 WSPV : Pflanzenverfügbares Bodenwasser (geschätzt)
 TMIN : Mittlere Minimumtemperatur
 TSUP : Mittlere Temperatursumme (SA - SU)
 ETA : Aktuelle Evapotranspiration

Tab.I.19: KORRELATIONSMATRIX EINFLUSSGRÖSSEN REGRESSION
STANDORTANALYSE (MITTELWERTE)
PFALZ (1975 - 80)

	1	2	3	4	5	6	7	8
1 HT	1.00	-0.25	-0.18	<u>-0.57</u>	<u>0.68</u>	<u>-0.63</u>	<u>0.50</u>	-0.31
2 KALT		1.00	0.13	<u>0.17</u>	<u>0.00</u>	<u>0.13</u>	<u>-0.00</u>	0.29
3 WIND			1.00	0.31	-0.21	0.29	-0.08	0.10
4 nfK				1.00	<u>-0.57</u>	<u>0.97</u>	<u>-0.52</u>	0.24
5 ETALE					1.00	<u>-0.75</u>	<u>0.95</u>	0.34
6 WHAUS ₁						1.00	<u>-0.71</u>	0.07
7 STRARÉ							1.00	<u>0.45</u>
8 STRACRE								1.00

Unterstrichene Werte sind signifikant von 0 verschieden ($P > 0.01$)

Tab.I.20: KORRELATIONSMATRIX DER EINFLUSSGRÖSSEN
REGRESSION STANDORTANALYSE (MITTELWERTE)
OBERMOSEL (1975 - 80)

	1	2	3	4	5	6	7	8
1 HT	1.00	<u>-0.43</u>	0.30	<u>0.60</u>	-0.05	0.18	-0.09	0.41
2 KALT		1.00	<u>-0.42</u>	<u>-0.33</u>	0.31	-0.41	-0.34	-0.03
3 WIND			1.00	0.28	-0.16	-0.08	-0.13	0.20
4 nfK				1.00	-0.00	0.09	-0.08	<u>0.77</u>
5 WSBLBL					1.00	<u>-0.77</u>	<u>-0.76</u>	<u>0.59</u>
6 ETALE						1.00	<u>0.96</u>	<u>-0.53</u>
7 STRACLE							1.00	<u>-0.64</u>
8 WHAUS ₁								1.00

Unterstrichene Werte sind signifikant von 0 verschieden ($P > 0.01$)

- HT : Höhe der Parzelle über dem örtlichen Talgrund
 KALT : Kaltluftgefährdung (0 - 20)
 WIND : Windgefährdung (0 - 10)
 nfK : Pflanzenverfügbares Bodenwasser
 WSBL : Mittlere klimatische Wasserbilanz
 ETA : Mittlere aktuelle Verdunstung
 WHAUS₁ : Wasserbilanz (pflanzennutzbares Bodenwasser + mittl. klimatische Wasserbilanz)
 STRA : Mittlere direkte Sonneneinstrahlung
 STRAC : Mittlere reduzierte direkte Sonneneinstrahlung

Die Buchstaben BL, RE und LE an den Variablen kennzeichnen die phänologische Phase.

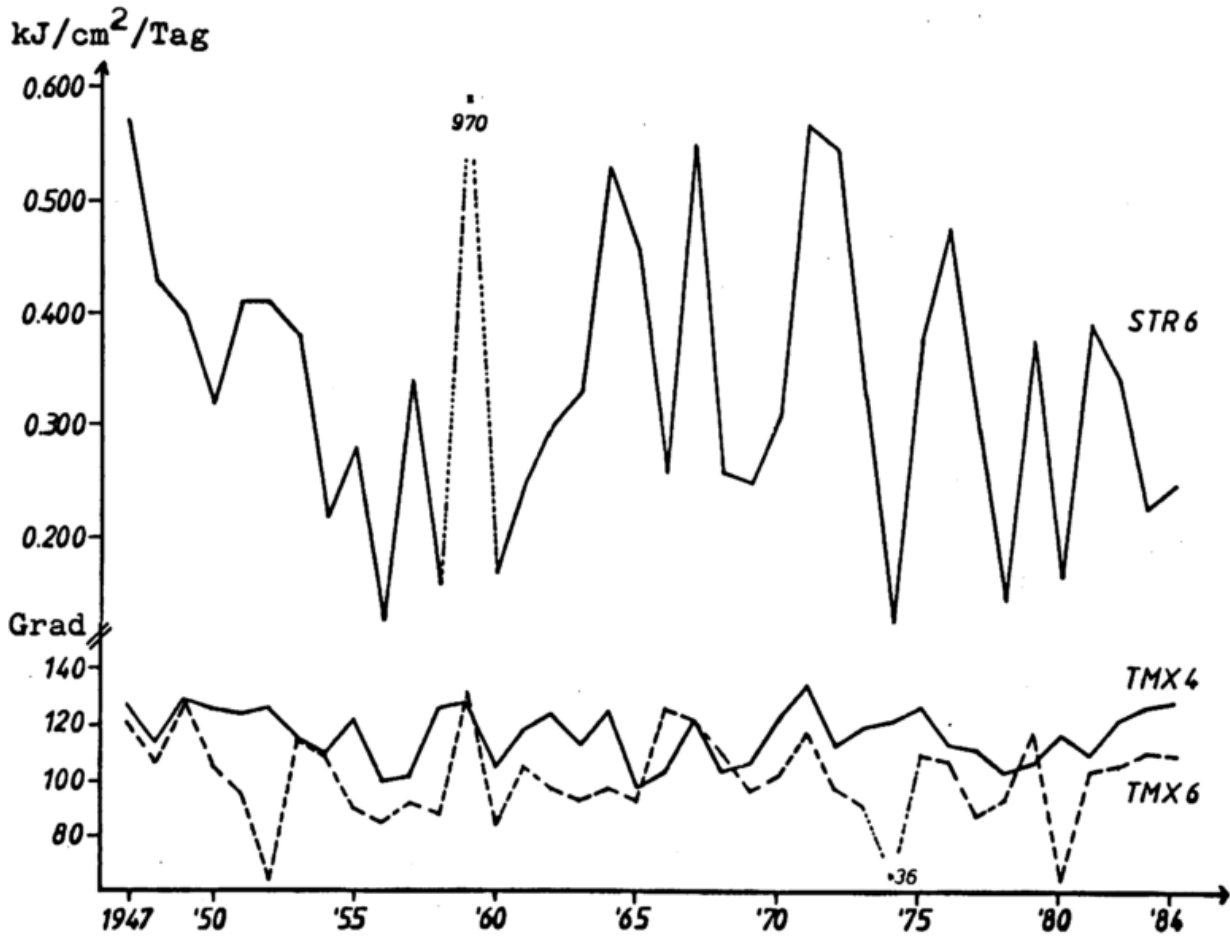


Abb.II.1: JAHRESSCHWANKUNGEN DER MITTL. DIREKTEN SONNENEINSTRahlung (STR) IN DER PHASE 6 UND DER MITTL. GEWICHTETEN MAXIMUMTEMPERATUR (TMX) IN DEN PHASEN 4 UND 6 RHEINGAU (1947 - 1984)

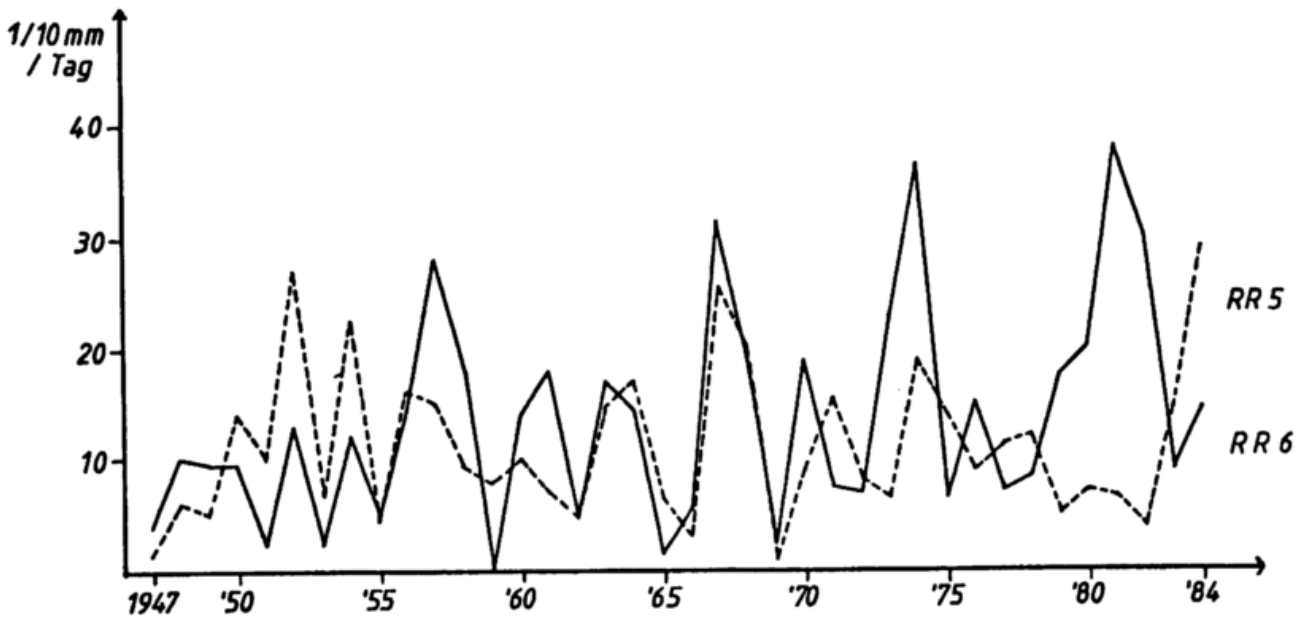


Abb.II.2: JAHRESSCHWANKUNGEN DES MITTLEREN NIEDERSCHLAGES (RR) IN DEN PHASEN 5 UND 6 RHEINGAU (1947 - 1984)

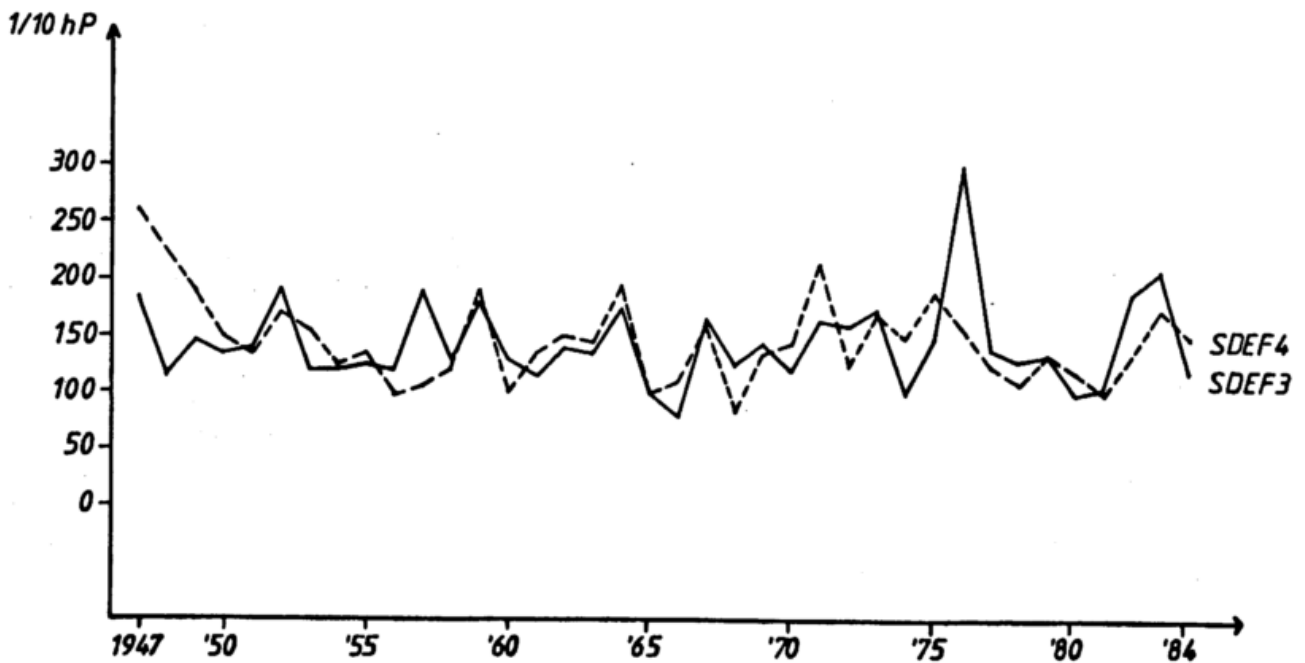


Abb.II.3: JAHRESSCHWANKUNGEN DES MITTLEREN SÄTTIGUNGSDEFIZITES (SDEF) IN DEN PHASEN 3 UND 4 RHEINGAU (1947 - 1984)

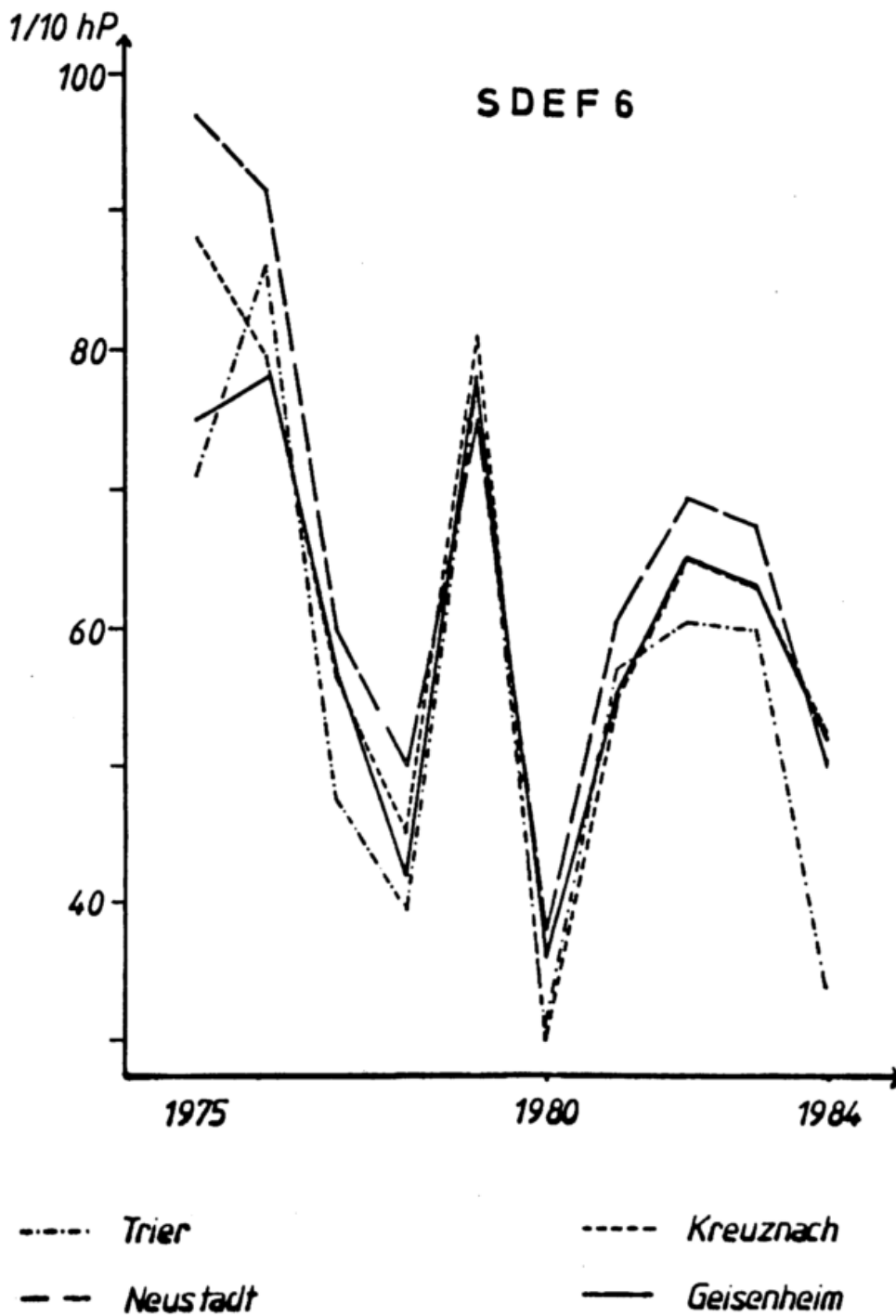


Abb. II.4: VERGLEICH DER JAHRESSCHWANKUNG DES SÄTTIGUNGSDEFIZITES (SDEF) IN DER PHASE 6 IN DEN ANBAUGEBIETEN OBERMOSEL (TRIER), PFALZ (NEUSTADT), NAHE (BAD KREUZNACH), RHEINGAU (GEISENHEIM) (1975-84)

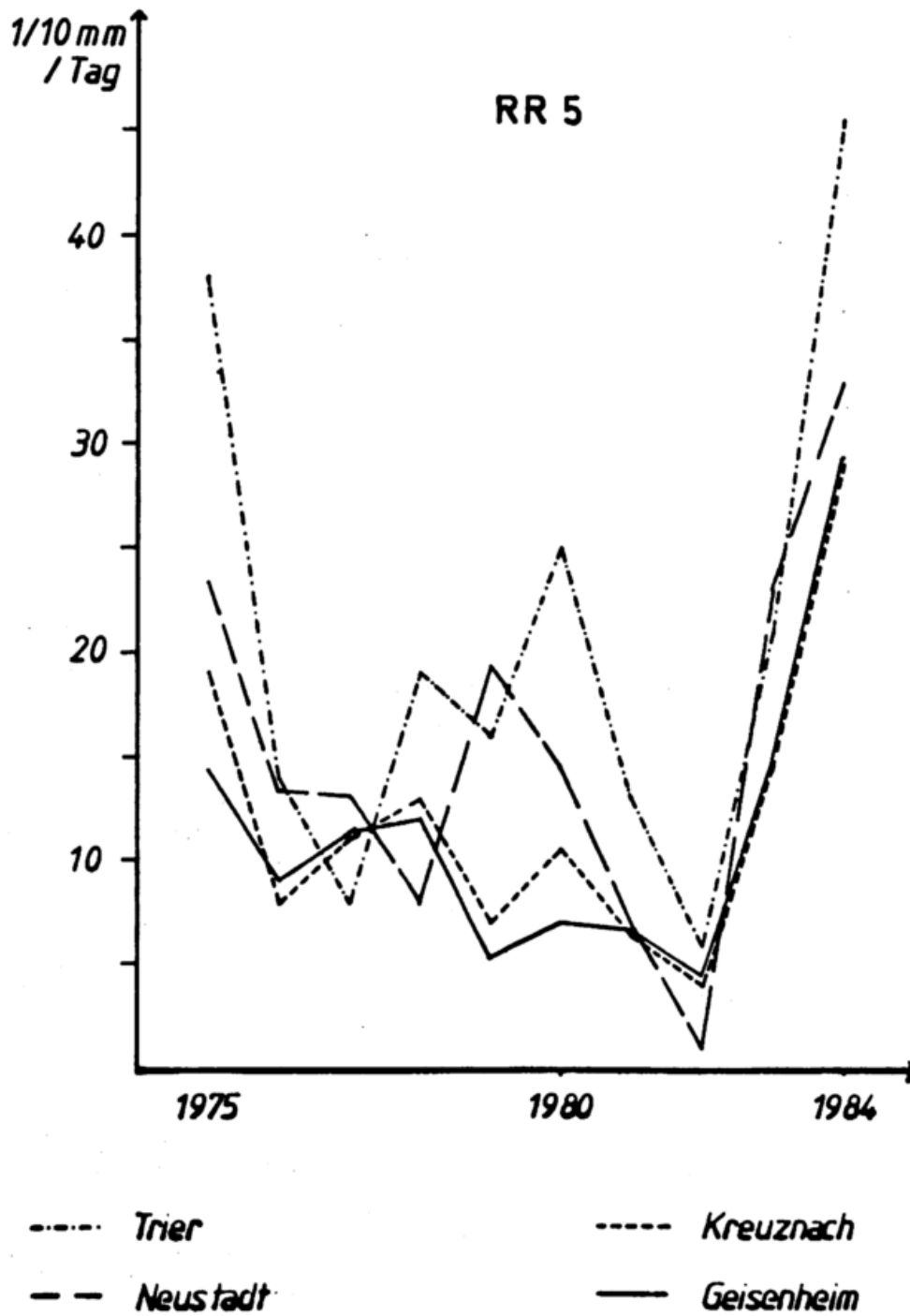


Abb.II.5: VERGLEICH DER JAHRESSCHWANKUNG DES NIEDERSCHLAGES (RR) IN DER PHASE 5 IN DEN ANBAUGEBIETEN OBERMOSEL (TRIER), PFALZ (NEUSTADT), NAHE (BAD KREUZNACH), RHEINGAU (GEISENHEIM) (1975 - 1984)

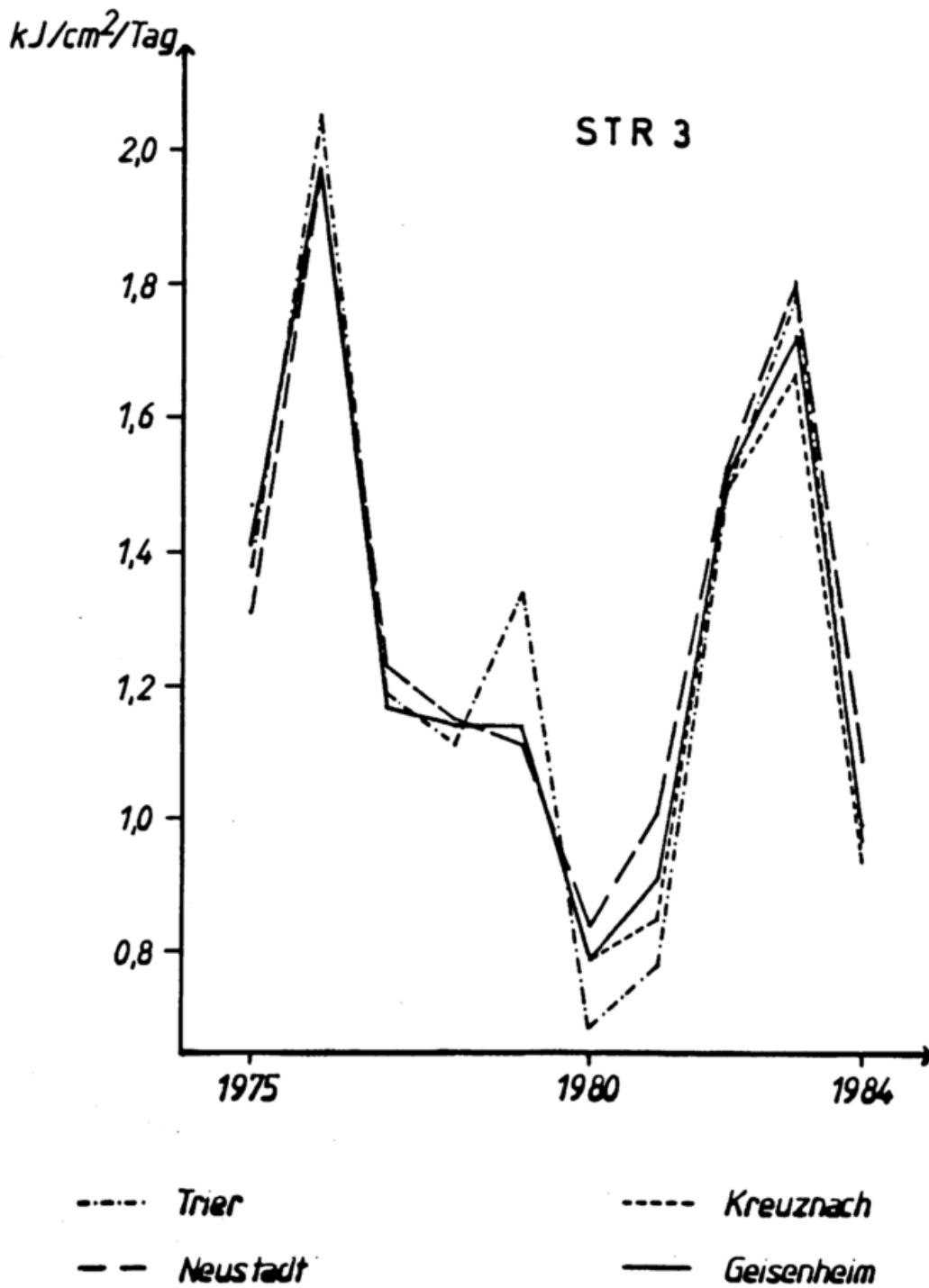


Abb.II.6: VERGLEICH DER JAHRESSCHWANKUNG DER STRAHLUNG (STR) IN DER PHASE 3 IN DEN ANBAUGEBIETEN OBERMOSEL (TRIER), PFALZ (NEUSTADT), NAHE (BAD KREUZNACH), RHEINGAU (GEISENHEIM) (1975 - 1984)

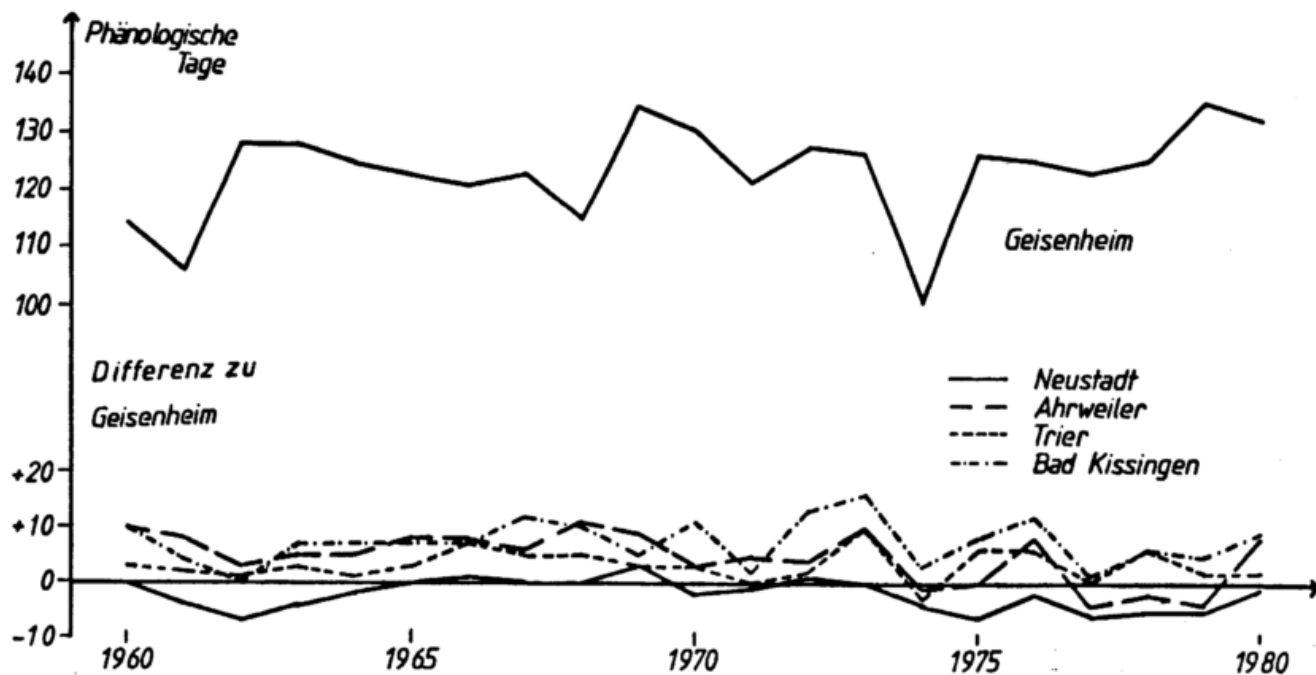


Abb. II.7: VERGLEICH DER JAHRESSCHWANKUNGEN DES AUSTRIEBES RIESLING FÜR 5 BEREICHE (ABGELEITET AUS DER VOLLBLÜTE BOSKOOP) GEISENHEIM, NEUSTADT, TRIER, AHRWEILER, BAD KISSINGEN (1960-80)

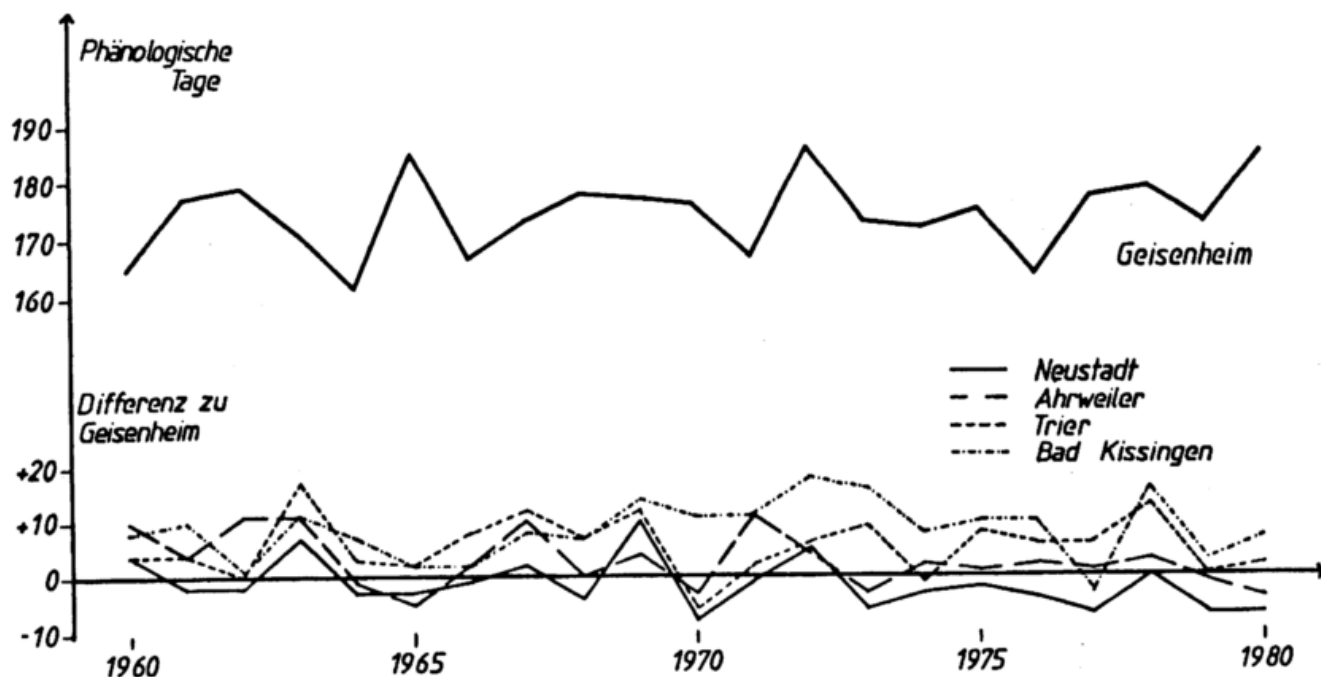


Abb. II.8: VERGLEICH DER JAHRESSCHWANKUNGEN DES BLÜHTERMINES RIESLING FÜR 5 BEREICHE (NACH RECHENVERFAHREN ZUR BERECHNUNG DER VOLLBLÜTE IM RHEINGAU) GEISENHEIM, NEUSTADT, TRIER, AHRWEILER, BAD KISSINGEN (1960-1980)

