

# Die direkte Sonneneinstrahlung

## 1. Einführung

Auch heute ist es nur im begrenzten Umfang möglich, die klimatischen Standortgrößen, die die Qualität der Trauben beeinflussen, flächendeckend darzustellen. Insbesondere ist es nur mit sehr hohem messtechnischem oder rechnerischem Aufwand möglich, die für die Qualitätsbildung wesentlichen Tages- und Jahresgänge der Temperatur in Abhängigkeit von der Geländeform zu beschreiben. Daher war man mit Beginn der klimatischen Standortbewertung darum bemüht, den an der Nordgrenze des Weinbaus für das Wachstum der Reben so wesentlichen Wärmehaushalt mit leicht erfassbaren Größen zu bestimmen. Bereits in der ersten Standortkartierung der hessischen Weinbaugebiete (ZAKOSEK et al. 1967) wird die astronomisch maximal mögliche Strahlungsmenge über die gesamte Vegetationszeit von April bis Oktober kartenmäßig in Abhängigkeit von Exposition und Neigung dargestellt. Diese Verfahrensweise kann damit begründet werden, dass die Temperatur an einem Standort von der Menge der auf den Erdboden auftreffenden Sonnenstrahlen be-

einflusst wird. Der Boden oder die Vegetationsdecke bilden die Umsatzfläche für die Sonneneinstrahlung und können die so zugeführte Wärme an die darüber liegende Luft- und Pflanzenschicht weitergeben. Standorte, die in einem günstigen Winkel zur Sonneneinstrahlung stehen, heizen sich somit schneller auf als ungünstig gelegene Standorte.

Die direkte Sonneneinstrahlung wird aber nicht nur von astronomischen Kenngrößen bestimmt. Die stündliche prozentuale Sonnenscheindauer, die Trübung der Atmosphäre und die Horizontabschirmung beeinflussen ebenfalls das Energieangebot, das den Standorten durch die Sonneneinstrahlung zufließt. Das so genannte Offenbacher Bewertungsverfahren (BRANDTNER 1973) schließt diese Einflüsse in die Berechnung der Strahlung mit ein. Langjährige Messwerte der Lufttrübung und der Sonnenscheindauer (1951–1980) in den verschiedenen Regionen des Bundesgebietes führen zu weiteren Verbesserungen in der Strahlungsberechnung.

## 2. Das Modell zur Berechnung der direkten Sonneneinstrahlung

### 2.1 Theoretische Grundlagen

Nur die Strahlungsbilanz ( $Q$ ) eines Standortes liefert einen exakten Hinweis auf die Wärmegunst eines Standortes (Gleichung 1). Sie ist die Gesamtsumme aller kurz- und langwelligen Strahlungsflüsse am Boden. Positive Werte kennzeichnen Strahlungsgewinne, negative Werte

Strahlungsverluste. Messungen bzw. Berechnungen sind nur für wenige Standorte möglich, da bei der Gesamtbilanz auch die Bodenverhältnisse und der Bewuchs berücksichtigt werden müssen. Deshalb wird zur Berechnung der Wärmegunst eines Standortes allein die direkte Sonnen-

---

\*Dr. D. Hoppmann, Deutscher Wetterdienst, Geschäftsfeld Landwirtschaft, Kreuzweg 25, D-65366 Geisenheim (e-mail: dieter.hoppmann@web.de).

einstrahlung verwendet, weil diese sich unabhängig von den Verhältnissen des Untergrundes für jeden Standort in Abhängigkeit von Hangrichtung und -neigung ermitteln lässt.

Die Voraussetzung für diese Vorgehensweise ist, dass sich über längere Zeiträume in unseren Breiten die Werte der Energieaufnahme durch die diffuse Himmelsstrahlung (D) und Gegenstrahlung der Atmosphäre (G) mit denen der durch Reflexstrahlung ( $R_k$ ) und Ausstrahlung (A) bedingten Energieabgabe weitgehend decken. Infolgedessen hebt sich aus der Strahlungsbilanzgleichung

$$Q = I + D + G - R_k - A \quad (1)$$

nur die direkte Sonneneinstrahlung (I) als standortdifferenzierender Faktor heraus. Für längerfristige Betrachtungen über eine gesamte Vegetationsperiode ist diese Vorgehensweise berechtigt (HOPPMANN 1978). So wird das der jeweiligen Flächenexposition entsprechende Energieangebot aus der direkten Sonneneinstrahlung in  $\text{Joule}/\text{cm}^2$  für jede einzelne Stunde eines jeden Tages der Vegetationsperiode (1. April bis 31. Oktober) in Abhängigkeit von der mittleren prozentualen stündlichen Sonnenscheindauer berechnet. Dieses Verfahren lässt die lagebedingten Unterschiede in den einzelnen Tages- und Jahreszeiten deutlich hervortreten und gibt die Möglichkeit, die tageszeitliche Verteilung der Bewölkung zu berücksichtigen, die die Standorte klimatisch weiter differenziert. Bewölkung und Sonnenscheindauer sind eng miteinander korreliert.

Die Grundlage zur Berechnung der direkten Sonneneinstrahlung (I) bildet folgende Gleichung:

$$I = I_o \times \exp(-a_m T_m) \times \sin \beta \quad (2)$$

wobei (I) die maximal mögliche Sonneneinstrahlung ohne Berücksichtigung der Bewölkung nach dem Passieren der Lufthülle, ( $I_o$ ) die Strahlungsintensität der Sonnenstrahlung an der Obergrenze der Atmosphäre (Solarkonstante), ( $a_m$ ) der Transmissionskoeffizient der Atmosphäre (in Abhängigkeit von der Schichtdicke der Atmosphäre  $m$ ), ( $T_m$ ) der Trübungsfaktor der Atmosphäre und ( $\beta$ ) der Winkel zwischen den Sonnenstrahlen und der Bezugsfläche bedeuten. Der Winkel ( $\beta$ ) ist über eine trigonometrische Beziehung von der geographischen Breite ( $\phi$ ), der Sonnendeklination ( $\delta$ ), dem Stundenwinkel (T), der Hangrichtung ( $\alpha$ ) und der Hangneigung ( $\nu$ ) wie folgt abhängig:

$$\sin \beta = (\sin \phi \times \cos \nu - \cos \phi \times \sin \nu \times \cos \alpha) \times (\sin \delta + (\cos \phi \times \cos \nu + \sin \phi \times \sin \nu \times \cos \alpha) \times \cos \delta \times \cos T + \sin \nu \times \sin \alpha \times \cos \delta \times \sin T) \quad (3)$$

Die tatsächliche Sonneneinstrahlung (STRA) unter Berücksichtigung der Bewölkung wird wie folgt berechnet:

$$\text{STRA} = I \times (SS / SS_{\max}) \quad (4)$$

Darin bedeuten SS die tatsächliche Sonnenscheindauer und  $SS_{\max}$  die maximal mögliche Sonnenscheindauer.

## 2.2 Berechnungen zur direkten Sonneneinstrahlung mit unterschiedlichen Trübungsfaktoren und der Einfluss von Hangneigung und Exposition

Im ursprünglichen Modell zur Berechnung der direkten Sonneneinstrahlung (BRANDTNER 1973) wird der Faktor der atmosphärischen Trübung ( $T_m$ ) konstant mit dem Wert 3.0 über die ge-

samte Vegetationszeit angenommen. Diese Berechnung bildet zurzeit noch die Grundlage für die geländeklimatische Bewertung von Weinbergslagen nach dem Weinwirtschaftsgesetz.

**Tab. 1.** Mittlere monatliche Trübungsfaktoren  $T_m$  (Met. Observatorium Hamburg)

	Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
$T_m$	3,7	4,1	4,6	5,0	5,1	6,0	6,2	5,8	5,5	4,2	3,7	3,6

Langjährige Messungen des Trübungsfaktors durch das Meteorologische Observatorium Hamburg führen aber zu den monatlichen Mittelwerten in Tab. 1.

Der Trübungsfaktor ist ein Maß für die gesamte Schwächung der direkten Sonneneinstrahlung beim Durchlaufen der Atmosphäre, da er die Extinktion durch alle Luftbeimengungen, also Aerosolpartikel und Spurengase, einschließlich Was-

serdampf erfasst (KASTEN 1984: 28 f.). In der nachfolgenden Betrachtung werden Berechnungen mit den bisher verwendeten und den neuen oben angegebenen Trübungsfaktoren gegenübergestellt.

An der Station Geisenheim wurde bei 50° geographischer Breite für die acht Haupthimmelsrichtungen N, NE, E, SE, S, SW, W und NW mit jeweils vier Hangneigungen 5, 10, 15, 20 und 25

**Tab. 2.** Vergleich des Energiegewinns aus der direkten Sonneneinstrahlung ( $\text{kJoule}/\text{cm}^2/\text{Vp}$ ) mit alten und neuen Trübungsfaktoren  $T_m$

Vp : Vegetationsperiode (01.04.–31.10.)

Geisenheim (1951–1980)

	$\text{kJoule}/(\text{cm}^2 \times \text{Vp})$			Hangrichtung		$T_m$ (alt)		
Hangneigung	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
	0°	45°	90°	135°	180°	225°	270°	315°
0°	207	207	207	207	207	207	207	207
5°	196	199	206	214	216	214	207	200
10°	183	189	204	218	224	219	204	190
15°	169	178	200	221	230	223	202	179
20°	154	166	195	223	234	225	197	167
25°	138	152	189	224	238	226	192	154

	$\text{kJoule}/(\text{cm}^2 \times \text{Vp})$			Hangrichtung		$T_m$ (neu)		
Hangneigung	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
	0°	45°	90°	135°	180°	225°	270°	315°
0°	160	160	160	160	160	160	160	160
5°	151	154	160	166	168	166	160	155
10°	141	146	158	169	174	170	158	146
15°	130	137	155	172	179	173	156	138
20°	118	128	151	174	182	175	152	128
25°	105	116	146	175	185	176	148	116

Grad insgesamt 40 Strahlungsberechnungen mit den niedrigen und höheren Trübungs-faktoren durchgeführt (Tab. 2).

Die dabei berücksichtigte mittlere stündliche prozentuale Sonnenscheindauer entstammt der Datenreihe 1951–1980 (Tab. 3). Ziel dieses Vergleiches ist es, den Einfluss der unterschiedlichen Trübungs-faktoren auf die Berechnungen darzustellen, da das für die Weinbergseignung verwendete Strahlungsmodell nach BRANDTNER (1973) von einem konstanten Trübungs-faktor von 3,0 ausgeht.

Aus den Ergebnissen (Tab. 2) lässt sich deutlich erkennen, wie sich die veränderten Trübungs-werte auf die Berechnungen auswirken. Im Mittel liegt das Energieangebot aus der direkten

Sonneneinstrahlung bei höherer Trübung (neue Werte) um 45,5 kJoule/(cm<sup>2</sup> × Vp) niedriger als bei geringerer atmosphärischer Trübung (alte Werte). Die Einzeldifferenzen schwanken zwischen 36 und 52 kJoule/(cm<sup>2</sup> × Vp), wobei sich eine klare Abhängigkeit zur Exposition ergibt. Der Unterschied nimmt beispielsweise zwischen Süd- und Nordhang mit steilerer Hangneigung zu. Da in den Strahlungskarten diese neuen Trübungs-faktoren verwendet werden, sind diese Unterschiede zu berücksichtigen, wenn man die Ergebnisse mit den nach dem Weinwirtschafts-gesetz geforderten Energiezahlen in Beziehung setzt.

Die Tab. 2 vermittelt auch einen Überblick über die Unterschiede im Strahlungshaushalt bei

**Tab. 3.** Mittlere stündlich prozentuale Sonnenscheindauer in Promille [‰]

Geisenheim (1951–1980)

MOZ	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	19-20	20-21
Apr	0	0	17	223	412	488	541	543	553	559	548	525	500	461	351	95	0	0
Mai	0	2	158	420	495	535	566	584	580	565	580	562	538	498	458	333	45	0
Jun	0	5	254	464	538	552	555	558	554	538	550	540	510	496	465	389	119	0
Jul	0	4	186	425	511	548	570	576	567	553	565	569	520	501	469	385	73	0
Aug	0	0	34	276	470	536	581	602	612	602	589	558	535	490	422	199	3	0
Sep	0	0	0	57	278	447	523	564	585	576	575	541	499	448	235	13	0	0
Okt	0	0	0	1	54	177	273	341	397	421	431	435	384	235	20	0	0	0

Wiesbaden (1951–1980)

MOZ	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	19-20	20-21
Apr	0	0	26	215	403	474	507	519	517	510	507	481	456	407	282	53	0	0
Mai	0	10	207	430	487	523	551	561	556	536	529	511	499	478	429	248	25	0
Jun	0	43	307	475	516	540	543	534	520	497	513	504	481	456	431	325	80	0
Jul	0	24	248	433	492	531	547	541	534	522	536	538	496	477	450	306	46	0
Aug	0	1	69	318	466	529	563	566	567	558	546	530	509	463	395	141	4	0
Sep	0	0	2	75	314	468	520	532	542	542	532	509	476	399	167	6	0	0
Okt	0	0	0	2	75	228	306	351	377	416	416	408	337	168	6	0	0	0

Darmstadt (1951–1980)

MOZ	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	19-20	20-21
Apr	0	2	89	322	456	501	532	540	535	549	547	540	496	450	362	137	3	0
Mai	0	47	320	465	523	555	580	584	596	576	565	561	546	509	468	357	90	0
Jun	1	111	386	500	547	563	590	574	571	567	563	546	520	487	460	398	185	3
Jul	0	82	355	473	511	543	577	587	578	583	577	566	552	520	475	396	133	1
Aug	0	7	172	413	498	557	591	609	614	611	602	584	541	508	430	228	18	0
Sep	0	0	12	216	432	524	569	601	605	588	588	572	521	454	277	27	0	0
Okt	0	0	0	28	215	331	377	412	436	454	459	454	408	294	52	0	0	0

MOZ = Mittlere Ortszeit

verschiedenen Hangneigungen und Expositionen. Der Höheneinfluss wird dabei nicht berücksichtigt. Die Verteilung der direkten Sonneneinstrahlung verdeutlicht den starken Einfluss von Hangrichtung und Neigung auf das gesamte Energieangebot in der Vegetationsperiode von April bis Oktober. Ein Nordhang mit 10 Grad Hangnei-

gung weist ein um ca. 33 kJoule/(cm<sup>2</sup> × Vp) geringeres Energieangebot auf als ein entsprechender Südhang. Auf noch steileren Hängen von 25 Grad vergrößern sich die Unterschiede auf ca. 80 kJoule/(cm<sup>2</sup> × Vp). In diesen Beispielen führen die ungünstigen Einfallswinkel der Sonneneinstrahlung zu den Defiziten auf dem Nordhang.

## **2.4 Die stündliche prozentuale Sonnenscheindauer**

Die stündliche prozentuale Sonnenscheindauer, gemessen mit dem Campbell Stokes-Sonnenscheinautografen liegt für einige Klimastationen vor. Aus den stündlichen Werten der Jahre 1951 bis 1980 an den Stationen Geisenheim, Wiesbaden und Darmstadt wurde die mittlere stündliche prozentuale Sonnenscheindauer ermittelt (Tab. 3).

Dabei musste die Station Darmstadt das Weinbaugebiet Bergstraße repräsentieren, da von dort keine Daten vorliegen und Darmstadt das Klima der Bergstraße besser charakterisiert als die anderen zur Verfügung stehenden Stationen Oppenheim, Mannheim, Heidelberg oder Beerfelden. Die Mittelwerte der prozentualen Sonnenscheindauer weichen an den verwendeten Klimastationen nur wenig voneinander ab.

## **2.5 Reduzierung des Energieangebotes durch Horizonteinengung**

Das berechnete Energieangebot ist nur auf Standorte zu beziehen, deren astronomischer und wahrer Horizont übereinstimmen. Da der Horizont vor allem in engen Tälern durch Hindernisse eingeengt wird, kommt es zur Abschirmung der direkten Sonneneinstrahlung zu bestimmten Tageszeiten, vornehmlich morgens und abends. Dabei sind Hindernisse mit geringer Vertikalerstreckung wenig bedeutungsvoll, da sie nur in Zeiten niedrigen Sonnenstandes und damit geringen Energieangebotes wirksam sind. Standorte mit starker Abschattung, z. B. in Tälern, bei hohen Gebäuden oder in der Nähe hoher Vegeta-

tion erfahren aber während Zeiten höheren Sonnenstandes und damit höherer Energiezufuhr eine Minderung der Sonneneinstrahlung. Der Energieverlust lässt sich als prozentualer Anteil für jede Stunde aus einem Sonnenhöhen-/azimut-Nomogramm anhand des darin einzuzeichnenden Horizontverlaufs feststellen und durch Multiplikation mit dem effektiven Energieangebot der betreffenden Stunde quantitativ ausdrücken. Diese möglichen Energieverluste durch Horizonteinengung werden aber in den Strahlungskarten nicht berücksichtigt.

## **2.6 Höhenabhängige Korrektur des Energieangebotes aus der direkten Sonneneinstrahlung**

Die Berechnungen des wahren Energieangebotes aus der direkten Sonneneinstrahlung berück-

sichtigen nicht die Höhenlage eines Standortes. Die für den Weinbau in Frage kommenden Reb-

hänge weisen in der Regel keine höhere Vertikalerstreckung als 200 m auf. Auf dieser relativ geringen Vertikalerstreckung ergeben sich noch keine signifikanten Unterschiede im Strahlungshaushalt. Vielmehr macht sich im Wärmehaushalt eines Weinberges mit Zunahme der Höhe die vertikale Temperaturabnahme bemerkbar, die unabhängig von der Sonneneinstrahlung immer wirksam ist und ausschließlich von der Dichte der Luft und der Abnahme des Luftdruckes mit der Höhe bestimmt wird. So findet der Weinbau im Rheingau bei ca. 280 m ü. NN seine absolute Obergrenze, die allein mit den in der Höhe zunehmend schlechter werdenden thermischen Bedingungen begründet ist. Diese Obergrenzen des Weinbaus verschieben sich mit abnehmender geographischer Breite in immer größere Höhen.

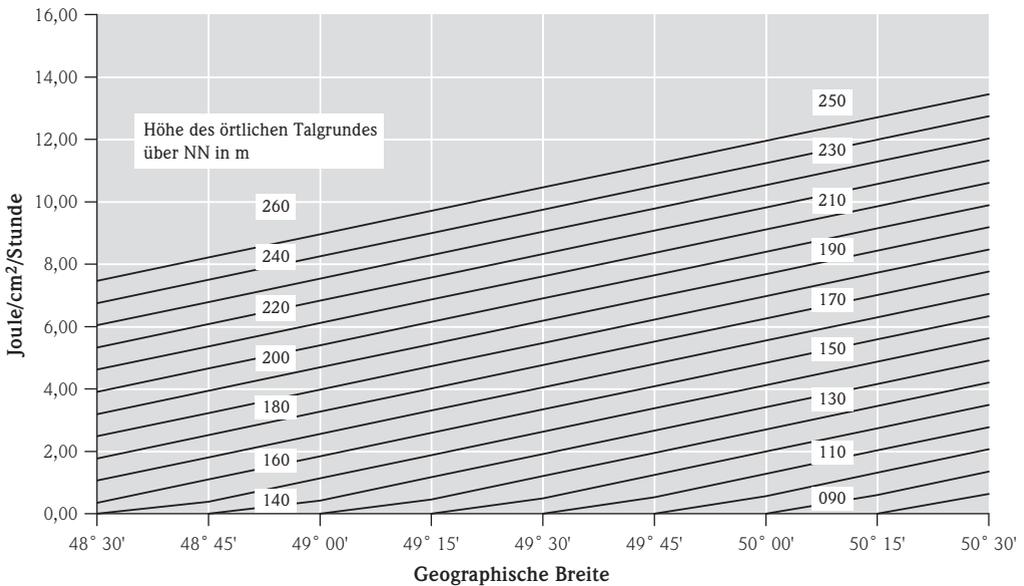
Zur Feststellung der Temperaturverhältnisse geht man bei der Bestimmung des Energiehaushaltes sowohl von der Höhe des örtlichen Talgrundes über einer der geographischen Breite entsprechenden Basishöhe als auch von der Höhe

der Parzelle über dem örtlichen Talgrund aus. Die Temperaturbeziehungen werden in Form von Energiebeträgen ausgedrückt. Die Gradienten pro 10 m werden auf der Grundlage der spezifischen Wärme der Luft  $C_p \approx 1,0 \text{ Joule/g/Grad}$  in Energiewerte umgerechnet, die als  $\phi$ -Korrektur in der Abb. 1 angegeben sind.

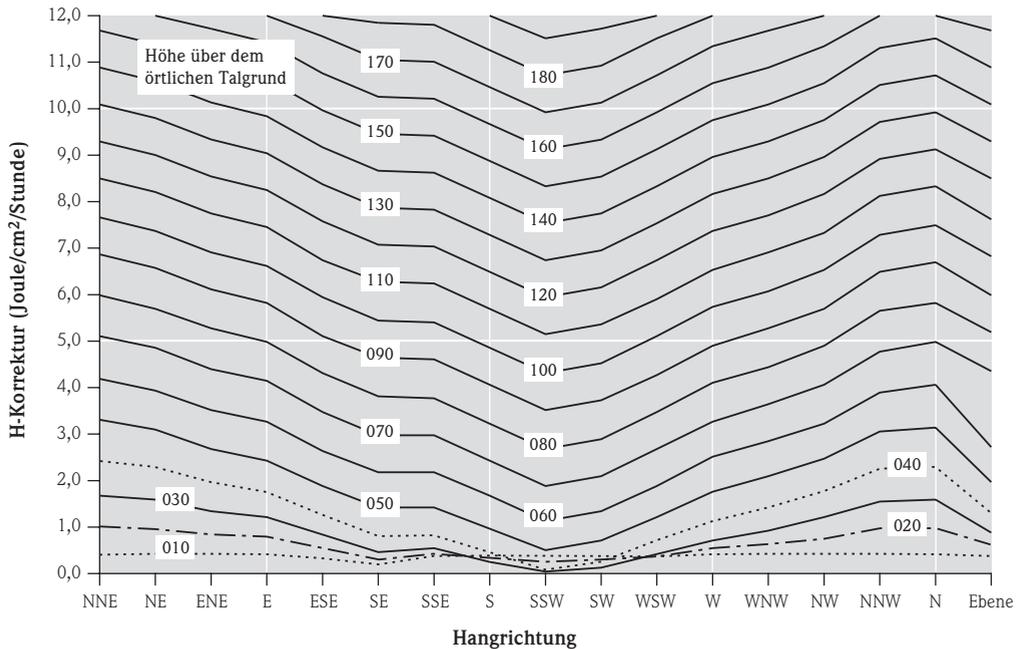
Die Temperaturabnahme mit der Höhe ist zudem von der Hangrichtung abhängig. Um dem Rechnung zu tragen, wird in der Abb. 2 eine H-Korrektur dargestellt, die die Hangrichtung berücksichtigt.

Untersuchungen des Temperaturgradienten an Hängen (BAUMGARTNER 1960, 1961; HOPPMANN 1988) zeigen eine signifikante Abhängigkeit der Temperaturabnahme von der Höhe und der Hangrichtung. Dementsprechend muss die Höhenabhängigkeit der Parzellen, bezogen auf den örtlichen Talgrund, nach Hangrichtungen aufgliedert werden. Energetisch resultieren hieraus die in der Abb. 2 dargestellten Verhältnisse.

Aus der Höhe des örtlichen Talgrundes über der jeweiligen Basishöhe und der Höhe der Par-



**Abb. 1.** Thermische Korrekturwerte in Joule/cm<sup>2</sup>/Stunde für die Höhe des örtlichen Talgrundes.



**Abb. 2.** Thermische Korrekturwerte in  $\text{Joule}/\text{cm}^2/\text{Stunde}$  für die Höhe der Parzelle über dem örtlichen Talgrunde (H-Korrektur).

zelle über dem örtlichen Talgrund ergibt sich eine Gesamtreduktion des Energieangebotes, die als  $\phi$ - und H-Korrektur in die Berechnungen einfließt. Das verbleibende Energieangebot stellt damit näherungsweise das auf die Qualitätsbildung

der Trauben wirksame Energieangebot dar. Die Karten mit dem reduzierten Energieangebot liefern somit erste Hinweise über die Güte einer Lage.

### 3. Die Strahlungskarten I und II für die hessischen Weinbaugebiete

#### 3.1 Farbabstufungen und Erläuterungen zu den Karten

Die Berechnungen des Energiegewinns aus der direkten Sonneneinstrahlung erfolgten mit Hilfe des digitalen Höhenmodells (DHM) in einem Gitterpunktabstand von 20 m, wobei die für die Berechnung erforderliche Geländeneigung und -exposition über ein geografisches Informationssystem (GIS) berechnet wurde. Glättungseffekte sind dadurch unvermeidlich. Terrassen und andere Geländebruchkanten werden nicht berücksichtigt.

Die Berechnungen wurden einmal mit und einmal ohne  $\phi$ - und H-Höhenkorrektur durchgeführt. Die Ergebnisse beider Berechnungen sind in den Karten I (ohne Höhenkorrektur) und II (mit Höhenkorrektur) dargestellt.

Die sieben dargestellten Farbabstufungen klassifizieren die Einzelergebnisse beider Berechnungen in folgende Klassen für das Energieangebot in  $\text{kJoule}/(\text{cm}^2 \times \text{Vp})$  (Tab. 4):

**Tab. 4.** Klasseneinteilung des Energieangebotes aus der direkten Sonneneinstrahlung in  $\text{kJoule}/(\text{cm}^2 \times \text{Vp})$

Klasse	1	2	3	4	5	6	7
Grenzen	<106	106–120	121–135	136–150	151–165	166–180	>180

Die Zusammenhänge sollen an dem Beispiel der Karte II (reduziertes Energieangebot) erläutert werden. Auf den nach SE bis SW geneigten Hängen des Rheingaus erkennt man zunächst die Höhenabhängigkeit des Energieangebotes. Die höher gelegenen Standorte oberhalb 220 m ü. NN liegen in der Wärmegunst mit weniger als  $135 \text{ kJoule}/(\text{cm}^2 \times \text{Vp})$  deutlich unter dem Durchschnitt, wenn nicht eine sehr günstige Neigung das höhenbedingte Defizit ausgleicht. Die günstige Hangexposition verdeutlicht die Strahlungskarte I, die auch in einigen Höhenlagen hohe Energiegewinne (rote Zone) aufweist. In diesem Zusammenhang heben sich die Höhenlagen von Rüdesheim, Hallgarten, Kiedrich

und Rauenthal deutlich hervor. In der Karte des reduzierten Energieangebotes fallen diese Gebiete dagegen in die gelbe oder grüne Zone mit niedrigeren Energiewerten.

Auf der anderen Seite ergeben sich in den talnahen Bereichen mit meist schwach geneigten Hängen bis zu völlig ebenen Flächen durchschnittliche Energiegewinne von 135 bis  $165 \text{ kJoule}/(\text{cm}^2 \times \text{Vp})$ . In diesen Teilbereichen unterscheiden sich die beiden Strahlungskarten nur wenig. Nach oben schließen sich im Hinblick auf den Strahlungsgenuss die besten Standorte an. Diese Standorte weisen eine günstige Hangneigung und Exposition auf.

### **3.2 Energiegewinn aus der direkten Sonneneinstrahlung in $\text{kJoule}/(\text{cm}^2 \times \text{Vp})$ für die hessischen Weinbaugebiete in Abhängigkeit von mittlerer Sonnenscheindauer, Exposition und Hangneigung ohne Berücksichtigung der Höhenlage**

Der höchste Energiegewinn aus der direkten Sonneneinstrahlung wird mit  $190 \text{ kJoule}/(\text{cm}^2 \times \text{Vp})$  am Heppenheimer Schlossberg auf einem Südhang mit  $26^\circ$  Neigung erreicht. Die niedrigsten Energiegewinne werden mit  $77,5 \text{ kJoule}/(\text{cm}^2 \times \text{Vp})$  an einem Nordhang mit  $34^\circ$  Neigung im Bodental zwischen Lorch und Assmannshausen und an einem NNW-Hang mit  $36^\circ$  Neigung östlich von Zell im Bereich Bergstraße berechnet. Die beiden letztgenannten Punkte dienen nur der Abgrenzung des Untersuchungsgebietes, Weinbau wird an diesen Standorten selbstverständlich nicht betrieben.

Aus Karte I ist deutlich die Abhängigkeit des Energiegewinns von Exposition und Hangneigung zu erkennen. Nahezu der gesamte Rhein-

gau zwischen Rüdesheim und Wiesbaden mit seinen überwiegend leicht geneigten Südhängen erhält  $151\text{--}165 \text{ kJoule}/(\text{cm}^2 \times \text{Vp})$  aus der direkten Sonneneinstrahlung. Einzelne Großlagen, meist mit Hangneigungen von mehr als  $10^\circ$ , erreichen in diesem Bereich über  $165 \text{ kJoule}/(\text{cm}^2 \times \text{Vp})$ . Dies trifft vor allem für die Großlagen Burgweg (Rüdesheim), Erntebringer (Johannisberg), Steinmächer (Rauenthal), Deutelsberg (Hattenheim), die Lage Wildsau (Martinsthal) und die Übergangsbereiche zum Rheingaugebirge zu.

Zwischen Rüdesheim und Lorch haben alle Lagen starke Hangneigungen. Hier wird daher die Expositionsabhängigkeit besonders deutlich. Fast alle S- bis SSW-exponierten Hänge erreichen Werte von über  $165 \text{ kJoule}/(\text{cm}^2 \times \text{Vp})$ . Fast alle

W- bis NW-exponierten Hänge erhalten dagegen weniger als  $150 \text{ kJoule}/(\text{cm}^2 \times \text{Vp})$ .

Die Lagen von Hochheim, Mainz-Kostheim, Wicker und Flörsheim erreichen Werte um  $150 \text{ kJoule}/(\text{cm}^2 \times \text{Vp})$  bei schwach geneigten Hängen vorwiegend südlicher Expositionen.

Der Bereich Bergstraße ist durch steile E-W verlaufende Täler strukturiert und erreicht daher

auf engstem Raum extreme Unterschiede im Energiegewinn aus der direkten Sonneneinstrahlung. Auf den nördlich des Talgrundes liegenden Südhängen werden häufig Werte von über 165 bzw.  $180 \text{ kJoule}/(\text{cm}^2 \times \text{Vp})$  erreicht, auf den gegenüberliegenden N-exponierten Hängen dagegen häufig Werte unter  $135 \text{ kJoule}/(\text{cm}^2 \times \text{Vp})$ .

### **3.3 Energiegewinn aus der direkten Sonneneinstrahlung in $\text{kJoule}/(\text{cm}^2 \times \text{Vp})$ für die hessischen Weinbaugebiete in Abhängigkeit von der mittleren Sonnenscheindauer, Exposition, Hangneigung und Höhenlage**

Die in der Karte II durchgeführte Höhenkorrektur modifiziert das in Karte I gezeichnete Bild erheblich. Die Energiegewinne aus der direkten Sonneneinstrahlung liegen fast durchweg niedriger als bei den Berechnungen ohne Höhenkorrektur. Der höchste Energiegewinn wird mit  $187 \text{ kJoule}/(\text{cm}^2 \times \text{Vp})$  wieder am Heppenheimer Schlossberg bei einer Hangneigung von  $26^\circ$  erreicht.

In Karte II ist neben der Abhängigkeit des Energiegewinns aus der direkten Sonneneinstrahlung von Hangneigung und Exposition auch die Abhängigkeit von der Höhe deutlich erkennbar. So ist der zentrale Bereich des Rheingaus zwischen Rüdesheim und Wiesbaden erheblich differenzierter als in Karte I. Energiegewinne von mehr als  $165 \text{ kJoule}/(\text{cm}^2 \times \text{Vp})$  werden auch hier in den steileren Bereichen der Großlagen Burgweg (Rüdesheim), Erntebringer (Johannisberg), Steinmächer (Rauenthal), Deutelsberg (Hattenheim) und der Lage Wildsau (Martinsthal) erreicht, während höher gelegene Flächen in diesen Klassen nicht mehr vertreten sind. Viele flach geneigte Lagen des gesamten mittleren Rheingaus findet man in der Klasse  $151 \text{ bis } 165 \text{ kJoule}/(\text{cm}^2 \times \text{Vp})$  wieder. Außerdem werden diese Werte auch an den SW-exponierten Hängen der relativ sanft eingeschnittenen Täler in diesem Bereich erzielt. Die NE-Hänge dieser Täler sowie die etwas höher gelegenen Bereiche des Rheingaus zwischen Rüdesheim und Wiesbaden fallen in die Klasse

von  $136 \text{ bis } 150 \text{ kJoule}/(\text{cm}^2 \times \text{Vp})$ . Die zum großen Teil nicht mehr durch Weinbau genutzten Bereiche im Übergang zum Rheingaugebirge sinken auf Werte unter  $135 \text{ kJoule}/(\text{cm}^2 \times \text{Vp})$ .

Zwischen Assmannshausen und Lorch erreichen fast nur noch die am Rhein gelegenen Lagen der Gemeinde Lorch mehr als  $165 \text{ kJoule}/(\text{cm}^2 \times \text{Vp})$ . In den berühmten Rotweinslagen der Großlage Steil in Assmannshausen werden erstaunlicherweise nur auf sehr kleinen Flächen diese Werte erzielt. Eine zu den Isohypsen fast parallele Abnahme des Energiegewinns aus der direkten Sonneneinstrahlung durch die Höhenkorrektur ist deutlich erkennbar.

Der Energiegewinn aus der direkten Sonneneinstrahlung der Lagen in den Gemeinden Hochheim, Mainz-Kostheim, Wicker und Flörsheim liegt auch in dieser Karte um  $150 \text{ kJoule}/(\text{cm}^2 \times \text{Vp})$ , da die Höhenkorrektur in diesem schwach gegliederten Gelände, das nirgends mehr als  $70 \text{ m}$  über dem örtlichen Talgrund liegt, kaum wirksam werden kann.

An der Bergstraße unterscheiden sich in Karte II nicht nur die Nord- und Südhänge, sondern zudem die Bereiche am Oberrheingraben von den hoch gelegenen Übergangszonen zum Odenwald. Die Spitzenwerte des Energiegewinns werden an den tief gelegenen Lagen der steilen Südhänge in den großen Taleinschnitten bei Bensheim und Heppenheim mit über 160 bzw.  $180 \text{ kJoule}/(\text{cm}^2 \times \text{Vp})$  erzielt. Die niedrigsten

Werte werden in Karte II nicht direkt auf den gegenüberliegenden Hängen, sondern in den oberen, N-exponierten Hängen erreicht. Nicht

selten unterschreiten die Werte die Schwelle von 120 kJoule/(cm<sup>2</sup> × Vp).

### 3.4 Die Verteilung des höhenabhängigen Strahlungsangebotes in den einzelnen Weinbergslagen

Das Untersuchungsgebiet der Karten I und II musste aus rechentechnischen Gründen zur Interpolation zwischen den Geländepunkten etwas größer gewählt werden als es das weinbaulich genutzte Gebiet erfordert hätte. Um einen detaillierteren Überblick über die Strahlungsverhältnisse der tatsächlich weinbaulich ge-

nutzten Bereiche in den einzelnen Weinbaugemeinden und vor allem der einzelnen Weinbaulagen zu erhalten, wird zum Abschluss eine tabellarische Übersicht über die Verteilung des reduzierten Energieangebotes in den Weinbergslagen und Gemeinden gegeben (Tab. 5.1 und 5.2, siehe Seite 37 und 38).

## 4. Schriftenverzeichnis

BAUMGARTNER, A. (1960): Die Lufttemperatur als Standortfaktor am großen Falkenstein (1. Mitteilung). – Forstw. Cbl., **79**: 362–373; Hamburg.

BAUMGARTNER, A. (1961): Die Lufttemperatur als Standortfaktor am großen Falkenstein (2. Mitteilung). – Forstw. Cbl., **80**: 107–120; Hamburg.

BRANDTNER, E. (1973): Die Bewertung geländeklimatologischer Verhältnisse in Weinbaulagen. – Deutscher Wetterdienst; Offenbach.

HOPPMANN, D. (1978): Standortuntersuchungen im Rheingau und in Baden. – Weinberg und Keller, **25**: 66–92; Frankfurt am Main.

HOPPMANN, D. (1988): Der Einfluss von Jahreswitterung und Standort auf die Mostgewichte der Reb-

sorten Riesling und Müller-Thurgau (*Vitis vinifera* L.). – Berichte des Deutschen Wetterdienstes, **176**: 214 S.; Offenbach.

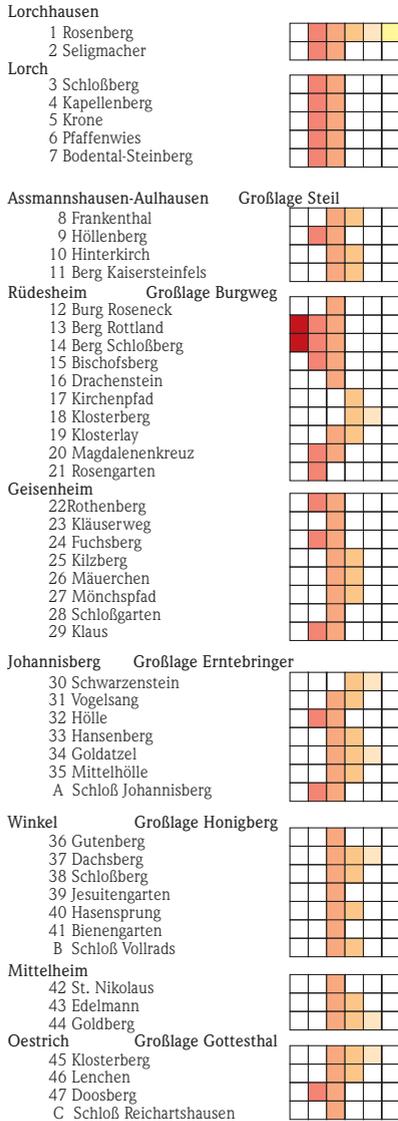
CASTEN, F., Dehner, K. & Behr, H. D., (1984): Die räumliche und zeitliche Verteilung der diffusen und direkten Sonnenstrahlung in der Bundesrepublik Deutschland. – Bundesminister für Forschung und Technologie, Forschungsbericht T: 84–125; Bonn.

ZAKOSEK, H., KREUTZ, W., BAUER, W., BECKER, H. & SCHRÖDER, E. (1967): Die Standortkartierung der hessischen Weinbaugebiete. – Abh. hess. L.-Amt Bodenforsch., **50**: 82 S., 1 Abb., 17 Tab., 1 Atlas; Wiesbaden.

**Tab. 5.1** Verteilung des Energieangebotes aus der direkten Sonneneinstrahlung mit Höhenkorrektur auf die Einzellagen der hessischen Weinbaugebiete [kJoule/(cm<sup>2</sup>×Vp)]

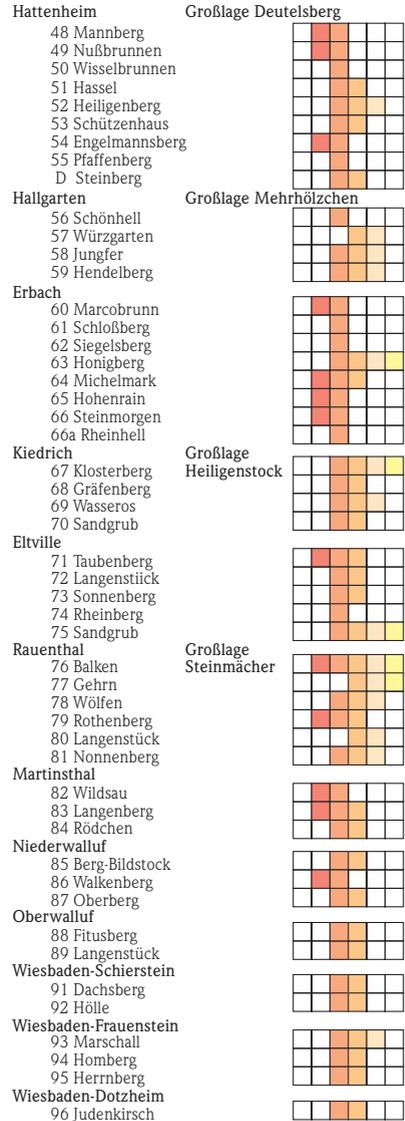
**Rheingau**

Klasse 1 2 3 4 5 6

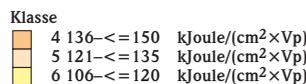
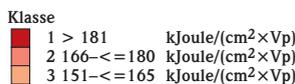


**Rheingau**

Klasse 1 2 3 4 5 6



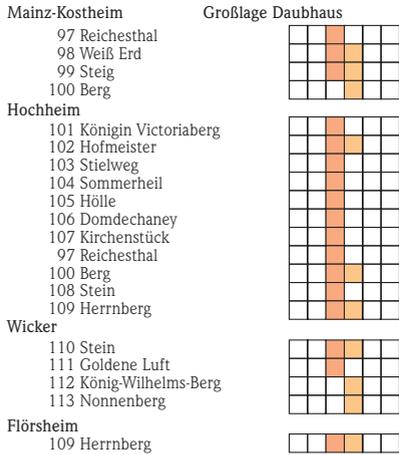
Vp = Vegetationsperiode (01.04.–31.10.)



**Tab. 5.2** Verteilung des Energieangebotes aus der direkten Sonneneinstrahlung mit Höhenkorrektur auf die Einzellagen der hessischen Weinbaugebiete [kJoule/(cm<sup>2</sup>×Vp)]

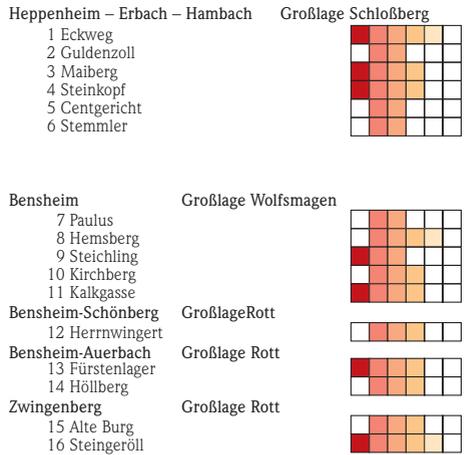
**Hochheim**

Klasse 1 2 3 4 5 6



**BERGSTRASSE**

Klasse 1 2 3 4 5 6



Vp = Vegetationsperiode (01.04.–31.10.)

