

Der Einfluss des Windes

1. Einleitung

Die Beurteilung der Windverhältnisse der Weinbaulagen im Rheingau wird in dieser Neuauflage des Standortatlas neu gestaltet. Bei der ersten Ausgabe dieses Kartenwerkes wurde auch eine Karte mit Zonen gleicher relativer Bewindung (im Verhältnis zu einer Hauptstation) angefertigt. Im Laufe der Jahre hat sich gezeigt, dass diese Karte von geringem praktischen Nutzen ist, da sie die Wirkung des Windes auf das Bestandsklima nicht berücksichtigt. Bei der Neuauflage wird auf diese Karte verzichtet. Stattdessen wird in Anlehnung an eine Arbeit von HORNEY (1975) „Die ökologische Wirkung des Windes“ eine Auswertung zur Windstatistik für den Zeitraum 1961–1990 durchgeführt.

Die Wirkung des Windes im Gelände ist für den Weinbau aus mehreren Gründen von Bedeutung.

Ständig starker Wind führt an den Reben zu mechanischen Schäden und bremst das Wachstum. Andererseits lässt der Wind nach Regen oder Tau den Bestand rasch abtrocknen und mindert damit die Gefahr von Pilzinfektionen. Das Wärmeklima der Weinbergslagen wird durch den Wind ungünstig beeinflusst. Ein großer Teil der Sonnenstrahlung, die auf eine Rebfläche auftrifft, wird an der Oberfläche des Bodens und der Blätter in Wärme umgewandelt. Wenn bei Windstille die Sonne voll in die Zeilen scheint, kann dort ein eigenständiges Bestandsklima entstehen. Lufttemperatur und Luftfeuchte können in den Gassen und innerhalb der Stöcke etwas höher sein als außerhalb des Bestandes. Die Temperatur der sonnenbestrahlten Blätter kann bei Windstille sogar bis zu 10 °C über der Lufttemperatur liegen. Dieses günstige Eigenklima

der Rebassen und der Blätter wird jedoch durch stärkere Windeinwirkung zerstört. Die im Rebestand liegende wärmere und feuchtere Luft wird mit kälterer Außenluft vermischt oder ganz weggeblasen. Die Blätter werden im Luftstrom abgekühlt. Bei voller Belaubung beginnt die Zerstörung des Bestandsklimas, wenn der Wind mit einer Geschwindigkeit von mehr als 1 m pro Sekunde in Zeilenrichtung oder mit mehr als 2 m pro Sekunde quer zu den Zeilen bläst (VOGT & SCHRUFF 2000).

Ein Eigenklima im Rebestand kommt aber nur bei sonnigem Wetter zustande. Es ist deshalb wichtig zu wissen, welche Windverhältnisse bei solchem Wetter vorherrschen. In Gebieten, wo der Wind bei sonnigem Wetter meist aus Ost oder West weht (z. B. Pfalz, Württemberg, Rheingau, Franken), sollte man, sofern der Zuschnitt des Grundstücks und die Hangrichtung es zulassen, die Zeilenrichtung Nord–Süd wählen. Eine Zeile steht dann schützend vor der anderen quer zum Wind. Die Nord–Süd-Zeilung hat dann auch den Vorteil, dass beide Flanken der Laubwand gleich stark der Sonne ausgesetzt sind. Die Ostseite wird vormittags, die Westseite nachmittags besonnt. In der heißen Mittagszeit dagegen, wenn die Blätter durch die Sonnenstrahlung überhitzt werden könnten, ist keine Flanke der Laubwand der Sonne direkt zugewandt. Nur die äußeren Deckblätter werden von der Sonne getroffen. Die Sonnenstrahlung fällt dann in die Gassen und führt dem Boden Wärme zu, die in der Nacht wieder abgegeben wird.

An der Grenze der klimatischen Anbaubereiche für Reben ist Weinbau nur an besonders wärme-

* Dr. H. Jagoutz (e-mail: heidrun.jagoutz@dwd.de), Deutscher Wetterdienst, Geschäftsfeld Landwirtschaft, Kreuzweg 25, D-65366 Geisenheim.

begünstigten Standorten möglich. So lassen die aus der Hauptwindrichtung wehenden stärkeren Winde für den Weinbau an Luvhängen in qualitativer Hinsicht wenig Erfolg erwarten. Die Abküh-

lungsgröße kann so beträchtlich sein, dass die zu Wachstum und Reife erforderliche Mindestwärme nicht erreicht wird (HORNEY 1975).

2. Allgemeine Grundlagen

Bestandsklimauntersuchungen im Weinbau führten zu der ganz speziellen Frage nach der Häufigkeit der Windrichtungen bei Strahlungswetter. Die Reben sind in den deutschen Weinbaugebieten, an der Nordgrenze des Weinbaues in Europa, zur Erlangung optimaler Reifegrade auf das Sonderklima angewiesen, das sich unter dem Einfluss der Sonnenstrahlung im geschlossenen Rebbestand ausbildet. Der geschlossene Rebbestand ist bei Sonneneinstrahlung stets wärmer als die Umgebung. Wenn auch die Temperaturunterschiede im Einzelfall nicht sehr groß erscheinen, so ergeben sich doch im Hinblick auf die im Laufe der Vegetationsperiode auflaufenden Temperatursummen erhebliche Auswirkungen. Die Temperaturdifferenzen zwischen Bestand und Umgebung sind bei windstillem Strahlungswetter am größten. Je stärker der Wind ist, umso mehr werden auch die Temperaturdifferenzen durch Auswehen der warmen Bestandsluft nivelliert. Der Wind behindert also die Ausbildung des wärmeren Bestandsklimas und wirkt sich damit negativ auf die Entwicklung der Reben aus (HORNEY 1972).

Die optimale Temperatur für die Reben, d. h. die Temperatur, bei der die Assimilation am in-

tensivsten erfolgt, liegt bei 25 °C (Blatttemperatur) (BOSIAN 1964). Im Frühjahr und vor allem im Herbst in der Reifezeit wird diese Temperatur bei uns nur selten erreicht. Es kommt also für eine gute Qualität sehr auf die Erhöhung der Temperatur im Bestand an. Der Wind wirkt dieser Temperaturerhöhung aber entgegen. Auch an sehr warmen Sommertagen, an denen die Optimaltemperatur weit überschritten wird, ist die Wirkung des Windes nicht positiv. Zwar erhitzen sich bei starker Einstrahlung und hohen Temperaturen die Blätter und der Wind könnte die überhitzten Blätter abkühlen. Aber mit zunehmendem Wind steigt auch die Verdunstung stark an. Unter dem Einfluss eines starken Verdunstungsanspruchs schließen die Reben die Spaltöffnungen. Dadurch wird die Verdunstung zwar herabgesetzt, gleichzeitig aber die Assimilation unterbunden, denn das zur Assimilation notwendige Kohlendioxid wird durch die Spaltöffnungen aufgenommen. Der Wind hat also auch dann eine negative Wirkung, wenn das Auswehen der warmen Bestandsluft wegen des allgemein hohen Temperaturniveaus keine Rolle spielt (SCHNEIDER & HORNEY 1969).

3. Darstellung der Ergebnisse

Bei einer Betrachtung der genannten Wirkungen des Windes wird klar, dass die negative Wirkung der Auswehung der warmen Bestandsluft nur bei Strahlungswetter vorkommen kann, die positive Abtrocknung der Rebstöcke dagegen nach Regenfällen, also meist bei bewölktem Wet-

ter, sofern man im letzteren Falle vom Taubelag nach Strahlungsnächten absieht.

Die Abschätzung der Windverhältnisse in Weinbaulagen spielt sowohl bei der Standortbeurteilung als auch bei der Planung von Windschutzanlagen eine wichtige Rolle.

3.1. Die Windauszählungen in Geisenheim

Aus den vorstehenden Überlegungen heraus wurde für Geisenheim für die Monate April bis Oktober die Häufigkeitsverteilung der Windrichtungen für Strahlungstage ausgezählt. Es wird für jeden Tag anhand der gemessenen Sonnenscheindauer entschieden, ob der Tag als Strahlungstag zu bewerten ist oder nicht. Ausgehend von der astronomisch möglichen Sonnenscheindauer werden alle Tage, an denen die Sonne länger oder gleich 50 % der astronomisch möglichen Zeitspanne (ausgerechnet in Minuten) geschienen hat, als Strahlungstage gewertet. Die Aufteilung in Strahlungstage und bewölkte Tage sind in Tab. 1 für die Monate April bis Oktober aufgelistet. Demnach ergibt sich für die Monate April bis September ein um 10–20 % höherer Anteil von bewölkten gegenüber sonnigen Tagen. Im Oktober bildet sich im Rheintal häufig Nebel in den Morgenstunden aus, der aber auch an manchen Tagen länger anhält. Aus diesem Grunde werden in diesem Monat 74 % bedeckte und nur 26 % sonnige Tage gefunden. In dem Zeitraum 1961–1990 wurden für die Vegetationszeit 60 % der Tage als bedeckte und 40 % als sonnige Tage eingestuft.

Im nächsten Schritt wird untersucht, wie sich die Windverhältnisse zwischen sonnigen und bedeckten Tagen unterscheiden. Hierzu wurde eine Auswertung der Windverhältnisse um die

Tab. 1. Die Anteile bewölkter und sonniger Tage während der Vegetationszeit im Zeitraum 1961–1990

Monat	Anteil bewölkter Tage [%]	Anteil sonniger Tage [%]
April	61	39
Mai	58	42
Juni	58	42
Juli	54	46
August	53	47
September	58	42
Oktober	74	26

Mittagszeit (13–14 Uhr) durchgeführt, wobei zwischen sonnigen und bedeckten Tagen unterschieden wird. Die Ergebnisse zeigt Abb. 1a für sonnige und Abb. 1b für bedeckte Tage in Form von Windrosen, die neben der Windrichtung Angaben hinsichtlich der aufgetretenen Windgeschwindigkeiten in vier Stufen enthalten. Im Zentrum der Windrose werden Angaben zum Anteil an windstillen Zeiten gemacht. Die Zahl am Ende der Linie, welche die Windrichtung kennzeichnet, gibt den Anteil von Winden aus dieser Richtung an. In der Abb. 1a, 1b wird dieser Anteil auf alle betrachteten Ereignisse bezogen.

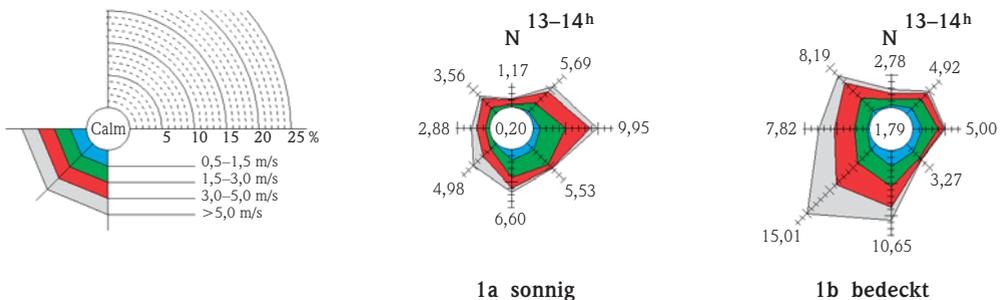


Abb. 1a, 1b. Verteilung von Windrichtung und Geschwindigkeit an sonnigen und bedeckten Tagen in Geisenheim.

Diese Auszählung ergab, dass um die Mittagszeit an Strahlungstagen (Abb. 1a) der Wind in rund 25 % aller Fälle aus E oder ENE weht, bei überwiegend bedecktem Himmel dagegen aus südwestlichen Richtungen. Im Rahmen der Erarbeitung von Unterlagen für die Standortbeurteilung im Weinbau wurden für alle im Weinbaugebiet liegenden synoptischen Stationen Häufigkeitsauszählungen der Windrichtung bei Strahlungswetter durchgeführt, die ebenfalls meistens eine Verlagerung des Schwergewichtes auf E- bis NE-Winde bei Strahlungswetter ergaben. Dabei wird in jedem Einzelfall der Einfluss der Orografie in erheblichem Maße die endgültige Windverteilung bestimmen. Dass der Einfluss der Orografie im Rheingau die Ostkomponente zusätzlich begünstigt, ist ein Sonderfall. Der Einfluss der Orografie kann gelegentlich diese Ostkomponente auch völlig verdecken.

Die Auswertung der Windrichtung

Die Windrichtungen bei Strahlungswetter wurden in dreistündigem Abstand anhand der stündlichen Windauswertungen der Jahre 1961–1990 durchgeführt. Bei der Auszählung wurden auch die Nachtstunden berücksichtigt, da sich aus den Windrichtungen in Strahlungsnächten auch Hinweise auf den Kaltluftabfluss vom Rheingaugebirge ergeben. Es werden nur Strahlungstage (s. o.) berücksichtigt.

Es wurden neben Windstille vier Geschwindigkeitsbereiche unterschieden und zwar:

0,5–1,5, 1,5–3, 3–5 und >5 m/s und größer. Diese Aufteilung wurde gewählt, weil bei Windgeschwindigkeiten von 2 m/s und weniger, (gemessen am Mast in 10 m über Grund) die Luftbewegung in den Weinbergen mit herkömmlichen Zeilenabständen von weniger als 2 m kaum in den Bestand hineingreift, auch wenn der Wind zeilenparallel weht. Weinberge mit Zeilenabständen über 2 m (Weitraumanlagen) werden in Zukunft aus betriebswirtschaftlichen Gründen stark zunehmen. Je größer der Zeilenabstand ist, umso leichter wird auch die warme Bestandsluft ausgeweht, was eine Minderung der erreichbaren Qualität zur Folge hat. Die Ergebnisse sind für die Monate April bis Oktober in den Abb. 2 bis 8 (s. S. 51–57).

Wenn man zunächst die Häufigkeit der Windrichtungen aller dreistündigen Termine für 30 Jahre auszählt, ergibt sich ein Häufigkeitsdiagramm der Windrichtungen, das in charakteristischer Weise drei Richtungen sehr deutlich hervorhebt. Dabei ist die Bevorzugung der SW-Richtung für den hiesigen Raum normal. SW ist hier die häufigste Windrichtung. Daneben fällt jedoch ein sehr enges Maximum um E bis ENE ins Auge. Weiterhin ist ein ausgeprägtes Maximum um NW bis NNW vorhanden, das bevorzugt in den Nachtstunden auftritt. Bemerkenswert ist die geringe Häufigkeit von Winden aus dem nördlichen Sektor während der hellen Tagesphase.

3.1.1. Die Windrichtungen bei Strahlungswetter am Tage

In den Morgenstunden (6–9 Uhr) dominieren auch an Strahlungstagen die Winde aus SW. Im Laufe des Vormittags (9–12 Uhr) ergibt sich ein Maximum aus südlichen und östlichen Richtungen. Am Nachmittag dominieren im Frühjahr und Sommer die Winde aus östlicher Richtung. In dieser Zeitspanne treten auch häufig Wind-

geschwindigkeiten >3 m/s auf. Im Herbst (September und Oktober) werden in dieser Tageszeit zwei Maxima gefunden. Eines mit Winden aus dem NE und ein zweites mit Winden aus SW. Sehr selten treten Winde aus nördlichen Richtungen auf.

3.1.2. Die Windrichtungen bei Strahlungswetter nachts

Das Maximum bei NNW lässt sich erst deuten, wenn man den Tagesgang der Windrichtungen betrachtet. Es wurde bereits darauf hingewiesen, dass während der Tagesstunden bei Einstrahlung die E- und ENE-Winde bei weitem überwiegen. Mit Sonnenuntergang, d.h. im Winterhalbjahr bereits zum 18 Uhr-Termin, im Sommerhalbjahr um 21 Uhr, zeigt sich ein Umspringen des Windes auf NNW. Sobald die Einstrahlung aufhört, beginnt die kühlere Luft von den meist bewaldeten Höhen des Rheingaugebirges ins Tal abzufließen. Im weiteren Verlauf einer klaren Nacht dreht die Windrichtung etwa ab 3 Uhr langsam auf W bis SW. Nach Sonnenaufgang erfolgt dann wieder ein Umspringen auf E bis ENE.

Der Kaltluftabfluss wird natürlich ebenfalls von der Orografie beeinflusst, d. h. er folgt weitgehend den zum Rhein führenden Talzügen, fächert aber im Vorland auf, wobei hier insgesamt eine NNW-Strömung, also senkrecht zum mittleren Hangverlauf, resultiert. In einzelnen Fällen, und zwar insbesondere dort, wo außer Wald noch größere als Kaltluftursprungsgebiet in Frage kommende Acker- und Brachflächen im Einzugsbereich eines solchen Talzuges liegen, erreicht dieser Kaltluftstrom erhebliche Strömungsgeschwindigkeiten. Er hält dann meist auch bis zum Sonnenaufgang an, d. h. im engeren Bereich solcher Kaltluftströme bleibt die Rückdrehung des Windes nach 3 Uhr aus.

3.2. Die Windverteilung im Jahresgang

Die Betrachtung der Winddiagramme im Einzelnen bietet einige weitere Erklärungen für die charakteristischen Häufigkeitsverteilungen. In den Sommermonaten (Juni, Juli und August) treten in der Zeitspanne 9–15 Uhr auch häufig Winde aus südlicher Richtung auf. Im Laufe des Vormittags bilden sich an Strahlungstagen Hangaufwinde aus, die im Rheingau mit der Südrichtung zusammenfallen. Diese lokalen Windsysteme bilden sich an Strahlungstagen im Laufe des Vormittags aus und tragen hier zu dem beobachteten Maximum bei.

Am ausgeprägtesten sind die hier dargestellten Windverhältnisse bei Strahlungswetter im Herbst, d. h. im September und Oktober. Gerade in dieser Zeit liegt das allgemeine Temperaturniveau be-

reits weit unter dem Optimalbereich für die Reben, so dass hier die Erhöhung der Bestandstemperatur durch die Sonneneinstrahlung ganz besondere Bedeutung gewinnt. Daher ist natürlich dann auch ein Auswehen der warmen Bestandsluft besonders nachteilig. Damit ergibt sich für den Rheingau die Folgerung, dass eine Windexposition nach Osten hier besonders ungünstig ist. Natürlich ist dieser Grundsatz auch für andere Gebiete mehr oder weniger gültig, wenn dort bei Strahlungswetter eine Bevorzugung der Ostkomponente in der Windrichtung zu beobachten ist. Allerdings wird diese wohl meistens nicht in einer so engen Bündelung auftreten wie im Rheingau, weil hier die durch die Großwetterlage bestimmte Hauptwindrichtung noch verstärkt wird.

4. Schlussfolgerungen

Zusammenfassend sei hier nochmals festgestellt: Wenn man die Häufigkeit der Windrichtungen an Strahlungstagen auszählt, ergibt sich eine Windverteilung, die erheblich von der allge-

meinen Häufigkeit der Windrichtungen abweicht. Weil die Erwärmung von Rebbeständen durch die Sonneneinstrahlung in unserem Gebiet auf die Qualitätsbildung einen entscheiden-

den Einfluss hat, hat die Kenntnis der Windverteilung bei Strahlungswetter, durch die ggf. dieses günstigere Bestandsklima zerstört werden kann (RICHTER 1965), in der Weinbauökologie eine erhebliche Bedeutung. Die enge Bündelung der Windrichtungen bei Strahlungswetter auf E bis ENE dokumentiert die besonderen Verhältnisse des Rheingaus, weil die Orografie die Windverhältnisse stark modifiziert. Damit ist aber eine besonders negative Auswirkung der Windoffenheit auf nach Osten exponierten Hängen gegeben. Dies ist einer der Gründe für die empirisch bekannte Tatsache, dass Osthänge für den Weinbau wesentlich ungünstiger sind als

Süd- und Westhänge unter sonst gleichen ökologischen Bedingungen.

In klaren Nächten wird die tagsüber vorhandene Ostströmung im Rheingau nach Sonnenuntergang von einer NNW-Strömung überlagert, die ihre Ursache in der von den Rheingauhöhen abfließenden Kaltluft hat. In der zweiten Nachthälfte erfolgt in der Regel ein Rückdrehen des Windes über E auf SW. Mit Sonnenaufgang springt die Windrichtung dann wieder auf E. Bildet sich aber in der Nacht Nebel oder Hochnebel, bleibt die Ostströmung während der ganzen Nacht erhalten.

5. Schriftenverzeichnis

- BOSIAN, G. (1964): Assimilations- und Transpirationsbestimmungen an Reben im Freiland mit klimatisierten Küvetten. – *Weinwissenschaft*, **19**: 265–271; Mainz.
- HORNEY, G. (1972): Die klimatischen Grundlagen des Anbaues von Weinreben in Deutschland. – *Weinberg u. Keller*, **19**: 305–320; Frankfurt am Main.
- HORNEY, G. (1975): Die ökologische Wirkung des Windes. – *Berichte des Deutschen Wetterdienstes*, **138**: 20 S.; Offenbach.
- RICHTER, G. (1965): Bodenerosion. Schäden und gefährdete Gebiete in der Bundesrepublik. – *Forsch. dt. Landeskd.*, **152**: 592 S.; Bonn.
- SCHNEIDER, M. & HORNEY, G. (1969): Auswirkungen von Beregnung auf Boden- und Bestandsklima, sowie auf Blatttemperaturen im Weinbau. – *Zeitschrift für Bewässerungswirtschaft*, **2**: 162–199; Frankfurt am Main.
- VOGT, E. & SCHRUF, G. (2000): *Weinbau*. – 456 S.; Stuttgart.

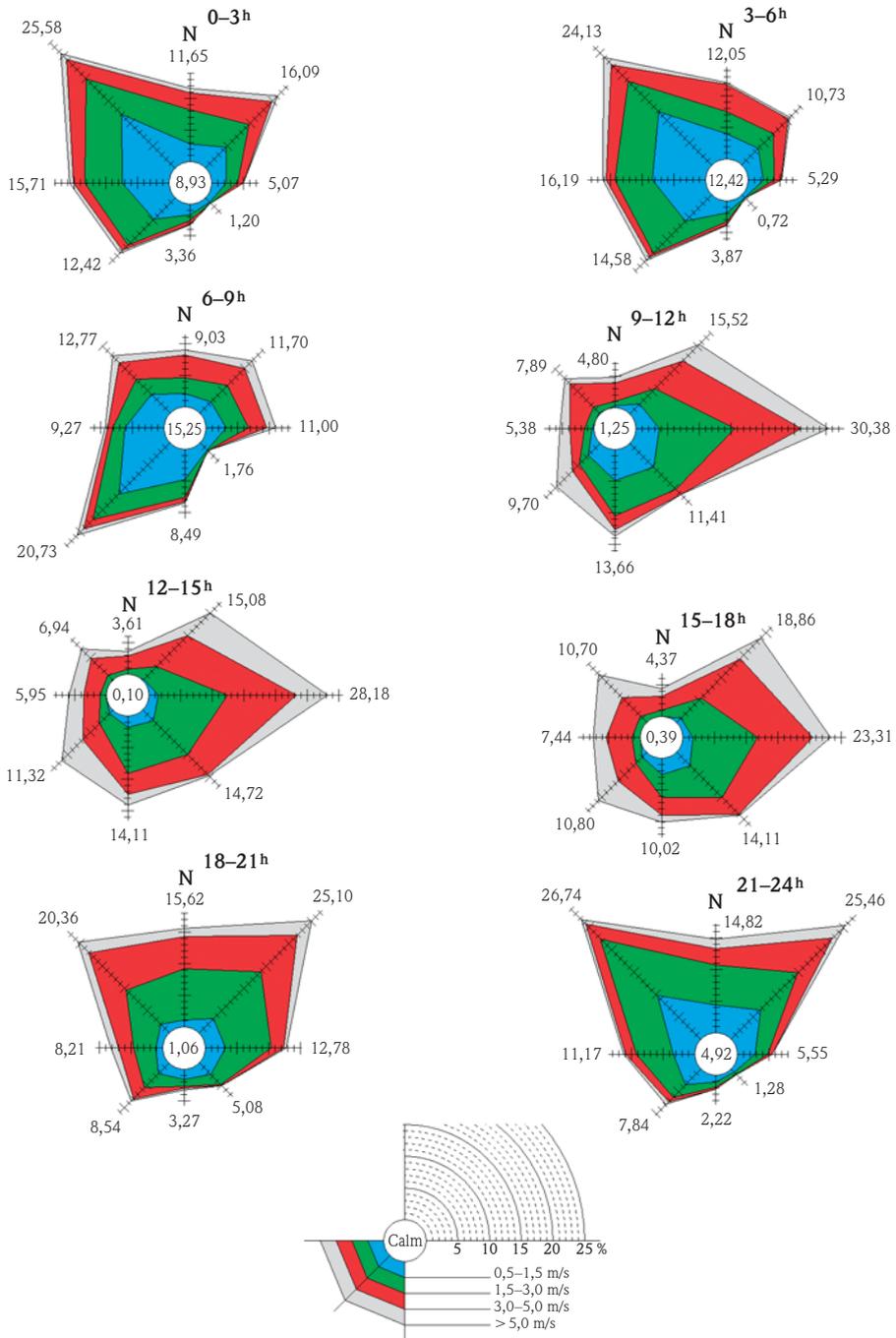


Abb. 2. Mittlere Windrichtungen und -geschwindigkeiten an Strahlungstagen für Geisenheim 1961–1990, Monat April.

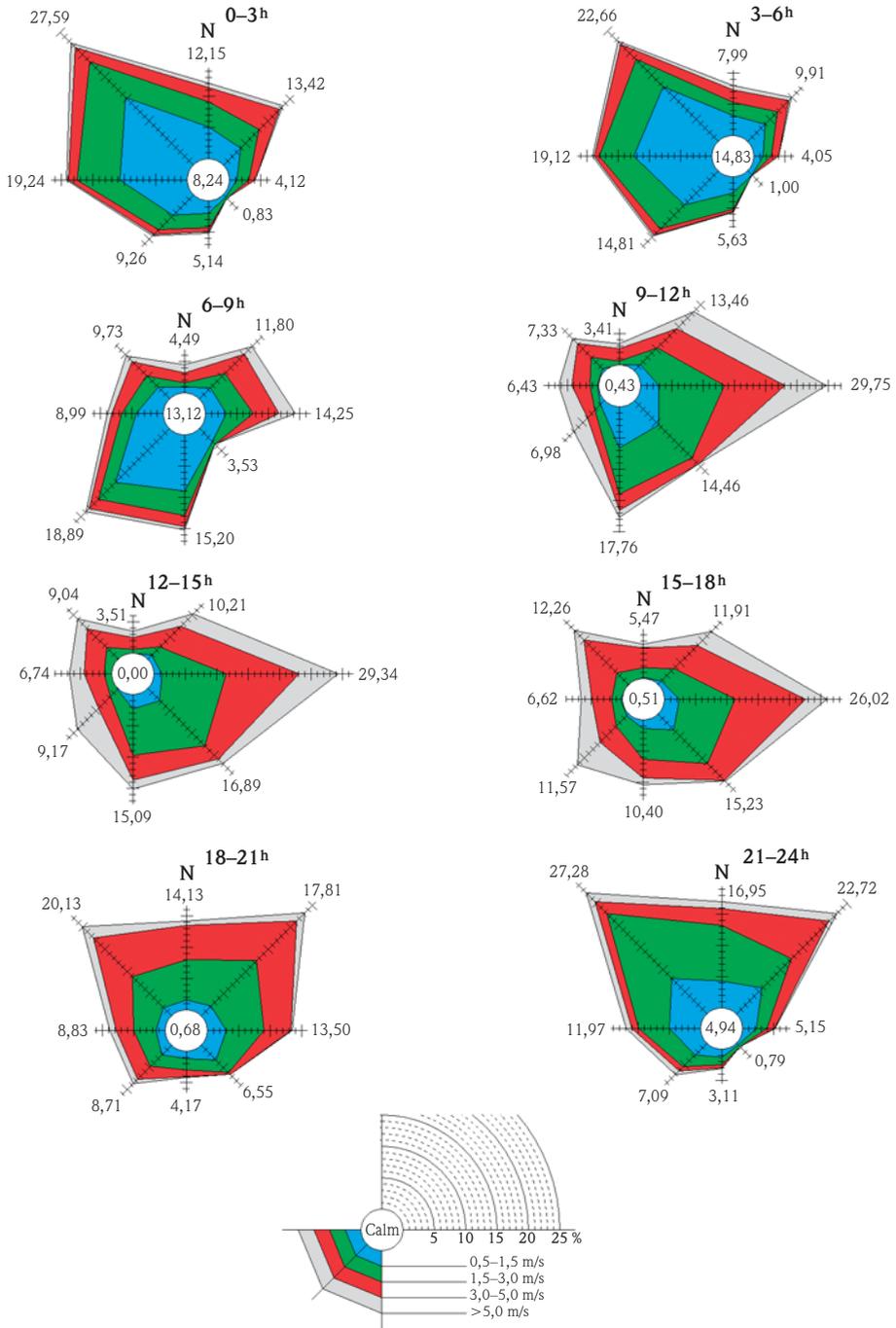


Abb. 3. Mittlere Windrichtungen und -geschwindigkeiten an Strahlungstagen für Geisenheim 1961–1990, Monat Mai.

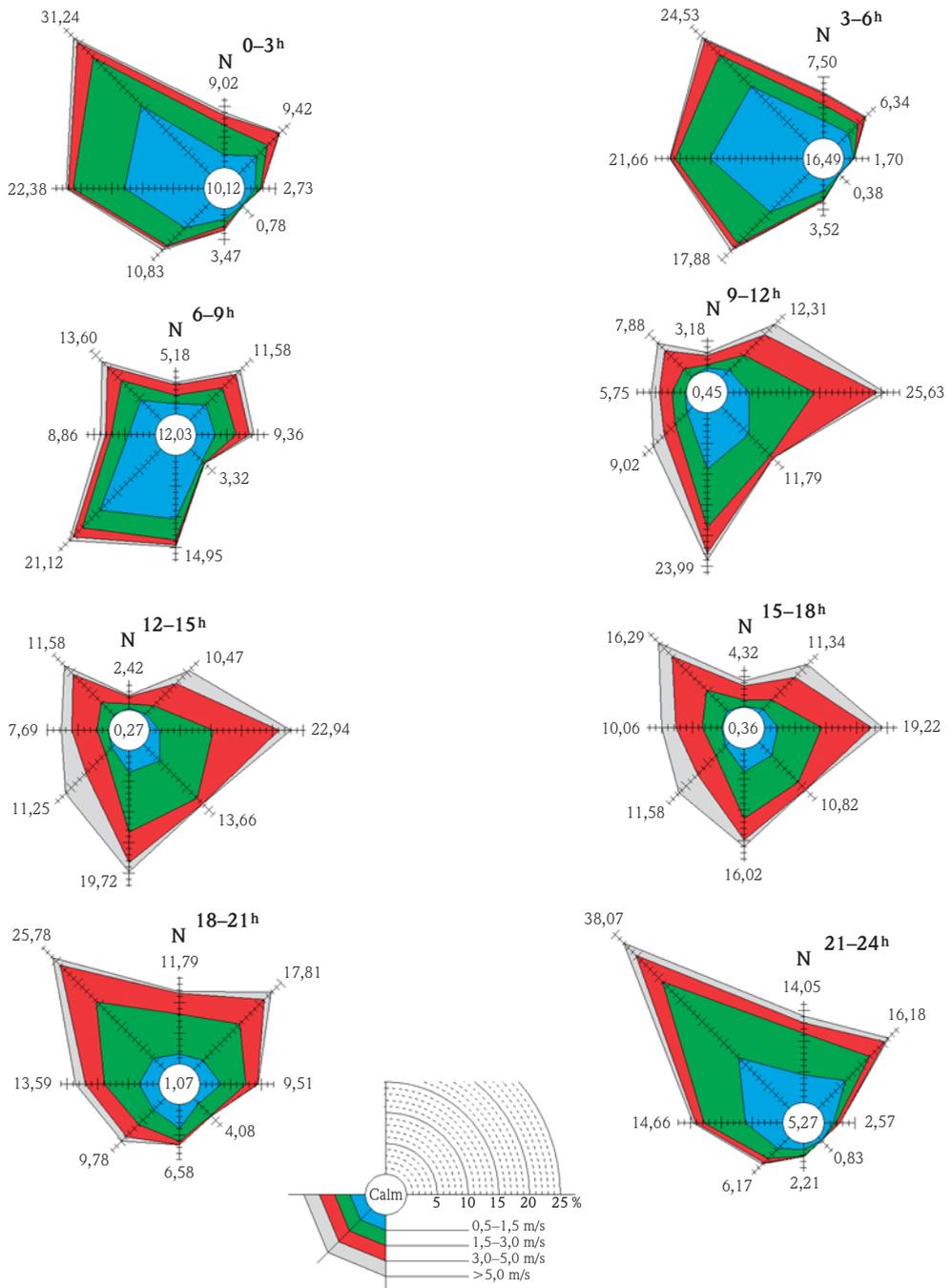


Abb. 4. Mittlere Windrichtungen und -geschwindigkeiten an Strahlungstagen für Geisenheim 1961–1990, Monat Juni.

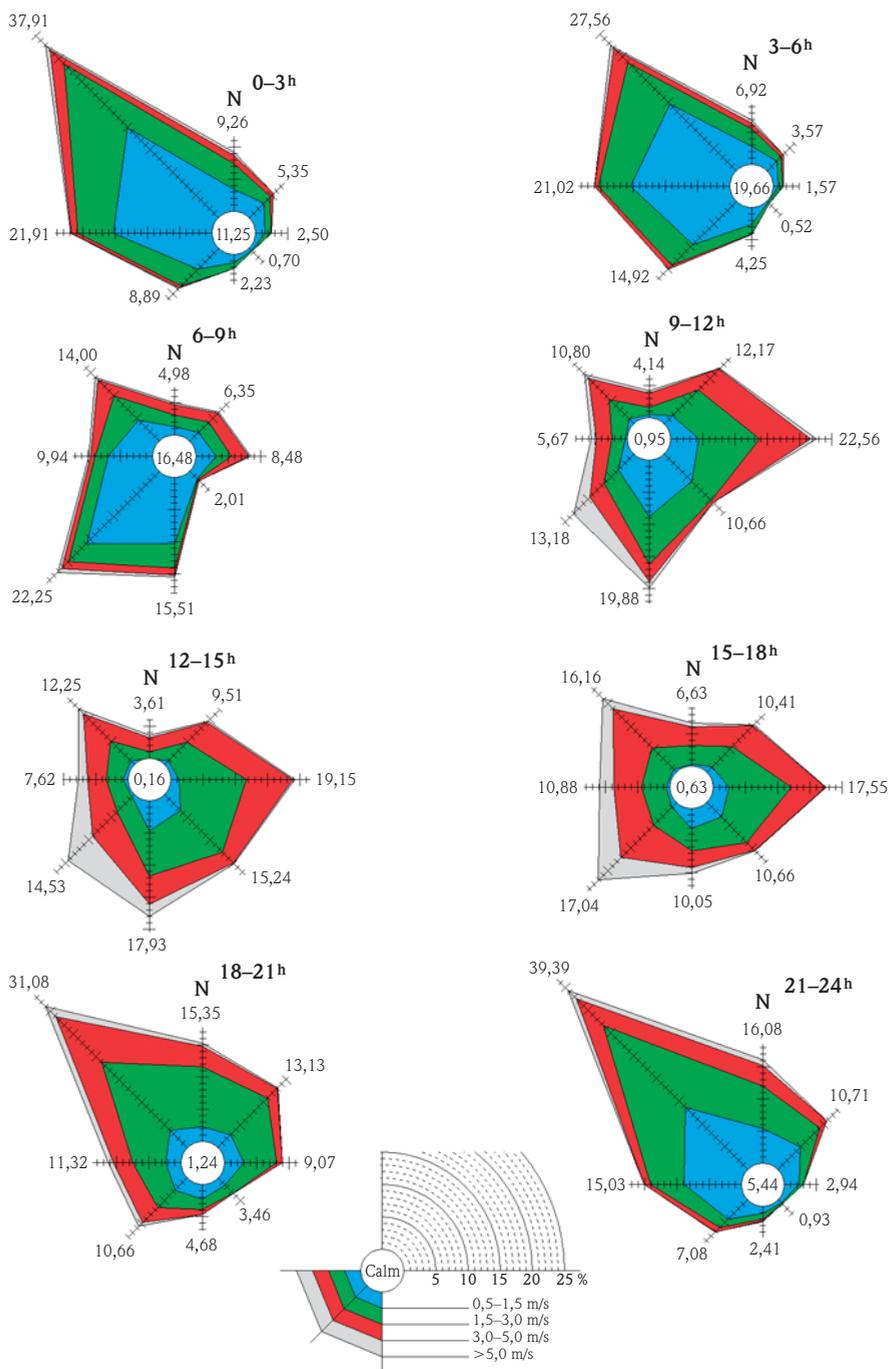


Abb. 5. Mittlere Windrichtungen und -geschwindigkeiten an Strahlungstagen für Geisenheim 1961–1990, Monat Juli.

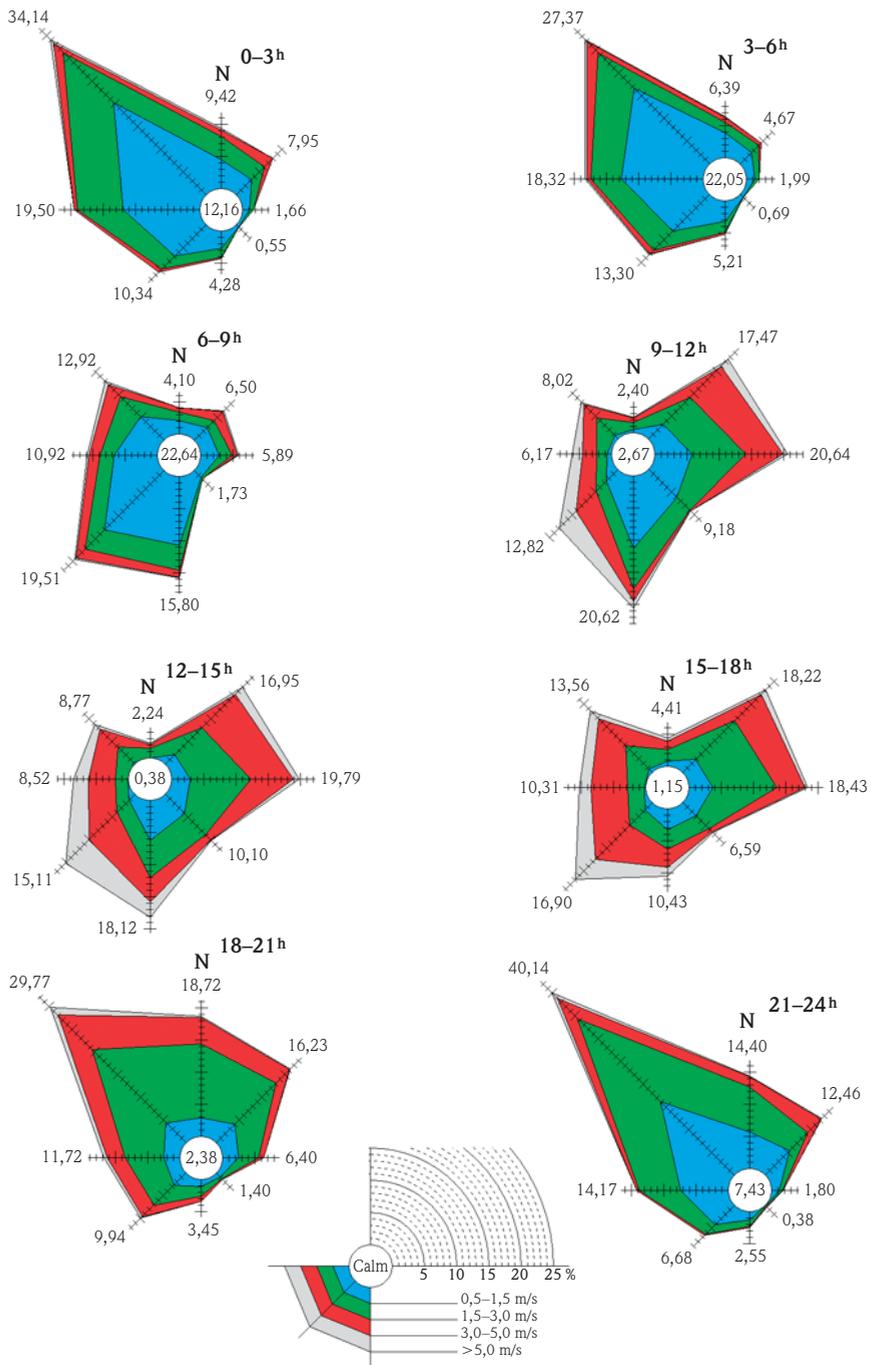


Abb. 6. Mittlere Windrichtungen und -geschwindigkeiten an Strahlungstagen für Geisenheim 1961–1990, Monat August.

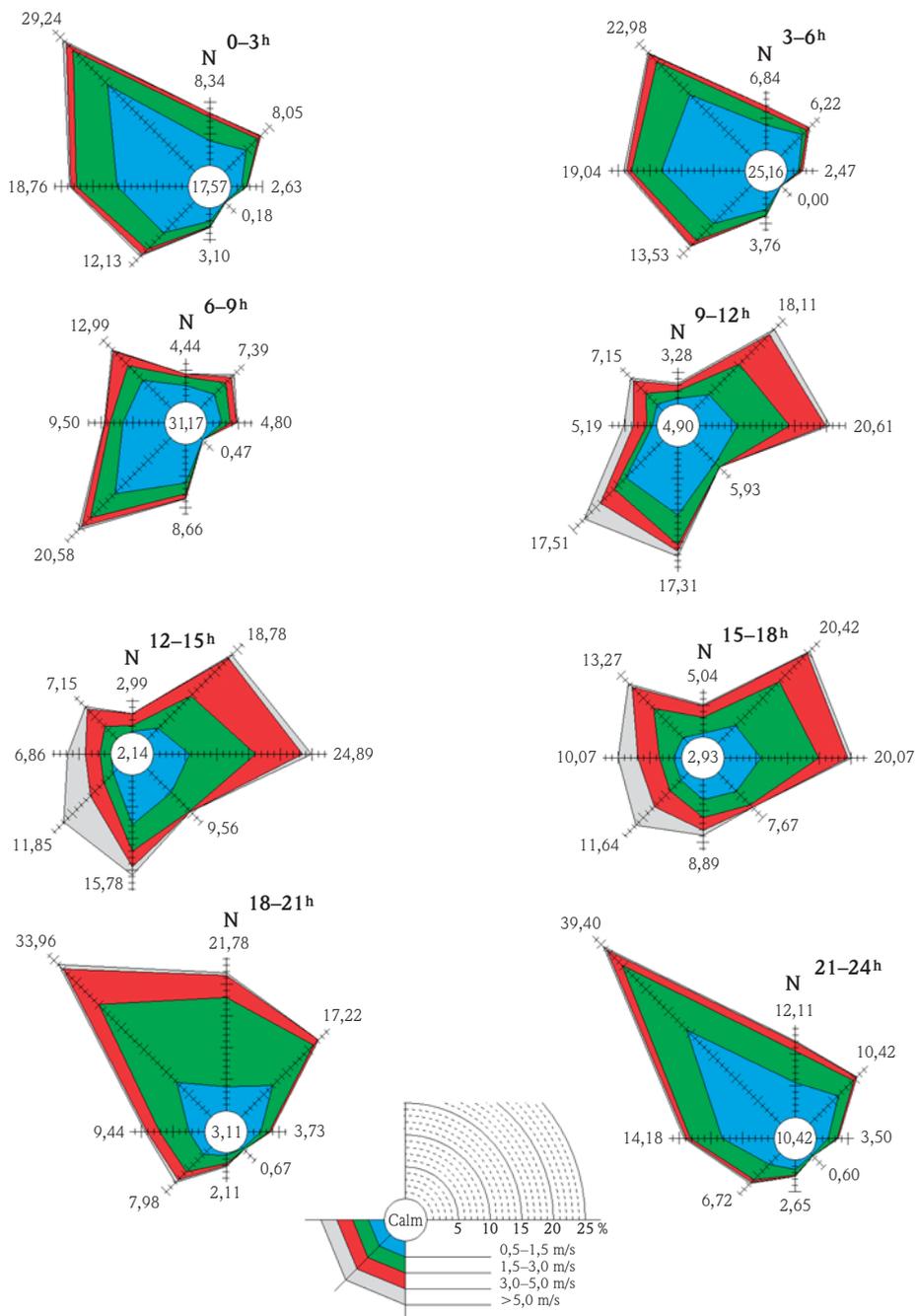


Abb. 7. Mittlere Windrichtungen und -geschwindigkeiten an Strahlungstagen für Geisenheim 1961–1990, Monat September.

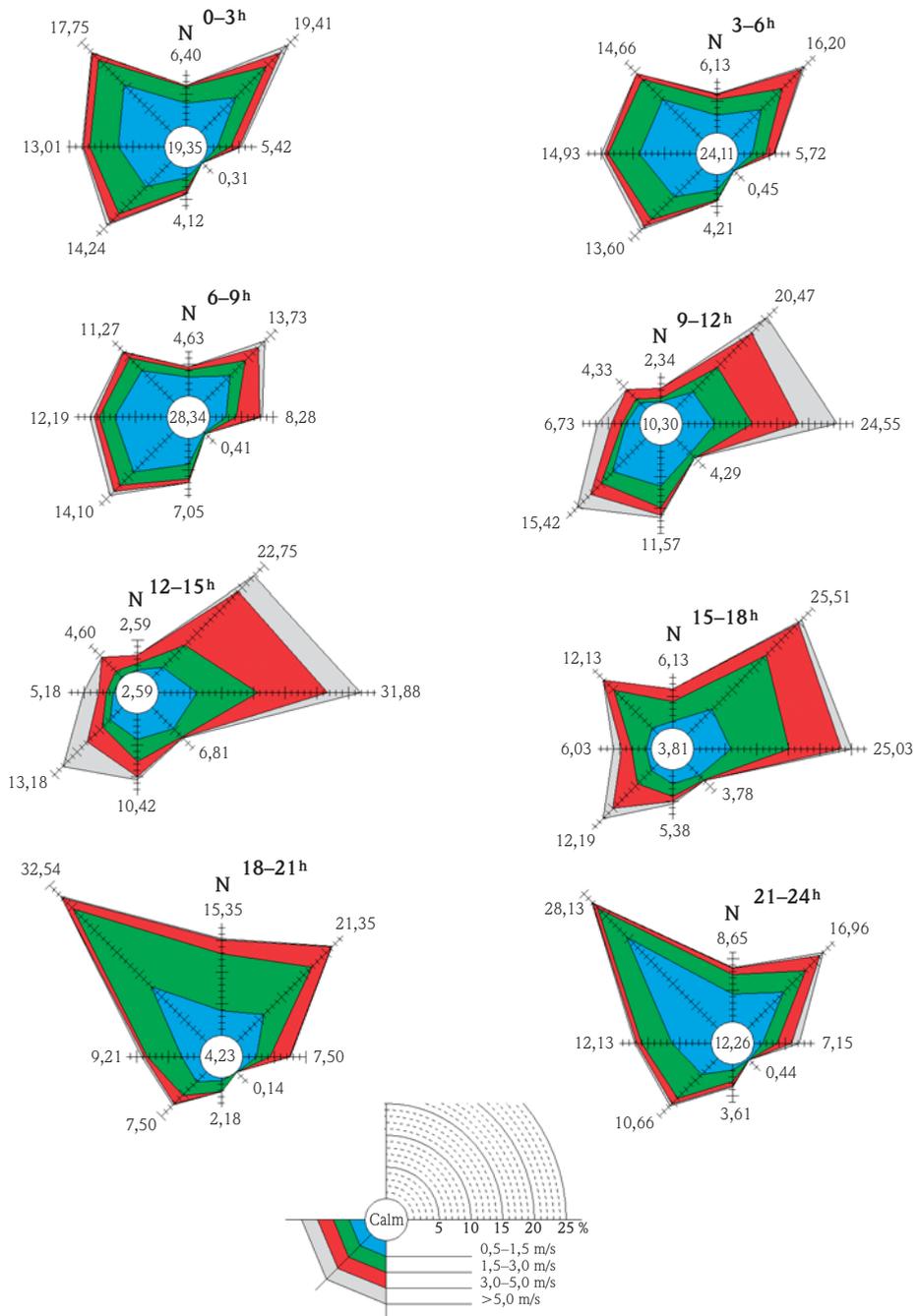


Abb. 8. Mittlere Windrichtungen und -geschwindigkeiten an Strahlungstagen für Geisenheim 1961-1990, Monat Oktober.