

Berichte
des
Deutschen Wetterdienstes

Nr. 138
(Band 18)

DK 551.553.6 : 551.576.3 : 551.586 : 634.8 (430.1—43.45)

**Das Häufigkeitsspektrum der Windrichtungen
in ökologischer Sicht**

(dargestellt an den besonderen Verhältnissen im Rheingau)

von

GÜNTHER HORNEY

(mit 14 Abbildungen im Anhang)

Offenbach a. M. 1975
Selbstverlag des Deutschen Wetterdienstes

Inhalt

	Seite
1 Einleitung	3
2 Die ökologische Bedeutung des Windes	3
3 Die Windverteilung bei Strahlungswetter	4
3.1 Die Windauszählungen in Geisenheim	4
3.2 Die Windrichtungen bei Strahlungswetter am Tage	5
3.3 Die Windrichtungen bei Strahlungswetter nachts	5
4 Die Windrichtung bei Hochnebel	5
5 Bedeutung der Windverteilung bei Strahlungswetter für die Immissionsbelastung	5
6 Die Windverteilung im Jahresgang	6
7 Schlußfolgerungen	6
Literatur	6
Anhang (Abb. 1 - Abb. 14)	7

Zusammenfassung

Die herkömmliche Aufbereitung klimatologischer Beobachtungswerte reicht für die Lösung ökologischer Problemstellungen oft nicht aus. Anhand der Bedeutung der Häufigkeit der Windrichtungen für den Weinbau wird gezeigt, wie eine spezielle Aufbereitung des vorhandenen Beobachtungsmaterials zur Lösung anstehender Probleme beiträgt. Es zeigt sich, daß die so gewonnenen Ergebnisse auch zur Lösung anderer Probleme, z. B. bei der Ausbreitung von Immissionsprodukten, beitragen können.

Abstract

The traditional climatological observations are in many cases not sufficient for the solution of ecological problems. By means of the significance of the frequency of wind-directions to problems of vine-growing is shown how a special preparation of the observations helps to solve ecological questions. We see that the so obtained results are of great help in the solution of other problems too, for instance by the spreading of air-pollutions.

1 Einleitung

Bei agrarmeteorologischen und ökologischen Untersuchungen stellt sich immer wieder heraus, daß das Klimamaterial in der herkömmlichen Darstellung als Summen und Mittelwerte zur Lösung des Problems nicht ausreicht. Es wird dann notwendig, das vorhandene Material unter jeweils zweckgebundenen Gesichtspunkten neu aufzubereiten. Dabei steht häufig nicht mehr der Gedanke im Vordergrund, daß die Beobachtungsergebnisse einer Klimastation für ein möglichst großes Gebiet repräsentativ sein sollen, sondern es geht um die Auswirkungen der einzelnen Klimafaktoren auf Mensch, Tier und Pflanze. Wir werden weiter unten sehen, daß dabei der Einfluß der Orographie auf den zeitlichen Verlauf und die räumliche Verteilung der Klimafaktoren eine entscheidende Rolle spielt. Einige kurze Beispiele mögen dies erläutern:

Die physiologischen Vorgänge in den Pflanzen kommen in der Regel erst oberhalb bestimmter Temperaturschwellen in Gang. Diese Temperaturschwellen sind von Pflanzenart zu Pflanzenart verschieden. Bei den Weinreben liegt die Temperaturschwelle bei etwa 10° C, bei Obstbäumen bei etwa 5 bis 6° C (Lufttemperatur in der Hütte). In bestimmten Entwicklungsabschnitten ist das Wachstum der Pflanzen eng mit der Temperatursumme oberhalb des jeweiligen Schwellenwertes korreliert. Besonders deutlich wird dieser Zusammenhang bei Obstbäumen und Reben im Zeitraum vom Vegetationsbeginn bis zur Blüte, weil in dieser Zeit die Temperatur von allen ökologischen Faktoren bei weitem das größte Gewicht hat. Diese biologisch wirksame Temperatursumme läßt sich nicht mit ausreichender Genauigkeit aus den Temperaturmitteln ableiten (1, 2, 3).

Bei der Beurteilung des Wärmehaushaltes von Standorten verschiedener Hangrichtung und Hangneigung kommt es nicht nur auf die Zahl der Sonnenscheinstunden für bestimmte Zeitabschnitte an, sondern mindestens ebenso sehr auf die Verteilung der Sonnenscheinstunden über den Tag im Verlauf der Jahreszeiten. Gerade im Herbst in der Reifezeit von Obst und Wein verlagert sich wegen des häufigen Frühdunstes und Frühnebels der Schwerpunkt des Sonnenscheins auf den Nachmittag. Damit erhalten Westhänge mehr Strahlungsenergie als Osthänge im gleichen Gebiet. Bei Standortbeurteilungen im Hinblick auf Weinbau- oder Obstbauwürdigkeit muß also der Tagesgang des Sonnenscheins mit in Rechnung gesetzt werden (4).

Im Rahmen der Flurbereinigung weinbaulich genutzter Hanglagen müssen die seit altersher vorhandenen Terrassierungen aus betriebswirtschaftlichen Gründen entfernt werden. Stattdessen werden große, einheitliche Flächen am Hang angelegt. Damit steigt selbstverständlich der Oberflächenabfluß und mit ihm die Gefahr der Wassererosion. Hierbei liegt der Schwerpunkt bei den Auswirkungen von Starkregen in der Vegetations-

periode, denn erosionsträchtige Oberflächenabflüsse aus der Schneeschmelze fallen in den Weinbaugebieten kaum an. Die Erfahrung zeigt nun, daß in bestimmten Gebieten, oft sogar in Teilen einer Gemarkung, erosionsträchtige Starkniederschläge in einer Häufigkeit auftreten, die weit über eine zufällige Häufung innerhalb einer großräumig zu erwartenden statistischen Verteilung der Starkniederschläge hinausgeht. Für Probleme der Wassererosion im Weinbau, z. B. bei der Planung von Vorflutern, Schlammfängen usw., müssen also das Häufigkeits- und Intensitätsspektrum der sommerlichen Starkniederschläge und seine Beeinflussung durch die Orographie den Ausgangspunkt bilden (5, 6).

Die Zahl der Beispiele ließe sich noch beliebig vermehren.

2 Die ökologische Bedeutung des Windes

Wie bei anderen Klimatelementen gibt es auch beim Wind Probleme, die mit der allgemeinen Statistik der Windrichtungen und -stärken nicht gelöst werden können. Bestandsklimauntersuchungen im Weinbau führten hier zu der ganz speziellen Frage nach der Häufigkeit der Windrichtungen bei Strahlungswetter.

Die Reben sind in den deutschen Weinbaugebieten, also 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, um so mehr werden auch die Temperaturdifferenzen durch Auswehen der warmen Bestandsluft nivelliert. Der Wind behindert also die Ausbildung des wärmeren Bestandsklimas und wirkt damit negativ auf die Entwicklung der Reben (4).

Die optimale Temperatur für die Reben, d. h. die Temperatur, bei der die Assimilation am intensivsten erfolgt, liegt bei 25° C (Blatttemperatur) (7). Gerade 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, wird die Wirkung des Windes nicht positiv. Zwar werden bei starker Einstrahlung und hohen Temperaturen die Blätter der Reben stark erhitzt und der Wind könnte dann abkühlend wirken. Ein anderer Effekt des Windes, nämlich die starke Erhöhung

der Verdunstung, hat aber dann das weit größere Gewicht. Unter dem Einfluß eines starken Verdunstungsanspruchs schließen die Reben die Spaltöffnungen. Dadurch wird die Verdunstung zwar herabgesetzt, gleichzeitig aber die Assimilation unterbunden, denn die zur Assimilation notwendige Kohlensäure 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 (8).

Neben der negativen Wirkung des Windes auf den Wasser- und Wärmehaushalt eines Bestandes übt er auch eine positive Wirkung aus, die besonders in phytopathologischer Hinsicht von Bedeutung ist. Der Wind trocknet den Bestand nach Regen oder Tau schneller ab und wirkt so der Ausbreitung der feuchtigkeitsabhängigen Pilzkrankheiten entgegen.

Der Wind kann also in ökologischer Sicht sowohl eine negative als auch eine positive Wirkung haben. Dies gilt fast immer auch für alle anderen ökologischen Faktoren. Es kommt demnach stets darauf an, die positiven und negativen Wirkungen gegeneinander abzuwägen, um z. B. im Rahmen der Standortbeurteilung zu einem endgültigen Urteil über die Auswirkungen eines ökologischen Faktors zu kommen.

Es gibt noch eine dritte ökologische Wirkung des Windes, nämlich mechanische Schäden durch Starkwinde. Starkwinde haben aber in erster Linie in der Forstwirtschaft besondere Bedeutung, im Weinbau ist ihre mechanische Wirkung ziemlich bedeutungslos. Hier kommen Schäden durch Windbruch nur sehr selten vor, daher soll dieser Gesichtspunkt im folgenden auch nicht weiter behandelt werden.

3 Die Windverteilung bei Strahlungswetter

Bei einer Betrachtung der beiden erstgenannten Wirkungen des Windes wird rasch klar, daß die negative Auswehung der warmen Bestandsluft nur bei Strahlungswetter vorkommen kann, die positive Abtrocknung der Rebstöcke dagegen nach Regenfällen, also meist bei bewölktem Wetter, sofern man im letzteren Falle einmal vom Taubelag nach Strahlungsnächten absieht.

Die gesetzliche Anbauregelung im deutschen Weinbau läßt die Anpflanzung von Reben nur auf solchen Standorten zu, auf denen mit einer bestimmten Vergleichsrebsorte im Mittel von 10 Jahren eine bestimmte Mindestqualität zu erwarten ist. Die Entscheidung wird von Sachverständigenkommissionen getroffen. Dabei wird in Zweifelsfällen vom Agrarmeteorologen eine klimatische Standortbeurteilung gefordert, die auch eine Abschätzung des Windeinflusses umfaßt. Daneben spielt das hier angesprochene Problem natürlich auch bei der Planung von Windschutzanlagen im Weinbau eine entscheidende Rolle.

3.1 Die Windauszählungen in Geisenheim

Aus den vorstehenden Überlegungen heraus wurde für Geisenheim die Häufigkeitsverteilung der Windrichtungen bei Strahlungswetter, d. h. bei einer Himmelsbedeckung von $\frac{4}{10}$ und weniger zum 14-Uhr-Klimatermin ausgezählt (4). Diese Auszählung ergab die zunächst überraschende Tatsache, daß zum 14-Uhr-Termin bei Strahlungswetter der Wind in rund zwei Dritteln aller Fälle aus Ost oder Ostnordost weht, bei überwiegend bedecktem Himmel dagegen aus westlichen Richtungen. Eine spätere Überprüfung zeigte übrigens, daß man die Grenze ohne wesentliche Änderungen auch bei $\frac{5}{10}$ -Bedeckung hätte ansetzen können. Erst ab $\frac{6}{10}$ -Bedeckung verlagert sich das Schwergewicht auf die Westkomponenten.

Im Zentralamt des Deutschen Wetterdienstes hat man im Rahmen der Erarbeitung neuer Unterlagen für die

Standortbeurteilung im Weinbau für alle im Weinbaugbiet liegenden synoptischen Stationen Häufigkeitsauszählungen der Windrichtung bei Strahlungswetter durchführen lassen, die ebenfalls meistens eine Verlagerung des Schwergewichtes auf Ost- bis Nordostwinde bei Strahlungswetter ergaben. Dabei wird selbstverständlich in jedem Einzelfall der Einfluß der Orographie in erheblichem Maße die endgültige Windverteilung bestimmen. Daß der Einfluß der Orographie im Rheingau die Ostkomponente zusätzlich begünstigt, ist ein Sonderfall. Der Einfluß der Orographie kann gelegentlich diese Ostkomponente auch völlig verdecken. Für Geisenheim war eine Auszählung mit der EDV-Anlage nicht möglich. Hier lagen zwar stündliche Windauswertungen vor, Wolkenbeobachtungen aber nur zu den Klimaterminen. Als Kompromißlösung wurden die Windrichtungen bei Strahlungswetter in dreistündigem Abstand anhand der Klimabeobachtungen und der Sonnenscheinregistrierungen aus den stündlichen Windauswertungen der Jahre 1960–1969 ausgezählt. Dabei wurde jede Stunde mit mehr als $\frac{5}{10}$ Stunden Sonnenschein zum Strahlungswetter gerechnet. Gleichzeitig wurde die Auszählung über die Vegetationsperiode hinaus auf das ganze Jahr ausgedehnt. Im Winterhalbjahr wurde die Himmelsbedeckung aus den Früh- und Abendbeobachtungen der Klimastation für die Stunden vor Sonnenaufgang und nach Sonnenuntergang geschätzt. Das gleiche Verfahren wurde angewendet, als es sich später als notwendig erwies, die Auszählung auf die Termine 21, 00 und 03 Uhr auszudehnen. Diese Forderung ergab sich aus Beobachtungen bei der Sichtung des Materials, die darauf hinwiesen, daß aus den Windrichtungen in Strahlungsnächten auch Hinweise auf den Kaltluftabfluß vom Rheingaugebirge zu erwarten waren.

Die Fehlermöglichkeiten aus der Interpolation der Himmelsbedeckung waren für die Tagesstunden mit Sicherheit gering, da ja die stündlichen Auswertungen des Sonnenscheins als Hilfsmittel zur Verfügung standen. Für die Nachtstunden war die Unsicherheit natürlich größer. Es wurde jedoch versucht, die Fehler durch Berücksichtigung der Wetterlagen und der jeweiligen Minimumtemperaturen so klein wie möglich zu halten.

Um die graphischen Darstellungen nicht zu unübersichtlich werden zu lassen, wurden neben den Windstillen nur zwei Geschwindigkeitsbereiche unterschieden, und zwar: 1–2 m/s und 3 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 Metern kaum in den Bestand hineingreift, auch wenn der Wind zeilenparallel weht. Bis heute ist noch der größte Teil aller Weinberge mit Zeilenabständen unter 2 Meter – sogenannte Normalanlagen – gepflanzt. Weinberge mit Zeilenabständen über 2 Meter (Weittraumanlagen) werden aber in Zukunft aus betriebswirtschaftlichen Gründen stark zunehmen. Je größer der Zeilenabstand ist, um so leichter wird auch die warme Bestandsluft ausgeweht, was eine Minderung der erreichbaren Qualität zur Folge hat. Die derzeit in Zusammenarbeit mit dem Weinbauinstitut der Forschungsanstalt Geisenheim durchgeführten Bestandsklimauntersuchungen sollen klären, bei welcher Zeilenbreite für jeden Standort der optimale Kompromiß zwischen betriebswirtschaftlichen Erwägungen und Qualitätsbestrebungen zu suchen ist. Dazu ist eine möglichst genaue Erfassung des Bestandsklimas und der Faktoren, die dieses beeinflussen, notwendig.

Wenn man zunächst die Häufigkeit der Windrichtungen aller dreistündigen Termine für 10 Jahre auszählt, ergibt sich ein Häufigkeitsdiagramm der Windrichtungen, das in charakteristischer Weise drei Richtungen sehr deutlich hervorhebt. Dabei ist die Bevorzugung der

Südwestrichtung für den hiesigen Raum normal. Südwest ist hier die häufigste Windrichtung. Daneben fällt jedoch ein sehr enges Maximum um Ost bis Ostnordost ins Auge, über das später ausführlich zu sprechen sein wird. Weiterhin ist ein ausgeprägtes Maximum um Nordwest bis Nordnordwest vorhanden, das ebenfalls zu diskutieren ist. Bemerkenswert ist die geringe Häufigkeit von Winden aus dem Sektor von Süd bis Ost-südost.

3.2 Die Windrichtungen bei Strahlungswetter am Tage

Wenn man nun die Fälle mit einer Himmelsbedeckung von $\frac{4}{10}$ und weniger auszählt, verschwinden die Südwestwinde zwar nicht völlig, sie treten aber deutlich hinter die Winde aus Ostnordost und Nordnordwest zurück. Nimmt man dagegen die Fälle mit einer Bedeckung von $\frac{5}{10}$ und mehr, liegt das Maximum bei Südwest. Die beiden anderen Maxima sind jedoch auch noch deutlich zu erkennen. Dies hat im wesentlichen zwei Gründe: Einmal haben spätere Vergleiche gezeigt, daß man alle Fälle mit einer Bedeckung von $\frac{5}{10}$ noch zu den Strahlungslagen rechnen kann, ohne das Bild zu verfälschen. Zum anderen wurden notwendigerweise die Nebel- und Hochnebellagen vor allem im Herbst und Winter mit zum bedeckten Wetter gerechnet, obwohl sie bei ähnlicher Druckverteilung wie bei Strahlungslagen in der Regel Ostwind bringen. Die verhältnismäßig scharfe Einengung auf Ostnordost ist zwanglos aus einer Windführung am Südhang des Rheingaugebirges zu erklären, das ja von Ostnordost nach Westsüdwest verläuft. Insbesondere gilt dies natürlich für die Strömung in den bodennahen Schichten unterhalb der Inversion bei Hochdruckwetter.

3.3 Die Windrichtungen bei Strahlungswetter nachts

Das Maximum bei Nordnordwest läßt sich erst deuten, wenn man den Tagesgang der Windrichtungen betrachtet. Es wurde bereits darauf hingewiesen, daß während der Tagesstunden bei Einstrahlung die Ost- und Ostnordostwinde 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 Nordnordwest. 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 03 Uhr langsam auf West bis Südwest. Nach Sonnenaufgang erfolgt dann wieder ein Umspringen auf Ost bis Ostnordost.

Der Kaltluftabfluß wird natürlich ebenfalls von der Orographie beeinflusst, d. h. er folgt weitgehend den zum Rhein führenden Talzügen, fächert aber im Vorland auf, wobei hier insgesamt eine Nordnordwest-Strömung, also senkrecht zum mittleren Hangverlauf, resultiert. In einzelnen Fällen, und zwar insbesondere dort, wo außer Wald noch größere als Kaltluftsprungsgebiete 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 03 Uhr aus. Ein solcher Kaltluftstrom ist bereits seit vielen Jahren bekannt. Es ist der Wisperwind, der in Strahlungsnächten aus dem Wispertal bei Lorch ins Rheintal weht (9). Inzwischen konnte ein weiterer Kaltluftstrom bei Eltville gefunden werden. Er weht aus dem Sülzbachtal ebenfalls mit Strömungsgeschwindigkeiten von 6 bis 8 m/s bis kurz nach Sonnenaufgang. Die größten Strömungsgeschwindigkeiten wurden hier am Fuß des Rauenthaler Berges im Gemarkungsteil Wieshell gefunden. In seinem weiteren Verlauf fächert er im Vorland des Rauenthaler

Berges rasch auf und ist im Ortsbereich Eltville keine auffällige Erscheinung mehr. Daher ist er bei der Bevölkerung ziemlich unbekannt.

Wenn das Maximum bei Nordnordwest auch bei bedecktem Wetter noch in erheblichem Umfang vorhanden ist, so hat dies im wesentlichen zwei Gründe. Einmal dürften bei unserer Auszählung so manche Stunden mit nächtlicher Ausstrahlung nicht erfaßt worden sein, wenn zum Abend oder am Morgen bei der Klimabeobachtung stärkere Bewölkung vorhanden war. Andererseits spielt die bereits erwähnte Tatsache eine Rolle, daß man Fälle mit einer Himmelsbedeckung von $\frac{5}{10}$ noch zum Strahlungswetter rechnen kann, ohne daß sich dies auf die hier diskutierte Windverteilung auswirkt.

4 Die Windrichtung bei Hochnebel

Bildet sich bei gleichen Wetterlagen vor allem im Herbst und Winter Nebel oder Hochnebel, der die Ausstrahlung und damit die Bildung von Strahlungskaltluft verhindert, erfolgt keine Winddrehung. Die Windrichtung bleibt dann 24 Stunden am Tag bei Ost bis Ostnordost. Es gibt hierfür ein besonders instruktives Beispiel. Im Dezember 1968 lag der Rheingau mehrere Wochen unter einer Hochnebeldecke mit einer Untergrenze bei 300 m NN. Die Rheingauhöhen ragten also in den Nebel hinein, wobei die Temperaturen ziemlich konstant knapp unter dem Gefrierpunkt lagen. Bei dieser Wetterlage bildete sich im Höhenbereich zwischen 300 und 400 m über NN am Hang des Rheingaugebirges ein außerordentlich starker Ansatz von Nebelfrost, der zu katastrophalen Eisbruchschäden führte. Dabei wuchs das Eis immer nach der gleichen Richtung, wie die beigegebenen Aufnahmen zeigen. Dies ist nur möglich, wenn die Windrichtung völlig konstant bleibt.

5 Bedeutung der Windverteilung bei Strahlungswetter für die Immissionsbelastung

Da man Strahlungswetterlagen in erster Näherung mit Inversionslagen gleichsetzen kann, bei denen der Massenaustausch in der bodennahen Luftschicht zumindest stark behindert ist, sind die hier dargestellten Windverhältnisse nicht nur agrarmeteorologisch bzw. ökologisch von Interesse, sondern sie haben auch eine erhebliche Bedeutung bei der Ausbreitung von Emissionsprodukten, die zu Umweltschäden führen können. Es ist im vorliegenden Fall zu folgern, daß bei Strahlungswetterlagen eine erhebliche Belastung des Rheintales zwischen Wiesbaden und Rüdeseim durch Emissionen aus dem industriellen Ballungsraum um die Mainmündung zu erwarten ist. Im Raum Geisenheim werden diese Emissionen zwar kaum noch für die menschlichen Sinne, etwa in Form einer Geruchsbelästigung wahrnehmbar, sie zeigen sich aber doch deutlich durch Schäden an empfindlichen Pflanzen (z. B. Lindensäulen) sowie durch eine erhebliche Zunahme der Korrosionen an Metallteilen im Freien. Hierfür sei nur ein Beispiel angeführt: In den Jahren kurz vor und kurz nach dem letzten Kriege wurden im Raum Geisenheim - Rüdeseim - Bingen umfangreiche Strahlungsmessungen über mehrere Vegetationsperioden durchgeführt. Das dabei verwendete Sternpyranometer zeigte nach Abschluß dieser Messungen keinerlei Korrosionsschäden. Als es nun in den letzten Jahren erneut eingesetzt wurde, war die Vernickelung innerhalb nur einer Vegetationsperiode völlig korrodiert. Ebenso hielt die Verchromung an moderneren Instrumenten oft nur eine Vegetationsperiode. Da die Industrieproduktion im Raum Höchst-Raunheim in den letzten Jahrzehnten seit dem Krieg steil zugenommen hat, hat damit natürlich auch der Umfang der Immissionen zugenommen, so daß es heute im ganzen Rheingau zu einer stark erhöhten Umweltbelastung gekommen ist, die sich in den starken Korrosionen freier Metallteile äußert. Es liegt auf der

Hand, daß hierbei die besonderen Strömungsverhältnisse in der bodennahen Luftschicht bei Strahlungs- bzw. Inversionslagen eine maßgebliche Rolle spielen.

6 Die Windverteilung im Jahresgang

Die Betrachtung der Winddiagramme im einzelnen bietet einige weitere Zusammenhänge. Die geringere Häufigkeit von Strahlungslagen im Winter entspricht den Erwartungen. Im Winter treten ja oft Hochnebel- oder Nebellagen an die Stelle der Strahlungslagen. Da in diesen Fällen wegen der fehlenden Ausstrahlung der Abfluß von Strahlungskaltluft von den Rheingauhöhen unterbleibt, bleibt die Ostkomponente in der Strömung dann natürlich auch in den Nachtstunden erhalten. Ebenso wird im Winter das Rückdrehen des Windes von Nordnordwest über West auf Südwest seltener. Im März beginnt dieses Rückdrehen bereits um Mitternacht, desgleichen im November. Von April bis Oktober ist die Rückdrehung erst ab 03 Uhr zu beobachten.

In den Sommermonaten entspricht die Abnahme der Häufigkeit von wolkenarmen Terminbeobachtungen zum Mittagstermin und am frühen Nachmittag und das rasche Ansteigen gegen Abend der in dieser Zeit häufigen Thermikbewölkung. Die Bildung von Quellwolken beginnt ja in der Regel am späten Vormittag und endet einige Zeit vor Sonnenuntergang. Da gerade bei solchen „Schönwettercumuli“ die Gesamtbedeckung des Himmels infolge der Kulissenwirkung vom Beobachter recht häufig überschätzt wird, ist hier eine weitere Ursache dafür zu suchen, daß die Ost- bzw. Ostnordostwinde auch bei einer Himmelsbedeckung von fünf Zehnteln und mehr noch ein Maximum zeigen.

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

7 Schlußfolgerungen

Zusammenfassend sei hier nochmals festgestellt: Wenn man die Häufigkeit der Windrichtungen in Abhängigkeit von der Himmelsbedeckung auszählt, ergibt sich eine Windverteilung, die erheblich von der allgemeinen Häufigkeit der Windrichtungen abweicht. Weil die Erwärmung von Rebbeständen durch die Sonneneinstrahlung in unserem Gebiet auf die Qualitätsbildung einen entscheidenden Einfluß hat, hat die Kenntnis der Windverteilung bei Strahlungswetter, durch die ggf. dieses günstigere Bestandsklima zerstört werden kann, in der Weinbauökologie eine erhebliche Bedeutung. Bei der Standortbeurteilung im Weinbau führen die hier dargestellten Erkenntnisse zu völlig neuen Bewertungsmaßstäben für die Windexposition. Die besonderen Verhältnisse im Rheingau zeigen aus orographischen Gründen eine besonders enge Bündelung der Windrichtungen bei Strahlungswetter auf Ost bis Ostnordost und damit eine besonders negative Auswirkung der Windoffenheit bei diesen Azimuten der Hangneigung. Dies ist einer der Gründe für die empirisch schon längst bekannte Tatsache, daß Osthänge für den Weinbau wesentlich ungünstiger sind als Süd- und Westhänge unter sonst gleichen ökologischen Bedingungen.

Da man Strahlungslagen in erster Näherung mit Inversionslagen gleichsetzen kann, gewinnen die hier dargestellten Windverhältnisse auch an Bedeutung für Standortbeurteilungen im Hinblick auf Umweltbelastungen durch Emissionsquellen.

In klaren Nächten wird die tagsüber vorhandene Ostströmung im Rheingau nach Sonnenuntergang von einer Nordnordwestströmung 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 West auf Südwest. Mit Sonnenaufgang springt die Windrichtung dann wieder auf Ost. Bildet sich aber in der Nacht Nebel oder Hochnebel, bleibt die Ostströmung während der ganzen Nacht erhalten. Dadurch kann es im Winter zu sehr starkem einseitigen Nebelfrostansatz und damit zu katastrophalen Eisbruchschäden in den Waldungen kommen.

Das Ergebnis der hier vorgelegten Auszählung bietet einige Hinweise für ökologische Standortbewertungen, sei es im Hinblick auf die Landwirtschaft, sei es im Hinblick auf den Umweltschutz. Es wird aber auch klar, daß eine Auszählung anhand der Aufzeichnung der Wolkenbedeckung des Himmels noch nicht ausreicht. So bietet die Häufigkeit der Windrichtungen bei einer Himmelsbedeckung von $\frac{5}{10}$ und mehr annähernd noch das gleiche Bild wie die Auszählung aller Beobachtungen. Die Auszählung der Fälle mit einer Himmelsbedeckung von $\frac{4}{10}$ und weniger zeigt dagegen eine eindeutige Bevorzugung der Ostnordost- und der Westnordwestkomponente. Über die Ursachen, warum auch bei stärkerer Himmelsbedeckung noch eine eindeutige Häufung bei Ostnordost und Westnordwest vorhanden ist, wurde bereits gesprochen. Die Beobachtung legt aber den Schluß nahe, daß es sowohl im Hinblick auf die Ökologie wärmebedürftiger Kulturpflanzen als auch im Hinblick auf den Umweltschutz notwendig ist, die hier deutlich werdenden Zusammenhänge zwischen Orographie, Windhäufigkeit und Wetterlage näher zu untersuchen. Hier bietet sich eine Untersuchung der Zusammenhänge zwischen dem bodennahen Windfeld, der Orographie und dem Gradientwind der 850-mbar-Fläche unter Berücksichtigung der Wetterlagen an. Eine solche Untersuchung ist geplant.

Literatur

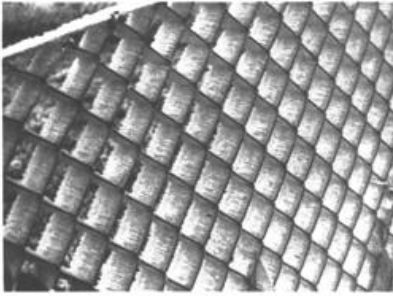
- (1) WEGER, N.; HERBST, W.; RUDLOFF, C. F.: Witterung und Phänologie der Blühphase des Birnbaumes. Wiss. Abh. d. Reichsamtes f. Wetterdienst 7 (1940) Nr. 1.
- (2) HORNEY, G.: 25 Jahre Blühvorhersagen in Geisenheim. Meteorol. Rdsch. 18 (1965) H. 2, S. 33–40.
- (3) HORNEY, G.: Die Vorhersage des Blühtermins der Reben. Weinberg u. Keller 13 (1966) S. 263–273.
- (4) HORNEY, G.: Die klimatischen Grundlagen des Anbaues von Weinreben in Deutschland. Weinberg u. Keller 19 (1972) S. 305–320.
- (5) HORNEY, G.: Ein Beitrag zur Frage der Wassererosion im Weinbau. Weinberg u. Keller 16 (1969) S. 629–652.
- (6) RICHTER, G.: Bodenerosion – Schäden und gefährdete Gebiete in der Bundesrepublik Deutschland. Gutachten im Auftrage des Bundesminist. f. Landwirtschaft, u. Forsten – Bundesanst. f. Landeskd. u. Raumforsch. Selbstverlag – Bad Godesberg 1965.
- (7) BOSIAN, G.: Assimilations- und Transpirationsbestimmungen an Reben im Freiland mit klimatisierten Küvetten. Weinwiss. 19 (1964) S. 265–271.
- (8) SCHNEIDER, M.; HORNEY, G.: Auswirkungen von Beregnung auf Boden- und Bestandsklima sowie auf Blattertemperaturen im Weinbau. Z. f. Bewässerungswirtsch. H. 2 (1969) S. 162–199.
- (9) HORNEY, G.: Wettererscheinungen in ausströmender Kaltluft. Meteorol. Rdsch. 22 (1969) H. 4, S. 106–113.

A n h a n g

- Abb. 1 Beispiel einseitigen Nebelfrostansatzes bei mehrwöchigem Hochnebel und absolut konstanter Windrichtung
- Abb. 2 Häufigkeitsverteilung der Windrichtungen in Geisenheim 1960–1969 (alle Wetterlagen – Strahlungswetter – bewölktetes Wetter)
- Abb. 3–14 Häufigkeit der Windrichtungen bei Strahlungswetter für jeden Monat (dreistündige Termine)



1 (a)

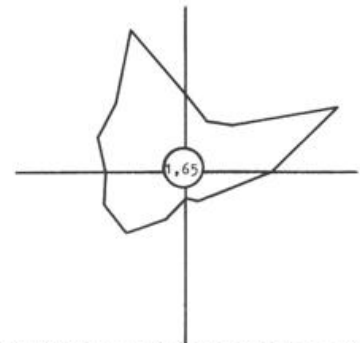
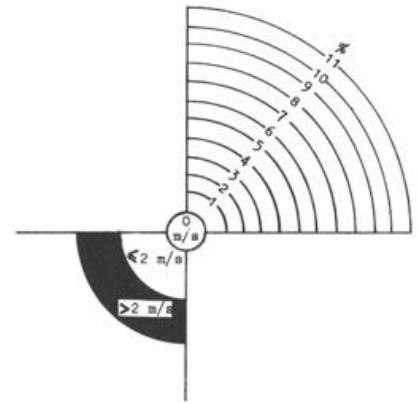


1 (b)



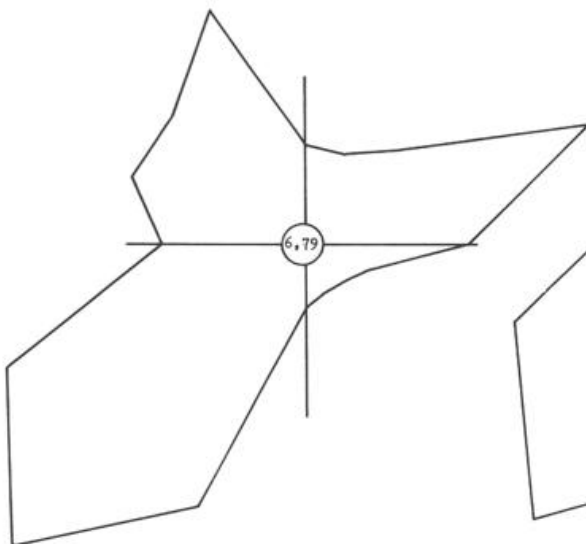
1 (c)

Abb. 1 (a-c) Nebelfrostansatz bei einer Nebellage mit Temperaturen um -2°C im Mittelgebirge (Dez. 1968 in Presberg, 420 m NN). Aus orographischen Gründen blieb die Windrichtung in diesem Falle über fast zwei Wochen konstant.



2 (a) Alle Strahlungslagen in % aller Wetterlagen $\leq 4/10$

2 (b) alle Fälle mit Himmelsbedeckung $\geq 5/10$



2 (c) alle Wetterlagen

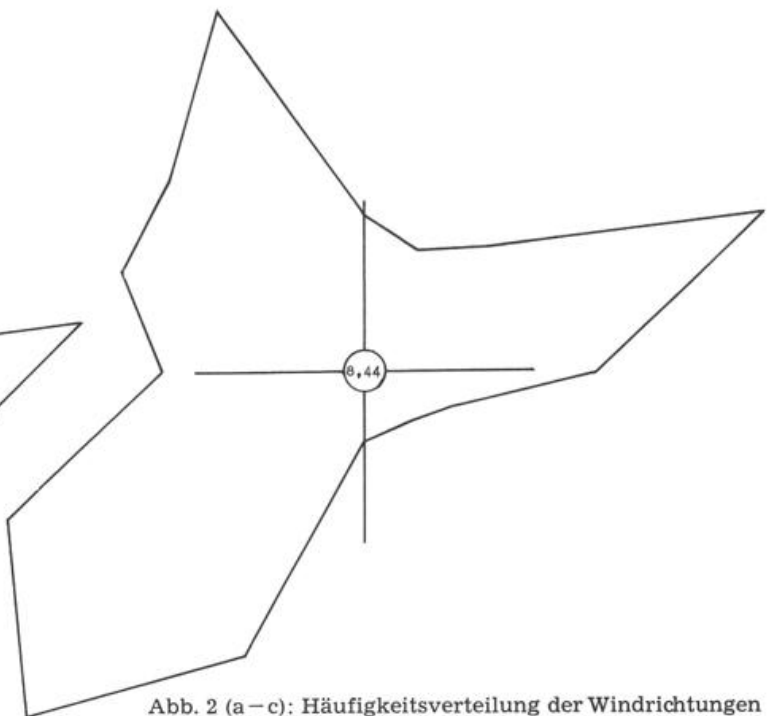
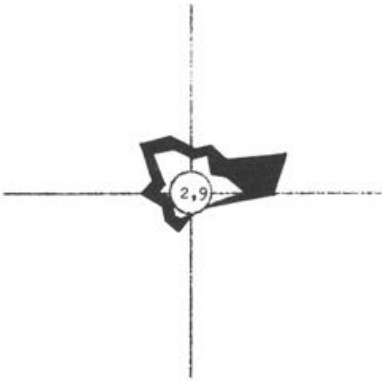
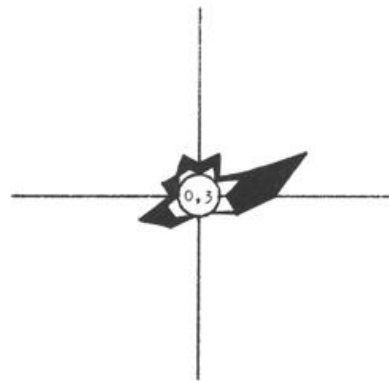


Abb. 2 (a-c): Häufigkeitsverteilung der Windrichtungen in Geisenheim 1960-1969

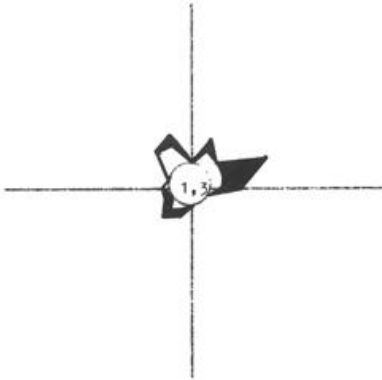
Termin 00



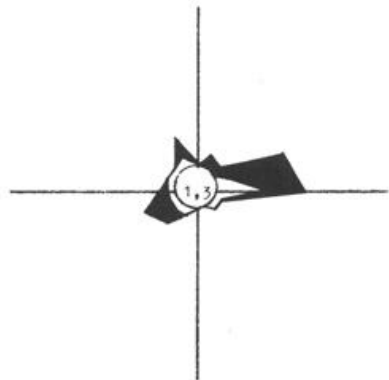
Termin 12



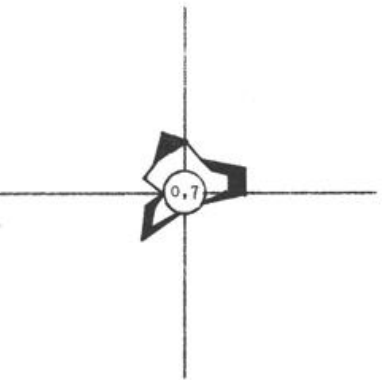
Termin 03



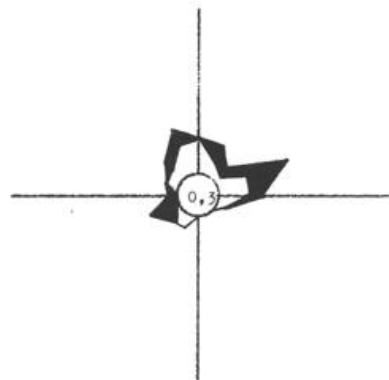
Termin 15



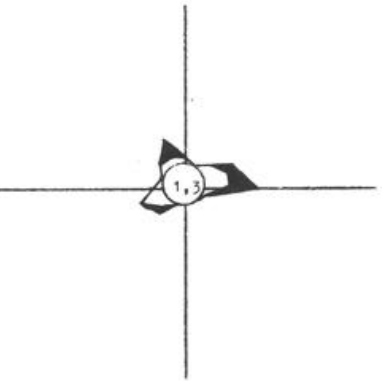
Termin 06



Termin 18



Termin 09



Termin 21

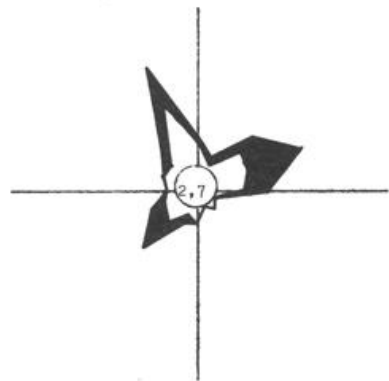
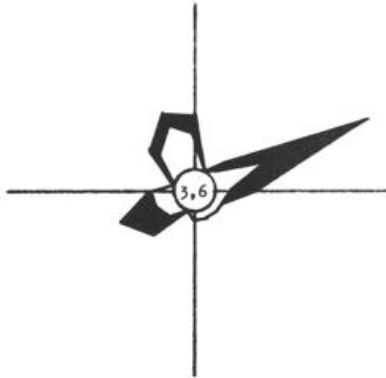
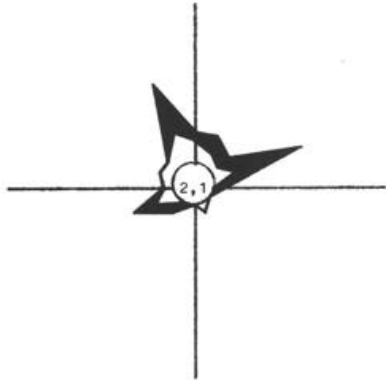


Abb. 3: Januar

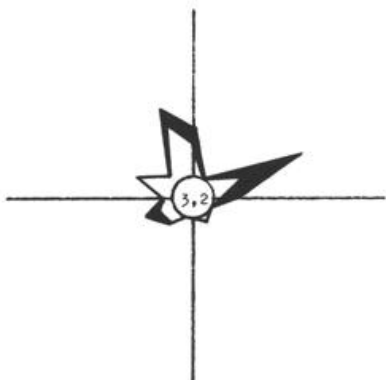
Termin 00



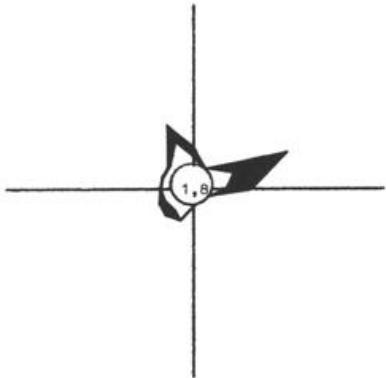
Termin 03



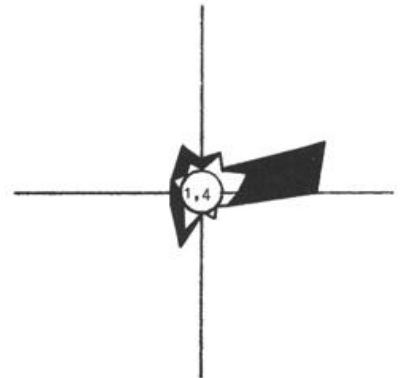
Termin 06



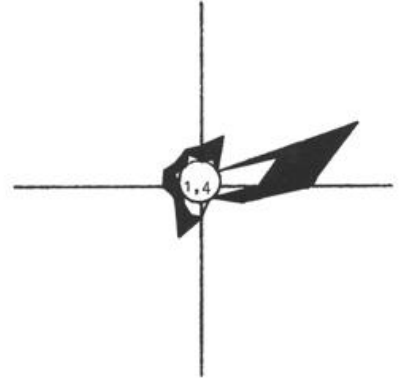
Termin 09



Termin 12



Termin 15



Termin 18



Termin 21

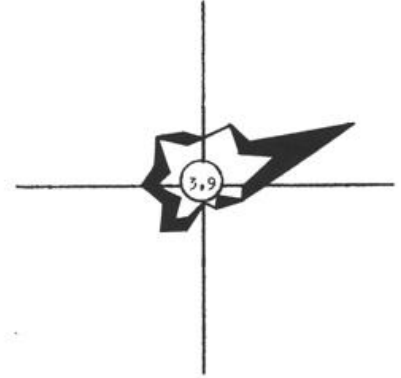
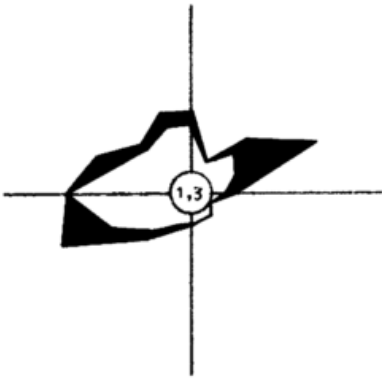
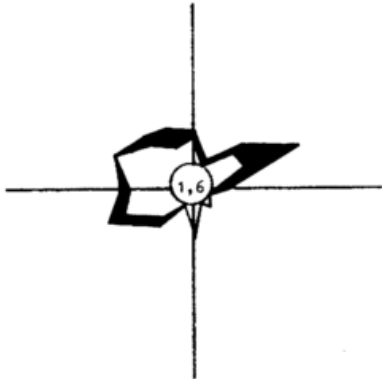


Abb. 4: Februar

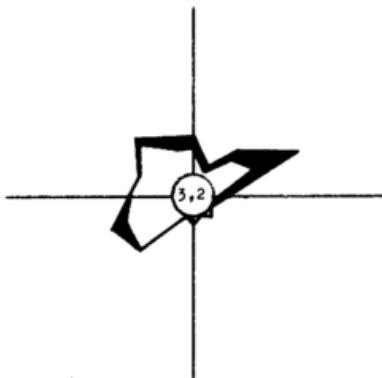
Termin 00



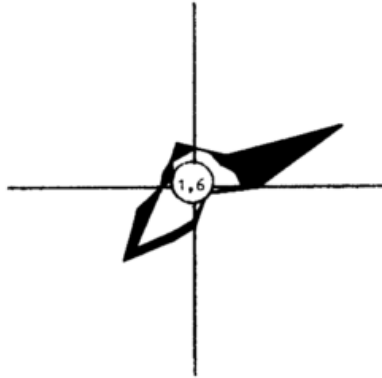
Termin 03



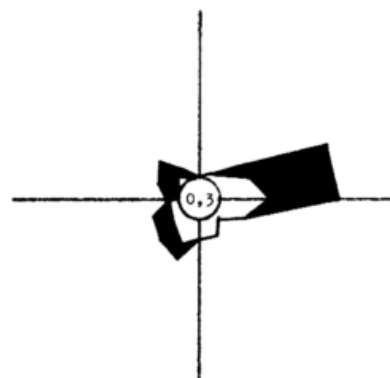
Termin 06



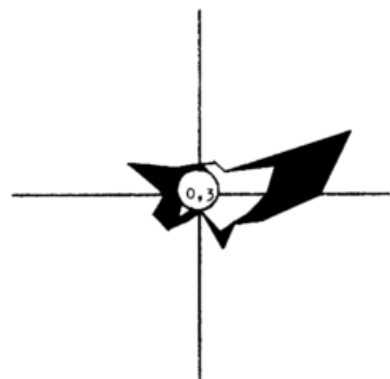
Termin 09



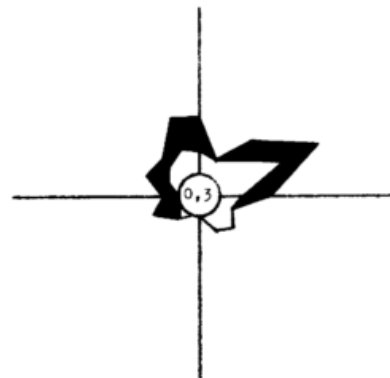
Termin 12



Termin 15



Termin 18



Termin 21

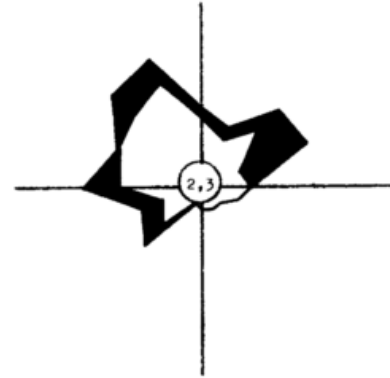
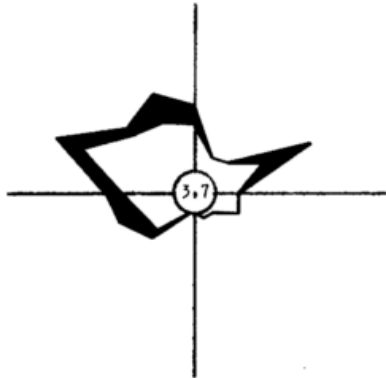
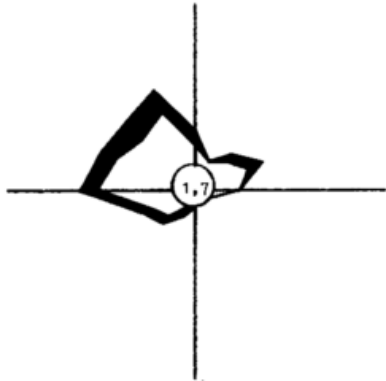


Abb. 5: März

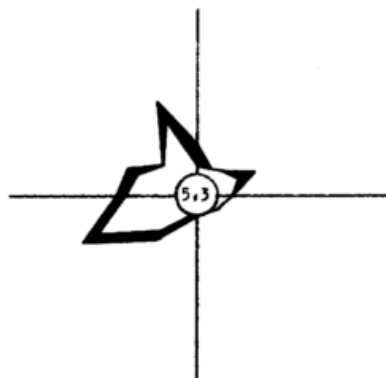
Termin 00



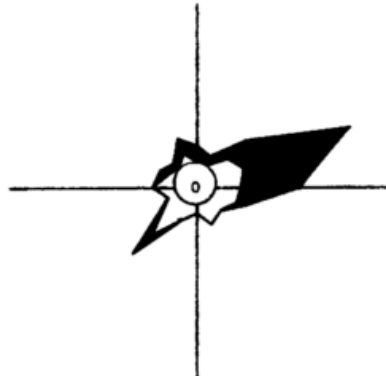
Termin 03



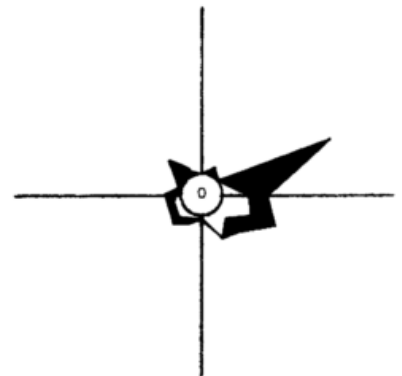
Termin 06



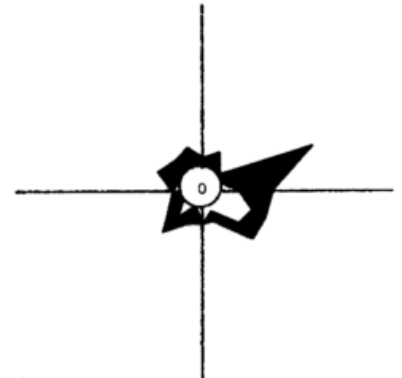
Termin 09



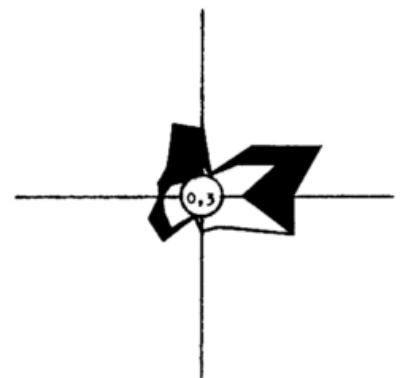
Termin 12



Termin 15



Termin 18



Termin 21

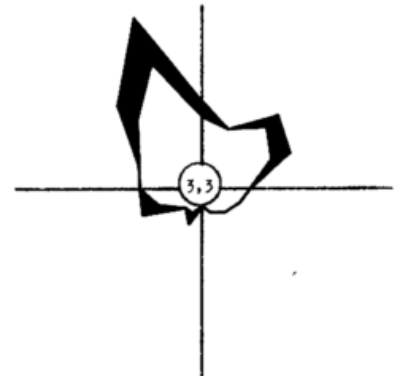
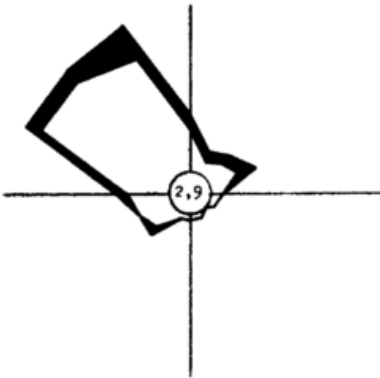
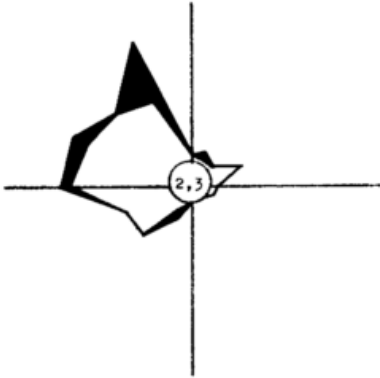


Abb. 6: April

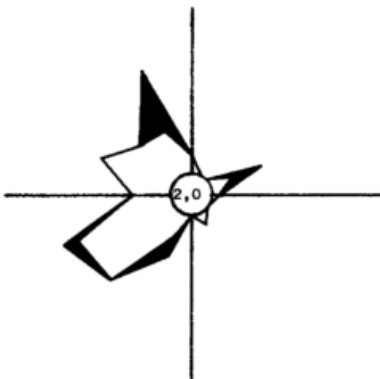
Termin: 00



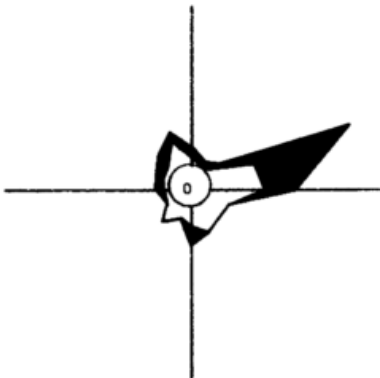
Termin: 03



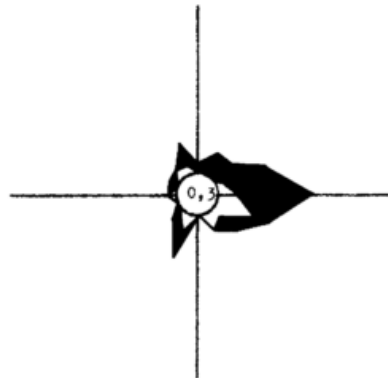
Termin: 06



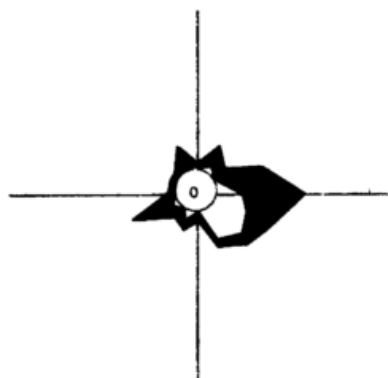
Termin: 09



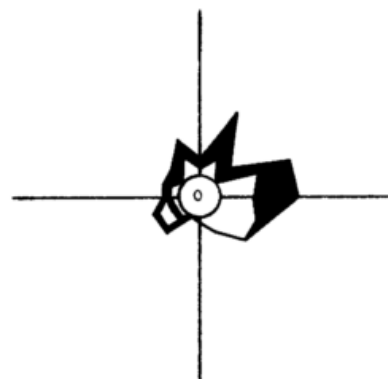
Termin: 12



Termin: 15



Termin: 18



Termin: 21

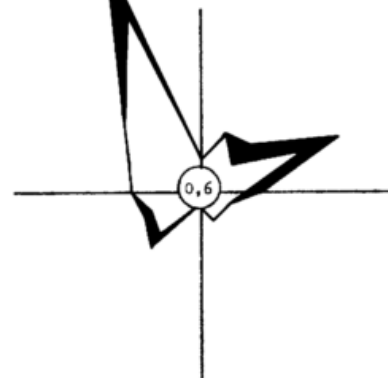
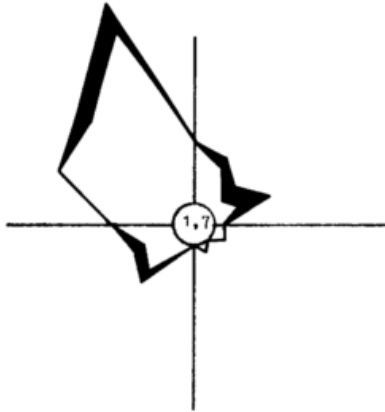
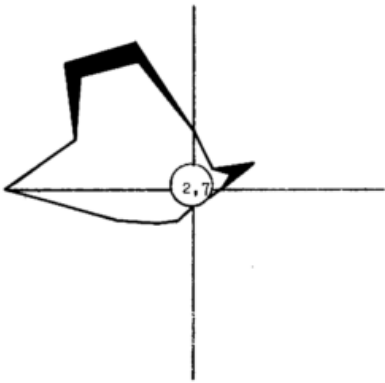


Abb. 7: Mai

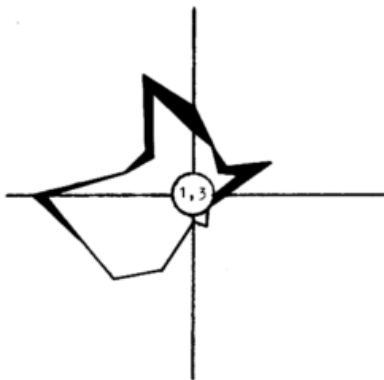
Termin: 00



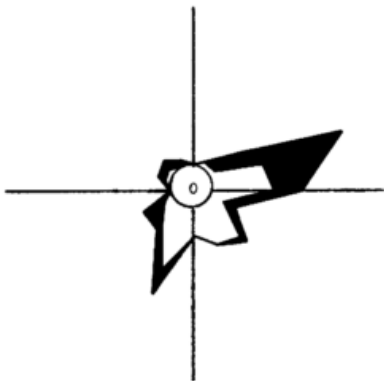
Termin: 03



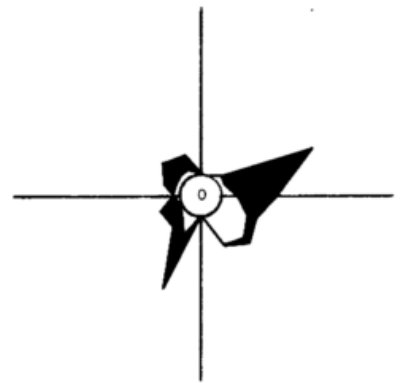
Termin: 06



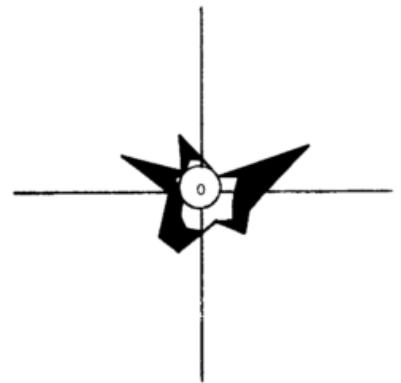
Termin: 09



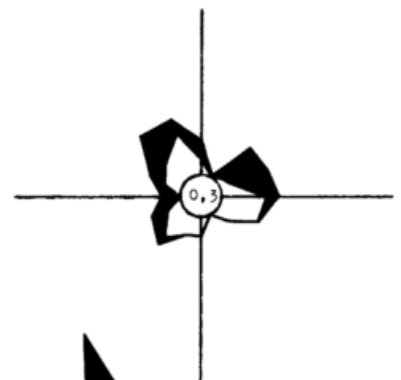
Termin: 12



Termin: 15



Termin: 18



Termin: 21

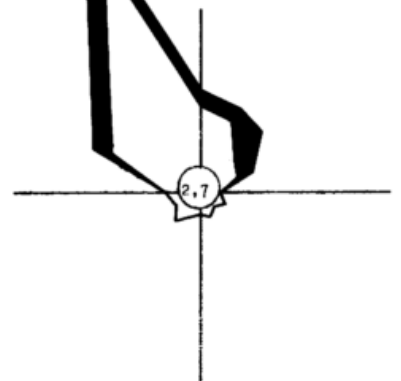
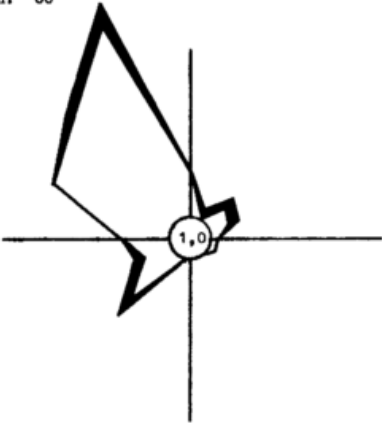
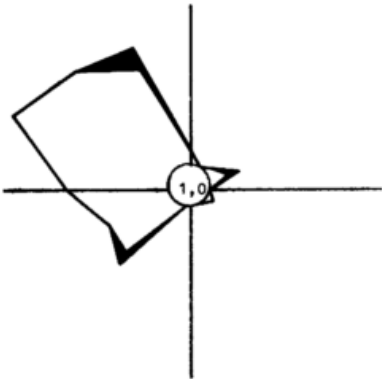


Abb. 8: Juni

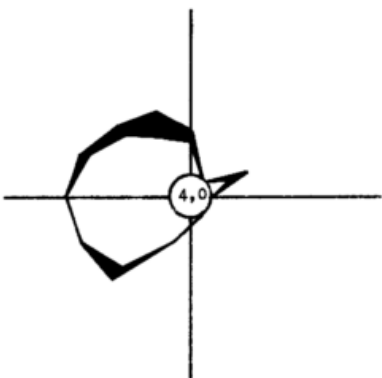
Termin: 00



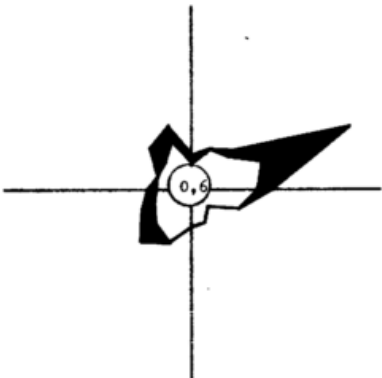
Termin: 03



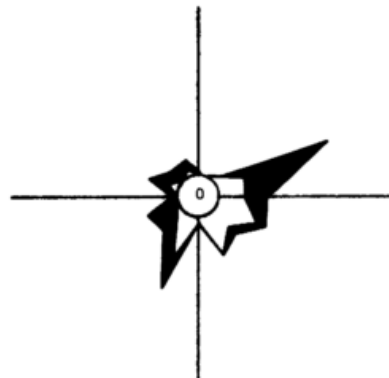
Termin: 06



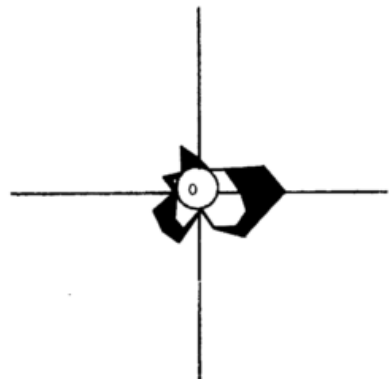
Termin: 09



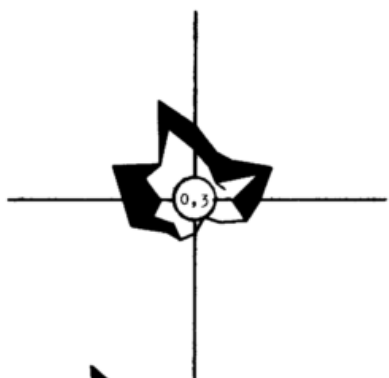
Termin: 12



Termin: 15



Termin: 18



Termin: 21

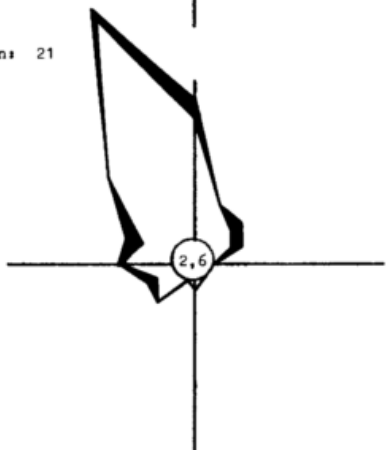
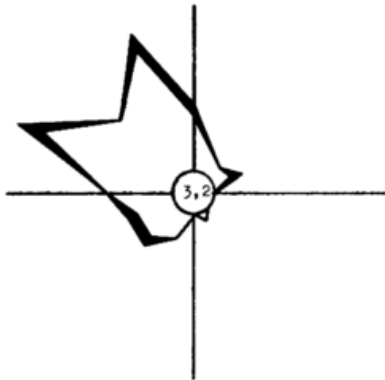
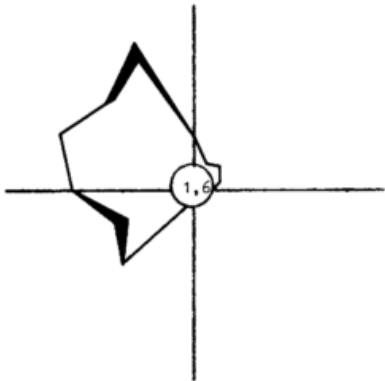


Abb. 9: Juli

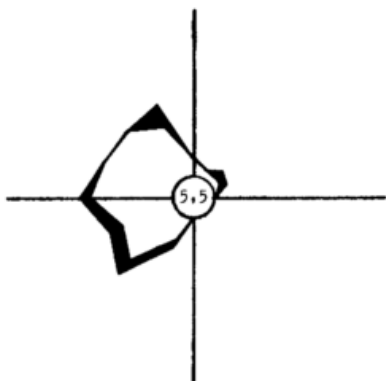
Termin: 00



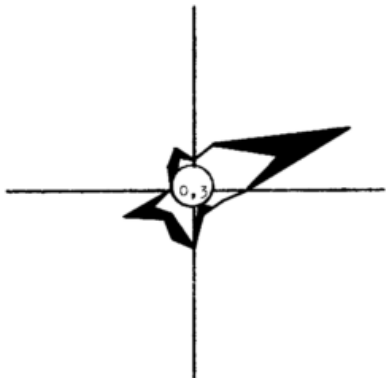
Termin: 03



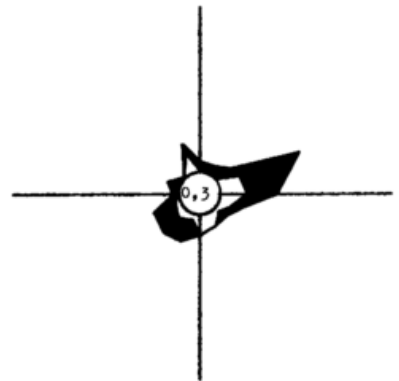
Termin: 06



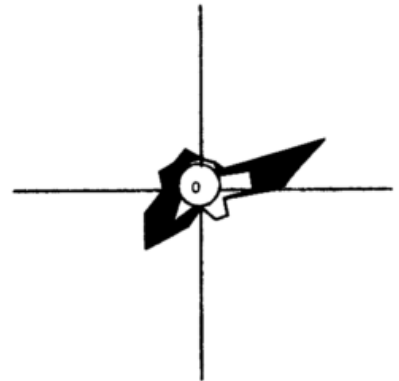
Termin: 09



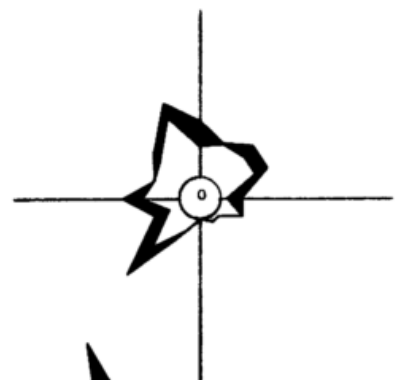
Termin: 12



Termin: 15



Termin: 18



Termin: 21

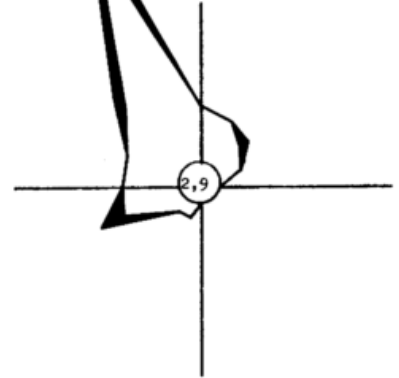
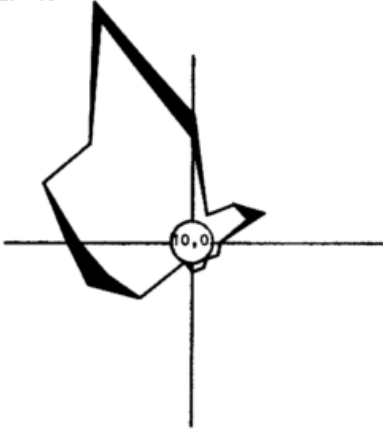
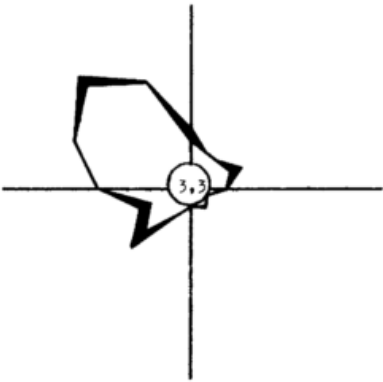


Abb. 10: August

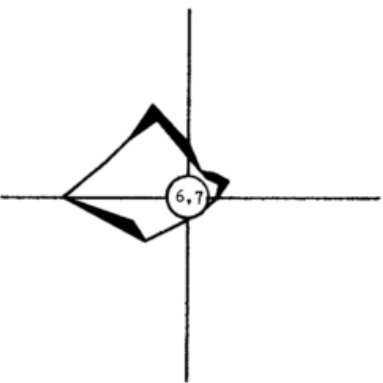
Termin: 00



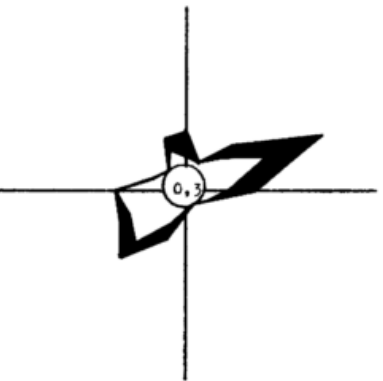
Termin: 03



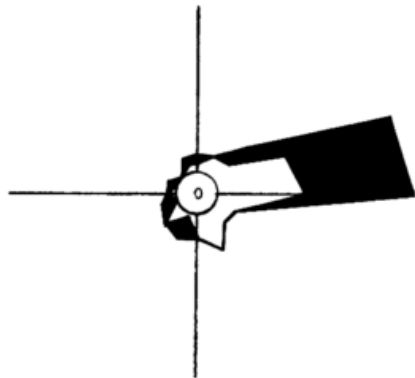
Termin: 06



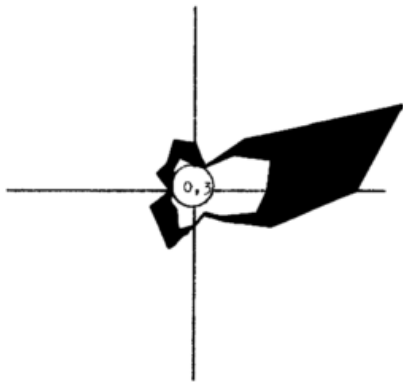
Termin: 09



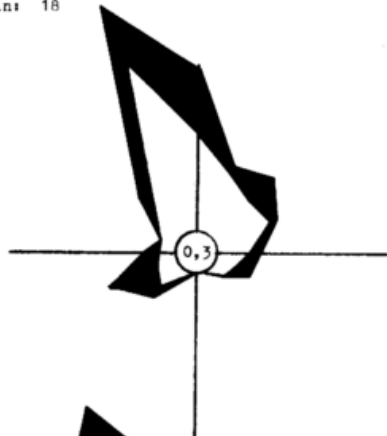
Termin: 12



Termin: 15



Termin: 18



Termin: 21

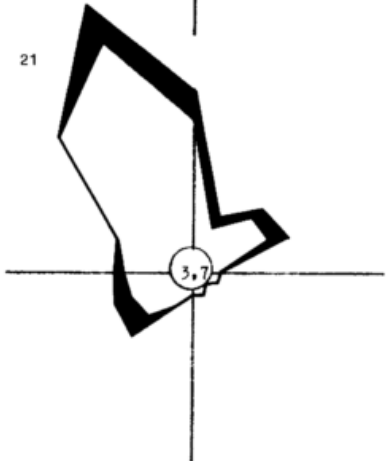
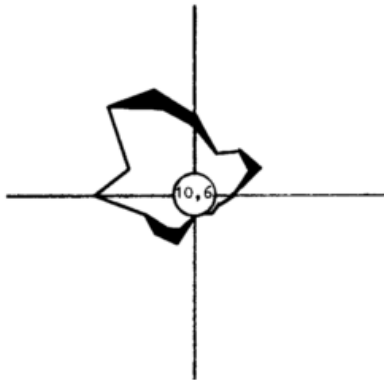
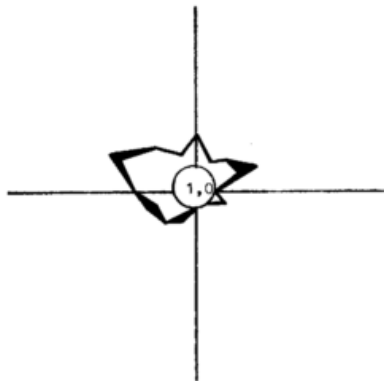


Abb. 11: September

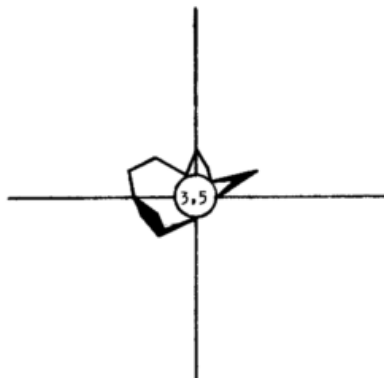
Termin: 00



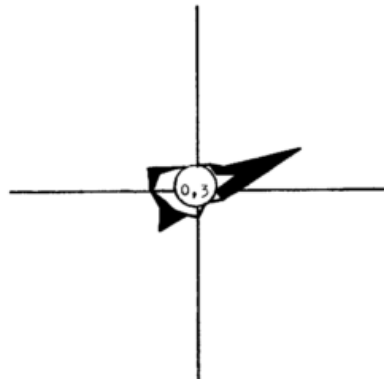
Termin: 03



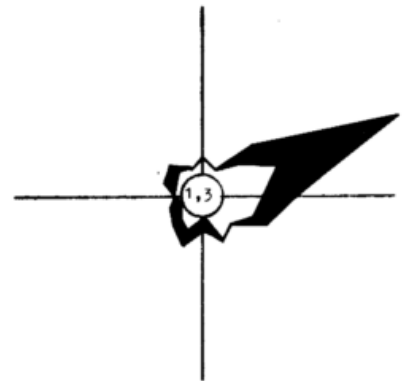
Termin: 06



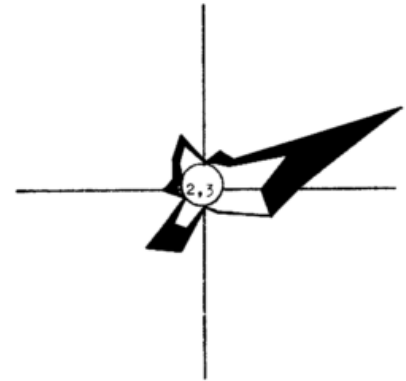
Termin: 09



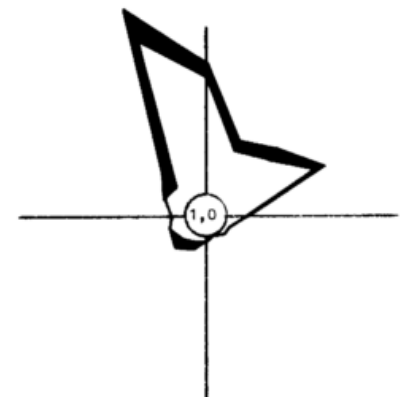
Termin: 12



Termin: 15



Termin: 18



Termin: 21

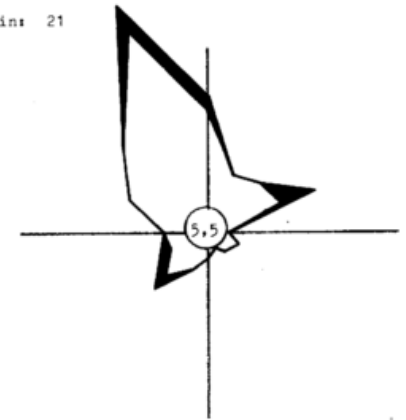
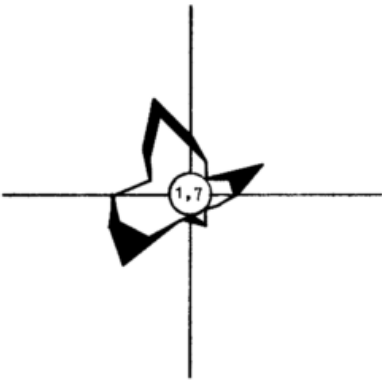
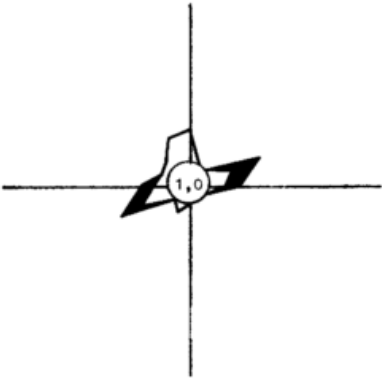


Abb. 12: Oktober

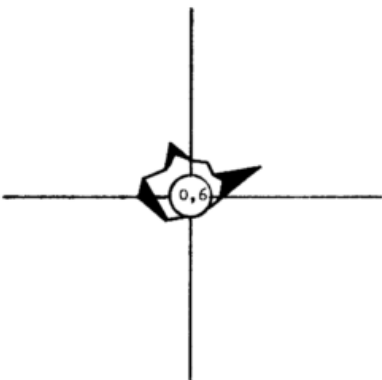
Termin: 00



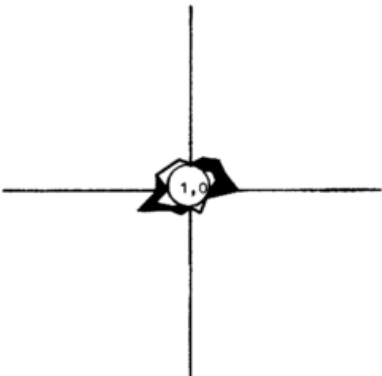
Termin: 03



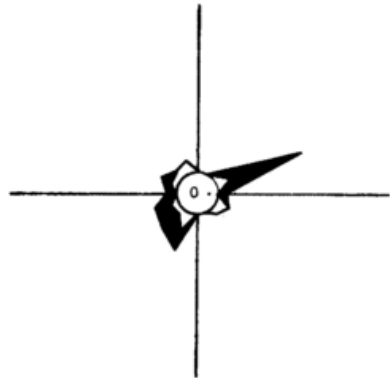
Termin: 06



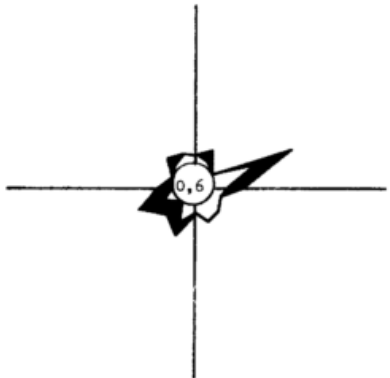
Termin: 09



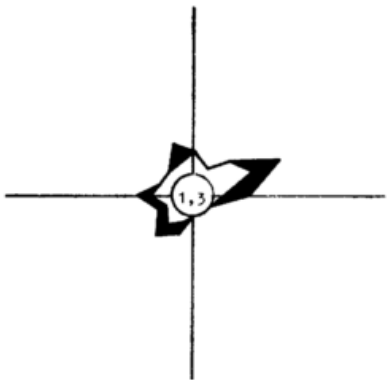
Termin: 12



Termin: 15



Termin: 18



Termin: 21

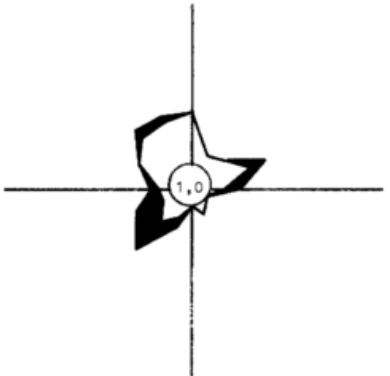
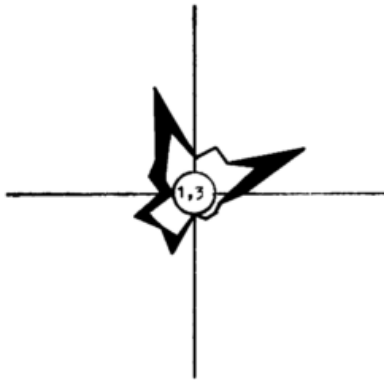
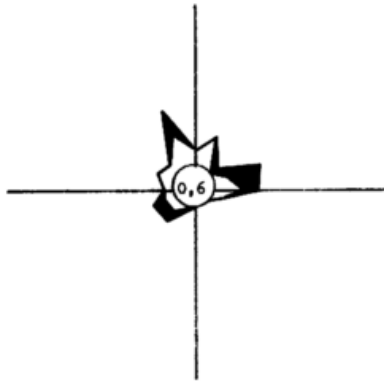


Abb. 13: November

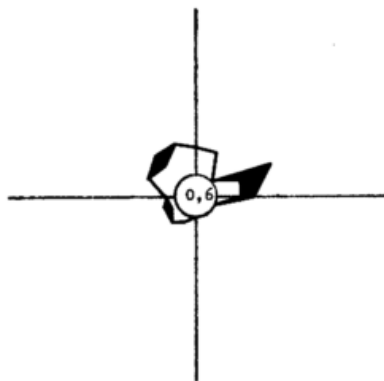
Termin: 00



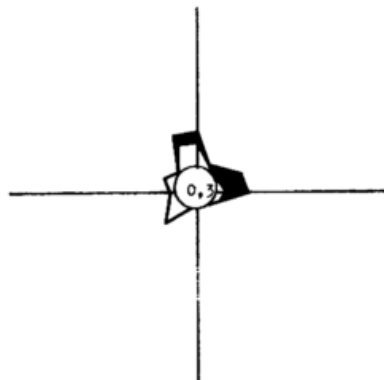
Termin: 03



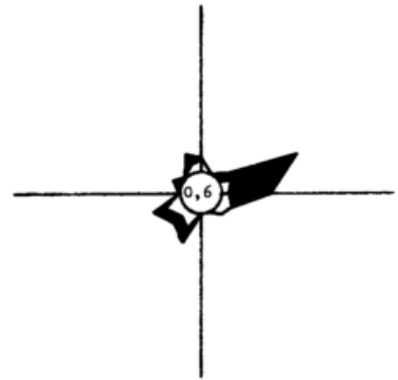
Termin: 06



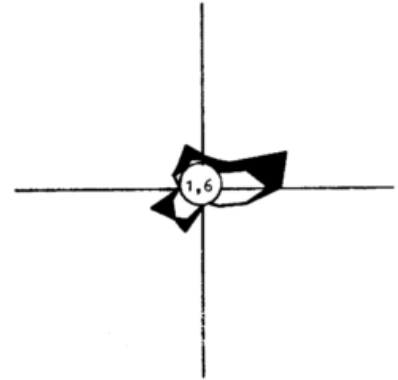
Termin: 09



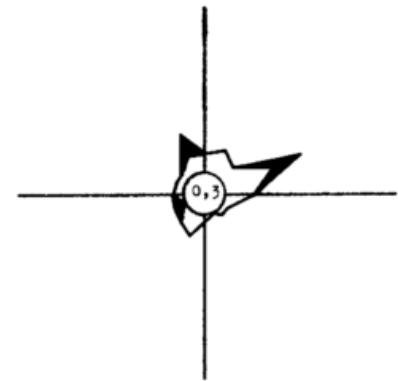
Termin: 12



Termin: 15



Termin: 18



Termin: 21

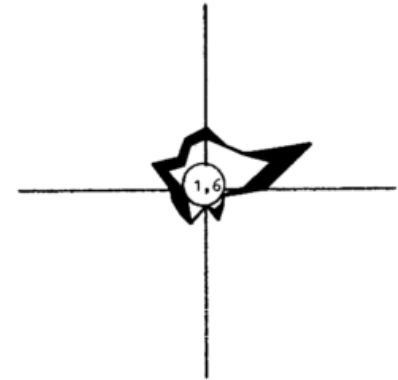


Abb. 14: Dezember