

Ein Nomogramm für die Dauer von Polartag und Polarnacht bei beliebiger Ekliptikschiefe.

Von Dr. Hans Straßl, Bonn.

Die etwa $23^{\circ} 27'$ betragende Neigung des Äquators gegen die Ekliptik hat bekanntlich zur Folge, daß in polnahen Gebieten die Sonne innerhalb jedes Jahres eine Zeitlang nicht untergeht („Polartag“), bzw. nicht aufgeht („Polarnacht“). Versteht man unter Polartag bzw. Polarnacht die Zeit, während der der Mittelpunkt der Sonnenscheibe ständig über bzw. unter dem wahren Horizont eines Ortes bleibt, so treten beide Erscheinungen genau im Gesamtbereich der beiden Polkalotten auf, die durch die geographischen Breiten $\pm 66^{\circ} 33'$ begrenzt sind. Für einen gegebenen Ort beginnt und endet der Polartag bzw. die Polarnacht, wenn die Sonnendeklination gleich bzw. entgegengesetzt gleich dem Breitenkomplement ist.

Ähnlich wie man in unseren Tageskalendern als Auf- und Untergänge der Sonne die Zeiten angibt, zu denen der obere Rand der Sonne, überdies mit Berücksichtigung seiner Hebung durch die atmosphärische Refraktion, im Horizont erscheint bzw. verschwindet, wird man auch den wahren Beleuchtungsverhältnissen der Polargebiete besser gerecht, wenn man als Polartag bzw. Polarnacht die Zeitspanne ansieht, während der der durch Refraktion gehobene obere Sonnenrand ständig über bzw. unter dem Horizont bleibt. Sowohl die Ersetzung des Mittelpunkts durch den oberen Rand der Sonne als auch die Refraktion bewirken eine Verlängerung des Polartags und eine Verkürzung der Polarnacht. Wir wollen einheitlich die Refraktion im Horizont zu $35'$ und den scheinbaren Sonnenradius zu $16'$, mithin den gesamten Erhöhungsbetrag zu $51'$ annehmen, also davon absehen, daß die Refraktion eigentlich noch von Luftdruck und -temperatur abhängt und der Sonnenradius im Lauf des Jahres ein wenig variiert. Die Grenzbreite des Polartags liegt dann bei $\pm 65^{\circ} 42'$, die der Polarnacht bei $\pm 67^{\circ} 24'$. Ein Ort der Breite $\pm \varphi$ hat

Polartag, solange die Sonnenmitte mehr als $(89^{\circ} 09' - \varphi)$ ^{über} dem Himmelsäquator, _{unter}

Polarnacht, „ „ „ „ „ $(90^{\circ} 51' - \varphi)$ _{über} „ „

steht. Man könnte diese Zeiten aus einer Sonnenephemeride ermitteln und ihre Zuordnung zu den entsprechenden nördlichen und südlichen Breitenwerten in graphischer Form, etwa mit Doppelleitern, übersichtlich darstellen.

Eine Anfrage von geologischer Seite *) gab Veranlassung, die Aufgabe allgemeiner zu fassen. Im Zusammenhang mit paläoklimatologischen Problemen interessiert die Frage, wie Polartag und Polarnacht sich ändern, wenn die Ekliptikschiefe von $23^{\circ} 27'$ abweicht. Daher liegt es nahe, die Dauer von Polartag und Polarnacht in ihrer Abhängigkeit von geographischer Breite φ und Ekliptik-

*) Vgl. „Die Naturwissenschaften“ 33, 1946, 12, S. 360, rechte Spalte.

schiefe ε durch ein Nomogramm darzustellen. Nach Ergebnissen der Himmelsmechanik kommen in ε praktisch nur Abweichungen bis zu wenigen Graden vom heutigen Wert in Betracht. Doch ist es instruktiv, ein Nomogramm zu haben, das die Auswirkung beliebiger Beträge der Ekliptiksschiefe ($0^\circ \leq \varepsilon \leq 90^\circ$) auf Polartag und Polarnacht zu übersehen gestattet, im übrigen aber die heutigen Erdbahnelemente voraussetzt. Ein solches Nomogramm ist hier in Form einer Fluchtentafel gegeben. Dazu benötigt man eine Ablesegerade. Am besten verwendet man ein durchsichtiges Lineal, auf dessen Unterseite eine haarfeine Gerade eingeritzt ist. Doch kann man auch mit einem gewöhnlichen Lineal arbeiten oder einen gespannten Faden über das Nomogramblatt halten.

Um für ein gegebenes Wertepaar von der Ekliptiksschiefe ε und Nord- bzw. Südbreite φ (wir rechnen beide Breiten positiv) die Dauer des Polar t a g e s zu bestimmen, legt man die Ablesegerade durch den zugehörigen ε -Punkt der ganz links vertikal stehenden ε -Leiter und den zugehörigen φ -Punkt der weiter rechts vertikal stehenden φ -Leiter, und zwar hat man in letzterer die linke Teilung zu benutzen. Im Schnittpunkt der Ablesegeraden mit der schrägen Zeitleiter (Angaben in Tagen) liest man dann die Dauer des Polartags ab, und zwar die zu nördlicher Breite gehörige in der oberen, die zu südlicher Breite gehörige in der unteren Teilung. Um aus denselben Daten die Dauer der Pol a r n a c h t zu bestimmen, verfährt man entsprechend; man hat in der vertikalen φ -Leiter die rechte Teilung zu benutzen und die Zeitleiter für nördliche Breite in der unteren, für südliche in der oberen abzulesen. Natürlich wird man die durch Einschätzen zwischen den Teilstrichen gefundenen Tagesanzahlen ganzzahlig abrunden.

Das Nomogramm ist so angelegt, daß die praktisch hauptsächlich interessierenden Zeitspannen (bis zu etwa 190 Tagen) einigermaßen genau entnommen werden können. Sehr kurze Zeitspannen (etwa 0 bis 10 Tage) lassen sich allerdings nicht genau ablesen; darin kommt zum Ausdruck, daß die Dauer von Polartag und Polarnacht in der Nähe der Grenzbreiten besonders empfindlich gegen kleine Änderungen von ε und φ ist. In dem nur zur Veranschaulichung extremer Verhältnisse ($\varepsilon < 8^\circ$) dienenden Bereich von etwa 200 bis zu 365 Tagen (Ende der Leiter streng genommen bei 365,24) bedeutet geringe Ablesegenauigkeit kaum einen Mangel.

Während die φ -Leiter der Polarnacht bei $\varphi = 90^\circ$ endet, ohne die Zeitleiter geschnitten zu haben, schneidet die φ -Leiter des Polartags beim Wert $\varphi = 89^\circ 9'$ die Zeitleiter. Daraus ergibt sich, daß ganz unabhängig von ε der Polartag auf der Nordbreite $89^\circ 9'$ stets 187^d , auf der Südbreite $89^\circ 9'$ stets 179^d dauert.

Wenn für ein vorgegebenes Wertepaar ε, φ die Ablesegerade auf der Zeitleiter keinen Schnittpunkt zwischen 0^d und 365^d liefert, gilt folgendes:

a) Würde der Schnittpunkt auf der nach oben über 0^d hinaus verlängerten Zeitleiter (z. B. für $\varepsilon = 30^\circ, \varphi = 55^\circ$) oder auf der nach unten über 365^d und noch über den Punkt $\varepsilon = 0^\circ$ hinaus verlängerten Zeitleiter (z. B. für $\varepsilon = 10^\circ, \varphi = 55^\circ$) liegen, so tritt kein Polartag bzw. keine Polarnacht ein.

b) Würde der Schnittpunkt auf der nach unten über 365^d hinaus verlängerten Zeitleiter zwischen 365^d und dem Punkt $\varepsilon = 0^\circ$ liegen — was nur für Pol a r t a g

eintreten kann — (z. B. für $\varepsilon = 0^\circ.1$, $\varphi = 89^\circ.9$), so herrscht immerwährender Polartag. Immerwährende Polarnacht ist unmöglich.

Bei festem φ nimmt mit kleiner werdendem ε die Polarnacht stets ab, hingegen der Polartag nur im Fall $\varphi < 89^\circ 9'$ ab, im Fall $\varphi > 89^\circ 9'$ aber zu.

Der gemeinsame obere Endpunkt der beiden φ -Teilungen entspricht in der Polartagleiter dem Wert $\varphi = -0^\circ 51'$, in der Polarnachtleiter dem Wert $\varphi = +0^\circ 51'$. Demgemäß kann in dem Extremfall $\varepsilon = 90^\circ$ der nördliche Polartag vom Nordpol bis zur Südbreite $0^\circ 51'$, der südliche Polartag vom Südpol bis zur Nordbreite $0^\circ 51'$ auftreten, während die nördliche Polarnacht nur vom Nordpol bis zur Nordbreite $0^\circ 51'$, die südliche Polarnacht nur vom Südpol bis zur Südbreite $0^\circ 51'$ reichen kann. Infolge der Schrumpfung der φ -Teilungen an diesem Ende sind die

quantitativen Verhältnisse hier aus dem Nomogramm nicht genau zu ersehen.

Zur Erläuterung der Anwendung seien aus dem Nomogramm folgende Beispiele entnommen:

	Breite	Süden		Norden	
		Polartag	Polarnacht	Polartag	Polarnacht
$\varepsilon = 1950 \left. \begin{array}{l} \text{---} \\ \text{---} \\ \text{---} \end{array} \right\} \begin{array}{l} 230^\circ 27' \\ 230^\circ 27' \\ 230^\circ 27' \end{array}$	70°	72	52	68	56
	80°	139	122	131	129
	90°	191	174	183	182
$\varepsilon = 20^\circ \left. \begin{array}{l} \text{---} \\ \text{---} \\ \text{---} \end{array} \right\}$	70°	34	—	32	—
	80°	130	112	123	118
	90°	192	174	184	182

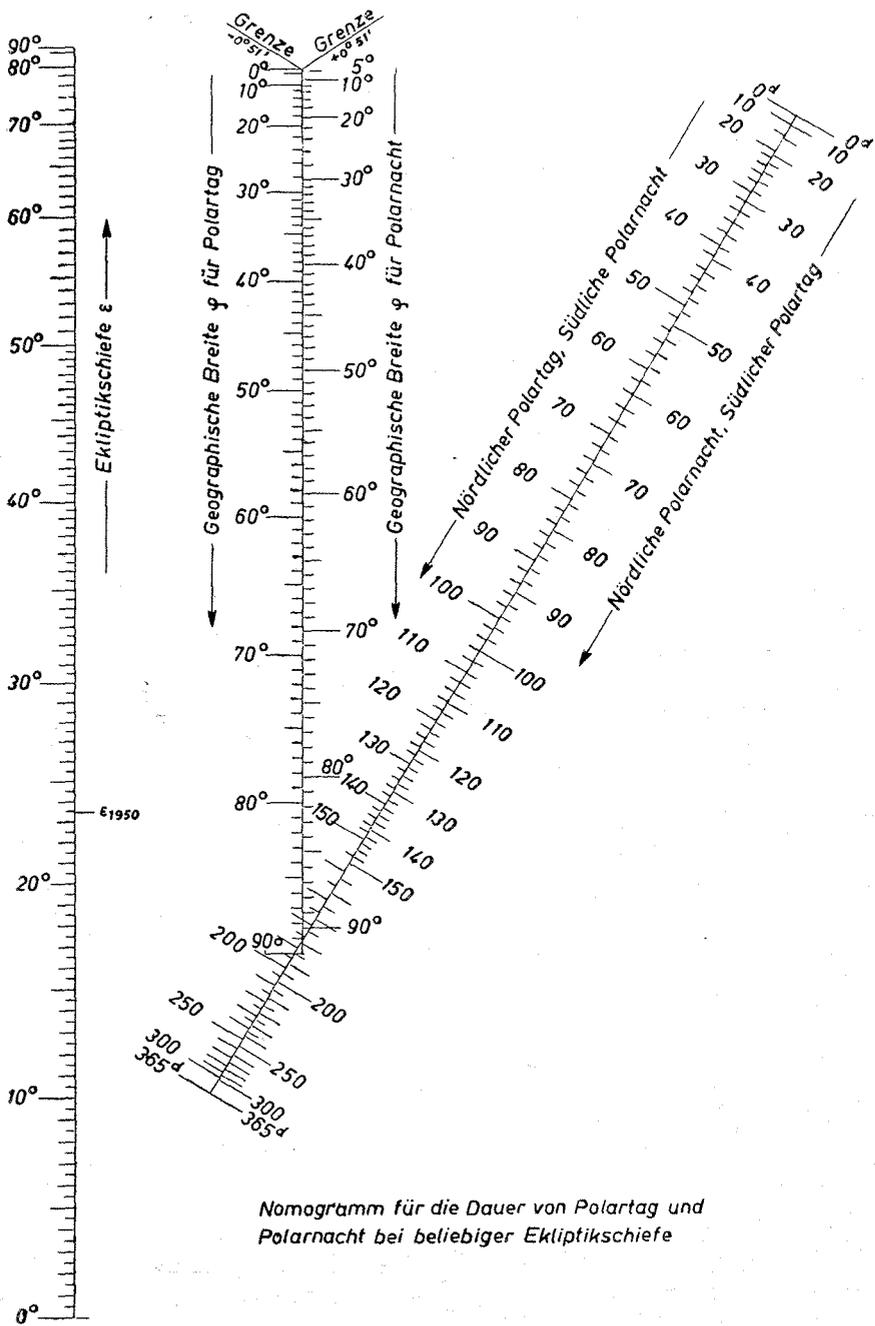
Für diejenigen Leser, die sich für die Theorie des Nomogramms interessieren und Kenntnisse in Nomographie haben, sei noch kurz folgendes gesagt. Die Deklination δ der Sonne hängt mit ihrer Länge λ in der Ekliptik zusammen durch die Relation

$$\sin \delta = \sin \varepsilon \cdot \sin \lambda$$

Das Nomogramm ist im Grunde eine Darstellung dieser Produktformel. Doch ist in ihr δ gemäß den Angaben im 2. Abschnitt durch φ ausgedrückt. An Stelle von λ ist die Zeit eingeführt, die die Sonne braucht, um von λ (zwischen -90° und $+90^\circ$) bis zu $180^\circ - \lambda$ (Symmetriepunkt für nördlichen Polartag und südliche Polarnacht $\lambda = 90^\circ$) bzw. von λ (zwischen $+90^\circ$ und $+270^\circ$) bis zu $540^\circ - \lambda$ (Symmetriepunkt für nördliche Polarnacht und südlichen Polartag $\lambda = 270^\circ$) zu gelangen; diese Umrechnung wurde mit Hilfe der Sonnenephemeride des Astronomischen Jahrbuchs graphisch vollzogen.

Für die Durchführung der Rechnungen ist der Verfasser Herrn stud. Passow zu Dank verpflichtet.

Interessenten können Einzelabdrucke des Nomogramms im A 4-Format gegen einen Unkostenbeitrag von DM 1.— und Erstattung der Portokosten vom Verfasser (Bonn, Universitätssternwarte) beziehen.



Nomogramm für die Dauer von Polartag und Polarnacht bei beliebiger Ekliptikschiefe