Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung

Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine

Band: 69 (1951)

Heft: 20

Artikel: Die Besonnung von Gebäuden in den verschiedenen Jahreszeiten und Tagesstunden

Autor: Gugler, H.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-58861

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 12.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Die Ritzelwellen übertragen das Drehmoment auf den sekundären Teil, zu dem auch der ringförmige Körper gehört, der den Oelpumpen als Gehäuse dient. Im normalen Betrieb ist die Oelströmung durch die geschlossenen Druckventile blokkiert, so dass sich die Ritzel nur ganz langsam (entsprechend der inneren Undichtheit) drehen. Ueberschreitet aber das zu übertragende Drehmoment einen bestimmten Betrag, so öffnen sich die entsprechend eingestellten Druckventile, und das hierdurch eingeleitete Schlüpfen schützt das Getriebe vor Ueberbeanspruchungen. Solche Kupplungen weisen einen Schlupf auf, der bei Normallast etwa 1 % beträgt; ebensogross ist ihr Energieverlust. Sie ergeben einen weichen Lauf und eine wirksame Dämpfung von Schwingungen.

Die hydrodynamische Kupplung (Föttingergetriebe) stellt im Gegensatz zur hydrostatischen schwingungstechnisch eine praktisch vollständige Trennung des Motors vom Getriebe dar. Bei ihr können ausserdem einzelne Motoren während des Betriebs zu- oder abgeschaltet werden. Das Manövrieren lässt sich hier dadurch erleichtern, dass der eine Motor vorwärts, der andere rückwärts betrieben wird und je nach der gewünschten Fahrtrichtung die eine Kupplung gefüllt und die andere entleert wird. Die Motoren können dabei durchlaufen, und ihre Zylinder bleiben vom wiederholten Zutritt kalter Anlassluft verschont. Der Nachteil dieses Systems besteht im dauernden Leistungsverlust von 2 bis 2,5 % infolge Schlupf.

Dieser Nachteil wird bei der elektromagnetischen Kupplung beträchtlich gemildert, die mit einem Schlupf von nur 1 bis 1,25 % arbeitet. Sie wurde erstmals beim Motorschiff «Willem Ruys» mit bestem Erfolg angewendet. Bei ihr fallen Oeltanks, Oelkühler und Pumpen weg; das Manövrieren ist rascher und lässt sich direkt von der Kommandobrücke aus bewerkstelligen.

Ein Nachteil der mit Schlupf behafteten Kupplungen ist die dauernde Veränderung der Phasenverschiebung der zusammengekuppelten Motoren, was das Auftreten gekoppelter Schwingungserscheinungen begünstigt. Es gelang, ihn durch eine sinnreiche Beeinflussung der Brennstoffzuteilung zu den einzelnen Antriebsmotoren zu beheben, die in Abhängigkeit der Phasenverschiebung steht und dafür sorgt, dass diese Verschiebung bei normalen Betriebsbedingungen nicht mehr als $\pm 10^0$ beträgt, gemessen von der ursprünglich eingestellten, günstigsten Kurbelversetzung aus.

Die Getriebeanlage ergibt bei fast gleichem Grundflächenbedarf eine geringere Raumhöhe als die Anlage mit direktem Antrieb; dieser Umstand ist vielfach für ihre Anwendung ausschlaggebend. Die Gewichtseinsparung der Gesamtanlage ist mit etwa 8 % nicht sehr wesentlich. Der Brennstoffverbrauch bezogen auf die Leistung an der Propellerwelle liegt bei der Getriebeanlage um rd. 10 % höher, welcher Nachteil teilweise dadurch wieder aufgehoben wird, dass die Propellerdrehzahl in den Bereich des günstigsten Propellerwirkungsgrades hinein verlegt werden kann. Grösser bleibt der Schmierölverbrauch der rascher laufenden Motoren. Die Raum- und Gewichtsersparnis könnte durch Anwendung des Aufladeverfahrens weitergetrieben werden. Dieses wird jedoch von den erfahrenen Reedereien bei Handelsschiffen wegen den damit verbundenen Schwierigkeiten, besonders bei Verwendung von Schweröl, vorläufig meist abgelehnt.

Die Entscheidung in der Frage der Antriebsart wird nach den vorstehenden Ausführungen nicht nur durch die bei Getriebeanlagen möglichen Raum- und Gewichtsersparnisse, sondern auch durch die Gesamtwirtschaftlichkeit des Schiffes beeinflusst. Diese hängt weitgehend von der Versorgungslage auf den Brennstoffmärkten ab, die für die anzufahrenden Häfen massgebend sind. Die Entwicklung der letzten Zeit und namhafte Bestellungen auf Getriebeanlagen lassen erkennen, dass dem indirekten Antrieb wachsende Bedeutung zukommt. Trotzdem wird der direkte Antrieb seine bis jetzt dominierende Stelle noch längere Zeit behaupten.

Die Besonnung von Gebäuden in den verschiedenen Jahreszeiten und Tagesstunden

Von Prof. H. GUGLER, Zürich

DK 551.521.1 : 72

Für sein Wohlbefinden und seine Gesundheit braucht der Mensch Sonne, und zwar sollte er ihrer teilhaftig werden nicht nur wenn er sich ins Freie begibt, sondern auch in den geschlossenen Räumen, in denen er sich aufhält. Dies ist in der heutigen Zeit besonders wichtig, weil die Zahl derjenigen, die ihren Beruf zum grössten Teil im Freien ausüben können, wie dies namentlich in der Landwirtschaft der Fall ist, dauernd abnimmt. Der überwiegende Teil der Bevölkerung verbringt heute den grössten Teil seines Lebens in geschlossenen Räumen. Es sollten also nicht nur Wohnräume, sondern auch Arbeitsräume aller Art ein gewisses Mindestmass an Besonnung erhalten. Daraus ergibt sich für den Architekten die Aufgabe, bei der Planung den Besonnungsfragen die entsprechende Aufmerksamkeit zu schenken. Leider ist er meistens bei der Bestimmung der Lage der Gebäudefronten nicht frei, weil diese durch vorhandene Strassenzüge, Baulinien, Bauabstände usw. mehr oder weniger festgelegt sind. Er muss sich daher meist darauf beschränken, die Räume, welche gute Besonnung erfordern, an diejenigen Aussenwände zu verlegen, welche in dieser Hinsicht die günstigsten sind. Er sollte daher über alle Faktoren, welche auf die Besonnung Einfluss haben, möglichst gut unterrichtet sein. Dasselbe gilt für alle Instanzen, welche sich mit der Aufstellung und Handhabung von Baugesetzen, mit Städtebau, Landesplanung usw. zu befassen haben.

Besonders wichtig wird die Frage der günstigsten Orientierung bei Bauten, deren Räume bezüglich Besonnung besondern Anforderungen entsprechen müssen, wie dies etwa bei Schulhäusern, Alters- und Erholungsheimen und insbesondere Krankenhäusern der Fall ist. Hier handelt es sich meist um Bauten grösseren Umfanges, für welche die Bauplätze von den Behörden rechtzeitig reserviert und natürlich auf ihre Eignung gründlich geprüft werden müssen. Gerade bei Spitalbauten sind die damit zusammenhängenden Fragen eifrig studiert worden, und es ist eine ziemlich umfangreiche Literatur darüber entstanden. Aus ihr geht hervor, dass in diesen Fällen die beteiligten Instanzen und Fachleute weit davon entfernt sind, einigermassen übereinstimmende Ansichten zu vertreten, und dass überhaupt grosse Unklarheiten über die in Betracht kommenden Verhältnisse bestehen. Dies wird manchmal in ziemlich scharfer Weise zum Ausdruck gebracht. (Z. B. Knupfer, Grundlagen einer optimalen Krankenhausorientierung, Dissertation Zürich 1941.) Es ist dies deshalb einigermassen erklärlich, weil bei der Frage der günstigsten Orientierung einer Baufront sehr viele Gegebenheiten mitspielen, die alle berücksichtigt und gegeneinander abgewogen werden müssen, es sich also um ein ziemlich weitschichtiges Problem handelt. Die Faktoren, die allgemein bei der Besonnung von Gebäuden in Betracht kommen, sind die folgenden:

1. Der Lauf der Sonne am Himmelsgewölbe, d. h. die astronomischen Gegebenheiten.
2. Der Horizont des betrachteten Standortes.
3. Alle Vorgänge in der Atmosphäre, wie namentlich Bewölkung, Nebelbildung, Niederschläge, Winde, d. h. die meteorologischen Verhältnisse.
4. Die speziellen Anforderungen, die hinsichtlich Besonnung, Lichteinfall usw. gestellt werden.

Zunächst möchte ich einige allgemeine Bemerkungen über die drei erstgenannten Faktoren vorausschicken: Auf ihrer Bahn am Himmel ändert die Sonne ihre Stellung von Stunde zu Stunde und die Bahn selbst ihre Lage von einem Tage auf den andern. Es handelt sich also um ein sehr wechselvolles Geschehen, doch folgt der Wechsel bestimmten Gesetzen und lässt sich daher vorausberechnen.

Der Horizont eines Bauplatzes ist eine gegebene Grösse, die sich ausmessen und zahlenmässig festlegen lässt. Eine Veränderung tritt nur ein, wenn in dessen Nähe Ueberbauungen oder höherragende Bepflanzungen entstehen.

Ganz anders verhält es sich mit dem dritten Faktor, den meteorologischen Verhältnissen. Bekanntlich sind sie in unserm Klima äusserst wechselvoll und absolut nicht vorausbestimmbar. Zahlenwerte, mit denen man rechnen kann, lassen sich nur auf Grund langjähriger Beobachtungen gewinnen. Welch überragenden Einfluss die Vorgänge in der Atmosphäre auf die Besonnung haben können, möge den nachstehenden wenigen Zahlen entnommen werden.

In Zürich weist das Verhältnis zwischen den wirklichen und den astronomisch möglichen Sonnenstunden folgende Zahlenwerte auf: im Dezember 14%, im Winterhalbjahr 25%,

im Sommerhalbjahr 38 %, im Jahresdurchschnitt 32 %. An andern, weniger nebelreichen Orten liegen die Verhältnisse etwas günstiger. Für die Schweiz nördlich der Alpen kann man im Jahresdurchschnitt mit etwa 40 % rechnen. Man sieht, welch gewaltige Einbussen an Sonnenschein wegen der meteorologischen Verhältnisse hingenommen werden müssen.

Wenn man nun daran geht, die astronomisch mögliche Besonnung für möglichst viele Tage im Jahr und mit genügender Genauigkeit zu ermitteln, so macht man eigentlich die Rechnung ohne den Wirt, d. h. ohne die Meteorologie. Nichtsdestoweniger bildet die Bestimmung der möglichen Sonnenscheinstunden die wichtigste Grundlage, von der man auszugehen hat, wenn man die in Rede stehenden Fragen beurteilen will.

Die astronomischen Verhältnisse

Will man sich ein Bild von der Besonnung an irgend einem ausgewählten Tage machen, so muss man folgende Fragen beantworten können:

1. Wie ändert sich an diesem Tage der Stand der Sonne über dem Horizont im Verlaufe der Tagesstunden?
2. Welche Winkel gegen die Nord-Südrichtung legen gleichzeitig die horizontalen Projektionen der Sonnenstrahlen zurück?
3. Welchen Teil der einfallenden Strahlen vermag eine irgendwie orientierte Gebäudewand aufzufangen?

Die dritte Frage ist deshalb wichtig, weil wir vornehmlich die Besonnung von Innenräumen studieren wollen. Nur durch die Fensteröffnungen können ja die Sonnenstrahlen in den Raum gelangen, so dass bei seiner Besonnung noch die Grösse und Lage der Oeffnungen, die Dimensionen des Raumes und die Stärke der Aussenmauer berücksichtigt werden müssen. Kennt man noch die unter Ziff. 1 und 2 genannten Winkel, so sind alle Fragen leicht zu lösen.

Es ist zumindest recht umständlich, praktisch übrigens auch gar nicht nötig, die stetig sich ändernden Verhältnisse für relativ kurze Zeitintervalle festzulegen, selbst wenn man mit diesem Intervall auf vier Wochen geht. Man beschränkte sich bisher meist auf die Untersuchung von drei oder genauer vier Tagen im Jahr und wählte dafür den Tag der Wintersonnwende, die beiden Tage der Tag- und Nachtgleichen und den Tag der Sommersonnwende.

Beschränkt man sich auf die Untersuchung dieser drei Fälle, so bekommt man noch kein gutes Bild der Verhältnisse; vielmehr erscheint es angezeigt, die mittleren Zustände des Sommerhalbjahres denen des Winterhalbjahres gegenüberzustellen. Im Sommer haben wir, wie später noch genauer gezeigt werden soll, schon astronomisch 50 % mehr Besonnung als im Winter. Dazu kommt, dass im Sommer bei uns die meteorologischen Zustände für die Besonnung weitaus günstiger sind, so dass der Unterschied noch krasser wird. Man kann daher den Sommer als die Zeit des Sonnenüberflusses, den Winter als die Zeit des Sonnenmangels bezeichnen, was sich noch viel ausgeprägter zeigt, je weiter man geographisch nach Norden geht. Astronomisch rechnet man den Sommer vom 21. März bis zum 23. September, den Winter von da bis wieder zum Frühlingstag. Daraus ergeben sich für den Sommer 186, für den Winter 179 Tage. Das Sommerhalbjahr ist also sieben Tage länger als das Winterhalbjahr. Man kann diese unbedeutende Asymmetrie der Jahreszeiten ausgleichen, wodurch die Ausrechnungen einfacher und übersichtlicher werden. Ich unterteile deshalb das Jahr in vier Quartale zu 13 Wochen oder 91 Tagen, wodurch das Halbjahr 182 und das ganze Jahr 364 Tage bekommt, also ein Tag unterschlagen wird. Aehnliches macht man ja auch im Geschäftsleben bei statistischen Zusammenstellungen und Zinsberechnungen. Dass dieses Ausgleichs wegen Beginn und Ende der Jahreszeiten nicht genau auf die uns geläufigen Kalendertage fallen, sondern um höchstens vier Tage davon abweichen, wird wohl kaum als störend empfunden werden.

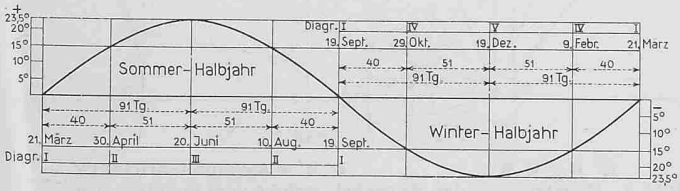


Bild 1. Einteilung der Jahreszeiten

Nun handelt es sich darum, je für das Sommer- und Winterhalbjahr typische Tage zu bestimmen. Bei gegebener geographischer Breite sind Tageslänge und Sonnenscheindauer vom Stande der Sonne über dem Aequator abhängig. Dieser ändert sich nach beiden Seiten von null auf 23,5 Grad, und zwar nach einer Sinuslinie. Massgebend wird der mittlere Stand der Sonne über bezw. unter dem Aequator im betreffenden Halbjahre sein. Der Mittelwert des Sinus während einer Halbperiode beträgt bekanntlich $2/\pi = 0{,}636$.

Da der Scheitelwert der Sinuslinie in unserm Falle durch die Zahl 23,5 gekennzeichnet ist, erhalten wir einen Mittelwert von $23{,}5 \times 0{,}636 = 15{,}0$ Grad. Der mittlere Sonnenstand ist also im Sommer 15 Grad über und im Winter 15 Grad unter dem Aequator. Einem Sinuswerte von 0,636 entspricht bei einer in Gradmass eingeteilten Abszisse der Wert von 39,5 Grad, das sind 44 % von 90°. Da wir unsere Abszisse nicht in Grade, sondern in Tage eingeteilt haben und die Abszisse des Scheitels bei 91 Tagen liegt, so erreicht die Sonne in 44 % von 91 Tagen — das sind genau 40 Tage von der Tag- und Nachtgleiche aus gerechnet — den Stand von 15° über bezw. unter dem Aequator. Der 30. April und der 10. August sind demnach Mittelwertstage für das Sommerhalbjahr, der 29. Oktober und der 9. Februar für das Winterhalbjahr. Dies alles ist in Bild 1 dargestellt.

Nunmehr gehen wir daran, wie die früher gestellten drei Fragen, welche für die Beurteilung der Besonnung eines Gebäudes wichtig sind, beantwortet werden können. Dies geschieht auf besonders anschauliche Weise durch das Studium der horizontalen Sonnenuhr, wodurch man auf ein zeichnerisches Verfahren zur Ermittlung der gesuchten Werte geführt wird. Graphische Verfahren sind ja dem Ingenieur geläufig.

Bild 2 zeigt eine solche Sonnenuhr in axonometrischer Darstellung. Auf einer ebenen Platte sieht man zunächst einen Mittelriss AB 12, der bei der Benützung der Uhr genau in die Nord-Südrichtung einzustellen ist. Ueber diesem Mittelriss ist ein dreieckiges, aus dünnem Blech bestehendes Plättchen A P B senkrecht zur Grundplatte eingelassen, so dass es sich in der Meridianebene befindet. Die Kante A P entspricht dem Polstabe einer vertikalen Uhr und zeigt wie dieser auf den Himmelspol. Die Konstruktion des Zifferblattes der Uhr ist sehr einfach. (Siehe hierüber SBZ, Bd. 107, S. 291* vom 27. Juni 1936.) Man denkt sich durch P eine senkrechte Ebene zum Polstab gelegt, welche die Grundebene in einer von Ost nach West verlaufenden Geraden — der Aequinoktiallinie — schneidet. In der genannten dem Aequator parallelen Ebene befindet sich die Sonne zur Zeit der Aequinoktien. Jetzt werden von der Geraden P 12 aus Strahlen mit einem Winkelabstande von je 15° (dem Stundenwinkel) gezogen, welche die Aequinoktiallinie in den Punkten 13, 14 usw. bezw. in den Punkten 11, 10 usw. schneiden. Zieht man jetzt von A ausgehend Strahlen nach den erhaltenen Punkten, so bekommt man die Stundenlinien der Horizontaluhr. Diese Stundenlinien sind unabhängig vom Stande der Sonne gegenüber dem Aequator, ändern sich also nicht im Laufe der Jahreszeiten.

Anders verhält es sich mit dem Schatten der Kante B P, d. h. dem Schatten eines auf der Horizontebene senkrecht stehenden Stabes. Seine Richtungen sind abhängig vom Stande der Sonne zum Aequator, also von den Jahreszeiten. Steht die Sonne nicht im Aequator, so bewegen sich die von

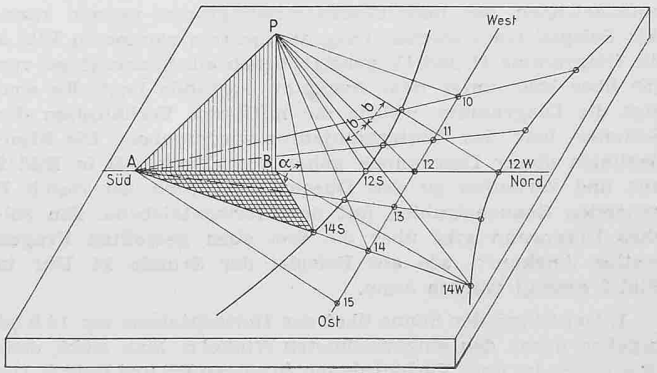


Bild 2. Horizontale Sonnenuhr

ihr durch den Punkt P gehenden Strahlen nicht in einer Ebene, sondern sie bilden die Mantellinien eines stumpfen Kreiskegels. Es ist ein Doppelkegel, dessen einer Teil den Verhältnissen im Sommerhalbjahr, der andere denen des Winterhalbjahres entspricht. Der Schnitt dieses Kegels mit der Horizontalebene ist eine Hyperbel. Will man die Schattenrichtung der Kante B P bestimmen, so muss man die Hyperbel konstruieren, entlang welcher sich der Schatten von P im Laufe eines Tages bewegt. Befindet sich die Sonne b Grade über bzw. unter dem Aequator, so findet man die Scheitelpunkte der Hyperbel ohne weiteres, indem man in der Meridianebene AP 12 von P aus zwei Gerade zieht, welche mit der Geraden P 12 den Winkel b bilden. Das sind die Punkte 12 S und 12 W in Bild 2. Weitere Punkte der Hyperbel findet man auf Grund folgender Ueberlegung: Beim Weiterschreiten der Sonne von der Mittagsstunde aus treten an die Stelle der Meridianebene nacheinander die Ebenen A P 13, A P 14 usw., wobei der Winkel, den die Geraden P 13, P 14 usw. mit der Geraden A P bilden, stets ein rechter bleibt. Man hat daher nur das Dreick z. B. A P 14 in die Horizontalebene umzuklappen und zur umgeklappten Linie P 14 zwei Gerade unter dem Winkel von b Graden zu ziehen, um die Punkte 14 S und 14 W zu bekommen. Diese Konstruktion ist bequem, solange die betrachteten Stunden nicht sehr weit von der Mittagsstunde entfernt sind. Andernfalls bekommt man weit entfernte Schnittpunkte und schiefe Schnitte.

Es empfiehlt sich deshalb, zur Konstruktion der Hyperbel noch deren Asymptoten heranzuziehen. Nicht die Asymptoten selbst, aber deren Richtungen findet man, indem man den Kreiskegel mit einer durch seine Spitze gehenden Horizontalebene zum Schnitt bringt. Dadurch werden diejenigen Mantellinien herausgeschnitten, welche parallel zur Grundebene der Sonnenuhr verlaufen. Da diese Konstruktion eine einfache Aufgabe der darstellenden Geometrie ist, braucht sie nicht weiter erklärt zu werden. Sie ist übrigens in Bild 3 angedeutet. Sodann hat man durch den Schnittpunkt der Asymptoten, der in der Mitte der bereits ermittelten Scheitelpunkte liegt, Parallelen zu den konstruierten Richtungen zu ziehen. Ist dies geschehen, so kann man sehr leicht beliebig viele Punkte der Hyperbel finden nach einer Konstruktion, welche in den meisten technischen Taschenbüchern (z. B. in Dubbels Taschenbuch für den Maschinenbau, 6. Auflage, Band I, S. 147) angegeben ist. Steht die Sonne in der Richtung der Asymptoten, so heisst dies, dass die Sonnenstrahlen parallel zur Horizontalebene verlaufen, was dann der Fall ist, wenn die Sonne im Horizont steht, d. h. auf- oder untergeht. Zieht man jetzt durch den Punkt A des Zifferblattes der Sonnenuhr Parallelen zu den Asymptoten, so treffen diese auf der Aequinoktiallinie auf den Zeitpunkt des Sonnenauf- bzw. -unterganges. Die Konstruktion der Asymptoten hat uns daher auch den Zeitpunkt für den Sonnenauf- und -Untergang geliefert und die Richtung, aus welcher die Sonnenstrahlen zu diesen Zeitpunkten herkommen.

Aus dem bisher Gesagten geht folgendes hervor: Einem Sonnenstande von b Graden über oder unter dem Aequator (wo b irgendeinen Wert zwischen 0 und 23,5 haben kann) entspricht ein- und dieselbe Hyperbel, deren einer Ast für das Sommerhalbjahr, der andere für das Winterhalbjahr massgebend ist. Den Stand von b Graden durchläuft die Sonne in jedem Halbjahr an zwei Tagen, welche symmetrisch zu den Solstitien liegen, wobei für b = 23,5 beide Tage zusammenfallen. Mit Hilfe der Hyperbel ist man daher in der Lage, für das Sommer- und Winterhalbjahr je ein Diagramm aufzuzeichnen, das man Besonnungsdiagramm nennen kann. Als Beispiel eines solchen Diagrammpaares werden in Bild 4 die Diagramme II und IV gezeigt, denen ein Sonnenstand von 15° über bzw. unter dem Aequator zugrunde liegt. Es sind dies die Diagramme, welche die mittleren Verhältnisse des Sommer- bzw. des Winterhalbjahres wiedergeben. Die Stundenlinien dieser Diagramme gehen vom Punkte B in Bild 2 aus und verlaufen zu den Durchstosspunkten der durch P gehenden Sonnenstrahlen mit der Horizontalebene. Ein solches Diagramm gibt über die drei oben gestellten Fragen restlos Auskunft, wie am Beispiel der Stunde 14 Uhr in Bild 2 gezeigt werden kann.

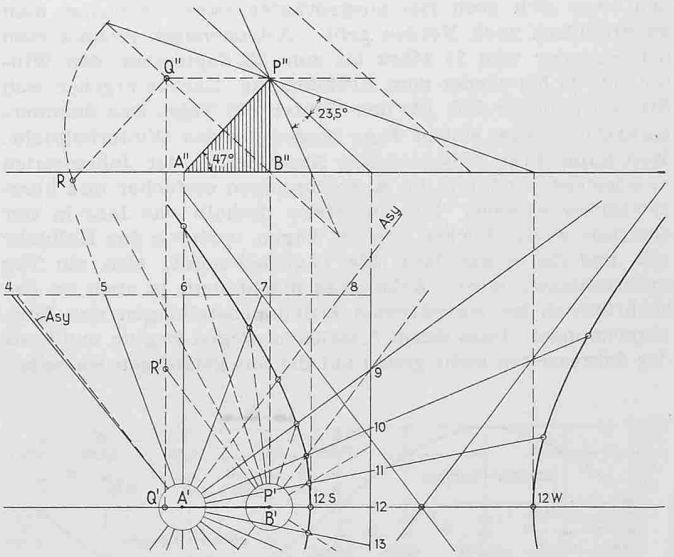
1. Der Stand der Sonne über der Horizontebene um 14 h ist gegeben durch den eingezeichneten Winkel α. Man sieht, dass tg α gleich ist dem Verhältnis der Strecken PB und B-14 S. Die Länge PB ist in den etworfenen Diagrammen durchwegs zu 4 cm angenommen, die Länge B-14 S ist aus der Zeichnung abzugreifen. Der sich ergebende Wert von tg α und von α wird in das Diagramm eingeschrieben, sodass der Benützer mit diesen Berechnungen nichts zu tun hat. Die auf den Diagrammen eingezeichneten Hyperbelbögen gestatten es, die Länge des Schattens abzugreifen, den ein senkrecht aufgestellter Stab von 4 cm Länge zu den verschiedenen Tagesstunden auf die Ebene wirft. Diese Schattenlänge ist gleich der Strecke von B bis zum Schnitte der Stundenlinie des Besonnungsdiagrammes mit der Hyperbel.

2. Die Richtung der Sonne in der Horizontalebene ist durch die Richtung des Strahles im Diagramm unmittelbar gegeben.

3. Wie aus dem Diagramm die Zahl der Besonnungsstunden für eine beliebig orientierte Wand entnommen werden kann, werde ich später erklären.

Vorher soll noch mit Hilfe von Bild 3 die Konstruktion einer der Hyperbeln und des darauf beruhenden Besonnungsdiagrammes genauer gezeigt werden. Bild 3 stellt einen Ausschnitt aus dem benützten Konstruktionsblatt dar, auf welchem die gewünschten Werte nach den Regeln der darstellenden Geometrie ermittelt worden sind. Die gezeichnete Hyperbel entspricht dem Sonnenstande von $b = +23{,}5$ und $b = -23{,}5$, also dem kürzesten und längsten Tage. Um die Zeichnung nicht zu überlasten, sind im Grundriss die von B' ausgehenden Strahlen nur für den längsten Tag eingetragen worden. Sie entsprechen daher dem Diagramm III. Im übrigen bedarf Bild 3 keiner weitern Erläuterung. Es bleibt noch zu erklären, wie anhand eines der Diagramme die Besonnung einer beliebig orientierten Wand ermittelt werden kann, was am Beispiele des Diagramms II geschehen soll.

Vorerst muss abgeklärt werden, wie die Orientierung des Grundrisses einer Wand zahlenmässig festgelegt wird. Man verwendet hiefür entweder das Azimut, d. h. den von Süd nach West gezählten Winkel, den die Wand mit dem Meridian bildet. Von Architekten wird meist die Orientierung in der Weise gekennzeichnet, dass man sagt, sie sei gegenüber einer Südwand um so und soviel Grade nach Osten oder Westen abgedreht. Da der Grundriss der Südwand von West nach Ost verläuft, so ist der Abdrehungswinkel der Komplementwinkel zum Azimut. Ich werde den in Architektenkreisen gebräuchlicheren Begriff der Abdrehung benützen. Der Kürze halber werde ich im folgenden jede nach Osten abgedrehte Wand ohne Rücksicht auf die Grösse des Abdrehungswinkels als Südostwand bezeichnen. Entsprechendes gilt für eine Südwestwand. Die Ermittelung der Besonnung einer irgendwie orientierten Wand mit Hilfe eines der Diagramme ist nun sehr einfach: Man hat nur durch den Punkt B des Diagramms eine dem Wandgrundriss entsprechende Gerade zu ziehen, was am bequemsten in der Weise geschehen wird, dass man auf ein Stück Pauspapier die Nordsüdlinie und den Wandgrundriss einzeichnet und das Pauspapier so auf das Diagramm legt, dass der Schnittpunkt



Q'' R = Q' R' P' R' = Asymptotenrichtung

Bild 3. Konstruktion der Hyperbel, welche vom Schatten des Punktes P durchlaufen wird

der beiden Geraden auf B zu liegen kommt und die Nord-Südrichtungen beider Blätter sich decken. Was man dann aus dem Diagramm entnehmen kann, lässt sich anhand eines Beispieles zeigen, wobei immer zu beachten ist, dass die Stundenlinien des Diagrammes die Richtung anzeigen, aus welcher die Sonnenstrahlen auf den Punkt B zulaufen. Ich wähle das Diagramm II und eine Abdrehung von 30 Grad gegen Westen. Am 30. April und am 10. August geht die Sonne um 4.50 auf, bescheint aber die Wand noch nicht (wohl aber die der zu untersuchenden Wand parallele Nordostwand). Erst um 9.10 streifen die Sonnenstrahlen die Wand, womit deren Besonnung beginnt. Hat man auf dem Pauspapier noch eine Senkrechte zum Wandgrundriss gezogen (was man meist tun wird), so erkennt man, dass etwa 13.10 die Sonne im Grundriss senkrecht auf die Wand fällt, zu welchem Zeitpunkte die Besonnung einer zur untersuchten Wand senkrechten Nordwestwand beginnt. Die Besonnung unserer Wand hört um 19.10 auf, weil dann die Sonne untergeht. Sie hat an den beiden Tagen, für welche das Diagramm genau gültig ist, von 9.10 bis 19.10, also während zehn Stunden Sonne bekommen. Aus dem gleichen Diagramm erkennt man, dass eine Südwand an den gleichen Tagen ebenfalls zehn Stunden Sonne hat, nämlich von 7 bis 17 Uhr. Eine Nordwand muss sich mit 4 Stunden 20 Minuten begnügen, und zwar in den Stunden von 4.50 bis 7.00 und von 17.00 bis 19.10.

Wie in Bild 1 angegeben ist, sind im ganzen fünf solcher Diagramme gezeichnet worden, welche für die dort ersichtlichen Tage gültig sind. Mit deren Hilfe wird man wohl alle praktisch auftretenden Besonnungsfragen mit genügender Genauigkeit beantworten können. In vielen Fällen wird man schon allein aus den Diagrammen II und IV einen guten Ueberblick gewinnen. Je zwei Diagramme lassen sich auf einem Blatt vom Format A 4, dem gebräuchlichen Formate von Normblättern, unterbringen, so dass drei solcher Blätter benötigt werden, wobei auf dem dritten noch eine kurze Anleitung gegeben werden kann.

Im übrigen ist zu den Blättern noch folgendes zu bemerken:

1. Sie sind gezeichnet für eine Breite von 47 Grad (Breite von Luzern und Bern) und können für die ganze Schweiz verwendet werden, da die in unserem Lande vorkommenden Breite-Unterschiede keinen nennenswerten Einfluss haben. Selbst für Lugano, das genau einen Grad südlicher liegt als Luzern, sind die Unterschiede gering. Eine Berechnung ergibt, dass dort am längsten Tage die Sonne 13,5 Minuten später auf- und um ebensoviel Minuten früher untergeht als in Luzern. Die grösste vorkommende Differenz erreicht also nicht einmal den Betrag einer Viertelstunde zu den Morgen- und Abendstunden, was praktisch keine Rolle spielt.

2. Alle Zeitangaben der Diagramme beziehen sich auf Ortszeit. Eine Angabe in mitteleuropäischer Zeit (MEZ) wäre unpraktisch, weil dadurch die Symmetrie der Diagramme verloren ginge. Man kann ja zunächst alle Berechnungen in Ortszeit machen und zum Schlusse auf MEZ korrigieren. In der ganzen Schweiz geht die MEZ der Ortszeit vor, und zwar im Durchschnitt um 30 Minuten. In Schuls im Engadin sind es 18, in Genf 35 Minuten, ziemlich genau 30 Minuten in Bern, Solothurn und Basel. Man kann daher mit genügender Genauigkeit in allen Fällen 30 Minuten als Korrektur verwenden. Streng genommen müsste auch die Korrektur wegen der Zeitgleichung, welche bis zu 15 Minuten ansteigt (siehe meinen Aufsatz im Jahrgang 69, Heft 1 vom 6. 1. 1951), berücksichtigt werden. Sie kann natürlich in unserm Falle unterbleiben.

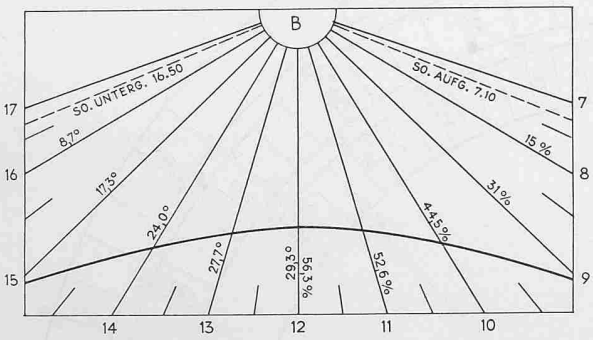


Diagramm IV gültig am 29.Okt. u. 9.Febr.

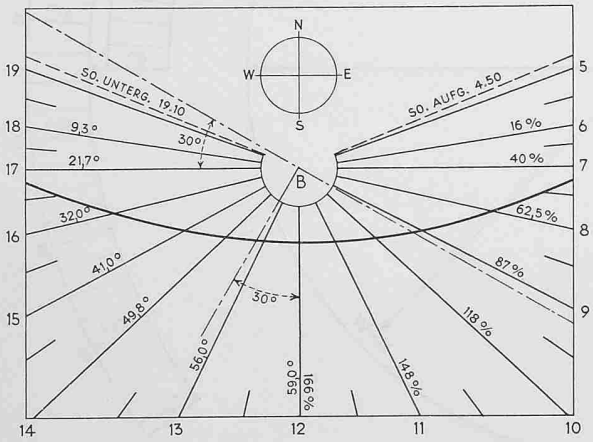


Diagramm II gültig am 30.April u. 10.Aug.

Bild 4. Beispiele zweier Besonnungsdiagramme

Es möge erwähnt werden, dass die auf zeichnerischem Wege gefundenen Ergebnisse durch Rechnung nachgeprüft werden können. Mit Hilfe der sphärischen Trigonometrie lassen sich folgende Formeln ableiten:

$$\cos a = \frac{\sqrt{\cos^2 b - \cos^2 \beta}}{\cos b \sin \beta} \qquad (1)$$

$$\cos c = \cos a \cos b \qquad (2)$$

Darin bedeuten:

a den Winkel, um welchen bei einer Umdrehung der Erde der halbe Tagbogen grösser bzw. kleiner ist als 90 Grad.

b den Stand der Sonne über oder unter dem Aequator.

β den Winkel zwischen der Horizontebene und der Aequatorebene. Er ist für eine geographische Breite φ gleich $90 - \varphi$, für den Horizont von Luzern also gleich 43 Grad.

c Dieser Winkel gibt an, wieviel Grade vor dem Ostpunkte des Horizontes die Sonne aufgeht und wieviel Grade nach dem Westpunkte sie untergeht im Sommer. Entsprechend wieviel Grade nach dem Ostpunkte sie aufgeht und wieviel Grade vor dem Westpunkte sie untergeht im Winter.

Dividiert man den verdoppelten Betrag des Winkels a durch die Zahl 15, so erhält man den Betrag in Stunden, um welchen beim Sonnenstande b der Tag länger (oder kürzer) ist als zwölf Stunden.

Die Ergebnisse von Zeichnung und Rechnung stimmen recht gut überein, wobei die Berechnung eher mehr Zeit erfordert.

Nunmehr muss noch vom Horizont gesprochen werden. Er wurde bisher lediglich erwähnt als einer der Faktoren, welche auf die Besonnung Einfluss haben. So wenig man in darauf bezüglichen Tabellen oder Diagrammen die atmosphärischen Verhältnisse berücksichtigen kann, so wenig ist es beim Horizont möglich, weil dieser für jeden Standort ein anderer ist. Wenn man den Einfluss des Horizontes untersuchen will, kann man folgende drei Fälle unterscheiden:

1. Den idealen, d. h. den nach allen Seiten freien Horizont.
2. Den topographischen, d. h. den durch die Gestalt der Erdoberfläche bedingten Horizont.
3. Den durch Gebäude oder hochragende Bepflanzungen eingeschränkten Horizont.

Den idealen Horizont gibt es nur in grossen Ebenen oder an der Meeresküste, er kommt also für unser Land nicht in Betracht. Praktisch wird man aber von einem freien Horizont auch dann noch sprechen können, wenn bei einem auf ebenem Gelände gelegenen Bauplatze die Visierlinie nach irgendeinem Horizontpunkte nicht mehr als etwa 10—11 Grade ansteigt. Dies trifft zu, wenn in einem Umkreis von 2000 m Radius kein Geländepunkt sich mehr als 400 m über die Ebene erhebt, was in einem konkreten Falle leicht anhand der Siegfriedkarte festgestellt werden kann. Etwa 10 Grad über dem Horizont befindet sich die Sonne zu allen Jahreszeiten ungefähr eine Stunde nach ihrem Aufgang oder eine

Stunde vor ihrem Untergang. Es kann also im ungünstigsten Falle vorkommen, dass am Morgen oder Abend eine Besonnungsstunde verloren geht. Die Sonnenstrahlen bei so tiefem Sonnenstande haben bekanntlich nur einen recht geringen hygienischen Wert, so dass dieser Verlust leicht in Kauf genommen werden kann. Solche günstige Verhältnisse werden bei der Mehrzahl der grössern Siedlungen des schweizerischen Mittellandes gegeben sein. Nicht restlos trifft es für Zürich zu. Man kann mit Hilfe des Besonnungsdiagrammes V und anhand des Siegfriedblattes Birmensdorf leicht feststellen, dass die Strassenkreuzung auf Kote 465 der Siedlung Friesenberg um die Zeit der kürzesten Tage um 14.30 Uhr in den Schatten des Uetlibergs kommt, während die Sonne um 16.10 Uhr untergeht, beide Zeitangaben in Ortszeit ausgedrückt. Es gehen also nur ungefähr anderthalb Abendstunden an Besonnung verloren, was noch nicht berechtigt, von einer ungünstigen Sonnenlage dieser Siedlung zu sprechen.

Anders liegen die Verhältnisse in den Alpentälern. Hier geraten bei den niederen Sonnenständen des Winters grössere oder kleinere Teile des bebaubaren Landes während kürzerer oder längerer Zeitabschnitte in den Bergschatten. Die Grenze des Bergschattens ändert ihre Lage von Tag zu Tag und von Stunde zu Stunde. Man wird sich deshalb auch bei solchen Untersuchungen auf ausgewählte typische Tage und geeignete Tagesstunden beschränken müssen, nachdem man zuvor den Horizont mit dem Theodoliten ausgemessen hat. Beim Aufzeichnen der Schattengrenze wird man dann die aus den Diagrammen zu entnehmenden Sonnenstände verwenden. Ein ähnlicher Fall liegt vor, wenn es gilt, die Einwirkung eines grösseren Gebäudes auf die Besonnung eines Nachbargebäudes zu untersuchen. Hier wird man mit Hilfe der Baupläne und nach den Regeln der Projektionslehre den Schlagschatten des Gebäudes auf die Ebene aufzuzeichnen haben, wobei wiederum die Sonnenstände der Diagramme zu benützen sind. Dies alles sind aber Spezialfälle, die eigentlich aus dem Rahmen meines Aufsatzes herausfallen und auf welche ich deshalb nicht im Einzelnen eintreten kann.

Auf Grund der bisherigen Untersuchungen sind wir so weit gekommen, dass wir die Summe der Sonnenstunden, die auf eine beliebig orientierte Wand fallen, für einzelne ausgewählte Tage des Jahres ohne weiteres angeben können. Es sind dies 8 Tage im Jahr, die 40 bzw. 51 Tage auseinander liegen. Noch wertvoller ist es natürlich, die Summe der Sonnenstunden nicht nur für einen einzigen Tag, sondern für längere Perioden zu kennen. Dementsprechende Summierungen lassen sich in einfacher Weise durch die Bildung von Mittelwerten ausführen, wie im folgenden gezeigt werden soll. Vorerst sei auf die folgende, auf den ersten Blick vielleicht überraschende Tatsache hingewiesen: Die Sonne bescheint ständig die eine Hälfte der Erdkugel, während die andere Hälfte im Schatten liegt. Da sich die Erde unter stetiger Rotation um ihre Achse einmal im Jahre um die Sonne bewegt, so muss jeder Punkt ihrer Oberfläche im Laufe eines Jahres ebensoviele Besonnungsstunden bekommen wie Schattenstunden. Dies ergibt 8760 : 2 = 4380 astronomisch mögliche Sonnenstunden. Voraussetzung dafür ist natürlich eine vollkommen glatte Erdkugel ohne Erhebungen. Diese 4380 Sonnenstunden sind allerdings äusserst ungleich verteilt, indem bekanntlich am Aequator fortwährend Tag- und Nachtgleiche besteht, während an den Polen die Sonne während 4380 Stunden ununterbrochen über und während ebensovielen Stunden unter dem Horizont sich befindet. In den gemässigten Zonen haben wir zum Glück mittlere Verhältnisse. Nun lässt sich die Zahl der je auf das Sommer- und das Winterhalbjahr entfallenden Sonnenstunden wie folgt berechnen:

Im Sommer ist die Tageslänge ständig grösser als 12 Stunden. Wie die Berechnung nach der früher angegebenen Formel 1 und auf Grund der Konstruktion übereinstimmend ergeben hat, betragen die Tageslängen:

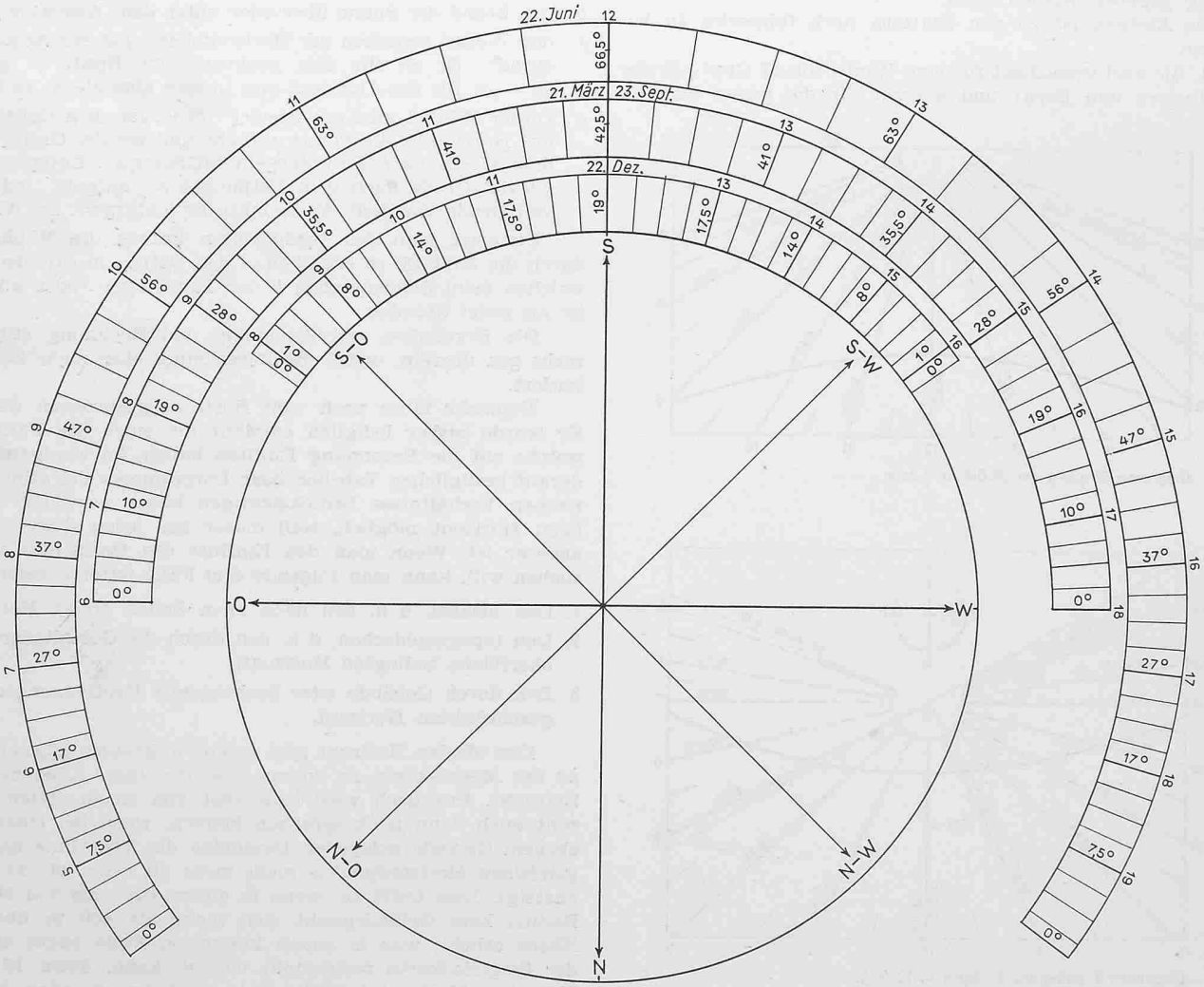


Bild 1. Sonnenstand zu den Ortszeiten von Zürich, 47° 23′ nördl. Breite, 8° 34 östl. Länge, M. E. Z. = Ortszeit Zürich + 25′ 48″. Die Höhenwinkel sind in Gradeinteilung (alter Teilung) bei den entsprechenden Tageszeiten eingeschrieben

am 21. März	12 + 0 h
am 20. Juni	12 + 3,7 h
am 19. September	12 + 0 h
am 19. Dezember	12 — 3,7 h

Da die Zu- und Abnahmen der Tageslängen einem Sinusgesetze folgen, hat man als Mittelwert den früher berechneten Sinusmittelwert zu benützen. Es beträgt also der Mittelwert der Zu- bzw. Abnahmen 3,7 × 0,636 = 2,36 h. Folglich beträgt die mittlere Sonnenscheindauer eines Tages: im Sommer 12 + 2,36 = 14,36 h; im Winter 12 — 2,36 = 9,64 h. Daher haben wir folgende totale Sonnenstunden in den Halbjahren:

Im Sommer	182 Tage zu 14,36	= 2614 h
Im Winter	182 Tage zu 9,64	= 1754 h
	Summa	= 4368 h

Da wir wegen unserer vereinfachten Kalendereinteilung das Jahr nur zu 364 Tagen gerechnet haben, fehlt in obiger Summe natürlich die Hälfte von 24 Stunden d. h. 12 Stunden. Diese 12 Stunden zum obigen Betrag hinzugezählt ergibt gerade 4380 Stunden, die Rechnung stimmt also genau. Aus obigen Zahlen ergibt sich, dass auf 47° geogr. Breite die astronomisch mögliche Besonnung im Sommer ziemlich genau 60 %, im Winter 40 % der Jahresbesonnung ausmacht, d. h. wir haben im Sommer 50% mehr Sonne als im Winter. Hiebei darf nicht übersehen werden, dass die eben berechneten Stunden diejenigen sind, in welchen die Sonnenstrahlen von der Erdoberfläche, d. h. an einem gegebenen Orte von der Horizontalebene aufgefangen werden. Demgegenüber kann eine vertikale Wand nur dann alle im Laufe eines Tages ankommenden Strahlen einfangen, wenn diese in der Horizontalebene keinen grösseren Winkel als 180 Grad zurücklegen. Während des ganzen Sommerhalbjahres ist aber dieser Winkel grösser als 180 Grad, so dass in dieser Zeit alle Innenräume, welche Sonne nur von einer Fensterwand her bekommen, also nicht Eckzimmer sind, einen gewissen Verlust erleiden, der aber in der ohnehin sonnenreichen Jahreszeit nicht sehr ins Gewicht fällt.

Hier mögen noch einige allgemeine Betrachtungen über die beiden Halbjahre angestellt werden. Im Winter ist es natürlich besonders wichtig, dass die Hauptfront z. B. eines Krankenhauses möglichst keinen Verlust an astronomisch möglichen Sonnenstunden erleide. Betrachtet man daraufhin die Diagramme I, IV, V, so erkennt man, dass nur eine reine Südwand diese Forderung restlos zu erfüllen vermag. Zur Zeit der Tag- und Nachtgleichen, also zu Beginn und Ende des Winterhalbjahres, geht die Sonne im Ostpunkte des Horizontes auf und im Westpunkte unter, und die Sonnenscheindauer beträgt dann 12 Stunden. Abdrehungen einer Südwand bis zu etwa 20 Grad ergeben dann gewisse Besonnungsverluste, etwa 2 Stunden nach dem Aufgang oder ebensoviele Stunden vor dem Untergang der Sonne. Diese Verluste sind an sich nicht gross und wegen des dann tiefen Sonnenstandes nicht von Bedeutung. Aus Diagramm IV ersieht man, dass am 29. Oktober und am 9. Februar, also den für das Winterhalbjahr repräsentativen Tagen, die Sonne 23° nach dem Ostpunkt auf- und ebensoviel Grade vor dem Westpunkt untergeht. Eine Abdrehung von 23° verursacht daher vom 29. Oktober bis zum 9. Februar gar keinen Verlust an Besonnung, weil in dieser Periode der von den Sonnenstrahlen bestrichene Sektor immer kleiner ist als an diesen beiden Tagen, die Strahlen also auch von der abgedrehten Wand sicher aufgefangen werden. Man sieht daraus, dass während des grössten Teiles des Winters und insbesondere zur Zeit der kürzesten Tage eine Abdrehung einer Südwand bis zu etwa 23° der Besonnung keinen Nachteil bringt und sich rechtfertigt, wenn aus andern Gründen, die z. B. in den meteorologischen Verhältnissen liegen können, sie als vorteilhaft erscheint.

Zu den Besonnungsverhältnissen im Sommer möchte ich mich nur ganz kurz äussern. Wie schon erwähnt, ist in dieser Periode der Zentriwinkel des von den Sonnenstrahlen bestrichenen Sektors immer grösser als 180°, so dass sie niemals alle von einer Gebäudewand aufgefangen werden können. Für die Südwand lässt sich z. B. zeigen, dass die Summe der Besonnungsstunden genau so gross ist, wie sie einer mittleren Sonnenscheindauer von 9,64 Stunden im Tage entspricht, also der mittleren Dauer des Winterhalbjahres. Da die mittlere Sonnenscheindauer des Sommers zu 14,36 Stunden berechnet wurde, so kommt das Mehr an Besonnung einesteils den nach Nordosten und nach Nordwesten orientierten Wänden zugute, andernteils den ebenen Flächen der Umgebung. Dass die Südwand in bezug auf die Besonnung nicht so bevorzugt ist, wie man oft annimmt, geht schon daraus hervor, dass die Zahl ihrer Sonnenstunden von 12 Stunden zur Zeit der Tag- und Nachtgleichen auf 8 h 20' am längsten Tage abnimmt. Auch zeigt es sich, dass Wände, die gegen die Südlage nach der einen oder andern Seite bis zu einem Winkel von etwa 23° abgedreht sind, fast ebensoviel Sonne bekommen wie die reine Südwand.

Zusammenfassung

Der Verfasser hat sich die Aufgabe gestellt, die ihrer Natur nach etwas verwickelten Besonnungsverhältnisse in möglichst anschaulicher Weise darzustellen. Dabei hat sich gezeigt, dass es schwierig ist, die einem dauernden Wechsel unterworfene Besonnung auf einem einzigen Blatte zu veranschaulichen, da ein solches überladen und deshalb schwer lesbar wird. Aus diesem Grunde wurden für einige zweckentsprechende Tage im Jahr im ganzen 5 Diagramme entworfen, welche zu je zweien auf einem Blatte im Format A 4 untergebracht werden können, so dass sich 3 solcher Blätter ergeben. Sie ermöglichen einen guten allgemeinen Ueberblick und zeigen in besonders einfacher Weise die Abhängigkeit der Besonnung von der Orientierung eines Gebäudes nach den Himmelsrichtungen. Ausserdem wird ein rechnerisches Verfahren angegeben, mit dem es möglich ist, die Summe der Besonnungsstunden für eine längere Zeitperiode zu ermitteln.

Bestimmung der Sonnenbestrahlung

Von Dipl. Arch. E. WUHRMANN, S. I. A., Zürich DK 551.521.1 : 72

Es ergibt sich öfters der Wunsch oder die Notwendigkeit, festzustellen, ob und in welchem Masse ein Gelände, ein Haus oder ein Teil eines solchen während des Jahreslaufes Sonnenlicht empfängt. Daraus entsteht das Bedürfnis nach einem einfachen Verfahren, das diese Feststellung ermöglicht. Im Folgenden sei auf eine Methode hingewiesen, die auf verhältnismässig einfache Weise den gewünschten Zweck erfüllt.

Die Sonnenbestrahlung kann mit Hilfe des Diagramms Bild 1, S. 280, bestimmt werden, das für Zürich 47° 23' nördl. Breite, 8° 34' östl. Länge) aufgestellt, jedoch auch für andere Orte der Schweiz mit genügender Genauigkeit verwendbar ist. Die Höhenwinkel sind für den praktischen Gebrauch auf halbe und ganze Grade auf-, bzw. abgerundet. Dem Diagramm kann der Sonnenstand an den wichtigsten Tagen des Jahres (längster Tag 22. Juni, kürzester Tag 22. Dezember, Tage der Sonnenwende 21. März und 23. September) zu den viertel, halben und ganzen Tagesstunden ohne weiteres entnommen werden. Im allgemeinen wird die Kenntnis der Bestrahlungszeiten an den genannten Tagen genügen,

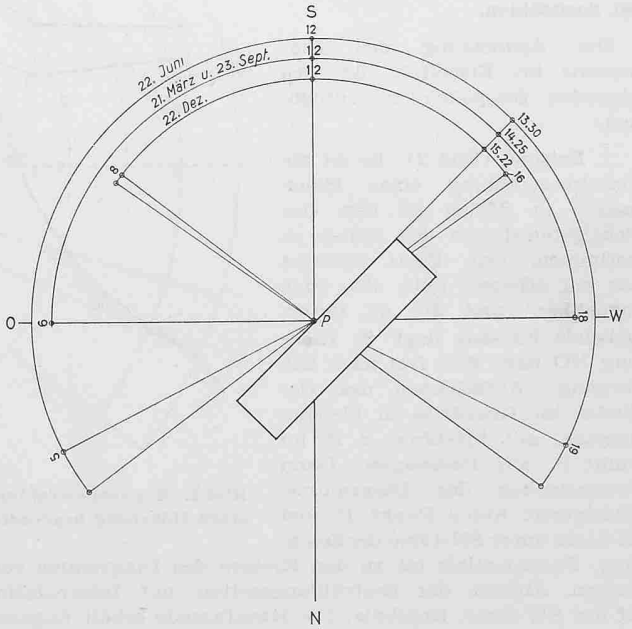


Bild 2. Sonnenbestrahlung einer Hausfassade