Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 76 (1958)
Heft: 23

Artikel: Grundlagen und Werte zur Nutzung der Sonnenenergie
Autor: Böhm, J.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-63988

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: 06.07.2025

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

ORGAN DES SCHWEIZERISCHEN INGENIEUR- UND ARCHITEKTEN-VEREINS S.I.A. UND DER GESELLSCHAFT EHEMALIGER STUDIERENDER DER EIDGENÖSSISCHEN TECHNISCHEN HOCHSCHULE G.E.P.

Grundlagen und Wege zur Nutzung der Sonnenenergie

DK 620.97:523.72

Von Prof. Dr.-Ing. habil. **J. Böhm**, Berlin *)

Gründe für Bemühungen zur Nutzung

Mit der Zunahme der Bevölkerung und der Industrialisierung steigt der Energiebedarf unseres Planeten von Jahr zu Jahr. Die Bereitstellung eines ausreichenden Energiedargebots ist eines der Grunderfordernisse unseres technischen Zeitalters. Schon unser derzeitiger Lebensstand wäre ohne Nutzung der fossilen Brennstoffe zur Erzeugung von Antriebsenergie und Nutzwärme undenkbar. Trotz ständiger Verbesserungen unserer kalorischen Energieumsetzungsanlagen sind immer grössere Einbrüche in die unersetzlichen fossilen Brennstoffvorräte unvermeidlich, mit deren Erschöpfung man bereits zu rechnen beginnt. Deshalb hat man die Aussicht, aus Atomkernumwandlungen Energie zu gewinnen, mit Erleichterung aufgenommen. Nun ist die Gewinnung der Kohle mühsam und wird immer aufwendiger. Die Rohstoffe für die Kernenergieerzeugung sind ebenfalls nicht unbegrenzt vorhanden; hinzu kommen die Gefahren durch Strahlen, deren Auswirkung auf die Menschen noch nicht genügend bekannt sind. Demgegenüber besitzen wir in der Sonnenstrahlung eine Energiequelle, die so lange anhält, wie die Sonne am Firmament steht.

Aus gegebenen Verhältnissen heraus hat man sich in der Tat in sonnenscheinreichen Gebieten schon mehr mit diesem Problem beschäftigt als in unseren Breiten. Nichtsdestoweniger sollten auch wir uns nicht abhalten lassen, an zweckmässigen Lösungen der Nutzung der Sonnenenergie mitzuarbeiten. Die Erforschung der Umwandlungstechnik der Sonnenstrahlen und die Entwicklung von Geräten für eine zweckmässige Nutzung verdient unser volles Interesse.

Noch ist die Wirtschaftlichkeit der Nutzung der Sonnenenergie im industriellen Ausmasse nicht gegeben, insbesondere nicht als mögliche Grundlage für unsere künftige Energieversorgung. Spätere Erkenntnisse werden aber den Wirkungsgrad der Energieumwandlung für die verschiedensten Anwendungsgebiete verbessern, und die kommende Verknappung der fossilen Brennstoffe wird die Nutzung der Sonnenenergie mit den bisherigen klassischen Verfahren der Energieerzeugung auch wirtschaftlich rechtfertigen. Die naturgegebene Sonnenstrahlung, deren Intensität und Dauer wir nicht beeinflussen können, muss nicht nur umgewandelt, sondern auch verdichtet und gespeichert werden, was interessante wissenschaftliche und technische Probleme stellt.

*) Gekürzte Fassung eines am 24. Mai 1957 an der ETH in Zürich gehaltenen Vortrages.

Nutzungsbereich und Formen der Sonnenenergie

Wir wissen, dass die Bahn der Erde um die Sonne leicht elliptisch und die Erdaxe zur Ekliptikebene geneigt ist. Dies hat eine ungleiche Strahlungsintensität und Sonnenscheindauer auf der Erdoberfläche zur Folge. Unser Planet ist im Sommer von der Sonne um 3,5 % weiter entfernt als im Winter, und die nördliche Halbkugel ist im Winter um 23½ ° von ihr ab, im Sommer um ebensoviel ihr zugewendet, wodurch die jahreszeitlich bedingte Tageslänge zustande kommt.

Das Gebiet, in dem sich so die Nutzung der Sonnenenergie anbietet, liegt in einem Gebietsstreifen, der sich zwischen 40° N und 40° S befindet. Er umfasst den Südteil der USA, einen Grossteil von Südamerika, Südeuropa mit Spanien, Italien und Griechenland, den Grossteil von Afrika, Arabien, einen Teil von Kleinasien, Indien und China. Es sind zum grossen Teil wasserarme und heute industriell noch nicht entwickelte Gebiete. Diese würden durch die Aufstellung von heliotechnischen Anlagen ungeahnte Entwicklungsmöglichkeiten erhalten. Wie sich die mittlere Einstrahlung mit der geographischen Breite mit Bezug auf den Aequator ändert, zeigt Bild 1. Interessant ist, dass der Gebietsstreifen bis 20° N im jährlichen Mittel bis 10 % mehr Sonnenenergie empfängt als der Aequator.

Auf der Erdoberfläche äussert sich die Sonnenenergie als Wärme, als Elektrizität und als Photosynthese. Ihre weitere Wandlung in der Natur und die mögliche Nutzanwendung dieser Ausgangsformen sind im Bild 2 schematisch veranschaulicht.

Als Wärme niederen Potentials bewirkt die Sonnenenergie die Erwärmung von Boden und Luft und führt zur Verdunstung des Wassers. Mit Vegetation bedeckte Gebiete speichern die Sonnenenergie über die Photosynthese chemisch. Diese ermöglicht so das Wachsen von Nährpflanzen für Mensch und Tier und die Bildung von Brennstoffen.

Sonnenenergie kann entweder in Plattensammlern in Wärme niederen Potentials oder in Strahlenbündlern in

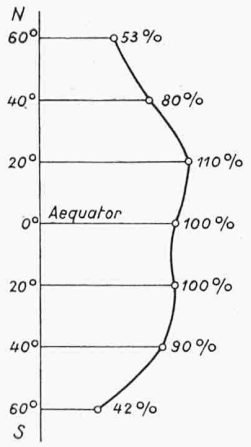
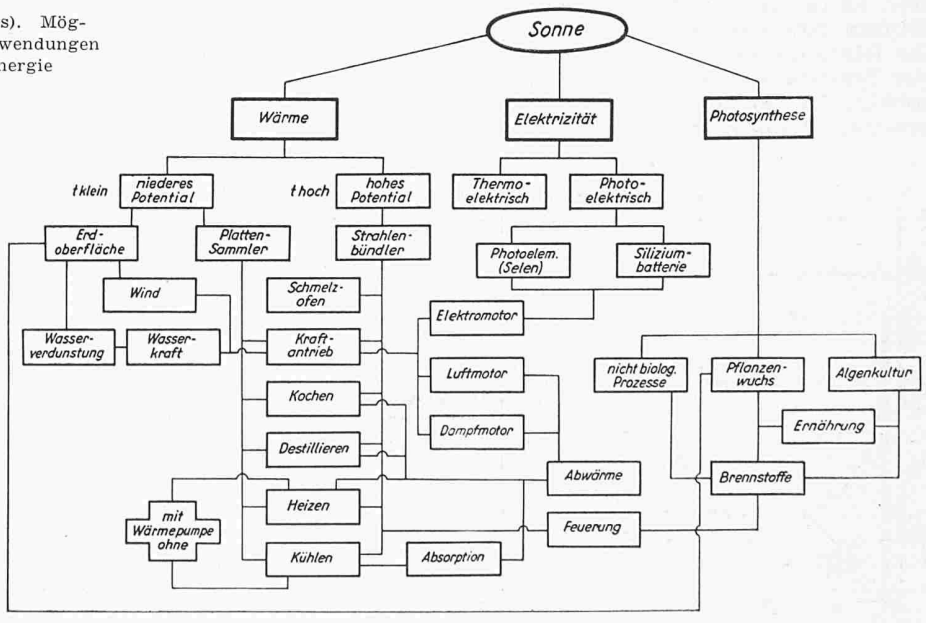


Bild 1. Verteilung der mittleren Sonneneinstrahlung über die geographische Breite. Einstrahlung am Aequator = 100 %

Bild 2 (rechts). Mögliche Nutzanwendungen der Sonnenenergie



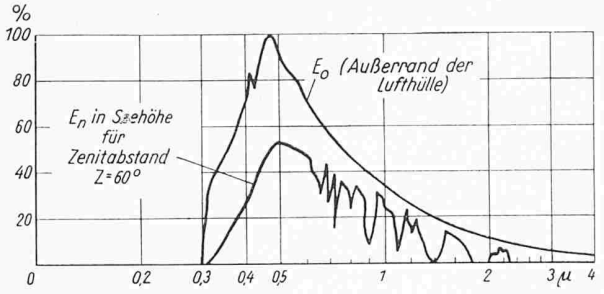


Bild 3. Strahlungsintensität der Sonne: E_o am Aussenrand der Lufthülle und E_n auf Meereshöhe für einen Zenitabstand von 60°

Wärme hohen Potentials umgeformt und je nach ihrem Potential zur Warmwasserbereitung, zur Heizung und Kühlung, zu Kochzwecken und Wasserdestillation herangezogen werden. Zum Teil sind diese Bemühungen schon Jahrzehnte, ja Jahrhunderte alt. Zu erfolgreichen Versuchen zur Erzeugung von Antriebsenergie kam es allerdings erst, als das thermodynamische Prinzip der Wärmekraftmaschine entdeckt und in der Dampfmaschine bzw. im Heissluft-Motor technisch verwirklicht wurde. In hochkonzentrierter Form werden die Sonnenstrahlen zum Schmelzen von Substanzen verwendet.

Die Photoelektrizität in Selenzellen, die seit etwa einem Jahrhundert bekannt ist, wurde allerdings mit sehr geringem Umwandlungsgrad ausgenützt. Die seit kurzem entdeckte Siliziumzelle weist neue, vielversprechende Möglichkeiten zur direkten Umwandlung des Sonnenlichtes in Elektrizität mit Umwandlungswirkungsgraden von mehr als 10 % auf.

Die physikalischen Grundlagen der Sonnenenergie

Zusammensetzung und Intensität der Sonnenstrahlung

Der «Träger» der Sonnenenergie ist die Strahlung, die die Sonne aussendet und von der die Erde ½ Milliardstel erhält. Von der ausgesandten Strahlung liegen 9 % im ultravioletten — von 0,25 μ an —, 41 % im sichtbaren — zwischen 0,4 bis 0,7 μ — und 50 % im Bereich der Wärmestrahlen. Etwa 99 % liegt im Wellenband von 0,25 bis 3 μ.

Die Strahlungsintensität an der Sonnenoberfläche ist bei 7000° C zwischen 70 bis 80 000 kW/m². Nach einem Weg von 149.10^6 km beträgt der Strahlungsfluss am Aussenrand der irdischen Lufthülle nur noch 1,425 kW/m² oder 2,04 cal/cm² · min = 2,04 Langley/min. Man nennt diesen Wert, der in letzter Zeit mehrfach berichtigt wurde, die Solarkonstante.

Beim Durchdringen der Lufthülle werden von der Strahlung, die auf diese trifft, 30 bis 40 % durch Streuung und Absorption aufgezehrt und zwar durch den Ozonanteil in den oberen, den Wasserdampfgehalt sowie durch Staub in den unteren Luftschichten. Auf diese Weise erhält die Erdoberfläche in Seehöhe an einem klaren Tag zwischen 0,855 bis 1 kW/m² bzw. 1,2 bis 1,4 cal/cm² min an direkter Strahlung. Von der diffusen Strahlung der Atmosphäre gelangt allerdings über die Hälfte ebenfalls auf die Erdoberfläche. Nun ist je nach der Tagesstunde infolge der verschiedenen Dicke der Luftschicht, die die Sonnenstrahlen durchmessen, der Sonnenscheindauer, die örtlich von der Jahreszeit und den Wetterbedingungen abhängt, die auf einer Fläche auftreffende Strahlungsmenge verschieden und ausserdem noch von der Orientierung dieser Fläche gegenüber den einfallenden Sonnenstrahlen abhängig. Diese Verhältnisse verdeutlichen die Bilder 3 bis 6.

Bild 3 zeigt, wie bei einem Zenitabstand von 60° die in Seehöhe herrschende Strahlungsintensität E_n von der auf der äusseren Lufthülle vorhandenen Intensität E_o verschieden ist und wie sich beide im Wellenspektrum ändern. Bild 4 veranschaulicht rechts die absolute Strahlungsintensität, und zwar sowohl die direkte wie die diffuse und deren Summe, und links das Verhältnis von diffuser zur direkten Strahlung, beide Male in Abhängigkeit vom Zenitabstand und zwar für einen Sommertag in Meereshöhe. Man erkennt, dass bei tiefstehender Sonne die diffuse Strahlung von gleicher Grössenordnung wird wie die direkte Strahlung. Bild 5 gibt für verschiedene Breitengrade das jährliche Mittel des auf eine horizontale Fläche auftreffenden Energieflusses an und seinen Verlauf für den Monat Juni und Dezember für wolkenlosen und teilweise bewölkten Himmel. Es fällt auf, dass die Einstrahlungen im Winter und die im Sommer auf der nördlichen Halbkugel weniger stark voneinander verschieden sind als auf der südlichen. Dies rührt davon her, dass die Erde im Dezember der Sonne näher ist als im Juni. Ferner ist beachtenswert, dass die geographische Lage von geringerer Bedeutung als der Bewölkungsgrad für die Strahlungsausbeute ist.

Bild 6 zeigt für verschiedene Jahreszeiten das Verhältnis der Strahlungsintensität von verschieden geneigten Flächen gegenüber einer horizontalen und zwar für 40 ° N. Nach Süden gerichtete Flächen nehmen in den Wintermonaten um so mehr Strahlung auf, je weniger sie von der Ortslotrechten abweichen. Als Bestwerte der Neigung gelten für die Sommerzeit: Breitengrad weniger 20 °, für die Winterszeit: Breitengrad plus 15°.

Etwa 25 % der Erdoberfläche hat immer Sonnenschein, aber die Sonnenscheindauer selbst ändert sich von 4000 Stunden in der Sahara bis auf etwa 1500 in unseren Breiten, und dies ist von einschneidender Bedeutung für den Betrieb einer heliotechnischen Apparatur. Für praktische Rechnungen kann man annehmen, dass eine Fläche von 1 m², die zum Sonnenstand immer senkrecht gerichtet ist, während acht Stunden zwischen 20 bis 40° Breite rd. 4500 kcal = 5,25 kWh an Sonnenenergie erhält, das ist die Wärme, die ⅔ kg Steinkohle bei der Verbrennung hergeben.

Prinzip der heliotechnischen Wärmeerzeugung

Wenn eine Fläche von der Sonne beschienen wird, steigt deren Temperatur über die der umgebenden Luft. Diese Uebertemperatur ist die Folge einer Wärmeentwicklung durch Absorption der Sonnenstrahlen in dieser Fläche. Sie wird am grössten bei senkrecht einfallenden Strahlen, bester Absorptionsfähigkeit der Fläche und bester Wärmeisolierung.

Diesem Ideal entspricht die «Schwarze Fläche», die auf der der Strahlung abgewendeten Seite gegen jede Wärmeableitung abgedämmt und an der der Strahlung zugewandten Seite gegen Abstrahlung abgeschirmt ist. Dabei tritt keine Erhöhung des durch die Intensität der Sonnenstrahlung gegebenen Energieflusses auf. Die so erzielbare Temperatur liegt grössenordnungsmässig bei 100 ° C. Man erhält so Wärme niederen Potentials.

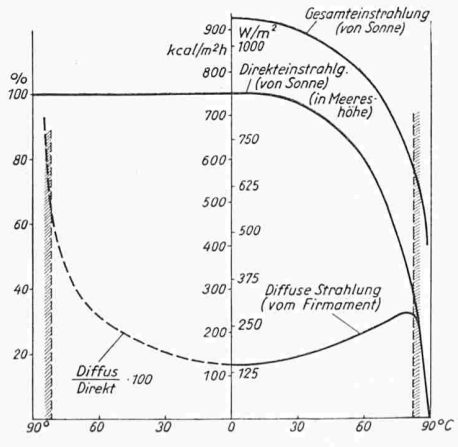


Bild 4 (links). Rechte Bildhälfte: Gesamteinstrahlung, direkte Einstrahlung auf Meereshöhe und diffuse Strahlung in W/m² und kcal/m²h; linke Bildhälfte: diffuse Strahlung in Prozenten der direkten, je in Abhängigkeit des Zenitabstandes (nach Guide Book ASHVE)

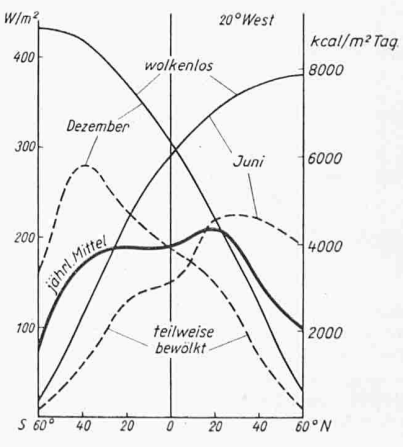


Bild 5 (rechts). Verlauf des auf eine horizontale Fläche auftreffenden Energieflusses in Abhängigkeit der geographischen Breite. Stark ausgezogene Kurve: Jahresmittelwert; dünn ausgezogen: Werte für Dezember und Juni bei wolkenlosem Himmel; gestrichelt dasselbe bei teilweise bewölktem Himmel

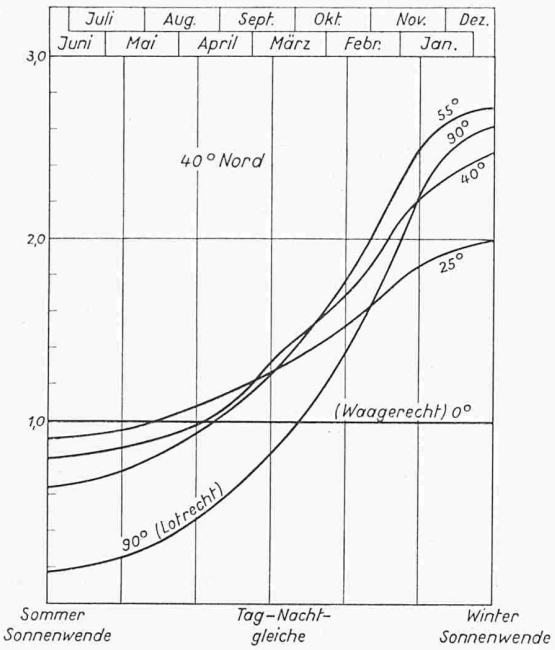


Bild 6. Verhältnis der Strahlungsintensität von verschieden geneigten Flächen zu der auf eine waagrechte Fläche für einen Ort von 40 ° nördl. Breite in Abhängigkeit der Jahreszeiten

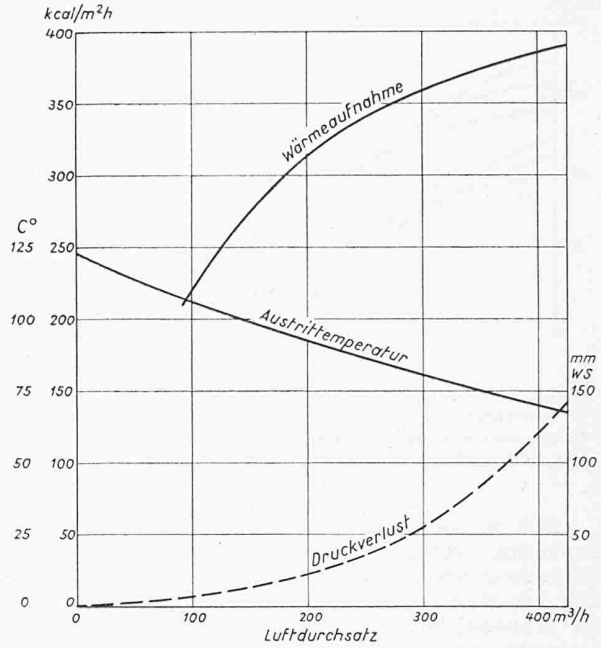


Bild 8. Plattensammler für Lufterwärmung. Luftaustrittstemperatur, Druckverlust und Wärmeaufnahme in Abhängigkeit des Luftdurchsatzes

Verdichtet man die Sonnenstrahlung mittels Linsen oder spiegelt man diese an entsprechend geformten Flächen, so erhält man in der Brennzone solcher Systeme hohe Temperaturen, und es wird möglich, hier mittels Absorptionsflächen Wärme hohen Potentials zu erzeugen. Dieses hängt von der Strahlenkonzentration ab. Mit einer zehnfachen Konzentration erzielt man bereits 320° C. Um 1000° C zu erhalten, muss aber schon eine 300fache Konzentration verwirklicht werden.

Je nach Ausbildung solcher heliothermischer Generatoren kann man also Wärme verschieden hohen Potentials erzeugen, und es sind nur wirtschaftliche Erwägungen, die die Verwirklichung kalorischer Prozesse mit Hilfe der Sonnenstrahlung bestimmen. Fallen Energiedargebot und -bedarf nicht zusammen, muss allerdings seine Kontinuität durch Speicherung gesichert werden. Diese belastet zusätzlich die wirtschaftlichen Aussichten der Sonnennutzung.

Ueber die Umwandlung und Ausnutzung der Sonnenenergie gibt es heute schon über 250 Patentanmeldungen. Das Stanford Research Institute in Kalifornien führt in einer Bibliographie 1955 bereits über 6000 Titel an, die sich mit der Sonnenenergie befassen.

Ebene oder Plattensammler

Zur Erzeugung von Wärme mit Temperaturen bis 100 ° C verwendet man Plattensammler. Ueber eine schwarze Fläche wird das Sonnenspektrum beim direkten Auftreffen in Wärme verwandelt, mit der ein Arbeitsmedium zunächst auf mässige Uebertemperaturen gebracht und dann einer Wärmenutzung unterzogen wird. Dieses wird entweder an der Fläche entlang geführt oder durch Kanäle geleitet, die mit dieser leitend verbunden sind. Auf Bild 7 sind vier Querschnitte von ausgeführten Plattensammlern dargestellt, wovon drei zum Aufwärmen von Luft und einer zum Aufwärmen von Wasser bestimmt ist. Sie unterscheiden sich hauptsächlich durch die Art, wie die Wärme von der Absorptionsfläche an das Arbeitsmittel abgeführt wird. Die erzielbare Uebertemperatur hängt dabei von der Grösse des Durchsatzes, von der Wirksamkeit der Massnahmen zur Abschirmung der Sammlerfläche und von der Isolierung des Sammlers ab. Bild 8 veranschaulicht den Zusammenhang zwischen dem Luftdurchsatz und der Austrittstemperatur von Warmluft, der so verfügbaren Luftwärme und dem Druckverlust in einem Plattensammler.

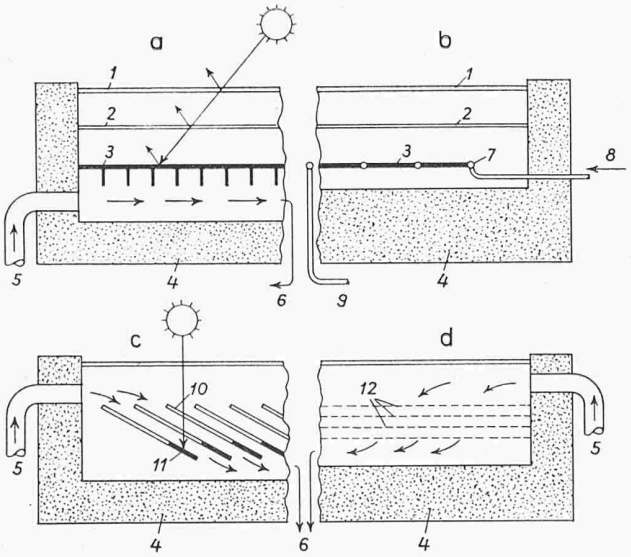


Bild 7. Verschiedene Formen ausgeführter Plattensammler
Vgl. hierzu auch die Ausführung in SBZ 1947, Nr. 31, S. 426 *

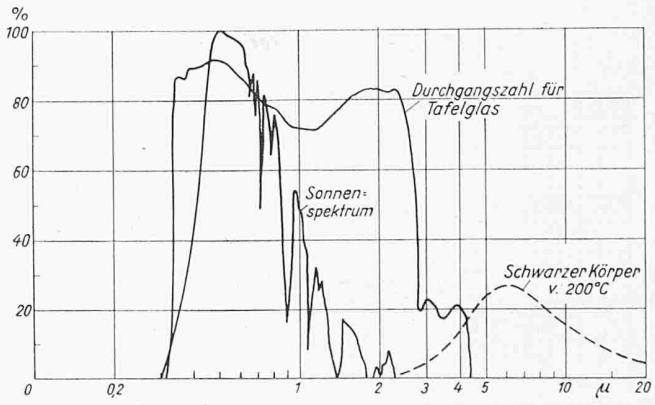


Bild 9. Sonnenspektrum und Durchgangszahl von Tafelglas für langwellige Wärmeeinstrahlung

Legende zu Bild 7:

1 obere Scheibe aus Glas	4 Isolierung	9 Wasseraustritt
2 untere Scheibe aus Glas	5 Lufteintritt	10 Luftleitwände
3 Schwarze Platte	6 Luftaustritt	11 Schwarzer Teil von 10
	7 Rohrsystem	12 Schwarze Gaze
	8 Wassereintritt	

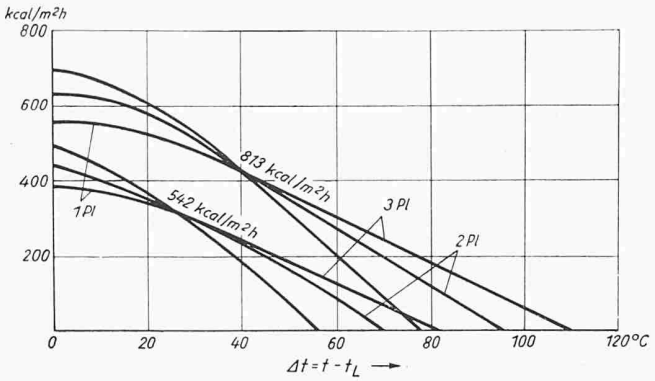


Bild 10. Einfluss von Glasplatten auf die verfügbare Nutzwärme bei verschiedenen Uebertemperaturen der Sammlerfläche über die Umgebungstemperatur, gezeichnet für die zwei Strahlungsintensitäten 813 und 542 kcal/m² h

Bild 9 zeigt die Wirkung einer Glasscheibe auf den Durchgang der Sonnenstrahlung und der langwelligen Wärmestrahlung. Die Glasscheibe vermindert zwar die Intensität des Sonnenspektrums um rd. 20 %, verhält sich aber der Wärmestrahlung gegenüber als schwarzer Körper. Sie vermindert so eine Wärmeabstrahlung und wirkt als Strahlungsschutz für die Sammlerfläche gegenüber dem Firmament. Den Einfluss solcher Glasplatten auf die verfügbare Nutzwärme für verschiedene Uebertemperaturen der Sammlerfläche veranschaulicht Bild 10. Für jede Intensität der Sonnenstrahlung gibt es eine bestimmte Uebertemperatur Δt, die von der Plattenzahl unabhängig ist. Wird sie überschritten, so führt bei gleichbleibender Nutzwärme eine mehrfache Abschirmung zu höheren Uebertemperaturen; wird sie aber unterschritten, so erhält man durch diese kleinere Uebertemperaturen, somit eine nachteilige Wirkung. Mit drei Platten werden optimale Bedingungen geschaffen. Es ist schon gelungen, Oberflächenbezüge herzustellen, die die Sonnenstrahlen ohne allzu grosse Abminderung hindurchlassen und gleichzeitig als Isolierschicht gegen Wärmeabstrahlung und -leitung wirken.

Mit Plattensammlern kann man an klaren Tagen Warmluft von 50 bis 60 ° C, Warmwasser bis 80 ° C erzeugen. Der Durchsatz selbst ist bedingt durch die Intensität der Sonnenstrahlung. Dabei wird die diffuse Strahlung der Atmosphäre ebenfalls ausgenutzt.

Strahlenkonzentratoren

Geeignet geformte Spiegel werfen das Sonnenlicht zurück und sammeln es in der Brennzone. Das Verhältnis von Spiegelöffnung zur Bildgrösse bestimmt die Strahlenkonzentration. In Bild 11 ist die erzielbare Temperatur in der Brennzone für verschiedene Konzentrationen angegeben.

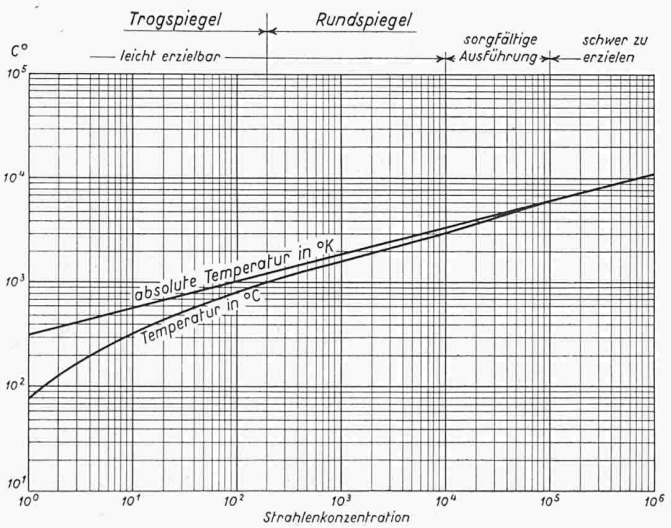


Bild 11. In der Brennzone eines Strahlenkonzentrators erzielbare Temperaturen in Abhängigkeit der Strahlenkonzentration

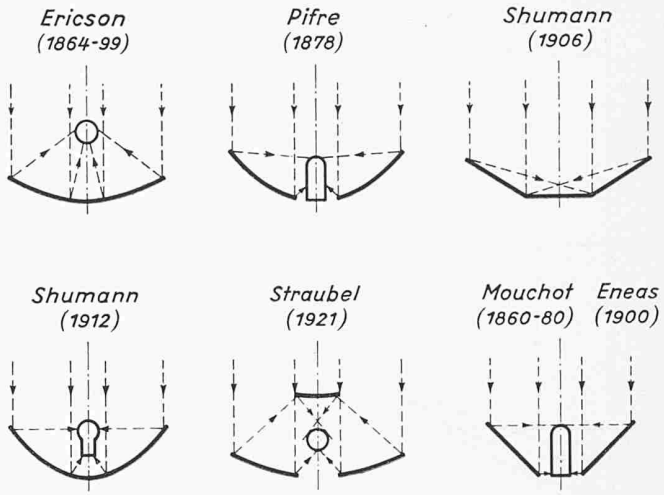


Bild 12. Ausgeführte Spiegelformen

Einige Spiegelausführungen sind in Bild 12 zusammengestellt. Je nach Sorgfalt der Formgebung erhält man mit parabolischen Trogspiegeln Konzentrationen zwischen 50 bis 200 und so einige 100 ° in der Brennzone, mit parabolischen Rundspiegeln erreicht man Konzentrationen zwischen 10 000 bis 30 000 und Temperaturen über 3000 ° C. Je grösser die Spiegelöffnung, um so mehr Sonnenstrahlen werden eingefangen, aber um so weiter liegt das Bild der Sonnenscheibe vor dem Spiegel und um so unschärfer wird es. Auf diese Weise entsteht ein starker Temperaturabfall im Brennfleck, der hier die Wärmeübergangsbedingungen beeinträchtigt.

Sonnenspiegel werden entweder direkt der Sonne nachgeführt, oder sie stehen fest und erhalten das Sonnenlicht über bewegliche Richtspiegel, die der Sonne folgen. Als Baustoff verwendet man polierte Metallflächen, hauptsächlich solche aus Aluminium; aber auch Glas, das innen poliert und aussen versilbert ist, wird als Bauelement insbesondere für Fazettenspiegel verwendet.

Die kalorische Nutzung der Sonnenenergie

Mit Wärmemengen mit Temperaturen von 60 bis 80°, wie solche in ebenen Plattensammlern erzeugt werden, kann man Warmwasser bereiten, Wasser destillieren und Wohnräume heizen. Je nach der Grösse der Strahlenkonzentration kann man Temperaturen von 100° C bis zu einigen 1000° C verwirklichen. Wärmemengen mit solchen Temperaturen können verwendet werden, um in Sonnenkochern Speisen zu bereiten, in Sonnenkesseln Dampf und so in Wärmekraftmaschinen mechanische Energie zu erzeugen sowie schliesslich in Sonnenglutöfen Schmelzprozesse aller Art zu verwirklichen.

Infolge der kosmisch gegebenen Intensität der Sonnenstrahlung bestimmt die ausführbare Grösse der Auffangflächen für die Sonnenstrahlen die Grösse der erzielbaren Nutzwärme. Da die Sonne nur tagsüber scheint und nur an klaren Tagen zur Auswirkung kommt, ist die Sonnenenergie keine stetige Energiequelle. Die meist für eine Nutzung geforderte Stetigkeit kann so nur durch Speicherung gewährleistet werden. Deshalb ist neben der Konstruktion der Strahlenwandler die Speicherung der für die Nutzung der Sonnenenergie wirtschaftlich massgebende Faktor. Da im Gegensatz zu den anderen kalorischen Energieerzeugungsverfahren der «Brennstoff» der Sonnenenergie nichts kostet, bestimmen die Kosten für die Anschaffung und zur Unterhaltung den Energiepreis und so die Wettbewerbsfähigkeit.

Während z. B. bei der Wohnraumheizung eine Speicherung unerlässlich ist, weil der Bedarf grösser ist, wenn die Sonne untergegangen ist, gibt es Anwendungsbereiche, wo eine Speicherung wegfällt. Dies ist der Fall bei der Warmwasserbereitung, der Wasserdestillation und der Feldbewässerung. Im Falle der Wohnraumkühlung wird sogar der Bedarf mit der Sonnenstrahlung grösser.

Nutzung von Sonnenwärme niedrigen Potentials

1. Warmwasserbereitung

In den von der Sonne begünstigten Gegenden ist es möglich, während ¾ des Jahres mit Hilfe von Plattensammlern,

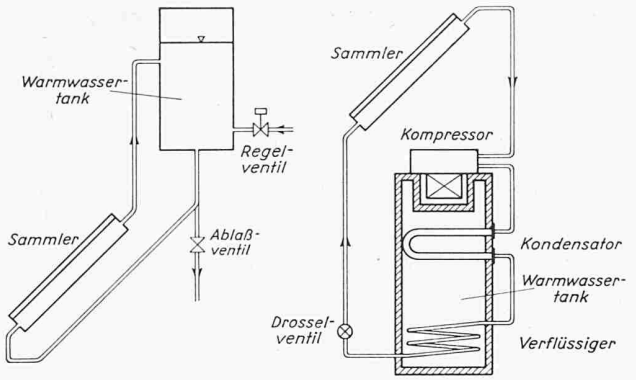


Bild 13. Anlagen zur Warmwasserbereitung, links mit Thermosyphonwirkung, rechts mit Wärmepumpe

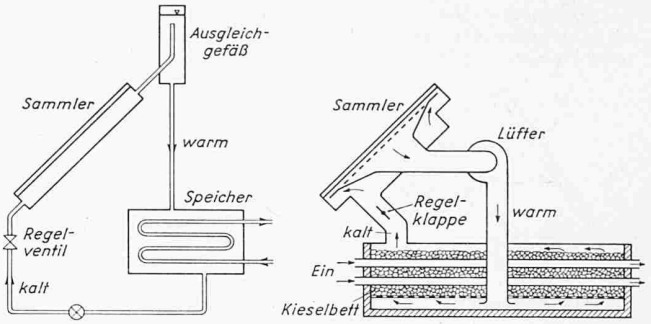


Bild 16. Grundsätzliche Möglichkeiten der Wohnraumheizung mit Sonnenwärme. Links Wasserheizung mit Wasserspeicher; rechts Luftheizung mit Kieselsteinspeicher

wie in Bild 7b dargestellt, Warmwasser von mindestens 50° C zu erzeugen. Selbst in der Nähe Londons war es so möglich, während der fünf Sommermonate an ⅔ der Tage je 1 m² Sammlerfläche und Tag 50 l Warmwasser von 55° zu erhalten. 1951 gab es in Florida bereits 50 000 solare Warmwasseranlagen. Die mit diesen Apparaten erzielte Stromersparnis betrug täglich etwa 150 000 kWh. In Bild 13 ist links der Aufbau eines solchen Warmwasserbereiters schematisch dargestellt, rechts ein solcher mit Zwischenschaltung einer Wärmepumpe und Verwendung eines niedrig siedenden Wärmeträgers.

2. Wasserdestillation

Sonnenwärme ermöglicht in relativ einfacher Weise die Gewinnung von Süsswasser aus Salz- oder Brackwasser. In Bild 14 ist eine solche Sonnen-Destillieranlage abgebildet. Die Arbeitsweise ist folgende: Durch Glasplatten treffen die Sonnenstrahlen auf eine dünne Rohwasserschicht. Diese wird erwärmt, verdampft, und die Dämpfe schlagen sich an den Glasplatten nieder; das hier herunterrieselnde Kondensat wird über Sammelrinnen abgeführt. Man erhält mit einer solchen Anlage täglich maximal 5 l/m². In Italien, Australien und USA sind solche Sonnendestillatoren mehrfach im Betrieb. In Nordafrika erhalten allein 15 000 Menschen ihren Wasserbedarf, etwa 10 l pro Tag, auf diese Weise.

Durch mehrstufige Verdampfung in Verbindung mit einem Sonnenkessel versucht man, die Süsswassergewinnung zu steigern und die Herstellungskosten zu senken. Die in Bild 15 abgebildete russische mehrstufige Destillierbatterie liefert während zehn Sonnenscheinstunden am 40. Parallelkreis etwa 1000 l Süsswasser.

3. Raumheizung

Die solare Wohnraumheizung lässt sich, gleichgültig, ob Wasser oder Luft zur Wärmeübertragung herangezogen wird, mit verhältnismässig einfachen Einrichtungen verwirklichen, Bild 16. Sie erweist sich aber gegenüber den klassischen Heizmethoden nur dann wettbewerbsfähig, wenn die Plattensammler billig sind und die Wärmespeicherung ebenso einfach wie preiswert gelöst ist. Um wirtschaftlich tragbare Lösungen zu finden, läuft in USA seit Jahren ein Versuchsprogramm. Man hofft, bis 1975 mehrere Millionen Gebäude durch Sonnenwärme im Winter heizen zu können.

Je weniger klimatisch günstig das Gebiet, um so mehr müssen Heiz- und Sonnenwärme durch besondere Massnahmen aufeinander abgestimmt sein, und die Speicherung wird unvermeidlich. Sammlerfläche, Art und Grösse der Speicher sowie eine sonnenorientierte Architektur bestimmen so die Wettbewerbsfähigkeit der Sonnenheizung. Bild 17 zeigt an zwei Querschnitten von solchen Sonnenhäusern die Anordnung von Strahlensammler und Speicher. Diese sind erfahrungsgemäss für den Wärmebedarf einer Woche auszulegen, um von der Wetterlage unabhängig zu werden. Für Luftheizungen werden zur Speicherung Kieselsteinschüttungen verwendet. Mit 30 % Porenraum haben diese gegenüber Wasser bei dreifachem Gewicht nur ⅓ der volumetrischen Speicherfähigkeit. Salzspeicher erreichen bei allerdings höheren Anschaffungskosten demgegenüber eine mindestens achtfache Speicherfähigkeit. Da sie schon bei relativ niedrigen Temperaturen arbeiten, ist, wie aus Bild 10 ersichtlich, eine besonders hohe Nutzwärme erzielbar, eine mehrfache Abschirmung wird ausserdem überflüssig.

In Gegenden nördlich des 40. Breitengrades ist es vorteilhaft, nur ⅔ bis ¾ der notwendigen Sammlerfläche einzubauen und den erforderlichen Mehrbetrag an Heizwärme durch eine zusätzliche Wärmequelle zu sichern. Wo man über billigen Strom verfügt, ist die Sonnenheizung in Verbindung mit der Wärmepumpe aussichtsreich, zumal, wenn diese im Sommer zur Klimatisierung herangezogen wird.

4. Klimatisierung

Es ist naheliegend, die Sonnenwärme als Heizquelle für ein Absorptionssystem zur Kälteerzeugung heranzuziehen. Für die Bedürfnisse der Wohnraumklimatisierung genügen

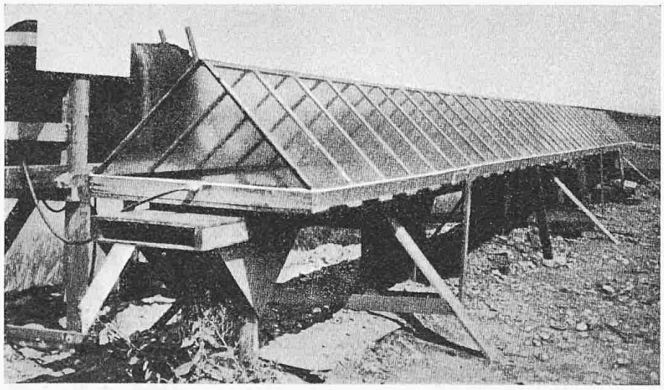


Bild 14. Sonnen-Destillier-Anlage

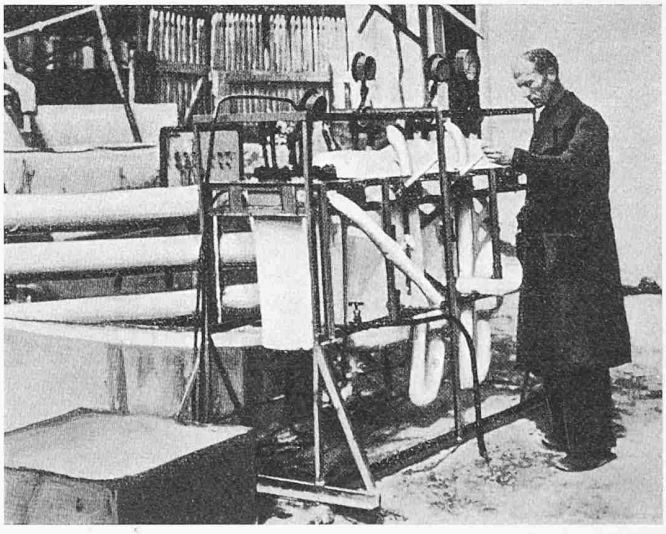


Bild 15 (rechts). Russische Ausführung einer mehrstufigen Destillierbatterie zur Süsswassergewinnung

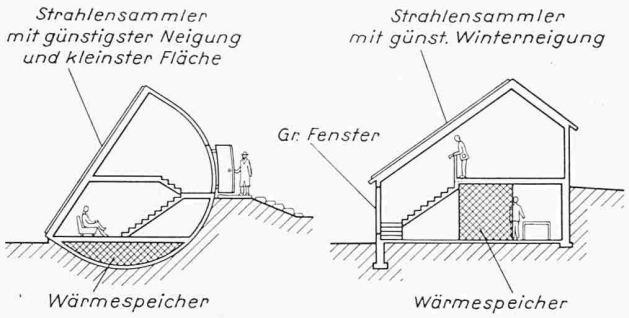


Bild 17. Typische Formen von mit Sonnenwärme geheizten Häusern. Links theoretisch günstigste Querschnittsform mit geringsten Wärmeverlusten; rechts mögliche Querschnittform. Die Verwendung von Sonnenfenstern erlaubt kleinere Sammlerfläche

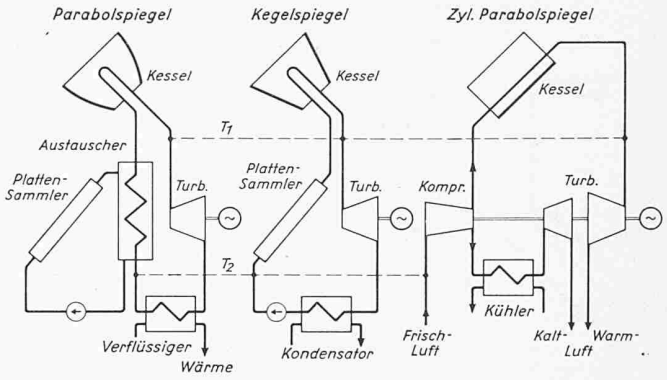


Bild 20. Drei Beispiele typischer Schaltungen von Sonnenkraftanlagen

schon ebene Plattensammler. Da im Gegensatz zur Sonnenheizung der Kühlbedarf und die Sonnenwärme bei der Klimatisierung von Wohnräumen gleichsinnig laufen, ist hier eine Speicherung nicht erforderlich. Das Schema einer Sonnenklimatisieranlage zeigt Bild 18.

5. Sammlergrösse für Heizung und Klimatisierung

Bild 5 gibt für 40° Nord und Dezember ein tägliches Mittel der solaren Strahlungsintensität für klare Tage von 130 W/m², für teilweise bewölkte von etwa 70 W/m². Für eine Heizleistung von 860 kcal/h = 1 kW benötigt man, wenn man für die Umwandlung vom Sonnenstrahl zu Warmwasser den Wärmeverlust mit 40 % annimmt, bei Sonnenschein eine Kollektorfläche von 13 m², bei teilweiser Bewölkung von 24 m². Für 20° Nord und Juni erhält man aus Bild 5 eine mittlere Strahlungsintensität pro Tag von 340 W/h. Mit einem Sammlerwirkungsgrad von 65 % und einer Leistungsziffer der Absorptionsanlage von 50 % braucht man für eine Kälteleistung von 1 kW eine Kollektorfläche von rund 9 m², also eine Fläche, die um 30 % kleiner ist als die für die gleiche Leistung im Winter bei Sonnenschein zum Heizen benötigte.

Nutzung von Sonnenwärme mittleren und hohen Potentials

1. Sonnenkocher

In heissen Ländern ist die Nahrung der Eingeborenen überwiegend vegetarisch. Das Garmachen dieser Speisen erfordert nur mässige Temperaturen. Es ist naheliegend, die Sonnenwärme für solche Kochzwecke heranzuziehen und so den als Brennstoff verwendeten Viehdung der Felddüngung vorzubehalten. Neben einfacher Handhabung müssen solche Sonnenkocher billig sein, weil sie sonst für die arme Bevölkerung unerschwinglich bleiben. Schon im vorigen Jahrhundert wurden Sonnenheizkisten von Astronomen wie Herschel und Langley benützt, und auf der Pariser Weltausstellung 1878 konnte man eine solche im Betrieb sehen. Um die Heizleistung eines Elektrokochers von 350 W zu erzielen, der 1 l Wasser in 15 Minuten zum Sieden bringt, benötigt man eine Spiegelfläche von 1 m². Wenn man mit diesen auch backen und sieden will, wozu rd. 300° notwendig sind, müssen die Spiegel leicht gekrümmt sein. Bild 19 zeigt einen Sonnenkocher.

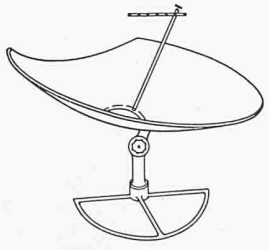


Bild 19 (links). Sonnenkocher für 350 W. Der Reflektor muss so eingestellt werden, dass der Schatten der Pfanne, welche auf dem Gitter steht, durch das Loch fällt

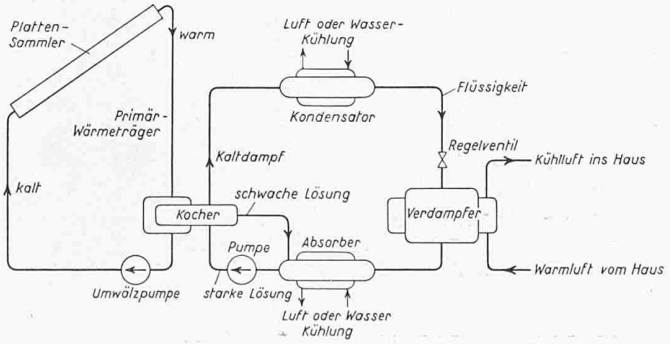


Bild 18 (unten). Schema einer Sonnenwärme-Klimaanlage, die nach dem Absorbtionsprinzip arbeitet

2. Sonnenkessel zur Erzeugung von Dampf oder Heissluft

Mit Rückwurfspiegel und einer 100fachen Strahlenkonzentration erzielt man in der Brennzone Temperaturen von 800° C und erreicht so die Grenze der Arbeitstemperaturen der z. Zt. im Maschinenbau üblichen metallischen Werkstoffe. Es wird so möglich, mit Hilfe von strahlungstechnisch richtig konzentrierten Heizkörpern hier Flüssigkeiten zu verdampfen oder Gase zu erhitzen. Mit diesen kann dann in bekannter Weise in nachgeschalteten Wärmekraftmaschinen Arbeit geleistet oder in kalorischen Apparaten Nutzwärme abgegeben werden. Die erzielbare Wärmeleistung solcher Sonnenkessel ist bestimmt durch die Grösse des Rückwurfspiegels und seiner Strahlenkonzentration; die Nutzleistung ausserdem vom thermischen Wirkungsgrad der Wärmekraftmaschine. Mit einer mittleren Strahlungsintensität von 600 W/m² (75 % der maximalen), einem Sammlerwirkungsgrad von 80 % und einem thermischen Wirkungsgrad der Wärmekraftmaschine von 15 % benötigt man je 1 kW eine Auffangfläche von 14 m².

Bild 20 zeigt schematisch drei typische Schaltungen von Sonnenkraftanlagen zur Gewinnung von Arbeit, Wärme und Kälte. Links ein Zweistoff-System, in der Mitte den klassischen Wasserdampfprozess und rechts einen Heissluftprozess. Zur Vorwärmung des Arbeitsmittels sind bei den ersten beiden Schaltungen Plattensammler vorgesehen, während «Strahlenbündler» den thermisch gewünschten Endzustand herstellen, der durch die Temperatur T_1 des Arbeitsmittels vor der Turbine gekennzeichnet ist. Sonnenkraftanlagen zur Gewinnung von Arbeit wurden während des letzten Jahrhunderts verschiedentlich gebaut. Keinem dieser Versuche

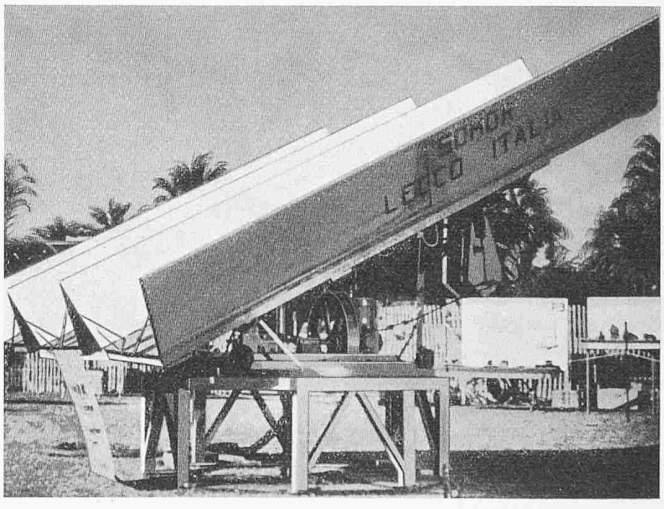


Bild 21. Italienische Sonnenkraftmaschine

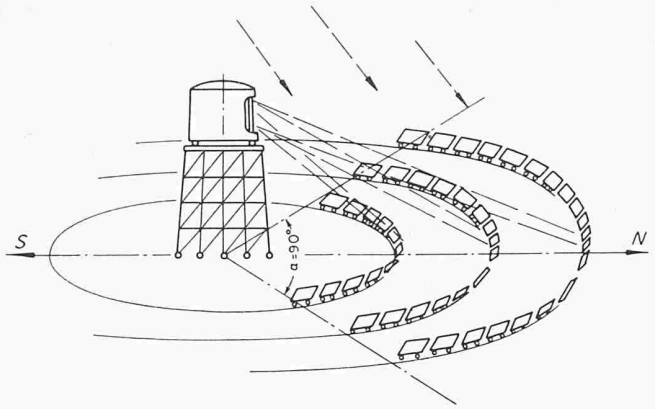


Bild 22. Russische Sonnenkraftanlage (im Schwarzmeergebiet) mit auf konzentrischen Kreisen verfahrbaren Richtspiegeln

war ein kommerzieller Erfolg beschieden, jeder war aber für die Heliotechnik von Bedeutung.

Schon während der Pariser Weltausstellung 1878 waren unweit des Langenschen Verbrennungsmotors zwei Sonnenkraftanlagen im Betrieb zu sehen, die eine stammte von Mouchot, die andere von Pifre. Um die Jahrhundertwende liefen einige Anlagen im Süden der USA mit Leistungen von 3 bis 10 PS. Sie dienten dem Antrieb von Bewässerungspumpen. Die bisher grösste Sonnenkraftanlage war bis zum ersten Weltkrieg in Aegypten in Betrieb. Sie leistete maximal 63 PS. Je PS entfielen 25 m² Auffangfläche. Die technisch vollkommenste baute der Astronom Abbet nach 1945 für eine Leistung von 1,75 PS mit nur 6 m² Auffangfläche je PS. In Bild 21 ist eine italienische Sonnenkraftmaschine abgebildet. Hiervon laufen bereits über 30 Anlagen in brennstoffarmen, sonnigen Gebieten. Der Preis pro Anlage beträgt 800 $.

Für eine Ortschaft von 20 000 Einwohnern im Schwarzmeergebiet wird die in Bild 22 dargestellte Anlage gebaut. Der auf einem 40 m hohen Gerüst aufgestellte Sonnenkessel liefert 13 t/h Dampf von 16 at und 350° C für eine 1000 kW-Gegendruckturbine. Der Abdampf dient im Winter zum Heizen der Ortschaft und im Sommer zur Erzeugung von 19 t/h Wassereis oder 44 m³/h Kaltwasser. Man rechnet mit jährlich 1800 Sonnenscheinstunden. Die auf Wagen auf konzentrischen Gleisen verfahrbaren Richtspiegel (20 000 m²) konzentrieren die Sonnenstrahlen auf eine Heizfläche von 8 × 15 Quadratmeter, wo 9,6 Mio kcal/h erzeugt werden. Es entfallen auf 1 kW 20 m² Spiegelfläche, auf 1 m² Heizfläche 187 m² Spiegelfläche.

Ausser zur Gewinnung von Arbeit werden Sonnenkessel auch zur Kälteerzeugung und zur Trinkwasserbereitung in Mehrstufen-Verdampfern verwendet. Bild 23 zeigt einen für diese Zwecke gebauten Sonnenkessel. Das Rotationsparaboloid, das drehbar gelagert ist, hat einen Oeffnungsdurchmesser von 10 m. Mit 60 % Wirkungsgrad werden bis 50 kg/h Dampf von 7 at und 165° C erzeugt.

3. Sonnenglutöfen

Brennspiegel wurden schon im Altertum und Mittelalter verwendet. Die heiligen Feuer der Vesta wurden mittels goldener Spiegel durch gebündelte Sonnenstrahlen entzündet. Archimedes setzte 215 v. Chr. vor Syrakus die römische Flotte mit Brennspiegel in Brand, und im Mittelalter wurden Brennlinsen verschiedentlich verwendet. Im Jahre 1921 baute Straubel bei Zeiss in Jena eine Apparatur mit einer Spiegelanordnung nach Bild 12. Nach wenigen Minuten schon wurde eine fingerdicke Eisenstange in der Brennzone zum Abtropfen gebracht.

Seither wandte man sich mit grossem Eifer der Erzeugung höchster Temperaturen zu. Der bisher grösste Sonnenglutofen

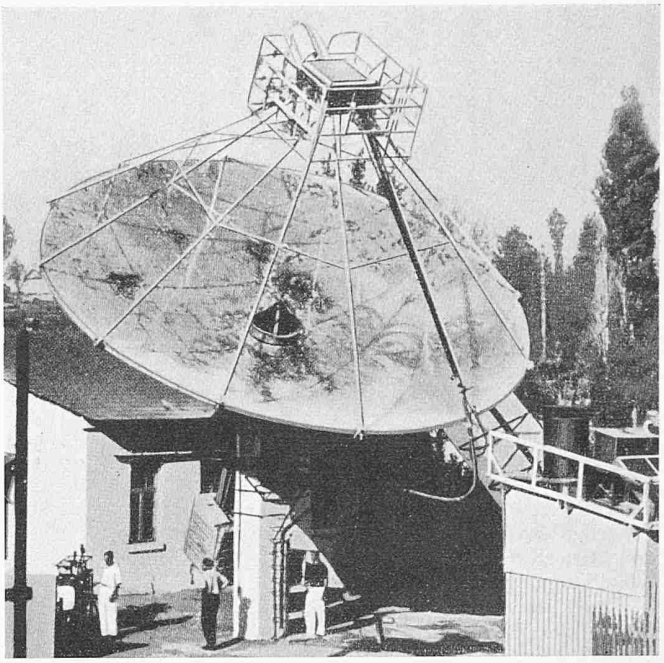


Bild 23. Sonnenkessel zur Kälteerzeugung und Trinkwasserbereitung

steht in Mont Louis in den Pyrenäen, Bild 24. Der Strahlenbündler links hat einen Oeffnungsquerschnitt von 90 m². Er erhält die Sonnenstrahlen über einen beweglichen Richtspiegel von 120 m², der im Bild rechts sichtbar ist. Man erreicht in der Brennzone über 3000° C. Die Ofenleistung beträgt 75 kW. Grosse Sorgfalt wurde auf die Herstellung der Fazettenspiegel verwendet. Die 3500 Elemente sind in besondere Rahmen eingesetzt und werden durch Richtbolzen ständig ausgerichtet. Man projektiert gegenwärtig eine noch grössere Anlage mit 1500 m² Oeffnungsquerschnitt und 1000 kW Leistung.

Bild 25 zeigt einen 40 t schweren Paraboloid-Glutofen. Sein Oeffnungsdurchmesser beträgt 8,5 m, seine Leistung 50 kW. Er steht in Algerien und dient vornehmlich zur Erforschung der heliothermischen Oxydation des Luftstickstoffes. Man hofft, so eine Kunstdüngerindustrie auf Sonnenbasis schaffen zu können. Auf Bild 26 ist ein Sonnenglutofen für Schmelzversuche abgebildet. Sein Spiegeldurchmesser ist 3 m, selbst an trüben Tagen können 2000° C erreicht werden.

Zwischenstufen der Energieumwandlung und Wirkungsgrade

Zur Uebersicht sind die verschiedenen Umwandlungsformen die Sonnenenergie und deren natürliche sowie die bewusst herbeigeführten Zwischenstufen mit den jeweiligen Wirkungsgraden von Stufe zu Stufe in Bild 27 zusammengestellt.

Sonnenkraft wandelt sich in fliessendes Wasser mit unwahrscheinlich niedrigen Wirkungsgraden. Durch Wasserturbinen erfolgt dagegen die Weiterumwandlung in mechanische Arbeit mit relativ hohen Wirkungsgraden bis zu 92 %. Im vegetarischen Wachstumsprozess wandelt sich Sonnenlicht über die Photosynthese in chemische Energie mit Wirkungs-

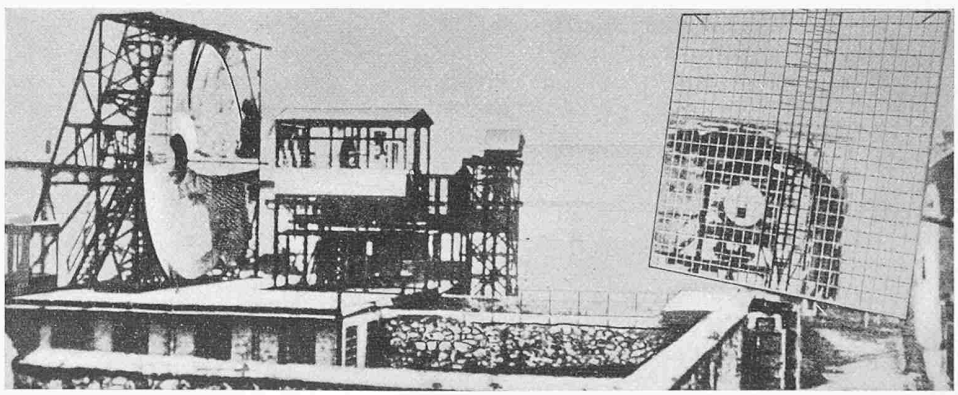


Bild 24. Sonnenglutofen von Mont Louis, Pyrenäen

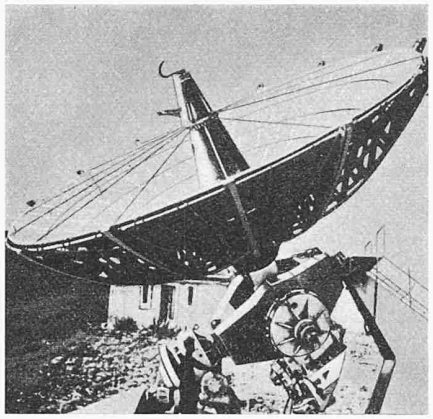


Bild 25. Sonnenglutofen von Bouzaréah, Algier

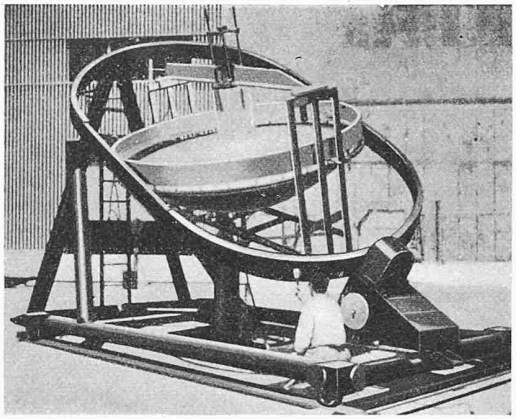


Bild 26. Sonnenglutofen Rockhurst College, USA

graden von 0,5 bis 1,5 %. Diese Energie kann bis zu 80 % entweder weiter direkt in Wärme umgesetzt oder über Tier und Mensch durch Muskelkraft mit 3 bis 5 % in mechanische Arbeit umgewandelt werden.

Mit besonderen Vorrichtungen lässt sich die Sonnenenergie über Strahlentransformatoren in Wärme niederen oder hohen Potentials umformen. Je nach Art der heliotechnischen

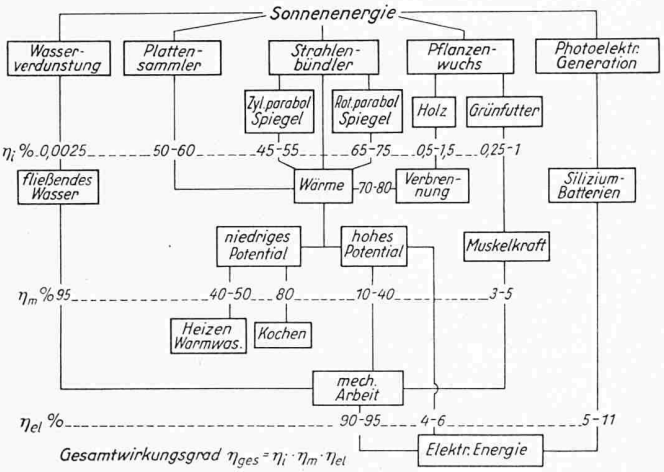


Bild 27. Wirkungsgrade verschiedener Umwandlungsformen der Sonnenenergie

Wärmeerzeugung erfolgt diese mit Wirkungsgraden von 45 bis 75 %. Die Wärme dient teils unmittelbar zum Heizen, Kochen und Kühlen, teils über Wärmekraftmaschinen zur Erzeugung mechanischer Arbeit. Der Gesamtwirkungsgrad der Umwandlung von Sonnenwärme in Elektrizität wird so maximal 20 %, praktisch aber wohl nur zwischen 10 und 15 % betragen. In der gleichen Grössenordnung liegt die in den Anfängen steckende unmittelbare Umwandlung mit Hilfe von Siliziumbatterien. 1954 wurde im Bell-Telefone-Laboratory mittels besonders behandelten Silizium-Plättchen Sonnenlicht mit einem Wirkungsgrad von 4 %, nach Verbesserungen sogar von 11 %, direkt in elektrische Energie umgesetzt. An dieser Umwandlungsmethode wird seither mit grösstem Eifer gearbeitet. Noch sind die erhaltenen Strommengen zu klein, um industriell ausgenutzt zu werden. Aber als Stromquelle für das Meldewesen hat sie in den USA ihre Eignung bereits bewiesen. Eine Batterie von 432 Siliziumzellen gibt bei strahlendem Sonnenschein 9 W bei 29 V. Sie wird als Primär-Stromquelle benutzt, um eine 22 V Nickel-Cadmium-Batterie zu laden, welche einen Transistor-Verstärker mit Energie versorgt. Allerdings kostete eine solche Sonnenbatterie vor zwei Jahren noch 40 000 DM. Inzwischen ist der vom Du Pont-Konzern erstellte Rohstoff wesentlich verbilligt worden.

Folgerungen und Ausblick

Die Atomkraft wird künftig in grossen Kraftwerken auf optimale Weise hochindustrialisierte Gebiete mit Energie versorgen. Der Platz der Sonnenkraft wird nach erzielter Vervollkommnung der heliotechnischen Umwandlung naturgemäss in den sonnigen Gebieten unseres Erdballes sein. Sie kann aber auch für die gemässigte Zone in Frage kommen, um die bisher für den Hausbrand verwendeten hochwertigen Brennstoffe — etwa 40 % des derzeitigen Gesamtverbrauches —, die mit schlechtem Wirkungsgrad ausgenützt werden, anderen technischen Zwecken vorzubehalten.

Man sollte die Versuche zur Nutzung der Sonnenenergie nicht nur vom Standpunkt der derzeitigen wirtschaftlichen Lage aus beurteilen. Mag dies für Gebiete zu Recht bestehen, wo Wasser und Kohle stets verfügbar und erschwinglich sind, so wird es nicht mehr der Fall sein für solche, wo diese Rohstoffe teuer, begrenzt oder überhaupt nicht zu haben sind. Hier wird die Sonnenenergie vielfach in Wettbewerb treten mit der Arbeitskraft von Mensch und Tier und so den Lebensstandard dieser Gebiete heben.

Die sich ergebenden Entwicklungseinrichtungen sind in Tabelle 1 zusammengefasst. Man erkennt, wie der Stand der Industrialisierung und die klimatischen Bedingungen des Standortes sich auf die verschiedenen Möglichkeiten der heliotechnischen Wärmeerzeugung niederen und hohen Potentials auswirken und so eine entsprechende Industrie schaffen können.

Ebenso wichtig wie der Wirkungsgrad der Energieumwandlung aus der Sonnenstrahlung ist deren Speicherung, um die für die Nutzung geforderte Stetigkeit der Abgabe zu gewährleisten. Vielleicht bietet die Dissoziation des Wassers in

Tabelle 1. Anordnungsmöglichkeiten von Sonnenwärme

	heisse Zone Länder ohne Industrie	gemässigte Zone	heisse Zone Länder mit Industrie
Potential niedrig	billige Sonnenkocher für die Bevölkerung billige Destillierapparate für Trinkwasser einfache Kälteaggregate für Lebensmittel Raumkühlung	Warmwasserbereiter für Haushalt Plattensammler für Heizung Wärmespeicher für Heizung	Wärmepumpen für Heizen und Kühlen Kälteanlagen für Lebensmittel Raumkühlung
Potential hoch	kleine Sonnenmotoren für Bewässerung, Licht robuste Schmelzöfen für Erze und Mineralien		Sonnenkraftanlagen für Kraft und Wärme Sonnenautoklaven für Metallurgie Sonnenbatterien für Nachrichtentechnik und Stromerzeugung Sonnenreaktoren für chemische Industrie Algenkulturen

seine Bestandteile einen Ausweg. Dieser Umstand wird die künftige Entwicklung zunächst nur einschränken, aber kaum hindern; da es, wie bereits erwähnt, zahlreiche Fälle gibt, bei denen die transformierte Energie so verbraucht werden kann, wie die Sonne sie uns darbietet.

Noch stehen wir am Anfang einer neuen Technik. Noch muss die Wissenschaft und die Empirie weitere gesicherte Arbeitsgrundlagen schaffen. Und hierfür kann auch ein hochindustrialisiertes Land mit seinen Forschungsstätten und technischen Möglichkeiten Wesentliches beitragen, obgleich da nicht jeden Tag die Sonne scheint wie im heissen Süden.

Die Bilder stammen z. T. aus: «Proceedings of the World Symposium on applied Solar Energy» und «Solar Energy Research», F. Daniels & J. A. Duffie.

Adresse des Verfassers: Prof. Dr.-Ing. habil. *J. Böhm*, c/o Allgemeine Elektrizitätsgesellschaft, Berlin-Grunewald, Hohenzollerndamm 150.

Umfahrungsstrasse mit Güterregulierung bei Berschis SG

DK 625.711:631.12

Das Baudepartement des Kantons St. Gallen hat im Jahre 1954 erstmals am Beispiel von Berschis (Walenstadt) die kreuzungsfreie Autostrasse mit der Güterzusammenlegung kombiniert. Dieses Vorgehen des Kantons zeugt von grossem Verständnis für die landwirtschaftlichen Belange eines von Natur aus wenig begünstigten Voralpentales.

Es wird heute allgemein erkannt, dass die Autostrassenplanung Hand in Hand mit der Planung der Nebenstrassen und Güterwege gehen muss. Je nach den örtlichen Verhältnissen wird die Planung der Lokalverbindungen sich auf kleinere Anpassungen beschränken oder grössere, zusammenhängende Gebiete erfassen müssen. Das vorhandene Wegnetz einerseits und die künftige Lage der Autostrasse bezüglich der Siedlungszone anderseits werden für das praktische Vorgehen wegweisend sein.

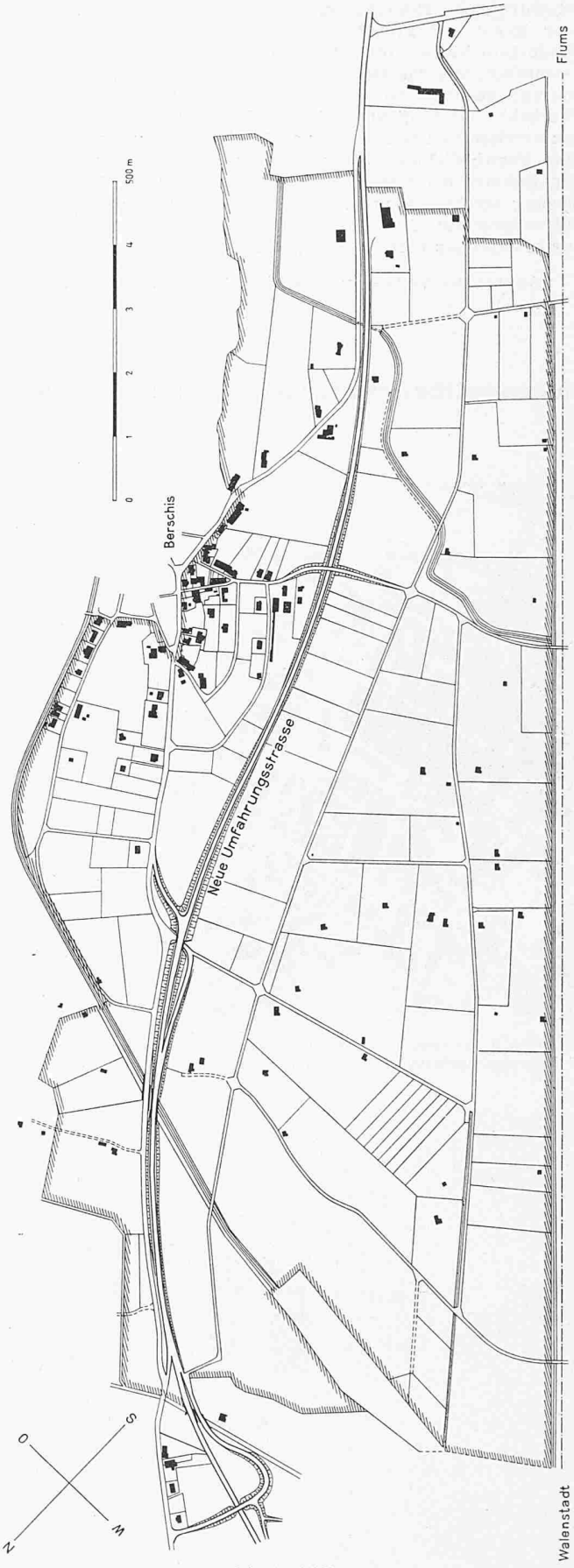
Das Projekt der Umfahrungsstrasse Berschis, als Teilstück der Autostrasse Walenstadt–Sargans [1]), führt in Form einer langgezogenen S-Kurve am Südwestrand des Dorfes vorbei. Verschiedene Feldwege werden gekreuzt, zahlreiche dorfnahe und wertvolle Grundstücke durchschnitten. In einer Entfernung von 300 bis 600 m liegt die Bahnlinie. Der Berschnerbach im Nordwesten und das Dorf Flums im Südosten umgrenzen das engere Wirtschaftsgebiet. Ueber 250 Parzellen sind etwa 110 Grundeigentümern zugeordnet und verteilen sich auf eine Fläche von rund 120 Hektaren. Es liegen ausgesprochene Kleinbauernbetriebe der Talsohle vor.

Auf Grund dieser Ausgangslage hat das Kantonale Baudepartement die bis ins Dorfgebiet reichende Güterzusammenlegung beschliessen lassen und mit 90 % der Kosten subventioniert. Damit wurde es möglich, ein weitgehend neues Wegnetz zu schaffen, das den vielen wichtigen lokalen Verbindungsbedürfnissen Rechnung trägt. Der Vorteil der kreuzungssicheren Autostrasse ist unbestritten und liegt im Interesse der Landwirtschaft selbst. Von der richtigen Wahl der Uebergänge aber, in bezug auf Anzahl, Lage und Art der Ausführung, hängt weitgehend der Erfolg der Güterregulierung ab. Es gibt nachher «inneres» und «äusseres» Land, «bequemes» und «unbequemes» und zwar scharf getrennt durch den Umfahrungsring. Es ist eine wesentliche Aufgabe der Güterwegplanung, dieses «äussere» Land möglichst gut mit dem Dorfe zu verbinden, es also wieder aufzuwerten. Steile Rampen und insbesondere schmale Uebergänge oder Durchfahrten sind sehr unbeliebt. Eine freie Fahrbahn von 4 m für Unter- und Ueberführungen dürfte bei 3 m Normalwegbreite den praktischen Bedürfnissen entsprechen.

Die sorgfältig und solid ausgebauten Güterwege haben sich bewährt; der landwirtschaftliche und der nichtmotorisierte Ortsverkehr, insbesondere auch der Fussgängerverkehr, machen regen Gebrauch von diesen bequemen, lärmlosen und gutunterhaltenen Strässchen.

Dem neuen Wegnetz angepasst ist, gleichzeitig mit dem Wegebau, die Güterregulierung zur Durchführung gelangt. Der Landbedarf für die neue Umfahrungsstrasse war von Anfang an durch vorsorgliche Landkäufe des Kantons sichergestellt; er beträgt rund 3,5 ha oder knapp 3 % des Beizugsgebietes. Für die Güterwege wird der Boden nicht gekauft, sondern, wie üblich, dem alten Bestand in Form eines prozentualen Abzugs entnommen.

Sowohl für die Anlage der Lokalstrassen als auch für die Zusammenlegung der Grundstücke selbst kann ein weit gezogener Beizugs-Perimeter bedeutende Vorteile bieten.



Umfahrungsstrasse bei Berschis, 1:10 000

[1]) Siehe diese in SBZ 1955, Nr. 25, S. 376.