Sonnenenergieforschung am Eidgenössischen Institut für Reaktorforschung (EIR) in Würenlingen

Autor(en): **[s.n.]**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **96 (1978)**

Heft 32

PDF erstellt am: **04.06.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-73728

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

sen oder nach innen auf das betreffende Rad wirkt. Daraus ergibt sich unmittelbar die Beziehung

$$\mu_{sqa} = \frac{S_a}{R_a} \quad \text{bzw.} \quad \mu_{sqi} = \frac{S_i}{R_i} \tag{138}$$

Die Gleichgewichtsbedingung ($\Sigma Y = 0$) am Radsatz führt zu

$$\mathfrak{P}_r = H_r - G_r \sin\delta + \mathfrak{T}_r + Z_{qr} + \mu_{sqa}\mathfrak{R}_a + \mu_{sqi}\mathfrak{R}_i \tag{139}$$

Infolge des Spurkranzauftriebes weicht die bei der Spurkranzführung entstehende Lagerquerkraft H_r etwas von derjenigen der Rollenführung (Gleichung 137) ab. Da aber H_T (Gleichung 104) den grössten Anteil an H_r liefert und sich der übrige Anteil nicht viel ändert, kann für die Ermittlung des Spurkranzdruckes $\mathfrak{P}$ die Lagerquerkraft der Rollenführung gemäss Gleichung (137) in Betracht gezogen werden. Ferner kann zur Vereinfachung angenommen werden, dass bei der Spurkranzführung μ_{sqa} und μ_{sqi} die gleichen Werte wie bei der Rollenführung behalten. Dementsprechend führt Gleichung (139) nach Einführung von (122), (137) und (138) zu

$$\mathfrak{P}_r = P_r + [\mu_{sqa}(R_a - \varrho_a\gamma^*\mathfrak{P})]_r + [\mu_{sqi}(R_i + \varrho_i\gamma^*\mathfrak{P})]_r - S_r$$

Daraus folgt für den Spurkranzdruck die Beziehung

$$\mathfrak{P}_r = \frac{P_r}{1 + \gamma^*(\varrho_a\mu_{sqa} - \varrho_i\mu_{sqi})} \tag{140}$$

Wird dies in Gleichung (122) eingesetzt, dann ergeben sich schliesslich die Raddrücke zu

$$\left\{\begin{aligned} \mathfrak{R}_a &= R_{ar} - \varrho_a \frac{\gamma^*|P_r|}{1 + \gamma^*(\varrho_a\mu_{sqa} - \varrho_i\mu_{sqi})} \\ \mathfrak{R}_i &= R_{ir} - \varrho_i \frac{\gamma^*|P_r|}{1 + \gamma^*(\varrho_a\mu_{sqa} - \varrho_i\mu_{sqi})} \end{aligned}\right. \tag{141}$$

und der Achsdruck zu

$$\mathfrak{Q}_r = Q_r - \frac{\gamma^*|P_r|}{1 + \gamma^*(\varrho_a\mu_{sqa} - \varrho_i\mu_{sqi})} \tag{142}$$

Der sich für jeden dieser Rad- und Achsdrücke ergebende Stabilitätsfaktor muss einen genügenden Wert aufweisen.

8.3 Die Rad- und Achsdrücke bei der Fahrt in der Geraden

Beim Lauf in der Geraden treten grundsätzlich keine Querkräfte auf, ausser eventuell der Winddruck W. Wird dieser zur Ermittlung der Längsstabilität ausser Betracht gelassen, dann reduziert sich der Ausdruck für M_c (Gleichung 101) zu

$$(M_c)_G = \left(\sum_{n=1}^{6}\gamma_{cn}\mathfrak{D}_{xon}\right)^{\prime+\prime\prime} + (d_u D_u + d_o D_o)^{\prime+\prime\prime} + q_c G_c + (h_w - h_q)W + (\mathfrak{D}_x^*)^{\prime+\prime\prime} \tag{101$_G$}$$

und derjenige für M_{gx} (Gleichung 74) zu

$$(M_{gx})_G = \sum_{n=1}^{6}\left(\gamma_{gn}\mathfrak{D}_{xon} + \lambda_n\mathfrak{D}_{xan}\right) + \tau_g M_c + q G_f - d_u D_u - d_o D_o - \mathfrak{D}_x^* + \tfrac{1}{2}(D_{r1} - D_{r2})H_2 + \sum_z \nu_z \bar{A}_z \sum_r \lambda_{zr}(f_z - e)\left(\frac{a - 2a_z}{a}\right) \tag{113$_G$}$$

Desgleichen vereinfacht sich Gleichung (120) zu

$$\left\{\begin{aligned} (R_{ar})_G &= R_{lar} + \\ (R_{ir})_G &= R_{lir} - \end{aligned}\right\} \frac{1}{2e}\left(\sum_{n=1}^{6}\nu_{nr}\mathfrak{D}_{xan} + \tau_r M_{gx}\right) \tag{120$_G$}$$

wobei die Gleichungen (107), (110), (111), (112), (116), (119) und (121) grundsätzlich gültig bleiben.

Adresse des Verfassers: Dr. *G. Borgeaud*, dipl. Ing., Zum Hölzli 15, 8405 Winterthur-Seen

Sonnenenergieforschung am Eidgenössischen Institut für Reaktorforschung (EIR) in Würenlingen

Sonnenenergie ist in den letzten Jahren populär geworden. Jeder spricht von dieser neuen *umweltfreundlichen* und *unerschöpflichen* Energie, die jedoch *so alt wie die Welt* ist. Die Meinungen divergieren aber stark; es gibt sowohl grosse Optimisten als auch festgefahrene Pessimisten. Dazu sagt der Forscher: «Genug diskutiert, es sollen *Messungen* durchgeführt werden!»

Die Sonnenenergienutzung ist *vom Klima abhängig*. Daraus folgt: Die Untersuchungen müssen unbedingt *lokal* durchgeführt werden. Dies gilt besonders für die *Schweiz*, die *viele Mikroklimata* aufweist. *Sonnenenergieforschung in unserem Land ist also kein Luxus, auch wenn wir im Winter oft die Hochnebelschicht über dem Mittelland haben!*

Sonnenenergie war in der Geschichte schon mehrmals aktuell. Nach ein paar Jahren ist aber jedesmal das Interesse wieder gefallen. Warum? Hauptsächlich wegen den *Kosten!* Dies ist eigentlich ein Paradoxon, da niemand Sonnenenergie verkaufen kann. Daraus ergibt sich aber das grosse Problem der Sonnenenergie: die *Kosten der Einrichtungen*, die wir brauchen, um uns diese Energie nutzbar zu machen. Es heisst also: möglichst billig bauen. Das Konzept der *Wirtschaftlichkeit* ist aber auch lokal zu betrachten: dieselbe Anlage kann in den Alpen wirtschaftlich sein und im Mittelland nicht, oder umgekehrt, aus der Tatsache, dass das Klima unterschiedlich ist.

Messkampagne an Anlagen

Um eine möglichst objektive Abschätzung des Potentials der Sonnenenergie in der Schweiz zu erhalten, hat das EIR eine mehrjährige Messkampagne an Sonnenenergieanlagen im ganzen Land aufgestellt. Anlagen werden instrumentiert, Wirkungsgrade und Erträge bestimmt, und eine *Kosten-Nutzen-Analyse* durchgeführt. Die Montagearbeiten an den ersten Anlagen sind im Gange. Die Messergebnisse werden mit theoretischen Berechnungen verglichen. Aufgrund dieser gesammelten Erfahrungen werden dann die *Normen für die Anlageproduzenten* erstellt.

Prüfen von Komponenten

Die Unterstützung der Solarindustrie durch das EIR umfasst aber auch das Prüfen von Komponenten, hauptsächlich der Kollektoren. Wir haben *zwei Prüfstände für Kollektoren*, einen *im Freien* auf dem DIORIT-Dach und einen *Kunstlichtprüfstand*, der sich in der Testphase befindet. Die Kollektorhersteller können also bei uns ihr Produkt prüfen lassen.

Die Entwicklung neuer Komponenten im Bereich der Sonnenenergie ist dringend notwendig. Überall auf der Erde werden Forschungen gemacht, hauptsächlich Materialforschung. Jeder hat schon von der *photovoltaischen Sonnenzelle*

gehört; vom *Vakuumkollektor* oder vom *infrarotbespiegelten Fenster* aber spricht man viel weniger. Auch den *Latentwärmespeicher für den Raumtemperaturbereich* darf man nicht vergessen. Die Schweiz kann als industriell hochentwickeltes Land in diesem Kontext einen Beitrag leisten, der auch zur Förderung des für uns so wichtigen Exports führen wird.

Wie am EIR festgestellt worden ist, gibt es sogar an den bestehenden Komponenten viel zu verbessern, um den Wirkungsgrad der Sonnenenergieanlagen zur Warmwasseraufbereitung zu erhöhen. Dies ist einer der Hauptzwecke der OASE-Anlage (vgl. zweiten Teil dieses Berichtes).

Normen zur Erstellung von Sonnenenergieanlagen gibt es in der Schweiz noch nicht. Verschiedene Institutionen sammeln jetzt Erfahrungen, u.a. die *ETH Lausanne* und das EIR. Es ist selbstverständlich, die Erfahrungen zur Erstellung von Empfehlungen und Normen zu nutzen. Da die Sonnenenergienutzung *Kleintechnik* ist, ist die Beratung für die Öffentlichkeit wichtig. Hierzu braucht es für die Schweiz wenigstens *zwei Beratungszentren:* eines in der deutsch- und eines in der französischsprechenden Schweiz. In Zusammenarbeit mit der *Eidg. Fachkommission zur Nutzung der Sonnenenergie* (KNS) hat das EIR einen Schritt in dieser Richtung getan und einen Mitarbeiter ernannt.

Sonnenkraftwerk in den Alpen

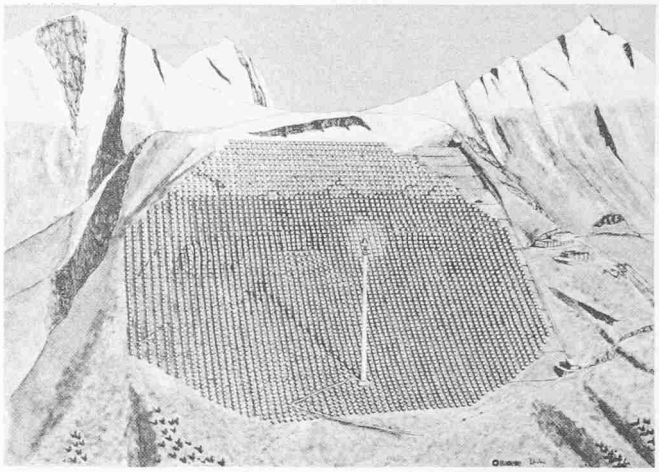
Eine andere Möglichkeit der Sonnenenergienutzung ist das Sonnenkraftwerk in den Alpen. Es handelt sich dabei um *Grosstechnik*. Mit Spiegeln wird das Sonnenlicht auf einen Kessel an der Spitze eines Turmes konzentriert, worin ein Wärmeträger aufgeheizt wird. Dann wird wie in einem konventionellen thermischen Kraftwerk Elektrizität produziert. Unser Land nimmt im Rahmen der internationalen Energieagentur (IEA) an einem solchen Projekt in *Südspanien* teil. Das EIR vertritt die Schweiz. Vorversuche zum Sonderfall «Alpen», wie z.B. die Vereisung der Spiegel, sind im Gange.

Im Bestreben, die Energieprobleme der Schweiz zu lösen, muss der *Raumheizung* besondere Beachtung geschenkt werden, einfach deshalb, weil wir dazu etwa die Hälfte der Energie verbrauchen. Wenn hier die Raumheizung absichtlich von der Warmwasseraufbereitung getrennt wird, dann weil man für die erste, die Wände eines Raumes auf 20 °C halten muss, während für die zweite höhere Temperaturen benötigt werden. Da die Raumheizung grosse Flächen in Anspruch nimmt – die Mauerfläche ist sehr gross, daher die hohen thermischen Verluste und der grosse Energieverbrauch – scheint die Sonnenenergie mit ihrer kleinen Leistungsdichte, aber örtlich unbegrenzten Verfügbarkeit gerade für sie gut geeignet. Die *zeitliche Verfügbarkeit ist natürlich das Problem.* Wenn aber die Raumheizung auf *dezentraler Basis* mit Sonnenenergie gelöst werden könnte, wäre es vom strategischen Standpunkt aus für unser Land von grosser Bedeutung.

Die Sonnenenergieanlage «OASE»

In den vergangenen Jahren wurden für die Entwicklung von Sonnenkollektoren von verschiedenen Herstellern grosse Anstrengungen unternommen. Es ist aber klar, dass bei einer Sonnenenergieanlage die einzelnen Komponenten (Kollektor, Steuerung, Speicher, Verbraucher) nicht getrennt betrachtet werden dürfen. Das optimale Zusammenspiel aller richtig bemessenen Komponenten hat einen wesentlichen Einfluss auf den Gesamtwirkungsgrad einer Anlage und somit auch auf deren Wirtschaftlichkeit.

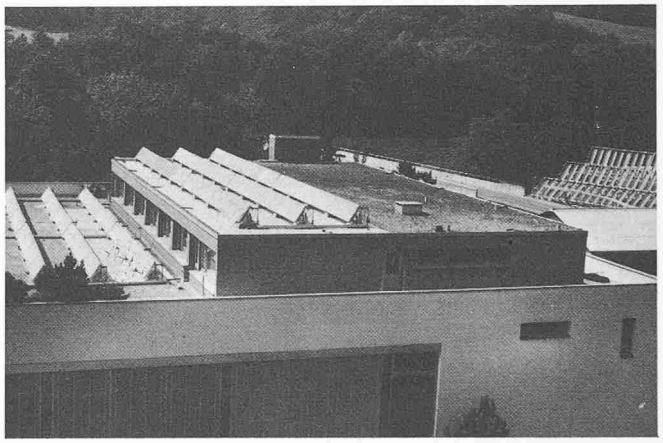
Auslegung, Installation und Betrieb eines kompletten Sonnenenergiesystems erlauben dem EIR genaue Messungen, Langzeitbetrieberfahrungen und Führung einer Kosten-Nutzen-Analyse. Die Anlage ermöglicht die Entwicklung und

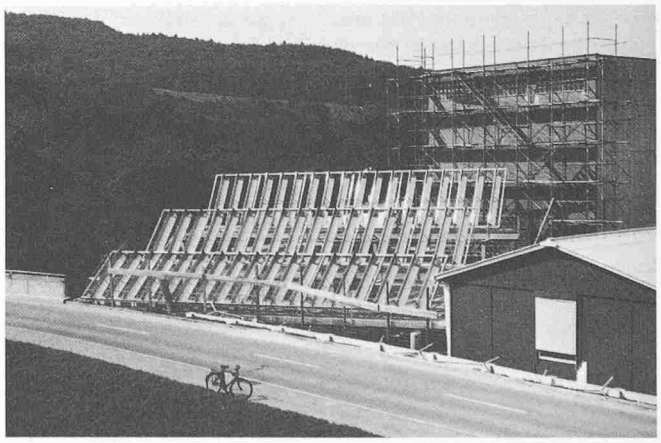


Entwurf für ein Sonnenkraftwerk in den Alpen. Einige tausend Heliostaten lenken die Sonnenstrahlen auf den in der Mitte, sich auf der Spitze eines Turms befindenden Dampfkessel (aus «Utilisation de l'énergie solaire pour la production de l'électricité dans les Alpes», Studie Nr. 7 der GEK, publiziert 1977 vom Institut Battelle, Centre de recherche, 1227 Carouge-Genève)

Erprobung von «intelligenten» Steuersystemen und Systemoptimalisierungen. Besonders wichtig wird auch die Abschätzung der Lebenserwartung einzelner Komponenten.

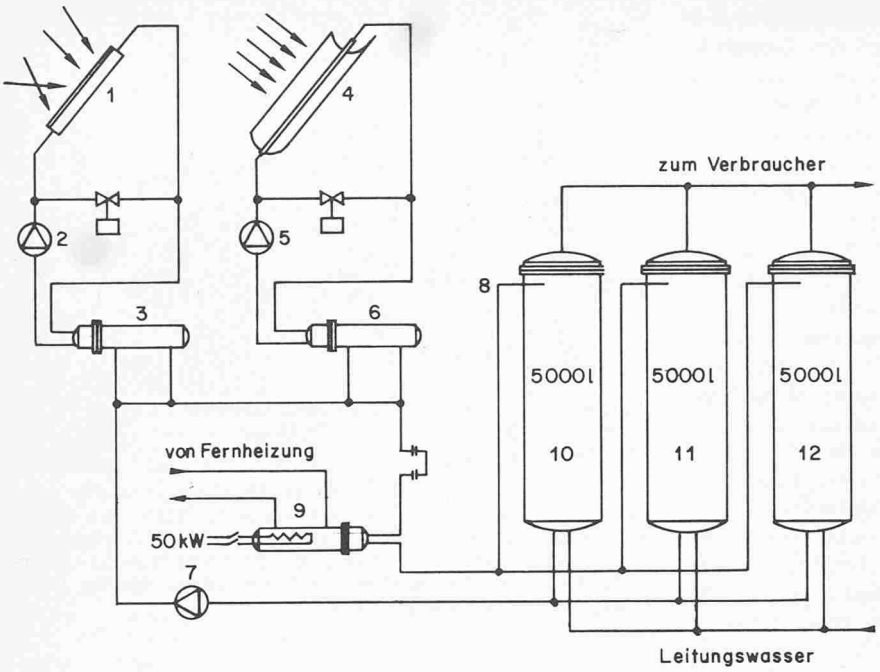
Um diesen Grossversuch möglichst praxisnah zu gestalten, haben wir der Versuchsanlage auch eine praktische Aufgabe zugeteilt. Die EIR-Kantine «OASE», als grösster





Oben: Teil der 100 m² Flachkollektoren auf dem Dach der Kantine; im Hintergrund rechts die fokussierenden Kollektoren

Unten: Die fokussierenden Kollektoren



Hydraulisches System
1 Flachkollektoren
2 Umwälzpumpe
3 Wärmetauscher
4 Fokussierende Kollektoren
5 Umwälzpumpe
6 Wärmetauscher
7 Pumpe im Ladekreislauf
8 Anschlussstelle: Vakuumkollektoren Wärmerückgewinnung
9 Elektrodurchlauferhitzer 50 kW
10 Speicher Nr. 1
11 Speicher Nr. 2
12 Speicher Nr. 3

Warmwasserverbraucher mit ziemlich konstanter täglicher Abnahme (es werden dort im Durchschnitt 525 Mahlzeiten je Arbeitstag zubereitet), schien uns ein sinnvolles Objekt für die Verwendung von Sonnenenergie.

Die Aufgabe der Sonnenenergieanlage «OASE» ist es, im Sommerhalbjahr bei durchschnittlichen Einstrahlungen von Witterungsverhältnissen den Warmwasserverbrauch der Kantine mit Sonnenenergie sicherstellen zu können.

Ziele und Aufgaben der Anlage

Systemoptimierung

Mit Hilfe der theoretischen Auslegung und praktischen Betriebserfahrung an der Solaranlage «OASE» werden wir Antworten finden auf die Fragen: Welches ist die optimale Kollektorfläche, die optimale Speicheranzahl und -grösse für eine bestimmte Verbrauchercharakteristik und einen bestimmten geographischen Standort?

Erprobung von neuen Steuerkonzepten

Konventionelle Energiequellen oder Energieträger geben ihre Energie bei einer bestimmten Leistung und Temperatur ab (z.B. Heizöl 10000 kcal je Stunde bei über 1000 °C). Die Nutzung von solarerzeugter Wärme bedeutet die Ausnützung einer sowohl leistungs- wie auch temperaturvariierenden Energiequelle. Die optimale Steuerung solcher Anlagen ist nicht einfach. So arbeitet heute manche Solaranlage mit einem Systemwirkungsgrad zwischen 5 und 30% bezogen auf die eingestrahlte Sonnenenergie. Unser Entwicklungsziel ist ein Systemwirkungsgrad von etwa 50%.

Studie Speichermanagement

Bei der Abspeicherung von Sonnenwärme bei variabler Temperatur wird im Speicher Energie zerstört. Durch die Auswahl des geeigneten Speichers kann die Kollektortemperatur beeinflusst und der Systemwirkungsgrad gesteigert werden.

Messkampagne

In der «OASE» werden zwei Datenerfassungspakete verwendet wie sie vom EIR in der ganzen Schweiz in Sonnenhäusern installiert werden. Mit Hilfe der Auswertung von Datenerfassungspaketen können nun einzelne Zielsetzungen überprüft und auch Verbesserungen, z.B. im Steuerkonzept, angebracht werden.

Sammlung von Langzeiterfahrungen

Die einzelnen Komponenten der Anlage werden in Zukunft regelmässig auf Korrosionserscheinungen, Glasbruch usw. untersucht werden. Daraus resultieren unter anderem Hinweise auf die minimalen Qualitätsanforderungen für die verwendeten Komponenten.

Demonstrationsobjekt für die Öffentlichkeit

Die Sonnenenergieanlage «OASE» steht als erste grosse, vom Bund gebaute Sonnenenergieanlage Besuchern und Interessenten zur freien Besichtigung zur Verfügung.

Wie ist die Sonnenanlage aufgebaut?

Die Anlage besteht aus zwei getrennten Kollektorkreisläufen, dem Ladekreislauf, den Verbindungsinstallationen zum Verbraucher sowie den einzelnen Komponenten, 100 m² Flachkollektoren und 100 m² fokussierenden Kollektoren, zwei Wärmetauschern, der Elektrozusatzheizung sowie drei Wärmespeichern.

Die Anlage ist so ausgelegt, dass die Kollektoren im Sommerhalbjahr bei durchschnittlichen Einstrahlungs- und Witterungsverhältnissen einen Tageswarmwasserverbrauch (5000 Liter) der Kantine aufbereiten können. Die drei Eintagespeicher lassen sich jeweils über das Wochenende «aufladen».

Für die Niedertemperaturstufe von 15–50 °C dienen die Flachkollektoren, für die Mitteltemperaturstufe von 50–90 °C die fokussierenden Kollektoren, die automatisch dem Sonnenstand nachgeführt werden.

Neben dem Tageszyklus durchläuft die Sonnenanlage auch einen Wochenzyklus. Da die Kantine übers Wochenende keine Wärme braucht, wird das Wochenende zum Aufladen der drei Wärmespeicher benutzt. Nach schönem Wochenendwetter reicht die Reserve für die kommende Woche für drei Tage. An jedem durchschnittlich sonnigen Arbeitstag wird ein Speicher entleert und ein anderer aufgeladen. Bei anhaltend schlechtem Wetter muss erst nach drei Arbeitstagen die Zusatzheizung eingeschaltet werden. Nach

der meteorologischen Statistik steigt nach jedem Schlechtwettertag die Wahrscheinlichkeit, dass der darauffolgende Tag ein durchschnittlicher Sonnentag sein wird.

Der Bau dieser Sonnenenergieanlage wurde durch das «Vorhaben Sonnenenergie» im Herbst 1976 vorgeschlagen. Eine detaillierte Vorstudie wurde durch das «Vorhaben» 1977 erarbeitet. Die Direktion des EIR bewilligte im September 1977 die Ausführung der ersten Bauetappe, unter der Auflage, dass die Installation im Sommer 1978 in Betrieb stehen würde. Am 27. Juni 1978 wurde die Anlage durch Bundespräsident *W. Ritschard* in Betrieb gesetzt.

Als weitere Ausbauetappen sind die Integration von Flach-Vakuumkollektoren sowie einer Wärmerückgewinnung aus dem OASE-Schmutzwasser vorgesehen. Dieser geplante Ausbau könnte den gesamten Warmwasserbedarf des EIR im Sommerhalbjahr sicherstellen.

Zweiter europäischer Versuchssatellit (OTS-2) gestartet

Nachdem der erste europäische Versuchssatellit im September 1977 durch den Fehlstart der Trägerrakete zerstört worden ist, wurde am 4. Mai 1978 – wieder mit einer Delta-3914-Rakete – der OTS-2 (Orbital Test Satellite) vom Versuchsgelände in Cape Canaveral (Florida) aus gestartet. Hauptauftragnehmer für den Satellitenbus waren Hawker Siddeley Dynamics und für die Nutzlast – den Transponder – AEG-Telefunken. Für die Systemintegration zeichnete MATRA verantwortlich.

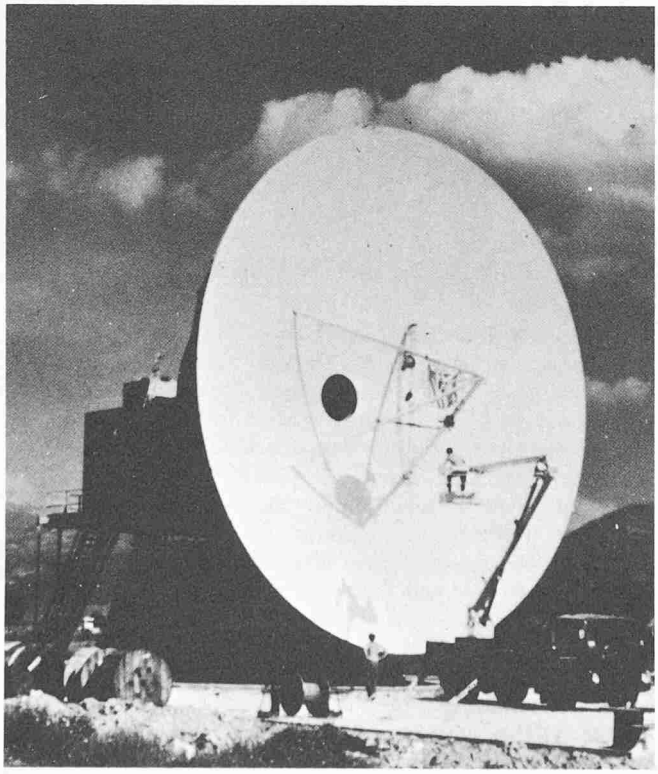
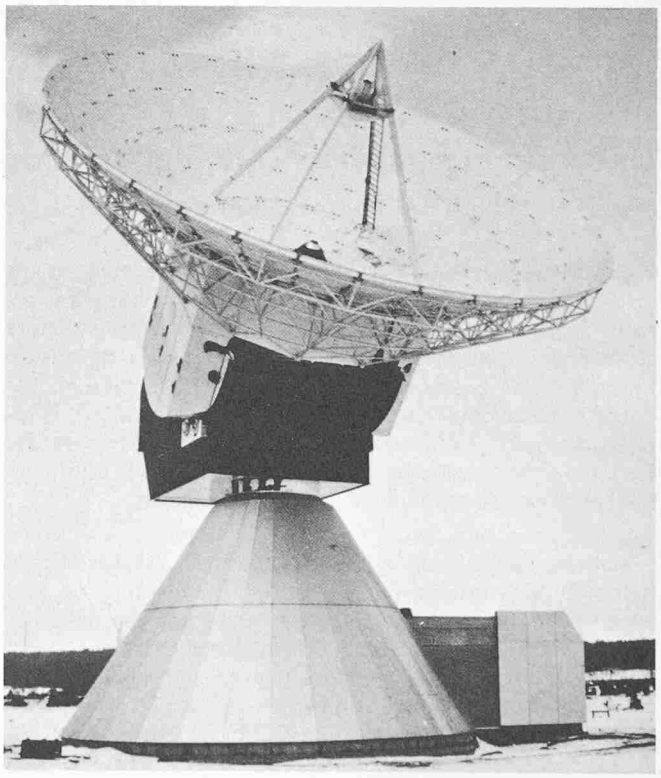
Aufgabe des OTS ist es, für den späteren kommerziell zu nutzenden *europäischen Fernmeldesatelliten* ECS (European Communication Satellite) die Eigenschaften und die Zuverlässigkeit der Bordgeräte zu demonstrieren sowie die experimentelle Bestätigung der für das Betriebssystem geplanten Sende- und Zugriffmethoden, z.B. des Zeitmultiplex-Zugriffsystems TDMA (Time Division Multiple Access), zu erbringen. Daneben werden Erkenntnisse über die Doppelausnutzung des Frequenzbandes durch orthogonale Polarisation erwartet. Eine weitere Aufgabe ist die Bestätigung der Annahmen bezüglich der atmosphärischen Dämpfung und Depolarisation in den 14-GHz- und 11-GHz-Frequenzbändern.

Schliesslich werden mit dieser Mission erstmalig im Weltraum angewendete Techniken, wie parametrische Verstärker für 14 GHz, Wanderfeldröhren hohen Wirkungsgrades für 11 GHz, integrierte Mikrowellenschaltkreise o.ä. geprüft.

Um diesen Aufgaben gerecht werden zu können, ist das Transponderkonzept aus einem *Nachrichten-Repeater* und einem *Baken-Repeater* aufgebaut. Der Nachrichten-Repeater als vereinfachte Version des zukünftigen ECS-Repeaters hat zwei 40-MHz-Kanäle zur Übertragung von Fernseh- oder «langsamen» TDMA-Signalen (entsprechend 1600 Telefonkanälen) und zwei 120-MHz-Kanäle zur Übertragung von «schnellen» TDMA-Signalen (entsprechend 2 × 5000 Telefonkanälen). Der Baken-Repeater hat die Aufgabe, die Ausbreitungsbedingungen, Dämpfung und Depolarisation der Auf- und Abwärtsstrecke zu messen sowie über kleine billige Erdefunkstationen schmalbandige Datensignale zu übertragen. Da der Sender eine Ausgangsleistung von 20 Watt hat, ist es möglich, in den Erdefunkstationen Antennenspiegel mit ungefähr 2 m bis 3 m Durchmesser zu verwenden. Zur Erprobung der Polarisationsmethode, die bei der Signalübertragung im Betriebssystem angewendet werden soll, werden im OTS-Satelliten für die Übertragung der Nachrichtensignale die lineare Polarisation und die zirkulare Polarisation bei der Übertragung der Bakensignale angewendet.

Die Sendeverstärker sind mit Wanderfeldröhren von AEG-Telefunken ausgestattet und liefern eine Ausgangsleistung von 20 Watt im 11-GHz-Bereich. Die zwei 40-MHz-Kanäle sind über einen Polarisationskoppler auf die Sendeantenne, die ganz Europa ausleuchtet, geschaltet. In gleicher Weise sind die zwei 120-MHz-Kanäle auf eine scharf bündelnde Antenne (spot beam 2,5 ° × 2,5 °) geschaltet. Die Wanderfeldröhren haben harte Lebensdauertests hinter sich. So mussten sie sinusförmige Schüttelmessungen bei doppelt so hohem Pegel ertragen, wie für die Qualifikation gefordert wird. Die mechanischen Belastungsmessungen kompletter Wanderfeldröhren lagen beim Eineinhalbfachen der normalen Betriebsbelastung. Schliesslich wurden Betriebsmessungen in einem

OTS-Bodenstation in Fucino (Italien) während des Aufbaus



Erdfunkstelle Usingen während des Aufbaus