

TU GRAZ

II

74.816

PARK & RIDE SYSTEM FÜR SOLARMOBILE
KONSTRUKTIONEN FÜR SOLARGENERATOREN

DIPLOMARBEIT SABINE KRISCHAN 1991

**Park & Ride System
für Solarmobile**

Konstruktionen für Solargeneratoren

Diplomarbeit

zur Erlangung des akademischen
Grades eines Diplom-Ingenieurs
Fachrichtung Architektur

von

Sabine Krischan

Technische Universität Graz
Erzherzog-Johann-Universität

durchgeführt am
Institut für Gebäudelehre

Begutachter
o. Univ.-Prof. Arch. Dr. Günther Domenig



Graz, Oktober 1991

II
92 P 269

Universitätsbibliothek
der Technischen Universität Graz

29. April 1992

92 P 269

INHALTSVERZEICHNIS**1****ALLGEMEINER TEIL**

VORWORT	3
SOLARENERGIE	7
ELEKTROFAHRZEUGE - SOLARMOBILE	13
ENTWICKLUNGEN / TENDENZEN	16

2**PROJEKTSPEZIFISCHER TEIL**

PROJEKTVORGABEN	18
KONSTRUKTION / MATERIALIEN	19
TECHNISCHE PROJEKTAUSLEGUNG	21
	23

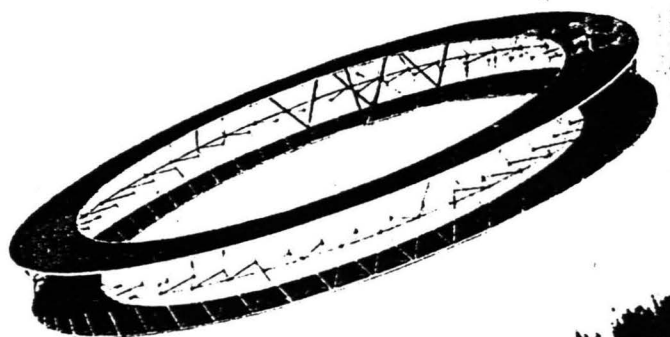
3**ANHANG**

LITERATURAUSZÜGE	
FORM, MATERIAL U. TECHNOLOGIE IM WERK V. RENZO PIANO	24
EPHEMERE ARCHITEKTUR	26
VERGLEICH E-MOBIL - KFZ MIT VERBRENNUNGSMOTOR	28
SONNENENERGIE IN ÖSTERREICH	30
BEISPIELE SOLARMOBILE	35
MODELLFOTOS	40
PLÄNE	45

1

ALLGEMEINER TEIL

»Was hat die menschliche Gesellschaft mehr verändert, eine französische Revolution oder eine technologische Erfindung - Elektronik z.B.?«
Max Frisch, 1987¹



VORWORT

Einerseits ist Mobilität - wir haben uns nun mal daran gewöhnt - eine Lebensqualität an sich auf die wir nicht so ohne weiteres verzichten mögen, andererseits ist sie und die dafür geschaffenen Strukturen mit Problemen behaftet, die die Lebensqualität des Einzelnen mindert. Spürbar mittlerweile. Da muß man nicht einmal an die Nachwelt denken (Klimaveränderung seit Beginn der Industrialisierung: Erwärmung um 0,75° C, Luftverschmutzung, Treibhaus, bodennahes Ozon, Ozonloch, Allergien, Hautkrebs, ...). Aber Autofahren macht Spaß. Das Auto hat einen Stellenwert im täglichen Leben eingenommen, der den reinen Gebrauchswert bei weitem übersteigt. Als Zeichen möglicher Mobilität und mittelbares Instrument der damit erreichbaren/denkbaren Freiheit ist das Auto zum Statussymbol, Prestigeobjekt, zum Fetisch der modernen Gesellschaft geworden.

Trotzdem ist auch die Qualität der Umwelt ein grundlegender Faktor der Lebensqualität, deren Wert wir langsam (und hoffentlich nicht ganz zu spät) erkennen.

Das zunehmende Verkehrsproblem und dessen Umweltauswirkungen insbesondere in den Ballungsräumen wird mit unterschiedlichen Strategien von Seiten der städtischen Verwaltungen mit unterschiedlichen Erfolgen bekämpft. Trotzdem scheint das System dem Kollabieren nahe zu sein, der Verkehrsinfarkt der Städte scheint vorprogrammiert. Abgesehen von den Problemen, die sich aus der immer noch ständig steigenden Emissions- und Lärmentwicklung ergeben, ist unser Mobilitätsanspruch - in der bestehenden Form - mit einer enormen Ressourcenverschwendung gekoppelt (siehe Kapitel Solarmobile).

¹ Aus der Rede von Max Frisch anlässlich der Verleihung der Ehrendoktorwürde der TU Berlin am 29.7.1987

In der Natur deuten derartige Vorgänge (sich fortwährend beschleunigende Wachstumsraten) an, daß ein System den herrschenden Gleichgewichtszustand verläßt.

Das Verlassen des stabilen Zustands muß nicht notwendigerweise den Zusammenbruch des Systems verursachen. Vielmehr ist es bedeutend, einen Zustand höhere Organisation und Komplexität zu erreichen, in welcher wieder Fließgleichgewicht herrscht.

Dies gilt auch im Bereich Verkehr. Mit linearer Weiterentwicklung des bestehenden Systems, Fortbewegung auf Basis der Verbrennung fossiler Brennstoffe, droht nicht nur das Verkehrs-System zu kippen. Grundsätzliches Umdenken, die Betrachtungsweise nicht nur in Einzelsystemen sondern auch vermehrt die Vernetzung mit anderen Systembereichen ist erforderlich.

»Personenwagen mit Verbrennungsmotoren werden vorwiegend auf Kurzstrecken eingesetzt. Dazu werden Transportmittel für vier und mehr Personen zum Transport von 1-2 Insassen eingesetzt. ... Diese Fahrzeuge und auch die meisten Personenwagen sind sehr schwer, was viel Energie und Material bei der Produktion nötig macht. Zum Bewegen dieser großen Fahrzeugmassen braucht es wiederum viel Energie. Der Einsatz solcher Fahrzeuge ähnelt dem Einsatz von Pneukrans zum Heben einer Tasche. Es funktioniert zwar, ist aber eindeutig eine Verschwendung von Ressourcen. ... Hier manifestiert sich eine Fehlentwicklung. Es liegt auf der Hand, hier nach einer geeigneteren menschenfreundlicheren Technik und einem optimalen Einsatz der Verkehrsmittel Ausschau zu halten«².

Elektrofahrzeuge und im besonderen Solarmobile (E- Mobile, die vorwiegend mit Solarstrom betrieben werden) können in diesem Zusammenhang einen Evolutionssprung mitbewirken. (Durch solche Innovationssprünge lassen sich Dimensionen erschließen, man denke nur an die Leistungssteigerung, bei gleichzeitiger Senkung des Energieverbrauchs, von der Relais-technik über die Transistortechnik bis hin zu modernen integrierten Schaltkreisen. Das Problem Pferdewald in den Städten war mit der Erfindung des Automobils und dessen Verbreitung erledigt. Das Automobil seinerseits fuhr mit schwereren Geschützen auf).

Die herkömmliche Fahrzeugindustrie verfügt nach Jahrzehnte langer Erfahrung über ausgereifte Produktionstechnologien und produziert enorme Stückzahlen, da so gut wie alle anderen Möglichkeiten der Fortbewegung die längste Zeit links liegen gelassen wurden. Wegen der befürchteten geringen Absatzchancen (aufgrund des eingeschränkten Einsatzbereichs) werden E- Autos nicht professionell und in größeren Serien produziert. Trotzdem beschäftigen sich alle großen Autokonzerne mittlerweile damit, um für den Fall der Nachfrage (sei's durch wachsendes Umweltbewußtsein oder durch gesetzliche Vorgaben / Förderungen / Vergünstigungen) gerüstet zu sein. Längere Zeit schon kursieren Gerüchte über ein demnächst auf den Markt zu bringendes Swatch - car.

Hinsichtlich Energie- und Umweltrechnung liegt zwar selbst bei thermischer Stromerzeugung (Problematik der CO₂ - Emission als Verbrennungsprodukt) das E-Auto gegenüber herkömmlichen Fahrzeugen mit Verbrennungsmotoren im Vorteil, wenn zusätzlich zur Stromerzeugung die Abwärme genutzt wird. Bei Nutzung von Solarstrom sieht die Bilanz erheblich besser aus.

Der prinzipielle Vorteil, der sich bei der Verwendung von Strom zum Antrieb von Fahrzeugen ergibt: Strom kann aus erneuerbaren Energieträgern erzeugt werden. Solarstrom nun nutzt die Sonne als Primärenergieträger und ist somit praktisch unerschöpflich und nebenwirkungsfrei.

Die Einsatzbereiche des Solarmobils sind aufgrund der Batterienproblematik und der daraus resultierenden geringen Reichweite beschränkt (siehe Kapitel Solarmobile). Als Kurzstreckenfahrzeug bietet es sich als emissionsfreies Stadtauto (Zweitauto), als Pendlerfahrzeug, für diverse Zustelldienste und Serviceleistungen an.

In jedem Fall kann es im mindesten eine Übergangslösung (bis zu einem eventuellen Wasserstoffzeitalter, oder anderen Lösungen) darstellen.

Die Photovoltaik als Technologie ist hochwertig und spannend, sie birgt noch enormes Entwicklungspotential (siehe Kapitel Solarenergie).

Die Funktionsweise im Zusammenhang mit der Fortbewegung ist vergleichsweise elegant:

System 1

Sonne - organisches Leben - geologische Bearbeitungsphase unter ausgewählten Bedingungen über Millionen von Jahren - Ausbuddeln - Nachbehandeln - Verbrennen - Schadstoffe ausstoßen - fortbewegen ...
Aufgrund der Form und der Dauer der geologischen Bearbeitung sind die Vorräte begrenzt.

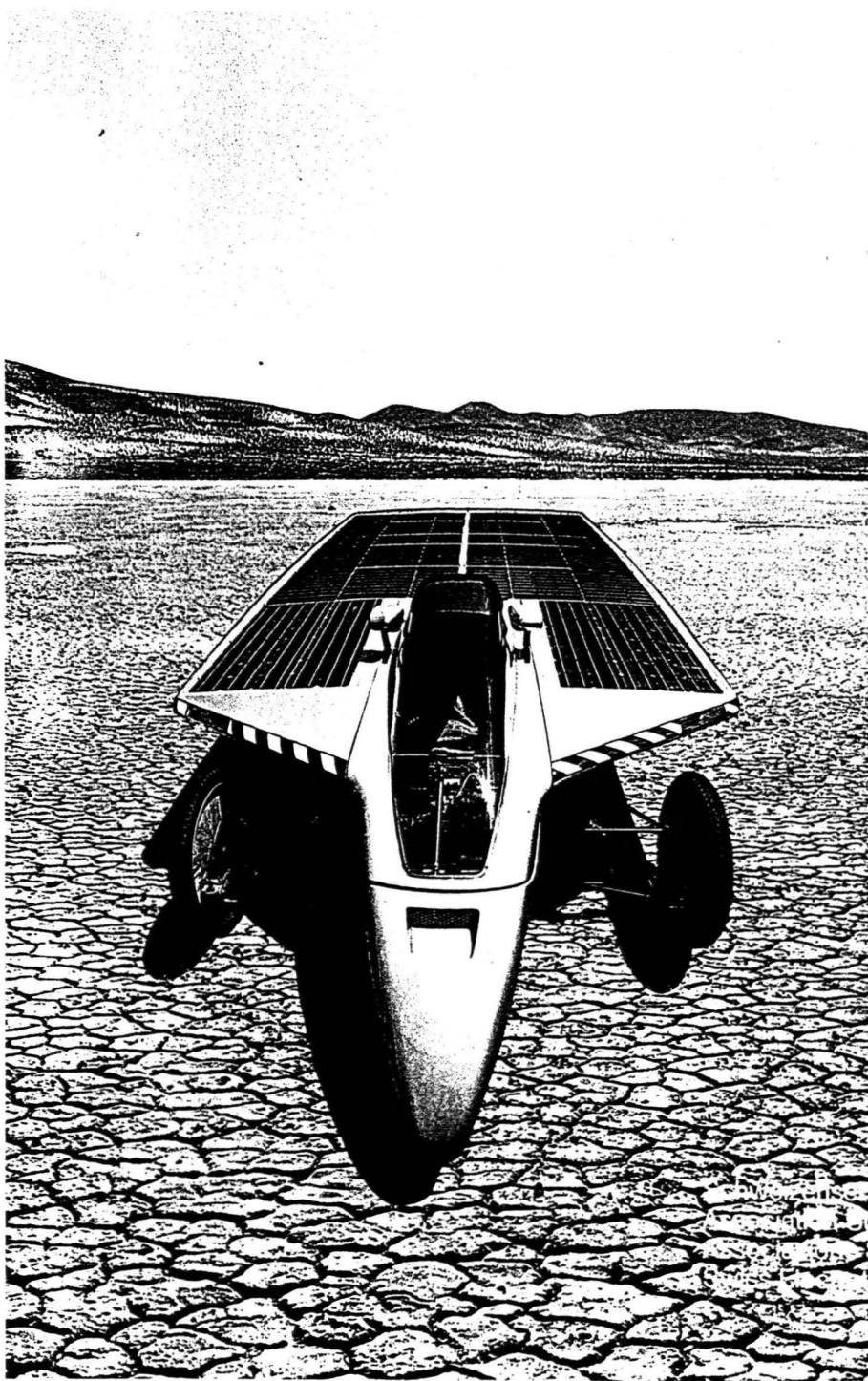
System 2

Prepariertes Halbleiterbauelement (zugegebenermaßen nicht auf einfachste Art und Weise, eben Hochtechnologie) - Strom - Speichern - fortbewegen - keine Schadstoffemission

Silizium ist in der Erdoberfläche praktisch unbegrenzt vorhanden.

Im System 2 liegt der größte Pferdefuß im Augenblick noch im Thema Speichern. Nichts desto trotz: der Wirkungsgradvergleich sollte überzeugen.

Auch die Photovoltaik ist eine Technologie, welche einen nennenswerten Beitrag im zukünftigen Energieszenario darstellen kann (diesbezüglich sei auf den Artikel »Sonnenenergie in Österreich und die Stellung der Photovoltaik innerhalb der Sonnenenergie« im Anhang verwiesen).



Bei weitreichender langfristiger Betrachtungsweise werden solche Alternativen aber auch wirtschaftlich interessant. Die Folgekosten der Umweltzerstörung sind nicht realistisch abschätzbar.

Insgesamt sei nochmals betont, daß weder Elektrofahrzeuge noch Solarstrom eine Generallösung darstellen können, in Teilbereichen sind sie jedoch optimal, sodaß sie ergänzend neben zukünftigen Lösungen für leistungsfähigere Fortbewegungsmittel existieren können. Eine am Gesamtsystem orientierte Sichtweise ist von Nöten: Kompatibilität zu und Integration mit anderen Verkehrsmitteln.

Wie schnell die Umsetzung der neuen Anwendungen vor sich gehen kann, hängt nicht zuletzt entscheidend von den politischen Rahmenbedingungen ab.

SOLARENERGIE

1839 entdeckte Bequerel den photovoltaischen Effekt, die Umwandlung der Energie der Sonnenstrahlen direkt in elektrische Energie (ohne Umweg über mechanische oder thermische Energie).

1954 wurde die erste Silizium - Solarzelle in den Bell Laboratories hergestellt, mit einem Wirkungsgrad von 6 %.

Der erste Einsatz von Solarzellen als Halbleitertechnik erfolgte in der Raumfahrt. 1958 wurde der Satellit Vanguard I (NASA) mit einer photovoltaischen Stromversorgung ausgestattet.

Ab Mitte der 70-er Jahre (im Zusammenhang mit der Ölkrise) beginnt das Interesse an terrestrischer Anwendung.

FUNKTIONSPRINZIP

Die Solarzelle ist ein großflächiges Halbleiterbauelement, an dessen metallischen Kontakten bei Einstrahlung von Licht eine elektrische Gleichspannung entsteht. Bei höherer Einstrahlungsstärke ist die umgewandelte Leistung größer.

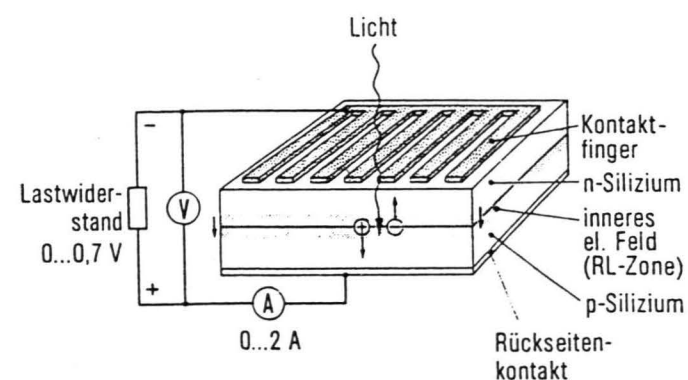
Basismaterial für alle marktüblichen Solarzellen ist bisher Silizium. Die Funktionsweise beruht auf dem inneren photoelektrischen Effekt. Eindringende Lichtstrahlen (Lichtquanten) generieren ein freies Ladungsträgerpaar (positive und negative Ladung gleichen Betrages).

Durch Ausbildung unterschiedlicher Schichten entsteht innerhalb des Halbleitermaterials im Übergangsbereich ein elektrisches Feld, welches die generierten Ladungsträger entsprechend ihrer Polarität trennt. Dadurch kann an den metallischen Kontakten beiderseits des Halbleiterelementes eine elektrische Spannung abgegriffen werden.

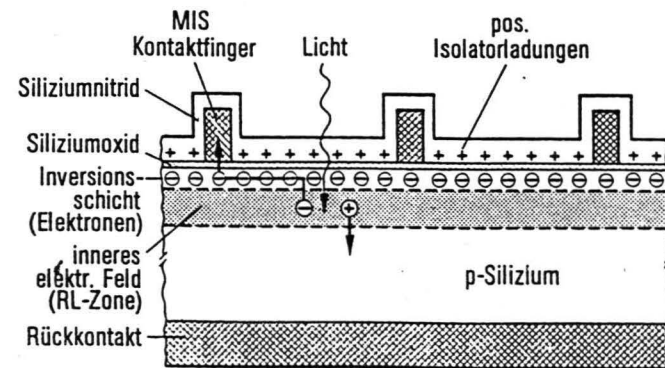
Wird der äußere Stromkreis geschlossen, kann Strom durch den Verbraucher fließen.

Es gibt zwei unterschiedliche Konzepte zum Aufbau des elektrischen Feldes: Solarzellen mit positiv und negativ dotierter Siliziumschichte und MIS-Inversionsschicht-Solarzellen (Metall-Isolator-Silizium)

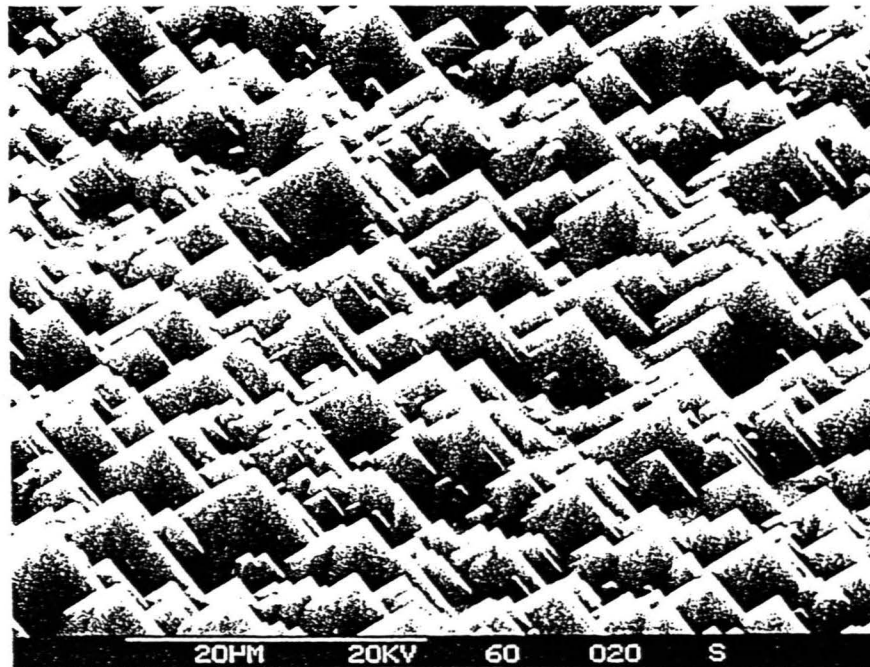
Bei Solarzellen mit p- und n-dotierter Schichte entsteht das innere elektrische Feld im angrenzenden Bereich beider Schichten. Die unterschiedlichen Eigenschaften der beiden Schichten werden durch Legierungen hochreinen Siliziums mit Fremdatomen sehr geringer Anzahl erreicht (Bor- bzw. Phosphoratome).



Funktionsprinzip einer MIS - Inversionsschicht - Solarzelle



Funktionsprinzip einer Solarzelle aus p- und n- dotiertem Silizium



Oberflächenstruktur einer Siliziumscheibe

Die MIS-Inversionsschicht-Solarzelle läßt eine Senkung der Produktionskosten unter Wahrung des Wirkungsgrades erwarten.

An der Oberseite der Solarzelle entstehen durch Lichteinfall positive Ladungen, die die negativ geladenen Elektronen des darunterliegenden positiv-dotierten Siliziumkristalls an die isolierende Siliziumoxidschicht ziehen, wodurch an der Grenze zum Isolator eine Inversionsschicht entsteht. Zwischen der negativ geladenen Inversionsschicht und der darunterliegenden positiven Raumladungszone bildet sich das elektrische Feld aus, in welchem die bei Lichteinfall generierten Ladungsträgerpaare getrennt werden.

Der Wirkungsgrad der Solarzelle gibt an, wieviel Prozent der eingestrahnten Lichtleistung in der Solarzelle in elektrische Leistung umgewandelt werden kann und liegt derzeit, je nach Art und Struktur des Halbleitermaterials zwischen 5 und 26 % (erreichte Laborwerte: Silizium 19 %, Gallium 26 %, Cadmiumsulfid 10 %). Wirkungsgrade von 30 % und mehr werden für technisch machbar gehalten.

Heute werden aufgrund der vergleichsweise einfachen Herstellung und der Häufigkeit der Vorkommen hauptsächlich Solarzellen auf Siliziumbasis mit einkristallinen, polykristallinen und amorphen Strukturen verwendet. Kristallines Silizium besitzt eine hohe Langzeitstabilität (Die Abnahme des Wirkungsgrads beträgt durchschnittlich 0,6 % pro Jahr und weniger). Monokristalline Zellen haben den kommerziell höchsten Wirkungsgrad (bis zu max. 15 %).

Polykristalline Solarzellen bringen den Vorteil einer vereinfachten Herstellungstechnologie gegenüber monokristallinen Zellen. Amorphes Silizium wird in mikrometer-dünnen Schichten meist auf Glas aufgedampft. Dem geringen Materialaufwand steht derzeit der Nachteil einer sehr geringen Langzeitstabilität gegenüber.

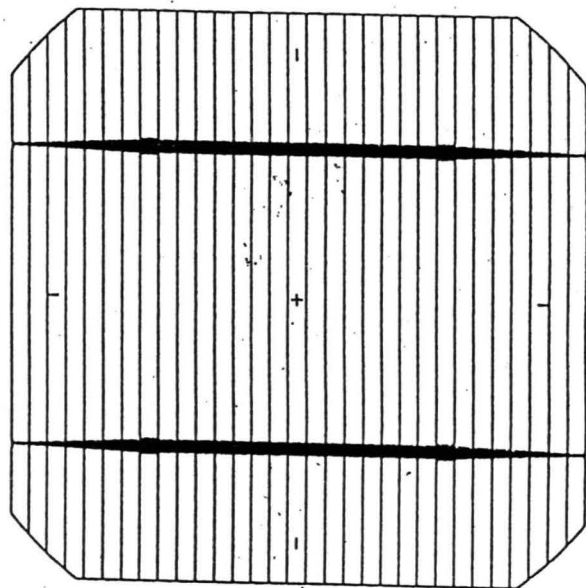
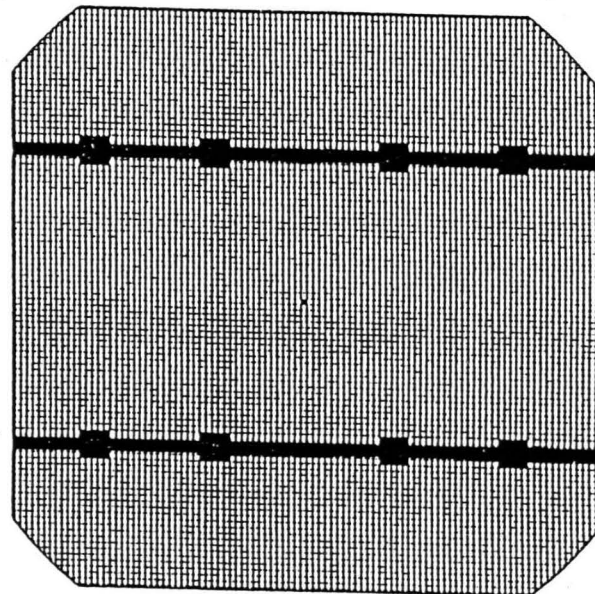
»Dünnschichttechnik«: Solarzellen, bestehend aus zwei oder drei Schichten von unterschiedlicher spektraler Empfindlichkeit zur besseren Ausnutzung der unterschiedlichen Wellenlängenbereiche des Sonnenlichts. Es wäre durch Kombination mehrerer Halbleitermaterialien möglich, das gesamte Spektrum des Sonnenlichts auszunutzen - theoretischer Wirkungsgrad bis 40%.

SYSTEMKOMPONENTEN

SOLARZELLE

ist die kleinste Stromerzeugungseinheit
heute vorwiegend mono- und polikristallin (amorphe Dünnschichtzellen sind erst seit wenigen Jahren als größere Module am Markt).

Größe der Standardzelle: ca. 100 x 100 mm; Dicke: 0,3 - 0,5 mm



Vorderseitengrid und Rückseitengrid für Zellen
100/100 mm mit Siebdruckmetallisierung

MODULE

Serienschaltung von üblicherweise 30 - 36 Solarzellen

Die Zellen sind zwischen einer Spezialglasscheibe und einer Kunststoffolie wetterfest eingeschlossen (häufig mit Alu-Rahmen versehen).

Der Wirkungsgrad der im Handel erhältlichen Module liegt zw. 10 und 15 %.

SOLARGENERATOREN

bestehen aus mehreren Modulen, die zum Erreichen der gewünschten Systemspannung in Serie geschaltet werden (STRINGS). Zum Erreichen der gewünschten Systemleistung werden mehrere Strings parallel geschaltet. Wegen der Serien- und Parallelschaltung einzelner Module sind verschiedene Sicherheitseinrichtungen notwendig (sollen hier nicht näher erläutert werden). Besonderes Augenmerk ist dem Schutz vor atmosphärischen Störungen beizumessen (Schutz vor direkten und indirekten Blitzschlägen).

WECHSELRICHTER

Da Solargeneratoren Gleichstrom erzeugen, die meisten elektrischen Geräte jedoch nur mit Wechselstrom (Europa 50 Hz) betrieben werden können, ist diese Systemkomponente, die Gleichstrom in Wechselstrom umwandelt, in den meisten Fällen erforderlich.

Als Steuereinheit wird der Maximum Power Tracker verwendet, welcher für die Solarzelle den Betriebspunkt maximaler Leistung bei jeder Strahlungsintensität einstellt.

KENNDATEN

Spitzenleistung: angegeben in $W_{(peak)}$

ist die von einem Modul abgegebene Leistung gemessen bei einer Strahlungsleistung von 1000 W/m^2 , bei einem Sonneneinfallswinkel von ca. 45° , bei klarem Wetter und einer Solarzellentemperatur von 25° C .

Diese Leistung kann in Gebirgsregionen durchaus überschritten werden.

Lebensdauer: Der Wirkungsgrad nimmt während des Betriebs der Solarzelle kontinuierlich ab (ca. 0,6 % pro Jahr). Die Lebensdauer, als Zeit des sinnvollen Betriebs, beträgt 20 - 30 Jahre.

Der Erntefaktor, das Verhältnis der während der Lebensdauer (angenommen: 20 Jahre) entnehmbaren Energie zur bei der Herstellung aufgewendeten Energie beträgt in Österreich beim derzeitigen Stand der Technologie 3,0 - 4,7 und sollte (nach derzeitiger Abschätzung des Entwicklungspotentials) bis auf 8 erhöht werden können.

Die energetische Amortisationsdauer bezogen auf den Primärenergieeinsatz (nach welcher Betriebszeit ist die zur Herstellung aufgewendete Energie entnommen worden) beträgt 5 - 8 Jahre und sollte bis auf unter 4 Jahre gesenkt werden können.

In sonnenreichen Gegenden ist der doppelte Erntefaktor und die halbe Zeit anzusetzen.

Preisentwicklung:

1976	20	\$ pro $W_{(peak)}$
1991	6 - 7	\$ pro $W_{(peak)}$
um 2000	1,4	\$ pro $W_{(peak)}$
Zielvorstellung	0,56	\$ pro $W_{(peak)}$

Bei einer angenommenen Lebensdauer von ca. 20 Jahren amortisiert sich eine Solaranlage in Österreich derzeit bei einem Strompreis von ca. ÖS 15.— pro kWh.

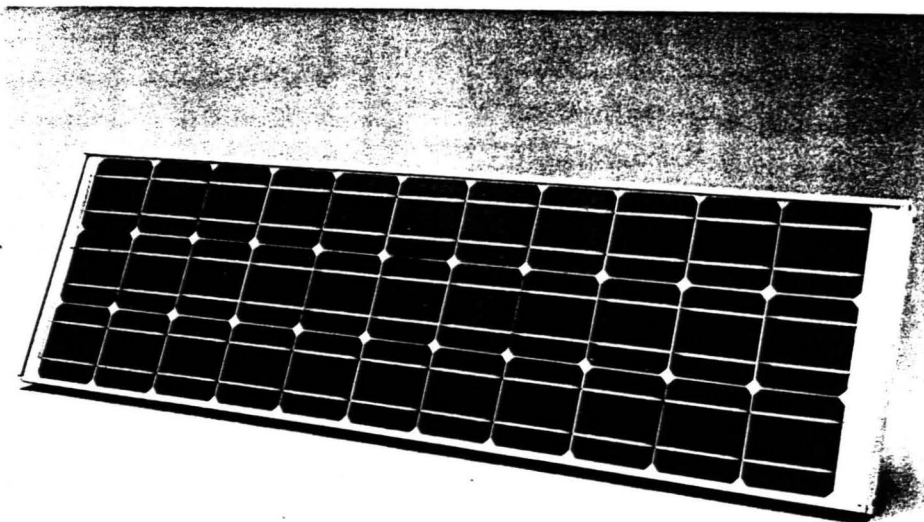
Die Zielsetzung der Forschung liegt deshalb einerseits in der Erhöhung des Wirkungsgrades der Einzelkomponenten und des Gesamtsystems, andererseits in einer Optimierung des Herstellungsverfahrens und damit einer Kostenreduktion.

Die Vorteile der Solarenergie

- Ausnutzung einer erneuerbaren Energiequelle
- hohe Lebensdauererwartung (bereits in der Praxis nachgewiesen)
- automatisierter Betrieb, geringer Wartungsaufwand
- modularer Aufbau
- keine Schadstoffemission und kaum Lärmentwicklung

Nachteile/Problematik

- hoher Flächenbedarf aufgrund geringer Leistungsdichte der Sonneneinstrahlung und des derzeit noch geringen Wirkungsgrades der Solarzellen
- Unstetes Energieangebot (erfordert Hybridkonstruktionen bzw. Speicherung)
- zur Zeit noch hohe Investitionskosten im Vergleich zu konventionellen Stromerzeugungsanlagen



Siemens M 40 High Efficiency Solar Electric Modul

ANWENDUNGEN UND EINSATZBEREICHE

Zur Versorgung von Geräten der Konsumelektronik (Taschenrechner, Uhren, ...) werden aus Komfortgründen Solarzellen verwendet.

In der dezentralen Energieversorgung erweist sich die Photovoltaik auch als wirtschaftliche Alternative, so ist zum Beispiel der Anschluß von Kleinverbrauchern ans öffentliche Stromnetz in abgelegenen oder schwer zugänglichen Gebieten oft mit höheren Kosten verbunden als die Installation einer Solaranlage. (z.B. Berghütten, Meßstationen, Navigations- und Telekommunikations-einrichtungen, ...)

Weitere Einsatzbereiche sind netzgekoppelte dezentrale Anlagen und in fernerer Zukunft zentrale Versorgungsanlagen, Leichtbauflugzeug, Weltraumtechnik, echte Solarmobile als Rennautos, Notrufsäulen, ...

NETZGEKOPPELTE PHOTOVOLTAIKANLAGEN

benutzen das Netz des EVUs (Elektroversorgungsunternehmen) als Ausgleich zwischen den Verbrauchslastspitzen und den gelieferten Strommaxima. Fällt mehr Solarstrom an, als verbraucht wird, wird der Überschuß ins Netz eingespeißt. Umgekehrt wird bei unzureichender Solarstromerzeugung zusätzlich Strom aus dem öffentlichen Netz bezogen.

Zur Verdeutlichung der Sinnhaftigkeit der Netzeinspeisung: um einen Haushalt autark zu versorgen, bräuchte man laut einer Berechnung des Fraunhofer Instituts für solare Energiesysteme in Freiburg Bleiakku mit einer Leistung von 800 kWh (19 Tonnen), da die Verbrauchslastspitzen nicht mit den erzeugten Strommaxima zusammenfallen.

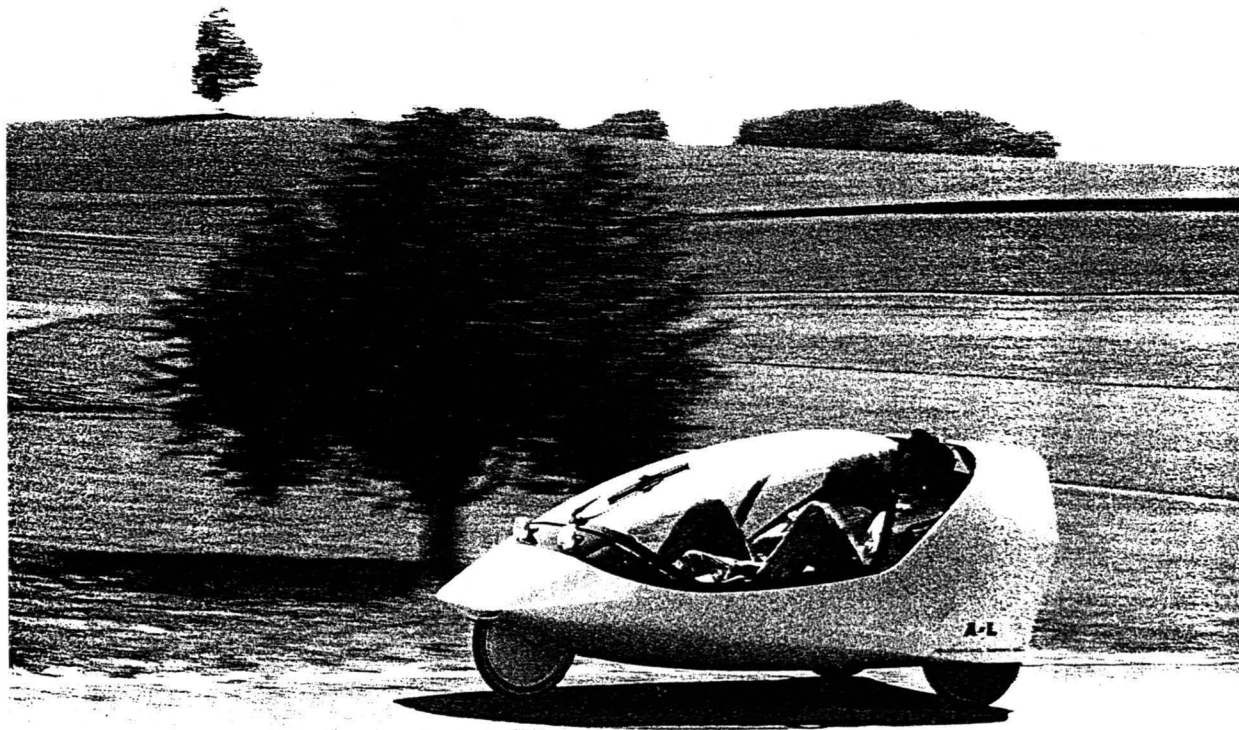
Unter Ausnutzung des Flächenangebots auf Hausdächern (unter der Annahme, daß 50 % der Gebäude eine nach Süden geneigte Dachfläche haben) mit einem derzeit realistischen Systemwirkungsgrad von 10 % könnten auf Österreichs Dachflächen jährlich ca. 100 kWh Strom / m² erzeugt werden. Das sind insgesamt ca. 2,3 TWh und entspricht ca. 5 % des derzeitigen österr. Strombedarfs.

Trotzdem bleibt das Problem der Energiespeicherung bestehen, auch wenn sich durch Verbesserung der einzelnen Systemkomponenten der Wirkungsgrad auf bis zu 20 % und mehr erhöhen läßt, ist der Ersatz von kalorischen Kraftwerken vorerst nicht möglich. Eine Entlastung größerer Kraftwerke ist erst im Zusammenhang mit größeren Speichern möglich (derzeit hydraulisch, zukünftig vielleicht Wasserstoff).

Langfristig kann die Photovoltaik auch im gemäßigten Klimabereich einen erwähnenswerten Beitrag zu einer umwelt- und ressourcenschonenden Energieversorgung leisten, da auch diffuses Licht bei bewölktem Himmel ausreicht, um mittels Solarzellen Strom zu erzeugen.

Die Photovoltaik ist generell als Systemtechnologie zu sehen, das Abstimmen der einzelnen Komponenten aufeinander und auf einen bestimmten Anwendungsbereich ist entscheidend für die Effizienz der Anlage.

6 - 8 m² Solarmodulfläche erzeugen so viel Strom, um damit mit einem Leichtbau-Mobil ca. 8 - 10.000 Jahreskilometer zurückzulegen.



ELEKTROFAHRZEUGE - SOLARMOBILE

Elektrofahrzeuge sind neue Anwendungsbereiche der Elektrizität, die unter dem Titel »sinnvoller Energieeinsatz« gesehen werden können. Sie sind leise, sparsam und stoßen keinerlei Schadstoffe aus, aber im Gegensatz zu Fahrzeugen mit herkömmlichen Verbrennungsmotoren ist ihre Reichweite begrenzt, was in der relativ geringen Energiedichte der Batterien - im Vergleich zu Benzin oder Diesel - begründet liegt.

Da im Stadt- bzw. stadtnahen Verkehr jedoch im allgemeinen Kurzstrecken zu bewältigen sind, haben E-Mobile im Stadtverkehr einen durchaus berechtigten Einsatzbereich (vergleichbare Studien zeigen, daß 70 % der Wege unter 13 km enden, und 98 % aller PKW-Fahrten unter 50 km bleiben).

Als Solarmobile bezeichnet man Elektrofahrzeuge, welche die zum Fahren notwendige Energie vorwiegend aus Solarzellen beziehen und diese in Batterien zwischenspeichern, auch wenn die Solarzellen nicht direkt am Fahrzeug angebracht sind - der Energiebezug erfolgt üblicherweise im Netzverbund.

Es gibt auch »echte« Solarmobile, die experimentell als Rennautos verwendet werden (Tour de Sol, Austro Solar). Sie zeichnen sich durch externe Leichtbauweise, einen niedrigen C_w -Wert und einen äußerst geringen Rollwiderstand aus und haben ihrer Form nach mit dem uns bekannten Auto kaum etwas gemein, zum einen auf Grund der optimierten Bauweise und zum anderen um möglichst große Oberflächen für Solarzellen bereitstellen zu können.

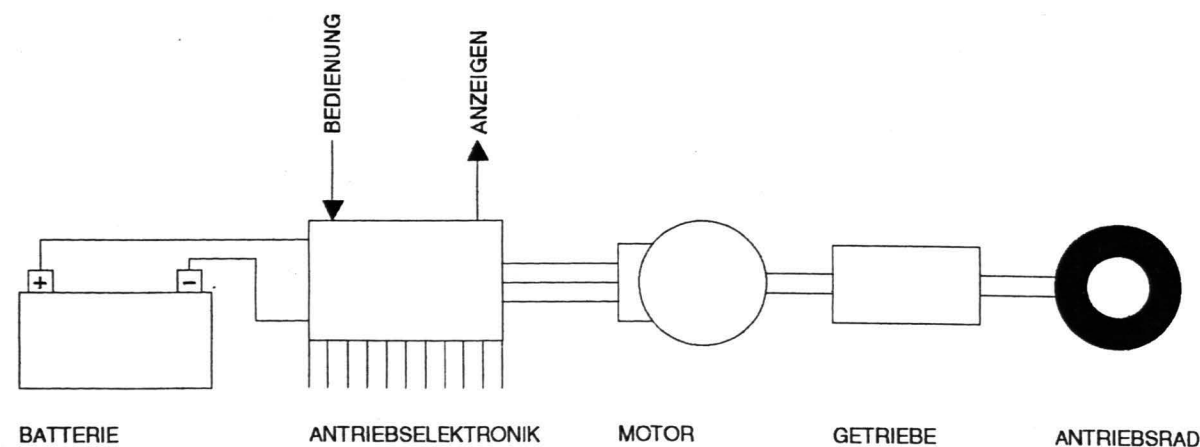
Den Energiebedarf alltagstauglicher Fahrzeuge direkt aus mitgeführten Solarzellen zu decken, ist infolge der zu geringen Oberfläche, die mit Solarzellen belegt werden kann, sowie der Einschattung von Straßen und Parkplätzen nicht möglich.

Es gibt zwei Kategorien von E-Mobilen, ungeachtet der Art des Energiebezugs: E-Mobile in Leichtbauweise, deren Karosserie vorwiegend aus leichten Materialien (Kunststoffe, Verbundwerkstoffe, Aluminiumwabenkonstruktionen) besteht, und E-Mobile als Fahrzeuge herkömmlicher Bauart, die mit Elektromotoren ausgestattet sind.

Leichtaufahrzeuge sind üblicherweise für zwei Personen und etwas Gepäck konzipiert, sind durch die reduzierte Masse sehr sparsam im Energieverbrauch (inkl. Batterien 400 - 700 kg; Verbrauch ca. 10 kWh auf 100 km, was ca. 1l Benzin entspricht), ein Problem stellt derzeit aber noch die Stabilität der Fahrgastzelle dar.

E-Mobile mit herkömmlicher Karosserie haben aufgrund des ohnehin höheren Eigengewichts und der Mehrbelastung des Batteriesatzes einen größeren Energieverbrauch (z.B.: E-Panda: 18 - 21 kWh auf 100 km). Der Vorteil derzeit liegt

Antriebskette im Elektrofahrzeug



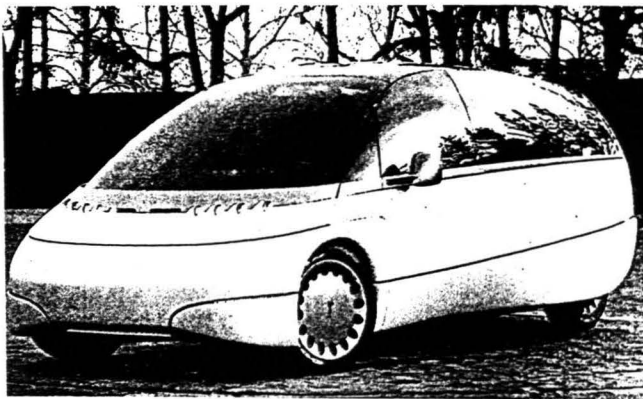
im möglichen Komfort und der größeren Stabilität der Fahrgastzelle. Größere Stückzahlen Karosserie werden produziert, was sich auf den Preis auswirkt.

Ein weiterer Entwicklungsansatz sind Hybridfahrzeuge. Die typischen Nachteile reiner E-Mobile, begrenzte Reichweite und geringe Fahrleistung können damit eliminiert werden.

Zwei Konzepte seien hier beispielhaft erwähnt:

In den letzten Jahren hat VW ein Hybridfahrzeug auf Golf-Basis entwickelt, welches im Augenblick an der ETH Zürich einem Flottentest unterzogen wird (20 Autos). Der Antrieb erfolgt mittels einer Kombination von Asynchronmotor und Dieselmotor. Verbrauch: 2,5l Diesel und 16,3 kWh elektr. Energie auf 100 km im Stadtverkehr.

Ein anderes Konzept verfolgt General Motors mit einem Großraumkombi: Der HX3 wird von zwei Elektromotoren angetrieben, welche die Energie entweder aus Batterien oder von einem mittels Benzinmotor betriebenen Generator bezieht. Die Antriebskraft wird somit ausschließlich - im Gegensatz zu anderen Hybridkonstruktionen - von den Elektromotoren erzeugt.



Hybridfahrzeug von GM

ANTRIEB

Zum Thema Batterie - Stromrichter - Motor - Getriebe - Rad gibt es sehr viele unterschiedliche Konzepte und unendlich viele denkbare Varianten, auf welche in diesem Zusammenhang nicht näher eingegangen werden soll.

E-Antriebe bieten sich aufgrund des hohen Wirkungsgrades an. (Elektromotor ca. 55 % ab Steckdose, herkömmliche Verbrennungsmotoren max. 20 %).

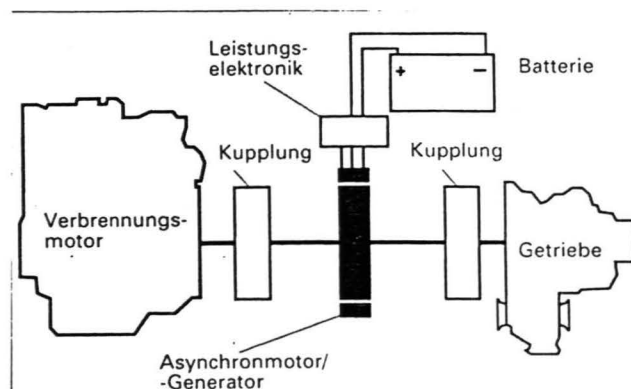
BATTERIE

Die Schlüsselstelle bzw. die Hauptproblematik der E-Mobile liegt nach wie vor im Speichermedium. Die Energiedichte einer Batterie ist wesentlich geringer als die von Benzin oder Diesel. Auf die wichtigsten Batterietypen soll im folgenden kurz eingegangen werden:

Die Bleibatterie (Pb/PbO₂) wird nach wie vor am häufigsten eingesetzt. Den Vorteilen in Punkto Zuverlässigkeit, Verfügbarkeit in mehreren Typen und Preis stehen die hohe Wartungsbedürftigkeit, die geringe Leistung bei niedrigen Temperaturen, die Entwicklung von Säuredämpfen beim Laden und Entladen und eine extreme Empfindlichkeit gegen Tiefentladung als Nachteile gegenüber.

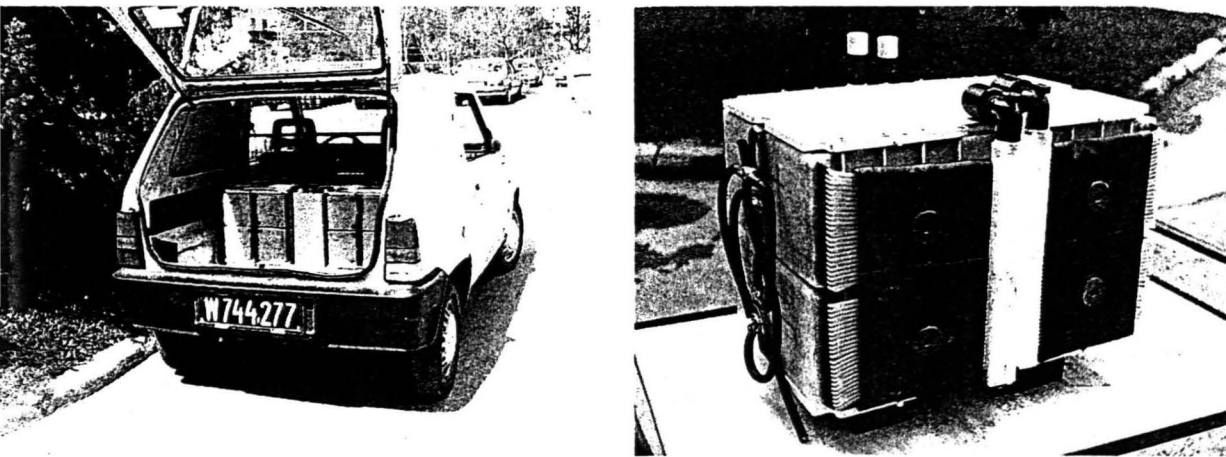
Die Alkalische Nickel-Kadmium Batterie (NiCd) mit Sinterplatten wird für anspruchsvollere Anlagen, die bei tiefen Temperaturen funktionieren müssen, verwendet. Nachteile sind: niedrigere Spannung als die Bleibatterie, geringere Kapazität und hoher Preis, hohe Selbstentladerate.

Antriebskonzept VW Golf Hybrid



Fünf Forschungsteams arbeiten weltweit an der Technologie der Zink-Brom-Batterie. In Österreich ist die S. E. A. in Müzzschlag der europäische Entwicklungspartner eines US-Erdölkonzerns. Material und konstruktiver Aufbau unterscheiden sich von den meisten heute bekannten Batterien. Leitfähige Kunststoffe ermöglichen geringes Gewicht. Vorteile der Zn-Br. Batterie sind hohe Energiedichte (etwa dreimal so groß wie bei der Bleibatterie) und hohe Zyklenzahl. Eine exakte Ladezustandsanzeige und eine 100 %ige Entladungstiefe ist beliebig oft und beliebig lang möglich. Das Problem liegt am zähflüssigen Elektrolyt, welcher die Elektroden der Zelle umfließen muß. Seit Jahren demnächst serienreif.

22,5 kW Zn-Br Batterie der Firma S.E.A.



Die Natrium-Schwefelbatterie (NaS) ist eine Hochtemperaturbatterie (Firma ABB). Die Arbeitstemperatur liegt bei 300 - 460° C. Hohe Energie- und Leistungsdichte zeichnen diese Batterie aus. Nachteilig ist, daß auch eine nicht im Zyklus stehende Batterie auf Betriebstemperatur gehalten werden muß, bzw. daß eine Batterie nur wenige thermische Zyklen lang hält. Abgesehen davon birgt sie, auf Grund der Reaktionsfreudigkeit metallischen Natriums, ein gewisses Sicherheitsrisiko.

Eine ideale, aber noch in weiterer Zukunft liegende Lösung ist die Luft-Brennstoffzellen-Batterie. Brennstoffzellen werden zum Beispiel mit Wasserstoff und Luft betrieben. Solche Brennstoffzellen arbeiten schon bei 80 - 100° C mit voller Leistung. Die Batterien werden aufgetankt, nicht geladen. Der Wirkungsgrad ist etwa dreimal höher als bei Verbrennungsmaschinen. Die Problematik liegt einerseits im Wasserstofftransport (gekühlt oder in Hochdruckbehältern), andererseits lassen solche Batterien keine schnellen Lastwechsel zu.

Eigenschaften einiger in Entwicklung befindlicher Akkumulatoren

SYSTEM	Pb/PbO ₂	Ni/Cd	Zn/Br	Na/S
BETRIEBSTEMPERATUR °C	bis 45	bis 45	60	320
ELEKTROLYT	H ₂ SO ₄	KOH	ZNBR ₂ IN H ₂ O	FEST- ELEKTROLYT
RUHESPANNUNG DER ZELLE, V	2,0	1,2	1,8	2,1
GRAVIMETR. ENERGIEDICHTE, W/KG				
ERREICHT	30	40	65	85
ZIEL	40	60	80	120
GRAVIMETR. LEISTUNGSDICHTE, W/KG				
ERREICHT	100	200	80	120
ZIEL	150	400	120	180
ZYKLEN				
ERREICHT	500	800	400	200
ZIEL	1000	2000	1000	1500
ENTLADETIEFE, %	80	80	100	100
ROHSTOFFVERFÜGBARKEIT JAHRE	40 (Pb)	40 (Cd)	40 (Zn)	6000 (Na)

ENTWICKLUNGEN / TENDENZEN

in der Schweiz hat die Tour de Sol neue Impulse für die Entwicklung der E-Fahrzeuge gegeben. Im Gegensatz zu den deutschen E-Autos (Citystromer und Pöhlmann) wurden in der Schweiz besonders leichte Fahrzeuge konzipiert, da anfangs nur die Energie der mitgeführten Solarzellen zur Verfügung stand. Mittlerweile gibt's bei der Tour de Sol mehrere Wertungskategorien, unter anderen auch die Kategorie Netzverbund.

Die Schweiz ist sicherlich die führende Nation was den Bau und Einsatz von alltagstauglichen Leichtelektrofahrzeugen und Solarmobilen betrifft. Ebenso gilt dies für netzgekoppelte Photovoltaikanlagen.

Solar- und Kleinelektromobile werden gefördert. Es sind über 400 Solarmobile im alltäglichen Einsatz.

Der Verband schweizerischer Elektrizitätswerke hat eine Empfehlung zur Tarifierung von PV-Anlagen herausgegeben, welche eine Förderung derselben durch eine wohlwollende Anschlußpraxis und eine Großzügige Vergütungsregelung für Stromeinspeisung ins öffentliche Netz empfiehlt. Viele EVU's haben sogar den Zählerrücklauf gestattet, damit gilt für Bezug und Lieferung der gleiche Tarif.

In der Schweiz sind derzeit 1 000 000 Watt Solarmodule installiert. Etwa 100 Anlagen arbeiten im Netzverbund. Der Großteil wurde von Privatpersonen errichtet. Das von Alpha Real initiierte Projekt Megawatt (333 Anlagen zu je 3 kW) hat großen Anklang gefunden.

Die meisten japanischen Automobilfirmen und einige Mischkonzerne haben den Bau von E-Mobilen aufgenommen. Vereinzelt wird auch ein Zeitpunkt der Markteinführung genannt. So will zum Beispiel Kyocera 1995 mit der Serienproduktion beginnen. Einen ähnlichen Zeitrahmen gibt auch General Motors an.

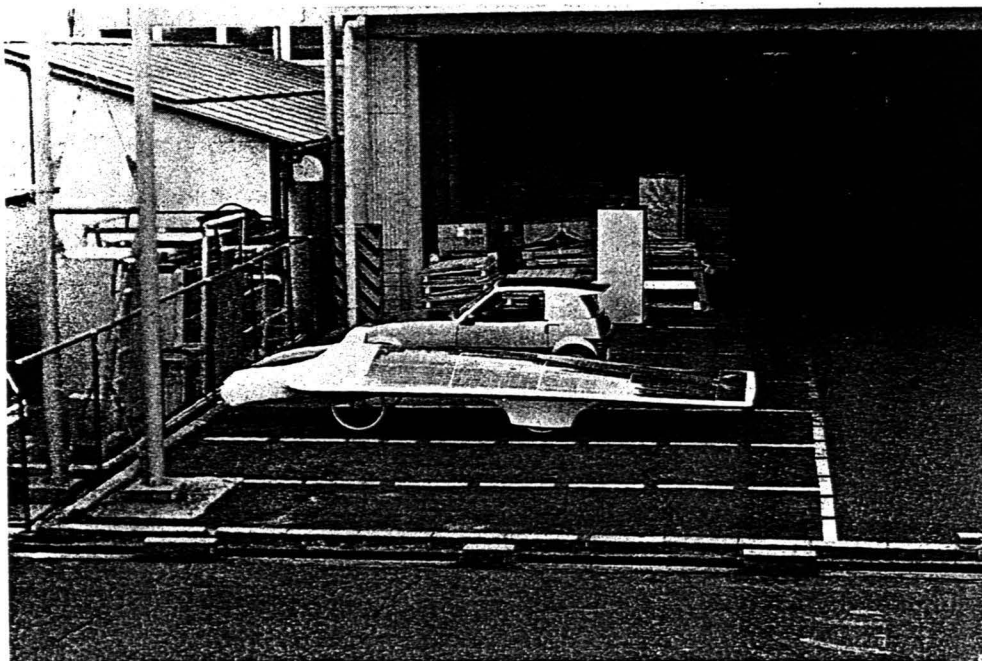
In der BRD wurden verschiedene Großprojekte im Bereich von 300 - 500 kW realisiert (Pellworm, Kobern-Gondorf, Neunburg vorm Walde, ...).

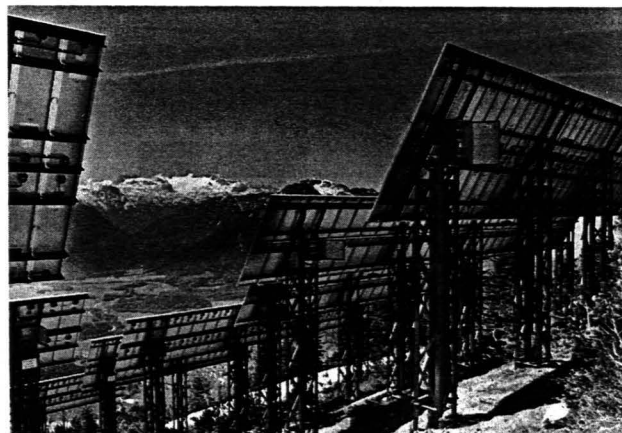
Bei privaten Netzeinspeisern ist ein Aufwärtstrend festzustellen, der ebenfalls durch diverse Solarfahrzeugbewerbe eingeleitet wurde. Vom BMFT sind DM 50 Mio. für das 1000-Dächer-Programm zur Verfügung gestellt (dieses Programm ist umstritten, v.a. wegen der Einschränkung auf deutsche Modulhersteller, was einer indirekten Förderung der Firma Siemens gleichkommt). Auch von den Ländern werden Solaranlagen bis zu 50 % gefördert. Bei den EVU's vergüten die Hamburgischen E-Werke und die Stadtwerke Saarbrücken AG den eingespeisten Solarstrom besonders günstig.

In Österreich haben sich das Wirtschaftsministerium und der ÖAMTC dazu durchgerungen, einen Flottentest mit 200 Fahrzeugen für private und gewerbliche Nutzer durchzuführen.

Den Test soll die Auswertung der Ergebnisse und Erfahrungen auch hinsichtlich der Kombination von E-Mobilen mit Photovoltaikanlagen begleiten.

Versuchsmobil von Japan's größtem Solarzellenproduzenten Kyocera



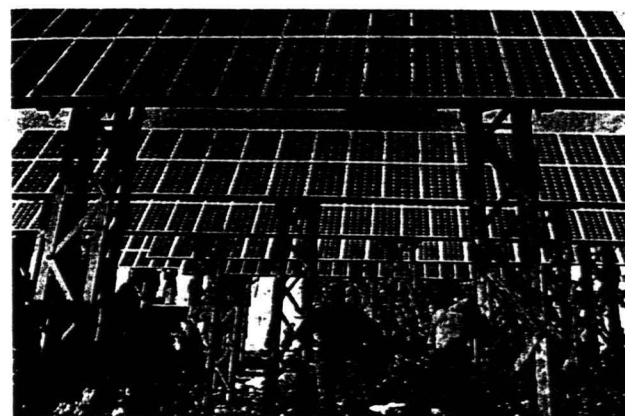


Das Wirtschaftsministerium unterstützt hierbei den Informationsfluß zwischen Konsumenten und Produzenten und jeden Teilnehmer mit ÖS 5.000.— am Beginn und S 5.000.— am Ende des Flottentests. Zusätzlich wird ab 1. Jänner 1992 die Mehrwertsteuer für E-Mobile nur noch 10 % betragen. Weiteres Sponsoring durch Banken und einige private Firmen ist teils gesichert und wird noch gesucht.

In Österreich sind zur Zeit 35 » größere « Solaranlagen in Betrieb. Viele davon arbeiten im Netzverbund (einige Demo-Anlagen für Schulzwecke, vier Solartankstellen, eine in Graz). Anlagen im Inselbetrieb (mit Batterie) werden vorwiegend zur dezentralen Stromversorgung in Schutzhütten oder für diverse Meßstationen eingesetzt (z.B.: Hochleckenhaus in Steinbach am Attersee; dort werden Funktelefon, Beleuchtung, TV und Radio betrieben).

Die größte Anlage befindet sich am Loser in der Steiermark (seit 1989). Sie arbeitet im Netzverbund. Gesamtleistung: 30 kW. Die Anlage wird von der Oberösterreichischen Kraftwerke AG und der Verbundgesellschaft gemeinsam betrieben. Sie ist als Versuchsanlage mit umfangreichen Meßeinrichtungen ausgestattet und es werden drei verschiedene Solarzellentypen getestet. Erstmals in Österreich wurden in Seewalchen Solarpaneele an Schallschutzwänden an der Autobahn installiert.

An der TU Graz gibts eine Kleinstversuchsanlage zum Betreiben des dort entwickelten E-Mobils.

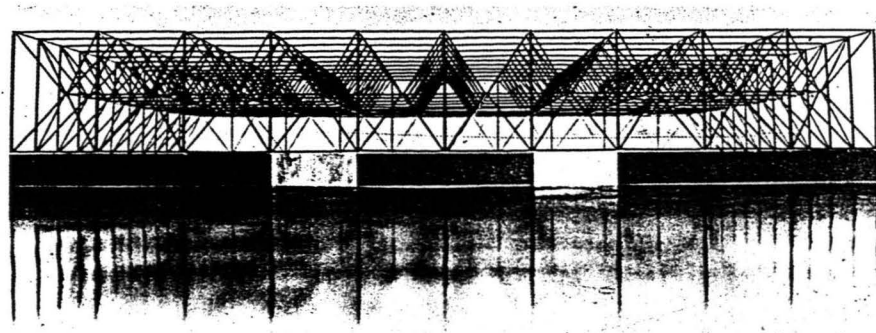


Die weltgrößte Solaranlage überhaupt befindet sich in Carrisa Plains in den USA mit einer Leistung von 6500 kWp.

30 kW Anlage am Loser / Alt Aussee

2

PROJEKTSPEZIFISCHER TEIL



Studentenarbeit unter Mies van der Rohe am I.T.T.

»Bauen ist Energie und Bewegung in Raum und Zeit Beständigkeit wird mehr und mehr durch Methoden ersetzt werden, die ständige Anpassung erlauben an die Anforderungen einer sich wandelnden Gesellschaft. Bauen ist Montage und sollte ebenso Demontage und Remontage sein. Eine neue Bautechnologie entsteht, für die es eine akzeptable und treffende Bezeichnung noch nicht gibt. Um auf derartige und viele andere Anforderungen einzugehen, bedarf es der umfassenden und radikalen Untersuchung der Bedeutung der neuen Gegebenheiten. ... Mensch und Umwelt sind gleichermaßen Anpassungen und Veränderungen ausgesetzt. Daher ist es nicht unbedingt möglich Werturteile als unstreitige *conditio sine qua non* zu fällen. Der Mensch muß immer bereit sein, sich auf neue Funktionen, neue Anforderungen, neue Bedeutungen, neue Erkenntnisse einzustellen, um sie in ihren neuen Konfigurationen von Zweck und Bedingung nutzbar zu machen. Ebenso werden die grundlegenden Ideen, aus denen sich die Gesetzmäßigkeiten des Bauens ableiten, verändert durch das Bewußtsein von und die Folgen aus der Notwendigkeit für interdisziplinäre wissenschaftlich-technische Entwicklungen. ... Heute ist die Industrialisierung eine Tatsache, die nicht mehr wegdiskutiert werden kann. Sie muß im Zentrum aller Überlegungen stehen und verlangt eine entsprechend klare Definition aller Konzepte des Bauens. Industrialisierung sollte nicht mißbraucht werden als Zutat zur Verwirklichung von Ideen, die unabhängig davon konzipiert wurden. Sie kann nur verstanden werden als unmittelbare Ursache, die jeden Teilbereich beeinflußt, sowie sie bereits die gesamte Gesellschaft umgeformt hat. ... Dies eröffnet neue Wege in der Produktentwicklung, sodaß Einfachheit durch Kompliziertheit erreicht werden kann. Die schnellen und zahllosen Wiederholungen der Produktionsvorgänge in Maschinen können äußerst komplexe Formen und Funktionen hervorbringen, die als Massenprodukte ebenso wirtschaftlich sein können wie die einfachste Form. ... Einfachheit durch einfache Mittel wird Selbstzweck, während offenbar die Idee einer einfachen Ordnung, die mit komplexen Mitteln erreicht wird, viel eher dem Rhythmus der Gegenwart entspricht, der in alle Richtungen kontinuierlich ausstrahlt. ... Es ist nicht notwendig zu wissen, wohin der Weg führt. Die Arbeit selbst, indem sie heutigen technischen und sozialen Bedingungen Ausdruck verleiht, wird die Richtung zeigen.«³

3

PROJEKTVORGABEN

PARK & RIDE - SYSTEM FÜR SOLARMOBILE

Zielsetzung war die Entwicklung eines einfachen Systems, das überall dort, wo Platz und Zufahrt für ca. 20 Autos gewährleistet ist, verwendet werden kann. Die Gesamtanlage sollte in bestimmten Einheiten (mindestens 10 Autos) problemlos erweitert werden können, und wurde in zwei verschiedenen Varianten ausgearbeitet, um den Lagegegebenheiten entsprechend reagieren zu können.

Anwendungsbereich 1 (Konzept des Verkehrsclub Österreichs)

Solarmobile werden als Pendlerfahrzeuge eingesetzt. Situierung an Bahnhöfen mit einem größeren Pendlereinzugsbereich (Pendler, die in einem Umkreis bis zu ca. 50 km vom Anschlußbahnhof entfernt wohnen). Die Park & Ride - Möglichkeit an solchen Bahnhöfen wird auch derzeit mit herkömmlichen Fahrzeugen intensiv genutzt.

Die Pendler reisen des morgens mit dem Solarmobil an, steigen in den Zug um und fahren zur Arbeit. Währenddessen »tankt« das Auto in der Sonne. Abends erwartet sie ein »vollgetanktes« Fahrzeug zur Heimfahrt. In diesem Konzept ist jeder Solarautobesitzer auch anteiliger Besitzer der PV-Anlage und wird staatlich subventioniert. Er besitzt einen Schlüssel für »seine« Steckdose. Die gesamte Anlage könnte in einem genossenschaftsähnlichen System betrieben werden.

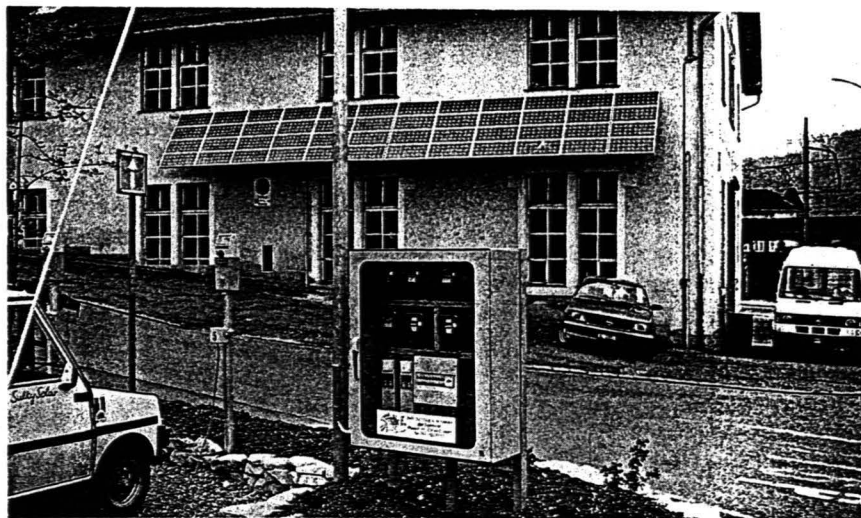
Anwendungsbereich 2

Fuhrparks in diversen Dienstleistungsbetrieben (Reparatur- und sonstige Serviceleistungen, Zustelldienste, EVU, Post, ...)

Anwendungsbereich 3

Mietautoservice im Anschluß an öffentliche Verkehrsmittel (zum Beispiel am Grazer Hauptbahnhof)

Erste Solar Park & Ride - Anlage in Liestal / CH



Zum Einsatz kommt eine netzgekoppelte Photovoltaikanlage, Überschußstrom wird ins öffentliche Netz (Drehstromanschluß im Verteiler am Bahnhof) eingespeist, bei unzureichender Ausbeute aus den Solarpaneelen wird Strom zusätzlich aus dem Netz bezogen. Die Energiebilanz zwischen aus dem öffentlichen Netz bezogenem und ins Netz eingespeisten Strom sollte in etwa ausgeglichen sein.

Zur Kompatibilität mit dem öffentlichen Stromnetz muß der von den Solarzellen erzeugte Gleichstrom mittels Wechselrichter in Wechselstrom umgewandelt werden. Der Wechselrichter, zusätzlich notwendige Schaltgeräte, Sicherheitseinrichtungen und eventuelle Meßgeräte befinden sich in einem kleinen Container.

Die Solarpaneele müssen nach Süden orientiert sein und in unseren Breiten in einer Neigung von 47° (90° - Breitengrad) installiert werden (Abweichungen von 10 - 15° wirken sich so gut wie nicht ertragsmindernd aus). Es ist darauf zu achten, daß sich die Paneele nicht gegenseitig beschatten.

Nachführsysteme (die Solarpaneele werden dem Azimuth nachbewegt und ihre Neigung dem Sonneneinfallswinkel angepaßt) für größere Anlagen sind enorm platz- und konstruktionsaufwendig, die dadurch zu erreichende Mehrausbeute demgegenüber verhältnismäßig gering.

Die E-Mobile verfügen über ein ausziehbares Netzkabel zum Anschluß an eine 220 V Steckdose. Bei Lieferfahrzeugen ist meist zusätzlich ein Anschlußkabel für 380 V vorhanden.

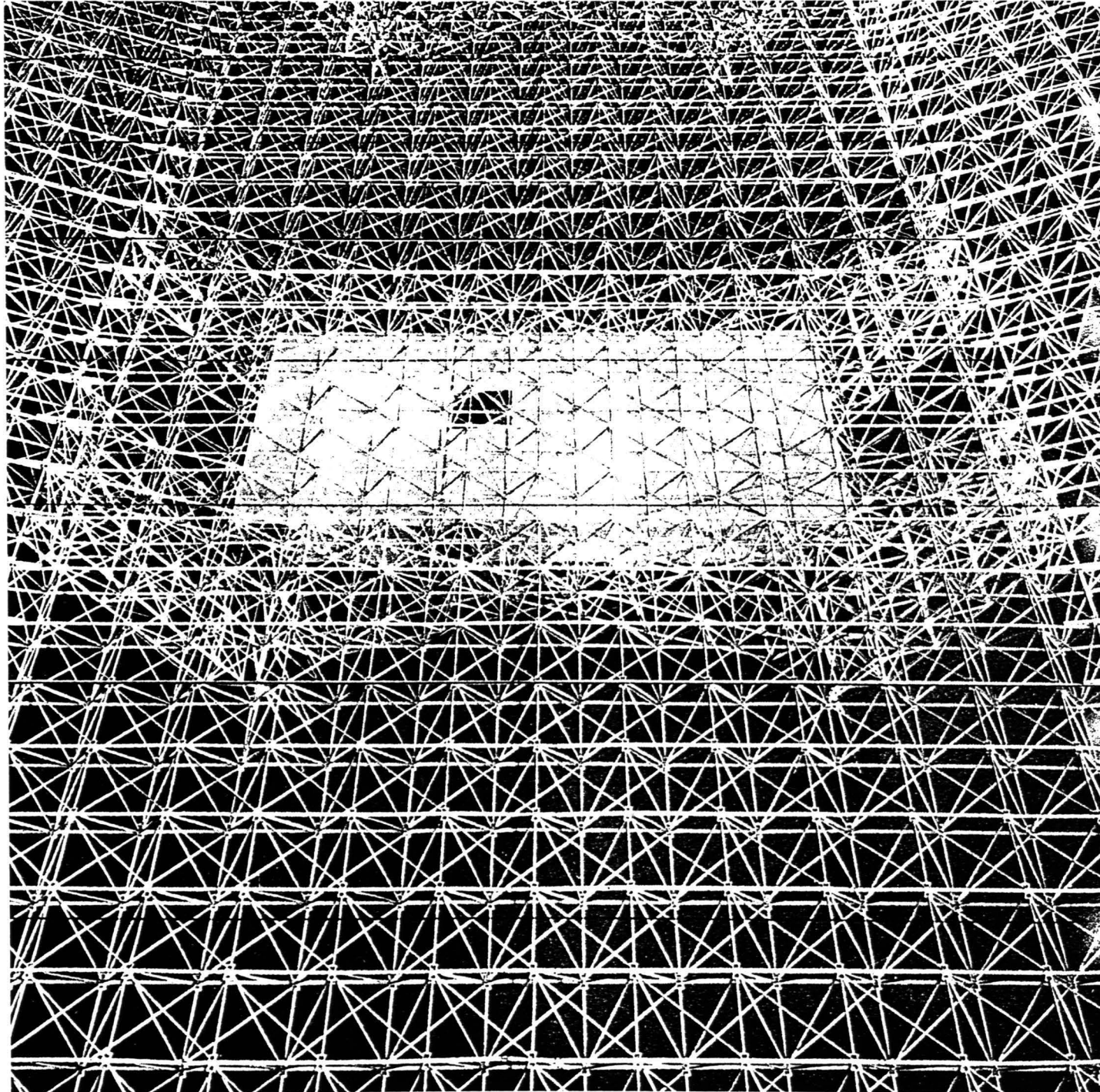
DIE BAHNHÖFE

Zwei Bahnhöfe - die typisch für dieses Thema stehen können - wurden beispielhaft zur Erprobung des Systems herangezogen.

Fladnitz - Studenzen ist ein Kleinstbahnhof mit enormem Pendleraufkommen. Der Bahnhof an sich besteht aus zwei winzigen Häusern, dem Betriebsgebäude und dem Frachtenmagazin und ansonsten nur aus Parkplatz. Angrenzend befinden sich mehrere Lagergebäude und Silos der Landwirtschaftsgenossenschaften.

Wildon ist ein etwas größerer Bahnhof, vor allem mit größeren Frachtgebäuden und Verladeeinrichtungen, jedoch mit günstiger Autobahnanbindung. Trotzdem, vor allem auch wegen des großen Pendlereinzugsgebiets und weil Wildon einer von wenigen ausgewählten Orten ist, an welchen die Taktfrequenz der Züge entsprechend hoch ist, wird die Eisenbahn als Nahverkehrsmittel, vornehmlich nach Graz, häufig benützt (17 Personenzüge / Tag nach Graz an Werktagen).





KONSTRUKTION / MATERIALIEN

Der Zielsetzung entsprechend, ein an möglichst vielen Stellen einsetzbares unproblematisches System zu entwickeln, zeichenhaft in aller Einfachheit, wurde eine räumliche Konstruktion aus Stahlfachwerken entwickelt, welche - je nach Erfordernissen der Lage - in zwei Systemen dargestellt werden.

Vom kleinsten Bauteil - dem Solarmodul ausgehend - wird die Konstruktion, den zu tragenden Elementen entsprechend, in modularer Bauweise entwickelt. Es ist in bestimmten Einheiten erweiterbar (ebenfalls im elektro-technischen Bereich).

Daraus ergeben sich die einzelnen Elemente:

1. Solarmodul

Größe des gewählten Fabrikats: 130 / 65,5 cm. Zwei Solarmodule sitzen mittels Knotenaufsatzstück mit Distanzhalter an den Ecken geklemmt auf einem Feld des Raumfachwerkträgers.

2. Raumfachwerkträger

Sie bilden je nach System zwei oder drei Sheds Richtung Süden. Die Fachwerkstäbe sind an den Enden gequetscht und zu verschraubbaren Anschlußblaschen verschweißt; es werden nur zwei Stablängen und -typen verwendet.

Der stabweise Zusammenbau erfolgt durch einfaches Verschrauben. Die Knoten sind als Formstücke (2 Knotenvarianten für Feldknoten und Randknoten) aus Stahlblech und Bandeisenlaschen mit Bohrungen geschweißt.

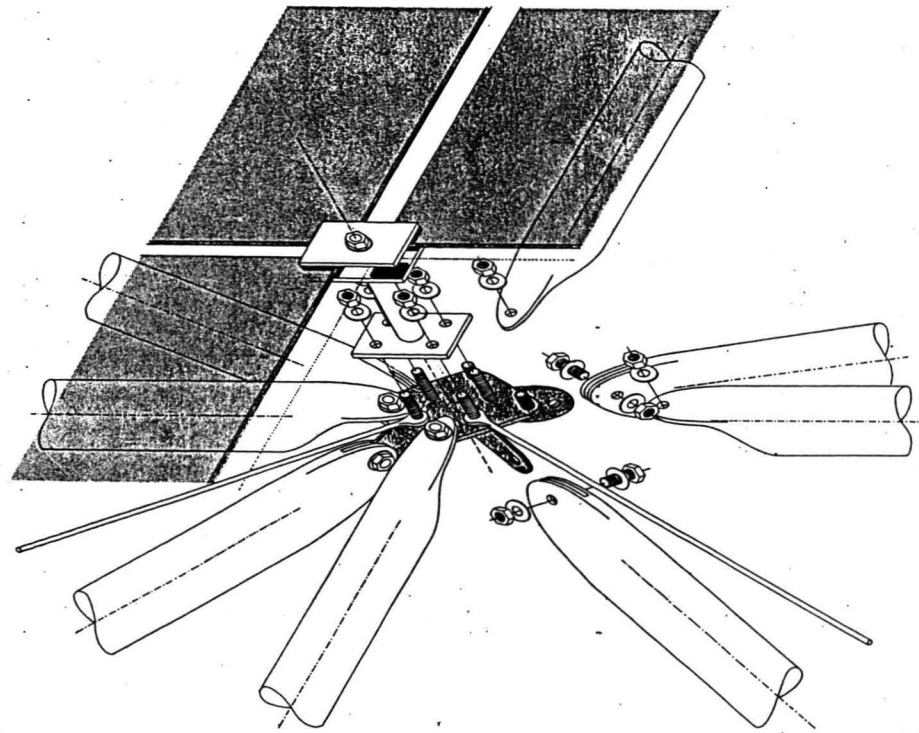
Der Raumfachwerkträger wird in den oben liegenden Randfeldern kreuzweise mit Vollstäben ausgesteift.

3. Aufständering

Sie ist ebenfalls als statisch wirksamer Teil des Raumfachwerkes in einer Art Stile ausgebildet, als logische Verlängerung der Kraftableitung aus den Knoten weiterentwickelt.

4. Fundamente

Punktfundamente aus Stahlbeton mit Fußplatten und gelenkiger Fußpunktausbildung, verschraubt.



5. Dreiecksbinder

Sie verbinden mit einer flachen Neigung beide bzw. drei Solarpaneelträger mit bestimmten Abstand, sodaß die vorneliegenden Paneele die dahinterliegenden nicht abschatten. Die Binder laufen im Bereich und in der Breite der Aufständerung, sind quer mit steifen Knoten verbunden längs ausgesteift. Im System 1 werden zusätzlich zwischen den Aufständerungen ebene Dreiecksbinder eingeführt, zur Aussteifung und als Spannkonstruktion für die textile Haut.

6. Dachhaut

Sie befindet sich zwischen den Sheds des Raumfachwerks, der Konstruktion entsprechend in zwei unterschiedlichen Materialien und Ausführungen; als

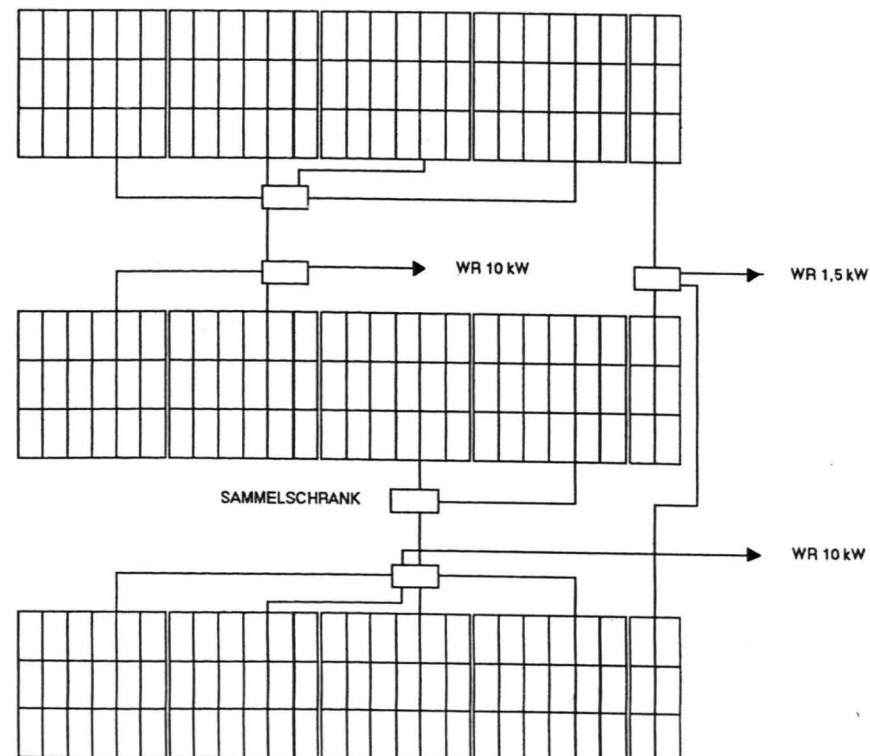
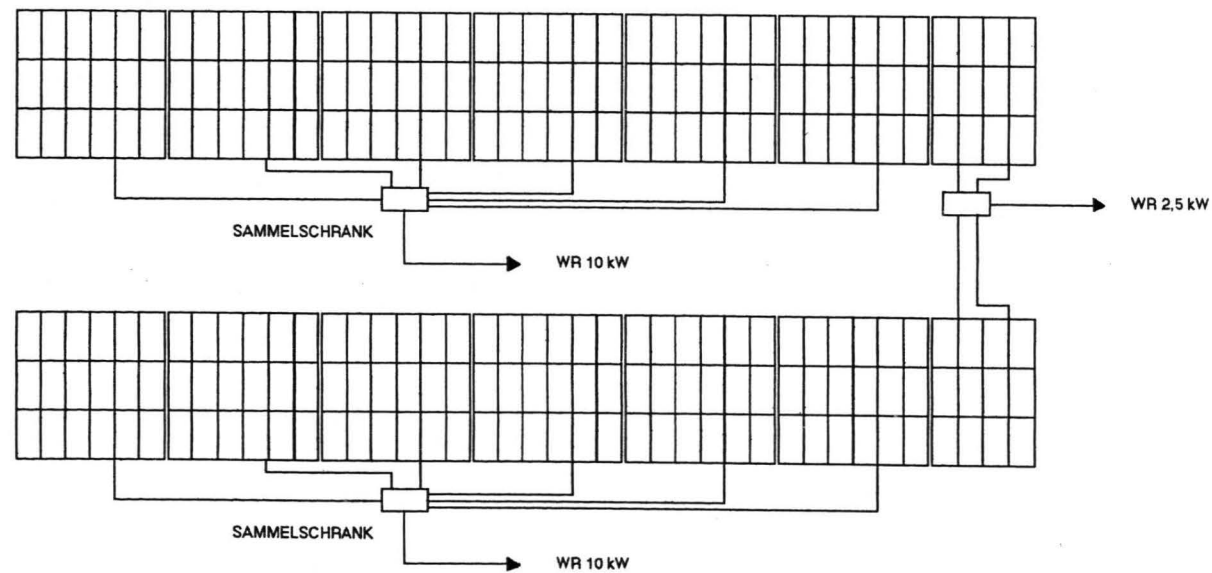
a. abgehängte Verglasung

im Bereich statisch ohnehin notwendiger Konstruktion, nämlich unter den Dreiecksbindern in der Breite der Aufständerung, ist mit Glashaltern abgehängt und als Ebene zur Entwässerungsrinne geneigt.

b. Textile Haut

Sie spannt sich mit je einem Hochpunkt zwischen die Binderkonstruktion. Die Vorteile liegen in der Materialeigenschaft selbst: Die Haut bedingt keine zusätzliche Tragkonstruktion der Hochpunkt wird mittels Spannring und Spannseilen zur Binderkonstruktion erzeugt. Die Haut besteht aus einem Verbundwerkstoff (Glasgewebe und PTFE-Beschichtung), ist witterungs-, alterungs- und UV-beständig, schmutzabweisend und nicht brennbar. Die Farbe ist weiß und reflektiert einen Teil des Sonnenlichts und ist bedingt lichtdurchlässig. Die einzelnen Gewebepaneele werden miteinander verschweißt.

TECHNISCHE PROJEKTAUSLEGUNG



Gewähltes Modul: KYOCERA - LA 362 K 102

102 W_p

$U_{nenn} = 16,9 \text{ V}$ $U_o = 21,2 \text{ V (+ 25°C)}$
 $I_k = 6,5 \text{ A}$ $U_o = 24,2 \text{ V (- 20°C)}$

Wechselrichter: PV - WRT 10 kW
 Bedingt Serienschaltung
 von 18 Modulen

$U_{nenn} = 305 \text{ V}$
 ($U_{nenn} = 304,2 \text{ V}$)

Wechselrichter Siemens 1,5 / 2,5 / 5 kW
 Bedingt Serienschaltung
 von 5 Modulen

$U_{nenn} = 90 \text{ V}$
 ($U_{nenn} = 85,5 \text{ V}$)

System 1

2 Reihen à 3 x 40

= 120 Module
 = insgesamt 240 Module

2 WR mit 10 kW mit je 6 parallelen Strings
 1 WR mit 2,5 kW mit 4 parallelen Strings

= 2 x 6 x 18 = 216 Module
 = 1 x 4 x 5 = 20 Module

Insgesamt 236 Module, 4 Plätze frei für div. Meßeinrichtungen

System 2

3 Reihen à 3 x 26

= 78 Module
 = insgesamt 234 Module

2 WR mit 10 kW mit je 6 parallelen Strings
 1 WR mit 1,5 kW mit 3 parallelen Strings

= 2 x 6 x 18 = 216 Module
 = 1 x 3 x 5 = 15 Module

Insgesamt 231 Module, 3 Plätze frei für div. Meßeinrichtungen

3

ANHANG / LITERATURAUSZÜGE

FORM, MATERIAL UND TECHNOLOGIE IM WERK VON RENZO PIANO

Als 1986 in einer Debatte die Frage aufgeworfen wurde, warum Luigi Nono ausgerechnet ihn für die Inszenierung des »Prometheus« gewählt habe, antwortete Renzo Piano mit der ihm eigenen natürlichen Mischung aus Verlegenheit und Begeisterung, daß er vielleicht aufgefordert worden sei, weil man ihn, wie es oft passiert, nicht für einen Architekten hielte: das heißt, verglichen mit einem wirklichen Architekten, daß seine Art, den Beruf auszuüben, und somit das Ergebnis seiner Arbeit, dem Auftraggeber bessere Garantien biete.

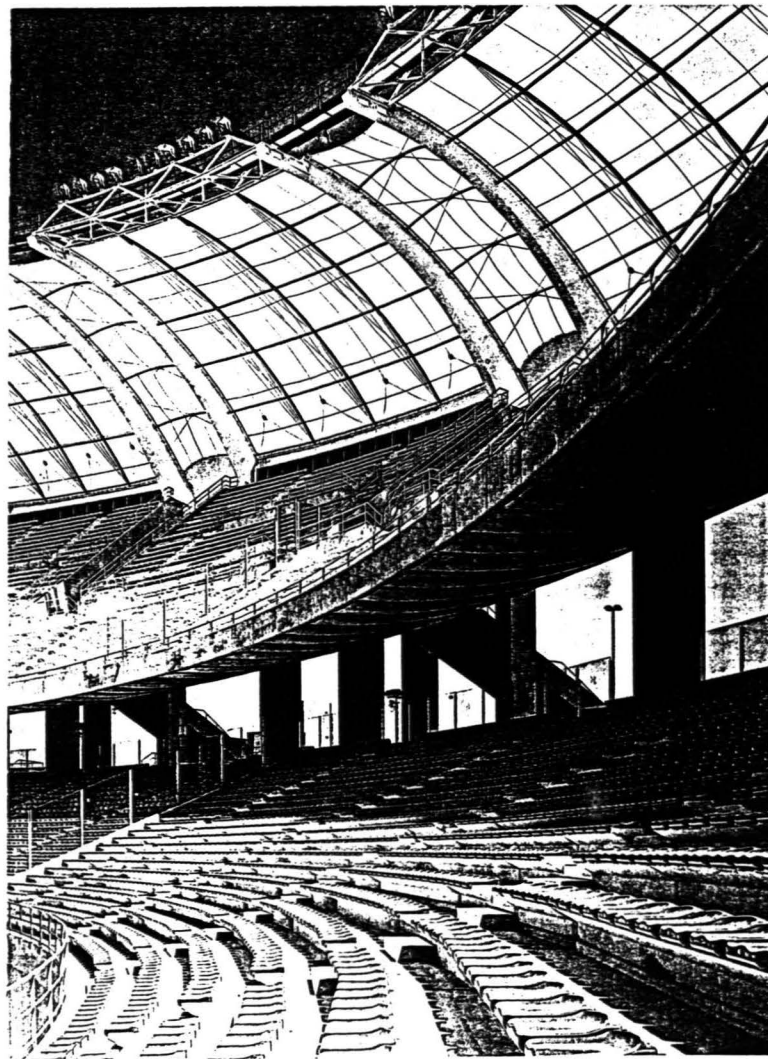
Eine paradoxe Behauptung, die jedoch - abgesehen von dem von Pianos Kritikern betonten negativen Gehalt - mehr als einen beunruhigenden und vielleicht auch umstürzlerischen Aspekt beinhaltet. Wer ist Architekt, und was ist demnach Architektur? Ist er Architekt oder keiner? Macht er Architektur, oder ist es einfach Konstruktion?

Daß es einem gelingt, so radikale Fragestellungen aufzuwerfen, wie es schon Nikolaus Pevsner in »An Outline of European Architecture« machte, indem er die Typologie der Kathedrale derjenigen eines einfachen Schutzdaches für Fahrräder gegenüberstellte, ist nicht gerade für wenig Belang für jemanden, der sich seit zwanzig Jahren in der internationalen Architekturszene bewegt!

Wollte man auf diese Fragen negativ antworten, so müßte man doch zumindest die Tätigkeit Pianos insoweit definieren, daß man sie in irgendeinem anderen Fachbereich ansiedelt.

Aber selbst in diesem Fall befände man sich vor nicht zu lösenden Problemen, da zum Beispiel die beruflich dem Architekten nahestehenden Ingenieure wohl auch einige Schwierigkeiten hätten, sich mit seinem Werk zu identifizieren.

Die Andersartigkeit oder das Außenseiterhafte Pianos im Hinblick auf traditionelle Normen sind ziemlich einzigartig in der gegenwärtigen Architekturlandschaft. Doch es handelt sich ja wohl nicht darum, einem großen Strukturalisten eher »künstlerische« Fähigkeiten zuzuschreiben, sondern es geht darum, einer Persönlichkeit ohne Rolle und einem Betätigungsfeld ohne Namen - beide seit langem mit großem Erfolg in der Öffentlichkeit existent - dauerhafte Bezeichnungen zu geben.



Piano könnte im Sinn der paradoxen Aussage von Donald Judd antworten: »Wenn jemand das Architektur nennt, so ist es Architektur.«

Um schließlich mit Richard Serra zu Präzisieren: »Ich mache keine Architektur, sondern ich befasse mich mit einer Tätigkeit. Wenn das dann jemand Architektur nennen will, so ist es seine Sache. Es liegt nicht an mir, das festzulegen. Das ergibt sich danach.«

Die Idee des »Dienstes« taucht in den Worten und der Tätigkeit des »Mechanikers« Renzo Piano wieder auf: gegenüber dem Auftraggeber, aus dem er auf mäeutische Art und Weise die Wünsche und Bedürfnisse herauszulocken versucht; gegenüber den Benutzern, denen er eine funktionierende und »wohlgefällige« Umgebung schaffen will, und zwar mit Spontaneität, ohne sich um Ganzheitsprobleme kümmern zu müssen, die oft so »tiefschürfend« sind, daß sie von den Betroffenen nicht einmal wahrgenommen werden; und sogar gegenüber dem Werk selbst, das er - und das macht ihm sogar Spaß - mit den Händen schafft, so wie der »Mechaniker« seine eigene Maschine baut und sich nicht auf den Entwurf beschränkt.

Während ein Teil dieser Berufssparte und der architektonischen Kultur weiterhin immer riesiger Bereiche der Geschichte, des Mythos und der symbolischen Bedeutungen erforscht, arbeitet Renzo Piano als einziger mit umgekehrter Tendenz in einem stark eingegrenzten Feld, das, wenn wir so wollen eine Reduzierung des konkreten Planungs- und Konstruktionsprozesses des Objekts auf eine hinc-et-nunc Basis mit sich bringt.

Wie der Konzeptualist Judd schafft er um sich herum eine intellektuelle tabula rasa. Der Unterschied zu dem amerikanischen Künstler besteht jedoch darin, daß Piano nicht intellektualistisch vorgeht, als setze er bei einer Art kartesischer Nullposition an, sondern daß er eher intuitiv arbeitet.

In diesem Sinn erscheint uns die Befriedigung, mit der er sich an die immer wieder geäußerte Feststellung von Auftraggebern erinnert, er sei im Gegensatz zu einem Großteil der Künstler-Architekten kein Neurotiker, durchaus realistisch und nicht nur als leere Formel. Spontan würde ich fast sagen, daß seine Aufmerksamkeit sich auf natürliche Art und Weise auf das Objekt und auf seinen »mechanischen« Kompetenzbereich konzentriert, wozu gewiß auch die natürlichen und kulturellen Bedingungen der Umgebung gehören.

Die Kompetenz hinsichtlich der Bedeutung überträgt er jedoch im wesentlichen auf die anderen, Benutzer und Kritiker, denen das Objekt übergeben wird.

Auszug aus einem Aufsatz von Aldo Costellano aus
 » Vom Sinn des Details. Zum Gesamtwerk von Konrad Wachsmann«
 Köln: R. Müller, 1988 (arcus 3)

EPHEMERE ARCHITEKTUR

Der Zeltbau ist eine alte Bauaufgabe, eine Bauaufgabe aber, vom Beduinenzelt bis zu den fliegenden Bauten, die nie ganz ins Regelwerk der klassischen Architektur paßte. Es blieb immer ein Gattungsunterschied zur Architektur. Noch die Bezeichnungen des Zeltbaus als fliegende Bauten oder temporäre Architekturen betonen diese Differenz.

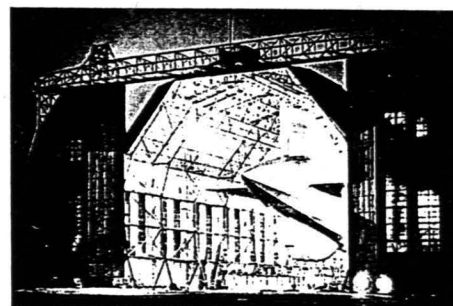
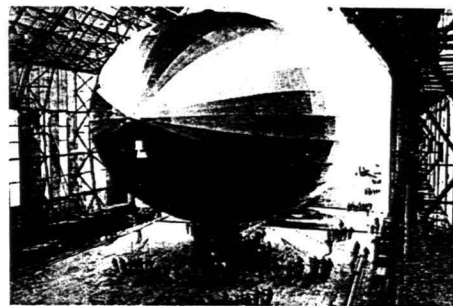
Die andere Bedeutung des Zeltbaus sind 2 bauliche Metaphern. Da ist zum einen die Bedeutung des Zelts als Himmelszelt, und da ist zum anderen die des Zelts als einer der Ursprungsmythen von Architektur, zu denen neben der Urhütte auch immer das Zelt gehörte.

Der moderne Zeltbau beginnt mit Frei Otto. Er ist die Schnittstelle zwischen Handwerk und Industrie im Zeltbau. Durch ihn dringen die durch den Luftschiff- und Lufthallenbau ausgelösten Technologieschübe auch in den Zeltbau vor. Frei Otto experimentiert als erster mit Modellversuchen beim Entwurf, die heute zum Entwurf und Zuschnitt von Zelten durch CAD geführt haben; er arbeitete als erster mit synthetischen Textilien, die heute zur allgemein verbreiteten Anwendung von Kompositwerkstoffen geführt haben.

In diesem Sinne gäbe es keinen moderneren Zeltbau ohne Frei Otto. Aber er ist nicht nur der Revolutionär des Zeltbaus in Bezug auf dessen Konstruktion, Materialien und Herstellungstechnik, sondern auch was die Bauaufgabe des Zeltbaus betrifft. Mit ihm gewinnt der Zeltbau neue Aufgabenfelder hinzu. Er beansprucht Dauer und eine Alternative zu sein zur klassischen Architektur, und zwar gerade aufgrund der Eigenschaften, die ihn bisher aus dem Regelwerk der klassischen Architektur ausgeschlossen haben.

Frei Otto hat nur wenige Projekte realisieren können, im wesentlichen Ausstellungshallen, also im weitesten Sinne temporäre Bauten. Die Ausstellungshallen sind z.T. demontable, wandelbar und anpassungsfähig an sich verändernde Nutzungsverteilungen. Diese weitgehende Flexibilisierung des Bauens macht für Frei Otto geradezu die Qualitäten einer Architektur aus, die sich nicht mehr auf den klassischen Kanon von Architekturregeln, noch auf die Konvention festgelegter Nutzungen berufen kann. Die klassische Alternative zur Architektur schickt sich an, die durch die heroische Moderne schon erschütterten Festungen niederzureißen, nunmehr aber total. Die Architektur gerät in Gefahr, ins Abseits abgedrängt zu werden.

Auch Archigram experimentierte in den 60er Jahren mit Zelten. Am Zeltbau interessierte sie das Ephemere und das "weiche" Material der Textilien. Bekannt geworden ist Archigram mit Projekten wie Plug-in City, Walking City etc. Weniger einflußreich waren dagegen Projekte wie Living 1990, Instant City u.a., in denen sie im Unterschied zum russischen Konstruktivismus, zu Hannes Meyer, Hans Schmidt u.a. nicht mehr die hardware des konstruktiven Gerüsts in Zeichnungen und Modellen illustrieren, sondern die software der Rauminstallationen. Sie zeigen, wie durch die immateriellen Güter Licht, Klima, Video, Film und Klang der Raum modelliert und durch den Computer beliebig gesteuert und verwandelt werden kann. Analog zu hard- und software



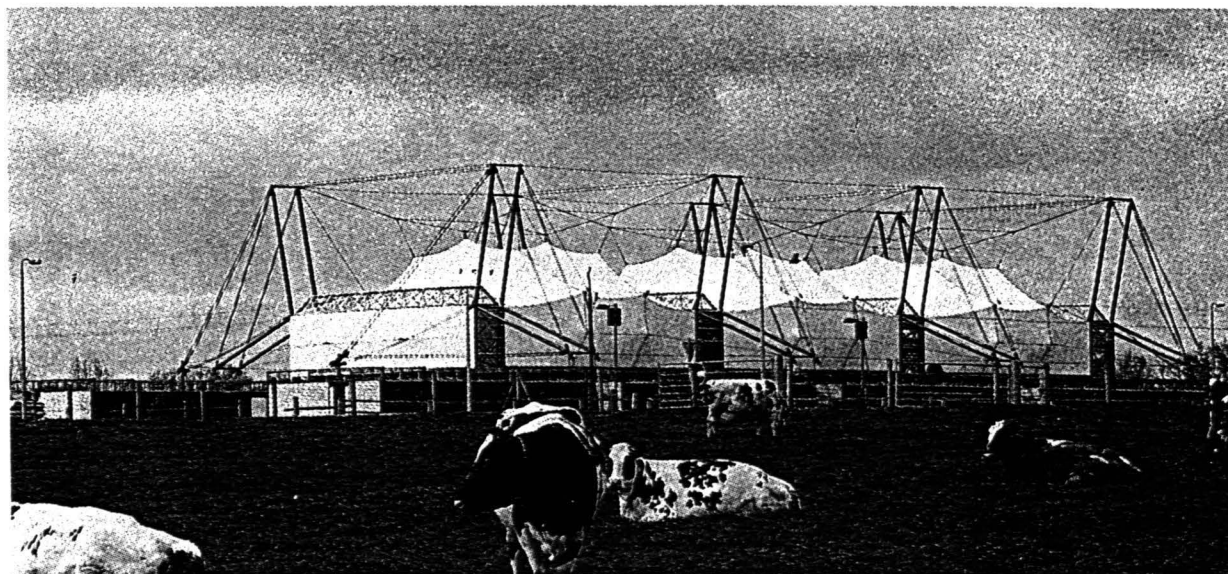
unterscheiden sie zwischen weichen und harten Materialien. Zu den weichen zählen sie auch die Textilien. Die Textilien gewinnen dadurch eine neue Bedeutung. Sie werden nicht nur als weiches Material angesehen, sondern in dieser Bedeutung als eines der Mittel zur Inszenierung von Räumen, neben Licht, Klima, Klang u.a. Das Repertoire an textilen Formen gehört von da an zum Fundus der Architektur. Die Grenzen zwischen Architektur und temporären Bauten beginnen sich weiter zu verwischen. Dieser Einstellungswechsel in der Beurteilung textiler Architektur scheint so nachhaltig gewesen zu sein, daß er noch heute von Ron Herron zur Beschreibung des Imagination Building herangezogen wird, obgleich Ron Herron mit diesem Projekt vieles von dem erst einlöst, was bei Archigram nur Programm blieb. Er verwendet mit dem Imagination Building den Zeltbau zum ersten Mal als integrales Element von Architektur, eigentlich kann man erst von diesem Augenblick an von textiler Architektur sprechen.

Damit ändert sich das Verhältnis zwischen Architektur und Zeltbau, zwischen Architektur und temporären Bauten erneut. Es geht nicht mehr um die bloße Alternativität der 60er Jahre, noch um den leeren Klassizismus der 80er Jahre, dem alles Ephemere so fremd war, daß er selbst eine einfache Wetterfahne in ein Stück Architektur, in einen blechernen Wimpel transformieren mußte, der wie eine weggeworfene Dose im Winde klappert, statt sich dem Wind in seinen Formen anzuschmiegen. Stattdessen geht es heute um einen dritten Weg zwischen den falschen Alternativen eines hohlen Postmodernismus oder eines grenzenlosen Modernismus, um "eine gegenüber ihren Vereinseitigungen erweiterte Moderne", um eine Dritte Moderne, wie Otl Aicher sagt.

Textile Architektur ist in diesem Sinne ein Beispiel für den Umgang mit temporären Bauten, mit der Frage also der Berücksichtigung des Faktors Zeit durch die Architektur. Eigentlich keine neue Frage. Es geht dabei auch um die Einstellung der Architektur zum sozialen Wandel, um das Problem also, wie die Architektur auf den Faktor Zeit zu reagieren imstande ist. Denn erst ein Architekturkonzept, das sich der Zeit bedingungslos öffnet, ist selbst fähig, auf den sozialen Wandel zu reagieren. Erst ein solches Konzept läßt nicht nur die überkommenen Vorstellungen von Architektur hinter sich als Bollwerk gegen die Zeit, in dem es sich die Zeit inkorporiert, sondern auch den Gattungsunterschied zu den temporären Bauten, in denen bisher die nicht architektonisierbaren Bedürfnisse, ein flüchtiges, wenn auch vergängliches Dasein fanden. Erst ein solches Konzept erfüllt die Bedingungen einer textilen Architektur.

Eine so verstandene textile Architektur ist ein System von Elementen verschiedener Dauer. Sie berücksichtigt die Zeit durch unterschiedliche Festlegung der Nutzungen und Raumcharaktere, durch determinierte Nutzungen und durch nicht determinierte, die für Veränderungen offen sind; durch eindeutig definierte Raumcharaktere und durch ephemere, die aufgrund ihrer besonderen Art von Räumlichkeit schon immer den klassischen Hintergrund bildeten für transitorische, wandelbare und inszenierte Räume. Und was liegt näher als ephemere Räume in der Räumlichkeit textiler Architektur auszubilden: durch gefaßte, aber entgrenzte Räume von Zelten.

Schlumberger Forschungszentrum, Statik: Hunt Ass., Arup & Partner



VERGLEICH VON E-MOBILEN UND FAHRZEUGEN MIT VERBRENNUNGSMOTER IM HINBLICK AUF AUSWIRKUNGEN AUF DIE UMWELT

AUSGANGSSITUATION

(derzeitiger Straßen - Verkehr in Österreich)

Es gibt ca. 2,8 Mio. PKWs in Österreich (Stand 1989), bei 7 mio. Einwohnern bedeutet dies einen beträchtlichen Anteil an Zweitautos.

Der Energieverbrauch pro PKW liegt durchschnittlich bei ca. 10 l / 100 km (entspricht 9 kWh / 100 km); neueste Kleinwagen liegen bei 5,6 l / 100 km.

Der Wirkungsgrad des PKW liegt bei ca. 15 %.

Der KFZ-Verkehr benötigt ca. 20 % des österreichischen Endenergiebedarfs und verursacht nachfolgend angeführte Emissionsanteile: 70 % NO_x, 80 % C_xH_y, 60 % CO, 20 % Staub, 7 % SO₂

PRIMÄRENERGIEBEDARF

Elektromobile mit herkömmlicher Karosserie haben bei ungünstigster Betrachtungsweise (wenn sie den Strom rein aus kalorischen Kraftwerken beziehen) einen ähnlichen Primärenergiebedarf wie herkömmliche Kleinwagen. Leichtbaumobile benötigen dagegen maximal die Hälfte der Energie der Kleinwagen (Strom rein aus kalorischen Kraftwerken). Wesentlich günstiger stehts mit den solarunterstützten.

Der geringe Energieverbrauch der Elektrofahrzeuge gegenüber den Kleinwagen mit Katalysator ergibt sich aus der Wirkungsgradkette des Elektroantriebs. Schlechtestes Glied hierbei ist die Batterie mit einem Wirkungsgrad von ca. 70 %. Der Elektromotor kann mit 88 % und der Stromrichter mit über 95 % angesetzt werden. Dies ergibt für diesen Teilantriebsstrang 58 % Wirkungsgrad (ab Steckdose). Ein Benzinmotor kommt demgegenüber im Normalbetrieb auf bestenfalls 20 % Wirkungsgrad.

Bei einer Annahme von 1 Million Leichtbau-Elektrofahrzeuge auf Österreichs Straßen mit einer jährlichen Fahrstrecke von 12.000 km und dem Energieverbrauch von 10 kWh / 100 km ohne Solarunterstützung ergibt sich ein Energieverbrauch von 1200 GWh pro Jahr. Das wären - umgerechnet auf den österreichischen Stromverbrauch - 5,4 % des jährlich in Österreich aus Wasserkraft gewonnenen Stroms oder 3,9 % des gesamten jährlichen Stromverbrauchs Österreichs. Demgegenüber würden bei einem durchschnittlichen Energieverbrauch von ca. 8l Benzin auf 100 km (72 kWh / 100 km) 10.800 GWh Benzin / Jahr eingespart.

EMISSIONEN

Bei Elektrofahrzeugen treten so gut wie keine lokalen Emissionen auf und die Smoggefahr in Ballungsräumen kann stark reduziert werden.

Global betrachtet, schneiden die E-Fahrzeuge bei Emission von CH, NO_x und C_xH_y am besten ab (Verbrennung in Kraftwerken ist kontinuierlich und gut regelbar). Bei SO₂ hängt der Vorteil der E-Mobile gegenüber herkömmlichen Kleinwagen mit Kat von der Art der Stromerzeugung ab. Die CO₂ - Emission ist vom Brennstoff und vom Gesamtwirkungsgrad des Energiepfades ab. CO₂ läßt sich als eigentliches Verbrennungsprodukt nicht filtern. (CO₂ ist ein Treibhausgas). Diese Emission kann nur durch die verstärkte Nutzung erneuerbarer Energieträger zur Stromerzeugung oder durch Wirkungsgradverbesserung gesenkt werden.

ROHSTOFFVERBRAUCH UND RECYCLING

Der Rohmaterialverbrauch von Leichtbaumobilen läßt sich - aufgrund unterschiedlichster Fahrzeugbauarten - nur schwer genau bestimmen. Hauptsächlich werden Bleibatterien verwendet - der Blei- und Säureanteil läßt sich bestimmen. Bei der Karosserie kommen dagegen Thermoplaste, verstärkte Kunststoffe oder auch Stahl zum Einsatz. Das Fahrwerk besteht aus Stahl, Aluminium, verstärkten Kunststoffen oder einer Kombination dieser Stoffe. Bei herkömmlichen PKWs ist der steigende Kunststoffanteil bemerkenswert (2% 1965 auf 10 % 1985; Prognose für 1995: 13 %). Der Aluminiumanteil ist ebenso im Steigen begriffen. Leichtbautendenz ist auch hier im Steigen begriffen. Auffallend ist der geringe Stahlanteil bei den derzeitigen Leichtbau-Mobilen. Dies macht ein Recycling nicht sehr attraktiv, da vor allem der Stahlanteil der herkömmlichen Autos rein genug zurückgewonnen und verkauft werden kann. Kunststoff- und Aluminiumanteil sind bei beiden Fahrzeugtypen in etwa gleich. Aluminium wird derzeit bereits aus dem Autoschrott nach dem Shredder abgetrennt. Bei Verwendung von Thermoplasten für die Karosserie wäre der Kunststoffanteil ebenfalls recycelbar. Verbundwerkstoffe wie CFK und GFK können derzeit nicht oder nur sehr schlecht recycelt werden. Am ehesten käme die Hochtemperaturverbrennung und bestenfalls die Pyrolyse mit teilweisem Recycling in Frage (derzeit nur Versuchsanlagen). Für eine Serienproduktion müßten demnach entweder leichte Stahlkarosserien oder Thermoplastkarosserien verwendet werden. Bleiakumulatoren werden zu 90 - 95 % wiederverwertet. Der Energieverbrauch für das Recyclingverfahren kann mit ca. 50 % gegenüber der Neugewinnung angesehen werden. Das Recycling neuer Batterietypen, wie Natrium Schwefel oder Zink Brom Batterien ist derzeit noch nicht geklärt. Elektronikbauteile sind teilweise schwer zu recyceln, jedoch der Umwelt gegenüber weitgehend stabil. Durch den hohen Stahlanteil von herkömmlichen PKW ist der Anreiz zum Recycling sicher größer als beim Leichtbaumobil. Aufgrund des geringeren Gewichts ist der Altstoffanteil von Leichtbau-E-Mobilen jedoch wesentlich geringer als beim herkömmlichen PKW. Solarmobile leisten einen nennenswerten Beitrag zur Senkung des Energieverbrauchs im Straßenverkehr. Sie verursachen lokal keine Schadstoffemissionen, global kann sie wesentlich verringert werden. Die Lärmemission wird bei richtiger Konstruktion stark reduziert.

(Zusammenfassung aus W. Streicher: Umweltauswirkungen von Solarmobilen in graz solar '90 Solarmobile und Photovoltaik, VCÖ)

SONNENENERGIE IN ÖSTERREICH UND DIE STELLUNG DER PHOTOVOLTAIK INNERHALB DER SONNENENERGIE

Hans SCHNITZER

Es ist das klassische Schicksal der Energiewirtschaft ständig wechselnde Väter zu haben. Einmal stehen Fragen der Außenpolitik im Vordergrund, ein andermal die Umweltpolitik, dann wieder die Sozialpolitik oder die Geldwirtschaft. So drehen sich die Diskussionen um Energiesteuer, Machtmonopole der EVUs, Diktatorerf in arabischen Ländern, saure Seen in den Alpen und Smog in der Stadt. Die Öl- und Gasgesellschaften kämpfen um alte Märkte, die Land- und Forstwirtschaft um neue.

Nur die Sonnenenergie und das Energiesparen haben bisher keine Lobby. Deren Bedeutung wird je nach Bedarf und Interessen eingeschätzt und geht von wenigen Nischen bis zur vollsolaren Energieversorgung, selbst für Industrieländer. Die Sonnenenergie bietet für viele unserer heutigen Probleme, die aus der Energieverwendung erwachsen sind, Lösungsansätze. Die wesentlichen hier sind:

- Beliebig große "Vorräte"
- Keine oder geringe Emissionen beim Betrieb der Anlagen
- Lokal, dezentral verfügbar
- Nicht, oder schwer monopolisierbar.

Die Sonnenenergienutzung wäre schon viel weiter gediehen, stünden der Nutzung nicht auch deutliche Nachteile gegenüber. Hier stechen besonders zwei hervor:

- Der Anfall ist gering konzentriert und zeitlich unzuverlässig.
- Die Nutzung ist oft mit hohen Investitionskosten verbunden.

Betrachten wir den historischen Verlauf des Energieumsatzes der Menschheit, so sind zwei Aspekte interessant: die Mengen und die Zusammensetzung der Aufbringung.

Betrachten wir die geschichtliche Entwicklung der anthropogen umgesetzten Mengen (Abb.1), so sehen wir einen großen Sprung vor nur wenigen tausend Jahren, als der Mensch sesshaft wurde, Häuser und Straßen baute und die Arbeitsteilung einführte. Ein zweiter Sprung erfolgte erst vor ca. 200 Jahren als die Nutzung fossiler Energien begonnen wurde.

Damit sind wir beim zweiten Punkt, der Frage der Zusammensetzung der eingesetzten Energie. Bis vor ca. 200 Jahren war unsere Gesellschaft "vollsolare" versorgt. Hauptenergieträger war das Holz, in manchen Bereichen der Wind (Segelschiffe) oder die Wasserkraft. Unsere klassischen Industriestandorte sind heute noch an Orten großer Verfügbarkeit regenerierbarer Energie - an den Flüssen - angesiedelt. Erst mit Erfindung der Dampfmaschine, die vorerst dafür eingesetzt wurde, die Kohlebringung zu verbessern, kamen fossile Energieträger auf den Markt - Kohle, Erdöl und Erdgas (Abb.2).

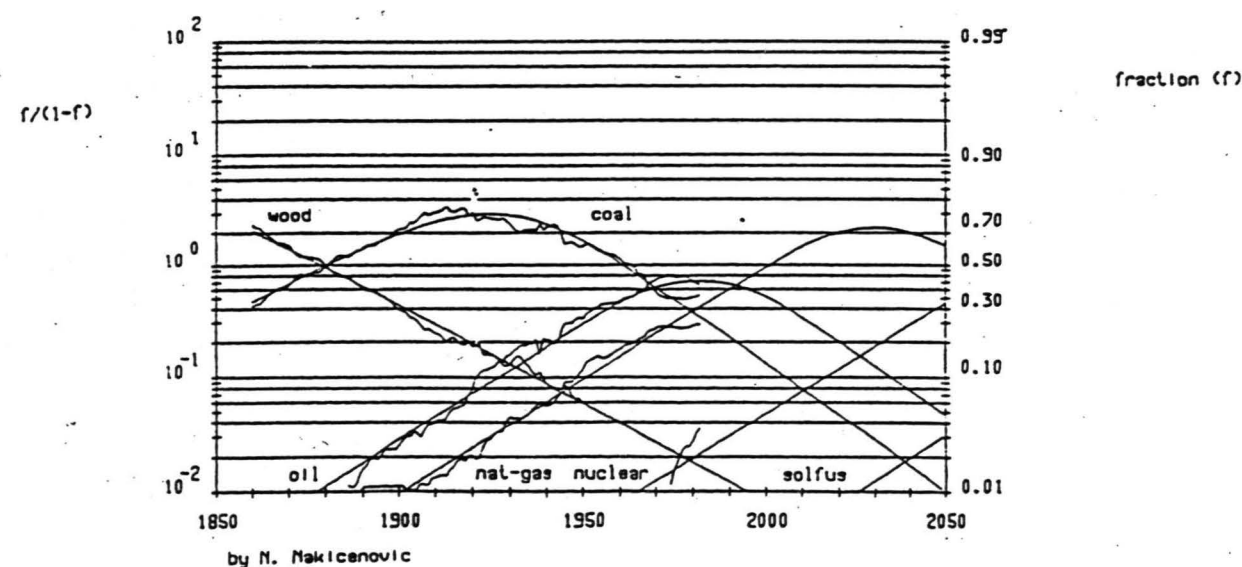


Abb.2: Anteil der verschiedenen Energieträger

Die heutige Situation bezüglich unserer Versorgung mit Energie ist aus verschiedenen Gründen langfristig nicht haltbar.

Unter diesen sind einige ganz offensichtliche:

- Die Vorräte an fossilen Energieträgern werden schwinden.
- Die Nutzung von Stoffen aus der Erdrinde und die damit verbundene Verteilung der Endprodukte der Nutzung ändert unsere Mitwelt entscheidend.
- Die Abhängigkeit von wenigen, zum Teil undemokratischen Lieferanten kann eine demokratische industrialisierte Welt nicht auf Dauer hinnehmen.

Die langfristig einzige Möglichkeit, die Situation dauerhaft zu ändern, heißt auf eine vollsolare Energieversorgung umzusteigen. Dies wirft eine ganze Reihe von Problemen auf, da wir ja nicht beabsichtigen, den vorindustriellen Zustand wiederherzustellen, sondern einen, der in ein System einer zukunftsfähigen, nachhaltig bewirtschafteten Gesellschaft paßt.

Für die Diskussion der vollsolaren Versorgung müssen wir zwischen den grundsätzlich technologischen Möglichkeiten und einer strategischen zeitlichen Umsetzung unterscheiden. Im Gegensatz zu unseren Vorfahren haben wir heute wesentlich mehr technische Möglichkeiten, aber auch größere Bedürfnisse und wirtschaftliche sowie soziale Randbedingungen einzubeziehen.

Die Frage der Verfügbarkeit von Sonnenenergie ist einerseits die nach der Finanzierung und andererseits die nach den zur Umwandlung verfügbaren Flächen.

Bodenfläche in Österreich - als Beispiel für ein industrialisiertes Land in gemäßigten Breiten - wird für vielerlei Zwecke gebraucht:

- Zur Nahrungsmittelproduktion
- zur Produktion von Energieträgern (Holz)
- zur Produktion von Bau- und Rohstoffen
- für Wohnen und Freizeit
- für Transport, Kommunikation, ...
- als "Ökologieflächen" und zum Anschauen

All diese Verwendungszwecke - und viele weitere - konkurrieren miteinander. Der Anteil der einzelnen Nutzen variiert ständig. Heute produziert die Landwirtschaft Überschüsse und könnte Flächen abgeben, morgen, bei einer nachhaltigen Bewirtschaftung vielleicht nicht mehr. Gleichzeitig gibt es zahlreiche "unproduktive" Flächen, wie Hausdächer, (Auto-)Bahndämme und steile Hänge, die für eine Nutzung offenstehen.

Im Sinne einer umfassenden Analyse des Problems muß man sich von der Vorstellung trennen, eine Technologie, sei es nun die Produktion schnellwachsender Pflanzen oder die Photovoltaik, könnte eine Lösung bringen. Abhängig davon, welche Dienstleistung wir mit unserer Energie erbringen wollen, wird der eine oder andere solare "Pfad" am besten geeignet sein (Abb.3).

Stellt man das Angebot an Sonnenstrahlung der Nutzung bei den verschiedenen Dienstleistungen gegenüber, so kristallisieren sich einige dominierende Pfade heraus, deren wichtigste hier kurz besprochen werden sollen.

Sonne -> Biomasse -> Wärme (-> Kraft)

Dies ist der historisch klassische Pfad der Nutzung des Holzes. Holz, und eventuell andere schneller wachsende Pflanzen, wie Gräser, sind einerseits gute Energiespeicher für die Sonnenenergie und andererseits relativ leicht in die benötigte Endenergieform (Hochtemperaturwärme, Niedertemperaturwärme, elektrische Energie) umformbar. Der große Nachteil liegt im sehr geringen Wirkungsgrad der Umwandlung, der bei 0,1 bis 0,3 % liegt. Selbst ein Übergang auf Hochleistungspflanzen, die eventuell den zehnfachen Ertrag erbringen könnten, stellt hier keine Lösung dar. Dies ist auch deswegen gültig, weil bei einer zu intensiven Bewirtschaftung ein großer Energieeinsatz nötig und eine nachhaltige Betriebsweise nicht garantiert ist. Desgleichen ist die umweltfreundliche Nutzung der Biomasse in den Anlagen des Konsumenten nicht garantiert und stellt hier große technologische Anforderungen.

Sonne -> Biomasse -> flüssige Treibstoffe -> Kraft

Dieser Pfad ist energetisch gesehen noch schlechter und auch mit sehr hohen Kosten verbunden. Die Herstellung von Bioalkohol bzw. Pflanzenölen als Dieselerersatz, zeigt nicht nur extrem geringe Wirkungsgrade, sondern erfordert auch noch qualitativ hochwertige Flächen, auf denen die "Energieproduktion" mit der Lebensmittellandwirtschaft konkurrieren muß. Eine nachhaltige Bewirtschaftung der Landwirtschaftsflächen, die Teilutopie einer zukunftsfähigen Gesellschaft ist, wird die Größe der Überschußflächen verringern oder abbauen, um eine Versorgung mit Lebensmitteln sicherzustellen.

Sonne -> direkte Wärmenutzung -> Niedertemperaturwärme

Die Nutzung der solaren Strahlungsenergie für Heizzwecke ist eine der wesentlichen Pfade für ein vollsolares Szenario. Zahlreiche Kollektor- und Speichertechniken sind grundsätzlich möglich, aber auch noch entwickelbar.

Kollektoren verschiedener Bauart und Effektivität zur Warmwasserbereitung sind bekannt, aber bezüglich ihrer Verbreitung bei weitem nicht ausgereizt. Die hauptsächliche Problematik bei der Nutzung liegt im zeitlichen Unterschied zwischen Anfall an Sonnenstrahlung und Bedarf an Raumwärme. Hier wird es noch zur Weiterentwicklung von Gesamtsystemen kommen müssen, die aus den Komponenten "passive Techniken" (klimagerechtes Bauen), weiterentwickelte Kolleorttechnologien und Saisonspeichern bestehen.

Der große Vorteil dieses Pfades liegt darin, daß in vielen Fällen kein Flächenbedarf besteht, da zumindest bei kleinen Gebäuden die auf die Dachflächen eingestrahle Energie ausreichen könnte, eine Beheizung weitgehend über die ganze Saison zu übernehmen.

Sonne -> Strom -> Hochexergienutzung

Die elektrische Energie ist ein Energieträger, der zahlreiche Vorteile aufweist. So ist die Nutzung am Ort des Verbrauchers weitgehend umweltfreundlich, es besteht eine Infrastruktur, die praktisch jeden Verbraucher erreicht, und die Herstellung kann auf vielfältige Art erfolgen.

Zentrale Technologie in Österreich zur Herstellung von Strom aus solarer Strahlung ist bis auf weiteres die Wasserkraft. Die Ausbaubarkeit dieses Pfades auf größere Leistungen ist heute einerseits durch grundsätzliche Fragen der Verfügbarkeit, aber zumindest ebenso stark durch ökologische und soziale Bedenken limitiert. Nachdem der Ausbau der Donau mit der Staustufe Wien abgeschlossen sein wird, liegen weitere Kapazitäten nur mehr an kleineren Flüssen und Bächen vor. Hier hat man neben höheren Kosten für den Bau auch den Nachteil einer unsteten Wasserführung in Kauf zu nehmen, so daß hier das Sommer/Winter-Arbeitsvermögen nicht besser liegt als bei der direkten Sonnenenergienutzung.

Die Windenergienutzung als weiterer indirekter Pfad stellt für Österreich kein wesentliches Potential dar. Die Windenergienutzung für Transport und Antrieb ist eine Technik mit Tradition, wird aber für uns eine Nischentechnologie bleiben. Nicht zu vergessen sind Probleme bezüglich des Landschaftsschutzes bei größeren Windparks.

Zwei weitere Pfade zur Stromerzeugung stehen uns zur Verfügung: die Stromerzeugung in thermischen Solarkraftwerken und die Photovoltaik.

Für Österreich kommen nach dem derzeitigen Stand der Technik solarthermische Kraftwerke nicht in Frage. Der zu geringe Anteil direkter Strahlung, die über Spiegelsystem zur Herstellung von Hochtemperaturwärme nötig wäre, läßt diese Variante ausscheiden. Anders sieht es mit der Photovoltaik aus.

Die Photovoltaik hat tatsächlich einige bestehende Vorteile für die Nutzung der Sonnenenergie:

- Hohe Wirkungsgrade
- Beliebig große bzw. kleine Anlagen
- Hochwertiges Endprodukt
- Keine (bzw. geringe) Umweltbelastung beim Betrieb
- Potential zur Kostensenkung durch Serienfertigung
- Hohe Lebensdauer bei geringem Wartungsaufwand

Der Hauptnachteil der Photovoltaik liegt darin, daß sie keine Trägheit bzw. Speicherfähigkeit besitzt. Auf die Technik der Solarzellen und auf die Frage der Speicherung photovoltaisch erzeugter elektrischer Energie, gehen spezielle Beiträge in diesem Band ein.

Für die Nutzung von photovoltaisch hergestelltem Strom innerhalb einer teil- oder vollsolaren Energieversorgung, bestehen aber über die Technologien zur direkten Speicherung des Stromes weitere Möglichkeiten zur Anpassung des Verbrauches an den Anfall zur Verfügung. Naturgemäß können diese Maßnahmen die Speicherung nicht ganz ersetzen, aber die zu speichernde Menge vermindert sich. Als solche Maßnahmen kommen in Betracht:

Verbund mit anderen Kraftwerken (z.B. Wasserkraftwerke, Biomasse-Kraft-Wärme-Kopplung) zum Lastausgleich

- Steuerung von Verbrauchern
- Speicherung beim Verbraucher
- Speicherung über Speicherkraftwerke
- Speicherung über Wasserstofftechnologie

Auf jeden Fall ergibt sich aus einer solchen Situation eine weitgehend neue Aufgabenstellung für die EVUs. Die Rücknahme von Strom, der an zahlreichen Stellen dezentral hergestellt wird, dessen Speicherung und die Lieferung von Strom zu Zeiten ohne Sonnenschein, erfordert gänzlich neue Strukturen und Mechanismen.

Sonne --> Transport

Der Bereich des Transportes wird in nächster Zeit eine gewaltige Änderung erfahren, in dessen Folge sich auch die Struktur der eingesetzten Energieträger ändern wird. Einen Großteil des Güterverkehrs wird auf schienengebundene Einrichtungen abgewickelt werden, sowie ein Teil des Personenverkehrs. In diesem Bereich ist der Antrieb durch Elektromotoren bereits heute üblich, so daß prinzipiell auch Solarstrom eingesetzt werden kann.

Sicherlich wird ein nicht zu unterschätzender Teil des Transportes auch in einer nachhaltig bewirtschafteten Gesellschaft über die Straße ablaufen. Hier bestehen grundsätzlich drei Möglichkeiten Solarenergie einzusetzen: Als flüssiger Biotreibstoff, als Wasserstoff und als photovoltaisch erzeugter Strom.

Während der Pfad über den Biotreibstoff zumindest energetisch deutlich unterlegen ist, und eventuell in der Landwirtschaft eine Marktnische besitzt, sind die beiden anderen Technologien etwa gleichwertig. Vermutlich haben beide ihren Markt im Kurzstrecken- bzw. Mittelstreckenverkehr.

Ist es überhaupt sinnvoll, an eine vollsolare Energienutzung in Österreich zu denken?

Die auf Österreich von der Sonne eingestrahlte Energiemenge entspricht im Jahreschnitt ca. der tausendfachen Menge des Endenergieverbrauches. Das heißt, mit anderen Worten, daß, hätten wir eine Umwandlungs- und Speichertechnologie, die 100 % effizient ist, eine Fläche von ca. 8300 ha (das entspricht einem Quadrat von ca. 9x9 km) für die gesamte Versorgung reichen würde.

Bei geringeren Wirkungsgraden vergrößert sich der Flächenbedarf, bis wir bei einem Wirkungsgrad von 0,1 % die Gesamtfläche eines Landes benötigen. Unterstellen wir dem Pfad über die Biomasse (Holz, Biodiesel, Biosprit, Biogas) einen Wirkungsgrad von 0,25 %, heißt dies, daß 40 % Österreich zur Energiegewinnung verwendet werden müssen.

Im Sinne einer rationellen Verwendung von Kapital und Land, sollte man entsprechend den Dienstleistungen optimale Pfade wählen. Setzen wir hierfür Wirkungsgrade ein, die schon bzw. in absehbarer Zeit erreichbar sind, errechnet sich der Flächenbedarf zu ca. 1.000 km² (100.000 ha oder ein Quadrat von ca. 33 km Seitenlänge). Vergleicht man dies mit den in Österreich verbauten Flächen (ca. 230.000 ha bzw. mit den Landwirtschaftsflächen (ca 3.500.000 ha), erkennt man, daß dies geringe Zahlen sind (siehe Abb.4, nächste Seite).

Diese Werte vergleichen sich gut mit denjenigen, die von Odgen und Williams [Odgen, 1990] für die USA ermittelt wurden. Obwohl in dieser Arbeit nur Photovoltaik plus Wasserstoffwirtschaft für die gesamte Energieversorgung der USA angenommen wurde (also keine Nutzung über Kollektoren für Niedertemperaturwärme), ergibt sich, daß nur 0,5 % der Landfläche der USA bzw. 7 % der Wüstenflächen mit PV-Anlagen besetzt werden müßten.

Photovoltaikflächen müssen nicht auf produktivem Land errichtet werden, sondern können auf bestehenden ungenutzten Flächen montiert werden. Hierfür kommen Dächer, Fassaden, Schallschutzwände und viele andere in Frage.

Eine entscheidende Frage im Zusammenhang mit der Photovoltaik ist die der Kosten. Für konventionelle Technologien zur Bereitstellung von Strom, besteht eine starke Abhängigkeit von den Leistungsklassen (siehe Abb.5, nächste Seite), wodurch sich bereits heute ein Vorteil bei kleinen Anlagen ergibt. Rechnet man indirekte Kosten der konventionellen Energiebereitstellung, wie die Umweltkosten ein, und das wird vermutlich demnächst durch eine neue Steuergesetzgebung erfolgen, verschiebt sich der Break-Even-Point zu noch größeren Anlagen.

Eine vollsolare Energieversorgung wird sich aber keinesfalls in näherer Zukunft aus sich heraus wirtschaftlich rechnen. Von Experten des IIASA wurde vor einiger Zeit errechnet, wie groß der Aufwand wäre, Europa vollsolar zu versorgen [Nakicenovic, 1982]. Bei einem hohen Aufwand zu Beginn (18 % des BNP) sind im Falle eines Soft-Szenarios (Energieeinsparung + dezentrale Bereitstellung) nach 100 Jahren nur mehr 6 % der BNP für Energie aufzuwenden. Auf 6 % des BNP schätzt man heute die Kosten der Umweltzerstörung! [Wicke, 1986].

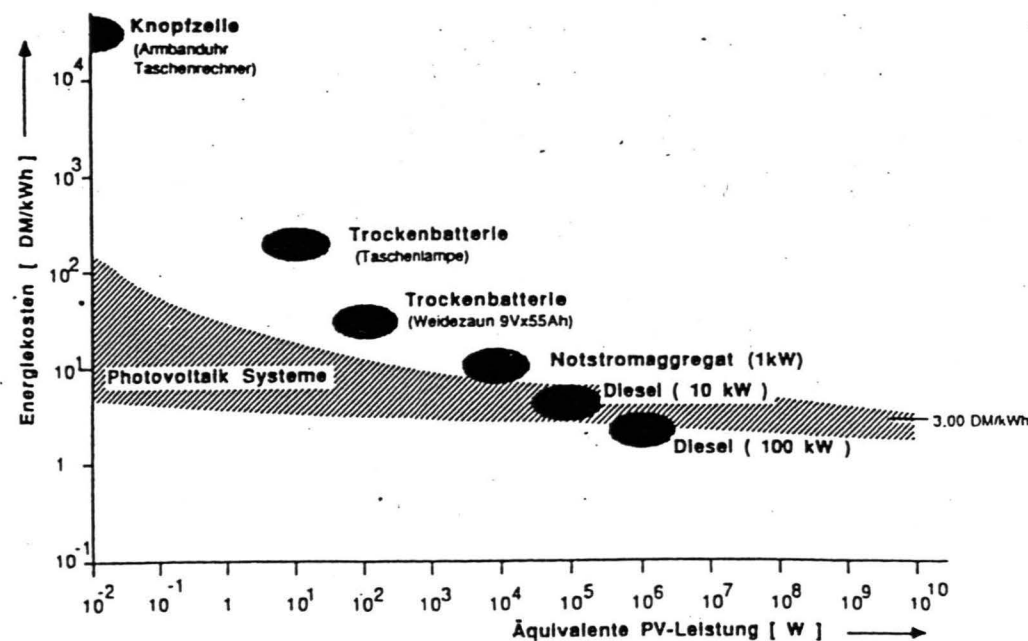


Abb. 5: Elektrische Energiekosten für verschiedene Leistungsbereiche [Stahl, 1986]

BEISPIELE SOLARMOBILE

MINI-EL

Bis heute wurden über 1900 Exemplare dieses originellen Fahrzeuges produziert - damit ist der MINI-EL das erste in größerer Stückzahl erzeugte Solarmobil. Seine Bewährungsprobe hat es souverän bestanden, denn insgesamt wurden mit diesem Fahrzeugtyp schon

mehr als eine Million Kilometer bei jedem Wetter gefahren. Der MINI-EL zeichnet sich durch ein besonders steifes Chassis, leichte Bedienbarkeit und gute Funktionalität aus - sein Einsatzgebiet ist der Stadtverkehr.



Die Cabriolet-Version des MINI-EL.



Zum Einstieg bereit.

Technische Daten

- Fahrleistungen
Reichweite 40 - 70 km
Höchstgeschwindigkeit 40 km/h
Steigfähigkeit 15%
- Gleichstrommotor mit 1,3 kW Nennleistung
- 3 Bleibatterien á 90 Ah - 36V Betriebsspannung
- Ladezeit 10h
- Abmessungen l x b x h 2,73 x 1,06 x 1,26 [m]
- Thermoplast-Karosserie - einsitzig + Kindersitz
- Leergewicht 285 kg (davon 80 kg Batterien)
Gesamtgewicht 400 kg

Preis 9.990,— sFr (6 Monate Garantie)

Ausstattung:

- Sunroof, Heizung, Defroster, 3-Punkt-Sicherheitsgurt, Radiovorbereitung
Scheibenwischer-Waschanlage, ...

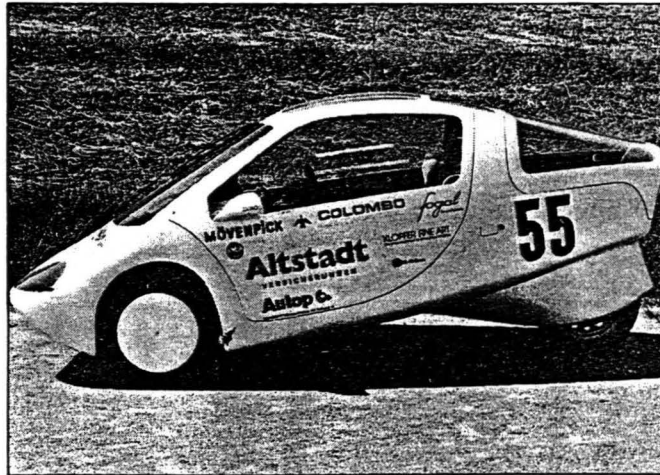
Vertrieb / Aussteller

SOLARTECHNIK EICHENBERGER
Fahrzeuge - Anlagenbau
CH-5706 Boniswil
Telefon: 05/064/543527

Vertrieb

ERK SOLARTECHNIK
Kasselerstraße 77
D-3500 Kassel
Telefon: 06/0561/56233

ESORO II



Großeinkauf? - Kein Problem.

Das Solar Team Höngg besteht zur Zeit aus sieben Personen, die sich 1987 das Ziel steckten, gemeinsam ein solarbetriebenes, alltagstaugliches Leicht-Elektro-Mobil zu entwickeln. Das Ziel ist weitere Forschung und Entwicklung am Prototypen ESORO II und Engineeringaufgaben auf diesem Gebiet für größere Firmen. Die Projektgruppe zeichnet sich durch eine professionelle Verteilung der Aufgaben aus. Folgende Berufsgruppen aus den Bereichen Forschung, Entwicklung, Konstruktion und Prüffeld sind im Solar Team Höngg vertreten: Mechaniker, Elektroniker, FEAM, Physiklaborant, Architekt, El.Ing. HTL, Computerspezialist, Kunststoffspezialist und Produktdesigner.

Das daraus resultierende breite Spektrum an Berufswissen und Erfahrung auf der einen Seite, der intensive Gedankenaustausch auf der anderen Seite sind wesentliche Gründe für die rasanten Erfolge innert der letzten 3 Jahre. 1988, 1989 und 1990 war das Solar Team Höngg mit den Elektromobilen ESORO I und II Gewinner des 1. Ranges der renommierten Solarmobilweltmeisterschaft *Tour de Sol*. 1989 wurden sie als Teilnehmer des *M Prix* (Wettbewerb des Migros Genossenschaftsbundes für das alltagstauglichste Solarmobil) mit dem 1. Preis ausgezeichnet.

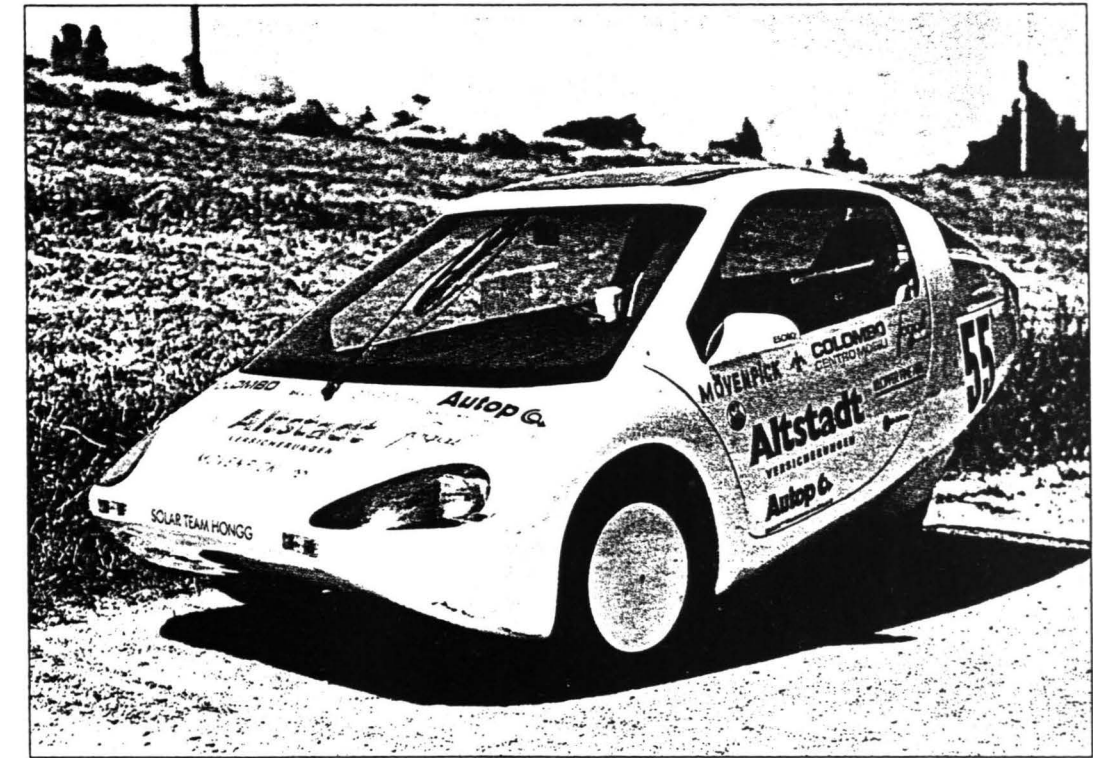
Bei internationalen Wettbewerben in der BRD, Österreich und der Schweiz belegten sie ausschließlich 1. und 2. Plätze.

Die Projektgruppe hat keine Firma im Hintergrund. Sämtliche Arbeiten erfolgten bisher neben der täglichen Berufsarbeit. Erarbeitet und gepflegt wurden aber auch nützliche und notwendige Beziehungen zu Bundesstellen (ETH, Eidgen. Flugzeugwerke Emmen) sowie zur Reifenindustrie, zu Batterieherstellern und anderen Firmen.

Mit den innovativen Continentalwerken und der EMPA Dübendorf konnte z.B. ein optimaler Pneu für Leichtbau-Elektro-Mobile entwickelt werden. Dank diesen Kontakten konnte das Team neue Komponenten testen, Fahrzeugdaten messen und optimieren, so wie dies sonst nur in der Industrie geschieht.

Hersteller / Aussteller

SOLAR TEAM HÖNGG
Diego Jaggi
Postfach 3350
CH-8049 Zürich
Telefon: 05/01/341-1508
Telefax: 05/01/341-7720

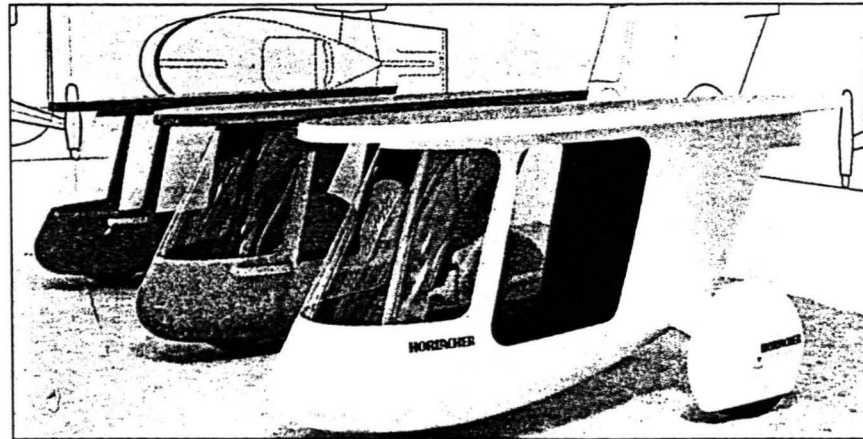


ESORO II - Der Weltmeister.

Durch konsequent wissenschaftliches Vorgehen wurden folgende Fahrzeugdaten erreicht:

- Luftwiderstand c_w 0,17
- Rollwiderstand μ 0,007
- Hohe innere Effizienz
- Fahrleistungen
Reichweite 80-130 km bei 80% Entladung (Mischverkehr)
Höchstgeschwindigkeit max. 135 km/h
- aus Energiegründen auf 100 km/h begrenzt
- Energieverbrauch
2,4 kWh/100 km ab Batterie -
3,2 kWh/100 km ab Netz (bei 50 km/h)
5,5 kWh/100 km im Durchschnitt
- Asynchronmotor mit 6 kW Dauerleistung
- Blei-Säure-Batterien
- Energieversorgung durch 7,3 m² stationäre Solarzellen 1100 kWh/Jahr
- Abmessungen l x b x h 3,0 x 1,55 x 1,27 [m]
- Innenraum 2 Sitze - 400 Liter Gepäckraum
- Leergewicht 400 kg - Gesamtgewicht 600 kg
- Besonders alltagstauglich (ABS / ASR etc.)

HORLACHER



Horlacher aus dem Jahre 1986.

Horlacher Baujahr 1986 Technische Daten

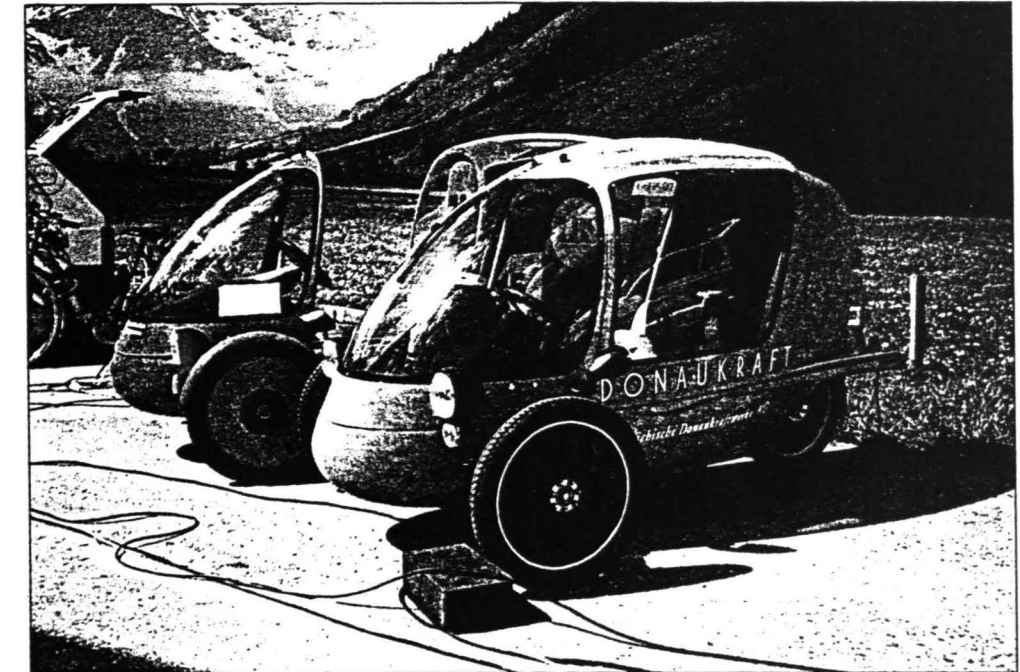
- Fahrleistungen
Reichweite ca. 40 km
Höchstgeschwindigkeit 40 km/h
Steigfähigkeit 10%
- Motorleistung 500 W
- 2 Bleibatterien - Betriebsspannung 24V
- Abmessungen l x b x h 2,60 x 1,20 x 1,30 [m]

Hersteller

HORLACHER
(siehe Horlacher Carbon)

Aussteller

SOLARMOBIL E.V. ERLANGEN
Sektion Überlingen/Bodensee
Mathis Bockemühl
Hauptstraße 44
D-7776 Owingen
Telefon: 06/07551/5542



Horlacher aus dem Jahre 1988.

Horlacher Baujahr 1988 Technische Daten

- Fahrleistungen
Reichweite 120 km
Höchstgeschwindigkeit 70 km/h
Steigfähigkeit 20%
- Energieverbrauch ca. 4,5 kWh/100 km
- Asynchronmotor mit 4,5 kW Nennleistung
- 10 Bleibatterien á 41 Ah - 120V Betriebsspannung
- Ladezeit 7h
- Abmessungen l x b 2,60 x 1,40 [m]
- GFK-Karosserie - 2 Sitze
- Leergewicht 280 kg - Gesamtgewicht 420 kg
- Preis: ca. 25.000,— sFr (6 Monate Garantie)

Hersteller

HORLACHER
(siehe Horlacher Carbon)

Aussteller

NORBERT SIPPEL
Hinter den Höfen 9
D-3503 Lohfelden 2
Telefon: 06/05608/2495

HORLACHER CARBON



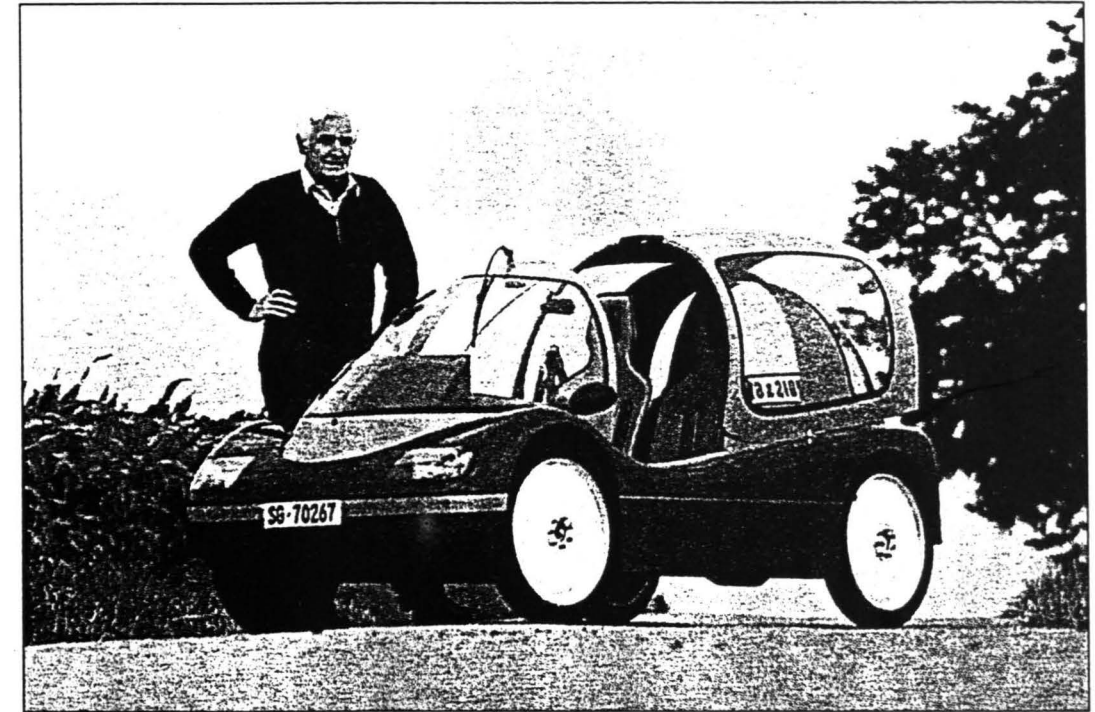
Der Horlacher im Stadtverkehr.

Vor 7 Jahren wurde Herr *Max Horlacher*, der mit seiner Aargauer Firma Innenausbauten für Eisenbahnwaggons, Straßenbahnen und Omnibusse sowie Bürostühle produziert, durch die Australiendurchquerung eines primitiven Solarmobiles dazu angeregt, selbst ein solches zu bauen.

Dabei kamen ihm seine Erfahrungen im Leichtbau zugute; unter der Regie von Herrn *Horlacher* und dem Konstrukteur *Thomas Amacher* entstanden in der Folge immer leistungsfähigere Leichtbausolarmobile.

Die stetige Weiterentwicklung wird durch die ebenfalls ausgestellten dreirädrigen HORLACHER aus verschiedenen Baujahren dokumentiert.

Den bisherigen Endpunkt stellt der vier-rädrige HORLACHER CARBON dar, ein Musterbeispiel für konsequenten Leichtbau, dessen Kunststoffchassis gerade 26 kg wiegt, der aber ebenso durch seine Alltagstauglichkeit besticht.



Der Horlacher Carbon - Prototyp 1990.

Technische Daten

- Fahrleistungen
Reichweite 150 - 200 km
Höchstgeschwindigkeit 120 km/h
Beschleunigung 0 - 50 km/h in 7 sec
- Energieverbrauch 7,5 kWh/100 km
- Asynchronmotor
10 kW Dauerleistung (2500 - 12000 1/min)
20 kW Spitzenleistung (5000 1/min)
- Elektronik BRUSA AMC 300
- 12 Bleibatterien á 70 Ah - 144V Betriebsspannung
- Ladezeit 1h für 30km
- Abmessungen l x b x h 2,50 x 1,30 x 1,25 [m]
- Carbon-Karosserie - 2 Sitze
- Leergewicht 470 kg (davon 250 kg Batterie)
Gesamtgewicht: 670 kg

Entwicklungskosten ca. 200.000,— sFr
Kleinserienpreis ca. 40.000,— sFr

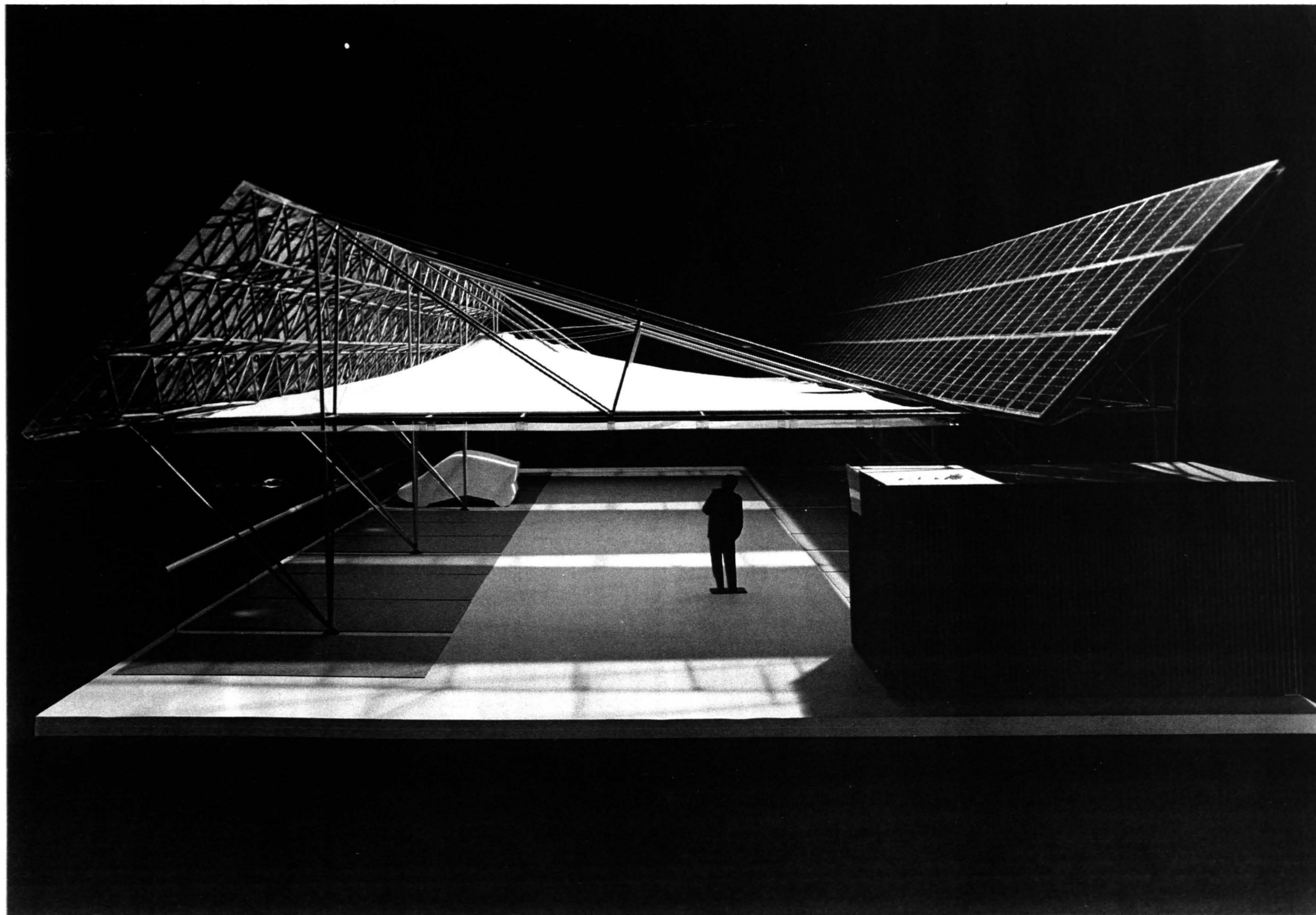
Hersteller

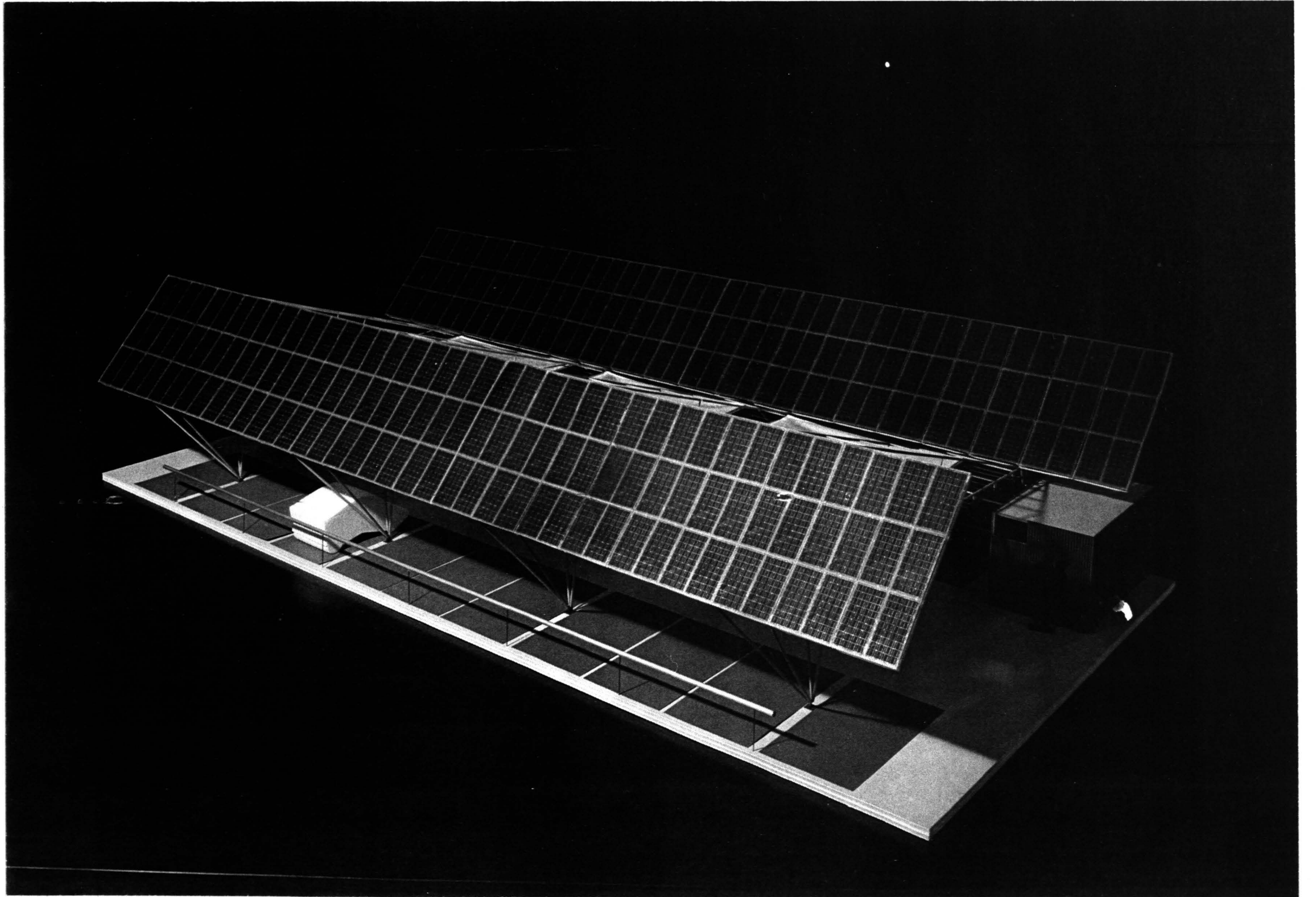
HORLACHER AG
Güterstraße 9
CH-4313 Möhlin
Telefon: 05/061/882118

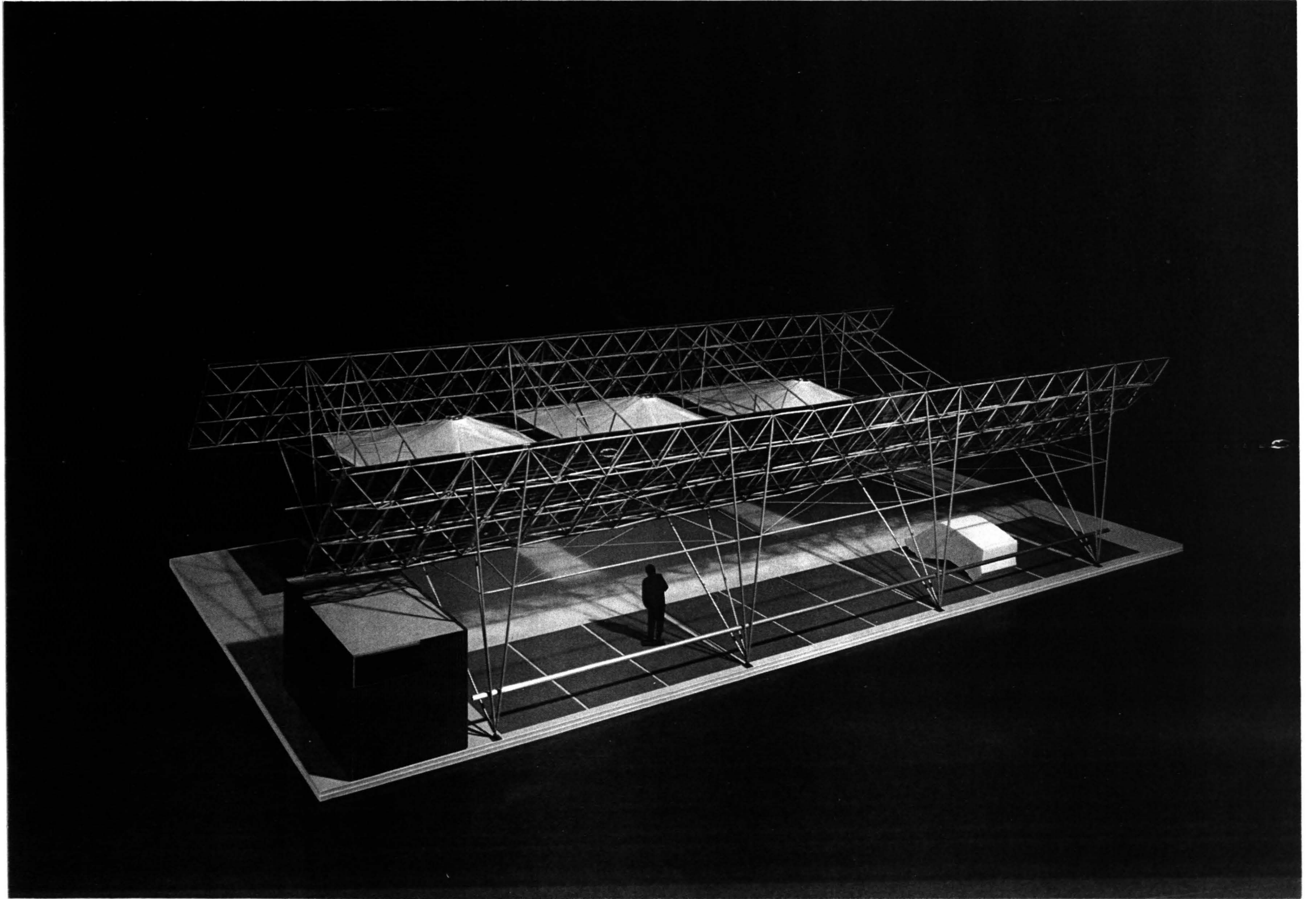
Aussteller

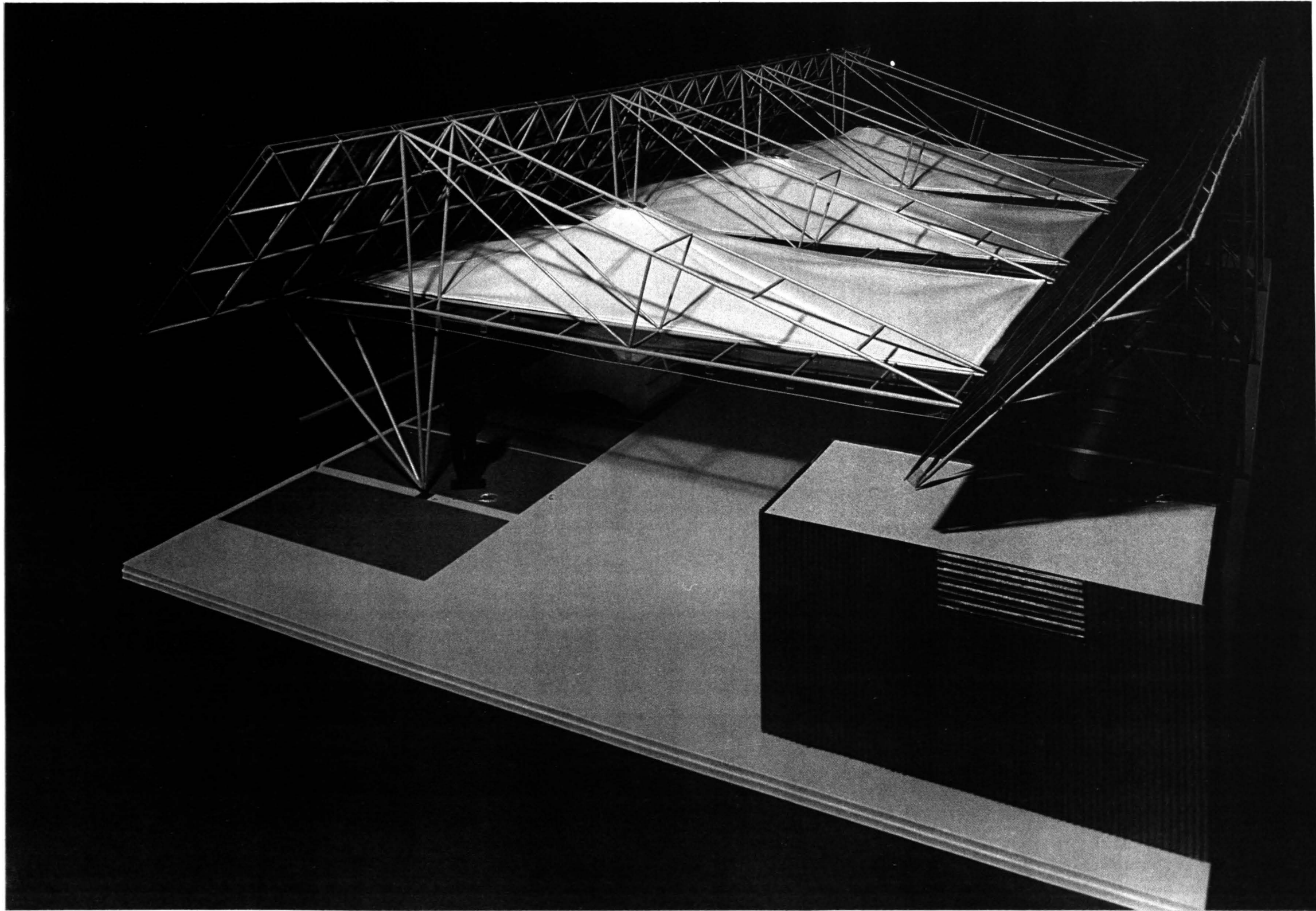
BRUSA ELECTRONIC
Axel Krause
CH-9473 Gams
Telefon: 05/085/73608

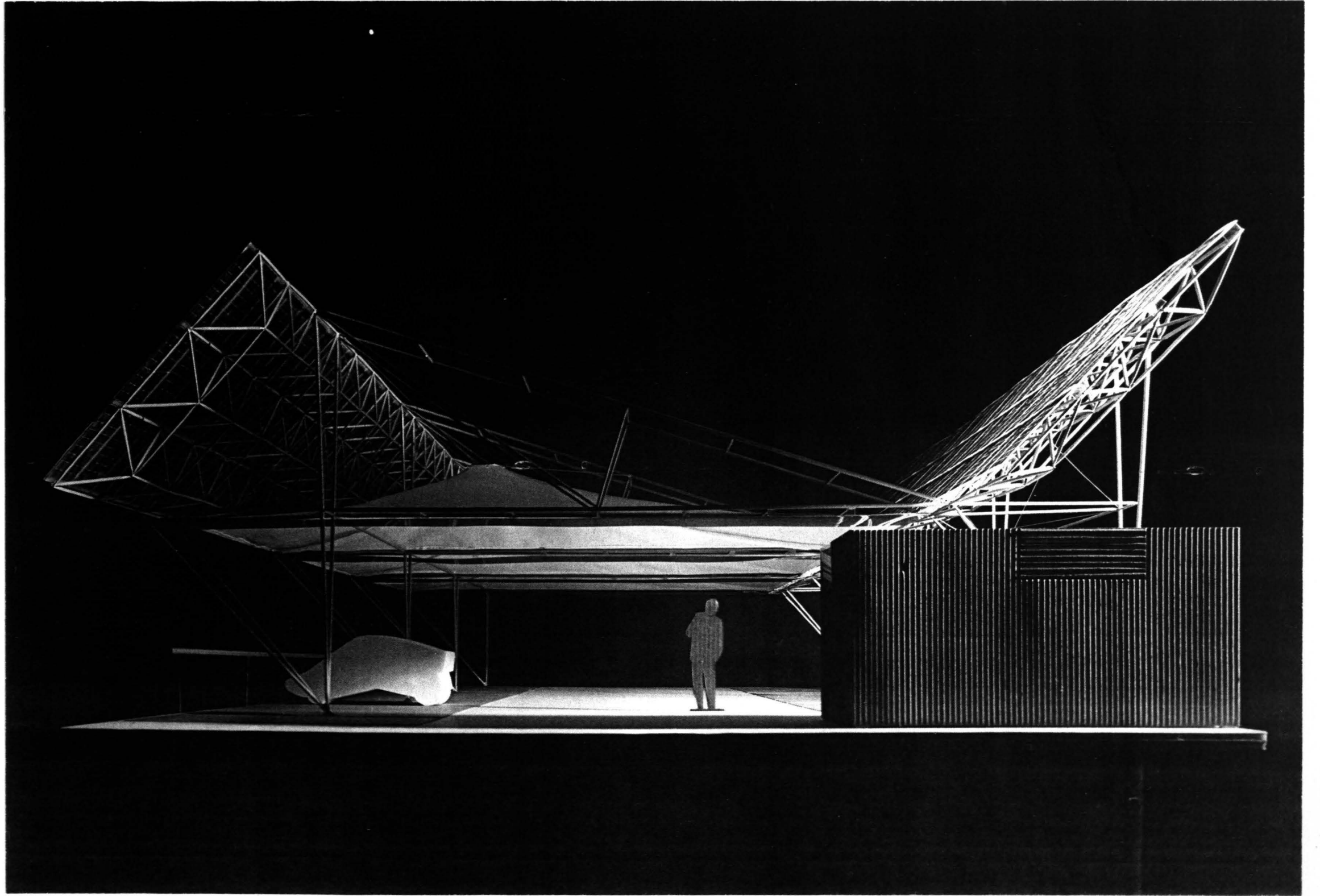
MODELLFOTOS





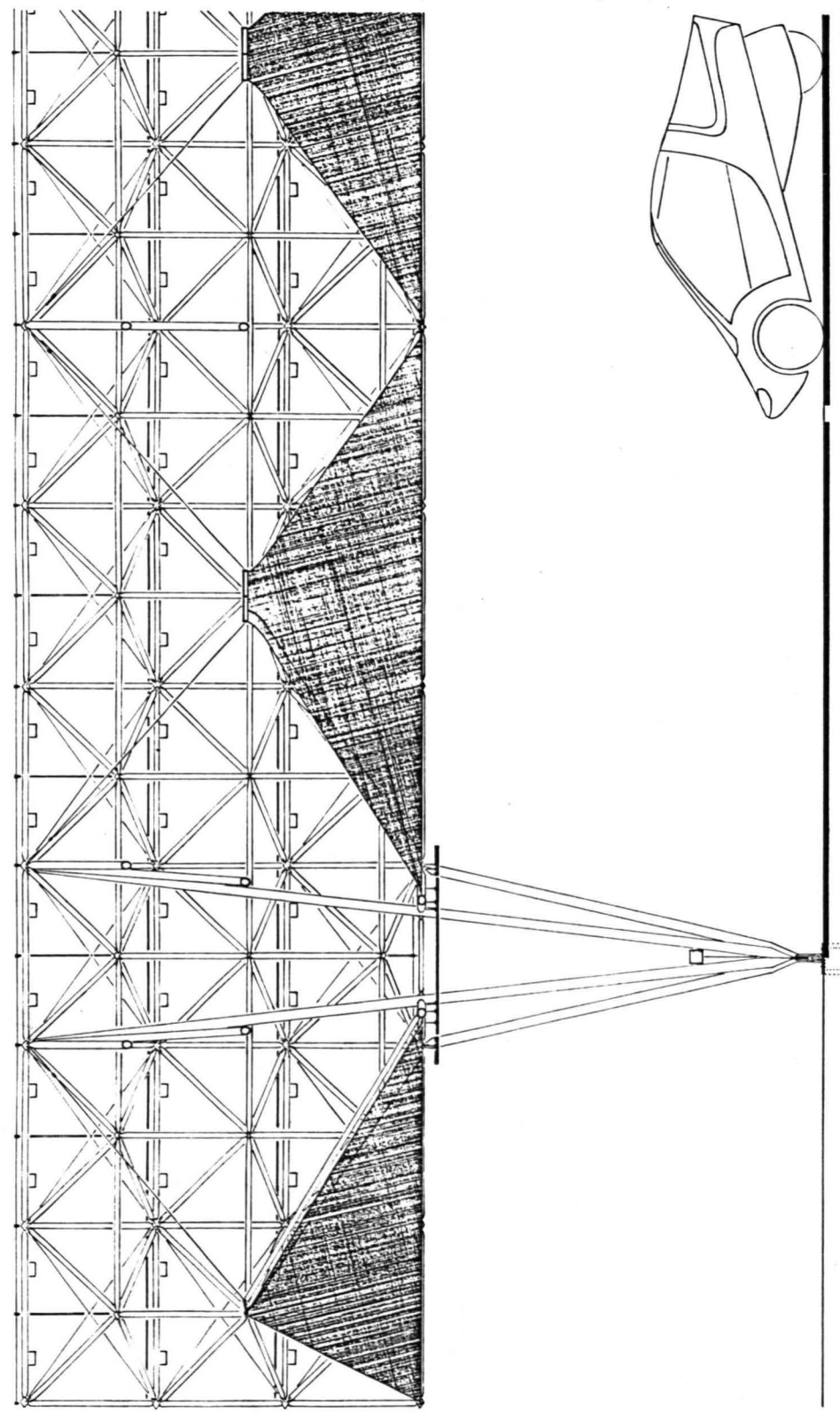




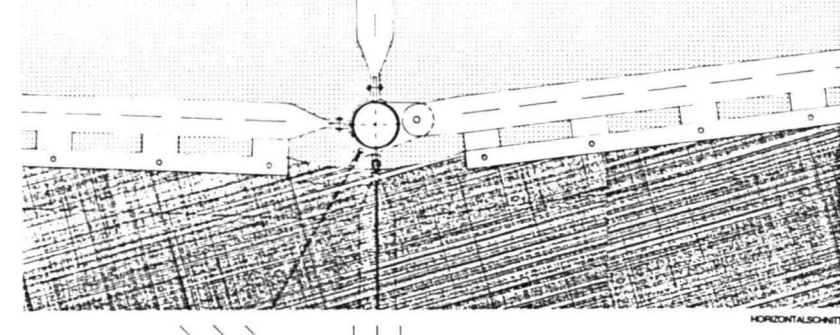
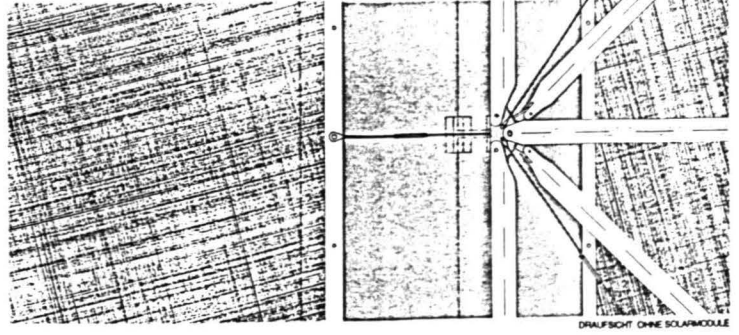
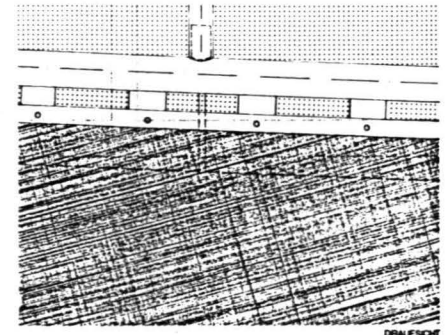
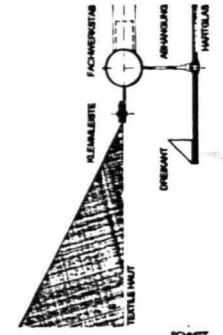
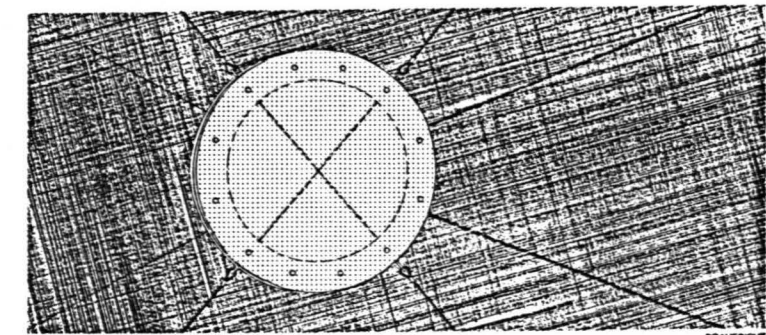
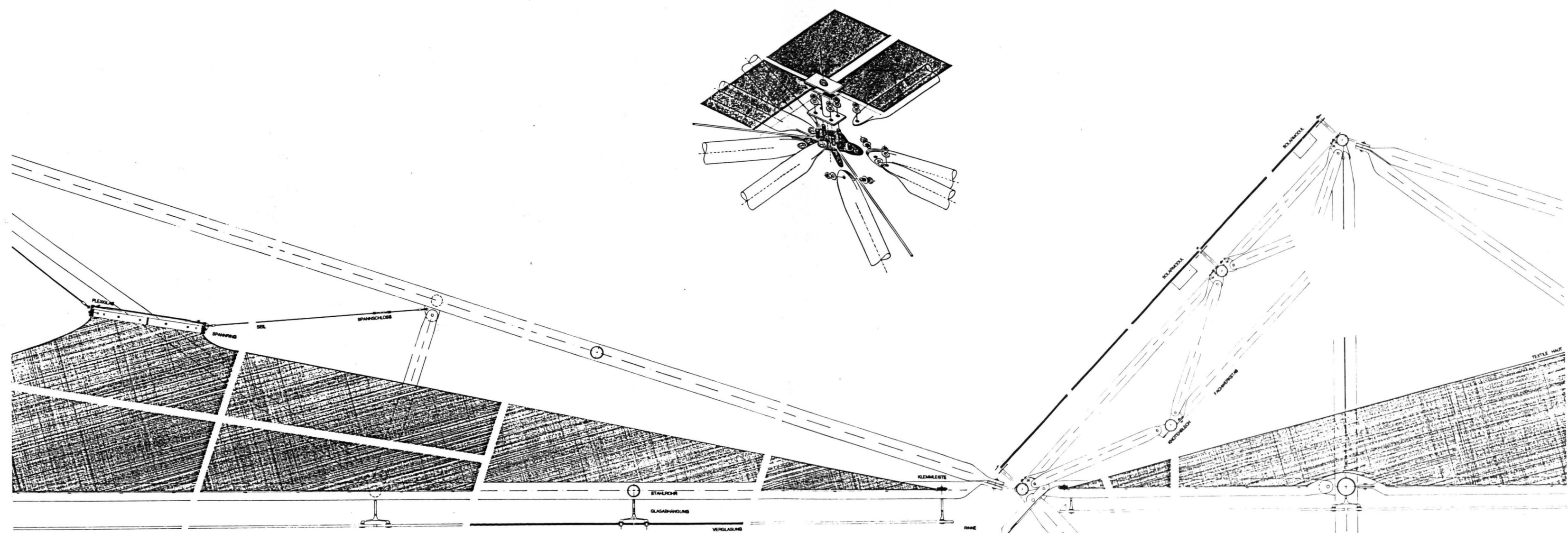


PLÄNE

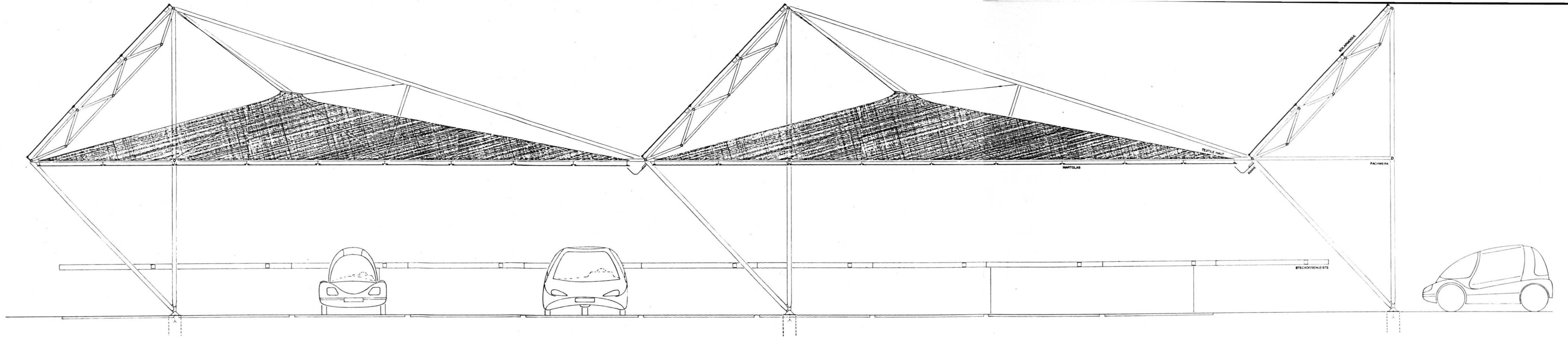
JB
UG



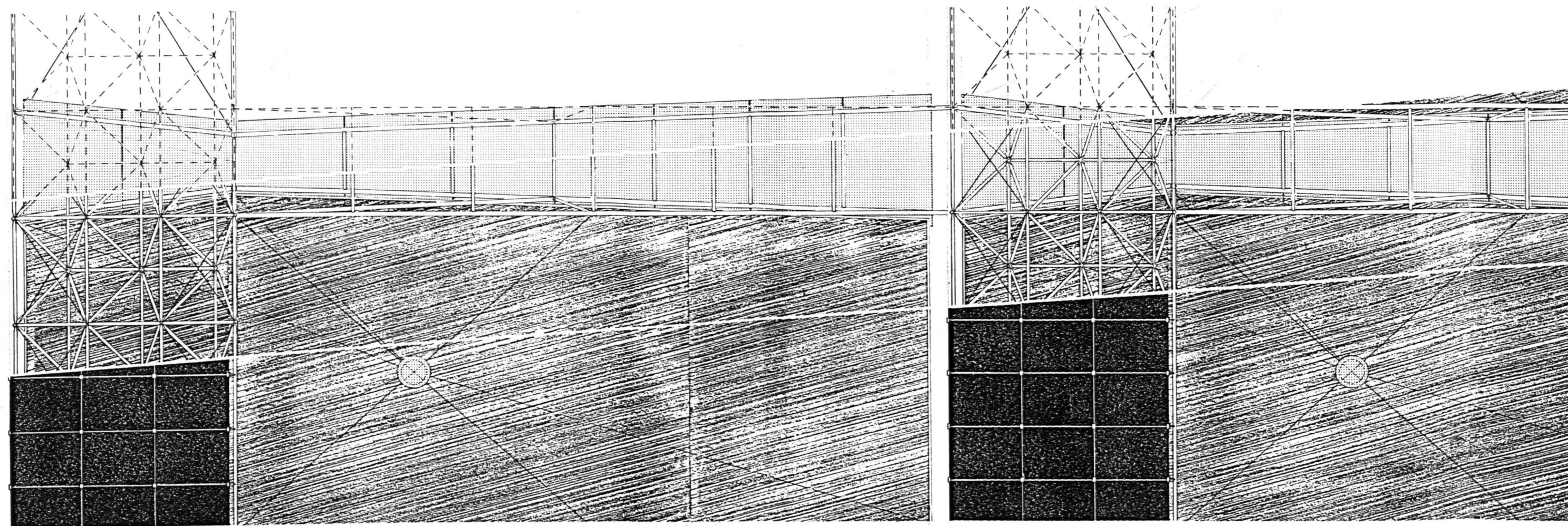
SYSTEMQUERSCHNITT 1:20



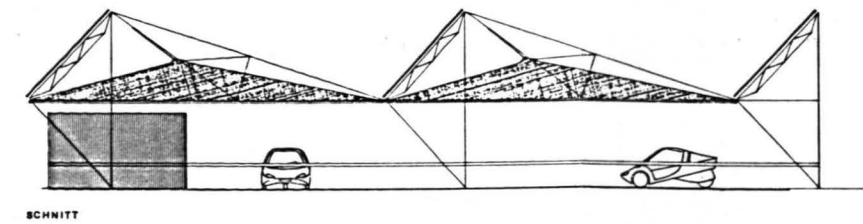
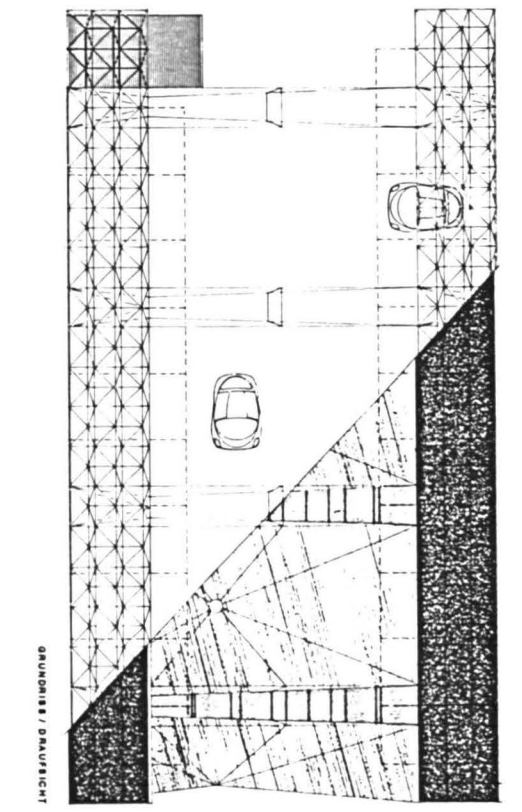
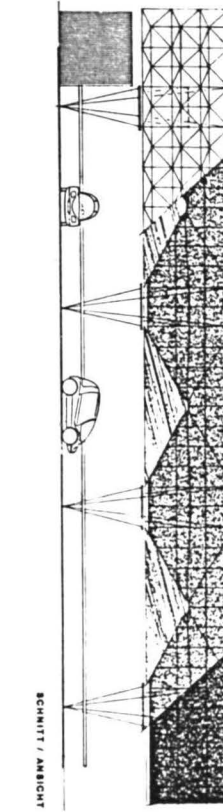
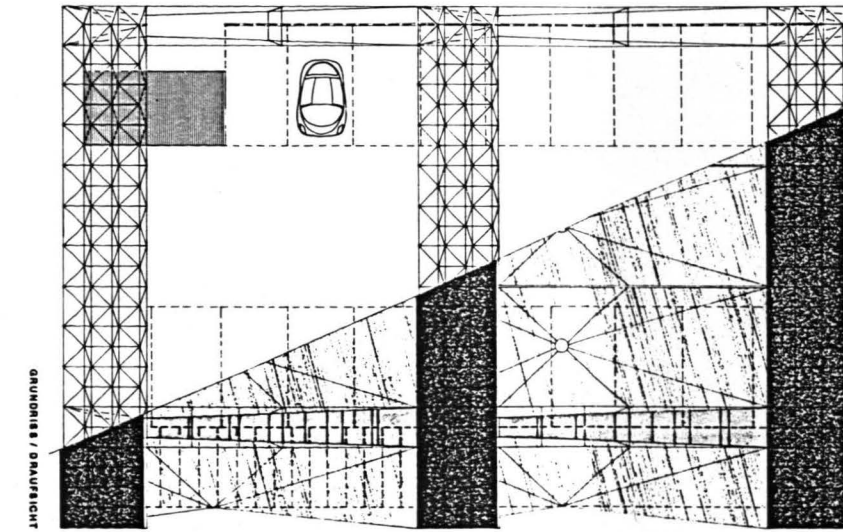
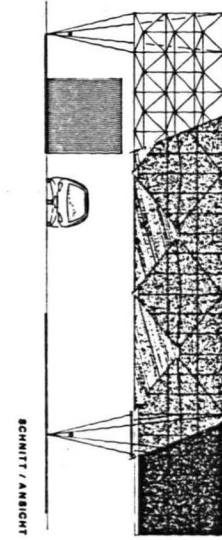
DETAILSCHNITTE 1:5



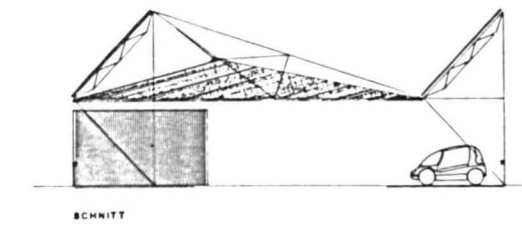
SYSTEMLÄNGSSCHNITT 1:20



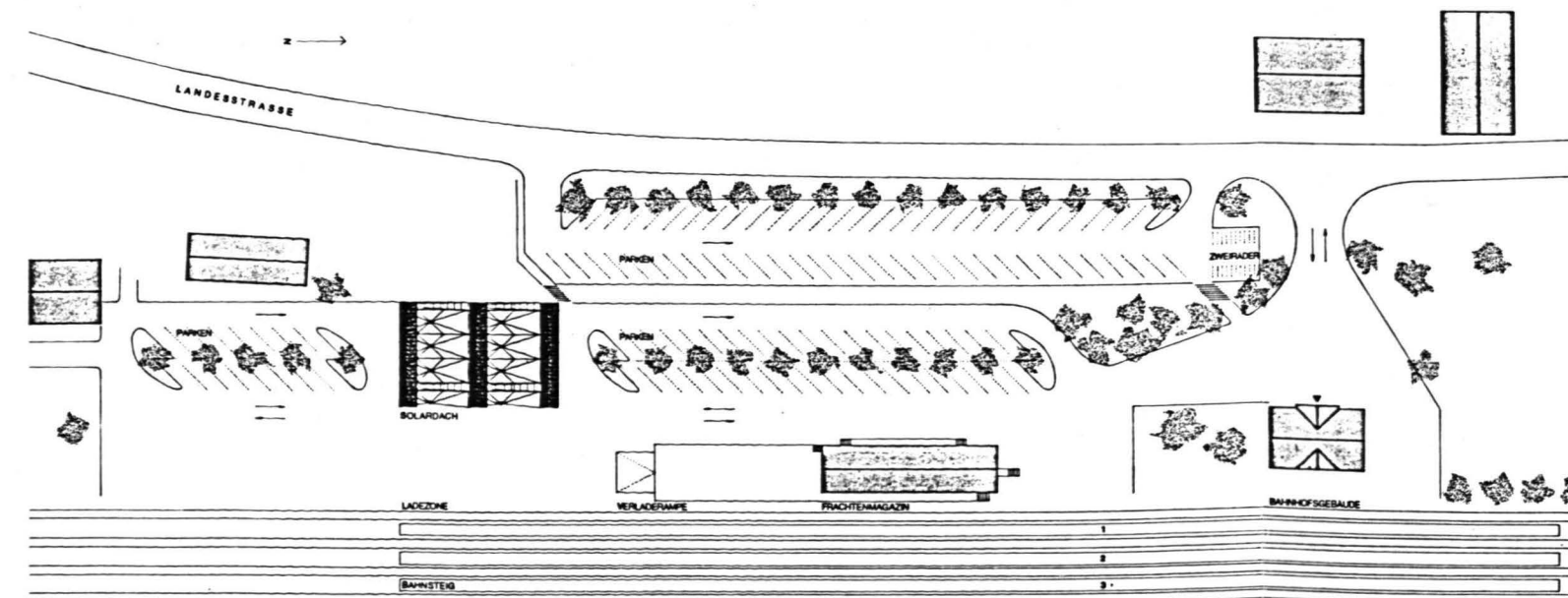
DRAUFSICHT/SCHNITT 1:20



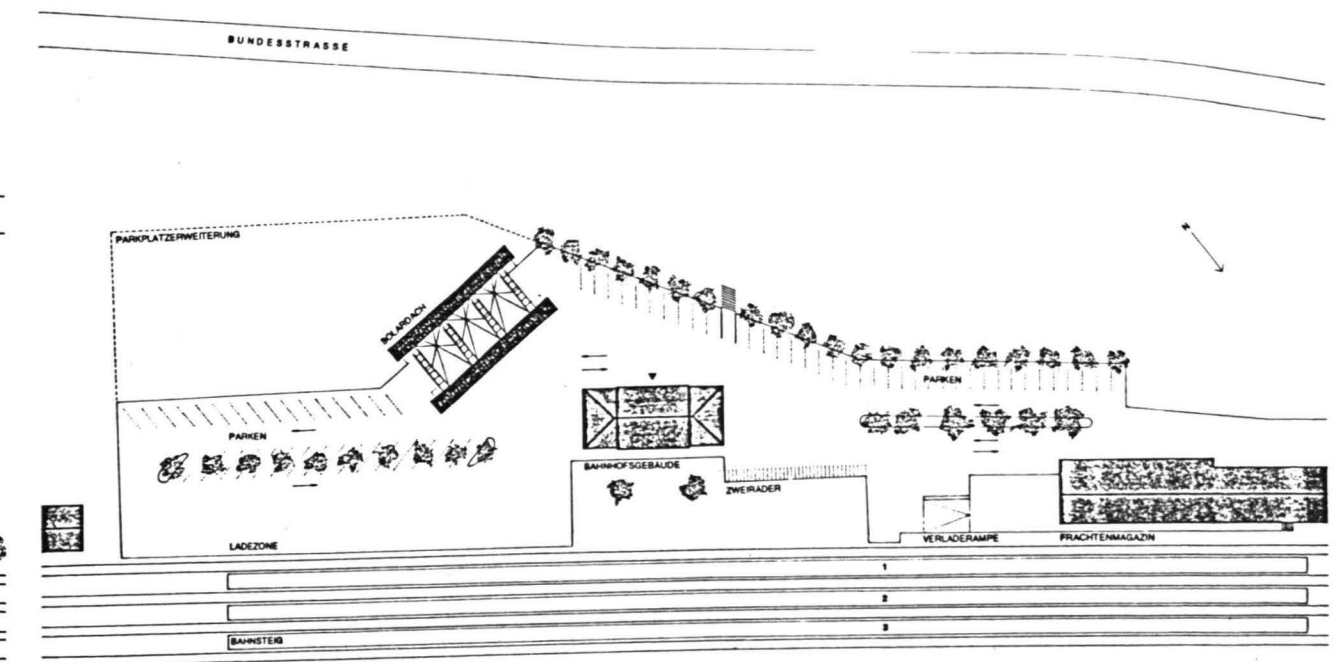
SYSTEM 1 1:100



SYSTEM 2 1:100



BAHNHOF STUDENZEN-FLADNITZ



BAHNHOF WILDON 1:500

