

Objekttyp: **Competitions**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **70 (1952)**

Heft 12

PDF erstellt am: **26.09.2024**

### **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.

## Ueber Windkraftwerke

DK 621.311.24

Die Ausnützung des Windes zur Gewinnung elektrischer Energie<sup>1)</sup> ist in Europa, besonders an der Westküste des Kontinentes, an der Nordsee sowie in England und Irland, wo die mittleren jährlichen Windgeschwindigkeiten 6 bis 8 m/s betragen, praktisch vollzogen worden. Es handelt sich meistens um kleine Kraftwerke bis höchstens 50 kW Nennleistung. Vorschläge für den Bau von Grossanlagen bis 20 000 kW Leistung, für die 250 m hohe Türme und Räder mit 180 m Durchmesser in Aussicht genommen sind, müssen als vorderhand unausführbar bezeichnet werden<sup>2)</sup>. Die heute grösstmöglich erreichbaren Leistungen dürften auf 2000 bis 3000 kW begrenzt sein. In den USA bestehen Anlagen für 800 kW. Demgegenüber ist man in Europa gegenwärtig damit beschäftigt, serienmässig Windkraftwerke bis zu 100 kW Leistung zu erstellen, die den Konkurrenzkampf mit der Energiegewinnung aus Kohle oder Oel durchaus bestehen können. Im Einzelfalle werden in den Windkraftwerken meistens auch Diesellaggregate aufgestellt, damit die Stromversorgung während windarmen Perioden und Sturmzeiten sowie bei Revisionen und Reparaturen durch diese übernommen werden kann.

In den Jahren 1941/44 ist in Dänemark erstmals die Energieproduktion von modernen Windkraftwerken systematisch und in grösserem Ausmass überprüft worden. Dabei standen gleichzeitig bis 88 Werke im Betrieb, die als Höchstwert in einem Monat über 480 000 kWh Energie erzeugten. 85 Anlagen lieferten im Jahre 1944 zusammen 3 Mio kWh, also durchschnittlich etwa 35 000 kWh pro Werk. Die Messungen wurden an zwei Konstruktionstypen ausgeführt, und zwar handelte es sich einerseits um Klappensegler-Anlagen der Firma Lykkegaard mit 12, 14, 16 und 18 m Windrad-durchmesser und (bei Windgeschwindigkeiten von 10 m/s) einer Grösstleistung von 30 kW. Diese Bauart ist einfach und sicher im Betrieb, arbeitet aber mit etwas geringer Windausnützung und lässt sich nicht voll automatisieren. Andererseits standen Schnellläufer der Firma F. L. Smith mit 17,5 und 24 m Windraddurchmesser und (bei 11 m/s Windgeschwindigkeit) Grösstleistungen von 50 kW unter Kontrolle. Diese Räder bestehen aus zwei- oder dreiflügligen, nach neuesten aerodynamischen Gesichtspunkten ausgebildeten Propellern mit entsprechend hohen Wirkungsgraden. Beide Systeme arbeiten über Akkumulatorenbatterien auf lokale Gleichstromnetze und werden normalerweise durch Reserve-Dieselanlagen ergänzt.

Bei der Beurteilung der Möglichkeit der Windausnützung spielen die Art des Kraftwerkbetriebs und der Verwendungszweck der Energie eine wichtige Rolle. Sogenannte Einzelversorger, beispielsweise landwirtschaftliche Betriebe, haben einen stark schwankenden Energiebedarf, so dass das Kraftwerk auch bei gutem Windanfall nicht dauernd und meist nur unter Teilbelastung arbeiten muss. Bei der Versorgung von Ortsnetzen ist die Ausnützungsmöglichkeit schon besser. Ist eine Windkraftanlage an ein grosses Ueberlandnetz angeschlossen, dann kann sie unter Umständen sogar voll ausgenutzt werden. Auf Grund der dänischen Messungen betrug die Ausnützung bei Ortsversorgungen 55 bis 71 % und bei Einzelhofanlagen 35 bis 50 %. Selbstverständlich hängen diese Möglichkeiten auch von den verwendeten Windflügeltypen und der Konstruktion der übrigen mechanischen und elektrischen Einrichtungen ab. Die modernen Propellerräder weisen bei mittleren und besonders bei grossen Windstärken bessere Wirkungsgrade auf als die Windräder älterer Bauart.

In Dänemark kann mit einer mittleren jährlichen Windgeschwindigkeit auf Radhöhe von etwa 6 m/s gerechnet werden. In den untersuchten Anlagen sind Winde mit 3 bis 10 m/s Geschwindigkeit ausnützbar. Stärkere Winde treten meist nur kurzfristig und stossweise auf und können, wenigstens bei Einzel- und Ortsverbrauchern, wegen momentanem Mangel an Energiebedarf meistens nicht ausgenutzt werden. Es wurde festgestellt, dass bei mittleren Windgeschwindigkeiten von nur 5 bzw. 4 m/s die mögliche Energieerzeugung auf 79 bzw. 48 % von derjenigen bei 6 m/s absinkt. Die praktische Ausnützung des Windangebotes betrug bei

Werken für Einzelversorger etwa  $\frac{1}{3}$ , bei Anlagen für Ortsnetze rd.  $\frac{1}{2}$  bis  $\frac{2}{3}$  und bei solchen, die an Ueberlandleitungen angeschlossen sind,  $\frac{2}{3}$  bis 100 %. Die jährliche Betriebsdauer, die abgesehen vom Windanfall und vom Energiebedarf auch von der mittleren Windstärke und von der Leistung des Kraftwerkes abhängig ist, wurde bei Lykkegaard-Rädern zu 3000 bis 3600 und bei Propellern bis zu 4100 Stunden, also zu rd. 40 bzw. 47 % der totalen Jahresstundenzahl festgestellt. Als Spitzenleistung erzeugte eine dänische, dreiflüglige Schnellläuferanlage mit 24 m Propellerdurchmesser bei 8,9 m/s mittlerer Windgeschwindigkeit 1358 kWh/Tag, was einer Dauerleistung von 56,6 kW entspricht.

Weitere Betriebsergebnisse liegen von einem modernen Windkraftwerk vor, das kürzlich auf der vor der Elbemündung liegenden Insel Neuwerk für eine Nennleistung von 18 kW erstellt worden ist. Der dreiflüglige Propeller mit 15 m Durchmesser ist auf einem 20 m hohen Turm montiert und überträgt die Energie auf den Generator am Turmfuss mechanisch. Eine besondere Reguliereinrichtung und eine Flügelbremse sorgen für den störungsfreien Betrieb bei böigem oder sehr starkem Wind. Da die Leistung eines Windkraftwerkes der dritten Potenz der Windgeschwindigkeit direkt proportional ist, kommt solchen Einrichtungen grosse Bedeutung zu. Im Jahre 1950 konnten in der Anlage Neuwerk während 3840 Betriebsstunden während elf Monaten fast 30 000 kWh erzeugt werden. Die Windgeschwindigkeit betrug im Jahresmittel 7,2 m/s und wies Grösstwerte bis 40 m/s auf. An 116 Tagen stand die Anlage still, und zwar wegen zu starkem oder fehlendem Wind, wegen Mangel an Energiebedarf oder wegen Reparaturen. Trotz diesem zeitlich erheblichen Ausfall konnten in diesem Betriebsjahr durch die Windkraftausnützung 10 000 kg Dieselöl eingespart werden.

Die Betriebsdaten der erwähnten modernen Windkraftwerke (nach Aufsätzen aus «Elektrizitätswirtschaft» vom Oktober/November 1951) vermögen ein gutes Bild über die gegenwärtigen Möglichkeiten der Umwandlung von Wind in elektrische Energie zu vermitteln. Sie zeigen, dass unter verhältnismässig günstigen Voraussetzungen und besonders für die Versorgung von abgelegenen Einzelsiedlungen Windkraftwerke geeignete und wirtschaftliche Energiespender sein können. In hochalpinen Stationen, wie zum Beispiel auf dem Säntis, sind Versuchsanlagen aufgestellt worden. Deren Ausnützungsgrad ist indessen bedeutend niedriger als bei den Anlagen am Meer, weil die kontinentalen Gebirgswinde viel unregelmässiger und im Jahresdurchschnitt mit geringerer Stärke auftreten. Dazu wirkt sich die starke Raureif- und Eisbildung im Gebirgswinter sehr nachteilig aus. Es wäre interessant, hierüber von zuständiger Seite Näheres zu erfahren.

E. St.

## Wettbewerb für das Seeländische Verpflegungsheim in Worben

DK 725.5 (494.24)

### Aus dem Programm

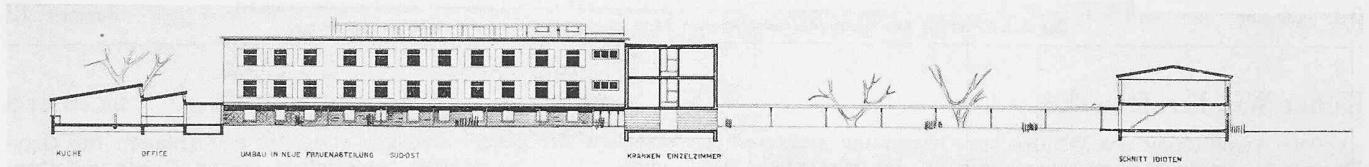
Das Gelände des Seeländischen Verpflegungsheimes Worben ist eingeteilt in drei Sektoren: im Süden das von der Anstalt verwaltungstechnisch unabhängige Hotel und Bad; im Osten das Anstaltsgelände; im Nord-Westen die zur Anstalt gehörenden Oekonomiegebäude. Die Projektierungsarbeiten des Wettbewerbes bezogen sich hauptsächlich auf das Anstaltsgelände. An den Gebäuden des Hotels und des Bades waren für die nächste Zeit keine Aenderungen vorgesehen, doch sollte ihre Umgebung mit Zufahrt, Parkplatz und Gartenanlagen in die Gesamtprojektierung einbezogen werden. Die landwirtschaftliche Zone, umfassend Stall und Speicher, grosse Scheune, Tränkeanlage, Fruchtscheune, Wagenschuppen, Maschinenhalle und Hühnerhofanlage, sollte erweitert werden. Zu studieren waren:

Schweinestall, Schafstall, Kompostanlage.

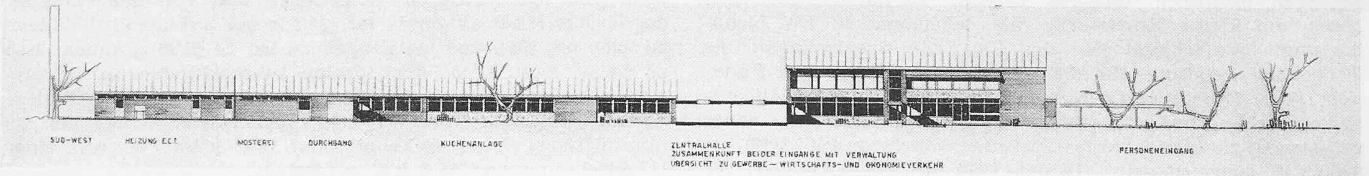
Für die eigentliche Anstalt als Hauptprojektierungsaufgabe war eine Belegung von durchschnittlich 165 Frauen, 280 Männern und 35 Angestellten mit Kindern zugrunde gelegt, die in folgende Abteilungen zu gliedern waren:

<sup>1)</sup> Vgl. «Die Energiequellen der Erde» in SBZ 1951, Nr. 9, S. 110.

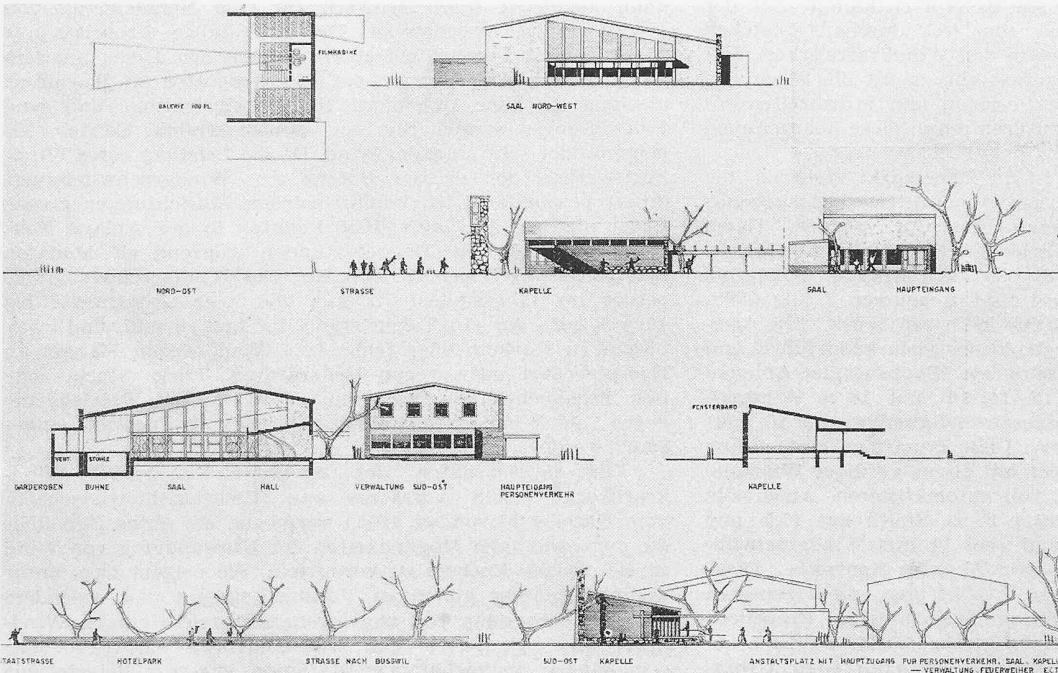
<sup>2)</sup> Vgl. J. Ackeret in SBZ, Bd. 114, S. 41\* (1939) und Bd. 123, S. 71 (5. Febr. 1944).



Südostrfassade der Frauenabteilung 1:800



Südwestfassade der Wirtschafts- und Verwaltungsgebäude 1:800



Kapelle 1:800

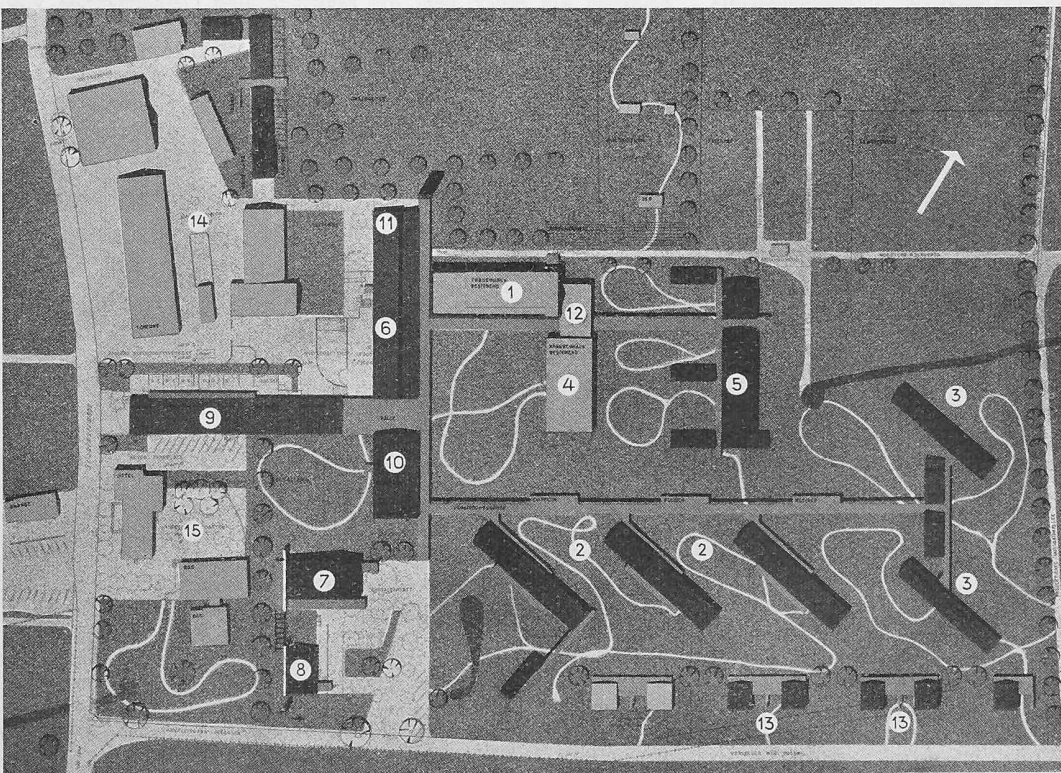
1. Preis (5000 Fr.)  
Entwurf Nr. 10  
Verfasser  
Arch. BERNHARD MATTI, Bern

Entwurf Nr. 10. Der Verfasser entwickelt die Anlage von einem straff zusammengefassten Gebäudekomplex, enthaltend die Verwaltung, Küche, Betriebsabteilungen und Gewerbebauten. Er erschliesst die Wohnabteilungen durch zwei gedeckte Verbindungsgänge, nämlich die im jetzigen Männerhaus befindliche Frauenabteilung und die Idiotenabteilung einerseits und die Männer- und Pensionärabteilung andererseits.

Vorteile: Klare Trennung der Zugänge für Wirtschaftsgebäude von Staatsstrasse und Eingang zum Heim von der Busswilstrasse. Prinzipiell gute Verwertung des Männerhauses als Frauenabteilung mit Waschküche, Lingerie, Flick- und Nähräumen im Untergeschoss, in guter Beziehung zur Idioten- und der gut durchgebildeten Krankenabteilung. Gute periphere Lage der Pensionärabteilung mit direktem Zugang zur Busswilstrasse. Sympathische Ausbildung der Abteilung im Heimcharakter. Gute Ausbildung der Männerabteilung in drei zweigeschossigen, nach Süden abgedrehten Bautrakten, mit grosser Rücksichtnahme auf den Windschutz. Idioten-Abteilung an guter isolierter Lage ohne Einsicht aus anderen Abteilungen, mit gutem, auf reichliche Durchlüftung bedachtem Grundriss. Vorzügliche Zusammenfassung von Verwaltung und Küche an zentraler Lage mit guter Uebersicht auf die Oekonomiegebäude. Räumlich ansprechende Baugruppe von Saalbau und Kapelle. Gute Lage der neuen, niedrigen Angestelltenhäuser an der Busswilstrasse. Trotz strafbarer, klar organisierter Gesamtanlage wird der Heimcharakter gewahrt; die Baukörper ergeben sehr gut proportionierte Garten- und Hofräume. Trotz reichlichem Baukubus für gedeckte Verbindungsgänge zeigt das Projekt einen mittleren Aufwand an Bauvolumen.

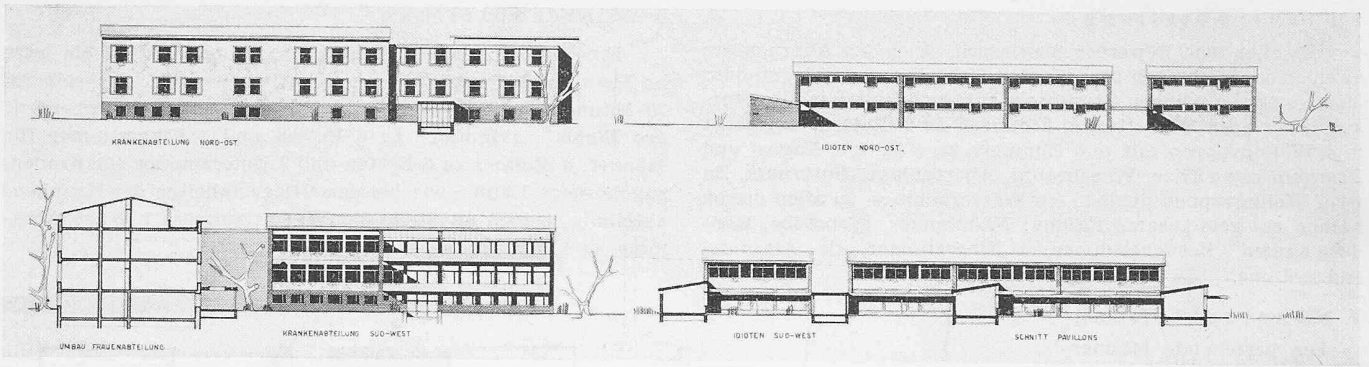
Nachteile: Lange gedeckte Verbindungsgänge

Lageplan 1:2500

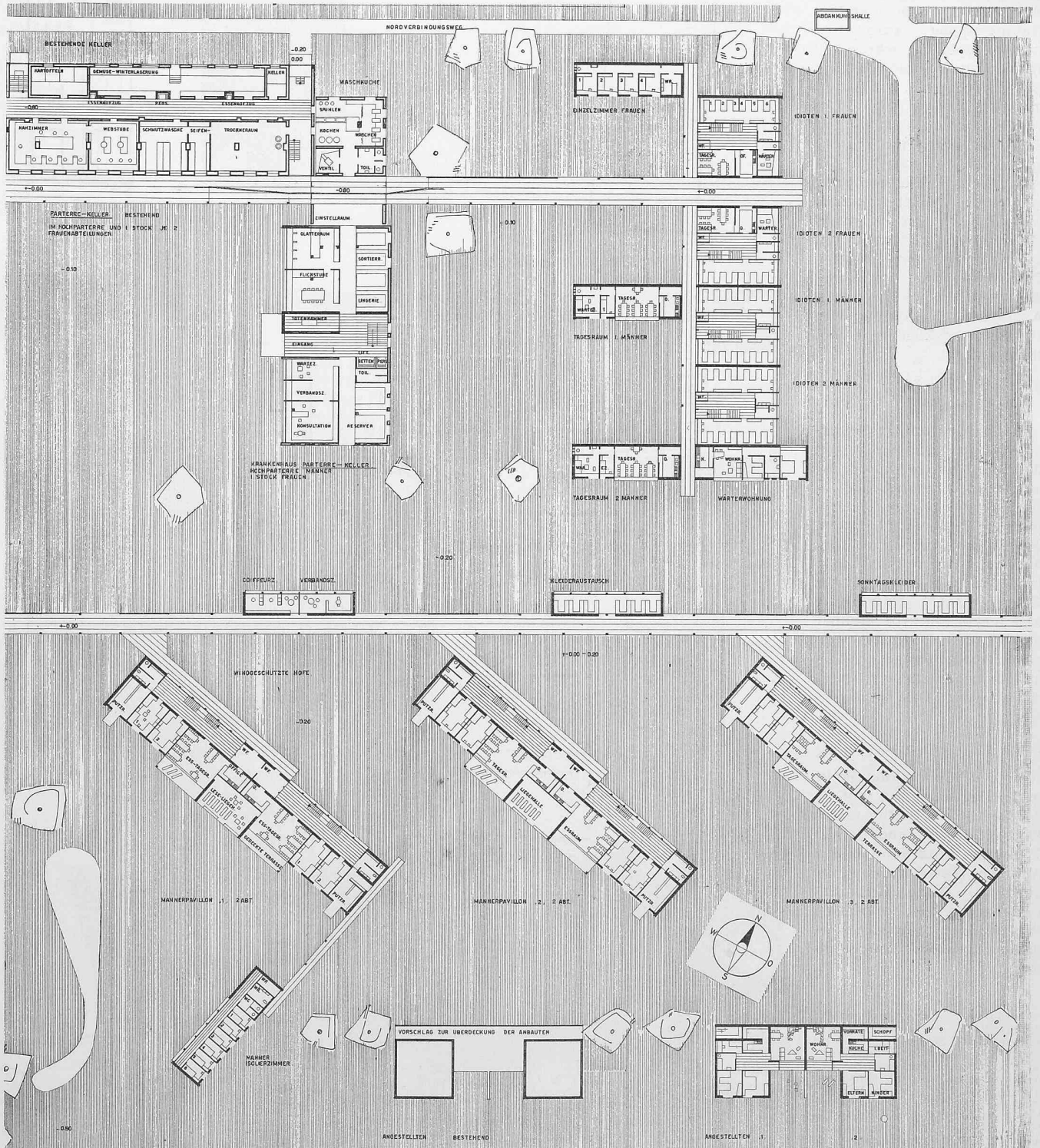


1 Frauen, 2 Männer, 3 Pensionäre, 4 Kranke, 5 Idioten, 6 Gemeinschaftsräume und Küche, 7 Saal, 8 Kapelle, 9 Gewerberäume, 10 Verwaltung, 11 Heizung, 12 Wäscherei, 13 Angestellte, 14 Oekonomie, 15 Hotel

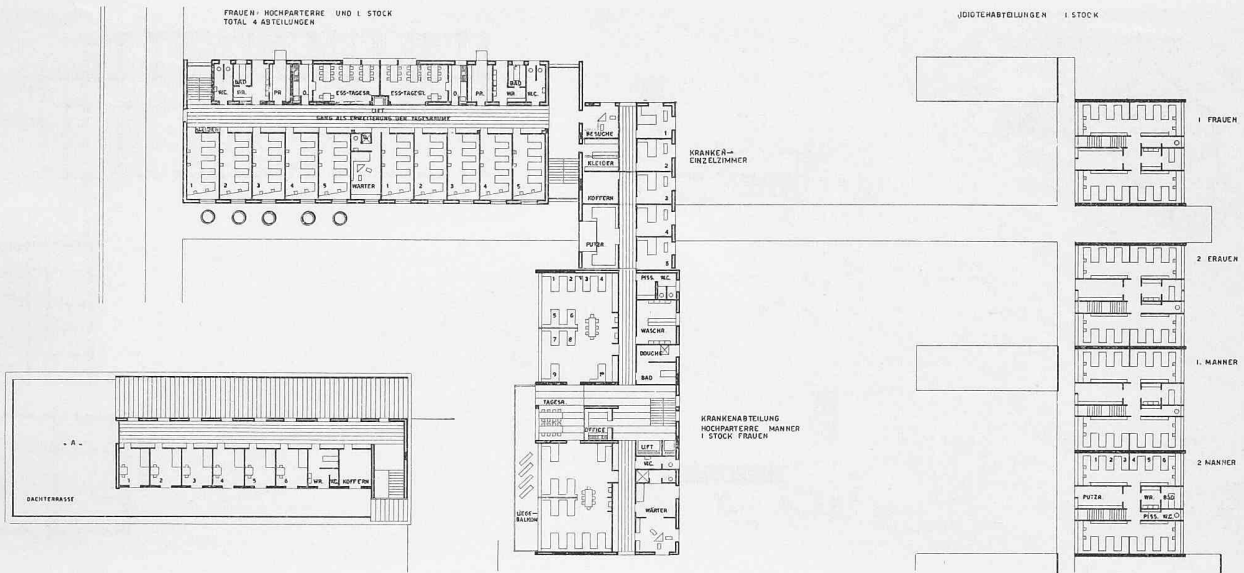




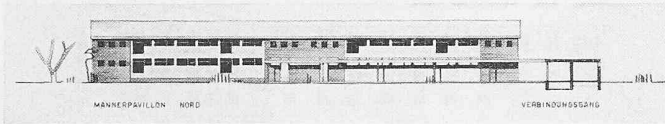
Schnitte und Ansichten der Kranken- und Idiotenabteilung 1:800



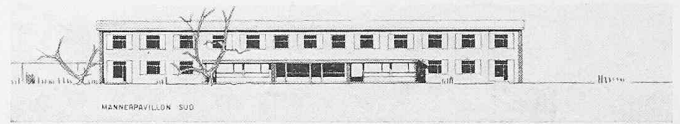
Erdgeschoss der Mittelpartie der Anlage, mit Frauen-, Idioten-, Kranken- und Männerabteilung und Angestelltenwohnhäusern. Masstab 1:800.



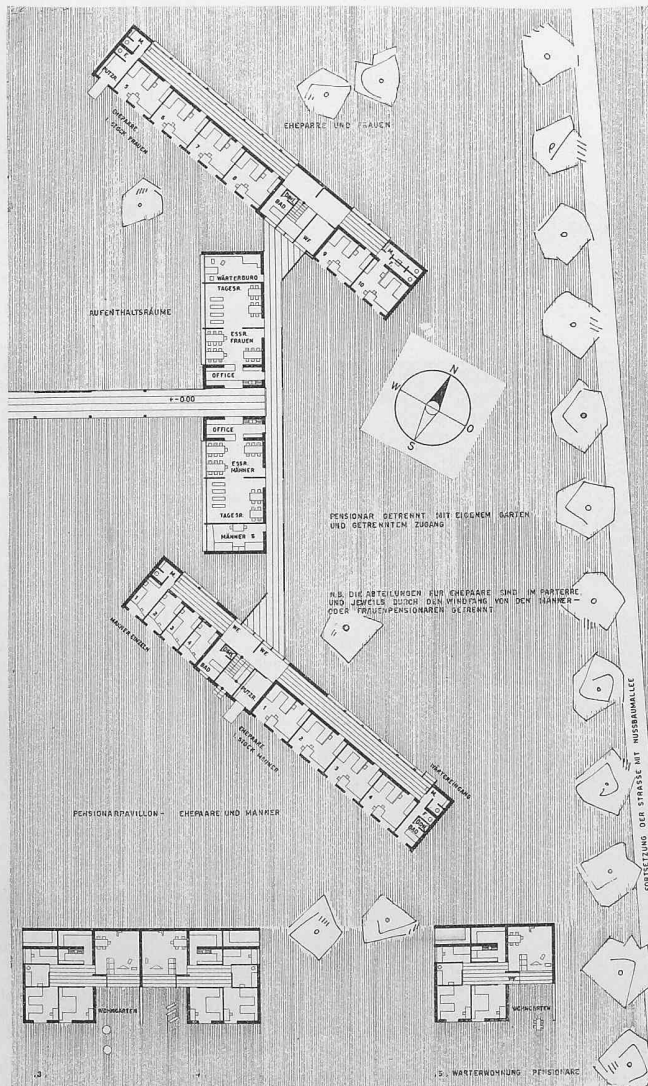
Obergeschosse der Frauen- und Krankenabteilungen 1:800



Nordansicht Männerabteilung



Südansicht Männerabteilung



Erdgeschoss der östlichen Partie der Anlage mit Pensionärabteilung und Angestelltenwohnhäusern, 1:800

6. Gemeinschaftsräume und Küche

Das heutige Küchengebäude muss durch einen Neubau, der in guter, vielleicht sogar gedeckter Verbindung mit den Männer- und Frauenabteilungen steht, ersetzt werden. Speisesaal für Angestellte, Office-Anrichte für die Speiseabgabe. Küchenanlage für rd. 500 Personen.

7. Saal

für 400 Personen in Konzertbestuhlung, mit Bühnen- und Kinoeinrichtung und den üblichen Nebenräumen, Sitzungszimmer, Bibliotheksraum.

8. Kapelle

mit rd. 100 Sitzplätzen.

9. Gewerberäume:

Schmiede, Schreinerei, Korberei, Malerei, Sattler- und Tapeziererraum, Schneiderei, Schusterei mit je einem Materialraum. Holzhaus mit Brennholz- und Bretterlager und Holzplatz, Personalwohnung.

10. Verwaltungsräume:

Eingangsvorplatz für die Anmeldung, Kanzleibüro, Verwalter- und Direktionsbüro, Besuchs- und Sprechzimmer, Verwalterwohnung, Garage. Warenannahme und -abgabe und Lagerräume.

11. Heizzentrale.

Kesselhaus mit Nebenräumen, Warmwasserbereitung, Pumpen- und Verteilraum.

12. Anstaltswäscherei

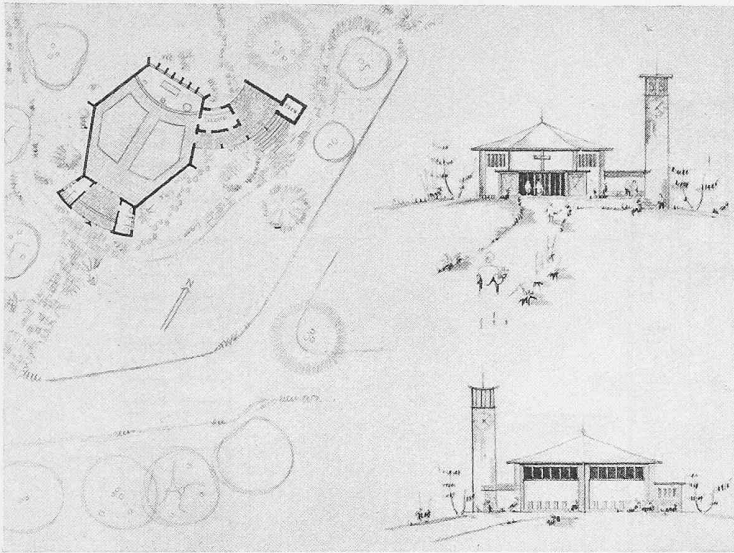
mit Waschküche, Tröckneraum und Nebenräumen.

13. Angestelltenwohnungen

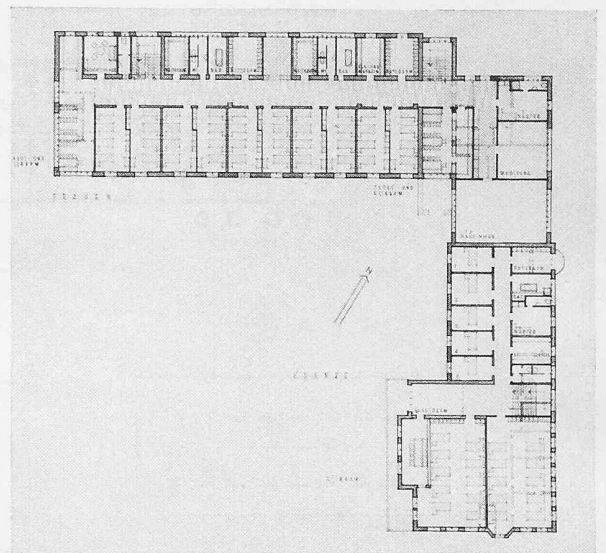
in Ein- und Zweifamilienhäusern.

Aus dem Bericht des Preisgerichts

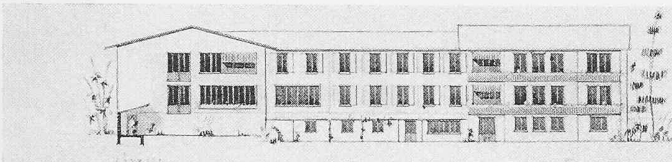
Eingegangen 56 Projekte, die alle zur Beurteilung zugelassen worden sind. Eine Eingabe einiger Bewerber, welche eine Präjudizierung des Preisgerichtsentscheides dadurch befürchteten, dass auf dem Wettbewerbsgelände, ohne das Ergebnis des Wettbewerbes abzuwarten, der Schafstall errichtet und der Schweinestall ausgesteckt worden waren, wurde als belanglos betrachtet, weil bei der Beurteilung der Situations-



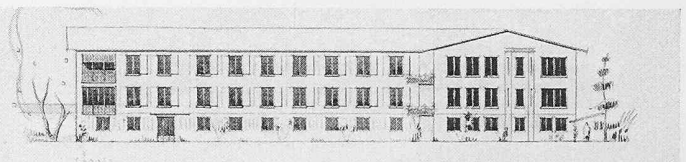
Kapelle 1:800



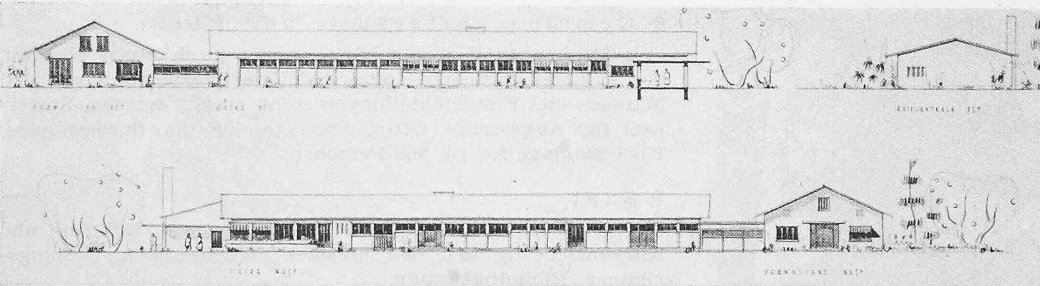
Frauen und Kranke, Hochparterre, 1:800



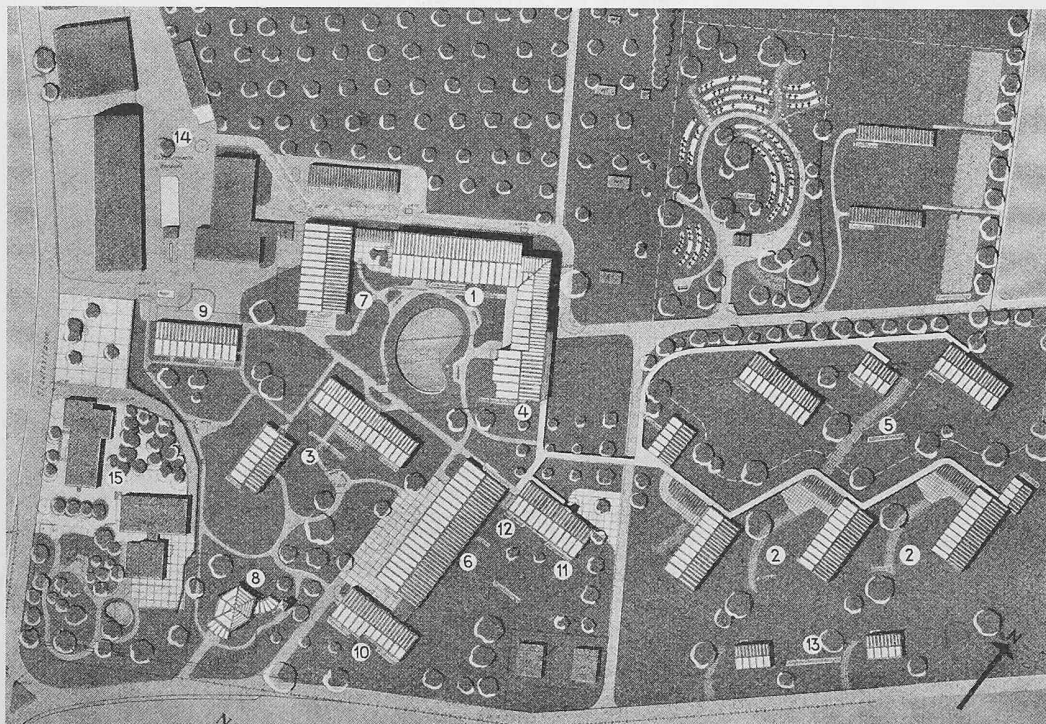
Frauen und Kranke, Südwestfassade



Südostrfassade, 1:800



Oben: Ostfassade Verwaltung, Küche und Heizung, 1:800  
 Unten: Westfassade Küche und Verwaltung, 1:800



Lageplan 1:2500. 1 Frauen, 2 Männer, 3 Pensionäre, 4 Kranke, 5 Idioten, 6 Gemeinschaftsräume und Küche, 7 Saal, 8 Kapelle, 9 Gewerberäume, 10 Verwaltung, 11 Heizung, 12 Wäscherei, 13 Angestellte, 14 Oekonomie, 15 Hotel

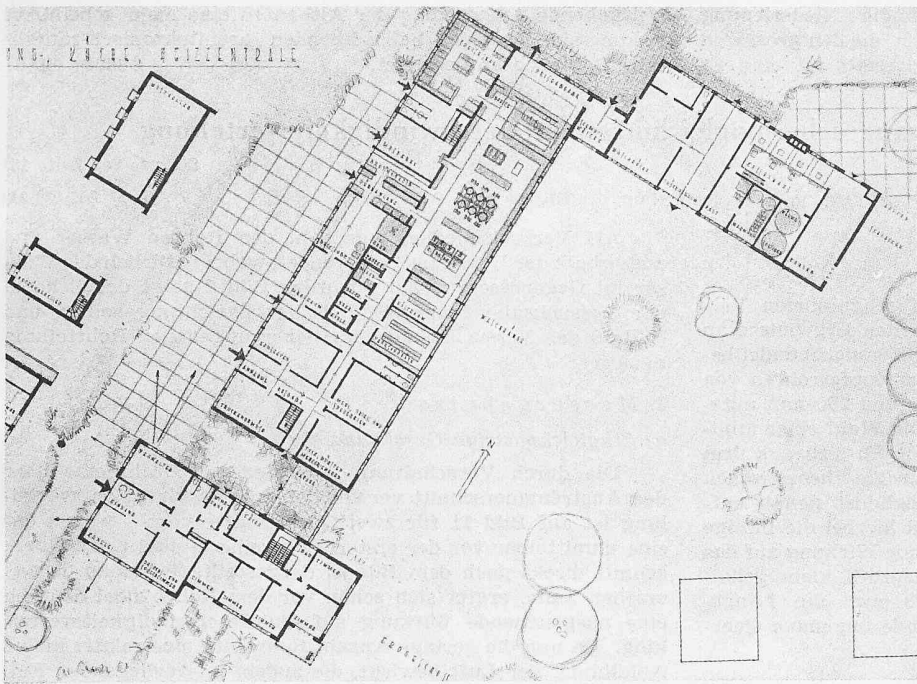
2. Preis (3700 Fr.)  
 Entwurf Nr. 27

Verfasser  
 Arch. FRIEDRICH STALDER, Bern

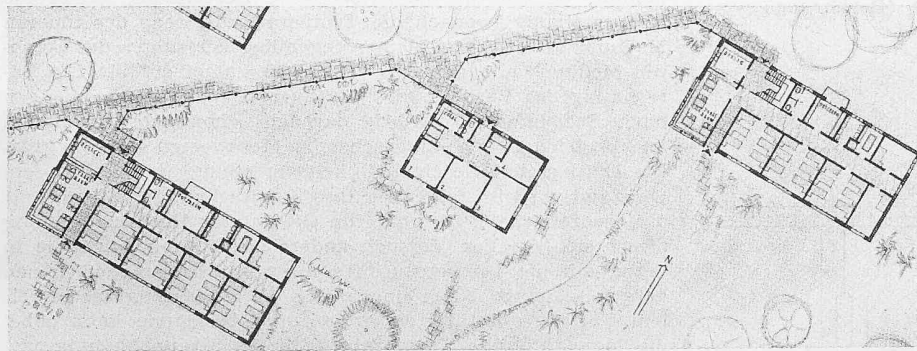
Entwurf Nr. 27. Charakteristisch für das Projekt ist die konsequente Orientierung von doppelbündigen Wohnbauten nach Ost und West, von einbündigen Wohnbauten nach Süden. Die Verwaltung, Küche, Betriebsräume (Heizung) stossen ins Zentrum der Anlage vor. Vor dem Männerhaus entsteht ein grosser trapezförmiger Hof.

Vorteile: Zugang zum Heim grundsätzlich richtig angeordnet. Das alte Männerhaus wird als Frauenhaus umgebaut; der Umbau stellt im allgemeinen eine Verbesserung des alten Grundrisses dar. Der Krankenhaus-Umbau mit klarem Grundriss; im Untergeschoss Lingerie nahe der Wäscherei. Die Pensionärabteilung in guter Lage mit richtiger Disposition der Schlaf- und Tagräume. Lage und Besonnung der Männerabteilung gut. Drei Bauten zu je zwei Gruppen mit gutem Grundriss und richtiger Lage der Tages- und Essräume. Die windgeschützten Sitzplätze im Freien sind sehr nützlich. Der Heimcharakter dieser Abteilung ist gewahrt. Idiotenabteilung in richtiger, isolierter Lage, nahe dem Spital in zwei Gebäuden untergebracht. Gute Grundrisslösung mit sonnigen Räumen. Freistehendes Wärterhaus mit gutem Grundriss. Gute Organisation der Küche mit Nebenräumen, Bureau und Wohnung des Verwalters liegen beieinander. Guter Grundriss. Annehmbare Lage der Kapelle. Angestelltenwohnungen in guter Lage mit gutem Grundriss. Die ganze Anlage ist in ihrem bewusst betonten Heimcharakter ansprechend. Die etappenweise Ausführung ist leicht möglich. Das Projekt zeigt ein verhältnismässig geringes Bauvolumen.

Nachteile: Zugang zu Heizung und Wäscherei von der Busswilstrasse her unerwünscht. Die Schlafzimmer sind zu tief. Die Schränke in den Zimmern sind unerwünscht.



Oben: Verwaltung, Küche. — Erdgeschossgrundrisse 1:800. — Unten: Idiotenabteilung.

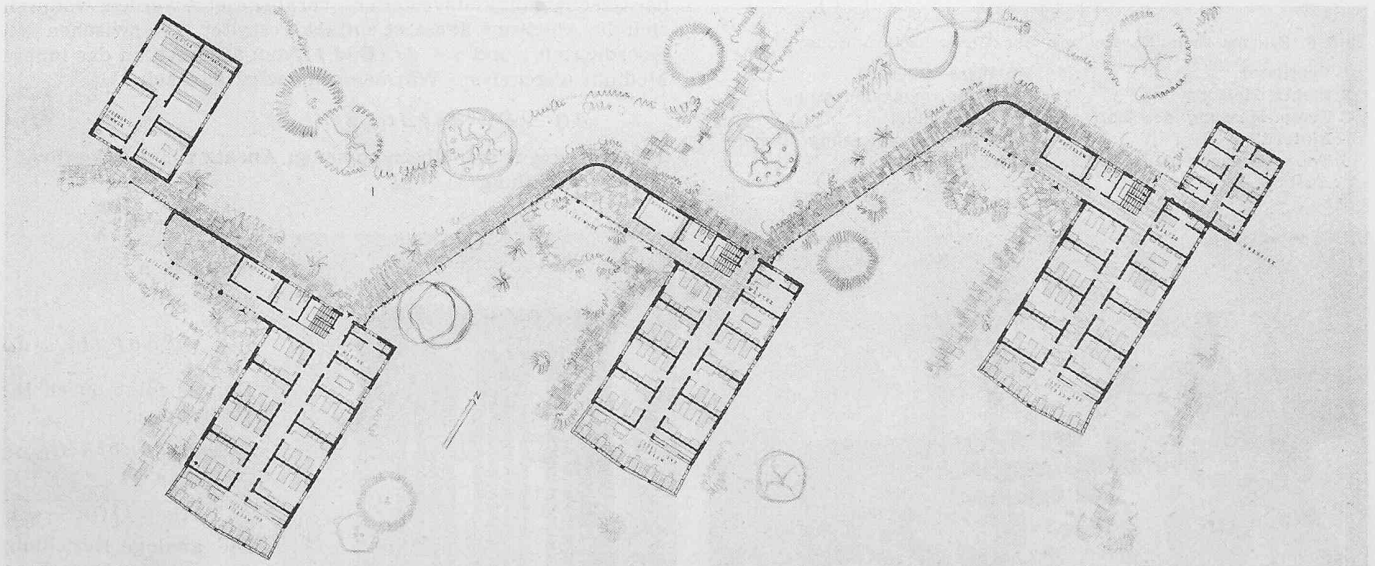


pläne keine Rücksicht auf den nun schon bestehenden Schafstall genommen wurde.

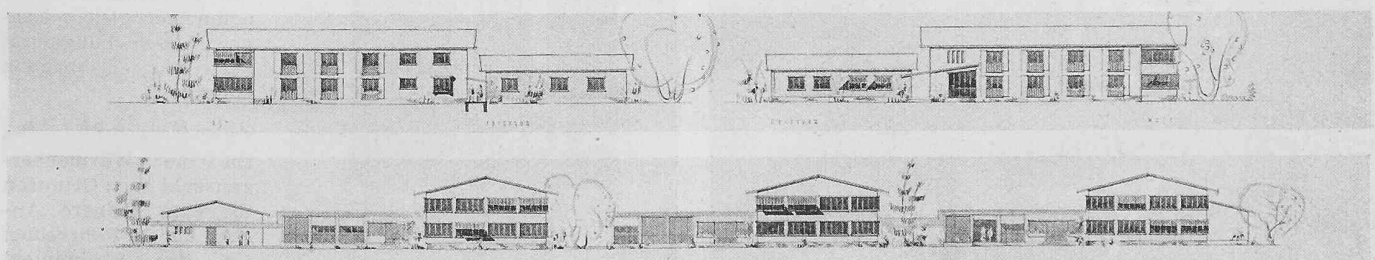
Im ersten Rundgang wurden infolge der guten Qualität der Entwürfe keine Projekte ausgeschieden. Im zweiten Rundgang wurden 11, im dritten 19, im vierten 10 ausgeschieden. In engerer Wahl verblieben 16 Entwürfe.

Zur Prüfung der von diesen Projekten vorgeschlagenen Situationslösungen, betrieblichen Zusammenhänge und insbesondere der Verwendung der bestehenden Anstaltsgebäude nahm das Preisgericht hierauf eine nochmalige Besichtigung des Verpflegungsheimes vor und stellte für die weitere Beurteilung und als Grundlage für eine spätere Bearbeitung der Bauaufgabe folgende Richtlinien auf: Zunächst ist in den Projekten die grosse Vielgestaltigkeit an Vorschlägen festzustellen, die ihren Grund in der verschiedenartigen Verwertung der bestehenden Bauten, in der sehr unterschiedlichen Beanspruchung des Baugeländes und in der verschiedenen Vorstellung der Projektverfasser über die räumlichen Beziehungen der Baukörper untereinander hat. Das vorliegende Material ist reich genug, um eine schlüssige Beurteilung der ganzen Bauaufgabe zu

Pensionärabteilung durch Verkehr im Küchenhof und von Werkstätten beeinträchtigt. Eingegängte Wärterwohnung in Hausmitte. Aufteilung der Pensionäre in zwei Gebäude. Putzraum zu weit vom Eingang. Raumgruppe mit gemeinsamen Räumen etwas exzentrisch gelegen. Mangelnde interne Verbindung mit dem Frauenhaus der Idiotenabteilung. Ungünstige Lage der Verwaltung zu den Oekonomiegebäuden. Unterbringung der Gewerbe im Erdgeschoss ist vorzuziehen. Lage von Waschküche und Heizung inmitten der Wohnbauten und von der Krankenabteilung ist unerwünscht.



Männerabteilung, Erdgeschoss, 1:800



Ansichten der Männerabteilung, oben Ost- und Westfassaden, unten Südfassade, 1:800



ermöglichen. Es zeigt sich, dass eine vollständige Niederlegung der bestehenden Bauten keine Vorteile bietet, die den grösseren Kostenaufwand rechtfertigen würden. Andererseits ist eine zu

weitgehende Auswertung der Altbauten eine mehr scheinbare Oekonomie, die einer befriedigenden architektonisch-räumlichen Gesamtlösung schadet. Schluss folgt

## Verminderung des Wärmedurchganges bei ungleichmässiger Geschwindigkeitsverteilung und ungenauer Rohrteilung

Schluss von Seite 155

Von Dr. Ing. R. GREGORIG und Dipl. Ing. H. TROMMER, Forschungsabteilung der Escher Wyss AG., Zürich

DK 536.242

### IV. Versuche

#### 1. Versuchsanordnung

Der Hauptzweck der anschliessend durchgeführten Versuche war die Ueberprüfung der theoretischen Ergebnisse an einem Querstrom-Wärmeaustauscher. Das Versuchsbündel bestand aus zwei Reihen zu je fünf geraden Kupferrohren von 16 mm Innen-, 18 mm Aussendurchmesser und 260 mm nützlicher Länge in fluchtender Anordnung. Die Wahl einer minimalen Anzahl von nur zwei Rohrreihen ergab sich aus dem Bedürfnis, die Versuchsanordnung den für die theoretischen Berechnungen getroffenen Annahmen möglichst genau entsprechend zu gestalten. Insbesondere wird hierbei die infolge des Druckverlustes entstehende ausgleichende Wirkung auf das ursprünglich vorhandene Geschwindigkeitsprofil klein gehalten. Die genaue Querteilung betrug 28 mm, die Längsteilung 36 mm (2d), und es wurden folgende ungenaue Querteilungen untersucht:

- a)  $L_1 = 23 \text{ mm}$                        $L_2 = 33 \text{ mm}$
- b)  $L_1 = 20 \text{ mm}$                        $L_2 = 36 \text{ mm}$
- c)  $L_1 = 18 \text{ mm}$                        $L_2 = 38 \text{ mm}$  (Berührung)

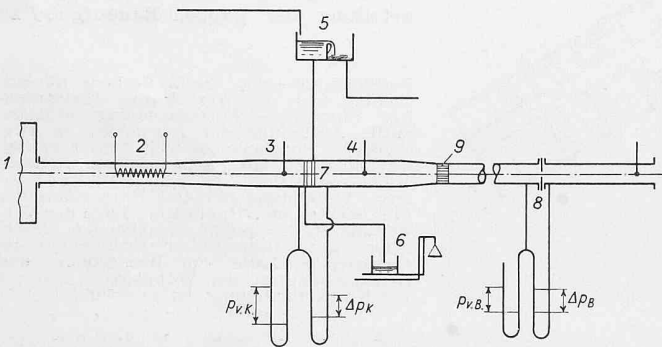


Bild 8. Schematische Darstellung der Versuchseinrichtung.

- |                                      |                              |
|--------------------------------------|------------------------------|
| 1 Ventilator                         | 5 Wasserverfall              |
| 2 Elektr. Heizung                    | 6 Wassermengenmessung        |
| 3 Temp.-Messung der Luft am Eintritt | 7 Rohrbündel                 |
| 4 Temp.-Messung der Luft am Austritt | 8 Luftmengenmessung (Blende) |
|                                      | 9 Gleichrichter              |

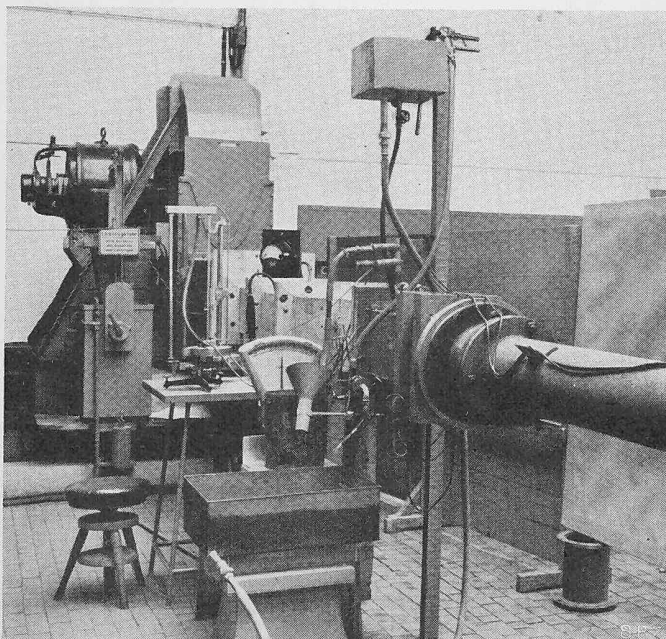


Bild 9. Versuchseinrichtung.

Als Versuchsmedien wurde in den Rohren Wasser und ausserhalb der Rohre Luft verwendet, wobei natürlich das Wasser im Gegenstrom geführt wurde. Bild 8 zeigt das Schema der Versuchsanordnung, Bild 9 die Einrichtung selber, und Bild 10 das Versuchsbündel mit einer ungenauen Rohrteilung nach a).

#### 2. Messergebnisse

##### a) Ungleichmässige Geschwindigkeit

Die durch Vorschaltung verschiedener Drahtnetze über den Anströmquerschnitt verwirklichte Geschwindigkeitsverteilung ist auf Bild 11 für zwei Querschnitte vor — wovon der eine unmittelbar vor der ersten Rohrreihe — und einen Querschnitt direkt nach dem Bündel dargestellt. Wie man daraus ersehen kann, ergibt sich schon vor dem Rohrbündel deutlich eine ausgleichende Wirkung auf die Geschwindigkeitsverteilung. Da nun die geringe Anzahl Rohre nur eine relativ kleine Abkühlung der Luft bewirkt, die zudem im vorliegenden Fall zahlenmässig ungefähr der Erwärmung des Wassers gleichkommt, ist die für die theoretische Berechnung getroffene Voraussetzung, wonach die Temperaturdifferenz des inneren Mediums als sehr viel kleiner gegenüber derjenigen des äusseren Mediums angenommen wurde, hier nicht erfüllt. Die Berechnung des Verhältnisses der übergehenden Wärmemengen nach Beziehung (5) würde darnach schon zum vornherein im Vergleich zu den entsprechenden Messwerten einen zu grossen Einfluss der Geschwindigkeitsverteilung ergeben. Diesem Umstand wird im folgenden insofern Rechnung getragen, als die theoretische Beziehung für  $Q/Q_0$  unter Berücksichtigung dieser sich für den Versuch anders ergebenden Annahme in bezug auf die Temperaturdifferenzen der beiden Medien neu hergeleitet wird. Nach einer durch die Messergebnisse in vollem Umfange bestätigten einfachen Ueberlegung kann dabei die logarithmische Temperaturdifferenz als unabhängig von der Geschwindigkeitsverteilung vorausgesetzt werden, wodurch sich die Ableitung äusserst einfach gestaltet. Die zwischen den Koordinaten  $z$  und  $z + dz$  (Bild 1) vom äusseren an das innere Medium abgegebene Wärmemenge wird darnach

$$dQ = K w^\beta a b f \Delta t_{\log} dz$$

Mit dem von früher übernommenen Ansatz für die Geschwindigkeitsverteilung

$$\omega = \omega_1 + K' \frac{z}{h}$$

ergibt sich

$$dQ = K \times \frac{h}{K'} w_0^\beta a b f \Delta t_{\log} \omega^\beta d\omega$$

Daraus folgt durch Integration

$$Q = K w_0^\beta a b f h \Delta t_{\log} \times \frac{\omega_2^{\beta+1} - \omega_1^{\beta+1}}{(\beta+1)(\omega_2 - \omega_1)}$$

Die analoge Beziehung für die abgegebene Wärmemenge bei angenommener gleichmässiger Geschwindigkeitsverteilung ergibt ganz einfach

$$Q_0 = K w_0^\beta a b h f \Delta t_{\log}$$

Da die Wärmeübergangszahl nach Grimison für eine kleinere Anzahl als 10 Rohrreihen (in der Strömungsrichtung) eine be-

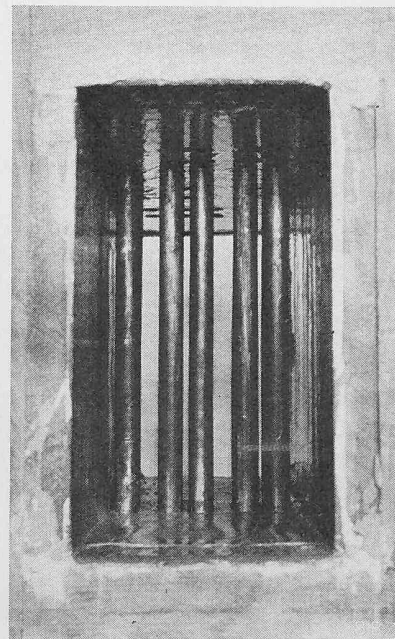


Bild 10. Rohrbündel mit ungenauer Teilung.