

**Zeitschrift:** Schweizerische Bauzeitung  
**Herausgeber:** Verlags-AG der akademischen technischen Vereine  
**Band:** 125/126 (1945)  
**Heft:** 20

**Artikel:** Das neue Seewasserwerk der Gemeinde Steckborn  
**Autor:** Wegenstein, M.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-83751>

#### Nutzungsbedingungen

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

#### Conditions d'utilisation

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

#### Terms of use

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

**Download PDF:** 17.01.2026

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

völlig genügend für weit längere Zeit als eine übliche Liegedauer von rund 30 Jahren.

Ein Friedhof, der weisse, schwarze, rote, braune, grüne, gelbe und bunte Steine zulässt, gespitzte, polierte, reguläre und irreguläre Formen, muss zu einem Bazar der menschlichen Geschmacklosigkeiten führen. Der Reichtum des Lebens — er ist schön als Symbol des lärmenden Treibens — verbietet sich auf den Stätten der Toten. Materialeinheit lässt Freiheit der Formengestaltung zu. Man fürchte nicht, dass Monotonie entstehe — so wenig wie bei den Menschen, die alle aus gleichem Fleisch und Bein bestehen und doch nicht uniform erscheinen.

Was innerhalb des ganzen Friedhoffeldes gilt, hat auch Geltung für den einzelnen Grabstein. Schon die Verwendung zweier Materialien (z. B. Bronze und Stein, Farbe und Stein, verschiedene Steine) stört die Harmonie der Einheit. Auch verschiedene Bearbeitungsweisen (geschliffene Flächen auf gespitzer Grundlage usw.) zerreißen dissonant den ruhigen Klang, den das Naturprodukt gewöhnlich hat, bevor es in die Bearbeitung der Maschinen des Menschen gelangt. So schön gelegentlich dunkel patinierte Bronzeplatten oder Bleiplatten auf Stein wirken: so nicht das eine Material das entschiedendste Uebergewicht hat, wird nie ein Gefühl der Einheit und damit der vollen Ruhe entstehen<sup>3)</sup>. Holzkreuze mit Blechbedachung: zwei Elemente. Holzkreuze mit Bronze-Cruzifixen: nie entsteht das selbe überzeugende Gefühl der Einheit, wie wenn der Corpus des Herrn ebenfalls aus Holz geschnitten ist. Schon die farbige Belegung einer gekerbten Schrift — in Holz oder Stein — stört die schöne Einheit. Bei dunklen Steinen (z. B. Serpentin) tritt oft die Steinschrift hell heraus: bereits ein störendes Element für denjenigen, der etwas sensitivere Sinne besitzt.

Da wir als Menschen zerrissen sind in tausend Verästelungen unserer Sinne und Gedanken, sehnen wir uns nach der grossen, ruhigen Einheit, der allumfassenden Stille, die wir Gott nennen. Das Gefühl für Materialeinheit entwickeln heisst somit, uns näher in Gott hinein zu bilden, in dem sich alle Gegensätze auflösen und alle Disharmonien zu wohlautendem Klang werden! Die Frage Material-Einheit oder Vielheit? spitzt sich damit zu auf die entscheidende Frage, ob auf dem Friedhofe Gott das letzte Wort haben soll oder der Mensch. Fromme Einheit des Glaubens hat — wie die Herrnhuter Grabmale u. a. sehr schön zeigen — sowohl zu einheitlichem Material als auch einheitlicher Form geführt: das Beispiel ist beweiskräftig für unsere These. Materialeinheit heisst damit auch Ergebung in das Schicksal, das uns von Gott bestimmt ist. Materialeinheit setzt ohne weiteres eine material-wahre Bearbeitung voraus. Die Stille, die daraus entsteht, dass keine Materialvielheit im Spiel ist, gibt das dritte Element hinzu, das wir für ein würdiges Grabmal als notwendig erachten.

Einheit oder Vielheit? Gott oder Mensch? die Antwort kann angesichts der Tatsache des Todes nur eindeutig sein.

#### Von Schriften und Inschriften

Bei den Grabdenkmal-Reformern wird im allgemeinen die Bedeutung der Schriftschönheit stark in den Vordergrund aller Erörterungen gerückt. «Das Grabmal ist ein Schriftträger und nur ein Schrift-Träger», lautet die dahingehende Uebersteigerung. Es gibt nach unserm Dafürhalten nur zwei Fälle: hässliche Schriften: nicht materialechte, und grundsätzlich gute Schriften: materialgerecht gearbeitete. Hässliche Schriften sind — auf Stein — alle Nichtsteinschriften, Bronze-, Blei-, Farbschriften. Ist eine Schrift steinecht oder holzecht oder — innerhalb eines Broncemailes — bronceecht, so spielt die Form der Schrift keine besonders grosse Rolle. Aber was heisst Steinrichtig? Es gibt Reliefschriften in Stein, die wirken wie aufgeklebte Bronze-Buchstaben. Bei Gravur besteht die Gefahr nicht. Reliefschriften in Stein sind dann steingerecht, wenn der ausgehobene Stein an Masse und Fläche gleichwertig ist oder wenigerwertig als die Steinmasse, die als Steg zurückblieb. Nur dann besteht das Gefühl des Eingebundenseins im Stein (Abbildung 7). Wer um dieses Grundgesetz weiss, wird eventuell den Schriftsatz vergrössern, um die Masse, die auszuheben ist, zu verringern. Ist das nicht möglich, so ist nur die Gravur angemessen. Mit dem Sandstrahl geblasene Schriften sind immer hässlich, selbst wenn die Schablone gute Buchstaben-Typen aufweist; sog. «falsche» Reliefschriften, d. h. ganz flache, können dann noch gut sein, wenn die Behandlung des übrigen Steines erweist, dass nicht Kostenerwägungen oder Bequemlichkeitsgründe zu einer Reduktion der Buchstabentiefe geführt haben. Dass eine gepflegte Antiqua schöner ist, als eine Zeitungs-Blockschrift, ist natürlich nicht zu leugnen; ist aber die Blockschrift aus dem Stein herausentwickelt, wird sie von selbst die Bezeichnung «Zeitungs-Blockschriften» ad absurdum führen. Im übrigen: das hilflose Gekritzeln eines Kindes, das seinen Namen in den Stein einkratzt, ist schöner — weil steingerechter — als die klassischste Fraktur, die geblasen ist.

Mehr als die Schrift scheint uns heute die Inschrift grösserer Sorgfalt bedürftig. Wie kläglich armselig sind hier heute viele Grabdenkmäler. Da steht auf Tausenden von Steinen das eine Wort «Unvergesslich». Auf andern «Warum?» Auf dritten «Zu früh» usw. Oder es stehen Reimereien der Art «Du starbst für uns zu früh, wer dich gekannt, vergisst dich nie.» Und doch: so sehr etwa ein Spruch wie «zu früh» noch mit Gott hadert und es besser weiss als der Herr (zu dem sich dann womöglich noch ein Kreuz oder ein Herz-Jesu-Symbol bekennt): es ist in diesen kümmerlichen Poesie-Resten immer noch mehr Gefühl enthalten als in jenen Inschriften, die zum blossem Namenregister hinabgesunken sind und dazu nicht mehr vertraten als noch die Lebensdaten. Wie vorbildlich ist hier etwa der römische Stein eines Kindergrabs, der im 18. Jahrhundert auf dem Lindenhof gefunden wurde. Er gibt nicht nur den Namen des Kleinen, sondern seine Jahre, Monate und Tage. Dazu kommt der Name des Vaters und sein Beruf und der Name der Mutter. Und zuletzt heisst es: «sie setzten diesen Stein ihrem süssten Knaben». Die ganze Liebe und Trauer eines Elternpaars, die dem Tod ihren Tribut leisten mussten, spricht aus dem Dokument aus Stein. Oder wie unvergesslich ist es, plötzlich auf einem Friedhof einem so tiefen Worte zu begegnen wie demjenigen Augustins: «Unruhig ist unser Herz, bis es ruht in Dir o Gott» (Abb. 30).

Eine reichere Ausbildung der Texte auf unsern Grabdenkmälern ist indessen ebenfalls gebunden an eine vermehrte Verwendung von Weichsteinen. Die harten Granite zwingen dazu, mit den Worten zu geizen. Da setzt man höchstens die Bibelstelle mit Abkürzung hin: das herrliche Wort Gottes in Stein zu meisseln — nein, das käme doch zu teuer!

Und wie wohltuend wäre doch mancher Konfirmandenspruch des Vaters für die Söhne und Töchter, die das Grab besuchen? Wie schön wäre es, einem edeln Dichterwort unverhofft begegnen zu dürfen auf der Stätte der Toten, wo das Herz besonders aufnahmefähig ist. Ist es nicht packender, auf dem Grabe eines verunglückten Berggängers zu lesen: «Ich hebe meine Augen auf zu den Bergen, von denen mir Hilfe kommt», statt immer wieder dem selben Gletscherseil und Pickel im Oval begegnen zu müssen?

Die Zürcher Ausstellung konnte an ihren Anfang einen schönen Schriftstein stellen, dessen Text auch hier den Ring unserer Aufführungen beschliessen möge, wie er dort den Eintretenden empfing und den Fortgehenden tröstlich begleiten mochte. Es war der berühmte Hymnus des Amenophis. Da die Sonne, das göttliche Gestirn, mit seinem Untergang und seiner immer wiederkehrenden Auferstehung zu neuem Wirken, Urkern auch unseres Unsterblichkeitsglaubens ist, vermittelte die Worte wohl mehr als nur historische Werte: Sie geben auch einen Einblick in das Werden unserer Vorstellungen, die heute in das Zentrum des höchsten Glanzes die Gestalt Christi setzen.

HERRLICH ERHEBST DU DICH  
AM HIMMLISCHEN LICHTBERG,  
EWIGE SONNE, URSPRUNG DES  
LEBENS! WENN DEIN GLANZ  
IM ÖSTLICHEN HIMMELSFELD  
AUFSTEIGT, WIRD DIE WELT SO  
LICHT VON DEINER SCHÖNHEIT.  
DENN DU BIST SCHÖN, DU BIST  
GROSS, DU FUNKELST UNIRDISCH  
UND DEINE STRÄHLEN UMARMEN  
ALL DEINE SCHÖPFUNG.

#### Das neue Seewasserwerk der Gemeinde Steckborn Von Dipl. Ing. M. WEGENSTEIN, Zürich

Die Ortsgemeinde Steckborn besitzt seit den 90-iger Jahren des vergangenen Jahrhunderts eine Wasserversorgungsanlage, die bis 1943 ausschliesslich von hochgelegenen Quellen gespeist worden ist. Diese Quellen fliessen mit natürlichem Gefälle einem oberen Feuerreservoir von 200 m<sup>3</sup> Inhalt und einem unteren Trinkwasserreservoir von 600 m<sup>3</sup> Inhalt zu. Der Wasserspiegel des letzteren liegt rd. 85 m über dem Mittelwasserspiegel des Untersees, sodass im Rohrnetz der hauptsächlichsten Wohngebiete Betriebsdrucke von 5 bis 8 at vorhanden sind. Eine im Jahre 1932 vorgenommene Vermehrung des Quellzuflusses durch neue Fassungen und der Neubau einer zusätzlichen Reservoir-Kammer genügten wohl für einige Jahre, konnten aber nicht verhindern, dass der Ertrag aller angeschlossenen Quellen im niederschlagsarmen Sommer des Jahres 1943 derart zurückging, dass die Wasserabgabe aus dem Ortsnetz an die Abonnenten zeitweise für mehrere Stunden im Tag unterbrochen werden musste.

<sup>3)</sup> Für die Bepflanzung gelten die gleichen Grundsätze!

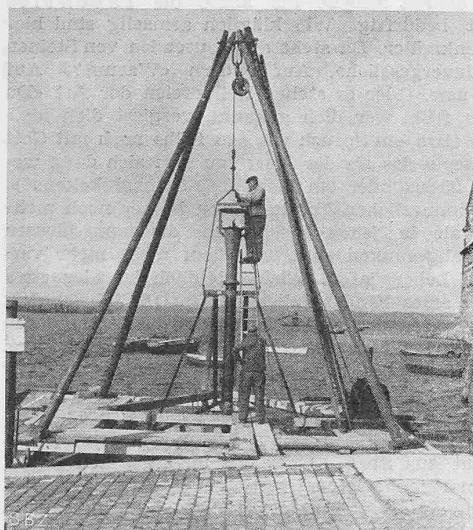


Abb. 2. Montage des 4 m hohen Einlaufbauwerks, das am äussern Ende der Seeleitung montiert, zusammen mit dieser auf den Seeboden in 30 m Tiefe versenkt worden ist

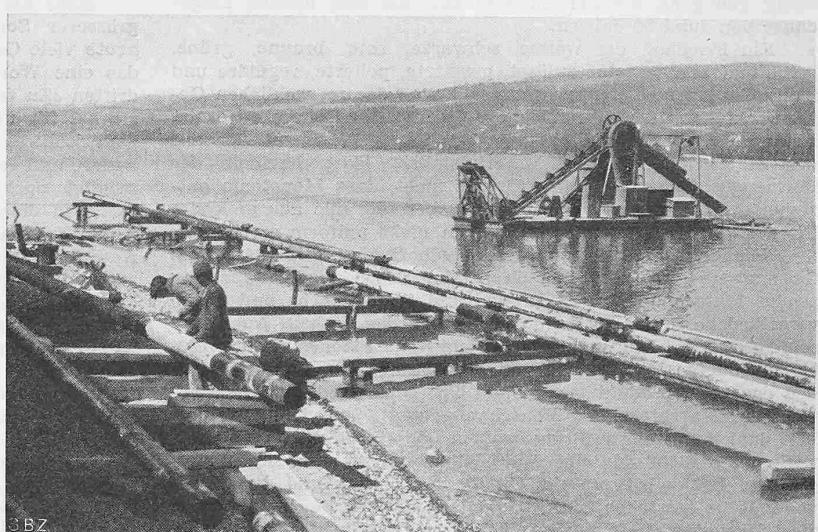


Abb. 3. Zusammensetzen der mit geteilter Jutewicklung gegen Korrosion geschützten Mannesmannrohre von 200 mm Durchmesser und Umwickeln der Muffenverbindungen mit Densobinden

Schon im Jahre 1932 hatte man daran gedacht, das fehlende Wasser aus dem Untersee zu beziehen. Das Vorurteil gegen Seewasser der, mit der Belastung ihres Sees durch Schmutzwasser und Abfälle aller Art nur allzu vertrauten Bevölkerung von Steckborn war aber noch zu gross. Trotzdem wurden schon im Jahre 1932 vorsichtigerweise durch das Laboratorium des thurgauischen Kantonschemikers an vier Punkten A bis D (Abb. 1) Wasserproben entnommen. Als erste Massnahme wurden daher im Herbst 1943 erneut Wasserproben aus dem Untersee, wiederum an vier verschiedenen Stellen, entnommen und untersucht (Punkte 1 bis 4 in Abb. 1). Die Untersuchungs-Ergebnisse der Probe-Entnahmen aus beiden Jahren sind in Tabelle 1 zusammengestellt.

Aus diesen Seewasser-Untersuchungen ergeben sich nun folgende wichtigste Schlussfolgerungen: 1. Das Wasser des Untersees ist sowohl nördlich wie westlich des Stadtkerns von Steckborn praktisch gleichwertig und entspricht den Anforderungen des schweizerischen Lebensmittelgesetzes; 2. In Anbetracht des Vorkommens von Koli-Bakterien in den Proben C und 2 und der Reaktion der Proben 2 und 4 auf salpetrige Säure soll die Fassung des Seewassers außerhalb einer durch die Punkte 1 und 3 bestimmten Linie erfolgen; 3. Die Qualität des Unterseewassers hat sich in den elf Jahren von 1932 bis 1943 praktisch nicht verschlechtert.

Besonders der letzte Umstand brachte die in einzelnen Teilen der Bevölkerung gegen die Verwendung von Seewasser zu Trink- und Brauchzwecken immer noch vorhandene Opposition zum Verstummen, umso mehr, als im Sommer 1943 durch den Geologen Dr. J. Hug aus Zürich vorgenommene geologisch-hydrologische Untersuchungen ergeben hatten, dass in Steckborn und dessen unmittelbarer Umgebung keine Grundwasservorkommen erwartet werden dürfen, die eine Ausnützung zur Lieferung des von der Gemeinde benötigten Wassergewalts aussichtreich er-

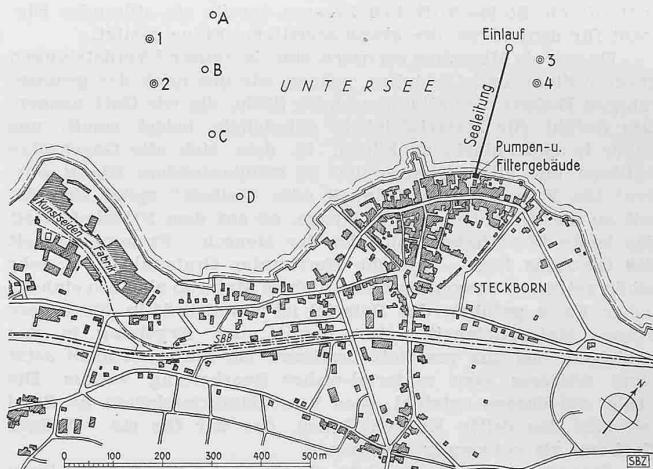


Abb. 1. Lageplan 1:14000 des Stadtkernes von Steckborn mit den verschiedenen Stellen der Entnahme von Wasserproben und der endgültigen Lage der Seeleitung

scheinen lassen. Im Dezember 1943 ist daher der Bau eines Seewasserwerkes beschlossen worden.

Das vom Verfasser ausgearbeitete Projekt weist eine Fassungsstelle des Seewassers rd. 40 m westlich der Probeentnahmestelle 3 auf (Abb. 1), die sich 265 m vom Ufer entfernt befindet. Gegenüber der Fassungsmöglichkeit in der Nähe des Punktes 1 hat diese Lösung den hauptsächlichsten Vorteil, dass die eigentliche Seeleitung um gut 200 m kürzer wird und dass das Wasser in der Nähe des Verbrauchs-Schwerpunktes des Versorgungsgebietes in das bestehende Rohrleitungsnetz gepumpt werden kann. Die Seetiefe an der gewählten Stelle beträgt rd. 30 m

unter Niederwasserstand des Seespiegels. Das Wasser wird in rd. 4 m Höhe über Seeboden gefasst (Abb. 2) und schwankt in seiner Temperatur je nach der Jahreszeit zwischen 4° und 10° C. In einer auf dem Seegrund verlegten Rohrleitung aus innen und aussen heiss geteerten Mannesmannröhren von 200 mm Lichtweite (Abb. 3) gelangt es in den Saugschacht des Pumpenhauses. Der Einlauf der Rohrleitung in diesen kann zur Vornahme von Revisionen- und Reinigungsarbeiten durch einen vom Pumpenraum aus bedienbaren Schieber abgeschlossen werden (Abb. 4, Schnitt B).

Tabelle 1: Chemisch-bakteriologische Seewasser-Untersuchungen

Datum der Probe-Entnahme:	22. September 1932				24. September 1943			
	A	B	C	D	1	2	3	4
Seetiefe . . . . . m	30,5	30,0	30,0	23,0	30,8	29,8	29,0	27,3
Tiefe der Probeentnahme . rd. m	27,0	27,0	27,0	20,0	27,0	26,0	25,0	24,0
Wassertemperatur { Entnahmestelle	10°	10°	10°	12,7°	9,5°	9,0°	9,5°	9,5°
Seeoberfläche	19,5°	19,5°	19,5°	19,5°	17,5°	17,5°	18°	18°
Organische Substanz in mg/l . . .	39	46	36	36	40	41	40	41
Ammoniak . . . . .	0	0	0	0	0	0	0	0
Salpetrige Säure . . . . .	0	0	0	0	Spur	deutl. Reaktion	Spur	deutl. Reaktion
Salpetersäure, gebunden . . . . .	Spur	Spur	Spur	Spur	Spur	Spur	Spur	Spur
Chlor gebunden in mg/l . . . . .	3	3	4	4	6	4	5	4
Vorübergehende Härte, französ. ° .	13,0	13,0	13,0	13,0	13,5	13,0	13,5	13,5
Keimzahl pro cm³ . . . . .	25	25	35	80	1	4	5	8
Kolibakterien . . . . .	keine	keine	vorh.	keine	keine	vorh.	keine	keine

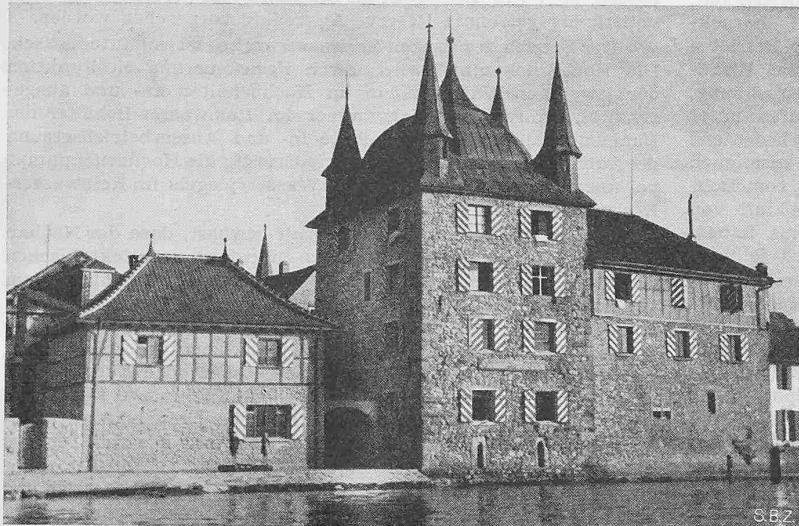


Abb. 5. Das Pumpen- und Filtergebäude (Arch. W. KAUFMANN) neben dem «Turmhof» in Steckborn

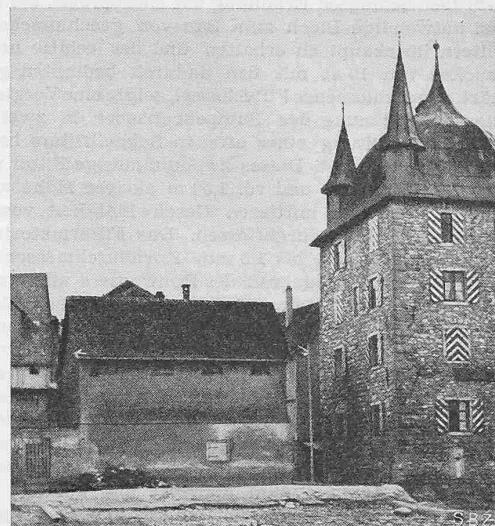


Abb. 6. Früherer Gefängnisbau

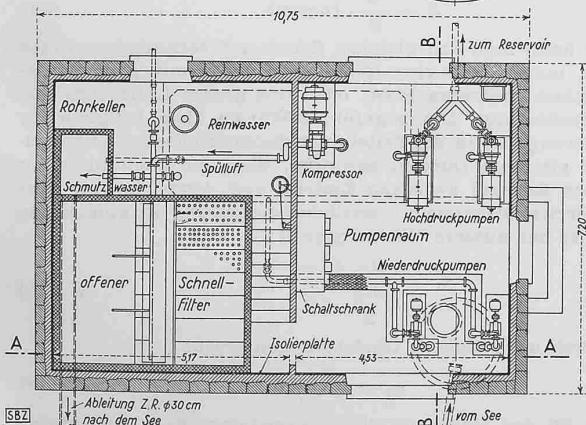
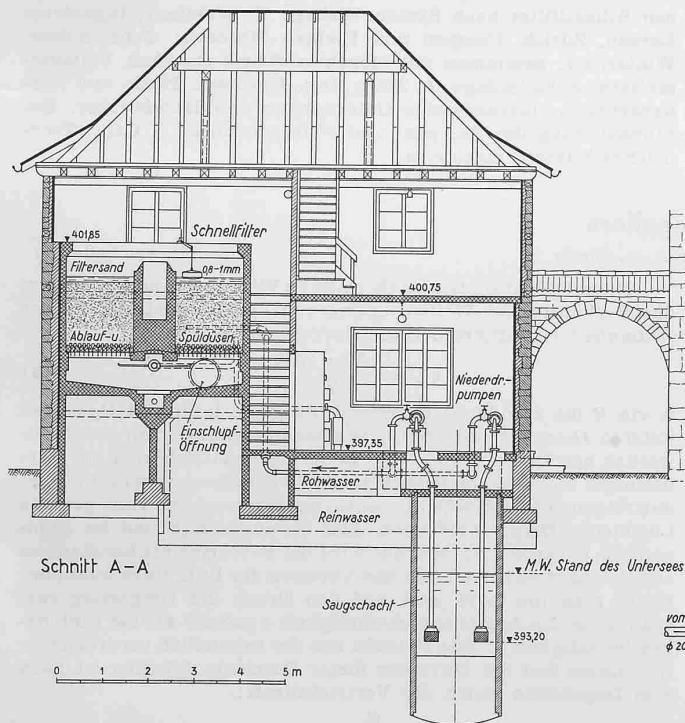
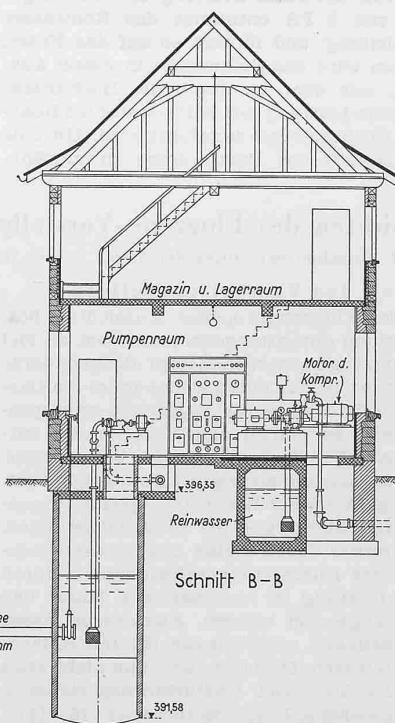


Abb. 4. Pumpen- und Filtergebäude des Seewasserwerks Steckborn. Grundriss und Schnitte 1:150. — Ing. M. WEGENSTEIN

Bei der durch die chemisch-bakteriologischen Untersuchungen erwiesenen, ausgezeichneten Qualität des Unterseewassers kann einstweilen auf Chlorierung oder eine andere chemische Behandlung verzichtet werden. Dagegen ist das Seewasser von



trages den Pumpenbetrieb möglichst in die Zeit des billigen Stromtarifes legen zu können, anderseits aber eine Ueberdimensionierung von Pumpwerk und Schnellfilter für deren Normalbetrieb zu vermeiden, wurde die Forderung aufgestellt, dass die Förderung des grössten Tagesquantums von 720 m<sup>3</sup> innerhalb 20 Stunden zu erfolgen habe, sodass die Leistungsfähigkeit von Pumpwerk und Filteranlage zu 600 l/min gewählt worden ist.

In verschiedenen Seewasser-pumpwerken ähnlicher Grösse, die vom Verfasser vor dem Krieg projektiert und gebaut worden sind, wird das aus dem See entnommene Rohwasser in einstufigem Betrieb durch einen geschlossenen Hochdruck-Sandfilter direkt ins Verbrauchsnetz oder mittelst eigener Leitung dem Hochreservoir zugeführt. Als Folge der durch den Weltkrieg

#### Tabelle 2: Wasserhaushalt

2200 Einwohner zu 250 l/Kopf/Tag . . . . .	=	550 m <sup>3</sup> /Tag
100 Stück Grossvieh zu 100 l/Kopf/Tag . . . . .	=	10 m <sup>3</sup> /Tag
Zuschlag für Spitzenbedarf an heißen Sommer- tagen rd. 40 % . . . . .	=	220 m <sup>3</sup> /Tag
Wasserverbrauch der Kunstseidefabrik . . . . .	=	100 m <sup>3</sup> /Tag
Wasserverbrauch der «Bernina»-Fabrik . . . . .	=	50 m <sup>3</sup> /Tag
Zuschlag für Entwicklung bis 1970 rd. 30 % . . . . .	=	270 m <sup>3</sup> /Tag
Grösster, voraussichtlicher Wasserverbrauch . . . . .	=	1200 m <sup>3</sup> /Tag
	=	835 l/min

1939/1945 bedingten Erhöhung der Eisenpreise, der Schwierigkeit, das notwendige Blech zum Bau von geschlossenen Hochdruckfiltern überhaupt zu erhalten und des relativ hohen Betriebsdruckes von 10 at mit den dadurch bedingten grossen Wandstärken geschlossener Filterkessel, zeigte eine Vergleichsrechnung, dass die Trennung des Pumpenbetriebes in zwei Stufen unter Zwischenschaltung eines offenen Schnellfilters heute bedeutend wirtschaftlicher ist. Dieses zweikammerige Filter von zusammen 10,5 m<sup>2</sup> Oberfläche und rd. 1,50 m aktiver Höhe wird vom Rohwasser mit einer mittleren Geschwindigkeit von 3,43 m/h von oben nach unten durchflossen. Das Filtermaterial aus feinem Quarzsand von 0,8 bis 1,0 mm Korndurchmesser wird je nach dem Verschmutzungsgrad des Rohwassers alle ein bis zwei Monate gereinigt. Für diese Reinigung kann das Spülwasser direkt aus der mit dem Ortsnetz in Verbindung stehenden Druckleitung bezogen werden, wobei durch Umstellung hiefür vorgesehener Schieber die zwischen den Filterkammern gelegene Zulaufrinne für das Rohwasser zur Ableitung des verschmutzten Spülwassers in den See benutzt werden kann. Die, zur Intensivierung der Reinigung des Sandes, zusammen mit dem Spülwasser unter den Filterboden eingeführte Luft wird von einem besonderen Kompressor im Pumpenraum geliefert und gelangt durch 700 im Filterboden versetzte Porzellandüsen gleichmässig verteilt unter das Filtermaterial, das sie zusammen mit dem Spülwasser von unten nach oben durchläuft (Abb. 4).

Die Zubringerpumpe von 600 l/min Leistung mit direkt gekuppeltem Elektromotor von 3 PS entnimmt das Rohwasser dem Saugschacht der Seeleitung und fördert es auf das Filter. Nach Durchlaufen desselben wird das Reinwasser in einem Ausgleichbehälter gesammelt, aus dem es durch die Hochdruckpumpe von ebenfalls 600 l/min Leistung mit 20 PS-Motor ins Rohrnetz und durch dieses dem Hochreservoir zugeführt wird. Um eine jederzeitige Betriebsbereitschaft des Pumpwerkes zu gewähr-

leisten, sind von Anfang an für Zubringer- und Hochdruckpumpe vollständig getrennte Reserve-Aggregate vorgesehen worden.

Der Betrieb des ganzen Seewasserwerkes ist vollautomatisch. Die Hochdruckpumpe wird durch Fernsteuerung in Funktion der jeweiligen Wasserstände im Hochbehälter ein- und ausgeschaltet, während ein Schwimmer im Reinwasser-Behälter des Pumpengebäudes für rechtzeitige In- und Aussenbetriebssetzung der Zubringerpumpe sorgt und gleichzeitig die Hochdruckpumpe bei unzulässiger Absenkung des Wasserspiegels im Reinwasser-Reservoir ausschaltet.

Die Ortsvorsteherschaft war sich bewusst, dass der Neubau für das Pumpen- und Filterhaus in seiner architektonischen Gestaltung dem unmittelbar daneben gelegenen «Turmhof», dem Wahrzeichen von Steckborns Seefront, angepasst werden müsse. Auf Vorschlag der vom Verfasser konsultierten, thurgauischen Vereinigung für Heimatschutz wurde von der Ortsvorsteherschaft Arch. W. Kaufmann (Frauenfeld) beigezogen. Die Abb. 5 und 6 zeigen deutlich, dass die von ihm gewählte äussere Form und die Ausführung des Mauerwerkes in Rorschacher Seelaffen gegenüber dem früheren Zustand zur Verschönerung des vom See aus sich bietenden Stadtbildes beigetragen hat.

Das neue Seewasserwerk steht seit Ende 1944 in Betrieb und hat sich bisher in jeder Beziehung bewährt. An seiner Ausführung sind folgende Unternehmerfirmen beteiligt gewesen: Seeleitung, Bau des Saugschachtes am Ufer: E. Bossard & Co., Tiefbauunternehmung, Zürich. Spezial-Konstruktionen am offenen Schnellfilter nach System Wabag: F. Waldherr, Ingenieur-Bureau, Zürich. Pumpen und Elektro-Motoren: Gebr. Sulzer, Winterthur, zusammen mit Maschinenfabrik Oerlikon. Vollautomatische Schaltanlage: A. Züllig, Ing., Rheineck. Hoch- und Tiefbaurbeiten: ortsansässige Unternehmer und Handwerker. Detailbauleitung des Pumpen- und Filtergebäudes: O. Capt, Technisches Bureau, Steckborn.

## Aufgaben und Aussichten des Flugzeug-Verstellpropellers

Von Dipl. Ing. FRANZ ROTH, Forschungsabteilung der Firma Escher Wyss A.-G., Zürich

(Schluss von Seite 213)

### 12. Zukunftsaussichten des Verstellpropellers

Man frägt sich, ob der Flugzeugpropeller Aussichten hat, die hier skizzierte Entwicklung durchzumachen, nachdem so viel über propellerlose Düsenflugzeuge gesprochen wird. Bei genauerer Prüfung ergibt sich folgendes Bild: Ohne Zweifel muss die Gas-Turbine als das zukünftige Triebwerk für Flugzeuge angesprochen werden, denn sie weist gegenüber dem Kolbenmotor entscheidende Vorteile auf: Reine Drehbewegung der Arbeitsmaschinen, hochtourige Aggregate, überaus niedriges Leistungsgewicht, billigerer und wenig feuergefährlicher Brennstoff, grosse Anpassungsfähigkeit und gewaltige Steigerung der Einheitsleistungen. Bei der Gasturbine kann ferner durch kleine Durchmesserveränderungen des Läufers oder der Durchtrittsgeschwindigkeit durch die Arbeitsmaschinen die Leistung in weitgehendem Masse den jeweiligen Erfordernissen angepasst werden. Außerdem lassen sich im gleichen Raum Leistungen unterbringen, die mit Kolben-Maschinen niemals möglich wären. Dies alles sind nun nicht etwa nur die unbestätigten Ansichten von Gasturbinenspezialisten, sondern die Meinungen angesehener Flugmotorenbauer [16], [17]. Ohne Zweifel wird der klassische Flugmotor noch einige Zeit das Feld behaupten und auch später für gewisse Zwecke weiter verwendet werden.

Ausschlaggebend für den Erfolg eines Flugtriebwerkes für zivile Aufgaben ist neben den Forderungen nach kleinem Gewicht und geringem Raumbedarf der Gesamtwirkungsgrad der Anlage. Um die hier massgebenden Zusammenhänge zu erläutern, müssen einige grundsätzliche Beziehungen klargestellt werden. Der Gesamtwirkungsgrad eines Flugtriebwerkes ist das Produkt aus dem thermischen Wirkungsgrad  $\eta_{th}$  der Antriebsmaschine (innerer Wirkungsgrad) und dem Propulsionswirkungsgrad (äußerer Wirkungsgrad). Während der thermische Wirkungsgrad nach der gewohnten Definition die Güte der Umwandlung der latenten Brennstoffenergie in Wellenleistung kennzeichnet, müssen beim äusseren Wirkungsgrad gewisse Definitionen beachtet werden.

Bei klassischen Flugtriebwerken gibt der Propulsionswirkungsgrad  $\eta_p$  (auch äusserer oder Vortriebswirkungsgrad genannt) an, mit welchem Gütegrad die Wellenleistung des Motors in nützliche Schubleistung umgewandelt wird. Er ist also das Verhältnis der Schubleistung zur Antriebsleistung des Motors und sagt nichts aus über die Güte des thermischen Prozesses, mit dem die Brennstoffenergie in Wellenleistung umgewandelt wird. Aus Gleichung (10) folgt:

$$\eta_p = \frac{Sv}{M_d \omega} \quad \dots \quad (12)$$

Nach Definition ist der thermische Wirkungsgrad des Motors das Verhältnis der Wellenleistung zum Arbeitswert der in der Zeiteinheit eingeführten Brennstoffwärme, also:

$$\eta_{th} = \frac{M_d \omega \cdot 3600}{B H_u \cdot 427} \quad \dots \quad (13)$$

worin  $B$  die stündliche Brennstoffmenge in kg/h und  $H_u$  seinen unteren Heizwert bedeuten. Der Gesamtwirkungsgrad des Triebwerkes beträgt  $\eta_{tot} = \eta_p \cdot \eta_{th}$ . Beim Düsenantrieb sind die Verhältnisse nicht so übersichtlich, und wir müssen vorerst die dort auftretenden thermischen Prozesse kurz betrachten. Eine gewisse Luftmenge  $G$  kg/s wird vorn, Abb. 34, angesaugt und im Kompressor  $V$  verdichtet. Hierauf wird bei  $B$  Wärme bei konstantem Druck zugeführt, wodurch das Volumen der Luft stark zunimmt. Wenn man die Luft jetzt auf den Druck der Umgebung entspannt, ist die Austrittsgeschwindigkeit  $c$  grösser als die Eintrittsgeschwindigkeit  $v$ . Das Produkt aus der sekundlich verarbeiteten Luftmasse und der Differenz dieser Geschwindigkeiten ist nach dem Impulssatz gleich der Vortriebskraft:

$$S = \frac{G}{g} \cdot (c - v) \quad \dots \quad (14)$$

Offenbar kann man den gleichen Schub auf verschiedene Arten erzeugen, indem man eine kleine Luftmasse mit grosser Geschwindigkeit austreten lässt, oder eine grosse Luftmenge nur wenig beschleunigt. Die zugeführte Wärme dient lediglich zur Vergrösserung des in der Zeiteinheit durchströmenden Luftvolumens bei gleichem Durchsatzgewicht, also zur Steigerung der kinetischen Energie zwischen Eintritt und Austritt. Das Verhältnis der Schubleistung zur zeitlichen Änderung der kinetischen Energie ist der äussere Wirkungsgrad:

$$\eta_a = \frac{\frac{G}{g} (c - v) v}{\frac{G}{g} (c^2 - v^2)} \quad \dots \quad (15)$$

woraus sich nach einigen Umformungen ergibt

$$\eta_a = \frac{2v}{v + c} \quad \dots \quad (16)$$

Offenbar ist das Maximum dieser Beziehung für  $c = v$  unmöglich, da dann kein Schub erzeugt wird; er tritt im theoretischen Grenzfall auf, wo eine unendlich grosse Masse unendlich wenig beschleunigt wird. Immerhin ist ersichtlich, dass grosse Austrittsgeschwindigkeiten schlechte äussere Wirkungsgrade ergeben, da dann neben den thermischen Verlusten (erhöhte Temperatur des Strahles) auch eine beträchtliche kinetische Energie verloren geht. (Dies ist gleichzeitig ein Hinweis auf die Güte des