

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 71/72 (1918)
Heft: 9

Artikel: Leistungsproben auf der neuen Francisturbine von 2500 PS des Elektrizitätswerkes Kubel
Autor: Ostertag, P.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-34800>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

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. [Voir Informations légales.](#)

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. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 16.05.2025

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

INHALT: Leistungsproben an der neuen Francisturbine von 2500 PS des Elektrizitätswerkes Kubel. — Badanstalt Oberrieden am Zürichsee. — Villa Doessekker in Zürich. — Wider die Wohnküche. — Wettbewerb Bebauungsplan Münster. — Städtische Wohnhäuser auf dem „Rebhügel“ in Zürich-Wiedikon. — Elektrizitätsversorgung der Schweiz. — Miscellanea: Die Reinigung von Gasen auf elektrischem Wege. Baltische Technische Hochschule in Riga. Unterwasserglocken- und funkentelegraphische

Signaleinrichtung als Entfernungsanzeiger. Die Verwendung von Eisenbeton im Werkzeugmaschinenbau. Die 100. Jahresversammlung der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft. — Konkurrenzen: Ueberbauung des Obmannamt-Areals in Zürich. Arbeiterkolonie der A.-G. Piccard, Pictet & Cie. in Aire bei Genf. — Literatur. — Vereinsnachrichten: Schweiz. Ingenieur- und Architekten-Verein. G. e. P.: Stellenvermittlung. — Tafeln 5 und 6: Villa Doessekker in Zürich und Badanstalt Oberrieden.

Band 72.

Nachdruck von Text oder Abbildungen ist nur mit Zustimmung der Redaktion und nur mit genauer Quellenangabe gestattet.

Nr. 9.

Leistungsproben an der neuen Francisturbine von 2500 PS des Elektrizitätswerkes Kubel.

Von Prof. P. Ostertag, Winterthur.

Die st. gallisch-appenzellischen Kraftwerke sahen sich im Jahre 1915 veranlasst, in ihrem Kraftwerk *Kubel* an der Sitter eine neue Francisturbine von 2500 PS Leistung einzubauen zur Verstärkung der bestehenden Anlage, deren Totalleistung bisher rund 9000 PS betrug. Da die Maschine in ihrer Bauart die neueste Entwicklung im Bau von Francisturbinen für hohe Gefälle verkörpert und sich durch ihre aussergewöhnlich günstige Ausnützung der Wasserkraft auszeichnet, dürfte vielen Fachgenossen eine Beschreibung der Anlage und die Mitteilung der Versuchsergebnisse willkommen sein.

Beschreibung der Turbine.

Bei der Eröffnung des Kubelwerkes im Jahre 1900 wurden fünf Pelton-Turbinen dem Betrieb übergeben, von denen eine 1000 PS, die übrigen vier je 500 PS bei 375 Uml/min aufwiesen.¹⁾ Eine bald nötig werdende Erweiterung geschah durch teilweisen Ersatz der Freistrahlturbinen mit zwei Francis-Turbinen von je 1000 PS bei 500 Uml/min. Zu diesen einfachen Spiralturbinen mit einseitigem Saugrohrkrümmer kam später ein weiteres Aggregat von 2500 PS hinzu, das zur Vermeidung des Axialschubs zwei symmetrisch angeordnete Ausgusskrümmer erhielt, wie dies damals bei Hochdruckturbinen allgemein üblich war.

Die in diesem Bericht zu betrachtende Turbine entstammt den Werken von Escher Wyss & Cie. und ist ebenfalls für eine Leistung von 2500 PS bei 87 m Nettogefälle entworfen; sie läuft mit derselben Drehzahl von 500 in der Minute, zeigt aber eine wesentlich einfachere Bauart. Wie aus Abbildung 1 ersichtlich, sitzt das Laufrad fliegend am Ende der Generatorwelle, sodass für das ganze Aggregat nur zwei Hauptlager nötig sind und dadurch der Raumbedarf gegenüber der früheren Bauweise wesentlich vermindert wird. Als Hauptvorteil aber ist die ausgezeichnete Wirkung des Saugrohrkrümmers zu bezeichnen, der sich dem Laufrad-Austritt mit stetig verlaufender Erweiterung sanft anschmiegt, ohne eine schädliche Verengung seines Querschnittes von einer durchlaufenden Welle zu erfahren.

Die fliegende Anordnung des Laufrades gestattet die Verwendung einer einzigen Welle für Turbine und elektrischen Generator; es können also nicht nur zwei Lager weggelassen werden, sondern auch die starre oder elastische Kupplung zwischen Turbinenwelle und Generatorwelle. In vorliegendem Fall ist allerdings von diesem Vorteil kein Gebrauch gemacht worden; es war nämlich verlangt, dass der Rotor des Generators leicht entfernt werden könne, ohne dass die Turbine auseinander genommen werden müsse. Deshalb wurde das kurze Wellenstück der Turbine ausserhalb des Lagers durch einen angeschmiedeten Flansch mit der Generatorwelle starr verschraubt. Durch Einschalten dieser Kupplung vergrössert sich zwar der Abstand vom Laufrad zum Lager; doch ist die Welle mit 210 mm ϕ so stark gehalten, dass ein Nachteil nicht entstanden ist.

Die fliegende Anordnung des Laufrades wurde schon früher für grosse Einheiten ihrer Einfachheit wegen gelegentlich vorgeschlagen; man trat ihr aber mit Misstrauen entgegen und hatte die Ausführung abgelehnt, hauptsächlich wegen des zu erwartenden grossen Axialschubes, der durch Kammlager oder durch hydraulische Entlastungen aufgenommen werden muss.

Die neue Turbine des Kubelwerkes besitzt nun einen hydraulischen Ausgleich in axialer Richtung, der sich im Betrieb bewährt hat. Seine Wirkung besteht in der Erzeugung eines bestimmten Druckes in den beiden Ringräumen, die sich zu beiden Seiten des Laufrades befinden. Das vom Spalt zwischen Leit- und Laufrad in die Ringräume eintretende Wasser findet auf der Saugrohrseite direkten Abfluss in den Krümmer, indem es durch den Spalt zwischen einer genau bearbeiteten Ringfläche und dem Rade zum Saugrohr austreten muss. An der Deckel-

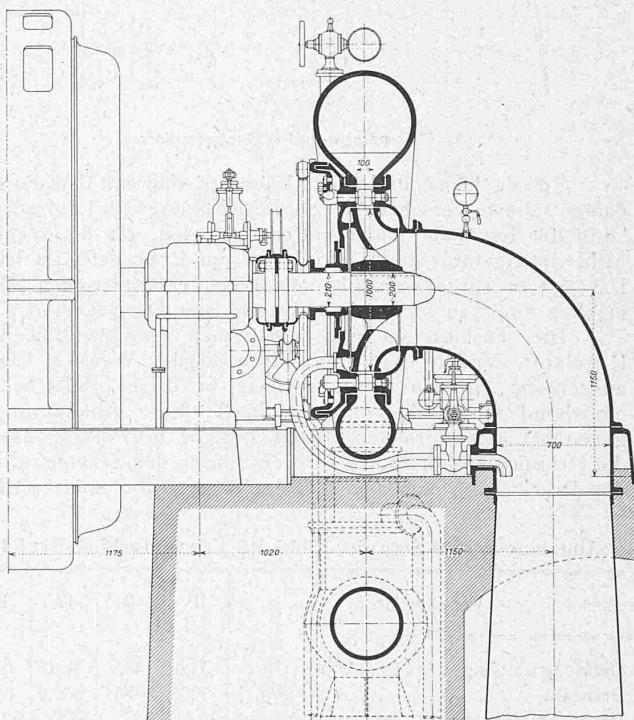


Abb. 1. Spiral-Francisturbine mit fliegend aufgesetztem Laufrad für 2500 PS bei 500 Uml/min, gebaut von Escher Wyss & Cie. — 1 : 40.

seite bildet ein ähnlicher Ring den Abschluss zwischen Laufrad und Deckel mit einem axialen Spiel von einigen Zehntelmillimetern. Dort fliesst das Spaltwasser zum Teil nach der Achse und durch die Löcher in der Laufradscheibe nach dem Saugrohr, zum andern Teil durch ein Umlaufrohr in den Krümmer. Mit einem Schieber im Umlaufrohr lässt sich der Druck im linken Ringraum dem Bedürfnis entsprechend einstellen.

Verschiebt sich z. B. aus irgend einem Grund die Welle etwas nach rechts, so verkleinert sich der Spalt an der rechten Ringfläche und der Druck im dortigen Ringraum nimmt zu; auf der linken Seite findet das Umgekehrte statt, sodass das Laufrad mit der Welle wieder nach links zurückgeschoben wird. Die kleinste Verschiebung bewirkt somit eine Rückführung zur Mittellage. Um dieses selbsttätige Einstellen zu ermöglichen, muss die Welle in den Lagern mit kleinem axialem Spiel versehen werden.

Im Ringraum an der Deckelseite sind radial stehende Rippen an den Deckel angegossen, die sich mit kleinem Spiel der Wandung des Laufrades anschmiegen, sie verhindern ein Mitdrehen des Spaltwassers.

Das Laufrad mit den Schaufeln ist aus Stahlguss hergestellt; aus dem gleichen Material sind die Leitrad-

¹⁾ Siehe Schweiz. Bauzeitung Bd. XLIII, S. 235 (14. Mai 1904).

schaufeln. Diese letzteren lassen sich um beidseitig angelegene Achsen drehen; dadurch kann der Reguliering mit seinen Laschen und Hebeln zum Verstellen der Drehschaufeln aussen sichtbar angeordnet werden, sodass diese Teile mit ihren zahlreichen Zapfen der zerstörenden Wirkung des Wassers entzogen sind und während des Betriebes geschmiert werden können.

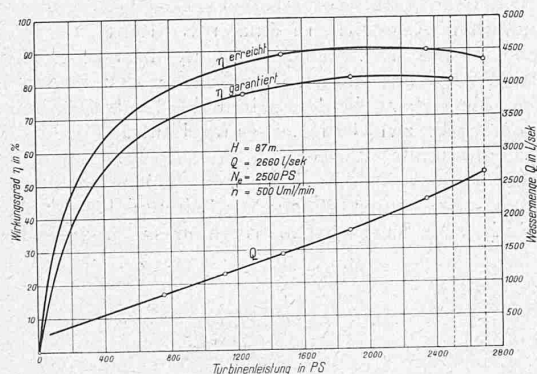


Abb. 2. Wassermengen- und Wirkungsgrad-Kurven.

Spiralgehäuse und Ablaufkrümmer sind mit dem Fundamentrahmen verschraubt; zur Besichtigung des Laufrades kann der Krümmer leicht entfernt werden, da die Welle nicht durchgeführt und kein Lager am Rohr befestigt ist. Das 6,5 m lange Saugrohr aus Blech erweitert sich allmählich von 700 mm auf rund 1200 mm Durchmesser.

Die Turbine ist mit dem neuen Geschwindigkeit-Regulator, Modell 1916, der Firma Escher Wyss & Cie. ausgerüstet, dessen Wirkungsweise in dieser Zeitschrift eingehend beschrieben worden ist.¹⁾ Eine Abänderung gegenüber der normalen Bauart besteht nur darin, dass die Ölpumpe fehlt, indem für den Betrieb des Servomotors das Druckwasser aus dem Spiralgehäuse entnommen wird,

der Druckleitung öffnet, sodass augenblicklich soviel Wasser ausfliessen kann, als die Turbine weniger braucht. Nachher schliesst sich die Öffnung selbsttätig und so langsam, dass keine schädlichen Druckstösse auftreten.

Abnahmeversuche.

Die Leistungsproben fanden am 22. Oktober 1916 statt unter Kontrolle von Herrn Obering. R. Dubs der Firma Escher Wyss & Cie., Zürich, und dem Berichtersteller für den hydraulischen Teil, sowie von Herrn Prof. Dr. W. Kummer der E. T. H. für den elektrischen Teil. Die Belastung der Maschine erfolgte durch den ständigen Wasserwiderstand des Werkes, der zur Vernichtung der elektrischen Energie dient. Zur Messung des erzeugten Stromes wurden Präzisionsinstrumente der Eichstätte des S. E. V. benützt; ihre Ergebnisse sind in einem besonderen Bericht des beigezogenen Beamten dieser Anstalt niedergelegt, aus dem die Mittelwerte entnommen sind. Auf Grund der Versuche am elektrischen Teil ist der Wirkungsgrad des Generators ermittelt worden.

Für die Beurteilung der Turbine kommt das Netto-Gefälle in Betracht. Es setzt sich zusammen aus dem Manometerdruck, vermehrt um die Geschwindigkeitshöhe im Druckrohr an der Stelle der Manometerbohrung und aus der nivellierten Saughöhe von Mitte Manometer bis Unterwasserspiegel. Ein Vergleich der nivellierten Saughöhe mit der Anzeige des Vakuummeters am Saugkrümmer zeigt die vorzügliche Wirkung des Saugrohrs. Von Halblast bis nahezu Vollast ist nämlich das Vakuum im Rohr grösser als die statische Saughöhe; es findet demnach ein Rückgewinn an Druck statt, hervorgerufen durch die sich vermindernde Geschwindigkeit im Saugrohr. Diese äusserst günstige Wirkung des Saugrohrs in Verbindung mit der sorgfältig ausgeführten Schaufelung erklärt den hohen Wirkungsgrad, der bei $\frac{3}{4}$ Belastung über 90% beträgt, ein noch selten erreichtes Ergebnis.

Zur Bestimmung der Wassermenge befindet sich im Ablaufkanal ein ständig eingebauter vollkommener Ueberfall mit Seitenkontraktion. Die Messung der Ueberfallhöhe

Abnahmeversuche an der 2500 PS Francisturbine Nr. I im Kubelwerk.

Versuch Nr.	I	II	III	IV	V	VI
Öffnung am Zeiger des Regulators %	34,0	45,5	55,0	67,0	84,0	100
Drehzahl Uml/min	500	499,4	500,4	499,5	500	499,7
Druck am Manometer m	85,0	84,7	84,2	83,2	81,7	79,8
Stat. Saughöhe bis Manometer . m	6,383	6,323	6,263	6,203	6,133	6,083
Geschwindigkeitshöhe im Druckrohr m	0,250	0,479	0,738	1,145	1,797	2,462
Manometr. Nettogefälle, total . . m	91,633	91,502	91,201	90,548	89,63	88,345
Wassermenge l/sec	852	1179	1464	1824	2284	2674
Disponible Leistung PS	1041	1439	1781	2205	2732	3152
Generator: Energie an den Klemmen kW	517,1	806,4	1077,8	1380,5	1713,9	1916,9
" : Spannung V	10080	10020	9950	10430	10210	10460
Leistung an der Turbinenwelle . PS	818,2	1213,1	1583,0	2003,3	2459,4	2740,8
Wirkungsgrad der ganzen Anlage %	67,4	76,0	82,3	85,3	85,3	82,8
" des Generators %	86,0	90,4	92,6	93,8	94,8	95,0
Wirkungsgrad der Turbine %	78,45	84,2	88,9	90,85	90,0	87,0
Umrechnung auf das Gefälle . . m	87	87	87	87	87	87
Wassermenge l/sec	832	1152	1430	1780	2251	2655
Disponible Leistung PS	965	1335	1658	2076	2611	3080
Leistung an der Turbinenwelle PS	757	1124	1475	1885	2350	2678

nachdem es zwei Filter durchlaufen hat. Diese Vereinfachung hat sich durchaus bewährt, da das Wasser des Kubelwerkes im Stausee gereinigt wird und daher wenig Sand mit sich führt.

Zur Vermeidung von Druckstössen in der Rohrleitung besitzt die Maschine einen Druckregler bekannter Bauart, der bei plötzlichen Entlastungen einen Leerlaufschieber in

¹⁾ Siehe Band LXIX und LXX 1917. Prof. Dr. F. Prasil: Bericht über neue Geschwindigkeitsregulatoren, Modell 1916, von Escher Wyss & Cie., Zürich. (Auch als Sonderabdruck erschienen. Red.)

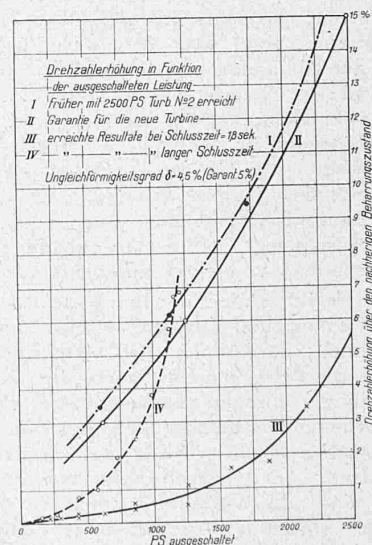


Abb. 3. Geschwindigkeits-Kurven.

geschah durch zwei getrennte Mittel, nämlich durch Einstellen eines Stechpegels etwa 2 m vor der Ueberfallkante und durch direkte Ablesung an einem Piezometerrohr. Für die Berechnung der Wassermenge ist die Formel von Frese benützt worden.

In der beistehenden Zahlentafel sind die Ergebnisse der sechs Versuche zusammengestellt. Man erkennt, dass sich die ausgezeichnete Ausnützung des Wassers auf ein weites Gebiet der Öffnung erstreckt; noch bei Halblast beträgt der Wirkungsgrad 84%.

Bei allen Proben wurde die Oeffnung von Hand eingestellt; die Zahlen gelten also ohne den an sich unbedeutenden Energieverbrauch der Regulierung, der nur bei grossen Belastungsänderungen eine gewisse Rolle spielen kann.

Zum gegenseitigen Vergleich der sechs Versuche sind Wassermengen und Leistungen auf das konstante Gefälle 87 m umgerechnet worden; Abbildung 2 enthält den Verlauf von Wassermenge und Wirkungsgrad in Funktion der effektiven Turbinenleistung.

Die Prüfung der Regulierfähigkeit ergab gleichfalls vorzügliche Werte. Bei der plötzlichen Entlastung von 2500 PS auf 0 zeigte sich eine bleibende Aenderung der Drehzahl von nur 5,5% über der normalen, bei kleinen Belastungsänderungen sind die Schwankungen äusserst gering. In Abbildung 3 sind die gefundenen Erhöhungen der Drehzahl in Funktion der ausgeschalteten Leistung dargestellt; die ausgezogene Kurve gilt für eine Schlusszeit von 1,8 Sekunden, die gestrichelte Kurve zeigt den Verlauf bei langer Schlusszeit. Ferner enthält die Abb. 3 die garantierte Drehzahl-Erhöhung dieses Reglers und die entsprechende Kurve des bisher von Escher Wyss & Cie. verwendeten Reglers.

Ueber die Untersuchung dieser Regler darf auf den bereits erwähnten Aufsatz von Prof. Dr. F. Prášil in dieser Zeitschrift verwiesen werden.

Badanstalt Oberrieden am Zürichsee.

Architekten Knell & Hässig in Zürich.
(Hierzu Tafel 6.)

Während der Niederwasserzeit 1915 auf 1916 ist nach den Plänen der genannten Architekten diese kleine, einfach und gut durchgebildete Seebadanstalt erbaut worden. Etwas bedenklich erscheint nur das in Anbetracht der geringen Wassertiefe für Kopsprung gefährlich hohe Sprungbrett. Den

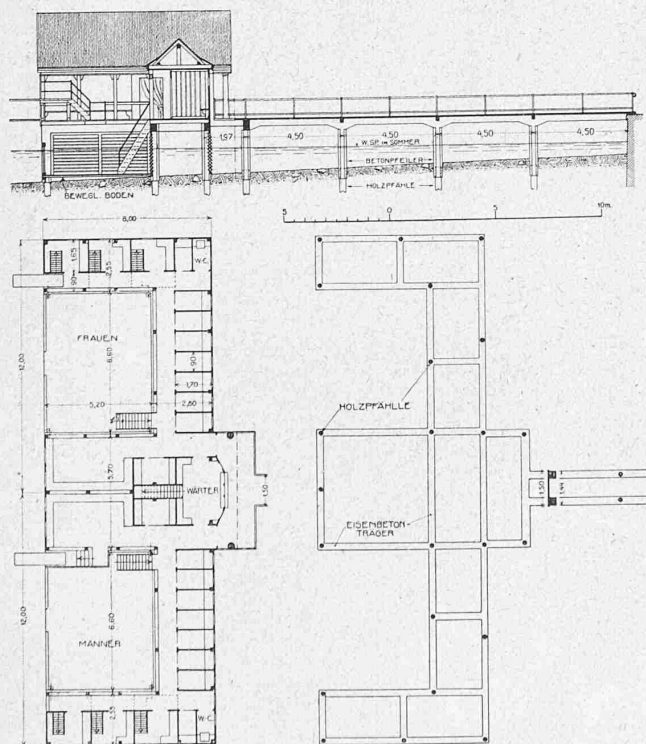


Abb. 1 bis 3. Schnitt und Grundrisse zur Badanstalt Oberrieden. — 1:300.

Eisenbeton-Unterbau auf Holzpählen erstellten Locher & Cie. in Zürich. Die Gesamtbaukosten erreichten 39 000 Fr.

In rotbraunem Anstrich mit schwarzer Schieferdeckung sitzt der anspruchlose kleine Bau sehr gut im grünen Schilf der Uferlandschaft.

Villa Doessekker in Zürich.

Architekten Gebr. Messmer in Zürich.
(Hierzu Tafel 5.)

In unmittelbarer Nachbarschaft des kürzlich (in Nr. 7) hier beschriebenen Hauses Arbenz und in ähnlicher Ausstattung haben die nämlichen Architekten auch das herrschaftliche Wohnhaus gebaut, das wir auf Tafel 5 ergänzenderweise zur Darstellung bringen. Das Bauprogramm ist den beigelegten Grundrissen abzulesen.

Wider die „Wohnküche“.¹⁾

Die Redaktion der „Schweiz. Bauzeitung“ hat in Nr. 6 vom 10. August (S. 48 lfd. Bd.) Bedenken gegen die „Wohnküche“ geäussert. Der Umstand, dass die Wohnküche immer wieder auf Ausstellungen und in baukünstlerischen Schriften auftaucht und damit als vorbildlich für den Haushalt einfachster Art erscheint, veranlasst mich, weiter zu gehen und sie zu bekämpfen.

Voraus schicke ich, dass ich diejenige Küche, die irrtümlich Wohnküche heisst und die in der „Schweiz. Bauzeitung“ richtiger als Essküche bezeichnet ist, in der man kocht und isst, neben der es aber doch noch eine Stube gibt, zwar nicht unterstütze, aber leben lassen will. Für diese Küche genügt übrigens einfach die Bezeichnung Küche. Zu bekämpfen aber ist die Küche, neben der es keine Stube, sondern bloss noch Schlafräume gibt, die wirkliche Wohnküche als Stubenersatz.

Wir stehen in der Schweiz in Bezug auf Wohnkultur auf einem höhern Niveau, als auf dem der Wohnküche. Als Tradition haben wir die *Wohnstube* und wir haben keine Veranlassung, hinunterzusteigen. Man durchwandere Stadt und Land und man wird auch in den einfachsten alten Behausungen die Stube finden. Auch der Aelpler hat im Winterquartier die Stube. Wir haben in der Schweiz den Ausdruck „z'Stubete gah“ nicht nur zufälligerweise. Wo wir heute schlechtere Verhältnisse antreffen, ist das der Einwanderung von in Bezug auf Wohnkultur tiefer stehenden Ausländern zuzuschreiben und den Lebensverhältnissen der untersten Schicht städtischer Bevölkerung.

Man behaupte nicht, man könne eine Wohnküche so behaglich gestalten, wie eine Stube. Auf Ausstellungen, ja! Aber in Wirklichkeit wohnen in der Küche neben dem Menschen auch der Geruch der Zwiebel und des Knoblauchs und allerlei andere Dünste, in der Stadt und den Vororten ausserdem die Dünste aus mehr oder weniger gut verbranntem Gas und es wohnen in ihr die Herren Kehrichtkübel und Schüttstein und die Abwaschlappen. All dies sieht nach einigem Gebrauch eben nicht mehr so hübsch aus, wie auf der Ausstellung.

Wie steht es mit der Wärmeausnutzung der Kochherde, die für die Wohnküche einen Vorzug bilden soll? Unsere Vorfahren leiteten die Rauchgase des Herdes im Winter in den „Choustwand“ genannten Teil des Stubenofens und bekundeten damit ausdrücklich, dass sie die Herdwärme in der Stube geniessen wollten. Und nun in Industriegegenden, für die doch hauptsächlich die Wohnküche gemeint ist. Dort herrscht das Kochgas und vielleicht in Zukunft die Elektrizität. Gas- und elektrische Kochapparate geben aber nicht soviel Wärme ab, dass die Küche die behagliche Temperatur eines Wohnraumes erhalte. Das sind die Mängel der Wohnküche.

Wenden wir aber in der Schweiz das nicht an, was das Ausland an nicht nachahmenswerten Beispielen aufweist. Etwas mehr selbständiges Erfinden und Fortbauen, weniger Hineingucken in Bücher und Schriften und weniger Anbieten des Auslandes täte auch unserem Bauwesen gut. Dass die „Wohnküche“ aber zur Hauptsache Abguck aus Schriften ist, beweist ihr epidemisches Auftreten; es wäre

¹⁾ Der Verfasser dieser, nach Redaktionsschluss der letzten Nummer erst eingelaufenen Aeusserung schrieb diese noch ohne Kenntnis unserer eigenen Ausführungen zum Kleinhaus-Vorschlag von Architekt M. Haefeli.

Redaktion.