

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 73/74 (1919)
Heft: 9

Artikel: Die selektiven Korrosionen: die Bedingungen ihres Entstehens und die Mittel, sie zu verhüten
Autor: Wurstemberger, F. v.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-35682>

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: 22.02.2026

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

Betonspannungen, die x -Kurven zur Ermittlung der Lage der neutralen Axe. Die letztere Ermittlung ist jedoch für den Gang der Rechnung nicht unbedingt erforderlich; nur bei Plattenbalken muss untersucht werden, ob die Bedingung $x \leq d$ erfüllt ist, soll die Tabelle angewendet werden können. Die Koeffizienten c_h und c_e wurden entsprechend den schweizerischen Vorschriften über Bauten in armiertem Beton für das Elastizitätsverhältnis $n = 20$ ermittelt. Am Fusse der Tabelle ist das Schema für die vorkommenden Rechnungsfälle I bis VI angegeben. Die punktierten Linien in der Tabelle zeigen beispielsweise den beim Gebrauch zu befolgenden Vorgang, während für die übrigen Ermittlungen zumeist eine einzige Rechenschieberstellung genügt.

Es sollen im Folgenden die sechs, in der Tabelle selbst angedeuteten Rechnungsfälle an Hand von Zahlen-Beispielen erläutert werden:

Fall I.

Das Biegemoment einer Platte sei $M = 500 \text{ mkg}$, die zulässigen Spannungen $\sigma_e = 1000 \text{ kg/cm}^2$, und $\sigma_b = 35 \text{ kg/cm}^2$, so ist, vom Schnittpunkt der σ_e -Kurve 1000 und σ_b -Kurve 35 ausgehend, das zugehörige

1. $c_h = 0,405$, 2. $c_e = 0,285$.

Darnach ergibt sich am Rechenschieber

$$3. \sqrt{500} \times 0,405 = h' = 9,0 \text{ cm},$$

$$4. \sqrt{506} \times 0,285 = f_e = 6,37 \text{ cm}^2.$$

Falls x erwünscht, gehe man von Punkt $\sigma_b/\sigma_e = 35/1000$ horizontal auf die x -Kurve 1000 und lese oben bei den c_x -Abszissen ab:

$$c_x = 0,410; \quad x = 0,410 \times 9,0 = 3,7 \text{ cm}.$$

Fall II. Das Einspannungsmoment eines Trägers sei $M = 5400 \text{ mkg}$, der Trägerquerschnitt am Auflager $50 \times 20 \text{ cm}$, daher auf 1,0 m Breite:

$$M' = \frac{5400}{0,20} = 27000 \text{ mkg}.$$

$$\sigma_e \text{ zul.} = 900 \text{ kg/cm}^2.$$

Gesucht σ_b und F_e .

1. c_h : $\sqrt{27000} \times c_h = 47$ (Rechen-Schieber), $c_h = 0,286$.
2. σ_b : Aus Tabelle (von $c_h = 0,286$ vertikal auf die σ_e -Kurve 900) $\sigma_b = 55,5 \text{ kg/cm}^2$.
3. c_e : Aus Tabelle (vom Punkte 55,5/900 horizontal zu c_e) $c_e = 0,480$.
4. F_e : $f_e = \sqrt{27000} \times 0,480 = 79,0 \text{ cm}^2$, $F_e = f_e \times b = 79,0 \times 0,20 = 15,8 \text{ cm}^2$.

Fall III. Man sei aus irgend einem Grunde an eine bestimmte Armierung $f_e = 18,0 \text{ cm}^2$ gebunden, für die eine zulässige Beanspruchung $\sigma_e = 800 \text{ kg/cm}^2$ gelte. Das Moment betrage $M = 3000 \text{ mkg}$.

1. c_e : $\sqrt{3000} \times c_e = 18,0$ (R.-Sch.) $c_e = 0,328$.
2. c_h : Aus Tabelle (von $c_e = 0,328$ hor. auf die σ_e -Kurve 800 und das zugehörige σ_b ablesen) $\sigma_b = 28,5 \text{ kg/cm}^2$.
3. c_h : Aus Tabelle (vom Punkt 28,5/800 vertikal abwärts) $c_h = 0,445$.
4. h' : $\sqrt{3000} \times 0,445 = h' = 24,4 \text{ cm}$.

Fall IV. Bei gegebener Dimensionierung seien die Beanspruchungen zu bestimmen.

$$M = 2850 \text{ mkg}, \quad F_e = 16 \text{ cm}^2, \\ h = 35 \text{ cm}, \quad h' = 32 \text{ cm}, \quad b = 25 \text{ cm}.$$

$$M \text{ auf } 1,0 \text{ m Breite} = \frac{2850}{0,25} = 11400 \text{ mkg}.$$

$$f_e \text{ auf } 1,0 \text{ m Breite} = \frac{16,0}{0,25} = 64 \text{ cm}^2.$$

1. c_h : $\sqrt{11400} \times c_h = 32 \text{ cm}$ (R.-Sch.) $c_h = 0,300$
2. c_e : $\sqrt{11400} \times c_e = 64,0$ (R.-Sch.) $c_e = 0,600$
3. u. 4. Aus Tabelle $\sigma_b = 49 \text{ kg/cm}^2$, $\sigma_e = 700 \text{ kg/cm}^2$.

Fall V. Bei gegebener Dimensionierung und vorgeschriebener Eisenspannung sind das zulässige Biegemoment und σ_b zu bestimmen, wobei

$$h' = 18 \text{ cm}, \quad f_e = 8,5 \text{ cm}^2, \\ \sigma_e = 1200 \text{ kg/cm}^2.$$

1. $\frac{h'}{f_e}$: Vom Nullpunkt des Koordinaten-Systems aus eine Gerade zu ziehen, die das Verhältnis $\frac{h'}{f_e} = \frac{c_h}{c_e} = \frac{18}{8,5}$ ausdrückt und mit der σ_e -Kurve 1000 zum Schnitt bringen.

2. σ_b : Obiger Schnittpunkt ergibt $\sigma_b = 33 \text{ kg/cm}^2$.

3. c_h : Aus Tabelle, zu Punkt 33/1000 gehöriges $c_h = 0,445$.

4. M : $\sqrt{M} \times 0,445 = 18$ (R.-Sch.)
zul. $M = 1630 \text{ mkg}$.

Fall VI. Analog V.

Die selektiven Korrosionen.

Die Bedingungen ihres Entstehens und die Mittel, sie zu verhüten.

Von Obergeringenieur F. v. Wursterberger, Zürich.

(Schluss von Seite 94)

Der Einfluss der Legierung.

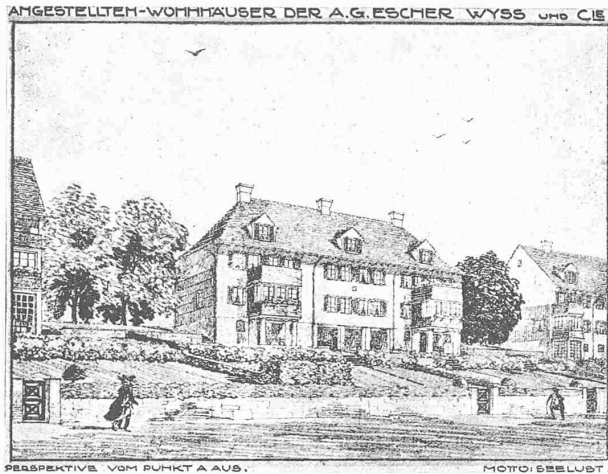
Die Zusätze und ihre Wirkung auf Gefüge und Salzbildungen.

Mit der Frage nach dem Einfluss der Metallzusammensetzung und nach der geeignetsten Legierung kommen wir in das Teilgebiet dieser Untersuchungen, das wohl seit langem das am ausgiebigsten bearbeitete ist. Hatte man doch, ob man Unhomogenitäten des Materials annahm oder aber die Entzinkungstheorie für richtig hielt, in beiden Fällen Verbesserungen in der Metallurgie und Technik der Rohrherstellung anzustreben. In der Tat scheinen auch die verschiedenen Fabrikate von sehr verschiedener Güte zu sein. Als Legierung gilt allgemein die englische Admiralitätslegierung: 70 % Kupfer, 29 % Zink und 1 % Zinn als die geeignetste. Auch die sogenannten „Bemal“-Rohre der Yorkshire Copper Co. sollen diese Zusammensetzung besitzen, ihre angepriesene grosse Widerstandsfähigkeit aber einer Spezialbehandlung während der Fabrikation verdanken. Anstatt Zinn ist auch die Zugabe von Blei in geringen Mengen empfohlen worden. Doch gehen über die Zweckmässigkeit solcher Legierungen die Meinungen auseinander.

Die Forderungen an eine zweckdienliche Legierung müssen wohl folgendermassen gestellt werden:

In erster Linie muss die Legierung ein möglichst dichtes feinkörniges Gefüge besitzen, damit die einzelnen Kristalle tatsächlich nur von der Oberfläche her, nicht auch von den Seiten dem Angriff ausgesetzt sind. Als zweites ist nun aber in Betracht zu ziehen, welche Polaritätserscheinungen auftreten und welche Wechselwirkung die unter dem Einfluss der erst erfolgenden Ionenbildung entstehenden zwei, drei oder mehr Salze der Komponenten der betreffenden Legierung auf einander ausüben. Dabei sind Löslichkeit, Art der entstehenden Schicht, Beständigkeit, eventuelles Verhalten des einen gegenüber den andern als Reduktions- oder Oxydationsmittel, Möglichkeit des Auftretens sekundärer Umsetzungen von massgebendem Einfluss. In Betracht kommen nur die Salzbildungen in neutralem oder schwach alkalischem Elektrolyten, weil, wie gezeigt wurde, die Erscheinung der selektiven Korrosionen überhaupt auf solche Lösungen beschränkt ist.

Für die Erreichung einer feinkörnigen, homogenen Legierung kommt ein Zusatz relativ geringer Mengen verschiedener Elemente, wie Phosphor, Silicium, Zinn, Aluminium, Eisen, Nickel, Mangan in Frage. Wird indessen eine Wirkung der entstehenden Salze in dem in zweiter Linie angedeuteten Sinne bezweckt, so können offenbar nur Legierungen in Frage kommen, in denen die dem Kupfer beigegebenen Metalle prozentual, wenn auch nicht vorherrschend, so doch in erheblicher Menge vertreten sind. Derartige Zusätze beeinträchtigen aber die Zieh-



II. Rang, Entwurf Nr. 1. — Architekten Rittmeyer & Furrer, Winterthur.

werden, zwischen ihnen und hinzukommenden Eisenatomen aufgeteilt gedacht werden, in der Meinung, dass am Ende des Prozesses ein Gleichgewichtszustand herrschen muss zwischen H-Ionen, H-Atomen, Eisen-Ionen und Eisen-Atomen, wobei die ersten und letzten nur noch in verschwindender Minderheit vorhanden wären?

Aber auch ohne diese Verhältnisse zu berühren, muss nach dem Gesetz der Lösungstension, die bekanntlich der Ionen-Konzentration im Elektrolyten umgekehrt proportional ist und zwar in einem logarithmischen Verhältnis, eine erste Ionenbildung auch bei relativ edlen Metallen angenommen werden.

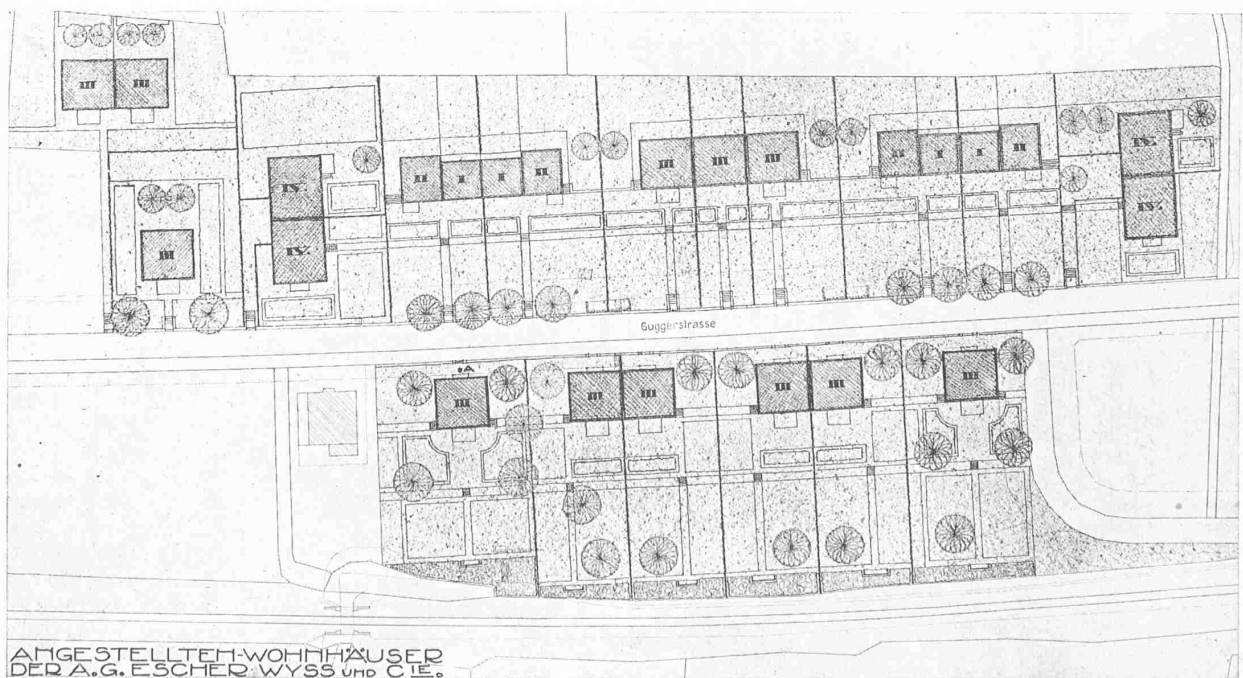
Ob nun der Prozess weitergehen kann, hängt davon ab, ob die entstehende erste Polarisationschicht in unhomogener Weise verändert wird, sodass Ausgleichströme von einer Stelle zur andern stattfinden können. Ist dies der Fall, so schreitet die Metallauflösung weiter unter Bildung von Na OH, also unter Zunahme der Alkalität des Elektrolyten. Auch hier stellt sich aber wieder ein Gleichgewicht ein, indem die Na OH in zweiter Linie mit dem anodisch gebildeten Chlorür reagiert und Oxydul bildet unter Regeneration von Na Cl. Eine unvollständige Neu-

tralisation tritt nur dann ein, wenn unter der oxydierenden Wirkung von Luftsauerstoff ein Teil des Cu Cl vor seiner Reaktion mit Na OH als unlösliches Oxychlorid ausgeschieden ist. Bei Versuchen lässt sich willkürlich die unhomogene Auflagerung von Polarisationschichten leicht durch Verwendung gekrümmter, teilweise an die Gefässwände anliegender Probestäbe erreichen.

Dieselbe Erscheinung kann in *Magnesium-Chloridlösung* ($Mg Cl_2$) erhalten werden, nur herrscht dort die Oxydulbildung gegenüber der Bildung von Oxychlorid-Polarisationsschichten vor. Für *Calciumchloridlösung* ($Ca Cl_2$) ist die sehr starke *kathodische Polarisation* durch Calcium-Karbonat-Bildung an der Kathode charakteristisch, die diese in kurzer Zeit fast vollständig isolieren kann. Die $Ca CO_3$ -Bildung an der Kathode ist auf zwei Wegen denkbar: Erstens durch Bildung von $Ca(OH)_2$ aus $Ca Cl_2$ an der Kathode und Aufnahme von CO_2 aus der im Wasser gelösten Luft, oder durch kathaphoretische Wanderung von in der Flüssigkeit suspendierten $Ca CO_3$ -Teilen nach der Kathode hin. In ähnlicher Weise bedecken in eisensalzhaltigen Lösungen in kurzer Zeit starke Krusten von Eisenkarbonat und Hydroxyden die Kathode. Die dem Schutzstrom-Verfahren nachgerühmte Vermeidung von Kesselstein und ein Reinhalten der kathodisch geschützten Teile kann also wohl nur darin bestehen, dass durch Zwischenlagerung von Rostpartikeln eine lose Form der Ablagerung entsteht. Wenn dagegen Calcium-Salze allein einer Elektrolyse ausgesetzt werden, so setzt sich Kesselstein in dicken Krusten an.

Erscheint nun auch die *Korrektur des Zirkulationswassers* auf den ersten Blick als hoffnungslos wegen der grossen in Frage kommenden Wassermengen, so will man doch in der Praxis schon Erfolge erreicht haben durch Aufschütten von Alteisen im Zulaufkanal, in andern Fällen auch von Kalkstein. Dazu kommt, dass, obschon überlegungsgemäss der kathodische Schutz durch Protektoren stets nur ein lokal beschränkter sein kann, doch hie und da Wirkung erzielt wurde. *Sollte da nicht vielleicht die Wasserveränderung durch die Anodenprodukte eine gewisse nützliche Wirkung ausgeübt haben, und dies sogar trotz der als schädlich erkannten Anwesenheit der Kathodenprodukte?*

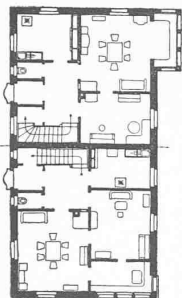
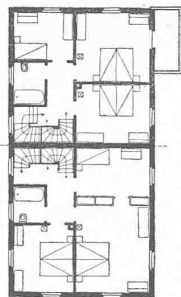
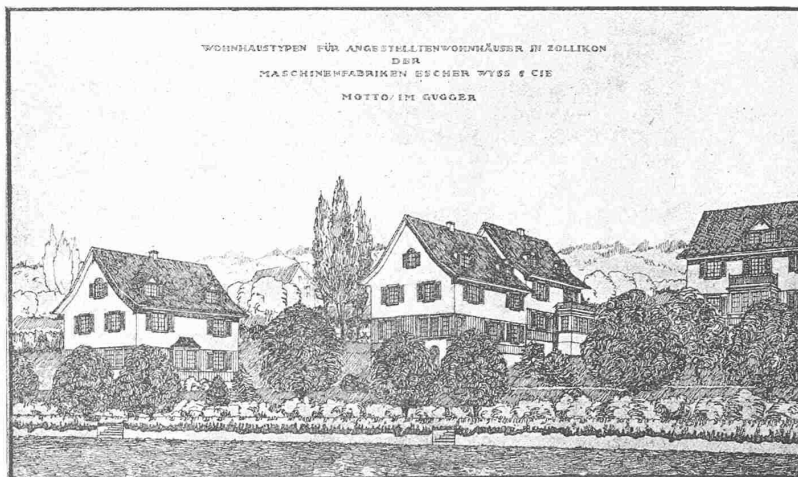
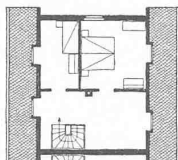
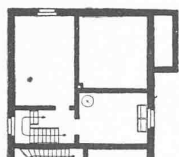
Erwiesen und erklärt durch die nun erläuterten Untersuchungen ist, dass eine kaum merkliche alkalische Reaktion von Salzwasser als sehr korrosions-befördernd anzusehen ist. Es ist naheliegend, zu versuchen, diese zu beseitigen.



II. Rang, Entwurf Nr. 1. — Verfasser: Rittmeyer & Furrer, Architekten in Winterthur. — Lageplan 1:1200.

Wettbewerb für Beamten-Wohnhäuser von Escher Wyss & Cie.

III. Rang, Entwurf Nr. 2. — Architekten Hauser & Winkler in Zürich.

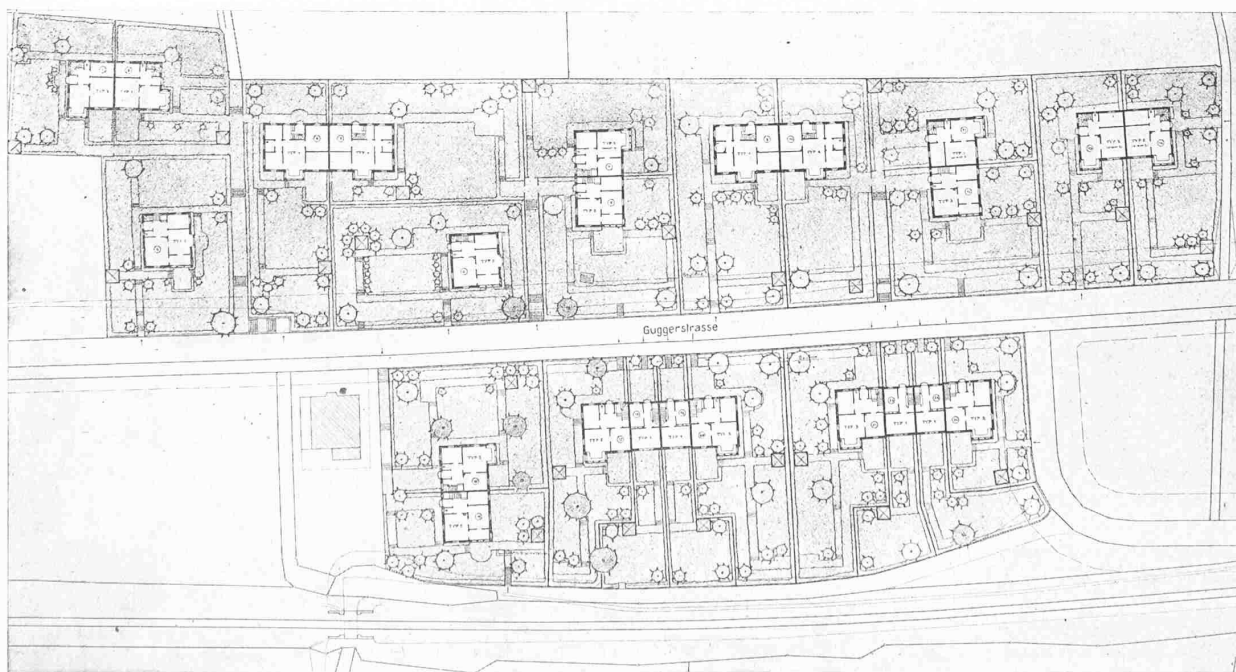
TYP 1 NB 8 1/2 x 13 1/2
ERDGESCHOSSTYP 1 NB 8 1/2 x 13 1/2
OBERGESCHOSS

Nun hat man in der *Elektrolyse* mit zweckmässig gewählten Metallen als Anoden und unter *Ableitung der Kathodenprodukte* ein bequemes Mittel an der Hand, Salzlösungen zu erzeugen mit bestimmter, ihrer hydrolytischen Spaltbarkeit entsprechender, schwach saurer Reaktion. Diese können, ohne die Eisenteile zu gefährden, dem Zirkulationswasser beigefügt werden, zum Zwecke, seine von Natur vorhandene oder durch anderweitige unerwünschte Elektrolysen erworbene schwache Alkalität zu neutralisieren. Verwendet man zudem ein Metall wie Eisen, dessen Salze oder die durch Hydrolyse entstehenden Hydroxyde leicht von der erst entstehenden niederen Oxydationsstufe in die höhere übergehen, so führt man damit ein *wirksames Reduktionsmittel* ein, das die Bildung von Kupfer-Oxychlorid, zu welchem Prozesse bekanntlich freier Luftsauerstoff nötig ist, verhindert. Das Chlor-Ion der Ferrochlorürlösung kann ferner durch Ueberleiten über Kalkstein wenigstens teilweise an Calcium gebunden werden unter Bildung von Ca Cl_2 , Calciumchlorid, dessen nützliche Eigenschaften oben erwähnt wurden.

An Stelle einer dauernden Korrektur des Wassers könnte auch an eine periodische Entfernung der in der Betriebszeit entstandenen Schichten gedacht werden, da diese doch als mittelbarer Urheber der Korrosions-Erscheinungen erkannt sind. Hierzu ist zu sagen, dass eine Entfernung basischer Krusten zwecklos ist, wenn nach dem Reinigen die letzten durch die Säure-Behandlung entstandenen, an den Rohrwänden zurückgebliebenen, gelösten Metall-Salze durch das wieder zuströmende alkalische Betriebswasser wieder ausgefällt werden und so die Anfänge neuer Schichten-Bildung abgeben.

Ein wiederholter Wechsel alkalischen und sauren Betriebes ist für alle Metalle verderblich, weil er nicht etwa Rückbildungen, sondern lediglich Depolarisationen bewirkt und damit sowohl im einen als auch im andern Betrieb die natürliche Hemmung des Vorganges ganz oder teilweise verhindert.

Eine *Säure-Behandlung* kann hingegen zweckmässig sein, wenn nach längerem Stillstande in feuchtem Zustand, während welchem eine Krustenbildung nie ganz zu ver-



III. Rang, Entwurf Nr. 2. — Architekten Hauser & Winkler, Zürich. — Oben links Typ 3 (1 : 400), unten Lageplan 1 : 1200.

meiden ist, der Betrieb mit durch Eisen-Chlorür korrigiertem Wasser wieder aufgenommen werden soll. Letzteres allein ist nicht imstande, alte, festhaftende Krusten zu lösen, es kann nur eine Neu-Bildung hindern.

Der Einfluss der Betriebverhältnisse.

Starke Erwärmung ist ungünstig, weil sie den Umschlag von CuCl in Cu_2O befördert und so gefährdete depolarisierte Stellen schafft, und weil sie zudem die Ionen-Beweglichkeiten erhöht und damit alle elektrolytischen Vorgänge fördert. **Zu geringe Wasserzirkulation** ist ungünstig, weil darin die Elektrolysen-Verhältnisse denen in stagnierendem Wasser gleichen, die Möglichkeit merkbarer Erhöhung der Alkalität, sowie die des Auftretens von Konzentrations-Verschiedenheiten bezüglich der Kupfer-Ionen vorliegt. Ebenso kann zu langes Benützen ein und desselben Wassers im Kreislauf bei Rückkühlanlagen ohne gelegentliche Korrektur schädlich sein. **Zu scharfe Zirkulation** dagegen verhindert die natürliche schützende Wirkung der Polarisation. Kräftig gespülte Stellen von Metall-Teilen sind stets von unedlerem Potential als die Teile ihrer Umgebung und sind infolgedessen von ihnen gefährdet.

*

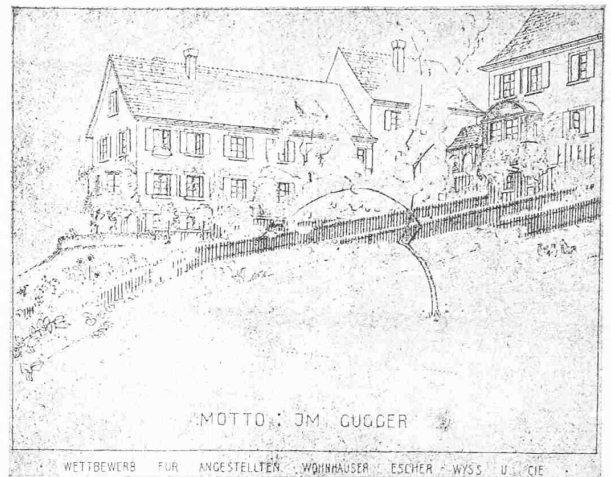
Zusammenfassend ist über das Problem und seine Lösung zu sagen:

Die Erscheinung der selektiven Korrosionen ist eine Teil-Erscheinung des allgemeinen Vorganges der Metall-Auflösung und tritt dann auf, wenn sich zwischen den treibenden und hemmenden chemischen Kräften und den äusseren Einflüssen kritische Verhältnisse einstellen, bei denen die hemmenden Kräfte des Vorgangs an gewissen Stellen überwunden und diese dem Angriff der auflösenden Kräfte preisgegeben werden.

So komplex an sich die Entstehungs-Bedingungen der selektiven Korrosionen, die ein kleines Spezialgebiet der Elektrochemie darstellen, sind, so zahlreich sind die Punkte, die berücksichtigt, und so mannigfaltig sind die Wege, die eingeschlagen werden müssen, um sie zu vermeiden.

Unterzieht man sich aber der Mühe, jeden einzelnen Fall sorgfältig zu studieren und zweckmässige Mittel anzuwenden, so sollte voraussichtlich keiner als unheilbar aufzugeben sein.

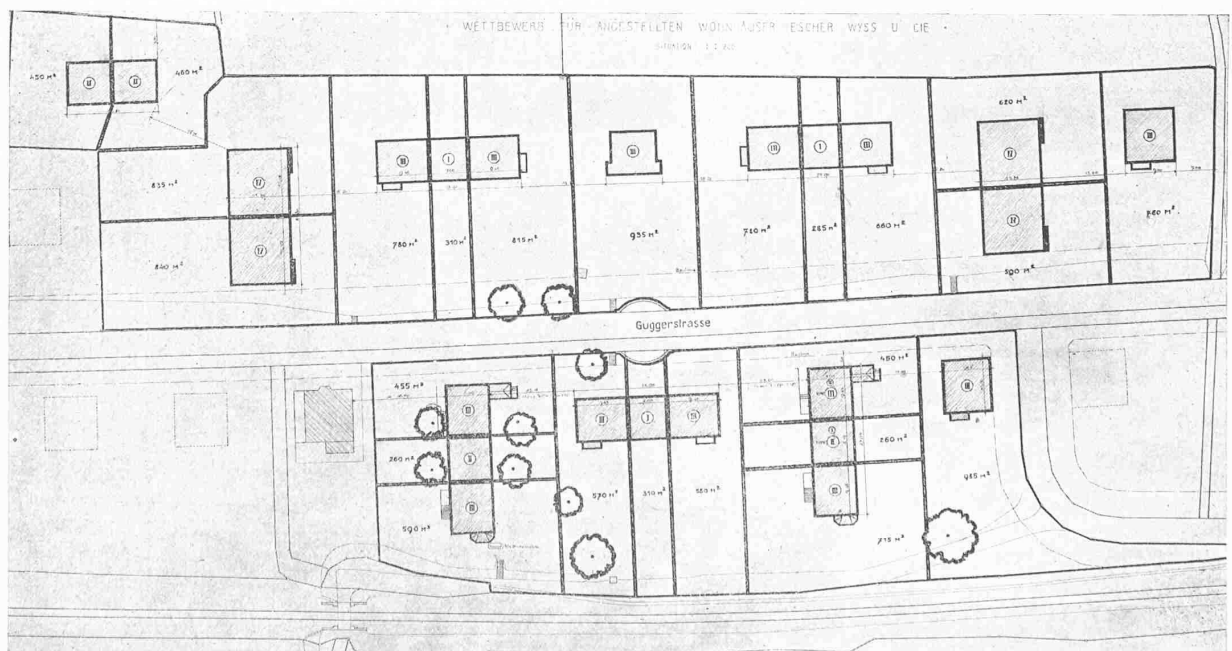
Zum Schlusse spricht der Verfasser Herrn Dr. Hans Frei, Chef des chemisch-techn. Laboratoriums der Firma Escher Wyss & Cie. in Zürich für seine wertvolle Mitarbeit, und der genannten Firma selbst für die Ermöglichung der Versuche seinen verbindlichsten Dank aus.



Wettbewerb für Beamten-Wohnhäuser der Maschinenfabriken Escher Wyss & Cie., Zürich.

(Schluss von Seite 99.)

Nr. 1 „Seelust“. Die Gruppierung der Baukörper ist sehr sorgfältig studiert. Die Gruppen sind so zusammengestellt, dass sie die ökonomische Anlage von eingebauten Häusern erlauben und dabei doch nicht eine übermässige Länge erreichen, die zu berechtigten Einsprachen der anstossenden Besitzer führen könnte. Die Gesamtanlage spricht deutlich aus, dass sämtliche Bauten in einmaliger Ausführung durch einheitliche Leitung erfolgt ist und gibt sich sozusagen ohne Zwang, trotzdem die baupolizeilichen Bestimmungen bei dem relativ knappen Terrain einer freien Verteilung die grössten Schwierigkeiten bereiten. Die Häuser sind gut mit ihren zugehörigen Gärten kombiniert, die ganze Anlage entspricht restlos der Terraingestaltung, indem sie die Gärten senkrecht zum Hang legt und durch eine gleichmässig durchgeführte Terrassierung zu einer Einheit zusammenfügt. Die Zugänge zu den einzelnen Häusern erfolgen auf dem kürzesten Wege und teilen damit das Maximum von Terrain den Gärten zu. Nicht ganz klar ist die Zugänglichkeit der einzelnen Grundstücke bei den Gebäuden oberhalb der Strasse durchgeführt. Die Anlage der talseitig der Strasse aufgestellten Einzel- und Doppelhäuser, die besonders günstige Gärten versprechen, verdient hervorgehoben zu werden.



IV. Rang, Entwurf Nr. 4. — Verfasser: Pfeleghard & Häfeli, Architekten in Zürich, — Oben Schaubild; unten Lageplan 1:1200.