

Zeitschrift: Schweizer Ingenieur und Architekt
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 99 (1981)
Heft: 19

Artikel: Die Aluminiumhütte in Dubai: die Produktionsanlagen
Autor: Fischer, U. / Bellwald, Marcel
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-74485>

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

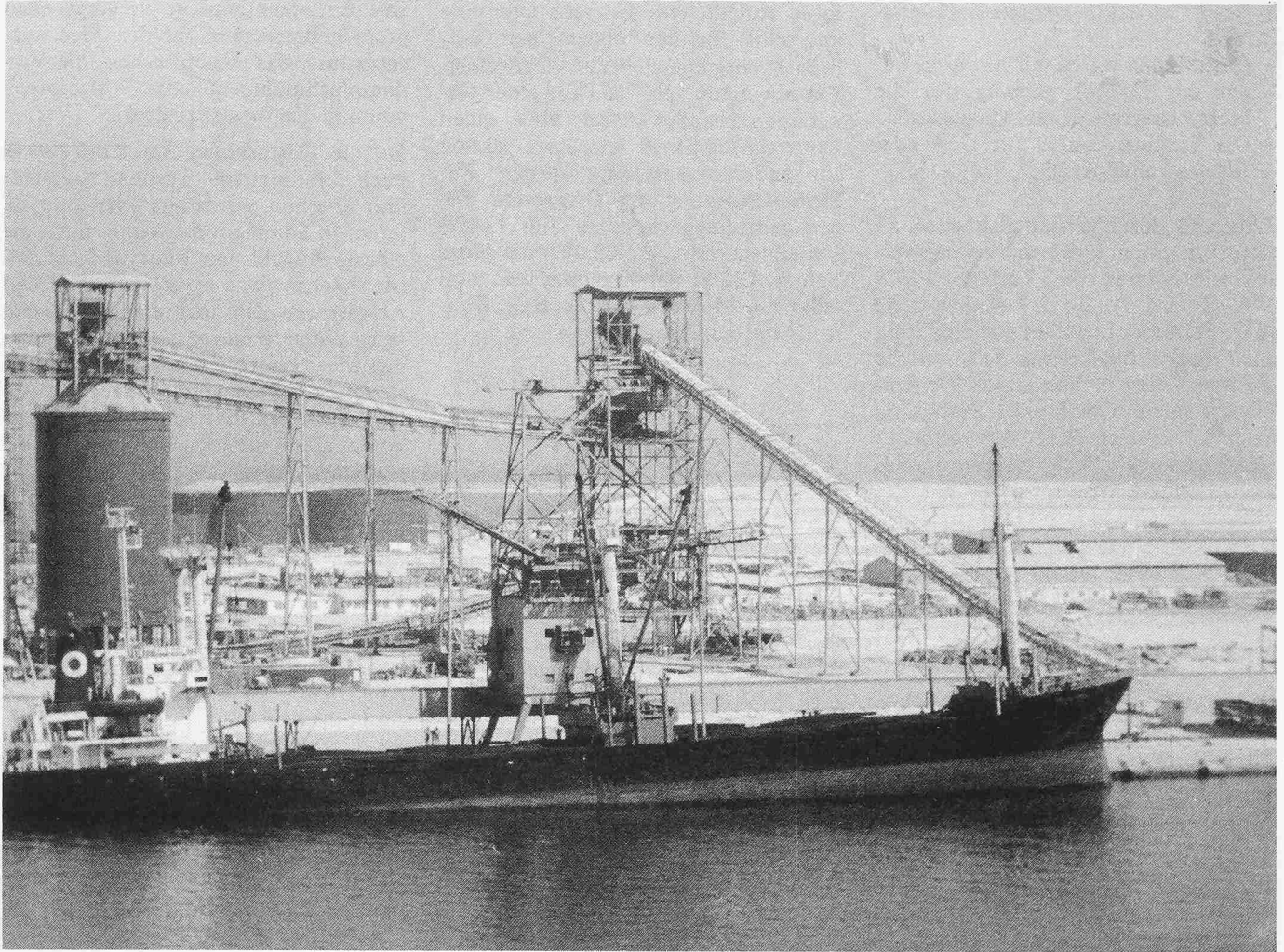
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

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: 06.02.2025

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



Die Produktionsanlagen

Von Peter U. Fischer und Marcel Bellwald, Zürich

Die Aluminiumproduktion

Wie schon vor bald 100 Jahren ist auch heute noch die Herstellung von kommerziellem Aluminium nach dem Hall-Héroult-Prozess (Schmelzflusselektrolyse) am wirtschaftlichsten und allgemein üblich.

Bei der Elektrolyse wird die im Bad gelöste Tonerde (Al_2O_3) mit Hilfe von Gleichstrom gespalten, wobei das flüssige Aluminium sich am Ofenboden (Kathode) sammelt, und der Sauerstoff zu CO und CO_2 in Verbindung geht.

Heute ist eine moderne, konkurrenzfähige Aluminiumhütte ein technisch hochentwickelter Industriekomplex (Bild 24).

Werksplan

Bedingt durch die räumlich sehr grosse Ausdehnung des Komplexes, ist der Anordnung der einzelnen Werke grosse Beachtung zu schenken.

DUBAL besteht aus folgenden Hauptbetrieben, Nebenbetrieben und Hilfsgebäuden (Bild 25):

- Kraftwerk
- Meerwasser-Entsalzungsanlage
- Elektrolyseofenhallen mit zugehöriger Kathodenreparatur
- Giesserei
- Anodenfabrik bestehend aus:
 - Kohlenmasseanlage
 - Anodenbrennofen
 - Anodenlager
 - Anodenanschlagerei
- Hafenanlagen
- Garage, Werkstätte, Lager, Büros, Laboratorium, Computeranlagen
- Verteilnetz für Energieträger

Wie vorhin beschrieben, ist es erforderlich, dass bei jedem neuen Projekt die *Anordnung* der Betriebe, Hilfsanlagen und Administrationsgebäude individuell ausgearbeitet wird. *Übergeordnete Gesichtspunkte* sind Wirtschaftlichkeit, Materialfluss, Grundstückausnutzung mit Erweiterungsmöglichkeiten, Sicherheit und Anordnung des Versorgungs-

netzes (Gas, Luft, Wasser, Elektrizität). Als Folge des riesigen Durchflusses von Rohmaterialien und Fertigprodukten muss auf die *Verbindungswege zum Hafen* sowie auf das *Hauptstrassennetz* Rücksicht genommen werden. Die gute Zugänglichkeit aller Anlagenteile zwecks Unterhalt und Reparatur ist ebenfalls zu beachten.

Das Kraftwerk

Die Schmelzflusselektrolyse verlangt eine sehr *zuverlässige Stromversorgung*, da Stromunterbrüche äusserst kostspielig sind. Dem Konzept der Stromerzeugung und -verteilung ist deshalb besondere Achtung zu schenken. Im Falle von DUBAL bestanden gewisse Randbedingungen, welche bei der Auslegung des elektrischen Teils berücksichtigt werden mussten:

- Durch das gedrängte Bauprogramm bedingt (d. h. die kurze Periode zwischen Baubeschluss und Zuschaltung der ersten Serie), kamen als Maschinen *nur Gasturbinen* in Betracht.
- Als Folge der verschiedenen Währungen der zur Verfügung stehenden Kredite war *Grossbritannien* für das

Kraftwerk das bevorzugte Herkunftsland.

- Gasturbinen waren mit *Abwärmekesseln zur Dampfgewinnung* (für die Meerwasserentsalzung) auszustatten.
- Die Turbinen waren für *Gas- oder Ölbetrieb* auszulegen.

Aufgrund der Liefermöglichkeiten ab Grossbritannien ergab sich zwangsweise eine Mischung von 8 Turbinen à 17,5 MW (Frame 5) und 5 Turbinen à 62 MW (Frame 9). Lieferant war die Firma *John Brown Engineering Ltd.*, welche die Maschinen in Lizenz von General Electric baute. Gemäss der Forderung nach Betriebssicherheit und optimaler Unterhaltungsmöglichkeit wurden immer zwei Frame-5-Maschinen in ein gemeinsames Gebäude zusammengefasst. Die Frame-9-Maschinen sind je in einer eigenen Halle untergebracht. Somit kann man nicht von einem eigentlichen «Kraftwerk» sprechen, sondern eher von einem «*Stromerzeugungsnetz*».

Der erzeugte Strom wird auf 33 kV hinauftransformiert und auf vier *Schaltan-*

lagen verteilt, eine für jede Ofenserie und eine für den allgemeinen Verbrauch, einschliesslich der Meerwasser-Entsalzungsanlage. Im Falle eines Generatorenausfalles kann über einen *Umschaltring* Strom von einer Sektion zur andern transferiert werden. Zur Stromversorgung der Ofenserien dienen Siliziumgleichrichter. Ein 11-kV-Verteilnetz erstreckt sich über die ganze Fabrik. Die Stromerzeugung und -verteilung wird durch eine zentrale Kontroll- und Schaltwarte überwacht.

Meerwasserentsalzung

Gemäss *Vorschriften der Regierung* war die gesamte *Abwärme* vom Kraftwerk zur *Meerwasserentsalzung* zu nutzen. Dadurch entstand eine Frischwasserproduktion von 114 000 m³ pro Tag. Der Eigenbedarf des Hüttenwerkes beträgt nur etwa 1/50 dieser Menge, der Rest wird in das städtische Verteilnetz eingespiesen.

Die Entsalzungsanlage verlangt nach grossen Bauwerken für den Meerwasserzufluss, das Absetzbecken, die Verdampferfundamente, das Wasserreservoir und den Brüdenauslauf.

Da die Gasturbinen des Kraftwerkes nach bestimmtem Turnus abgestellt und überholt werden müssen und da ferner in Sommer und Winter nicht die gleiche Anzahl von Maschinen in Betrieb stehen, war es nötig, neben den Abwärmekesseln noch eine Serie *separater Dampferzeuger* aufzustellen, um den Meerwasserverdampfern eine konstante Dampfmenge zur Verfügung stellen zu können. Die Verdampfer (sechs an der Zahl) arbeiten nach dem Mehrstufenprinzip.

Die Anlage ist mit einer ganzen Serie von *Hilfseinrichtungen* versehen, angefangen mit der Speisewasseraufbereitung über Entlüftung, Chlorierung, Mineralisierung usw. Auch die Dampferzeugung sowie der Betrieb der Meerwasser-Verdampferanlagen werden von einer zentralen Steuerwarte aus kontrolliert.

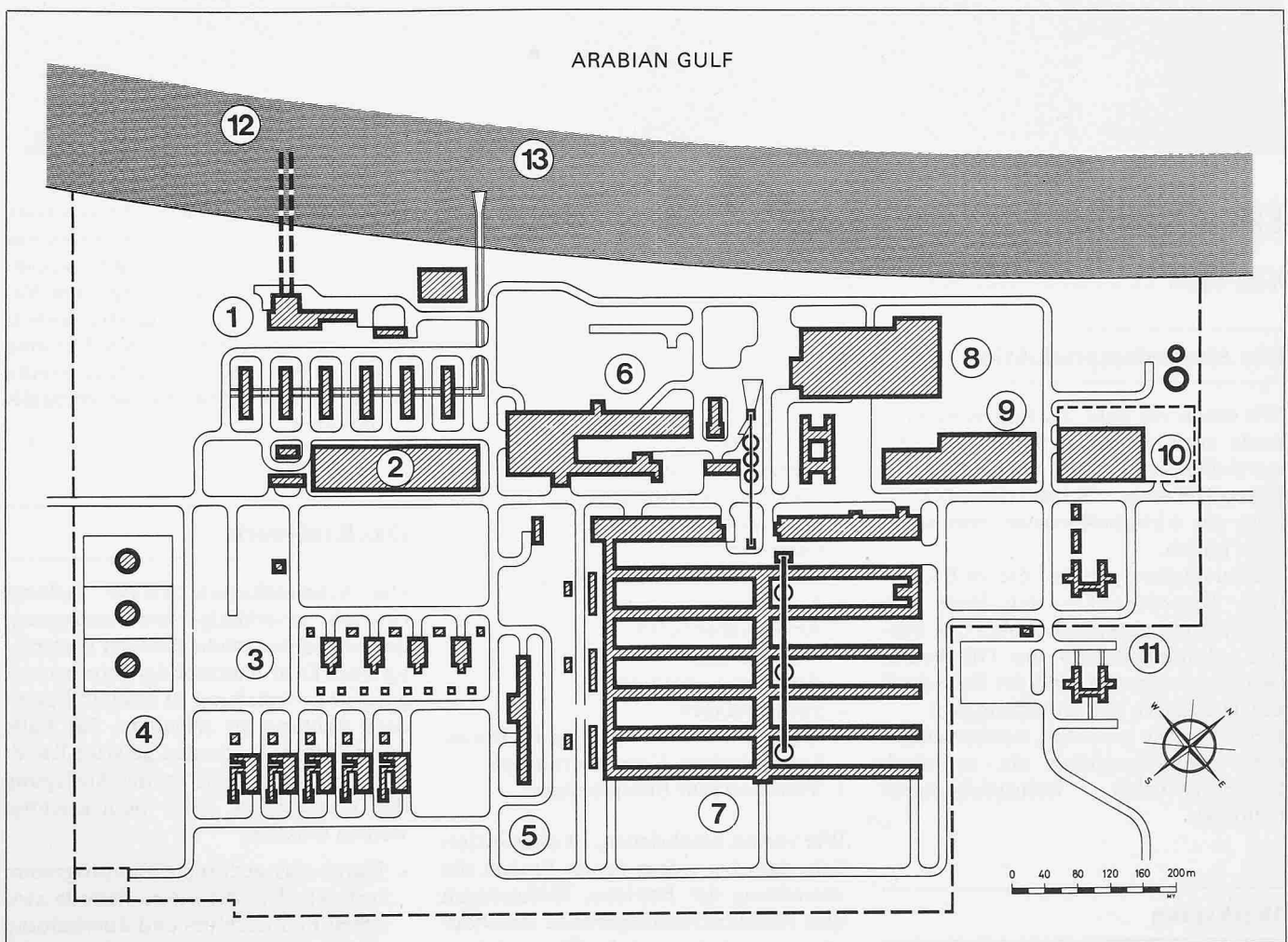


Bild 25. Lageplan (General Layout) der Alu Hütte

- 1 Entsalzungsanlage
- 2 Trinkwasserreservoir
- 3 Kraftwerk
- 4 Tanklager

- 5 Schaltstation
- 6 Anodenfabrik
- 7 Ofenhallen, jede 400 m lang
- 8 Giesserei

- 9 Werkstatt
- 10 Lagerhalle
- 11 Verwaltung und Labor
- 12 Wasserfassung
- 13 Wasserrückgabe

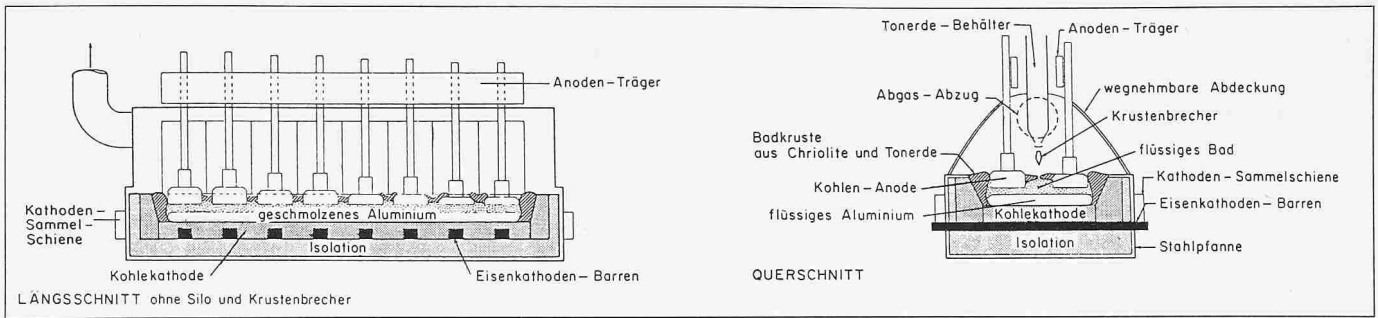


Bild 23. Elektrolyse-Ofen

Ofenhallen/Elektrolyse

Der Mittelpunkt des Hüttenkomplexes ist der Elektrolyseofen (Bild 23). Von Anfang an wurde auf den Ofenbau und den Ofenbetrieb besonderes Gewicht gelegt, da der Ofen als einzelne Einheit sich in den Serien (Ofenhallen) vielfach wiederholt.

Zur Erbringung der Sollproduktion von 135 000 Jahrestonnen waren bei einer Nennstromstärke von 150 000 Ampère 360 Öfen in drei Serien à 120 Öfen notwendig. Zur Minimalisierung der Betriebskosten dienen folgende Vorkehrungen:

- **Computer-Prozesssteuerung:** Auch bei gut ausgebildetem Personal ist der Computer genauer und schneller in der Datenanalyse und in der Voraussage von Rohmaterial- und Flussmittelbedarf und dient damit der Automatisierung der Bedienungsvorrichtungen (d. h. zum automatischen re-

spektive halbautomatischen Verfahrensablauf).

- **Mechanisierung:** Noch vor wenigen Jahren war der Ofenbetrieb mit körperlicher Schwerarbeit verbunden (hauptsächlich beim Krustenbrechen, Anodenwechseln, Tonerde chargieren usw.), welche heute dank modernen Hilfseinrichtungen wie Universalkranen zum grossen Teil verschwunden ist.

Die Elektrolyseöfen stehen quer in der Ofenhalle (Bild 26). Die Halle wird dadurch kürzer als bei Längsanordnung, was einige Vorteile mit sich bringt. Die Ofenkontrolle und Aluminiumentnahme geschieht dadurch stirnseitig.

Die Öfen sind geschlossen und haben automatische Mittelbedienung (Krustenbrechen und Tonerdezufuhr). Operationen an den Elektrolyseöfen (Anodenwechsel mit eventuellem zusätzlichem Krustenbrechen, Aluminiumentnahme und Tonerdetransport zu den Öfen) werden mit Universalkranen

durchgeführt. Der Kranführer befindet sich in einer gekühlten Kabine. Information und Instruktion für die Ofenbedienung wird dem Personal mit Computerstimme über Lautsprecher weitergegeben.

Grosse Bedeutung wurde der Kontrolle der Gasemission zugemessen, welche hauptsächlich aus gasförmigen und festen Fluoriden besteht. Diese Gase werden nach dem Prinzip der Trockenabsorption mit Tonerde gereinigt. Dadurch wird eine beinahe vollständige Rückgewinnung der teuren und naturfeindlichen Fluoriden erzielt.

Giesserei

Giessereien von Aluminiumhütten (Bild 27) sind für Massenproduktion eingerichtet, wobei Barren für Halbfabrikate und Masseln/T-Barren zur Wiederaufschmelzung hergestellt werden. Legierungsproduktion beschränkt

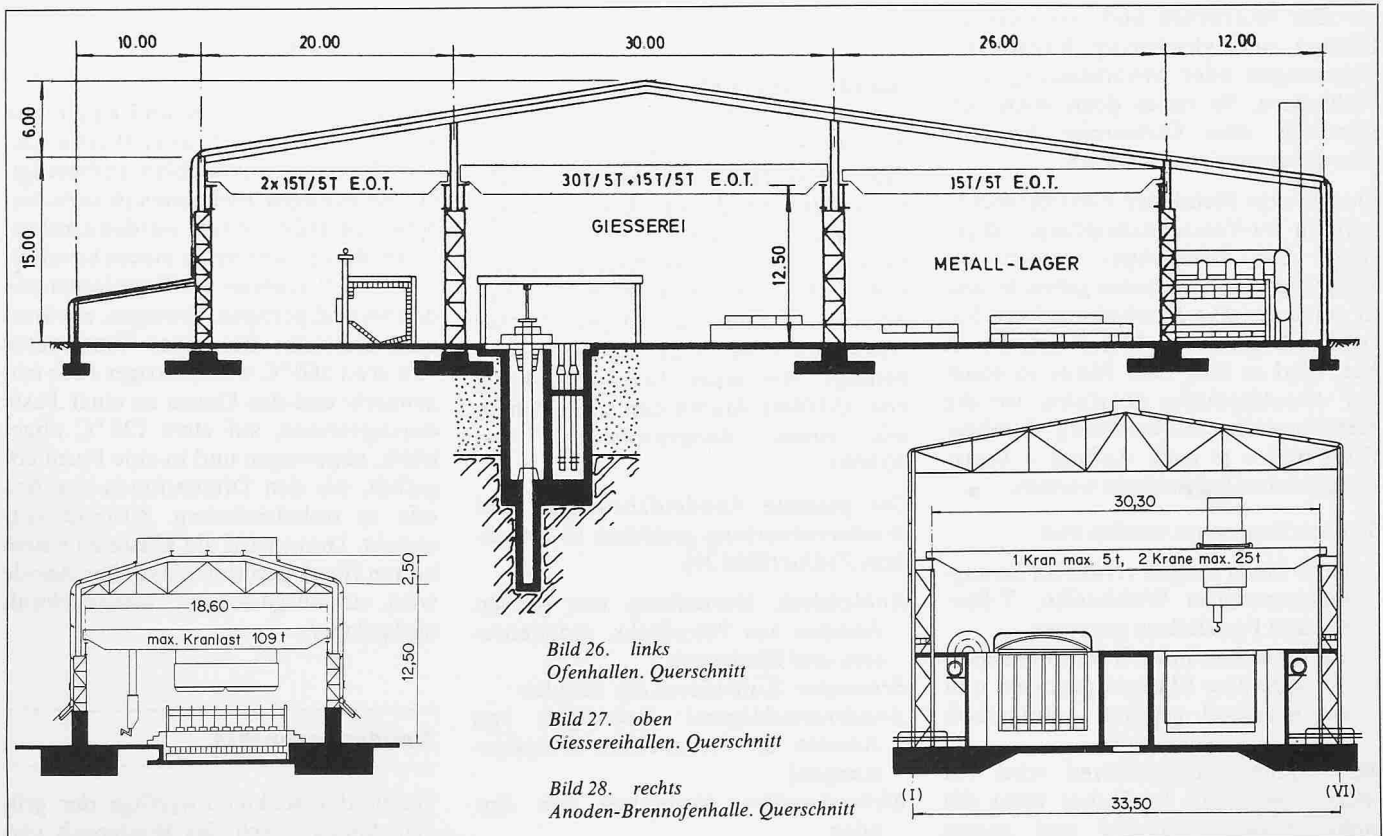


Bild 26. links Ofenhallen. Querschnitt

Bild 27. oben Giessereihallen. Querschnitt

Bild 28. rechts Anoden-Brennofenhalle. Querschnitt

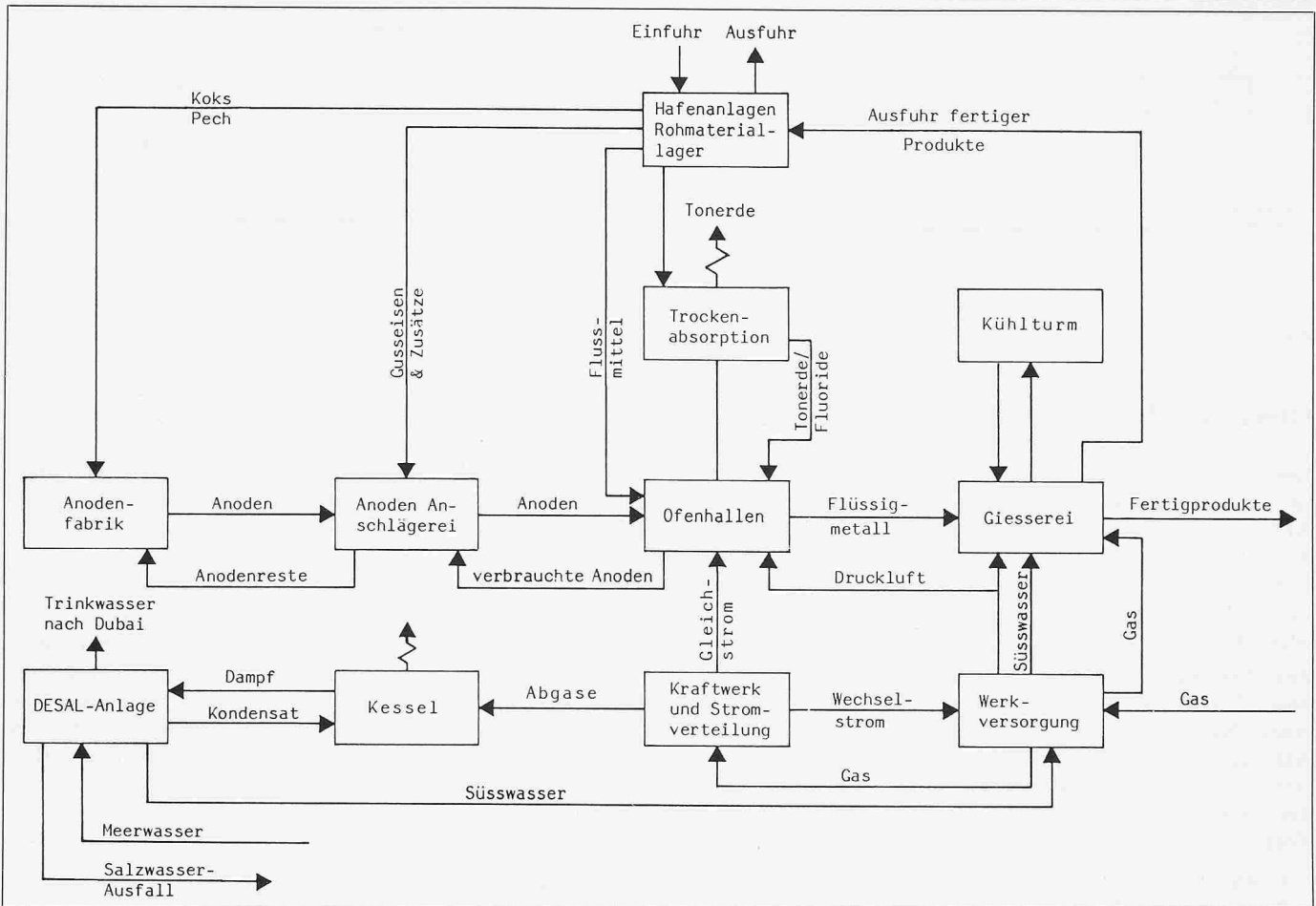


Bild 29. Materialfluss

sich meistens auf *Walzbarren* und *Pressbolzen*. Die Einrichtungen einer Hüttengiesserei müssen gross genug ausgelegt werden, um grössere Lieferungen desselben Produktes *innert kurzer Zeit* verarbeiten und versenden zu können und gleichzeitig kostspielige Lagerungen oder Metallstauungen zu verhindern. So ist es denn auch verständlich, dass Giessereien meistens *überdimensioniert* erscheinen.

Das flüssige Metall der Elektrolyseöfen wird in 6-t-Vakuumerschöpfriegel abgessaugt. Die *Schöpfriegel* werden auf Fahrzeugen zur Giesserei gebracht und in einen der 45-t-Mischöfen geleert. Sobald sich genügend Metall gesammelt hat, wird es über eine Rinne in einen der 40-t-Abstehöfen überführt, wo die metallurgische Aufbereitung durchgeführt und - je nach Auftrag - Legierungszusätze beigemischt werden.

Je nach Programm werden nun

- auf 8 Meter langen *vertikalen Stranggiessmaschinen* Walzbarren, T-Barren und Pressbolzen gegossen,
- auf einer kontinuierlichen *horizontalen Maschine* Masseln gegossen und anschliessend gekühlt, automatisch gestapelt und gebunden.

Bei beiden Giessverfahren wird *viel Wasser* benötigt. In Dubai wirkt die hohe Aussentemperatur und grosse

Luftfeuchtigkeit erschwerend auf die *Abkühlung*. Speziell grossdimensionierte *Kühltürme* sind deshalb notwendig zur Aufbereitung für die Wiederverwendung des *Kühlwassers*.

Anodenfabrikation

Zur Herstellung von Aluminium nach dem Hall-Héroult-Elektrolyseverfahren werden *Anoden aus Kohle* benötigt. Die *Anoden* werden durch den im Elektrolyseprozess freiwerdenden Sauerstoff zu Kohlendioxyd und Kohlenmonoxyd *verbrannt*, was ein periodisches Auswechseln der abgenutzten Anoden bedingt. Bei einer Jahresproduktion von 135 000 t Aluminium rechnet man mit einem *Anodenverbrauch* von 70 000 t.

Die gesamte Anodenfabrikation und Wiederverwertung geschieht in folgendem *Zyklus* (Bild 29):

Kohlefabrik: Herstellung von grünen Anoden aus Petrolkoks, Anodenresten und Bindepech

Brennofen: Kalzinieren der Anoden

Anodenanschlagerei: Befestigen von Anoden an Stromleitern (Anodenstangen)

Elektrolyseöfen: Verbrauch von Anoden

Anodenanschlagerei: Entfernen von Anodenresten, reinigen, brechen und Transport zurück in die Kohlenfabrik.

Kohlefabrik

Petrolkoks sowie grüne und kalzierte Reste werden durch wiederholtes Sieben, Brechen und Mahlen aufbereitet, bis die *richtigen Fraktionen* in verschiedene Tagessilos verteilt werden können. Nach Rezept werden in einem kontinuierlichen Verfahren die Fraktionen aus den Silos abgezogen, gewogen, erwärmt und gemischt. Bei einer Temperatur von etwa 160 °C wird *flüssiges Pech beigemischt* und das Ganze zu einer Paste durchgeknetet, auf etwa 120 °C abgekühlt, abgewogen und in eine Form abgefüllt, die den Dimensionen der Anode in unkalziniertem Zustand entspricht. Darin wird die Masse zu einem harten Block gerüttelt. Als grüne Anode wird sie ausgestossen, wassergekühlt und gelagert.

Anodenbrennerei

Damit das Kohlekorngefüge der grünen Anode durch das Bindepech ver-

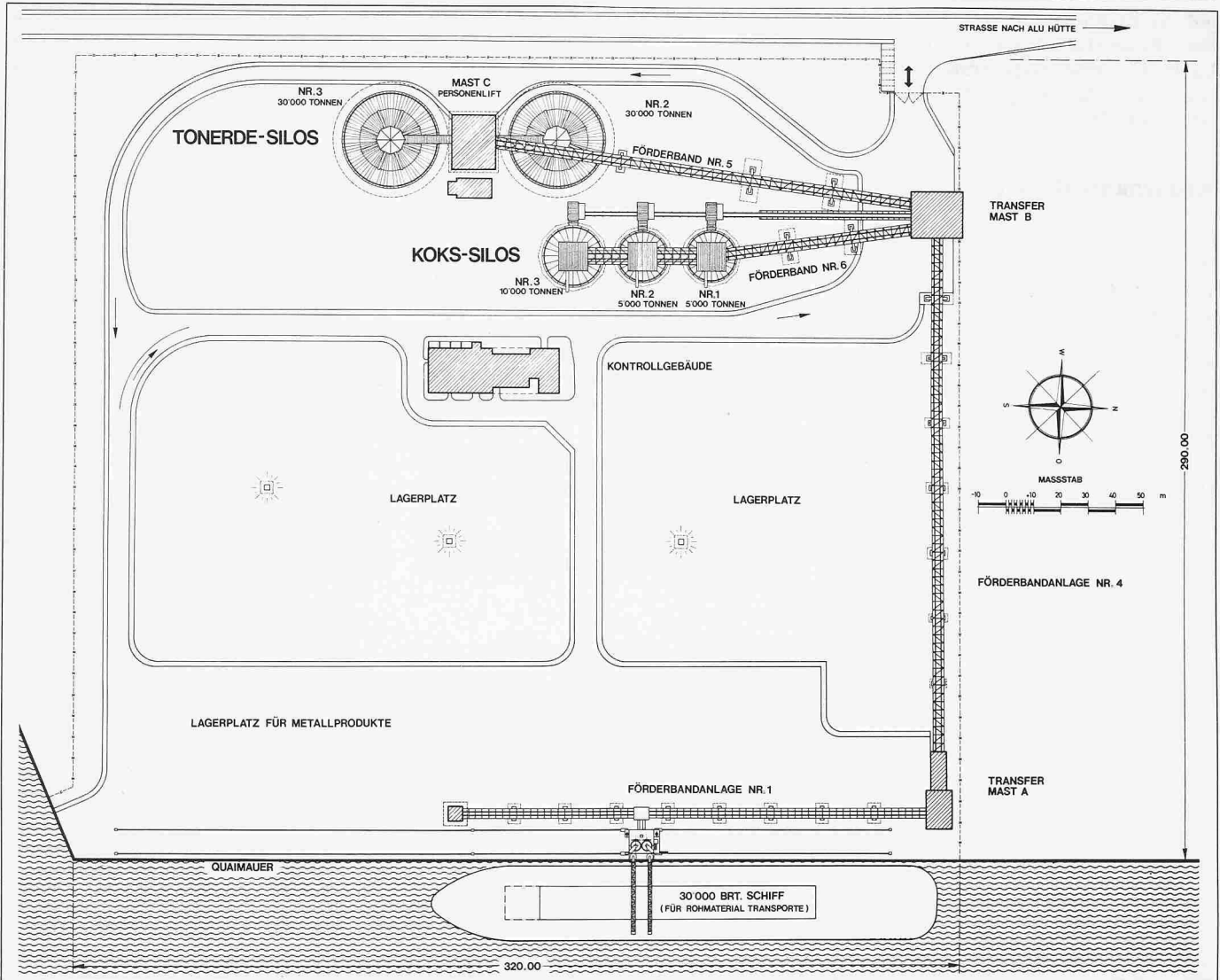


Bild 30. DUBAL-Hafen. Lageplan

klebt wird, ist eine Erhitzung der Anode auf etwa 1200 °C notwendig. Bei diesem Vorgang wird das Bindemittel teilweise verdampft. Teilweise verharzt es, wo-

durch die Bindekraft entsteht. Diese Vorgänge lassen sich am einfachsten in einem Ringkammerofen mit Regenerativfeuerung durchführen. Die Anoden

werden mittels Stapelkran paketweise in eine der 28 Kammern verpackt. Durch eine Serie von Ringfeuern werden die einzelnen Kammern sukzessive

Unternehmer- und Lieferanten Verzeichnis

Verfahrenstechnik Elektrolyse:	National Southwire Aluminum Co. USA	Kohlefabrik:	- Stahlkonstruktion, mechanische und elektrische Installationen - Ofenauskleidung - Beton- und Maurerarbeiten	Klöckner Humboldt Deutz, BRD Riedhammer, BRD G. Wimpey & Co. Ltd, UK (Al-Futtaim)
Koordination der Lieferanten, Baustellenleitung:	British Smelter Constructions Limited, London	Giesserei:		Seltrust Engineering, UK
Bauplatzvorbereitungen:		Werkstätten und Lagerhaus:		Costain Int. Ltd., UK
- Versorgung und Entsorgung	Wimpey ME&C, UK	Entsalzungsanlage:		Weir Westgarth Ltd, UK
- Verwaltungsgebäude, Provis. Metall Labor	Intra Contracting, UAE	Bodenuntersuchungen:		Wimpey Laboratories Ltd, UK
- Provis. Computergebäude	Costain International, UK	Spedition und Verschiffung:		Kuehne & Nagel/Orient Transport Company, BRD/VAE
- Alle anderen Arbeiten, Infrastruktur inkl. Strassen, Kanalisation, Baustellen-Camp	G. Wimpey & Co. Ltd, UK (Al-Futtaim)	Untersuchungen Zuschlagstoffe, Rostschutz:		EMPA, Ueberlandstrasse 129-133 8600 Dübendorf, CH
Hafen:		Tiefenverdichtung Kraftwerk und Voruntersuchungen Tonerde Silo Hafen:		GKN Keller GmbH, Overseas Division P.O. Box 906 6050 Offenbach 3, BRD
- Stahlkonstruktion, mechanische und elektrische Installationen	Ferrostaal, BRD	Hitzebeständige Beschichtung Conservado-HP:		SIKA International, Zürich
- Beton- und Maurerarbeiten	G. Wimpey & Co. Ltd, UK (Al-Futtaim)			
Stromversorgung:	Hawker Siddley Power Engineering Limited, UK			
Ofenhalle, Elektrolyse:				
- Mechan. und elektr. Ausrüstungen	Wimpey ME&C, UK			
- Beton- und Maurerarbeiten	G. Wimpey & Co. Ltd, UK (Al-Futtaim)			

auf die Brenntemperatur erhitzt und in der Regenerativphase wieder abgekühlt. Derselbe Stapelkran dient zum Auspacken der fertig gebrannten Anoden (Bild 28).

Anodenanschlagerei

Das Bindeglied zwischen der Kohlenfabrik und den Ofenhallen ist die Anodenanschlagerei. Mit Roll- und Hängebahnen werden neue Anoden nach Bedarf in die Anschlagerei transportiert, wo Anodenstangen mit flüssigem Gusseisen an die Anoden befestigt werden. Die vergossenen Anoden werden an Hängebahnen automatisch in die Ofenhallen weitertransportiert. Dieselben Hängebahnen dienen dem Rücktransport der verbrauchten Anoden in die Anschlagerei. Eine stark mechanisierte Anlage dient der Entfernung der An-

odenreste und der Reinigung der Stangen.

Hafenanlagen

Im Hafen von Mina Jebel Ali steht DUBAL ein Areal mit einer Quailänge von 320 m zur Verfügung (Bild 30 und 31). Der Quai eignet sich für Schiffe bis 60 000 t Wasserverdrängung und mit einem max. Tiefgang von 14,5 m. Die Hafenanlage wurde für eine Entladekapazität von 600 t/Std. ausgelegt. Zurzeit ist eine Saugheberanlage von 300 t/Std. in Betrieb, was einer ersten Ausbauphase entspricht.

Tonerde und Koks werden mit den genannten Saughebern auf ein Förderband entladen und auf einen Verteilerturm transportiert, von wo aus Förderstrassen in die individuellen Tonerde-

oder Koksilos abzweigen. Schiffslandungen mit Pech und Flussmitteln usw. werden mit einem Drehkran ausgeladen, ebenso werden damit die verschiedenen Fertigprodukte verladen.

Der gesamte Transport zwischen Hafen und Aluminiumfabrik wird mit Spezialfahrzeugen bewältigt. Tonerde wird von mit Druckkesseln versehenen Fahrzeugen in einen über der ersten Ofenhalle gelegenen Zyklon geblasen, expandiert und auf einem Förderband in die jeweiligen Tagessilos der Ofenhallen weiterbefördert. Koksfahrzeuge sind für Bodenentleerung ausgerüstet, wobei der Koks über Förderband und Becherwerk in die Silos der Kohlenfabrik entleert wird.

Adresse der Verfasser: P. U. Fischer, dipl. Ing. ETH, und M. Bellwald, Ing. HTL, c/o M+F Engineering Consultants AG, Blumenfeldstr. 51, 8046 Zürich

Zur Honorarordnung der Architekten SIA 102

Im Vorfeld der Delegiertenversammlung vom 5. Dezember des vergangenen Jahres hatte eine grosse Zahl von Zuger Architekten ihrem Missbehagen Ausdruck verliehen über die unbefriedigende Situation in der Honorarfrage. Mit einer erfolgreichen Unterschriftensammlung unter SIA-Mitgliedern der ganzen Schweiz war ein schriftlich formulierter Antrag an die Delegierten verbunden. Die Diskussion führte zur Annahme eines verbindlichen Vorschlages der Sektion Zürich, der die

Forderungen der Initianten angemessen berücksichtigte und gleichzeitig für die Bemühungen des CC weiterhin Spielraum offenliess. Wir veröffentlichen das erläuternde Referat, das Leo Hafner, Architekt in Zug, als Vertreter der Antragsteller anlässlich der Delegiertenversammlung gehalten hat, ohne dazu Stellung zu nehmen. – Der Antrag wurde in Heft 46/1980 auf Seite 1153, der Bericht von der Delegiertenversammlung in Heft 5/1981 auf Seite 81 abgedruckt. Red.

Warum haben wir eine Unterschriftensammlung durchgeführt?

Von der eidgenössischen Baudirektion wird immer wieder betont, die Zahl der Architekten, welche Tarifierungen wirklich verlangen, sei verschwindend klein und sei für den SIA nicht repräsentativ. Unsere Aktion sollte sowohl Bern wie auch der Spitze des SIA deutlich zeigen, was die Basis des SIA und die freischaffenden Berufsleute wirklich denken und wollen.

Unser Antrag fordert im wesentlichen folgendes:

- Korrekte Anwendung der Indexformel für Tarif A, d. h. voller Honorarausgleich
- Anhebung von Tarif B auf das Reallohniveau des Bundes und der übrigen Wirtschaft

- Gesamt-Honorar-Revision so, dass gerechte Entlohnung und voller Honorarausgleich möglich ist.

Hinter diesem Antrag stehen nicht nur die Architekten aus dem Kanton Zug, sondern 724 Ingenieure und Architekten aus der ganzen Schweiz.

Bei ungefähr 1000 verschickten Briefen, bei rund 1200 selbständigen Architekturbüros im SIA, ist das Ergebnis der Unterschriftensammlung erdrückend klar.

Die Ausgangslage

Unsere Honorarordnung ist im Jahre 1969 mit der öffentlichen Hand partnerschaftlich ausgehandelt worden. Aber unsere Partner, d. h. Bund, Kantone und Gemeinden, verweigern uns seit 1969 die damals vorgesehe-

ne Anpassung der Lohnindexe. Wir arbeiten heute noch mit Indexen aus dem Jahre 1967 und wir meinen, dies ist eine Zumutung. Keine andere Wirtschaftsgruppe in der Schweiz muss oder würde sich dies gefallen lassen.

Die Folge

Viele Ingenieur- und Architekturbüros arbeiten mit erheblichen Verlusten. – Der SIA weiss das auch, und er schreibt selber: Unsere Branche befindet sich ertragsmässig in einer ausweglosen Situation. Die Verschlechterung des Ertrages, gleichbleibende Honorare, 30% höhere Lohnkosten sind existenzbedrohend.

Und tatsächlich, das Risiko von Betriebschliessungen ist gross, nachdem vielerorts die Reserven aufgezehrt sind.

Aber ebenso bekannt wie unsere Misere ist die offensichtliche Verständnislosigkeit in Honorarfragen bei Bund und Kantonen, und wir alle wissen: Die Verhandlungen des SIA um einen gerechten Honorarausgleich hatten bis heute in Bern wenig Erfolg und sind gescheitert. Wir meinen, es waren ja auch weniger Verhandlungen, es war jeweils fast eher die Entgegennahme eines Diktates.

Zum Tarif A

Es wird immer behauptet, eine Anpassung des Tarifes A sei nicht nötig, die Architekten und Ingenieure seien die grossen Profiteure der Bauteuerung. Wie steht es mit diesem