Probleme aus dem Chemischen Apparate- und Anlagenbau

Autor(en): **Wickli, Herbert E.**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **95 (1977)**

Heft 36

PDF erstellt am: **26.04.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-73443

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.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Bild 9. Gurtstreifenvorspannung der Zwischendecken

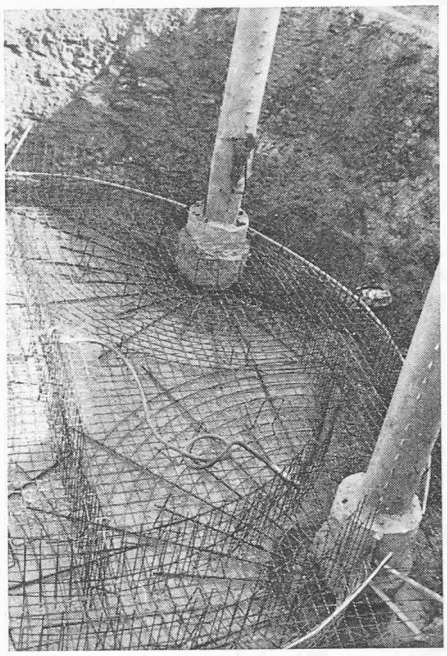


Bild 8 (rechts). Die sternförmige Armierung der Fundamentverbreiterung

einer gut verteilten schlaffen Bewehrung empfiehlt. Fürdie 30 cm starken Senkdecken wurden daher in den Gurtstreifen je 4 VSL-Spannglieder zu je $V_0 = 35$ t angeordnet (Bild 9), was einer Schwerpunktvorspannung von nur 6 kg/cm² entspricht.

Da die Decken in Längsrichtung in vier Abschnitte unterteilt waren (siehe Bild 3), wurden jeweils in den Feldmitten Kontinuitätskabel eingelegt, welche die nachträglich geschlossenen Arbeitsfugen mit etwa $\sigma_N = 5$ kg/cm² überbrückten. Dies gestattete es, die Decken im Endzustand auf die ganze Länge von 145 m fugenlos auszubilden.

Schlussbemerkungen

Das hier erstmals angewandte Senkdeckenverfahren hat die in dieses gesetzten Erwartungen bestens erfüllt und dürfte vor allem im städtischen Tiefbau auch in Zukunft von Interesse sein. Eingehende Kostenvergleiche, auch seitens der anbietenden Unternehmungen, haben bestätigt, dass diese neue Baumethode trotz ihren offensichtlichen Vorteilen preisgünstiger war als eine konventionelle Ausführung. Dem Bauherrn und den Architekten sei an dieser Stelle dafür gedankt, dass sie diesem *nicht ganz risikofreien Unterfangen* verantwortungsfreudig zugestimmt hatten.

Literaturverzeichnis

[1] *Walther, R.:* «Senkdeckenverfahren für die Tiefgarage des Kantonsspitals Basel». Beton- und Stahlbetonbau, Heft 11/1975.

[2] *Walther, R.:* «Ondergrondse parkeergarage te Bazel». Cement, Heft 3/1976.

[3] Schweizer Baublatt, Nr. 95/1974.

[4] *Roš, M.:* «Die materialtechnischen Grundlagen und Probleme des Eisenbetons im Hinblick auf die zukünftige Gestaltung der Stahlbeton-Bauweise». EMPA Bericht Nr. 16Z.

Adresse des Verfassers: Prof. Dr. *R. Walther,* Ingenieurbüro Dr. R. Walther & H. Mory, Aeschenvorstadt 21, 4051 Basel.

Probleme aus dem Chemischen Apparate- und Anlagenbau

Von **Herbert E. Wickli,** Pratteln

Einleitung

In der chemischen Industrie wird der Begriff der *Anlage* meist für eine grössere, über Verfahren und Produktionsaufgabe zu einer *technischen und wirtschaftlichen Einheit* zusammengeschlossene *Gruppe von Anlagenelementen,* wie *Apparaten und Maschinen, Rohrleitungen, Mess- und Regelgeräten* usw., benutzt. Vielfach wird die Anlage durch ein bestimmtes *physikalisches Grundverfahren* (z.B. Destillationsanlage, Extraktionsanlage) oder aber durch einen *chemischen Verfahrensschritt* (z.B. Hydrieranlage, Polymerisationsanalge) charakterisiert, wobei jeweils bereits vielseitig verwendbare *Zwischenprodukte* entstehen können. Grössere Prozesse und Anlagenkomplexe (z.B. Schwefelsäureanlagen, Farbstoffanlagen) erfordern das Hintereinanderschalten mehrerer Anlagen oder Verfahrensstufen. Hinter dem technischen Anlagenbegriff können sich also hinsichtlich des Anlagenumfangs verschiedenartige Vorstellungen verbergen.

Das heute allgemein bekannte Ingenieurkonzept der *«unit operations»* (Verfahrensschritte, Grundverfahren) wurde bereits vor mehr als 50 Jahren vom Amerikaner *A.D. Little* angeregt und entwickelt. Er stellte fest, dass in allen Produktionen der chemischen Industrie immer wieder dieselben Grundverfahren als Teilschritte vorkommen, so dass es sehr viel weniger Grundverfahren oder «unit operations» gibt als Gesamtprozesse und Produkte.

Zur Bewältigung der eigentlichen Produktionsaufgaben in Gestalt chemischer und physikalischer Stoffumwandlungen stehen die *chemischen Apparate* im Mittelpunkt. Den chemischen Apparat kann man als eine Vorrichtung zur Durchführung von Stoffumwandlungen auffassen, dessen konstruktive Auslegung die erforderlichen Verfahrensbedingungen im wesentlichen ohne die Mitwirkung eingebauter mechanisch bewegter Teile erreichen lässt. Hier ist beispielsweise an *Wärmeaustauscher, Verdampfer, Kondensatoren,* verschiedene

Typen klassischer *Kolonnen, Autoklaven* und *Behälter* aller Art zu denken. Die heutigen Entwicklungstendenzen der chemischen Technik und im Apparatebau weisen jedoch vermehrt auf eine *zunehmende Bedeutung der mechanisch bewegten Bauelemente* hin, die im allgemeinen als *Maschinen* bezeichnet werden. Vor allem die Beschleunigung der Verfahrensschritte durch grössere Grenzflächen und höhere Strömungsgeschwindigkeiten sind dafür massgeblich. Belastungsverhältnisse und die spezifische Leistung werden gesteigert. Hier ist etwa an die vielen in den letzten Jahren entwickelten *Rektifikations- und Extraktions-Maschinen mit rotierenden Einbauten, Filter, Zentrifugen, Trockner* und *Mischeinrichtungen* aller Art zu denken. Die Unterscheidung zwischen Maschinen und Apparaten ist allerdings bis heute im Sprachgebrauch nicht eindeutig geregelt, und man spricht meist allgemein vom chemischen Apparatebau.

Apparatebau

In den frühen zwanziger Jahren unseres Jahrhunderts nahmen einige wenige Firmen in der Basler Region als erste der Schweiz den chemischen Apparatebau auf. Mit ihm wurde auch die *Verarbeitung von rostfreiem Stahl* und etwas später *exotischen Materialien* (Hastelloy, Titan usw.) begonnen. Einzelne Unternehmen der Nordwestschweiz leisteten Pionierarbeit auf diesem Spezialgebiet. Der Höhepunkt in diesem Tätigkeitsbereich wurde Mitte der sechziger Jahre erreicht (Bild 1). Dies ist vor allem dem *weltweit starken Aufschwung der chemischen Industrie nach dem Zweiten Weltkrieg* zuzuschreiben.

Obwohl über die Jahre und Jahrzehnte Einzelapparate und Apparategruppen sowohl nach eigenen Plänen als auch vor allem im Zusammenhang mit anderen Firmen und Kunden, nicht zuletzt auch der Basler Chemie, für eine Vielzahl von Arbeitsgebieten gebaut und ins In- und Ausland geliefert wurden, hat sich diese überaus vielseitige Tätigkeit in den letzten zehn Jahren und vor allem in jüngster Vergangenheit im Hinblick auf den stets schärferen Konkurrenzkampf auf einige begrenzte Fabrikationsprogramme und Spezialitäten einzelner Firmen konzentriert. Es ist klar, dass man sich auch im chemischen Apparatebau mit den zur Verfügung stehenden Kräften auf einige technisch und wirtschaftlich besonders interessante Arbeitsgebiete beschränken muss. Doch werden auf Anfragen und oft auch auf Wunsch von Interessenten, mit denen teilweise seit Jahrzehnten beste Geschäftsbeziehungen aufrechterhalten werden und Spezialkonstruktionen aller Art nach verschiedenen Gesichtspunkten untersucht wurden, Einzelapparate sowie kleinere Serien besonderer Konzeption nach fremden Zeichnungen gebaut und apparative Normeinheiten für verschiedene Grundverfahren geliefert.

Ohne Zweifel sind aber manche Unternehmen des chemischen Apparatebaus zur Überzeugung gelangt, die heutige Breite ihres Sortiments und die geographische Verteilung ihrer Aktivitäten stelle das Maximum dessen dar, was wirtschaftlich vertretbar ist. Man ist in vielen Fällen zur Ansicht gekommen, dass man am meisten Nutzen haben wird, wenn man die hart erarbeiteten Mittel für die Stärkung des Bestehenden verwendet. Die Entwicklung im chemischen Apparatebau wird auf die Straffung, Abrundung und Verbesserung der bestehenden Sortimente, d.h. auf eine gewisse *Spezialisierung* abzielen.

Leistungsfähigkeit im Bereich der Konstruktion und Fertigung besonderer oder grösserer chemischer Apparate erfordert meist entsprechend aufwendige Investitionen. Die Unternehmen brauchen daher Produkte, die nicht einer beliebig breiten Konkurrenz unterliegen und mit denen sich mit vernünftigem Verkaufsaufwand einigermassen kostendeckende Preise bei angemessenen Umsätzen erzielen lassen.

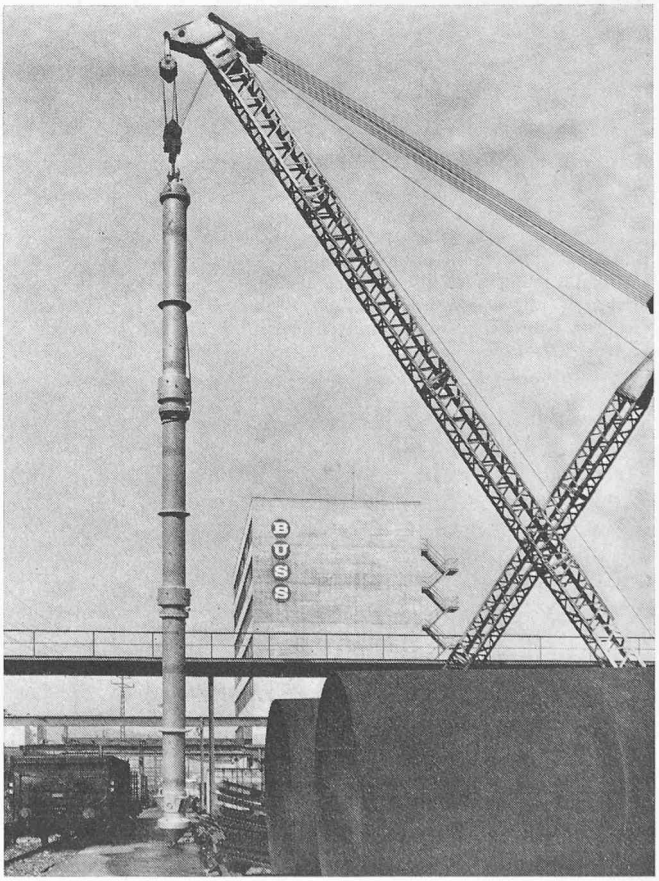
Das *Rückgrat* eines jeden anspruchsvollen Apparatebaus ist und bleibt eine qualitativ *einwandfreie und rationell ausgeführte Schweissung*. Ebenso wichtig ist, dass *nach verschiedenen Codes und Abnahmebestimmungen kompetent und flexibel gearbeitet werden kann*, und dass mit modernen Methoden und Ausrüstungen *sämtliche Proben und zerstörungsfreien Kontrollen an ausgeführten Schweissnähten durchgeführt werden können*. Hier liegt oft ein entscheidender Vorsprung vor vielen Konkurrenten. Entsprechend eingerichtete Firmen betreiben deshalb auch andere, ähnliche Spezialgebiete, wie etwa die Projektierung und den Bau umfangreicher und anspruchsvoller Behälter- und Tankinstallationen, z.B. *Druckbehälter für Erdgas, Flüssiggas, Chemikalien* usw. (Bild 2), *Anlagenteile für Kernkraftwerke*, vom *Speisewasserbehälter* bis zum vollständigen *Containment, Stehtanks für mineralische Brennstoffe* usw.

Funktionseinheiten

Neben der Herstellung einzelner Apparate und Maschinen für die chemische und anverwandte Industrie haben einige Firmen im Basler Raum schon frühzeitig die *Auslegung, Gestaltung und Fertigung kleinerer Industrieanlagen*, d.h. bestimmter Funktionseinheiten, ins Fabrikationsprogramm aufgenommen. Der Arbeitsbereich nordwestschweizerischer Unternehmen umfasste bereits in der Zeit von 1925 bis 1940 ein überaus breites Spektrum der mechanischen und thermischen Verfahrenstechnik, z.B. *Extraktionsanlagen, Destillier- und Rektifiziereinheiten, Verdampfungsanlagen, Zerstäubungstrockner, Lösemittel-Rückgewinnungsanlagen*, im Baselbiet natürlich auch *Brennereien* verschiedener Art (Bild 3).

Relativ bald hat man sich aber auch hier auf ganz bestimmte Arbeitsgebiete, insbesondere auf eine *beschränkte Gruppe von Verfahrensschritten und darauf zugeschnittene Funktionseinheiten* spezialisiert. Damit wird wohl der mögliche Kundenkreis innerhalb der chemischen und anverwandten Industrie eingeschränkt, doch wird andererseits ein hohes Niveau an verfahrenstechnischem und apparativem Know-how

Bild 1. Polymerisationskolonne, vollständig umhüllt mit Heizkammer. Gebaut für 9 atü und 270 °C mit einer Gesamthöhe von 20 m



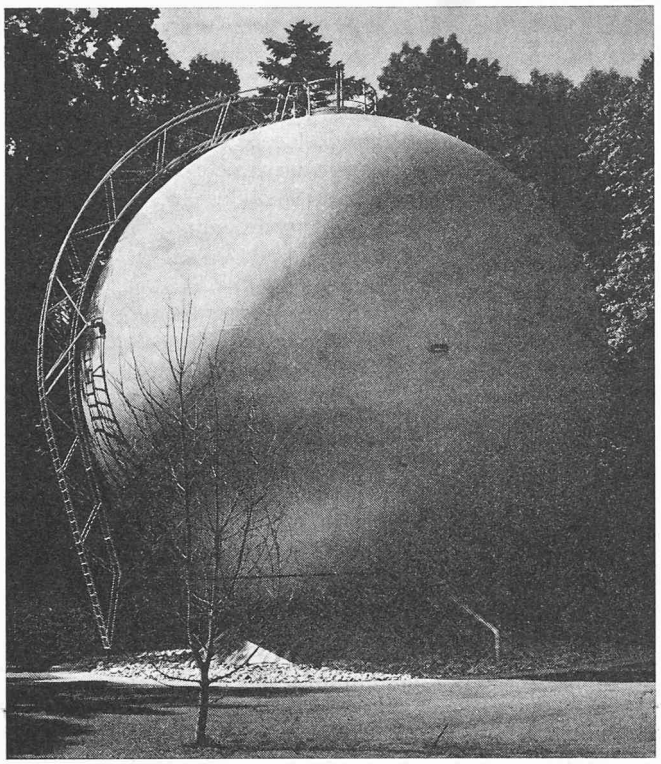


Bild 2. Kugelbehälter mit der patentierten 3-S-Tieflagerung der Firma Buss AG

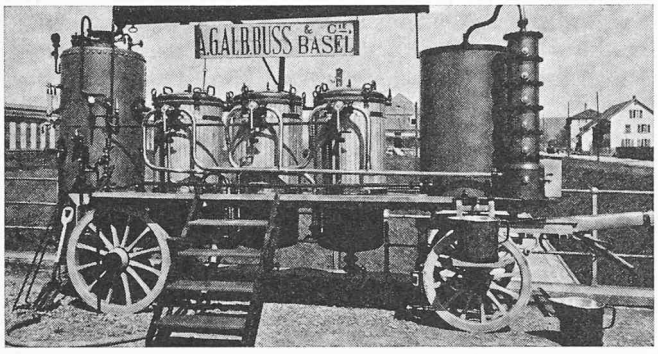
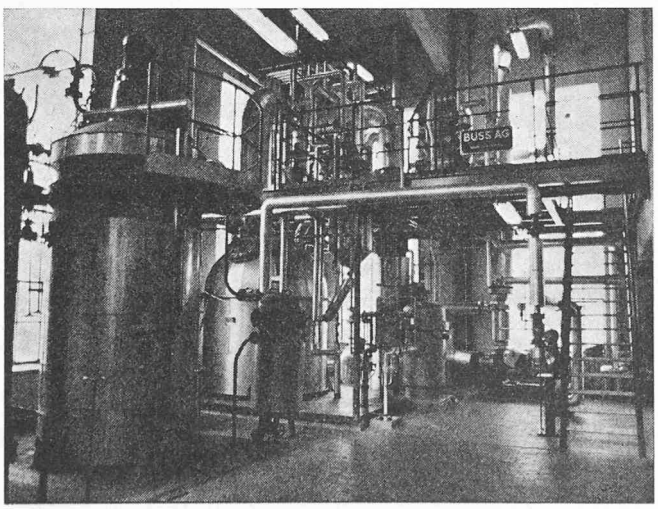


Bild 3. Fahrbare Obstsaft-Eindampfanlage mit Brüdenverdichtung aus dem Jahre 1933

Bild 4. System zur Durchführung von Gas/Flüssigreaktionen, z. B. zur Absättigung aliphatischer und aromatischer Kohlenstoff-Doppelbindungen mit Wasserstoff, zur katalytischen Reduktion funktioneller Gruppen usw. Einheiten dieser Art dienen der Produktion in über 25 Ländern der Erde



auf dem gewählten Arbeitsgebiet gewonnen und gewährleistet. Der stete Kontakt und die intensive Zusammenarbeit mit Fachleuten in aller Welt haben dazu geführt, dass manche Anlagenkonstruktionen von Firmen aus der Nordwestschweiz in der Technik führend sind und einige sogar auf dem Weltmarkt an vorderster Stelle stehen (Bild 4 und 5).

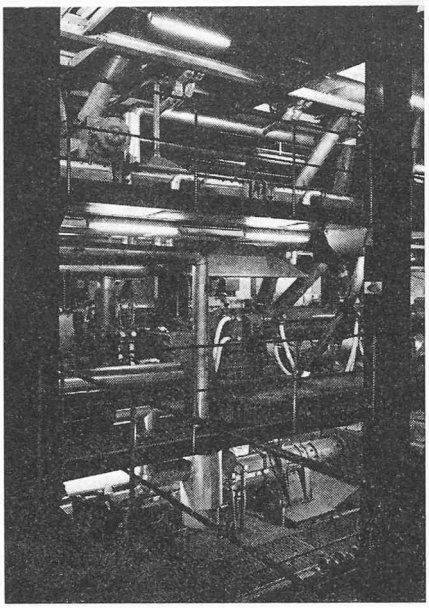
Diese Einschränkung ergibt sich auch aus der Notwendigkeit, die Produktionsanlagen in den besonderen Tätigkeitsbereichen den dauernd neuen Anforderungen der Technik im Wettbewerb anzupassen. Es werden deshalb auf den Spezialgebieten auch *eigene Entwicklungen* betrieben mit der Absicht, durch die intensive Verwendung technisch und wirtschaftlich verfügbarer Mittel Funktionseinheiten zu erarbeiten, die in allen Belangen den hohen Anforderungen der modernen Technik gerecht werden und die durch aktive Marktbearbeitung zu Verkaufserfolgen in grösserem Rahmen führen können.

Eine Firma, die vollständige Funktionseinheiten und ganze verfahrenstechnische Anlagen projektiert und liefert, muss sich sehr genau überlegen, ob und *welche Mittel* in die *Entwicklung neuer Einheiten und vor allem neuer Verfahrenskonzepte* gesteckt werden können. Die Kenntnis des Marktes und bestimmte Erfordernisse der zukünftigen Absatzmöglichkeiten führen meist dazu, auf gewissen Gebieten einen vertretbaren Aufwand an eigener Entwicklungsarbeit zu betreiben. Spezialfirmen investieren heute jährlich zwischen 5 und 10 Prozent und mehr ihres entsprechenden Umsatzes in solche Entwicklungsarbeiten. Die *Wirtschaftlichkeit* chemischer Produktionsanlagen wird ja in hohem Masse von den Komponenten der verfahrenstechnischen und apparativen Gestaltung bestimmt, die ebenfalls einer starken Entwicklungsdynamik unterliegen. Im Zuge des technischen Fortschritts wird es oft möglich, entscheidende Verbesserungen, beispielsweise durch die Anwendung einer kontinuierlichen anstelle einer chargenweisen Prozessführung, zu erreichen. Weiter kann die Verwirklichung eines *höheren Automatisierungsgrades,* die Verwendung von kostengünstigeren Grundverfahren in einzelnen physikalischen Verarbeitungsschritten, die verbesserte konstruktive Auslegung oder eine neuartige Fertigung von einzelnen Apparaten und Maschinen usw. zu technisch und wirtschaftlich interessanten Neuentwicklungen auf dem Sektor verfahrenstechnischer Funktionseinheiten und Anlagen führen.

Es ist wohl üblich, einzelne Verfahrensschritte in Einheiten zu prüfen, die ungefähr der späteren Betriebsgrösse entsprechen. Für solche Zwecke verfügen die meisten Firmen, die Funktionseinheiten projektieren und liefern, in einem gewissen Mass über *Versuchs- und Erprobungsanlagen.* Solche Anlagen werden sowohl für Entwicklungs- als auch für Kundenversuche verwendet. So werden beispielsweise jährlich im modernen Technikum der Firma des Verfassers bis zu 200 in sich abgeschlossene Versuche durchgeführt, wobei Versuchsgut von Interessenten aus vielen europäischen und überseeischen Ländern zur Verarbeitung gelangt.

Anlagenbau

Die Nachfrage nach *kompletten verfahrenstechnischen Anlagen* ist vor allem in den letzten 15 bis 20 Jahren stetig gestiegen. Einige Unternehmen auf diesem Arbeitsgebiet haben deshalb mit ihren oft erheblichen Ingenieurkapazitäten immer mehr Anstrengungen in Richtung von Industrieanlagen grösseren Umfangs unternommen, meist aufbauend auf einzelnen bzw. einer Kombination von mehreren Funktionseinheiten ihres bestehenden Arbeitsprogramms. Damit erfolgte in einzelnen Bereichen immer mehr eine *Schwerpunktsverlagerung zur Projektfirma mit begrenzter Spezialfertigung,* die beispielsweise nur *Spezialaggregate,* sogenannte essential parts, liefert und viele Anlagenteile weitgehend nach ihren Spezifikationen oder Plänen durch auswärtige Firmen, oft im Lande des Kunden, fabrizieren lässt. Vielfach wurde dies auch durch die Erken-



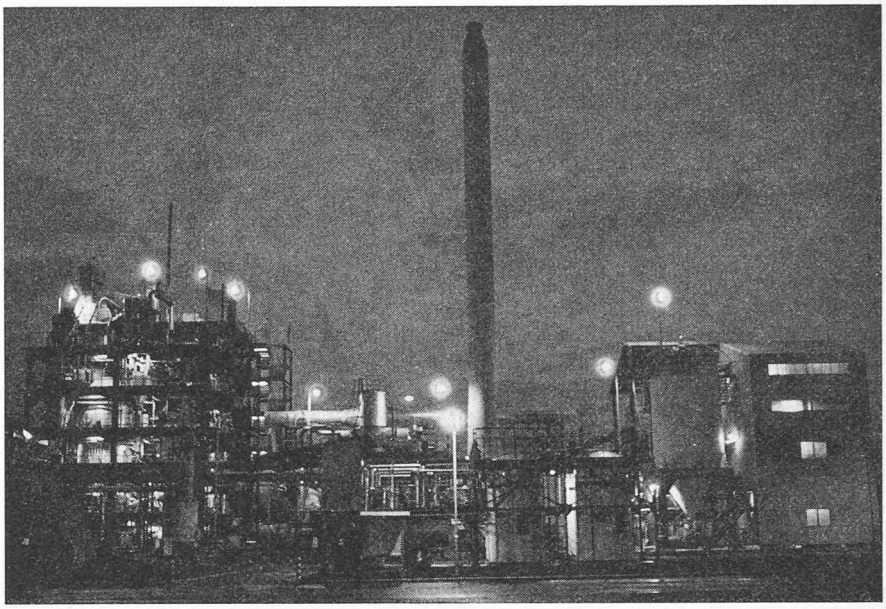


Bild 5 (links). Ko-Kneter-Anlage zur Herstellung von Kohleelektrodenmasse aus Koksen verschiedener Körnung mit Pech als Bindemittel. Praktisch alle in Europa und viele in Übersee gebaute Elektrodenfabriken für Aluminiumhütten sind mit solchen Anlagen ausgerüstet

Bild 6 (rechts). Fluoranlagenkomplex in Japan

nung von Anzeichen einer wirtschaftlichen und politischen Veränderung in manchen Absatzgebieten notwendig.

Damit bildeten sich im Basler Raum einzelne nach international üblichen Richtlinien aufgebaute, leistungsfähige Ingenieurorganisationen auf dem Gebiet des Chemieanlagenbaus, die sich im Laufe der Jahre auf bestimmte Arbeitsgebiete konzentriert und spezialisiert haben und welche zum Teil weltweit tätig sind (Bild 6).

Schlagkräftige Ingenieurorganisationen als Partner im Bereich des Chemieanlagenbaus verfügen über die nötigen Fachkräfte verschiedener Berufskategorien und unterschiedlichster Ausbildung sowie über moderne technische Informationen und Arbeitsmittel, um Aufträge aller Art bis zur schlüsselfertigen Anlage als *Main Contractor* ausführen und so dem Kunden entscheidende Vorteile bieten zu können, sei es durch selbstentwickelte Verfahren, durch die Projektierung und Lieferung nach den Lizenzrechten einer entsprechenden Produktionsfirma oder etwa durch die Zurverfügungstellung eines Stabes von Spezialisten für Beratungs- und reine Engineering-Aufträge nach Fremdverfahren.

Der Stab einer Ingenieurorganisation wird je nach Tätigkeitsbereich bereits im Rahmen von *Consulting-Aufträgen* und *Feasibility Studies* bei der Grobplanung mit den damit zusammenhängenden Fragen der anzuwendenden Technik gebraucht (z.B. Marktuntersuchungen, Ermittlung der optimalen Anlagenkonzeption, Investitions- und Wirtschaftlichkeitsstudien). Er befasst sich weiterhin eingehend mit den vielen spezifischen Aspekten bei einzelnen Projekten, der Ausarbeitung von meist umfangreichen *Verträgen, Finanzierungsvorschlägen* sowie der Durchführung von *Lizenzverhandlungen*. Er wirkt vor allem mit bei der *Ausarbeitung der Prozess- und Basic-Engineering-Unterlagen* und bei der *Ausführungsplanung*, dem eigentlichen Detail-Engineering der zu errichtenden Anlage. Es obliegt ihm ferner auch die gesamte Beschaffung der verschiedenen Apparate, Maschinen, Rohrleitungen, M &R-Einrichtungen usw. in oft unterschiedlichen geographischen Gebieten. Ebenfalls zu seinem Arbeitsbereich gehören *Field-Engineering-Aufgaben* auf der Baustelle (z.B. Montageplatz-Organisation, Montageüberwachung, Durchführung von Funktionsprüfungen) bis zur Leitung und Durchführung der eigentlichen Inbetriebsetzung einer Anlage mit den entsprechenden Garantieläufen (Bild 7).

Das *Auslandgeschäft mit Chemieanlagen* bedarf vieler und oft langjähriger Erfahrungen. Es eröffnet ohne Zweifel interessante Möglichkeiten; aber einen der grössten Problemkreise, mit dem Anlagenbaufirmen ständig konfrontiert werden, stellen die *verschiedenen Risiken* dar, welche sie übernehmen müssen. Die Einhaltung der *Verbrauchszahlen für Rohstoffe und Betriebsmittel,* der *Anlagenkapazität* und der *Produktqualität* unterliegt meist einer Garantie und wird mit einer Poenale belegt. Ein weiteres bedeutendes Risiko ergibt sich aus der *Materialgarantie für Apparate und Maschinen* und die damit verbundene Beeinträchtigung des Betriebs der ganzen Anlage. Als zusätzliches, nicht unbeträchtliches Risiko sei noch die

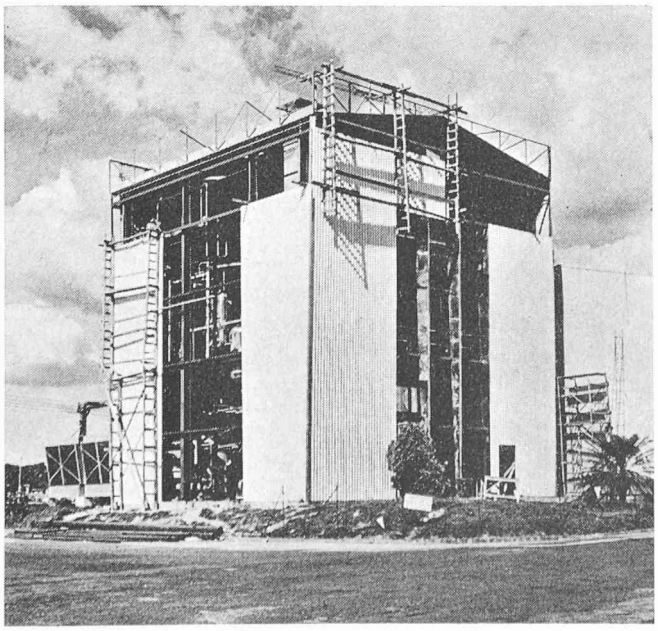
Bild 7. Montage einer Polymerisationsanlage in der Bundesrepublik

weitverbreitete Poenale auf *Terminüberschreitungen* erwähnt. Der Vertragstermin, der meist in Verhandlungen unter Druck angenommen werden muss, weist in der Regel keinerlei Spielraum mehr auf, und es bedarf besonders bei einer umfangreichen Anlage, wo die Beschaffung vieler Apparate und Maschinen koordiniert und überwacht werden muss, grosser Anstrengungen, den Termin zu halten. In manchen Fällen versuchen Kunden, vor allem in der heutigen Wirtschaftslage, den Lieferanten in sehr weitgehende Verpflichtungen zu drängen. Auch für eine Ingenieurorganisation müssen Risiken aber überschaubar bleiben und in einem gesunden Verhältnis zu den möglichen Ertragschancen stehen. Es soll hier nicht verschwiegen werden, dass die *Haftbeschränkung* bei Verhandlungen mit Kunden immer wieder Probleme aufwirft. Leider wird sie mitunter als Zeichen von Unsicherheit missdeutet.

Die Ermittlung neuer Geschäftsmöglichkeiten auf dem Gebiet der Anlagen geht auf anderen Wegen vor sich als auf dem Gebiet der Einzel- und Serienerzeugnisse der Apparate- und Maschinenindustrie. Ganz besonders ist festzuhalten: Jede Marktuntersuchung im Ausland, besonders in Übersee und in Ländern der Dritten Welt, darf sich im Anlagenbau nicht auf allgemein übliche Muster abstützen. Vielmehr sind individuelle Methoden, wie hauptsächlich viele Gespräche mit Persönlichkeiten der Wirtschaft und vor allem mit potentiellen Kunden um so aufschlussreicher und notwendiger je geringer die Zahl der möglichen Abnehmer ist (Bild 8). In den meisten Fällen muss das einem Projekt zugrunde zu legende technische Verfahren nach den vorhandenen Rohstoffen ermittelt werden. Zu diesem Zweck müssen oft Proben im Laboratorium oder in einer Versuchsanlage behandelt werden, um alle Einzelheiten des Verfahrensablaufes festzulegen. Man kann als allgemeine Regel wohl sagen: Je spezifischer die Ansprüche sind, die an die zu verwendenden Rohstoffe einerseits und an das Endprodukt andererseits gestellt werden, desto aufwendiger werden die Projektierungsarbeiten. Die *endgültige Gestaltung des Projekts* wird deshalb fast immer das *Ergebnis einer engen Zusammenarbeit zwischen Verfahrensingenieuren, Chemikern, Anlagenspezialisten, Apparatebauern, Mess- und Regeltechniker* uws. sein.

Die *technische Seite* der Anlage ist aber *niemals allein entscheidend.* Sehr wichtig sind auch Überlegungen wirtschaftlicher und marktmässiger Art, die natürlich letzten Endes der Käufer der Anlage zu vertreten hat, von deren Mitverantwortung aber kein Anlagenlieferant gänzlich befreit werden kann. Eine Anlage, die in ihrer Planung keine Gewähr für eine wirtschaftliche Arbeitsweise gibt, wird schliesslich immer zu Problemen führen. Eine Ingenieurorganisation wird gut daran tun, in jedem Fall, besonders bei kostspieligen Projekten und in wenig industrialisierten Ländern, genau zu prüfen, ob die mit der Anlage zu erwartenden Erlöse auf längere Zeit einen wirtschaftlichen Betrieb ermöglichen. Die Wirtschaftlichkeit einer Anlage hängt nicht nur von den Kosten für Kapitaldienst sondern in weit höherem und entscheidenderem Mass von den eigentlichen Betriebskosten (Rohstoffe, Betriebsmittel, Arbeitskräfte, Unterhalt usw.) ab. Es ist daher oft gerechtfertigt, eine Anlage mit höheren Gestehungskosten anzuschaffen, wenn die Betriebskosten wesentlich gesenkt werden können.

Bild 8. Anlage zur Entkoffeinierung von Kaffee in El Salvador



Der Wirkungsgrad der Projekttätigkeit hängt also sehr weitgehend von *guten Informationen* ab. Dies wiederum bedingt für eine international tätige Ingenieurorganisation im Anlagenbau das Verfügen über eine in allen Geschäftsbelangen gut ausgebildete und engagierte Verkaufs- und Aussenorganisation, um durch eine frühzeitige persönliche Fühlungnahme mit den wirklich massgebenden Kreisen beim Kunden, bei staatlichen Stellen, bei Banken usw. die technischen, wirtschaftlichen und finanziellen Hintergründe eines Projektes zu ermitteln, womit die Verwirklichungsaussichten eines Projektes kennengelernt werden können. Der Verkauf einer Anlage, vor allem, wenn der mögliche Kreis der Abnehmer relativ klein und geographisch weit gestreut ist, bildet selten den Weg des geringsten Widerstands. Projekte müssen oft jahrelang aggressiv bearbeitet werden. Dies erfordert aufgeweckte und aufnahmebereite Mitarbeiter, denen die geschäftliche Behandlung grösserer Objekte mit gewissem Seltenheitswert mehr Spass macht als der routinemässige Verkauf von Einzelaggregaten, und die sich einen gewissen Stand an technischem, kaufmännischem und juristischem Wissen anzueignen in der Lage sind.

Es sei in diesem Zusammenhang noch auf ein besonderes Problem hingewiesen, das bereits in der Angebotsphase eine wesentliche Rolle spielt. Bei Ingenieurorganisationen fallen im allgemeinen enorme Kosten für die *Ausarbeitung von oft sehr umfangreichen Projekten* an. Es ist bei vielen Kunden und in manchen Industriebereichen und Ländern immer noch üblich, eine ganze *Anzahl von Ingenieurfirmen* zur Abgabe einer *Offerte* aufzufordern, wobei meistens eine bereits sehr weitgehende ingenieurtechnische Bearbeitung, Detaildaten, Einzelpreise, Flow-Sheets usw. gefordert werden, um alle möglichen Vergleiche anzustellen. Die *Kosten für die Ausarbeitung* eines solchen Angebotes können ohne weiteres in der Grössenordnung von 0,5 bis 1,5 Prozent in Ausnahmefällen sogar bis 2 Prozent der Anlagen-Investitionskosten liegen. Wenn also beispielsweise fünf Ingenieurfirmen gleichzeitig zur Einreichung eines Angebotes für ein 30-Mio-Franken-Projekt aufgefordert werden, so investieren die beteiligten Firmen zusammen je nach vorgesehener Vertragsart etwa ein bis zwei Mio Franken in der Angebotsphase. Berücksichtigt man, dass je nach wirtschaftlicher Situation und Konkurrenzlage die schliesslich gewählte Ingenieurorganisation mit einem Ertrag von weit weniger oder bestenfalls gleicher Grössenordnung rechnen kann, so wird offensichtlich, wie wenig dieses Vorgehen gesamtwirtschaftlich vertretbar ist. Eine Ingenieurfirma tut also gut daran, sich aufgrund ihres Potentials und ihrer Schwerpunkte sehr genau zu überlegen, an welchen Projekten sie sich beteiligen will. Eine gewisse Verbreitung hat auch die Vergütung von Detailprojekten oder eine sehr enge Auswahl der Anbieter aufgrund von Vorprojekten gefunden.

Im Gegensatz zu normalen Liefergeschäften stellt der *Geschäftsabschluss im Anlagenbau nicht das Ende der geschäft-*

lichen Tätigkeit dar, dem noch die Auslieferung der Ware zu folgen hat, sondern leitet erst die eigentliche Arbeit ein. Sie kann sich oft über Jahre hinziehen. Anlagenprojekte mit einer Laufdauer von drei bis sechs Jahren bis zur Inbetriebnahme sind keine Seltenheit. In diese Zeit fallen z.B. Überlegungen über die spezielle Ausführung und Aufstellung der Anlage, Untersuchungen über bauliche Probleme, über den optimalen Einkauf der Anlagenteile, über die Organisation der Montage, die Wahl ortsansässiger Partner für Detailarbeiten, die Auswahl und das Training der richtigen Mitarbeiter, Garantieläufe usw.

Engineering-Dienstleistungen

Die *Projektierungs- und Konstruktionsarbeiten* werden im Chemieanlagenbau allgemein als «Engineering» bezeichnet. Es ist erfreulich festzustellen, dass auch schweizerische Produktionsfirmen aller Grössenordnungen die Verwendung *fremder Ingenieurkapazitäten* für reine Engineering-Arbeiten bei der Realisierung ihrer Planungs- und Bauvorhaben in Betracht ziehen. Diese Tätigkeit setzt hier normalerweise erst nach der endgültigen Entscheidung des Bauherrn über die Verwirklichung des Projektes ein, vollzieht sich also im Rahmen der eigentlichen Ausführungsplanung und Projektabwicklung. Sie reicht oft bis zur definitiven Abnahme der funktionsgeprüften Anlage durch den Kunden. Dieses Engineering spielt sich praktisch immer innerhalb klar definierter Planungsziele und eines klar abgegrenzten Manövrierraumes ab.

Bei Engineering-Dienstleistungen dieser Art spielen das *organisatorische Element* und die *Arbeitsmethodik* eine *entscheidende Rolle*. Sie erfordern oft viel Kleinarbeit im technischen, kaufmännischen und organisatorischen Bereich, die für den Erfolg des gesamten Projektes von entscheidender Bedeutung ist. Eine auf verschiedenen Gebieten international tätige Ingenieurorganisation kann hier durch den Umgang mit Kunden in aller Welt und den örtlich ständig ändernden Einsatz eine Fülle von Erfahrungen optimal verarbeiten und weitergeben, so dass der Kunde im allgemeinen auch neue Anregungen und Aspekte erhält. Die Ingenieurorganisation hat Einblick in andersartige Anlagen und Betriebe, und sinnvolle Vergleiche unter voller Wahrung von Geheimhaltungsgesichtspunkten können zu einer entsprechend optimalen Ausnutzung bei neuen Projekten führen.

Wichtige Dienstleistungen bei der Ausführungsplanung von Anlagen in Zusammenarbeit mit dem Kunden sind beispielsweise Projektleitung und -Koordination, Termin- und Kostenkontrolle, Rohrleitungs-Engineering, Modellbau, Erarbeitung von Maschinen- und Apparatespezifikationen, Beschaffung des Materials, Elektro-, Mess- und Regeltechnik, Erstellen der Engineering-Schemata (P. & I.), Anfertigen von Lage- und Aufstellplänen, Durchführung von Baustellenleitungen, Montageüberwachungen, Leitung von Funktionsprüfungen usw. (Bild 9).

Für die meist kurzfristige und einwandfreie Wahrnehmung solcher Engineering-Aufgaben in kleinerem und grösserem Umfang muss eine schlagkräftige Ingenieurorganisation über einen genügenden Stab von fachlich entsprechend geschultem Personal verfügen. Sie braucht deshalb einen *möglichst grossen Kundenkreis* und ein entsprechend *diversifiziertes Arbeitsprogramm,* um dem fast unlösbaren Problem der ständigen und gleichmässigen Auslastung dieses Stabes mit interessanten Aufgaben wirksam entgegentreten zu können. Dies verursacht normalerweise für gut eingeführte Ingenieurorganisationen in «fetten Zeiten» keine Probleme; doch kann in Perioden nachlassender Konjunktur der Boden sehr karg werden und für unabhängige Firmen ohne die nötige breite Geschäftsbasis zu eigentlichen Krisensituationen führen.

Anlagenbaufirmen können ihre Aufgabe nur erfüllen und ihre Existenzgrundlage sichern, wenn von Seiten der chemischen Produktionsbetriebe Interesse und Bereitschaft zu regelmässiger und aufeinander abgestimmter Gemeinschaftsarbeit über das heute in der Schweiz noch angewandte Mass hinaus vorhanden ist.

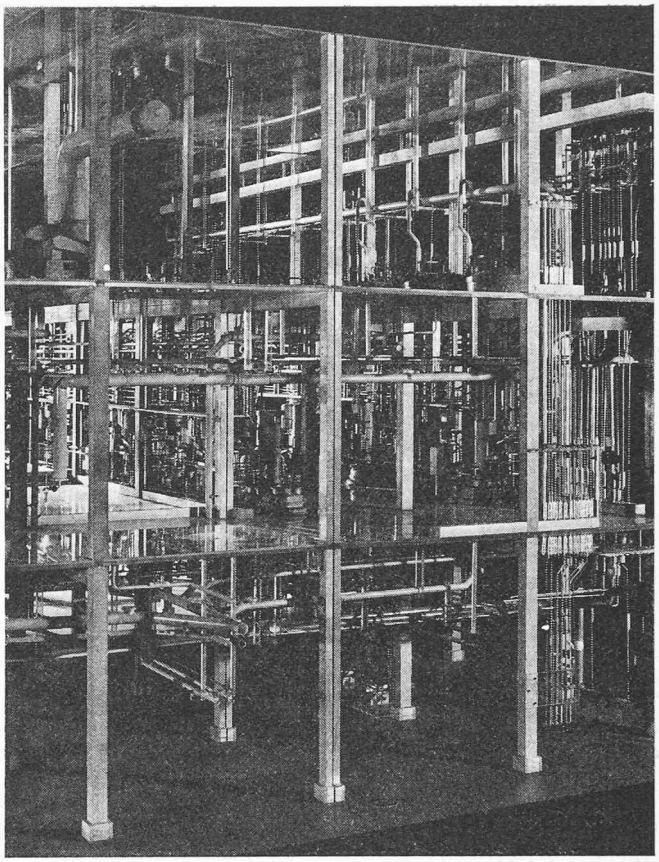


Bild 9. Vollrohrmodell einer Farbstoffanlage in der Schweiz

Ein besonderes Problem der Ingenieurorganisation besteht gelegentlich darin, wenn vom Auftraggeber eine *zu starke Aufsplitterung der Aufgaben* vorgenommen und die Ingenieurorganisation zu spät und nur noch für die Erledigung bereits in jeder Beziehung stark eingeengter Detailarbeiten verpflichtet wird. Dadurch werden gerade die Vorteile, die eine unabhängige Ingenieurorganisation bieten kann, zu wenig ausgenützt. Eine volle Entfaltung – mit entsprechender Entlastung des Auftraggebers – kann nur erfolgen, wenn ganze Aufgabenbereiche mit entsprechender Kompetenz und Verantwortung übernommen werden können und sich so eine wirtschaftlich interessante Arbeitsteilung ergibt, die letztlich zu einer billigen, betriebssicheren Anlagenrealisierung führt. Der gemeinsame Nenner für eine erfolgreiche Zusammenarbeit, d.h. eine *gute Vertrauensbasis* und ein *einwandfreies Arbeitsklima*, ist jedoch in vielen Fällen gefunden worden.

Schlussbetrachtungen

In Wirtschaft und Politik sind im In- und Ausland viele Probleme mit widersprüchlichen Auswirkungen zu beobachten. Sie alle beeinflussen das Schicksal der Branche chemischer Apparate- und Anlagenbau in irgendeiner Form. Sie muss sich anpassen und versuchen, Änderungen vorauszusehen und ihre Auswirkungen auf ihre Produkte, ihre Dienstleistungen und ihr gesamtes Arbeitsgebiet zu beurteilen. Es müssen Wege in ganz verschiedener Art und Weise gesucht werden, wie in einer härteren Zukunft erfolgreich bestanden werden kann.

Viele namhafte Firmen der Branche streben daher an:

- eine Vergrösserung ihrer Konkurrenzfähigkeit durch Kosteneinsparungen und Vereinheitlichung der Arbeitsabläufe
- eine Erhöhung ihrer Absatzchancen im In- und Ausland vom Standort Schweiz durch gewisse Strukturanpassungen und Konzentration auf Produkte und Dienstleistungen hoher Wertschöpfung und hohen Know-How-Gehalts in verfahrenstechnischer, konstruktiver, fertigungstechnischer oder arbeitsmethodischer Hinsicht
- Erschliessung neuer Möglichkeiten und Märkte durch vermehrt innovative Tätigkeit
- Gewährleistung der Schlagkraft durch zunehmende Verlagerung gewisser Aktivitäten ins Ausland und Zusammenarbeit auf internationaler Ebene
- eine Anpassung an die heutigen Anforderungen auf dem Markt verschiedener Länder durch Vergebung von Lizenzrechten und Beschränkung auf essentielle Lieferungen und Leistungen
- Eröffnung zusätzlicher Geschäftsmöglichkeiten durch Verstärkung ihrer Aussenorganisation und Intensivierung der Verkaufsanstrengungen
- Begegnung der zunehmend umfangreicher werdenden technischen und finanziellen Risiken bei grösseren und komplexeren Anlagengeschäften durch Bildung von Partnerschaften, Konsortien usw.

Diese Hinweise verstehen sich lediglich als *Streiflichter* und können nicht die ganze Fülle der Probleme im einzelnen beleuchten. Renommierte Lieferfirmen im verfahrenstechnischen Sektor und Ingenieurorganisationen im Chemieanlagenbau streben stets in offener Aussprache mit dem Kunden eine Gemeinschaftsarbeit an. Es ist zu hoffen, dass in diesem Sinne die weitere Verbesserung einer engen Zusammenarbeit, eines regelmässigen Austausches und einer bereitwilligen Vermittlung von Erfahrungen sowie einer rationellen und optimal gestalteten Arbeitsteilung allseitig gefördert wird.

Adresse des Verfassers: *H. E. Wickli*, dipl. Ing. ETH, Direktor Buss Engineering, Buss AG, 4133 Pratteln.

Kompressorenbau für hohe Drücke

Von **Helmut Bauer**, Basel

Die Hochdruckverfahren in der chemischen Industrie benötigen Kompressoren mit immer steigenden Leistungen und Enddrücken. Die Lösung dieser Aufgaben hat eine ständige Weiterentwicklung der Bauart erforderlich gemacht.

In den Jahren *vor dem Ersten Weltkrieg* verstand man unter Hochdruck den *Druck von 200 at*, der für die *Luftverflüssigung* nach dem *Verfahren von Linde* benötigt wurde. Die Maschinenfabrik Burckhardt in Basel hatte schon früh begonnen, den Bau der benötigten Hochdruck-Kompressoren aufzunehmen. Es wurden vierstufige Maschinen entwickelt, bei denen der Zylinder der letzten Stufe dem hohen Druck entsprechend in einem Stück aus Stahl geschmiedet war. Diese Maschinen erwiesen sich als sehr betriebssicher und begründeten durch ihre einfache, robuste Bauart den Ruf der Firma auf dem Gebiet der Hochdrucktechnik. Es wurden mehr als hundert derartige Maschinen in alle Teile der Welt geliefert, und als man im Jahre 1913 bei der BASF Ludwigshafen mit dem Bau der ersten kleinen Versuchsanlage für die Ammoniak-Synthese nach Haber-Bosch begann, wurde der Kompressor für 350 at ebenfalls von Basel geliefert.

Der Erste Weltkrieg setzte dieser Entwicklung ein jähes Ende. Die vorwiegend ausländische Kundschaft hatte sich auf Kompressoren einheimischer Provenienz umgestellt und war verlorengegangen.

Inzwischen waren aber andere Verfahren der *Ammoniak-Synthese* entwickelt worden, die mit wesentlich höheren Drükken arbeiteten. *Claude* in Frankreich führte die Synthese unter 1000 at durch und *Casale* in Italien verwendete 850 at. Diese Verfahren hatten den Vorteil, dass durch den erhöhten Druck der Reaktor kleiner und der Umsetzungsgrad besser wurde. Allerdings gab es keinen betriebssicheren Kompressor für diese hohen Drücke, die eine völlig neue Aufgabe stellten.

Als die Maschinenfabrik Burckhardt im Jahr 1924 den ersten Auftrag für einen *Hyperkompressor* (so nannte man diese Maschine damals) mit einem *Enddruck von 850 at* erhielt, war es naheliegend, auf den früheren guten Erfahrungen mit Maschinen für 200 at aufzubauen. Bild 1 zeigt den Hochdruckzylinder der ersten Maschine, der zwar dem höheren Druck entsprechend verstärkt, aber im wesentlichen Aufbau gleich war wie die früheren Maschinen. Er bestand aus einem einzigen grossen Schmiedestück von einem Meter Länge.

Es zeigte sich rasch, dass diese Bauart einer Erhöhung des Betriebsdruckes auf das Viereinhalbfache nicht gewachsen war. Zahlreiche *Brüche* traten an allen Stellen auf, wo der Querschnitt eine plötzliche Änderung aufwies, wie an den Abstufungen der Innenbohrung und an den Übergängen zum Flansch und zum Ventilkopf.

Besondere *Schwierigkeiten* bereitete der *Ventilkopf*. Um möglichst kleine Ventile und damit möglichst geringe Beanspruchung in der Ventiltasche zu erhalten, hatte man vier Ventile verwendet ($2\times$Saug$+2\times$Druck); dadurch ergaben sich nach Bild 2 zahlreiche Durchdringungsstellen von Bohrungen im Bereich pulsierenden Druckes, die zum Ausgangspunkt ständiger Dauerbrüche wurden.

Die grundsätzlichen Schwächen, die dieser Bauart anhafteten, waren mit herkömmlichen Mitteln nicht zu beheben. Durch einen Aufbau des Zylinders aus drei Teilen (Ventilkopf +Zylinderteil mit enger Bohrung+Zylinderteil mit weiter Bohrung) wurde zwar erreicht, dass bei einem Schaden nicht mehr der ganze Zylinder weggeworfen werden musste, aber die Brüche wurden nicht beseitigt. Eine Erhöhung der Wandstärke war offensichtlich sinnlos, weil dadurch die massgebende Beanspruchung an der Innenfaser nur unwesentlich hätte verringert werden können. Die Verwendung von besserem Material war ebenfalls nicht möglich, da man von Anfang an das beste genommen hatte, das erhältlich war.

Das Problem konnte also nicht durch Weiterentwicklung der bestehenden Bauart gelöst werden, sondern nur durch eine

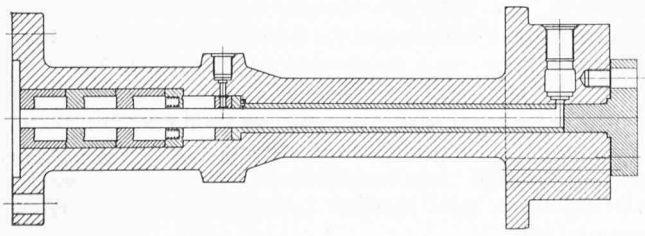


Bild 1. Hochdruckzylinder 850 at von 1924