

# Anforderungen der chemischen Industrie an den Ingenieur

Von Dr.-Ing. O. EINSLER, Leverkusen

Auf dem Internationalen Kongreß für Ingenieur-Ausbildung, der im August 1947 in Darmstadt durchgeführt wurde, war eines der Hauptthemen die Frage der Ausbildung von Ingenieuren für die chemische Industrie. Es wird im folgenden erneut die dringende Notwendigkeit begründet, daß das Gebiet der Verfahrenstechnik eine verbreiterte Grundausbildung des Ingenieurs nach den Gebieten der Physik und der Chemie verlangt. Ein entsprechendes Studium fehlt heute noch in den Hauptfachrichtungen wie der des allgemeinen Maschinenbaues, der Elektrotechnik usw. Es wird unsere Aufgabe sein, diese bestehende Lücke in der Ingenieur-Ausbildung bei der Aufstellung neuer Lehrpläne zu schließen. Die Forderung nach einem Studium für Verfahrenstechnik läuft also nicht auf ein neues Spezialistentum hinaus, sondern ganz im Gegenteil auf ein Ingenieurstudium mit verbreiterter physikalisch-chemischer Grundlage<sup>1)</sup>.

## Allgemeines über Verbrauchsgüter-Industrie

Die Anforderungen, die an den Verfahrens-Ingenieur der chemischen Industrie gestellt werden, werden in mehr oder weniger modifizierter Form auch an den Ingenieur gestellt, der in einer Industrie zur Erzeugung oder Verarbeitung von Nahrungsmitteln, Genussmitteln, Holz, Papier, Faserstoffen, Gummi, Glas, Keramik, Treibstoff, Schmieröl, Leder usw. tätig ist. Wir müssen dies berücksichtigen, weil dadurch die Wichtigkeit dieser besonderen Fachrichtung des Ingenieurs unterstrichen wird. Der Produktionswert der gesamten Verbrauchsgüter-Industrie betrug bereits vor dem Kriege ein Vielfaches von dem der eigentlichen Maschinen-Industrie, und es ist anzunehmen, daß sich inzwischen dieses Verhältnis noch weiter zugunsten der Verbrauchsgüter-Industrie verschieben wird durch die einschränkenden Bestimmungen, denen ein erheblicher Teil des schweren Maschinenbaues unterliegt. Gerade in zahlreichen kleineren Betrieben der Verbrauchsgüter-Industrie, die ihre Erfahrungen seit langen Zeiten ängstlich gehütet und von Generation zu Generation weiter vererbt haben, ist es besonders wichtig, im Arbeitsprozeß nicht nur die rein maschinellen Vorgänge, sondern die Verfahrenstechnik zu überprüfen. Es wäre auch falsch, der Ansicht zu sein, daß alles, was für Großbetriebe gilt, für Kleinbetriebe nicht zutrifft. Es gibt noch heute eine Reihe von Betrieben, deren Arbeitsweise und Verfahrenstechnik auf mehr handwerklicher Basis beruhen und die damit etwa auf der Stufe stehen wie die chemische Industrie zur Zeit ihrer ersten Anfänge.

## Stand der modernen chemischen Industrie

Die moderne chemische Industrie hat sich die neuesten Errungenschaften der Wissenschaft auf allen Gebieten zunutze gemacht und baut unter Mitwirkung des Ingenieurs ihre Apparaturen auf Grund des modernsten Standes der Technik. Nicht zuletzt hat die ständig zunehmende Konkurrenz eine Ausnutzung aller technischen Möglichkeiten bis zur äußersten Grenze mit sich gebracht, um eine billige und anderen Produkten zum mindesten gleichwertige Ware herzustellen. Neben der Mitwirkung von erstklassigen Chemikern und Physikern ist diese Entwicklung dem Einsatz des Verfahrens-Ingenieurs zu danken. Er hat entscheidenden Anteil an der Entwicklung der organischen und anorganischen Großindustrie. Die Wirtschaftlichkeit der großtechnischen Verfahren — denken wir an die Stickstoff-Synthese, die Kohlehydrierung, die Herstellung von künstlichem Kautschuk usw. — wurde entscheidend durch seine Arbeit beeinflußt.

## Begriff „Verfahrens-Ingenieur“

Es geht hier nicht um die Gruppe derjenigen Ingenieure, die sich in großen chemischen Werken mit der Energie-Versorgung und mit dem Transportsystem befassen; diese Aufgaben liegen durchaus im Zuständigkeitsbereich eines Maschinen-Ingenieurs. Hier geht es vielmehr um die Aufgaben des Ingenieurs, der für den chemischen Prozeß die notwendigen technischen Apparaturen und Ausrüstungen entwirft, errechnet, baut und in Betrieb hält, für den sich die Bezeichnung „Verfahrens-Ingenieur“ eingebürgert hat.

## Anforderungen an Verfahrens-Ingenieure

Schon im chemischen Laboratorium treten Probleme auf, die das eigentliche Gebiet des Chemikers weit überschreiten. Die Laboratoriums-Einrichtungen müssen ständig dem neuesten Stand der Technik entsprechen. Es treten eine Vielzahl technischer Fragen, wie Werkstoffwahl, Rühr- und Strömungsvorgänge, Fil-

trations- und Destillationsprobleme auf, abgesehen von den oft recht komplizierten Überwachungs-, Meß- und Registrier-Einrichtungen<sup>2)</sup>. In dem Augenblick aber, in dem ein neues Verfahren den reinen Laboratoriumsmaßstab verläßt, wird es oft zu einem überwiegend technischen Problem. Das zeigt sich rein äußerlich schon darin, daß in vielen Herstellungsbetrieben ebensoviel Ingenieure wie Chemiker beschäftigt sind.

## Halbtechnischer Maßstab

Es gilt zunächst, die Laboratoriumsergebnisse in den Betriebsmaßstab zu übertragen. Nur bei ganz einfachen chemischen Prozessen und diskontinuierlichen Verfahren gelingt dieses auf direktem Wege. Im allgemeinen wird eine Zwischenapparatur im sogenannten halbtechnischen Maßstab gebaut, in der das Verhalten der gewählten Apparatur und gegebenenfalls eine kontinuierliche Arbeitsweise geprüft werden. Diese halb-technische Apparatur muß nötigenfalls zunächst in Glas ausgeführt werden. Das geschieht, um den Einfluß eines anderen Werkstoffes wie Eisen, Ausmauerung und dergleichen auszuschalten, gemäß dem Grundsatz, bei Versuchen möglichst immer nur eine Komponente zu verändern. Außerdem ermöglicht die Glasapparatur eine Beobachtung der Strömungsvorgänge.

## Bericht

Aus den Erfahrungen mit dieser technischen Apparatur erfolgt eines Tages, manchmal nach jahrelangen Versuchen im halbtechnischen Maßstab, die Übertragung ins Große. Die Beherrschung der Hydrodynamik insbesondere der Modellgesetze ist dabei besonders wichtig, um schwere Rückschläge zu vermeiden. Fehlerhafte Ausführung der Betriebsapparaturen kann nicht nur enorme Geldsummen verschlingen, sondern auch unwiederbringlichen Zeitverlust bedeuten. Bei den meisten Strömungsvorgängen spielt auch die Verweilzeit eine wesentliche Rolle<sup>3)</sup>. Sie wurde bisher in der Regel empirisch ermittelt. Auf Grund eingehender Versuche und mit diesen in Übereinstimmung befindlicher mathematischer Überlegungen ist es möglich, für viele Vorgänge die günstigsten Bedingungen z. B. die Kammerunterteilung rechnerisch vorauszubestimmen. Es sind aber durchaus nicht alle Vorgänge rechnerisch erfassbar. Große Schwierigkeiten ergeben sich z. B. bei katalytischen Prozessen durch die Materialfrage. Mit normalen Untersuchungsmethoden kaum feststellbare Spuren von Verunreinigungen irgendeines Elementes können bewirken, daß entweder die beabsichtigte Reaktion ausbleibt, oder daß sie in einer oft recht unangenehmen, nicht beabsichtigten Richtung verläuft. Die appara-tebauenden Firmen und die Lieferanten von Sondermaterial wundern sich oft über die scharfen Abnahmebedingungen, die der Ingenieur der chemischen Industrie stellt und halten dies für eine unnötig übertriebene Maßnahme. Wer jedoch die Empfindlichkeit mancher chemischer Reaktionen gegen eine Veränderung der Versuchsbedingungen kennt, wird für die Sorgen eines verantwortungsbewußten Ingenieurs auf diesem Gebiet Verständnis aufbringen. Der Verfahrens-Ingenieur muß über umfassende Kenntnis der Werkstoffe aller Gebiete verfügen. Er muß nicht nur ihre Festigkeitswerte, Zusammensetzung und Preise kennen, sondern auch die Grenzen ihrer Beständigkeit unter dem Einfluß von Temperatur und Korrosion. Er muß auch in der Lage sein, einen Ausweg zu finden, wenn kein Material zur Verfügung steht, das nach dem Stand der Technik den vorliegenden Bedingungen gewachsen ist. Das gilt nicht nur für zeitbedingte Verknappungerscheinungen,

<sup>1)</sup> Vortragen in der Sektion Chemie auf dem Internationalen Kongreß für Ingenieur-Ausbildung in Darmstadt am 7. 8. 1947.

<sup>2)</sup> Vgl. z. B. F. Stage, diese Zeitschr. B 19, 175/83, 215/21, 247/51 [1947].  
<sup>3)</sup> W. Büche, —

sondern ganz allgemein. Der Ingenieur der chemischen Industrie fragt nicht danach, ob ein Material beständig oder unbeständig ist, sondern wie lange es beständig ist, weil er gewohnt ist, daß die chemische Beanspruchung die mechanische in den meisten Fällen übertrifft. Es gibt Anlagen, bei denen die Beständigkeit des Materials nach Wochen, ja sogar nach Tagen gezählt wird. Es kommt dann darauf an, eine konstruktive Lösung zu finden, die eine Ausweichung mit einem Minimum von Arbeitsaufwand ermöglicht. Es ist gerade ein besonderes Kennzeichen des erfahrenen Betriebs-Ingenieurs in der Chemie, daß er die Konstruktion und Herstellung seiner Apparaturen auf Grund dieser Gesichtspunkte vornimmt, während die Apparate-Industrie, deren Konstrukteure vielfach aus dem reinen Maschinenbau hervorgehen, geneigt ist, ihren Apparaten eine Lebensdauer zugrunde zu legen, wie sie vielleicht in der Maschinenindustrie bei einer gut bewährten Dampfmaschine angebracht ist.

Es liegt ohne weiteres auf der Hand, daß die Ingenieure in der chemischen Industrie die grundlegenden chemischen Gesetze, vor allem der Physik und Chemie beherrschen müssen. Von einem Ingenieur, der nicht weiß, welche grundsätzlichen chemischen Vorgänge sich in seiner Apparatur abspielen, kann man nur eine rein maschinelle Instandhaltung der Apparatur erwarten, nicht aber eine Weiterentwicklung des Apparates oder gar des Verfahrens. Auch die bereits erwähnte Meisterung der Korrosionsfrage setzt eine Kenntnis wichtiger chemischer Vorgänge voraus. Es muß noch besonders hervorgehoben werden, welche bedeutende Rolle die Physik im Alltag des Verfahrens-Ingenieurs spielt. Ihre Anforderungen gehen weit über das auch für den Maschinen-Ingenieur so wichtige Gebiet der Wärmelehre und Mechanik hinaus. Die verfeinerten Meß-Instrumente und automatischen Überwachungsanlagen, die in Anzahl und Variation gerade in der chemischen Industrie besonders stark vertreten sind, das Arbeiten mit physikalischen Apparaturen im Betriebsmaßstab — erinnert sei als Beispiel an die Entwicklung der Ultra-Zentrifuge, der Molekular-Destillation, der Infrarot-Trocknung sowie der dielektrischen Trocknung, die früher lediglich dem physikalischen Laboratorium vorbehalten waren, — verlangen vertiefte Kenntnis auf dem Gebiet der technischen Physik. Ferner sei auf die physikalischen Erscheinungen bei der Filtration, Elektroosmose, Viskosität, Plastizität, Adsorption, ganz allgemein auf das Gebiet der Grenzflächenphysik hingewiesen. Für den Verfahrens-Ingenieur ist es nicht nur wichtig, den Stand der Wissenschaft auf diesem Gebiet genau zu kennen, sondern fähig zu sein, an der weiteren Aufklärung dieser verwickelten Probleme, mit denen er täglich zu tun hat, mitzuarbeiten.

Es kommen hinzu die Besonderheiten, die sich aus dem Grundverfahren ergeben. Der Verfahrens-Ingenieur muß die physikalischen und chemischen Grundlagen kennen, auf denen das Zerkleinern, Mischen, Füllen, Destillieren, Krystallisieren, Sublimieren usw. beruht. Er soll diese Gebiete nicht als Einzeloperation, sondern als Ganzes betrachten lernen, damit er in die Lage versetzt wird, für seine Zwecke jeweils die richtige Auswahl zu treffen. Es wird z. B. in bestimmten Fällen vorteilhafter sein, ein pulvelförmiges Endprodukt mittels Zerstäubungstrocknung herzustellen, statt zu filtern, zu trocknen und zu mahlen. Je nach Lage der Dinge kann aber ebenso gut der andere Weg der richtige sein.

#### Forschungsaufgaben

Wir haben uns bisher in der Hauptsache mit der Aufgabe des Betriebs-Ingenieurs in der chemischen Industrie befaßt. Betrachten wir noch kurz die Aufgabe des Verfahrens-Ingenieurs in der Forschung und Entwicklung. Schon bei der Besprechung der Verweilzeit wurde erwähnt, daß es in vielen Fällen notwendig ist, die durch Versuche ermittelten Erkenntnisse in eine mathematische Form zu bringen, die eine weitgehende rechnerische Ermittlung bestimmter Aufgaben gestattet. Das Verständnis für die höhere Mathematik ist gerade für den Verfahrens-Ingenieur besonders wichtig, weil dieses allein es ihm ermöglicht, eine Diskussion und eine Verwertung der Versuchsergebnisse in Form von Zahlen oder graphischer Darstellung vorzunehmen. Es ist bekannt, daß wir gerade auf dem Gebiet des Apparatebaues uns noch auf zum Teil recht niedriger Erkenntnis-Stufe hinsichtlich der sich darin abspielenden Vorgänge befinden. Dementsprechend bietet

dieses Gebiet noch ein weites und dankbares Feld für die Forschungsarbeit. Häufig treten Probleme an die Betriebsführung heran, die nur durch den Einsatz besonderer Versuchs-Ingenieure, denen entsprechend eingerichtete Versuchs-Apparaturen zur Verfügung stehen, zu lösen sind. Das gilt besonders für die Entwicklung verbesserter Apparate und Verfahren sowie für die Prüfung und Messung neuer Werkstoffe.

Es dürfte Übereinstimmung darüber herrschen, daß bei der Lösung dieser Probleme in der chemischen Industrie nicht nur die Chemie, sondern auch die Physik und die angewandte Technik eine führende Rolle spielen.

#### Chemiker und Ingenieur oder Chemie-Ingenieur?

Wir kommen damit ganz von selbst zu der Fragestellung, wer soll diese kombinierten chemisch-physikalisch-ingeniermäßigen Probleme lösen? Und hier gehen die Ansichten bereits auseinander.

#### Lösung des Problems in Nordamerika

In Nordamerika beispielsweise ist die Lösung in der Weise erfolgt, daß man den Typ des Chemical Engineer schuf, eines Ingenieurs mit weitgehender chemischer Grundausbildung. Nach Badger<sup>4)</sup> umfaßt der durchschnittliche Lehrplan eines Chemie-Ingenieurs in Amerika etwa 30% Chemie, 10% Chemie-Ingenieurwesen, 8% Physik, 11% Mathematik und 14% Allgemeinbildung, wie Volkswirtschaft, Sprachen usw. Die restlichen 27% betreffen reine Ingenieurfächer, wie Mechanik, Kraftmaschinen, Elektrotechnik usw. Die Studiendauer beträgt mindestens 10, im Mittel etwa 12 Semester. Kennzeichnend ist also, daß in Amerika der Chemical Engineer etwa die Hälfte seines Studiums Chemie betreibt, einschließlich präparativer und organischer Arbeiten im Laboratorium. Dazu kommt eine physikalische und mathematische Grundausbildung. Ursprünglich wurde diese Ausbildung durch Lehrgänge der Chemie und Technologie ergänzt. Es wurde gelehrt, wie Chlor, Schwefelsäure, Salpetersäure usw. hergestellt werden. Etwa in der Form, wie das Handbuch der Technologie von Ost diese Dinge behandelt, also jeder Stoff wurde für sich in einem geschlossenen Abschnitt besprochen. Eine solche Technologie enthält zwar vieles, was der Praktiker verwenden kann, aber sie ist ungeeignet, junge Ingenieure zu eigenen schöpferischen Leistungen anzuregen. Sie ist zu sehr auf das Bestehende ausgerichtet und erzieht weniger dazu, eigene Wege zu beschreiten und neue Ideen zu verwirklichen. Es wurde auch in amerikanischen Fachkreisen betont, daß eine Grundlagenausbildung wichtiger ist als das Spezialistentum. Es ist anzunehmen, daß sich diese Dinge seitdem in ihren Ländern weiterentwickelt haben.

#### Der Verfahrens-Ingenieur in Deutschland

Die Verfahrens-Ingenieure in der chemischen Industrie kommen heute von der Hochschule als ausgesprochene Maschinen-Ingenieure zu uns. Nur die Techn. Hochschule Karlsruhe macht hier eine Ausnahme. Die Kenntnisse der Absolventen der übrigen Techn. Hochschulen in Chemie und Physik beschränken sich auf die für den Maschinen-Ingenieur notwendigen Grundlagen. Auf dem Gebiet der Verfahrenstechnik bringt er praktisch keinerlei Kenntnisse mit. Es wird nicht bestritten, und die Praxis hat es auch bewiesen, daß ein guter Maschinen-Ingenieur, der auf der Hochschule gelernt hat, fremde und neue Aufgaben selbständig in Angriff zu nehmen und zu lösen, imstande ist, sich im Laufe der Zeit in seine neuen Aufgaben hineinzuarbeiten, aber er empfindet es lange Zeit selbst als einen ausgesprochenen Mangel, daß ihm zunächst viele theoretischen Grundlagen, die er täglich braucht, fehlen, oder daß er diese wenigstens nicht in dem notwendigen Ausmaße beherrscht. Es erfordert große Energie und nicht geringe zeitliche Inanspruchnahme, wenn er sich diese fehlenden Kenntnisse neben seinen praktischen Betriebsaufgaben allmählich zu eigen macht, ohne die er als Verfahrens-Ingenieur immer ein Stümper bleiben und selten etwas besonderes leisten wird. Es ist nicht übertrieben, wenn die Aufgabe, sich vom Maschinen-Ingenieur auf den Verfahrens-Ingenieur umzustellen, etwa mit der verglichen wird, die ein Maschinen-Ingenieur übernehmen müßte, um sich in einen Elektro-Ingenieur zu verwandeln.

<sup>4)</sup> W. L. Badger, Z. Ver. dtsh. Ing. Beih. Verfahrenstechnik [1940], S. 96.

## Folgerung aus dem Vergleich zwischen nordamerikanischer und deutscher Lehrmethode

Wenn wir die Ausbildung des Verfahrens-Ingenieurs in Nordamerika und Deutschland miteinander vergleichen, müssen wir ohne weiteres zugeben, daß der amerikanische Chemie-Ingenieur von Hause aus wesentlich besser für seine Aufgaben gerüstet ist. Das veranlaßte die englischen Hochschulen dazu, neuerdings ihren Studienplan, der bisher mehr der deutschen Methode ähnelte, dem Vorbild Amerikas anzugeleichen. Bei uns liegen die Verhältnisse jedoch anders. Es gibt einen Weg, der der deutschen Lehrtradition besser entspricht und für uns, die wir nicht im Lande der unbegrenzten Möglichkeiten leben, der richtige ist. Während in Amerika die Betriebsführung in den Händen der Chemie-Ingenieure liegt und die Tätigkeit des Chemikers sich mehr auf das Laboratorium beschränkt, werden bei uns Betrieb und Forschung von Ingenieur und Chemiker gemeinsam getragen. Der Chemiker ist verantwortlich für die Qualität des Produktes und der Verfahrens-Ingenieur sozusagen für die Qualität seiner Apparatur und deren Betriebssicherheit. Für die Erzielung eines guten Wirkungsgrades bzw. einer guten Ausbeute müßten sich beide verantwortlich fühlen. Der Chemiker forscht nach neuen Produkten auf Grund neuer chemischer Kombinationen und Reaktionen. Der Verfahrens-Ingenieur forscht nach neuen Apparaturen und Verfahren, mit denen eine neue oder verbesserte Herstellung von Stoffen möglich ist, ferner nach neuen Baustoffen für die Apparatur. Die Aufgaben überschneiden sich vielfach und setzen eine verständnisvolle Zusammenarbeit zwischen Chemiker und Ingenieur voraus. Eine solche Arbeitsmethode muß, als Ganzes betrachtet, einen größeren

Überblick auf den in Frage kommenden Gebieten ermöglichen als der Versuch, diese Aufgaben einer Einzelperson zuzumuten. Infolge des großen Umfangs der betreffenden Wissensgebiete kann letzteres im normalen Falle nur auf Kosten der Gründlichkeit geschehen. Der Verfahrens-Ingenieur soll kein halber Chemiker sein, ebenso wenig ist ihm mit einer reinen Maschinen-Ingenieur-Ausbildung dient.

## Schlußfolgerung

Es muß endlich allgemein erkannt werden, daß das wichtige Gebiet der Verfahrenstechnik eine besondere Fachausbildung verlangt. Der Anfang ist auf der Technischen Hochschule Karlsruhe bereits gemacht. Nach Plank<sup>5)</sup> handelt es sich hier nicht um ein besonderes Spezialistentum, das die Hochschule mit Recht ablehnen müßte, sondern um ein Grenzgebiet mit breiter Grundausbildung in technischer Physik, physikalischer Chemie und chemischer Technik, ein Gebiet, dessen Kenntnis und Beherrschung die unbedingte Voraussetzung für eine erfolgreiche Tätigkeit des Verfahrens-Ingenieurs in der chemischen Industrie und darüber hinaus ganz allgemein in der Verbrauchsgüter-Industrie ist. Unsere technischen Hochschulen haben neben der Hauptfachrichtung des allgemeinen Maschinenbaues den Elektro-Ingenieur, den Bergbau-Ingenieur, den Schiff- und Schiffsmaschinenbau-Ingenieur, den Ingenieur für Lokomotiv- und Eisenbahnwesen ausgebildet. In dieser Reihe fehlt uns der Verfahrens-Ingenieur schon seit vielen Jahren. Es handelt sich dabei um die Schließung einer empfindlichen Lücke in der Ingenieur-Ausbildung. Eingeg. 7. 8. 1947 [B 33]

<sup>5)</sup> R. Plank, Z. Ver. dtsh. Ing. Beih. Verfahrenstechnik [1937], Nr. 2.

# Instandhaltung von Speisewasseranlagen

Von Dr. W. WESLY, Ludwigshafen a. Rh.

Viele Industrieanlagen konnten gegenwärtig noch nicht instand gesetzt werden. Der Bestand der vorhandenen Anlagen muß daher gesichert werden, damit kein weiterer Verfall eintritt. Unter diesem Gesichtspunkt sind die zur Instandhaltung von Speisewasseranlagen erforderlichen Maßnahmen im folgenden kurz zusammengestellt.

## Pflege der Anlageteile

### Leitungen

1. Vor Berühren mit angreifenden Stoffen durch Überzüge oder Anstriche schützen. Am besten unangreifbare Werkstoffe verwenden (also z. B. kein Eisen für Säuren, Kochsalz- oder Ammonsulfat-Lösungen, kein Blei oder Zink für Natronlauge, kein Kupfer oder Messing für Ammoniak oder Ammonsalzlösungen).
2. Heißwasser- und Dampfleitungen isolieren.
3. Kaltwasserleitungen im Winter gegen Einfrieren schützen.
4. Leitungen regelmäßig vom ausgeschiedenen Kesselstein befreien, entweder mechanisch mit Bohrgeräten oder chemisch durch Umpumpen von warmer Salzsäure mit Sparbeizzusatz.
5. Seltener betätigte Schieber gangbar halten.
6. Leitungen für Aufschlämmungen, z. B. Kalkmilch, mit Gefälle und Flanschverbindungen verlegen; unbenutzte Leitungen entleeren. Verkrustende Leitungen mit genügender Zahl von Flanschen versehen.
7. Flanschundichtheiten beseitigen, besonders an Kondensationsleitungen.
8. Vorübergehend nicht benötigte Leitungen an der Erzeugungsseite abschalten und entleeren.

### Isolierung

1. Durchnässen vermeiden.
2. Beschädigte Isolierung ausbessern.

### Pumpen

1. Bewegliche Teile laufend ölen.
2. Stopfbüchspackung regelmäßig erneuern und geeignete Packung wählen, z. B. für saure und alkalische Lösungen mit Talg und Graphit getränkte Packungen.
3. Pumpen für angreifende Lösungen (z. B. Sauerstoff oder Kohlensäure enthaltendes Kondensat oder Salzsäurelösungen) gegen Korrosionen schützen; am besten unangreifbare Werkstoffe, z. B. Chromguß verwenden.

4. Druckmesser in Druckleitung der Zumeßpumpen zwecks Überwachung der Fördertätigkeit anbringen.

### Wasserverteiler

1. Verteilung in Haupt- und Nebenstrom prüfen.
2. Nebenstromantrieb für selbstdämmende Zumeßvorrichtungen (Schöpfbecher, Kippwaagen) in Gang halten.

### Zumeßvorrichtungen

1. Einrichtung der selbstdämmenden Vorrichtungen prüfen; Arbeitsspiel in Gang halten.
2. Pumpen laufend überwachen (siehe oben unter „Pumpen“).

### Behälter

1. Heißwasserbehälter isolieren.
2. Vorräumbehälter (Kaskadenvorräumer) regelmäßig vom Kesselstein befreien; daher gute Zugänglichkeit erforderlich. Korrodierte Teile erneuern.
3. Reaktions- und Absitzbehälter regelmäßig abschlämmen, vor allem in Anlagen mit Schlammrückführung. Abschlammengen richtig wählen. Gelegentlich Kesselstein beseitigen.
4. Behälter gegen angreifende Lösungen (z. B. Kochsalz) schützen.

### Schlammfilter

1. Körnung in richtiger Größe wählen, am besten 2–3 mm. Zu grobes Korn verursacht schlechte Filterwirkung und großen Wasservorlauf zur Erzielung klarer Filtrate; es erlaubt keine große Belastungssteigerung. Zu kleines Korn erhöht Filterwiderstand und Spülwasserbedarf.
2. Füllung: Kies; für entkieseltes Wasser: Marmor, Magnomasse, Koks. Holzwolle nur für einfachste Anlagen und nach Auslaugung mit heißer Sodalösung verwendbar.
3. Einkristalliger Kies besser als mehrkristalliger, der bei Temperaturschwankungen zersplittert. Unterscheidung durch verschiedenes Verhalten im Polarisationsmikroskop: einkristalliger Kies löscht Licht einheitlich, mehrkristalliger abschnittsweise. (Ausführung der Untersuchung durch mineralogisches Laboratorium.)