

## 3 Auslegung von Rührwerken

### 3.1 Übliche Einsatzbereiche der Rührwerke

#### 3.1.1 Zentralrührwerke

Mischvolumen:	0,5 ... <u>100</u> ... <u>1.000</u> ... 3.000 Liter
Rührerdrehzahl:	5 ... <u>200</u> ... <u>1.000</u> ... 3.000 UpM
Produktviskosität:	<u>niedrigviskos</u> bis mittelviskos
Mischgut:	flüssig

#### 3.1.2 Planetenrührwerke

Mischvolumen:	0,5 ... <u>10</u> ... <u>500</u> ... 1.000 Liter
Rührerdrehzahl:	5 ... <u>30</u> ... <u>150</u> ... 300 UpM
Produktviskosität:	mittelviskos bis <u>hochviskos</u>
Mischgut:	flüssig / pastös / pulverförmig

### 3.2 Beispiele für Mischgüter

#### 3.2.1 Chemische Industrie

- Klebstoffe
- Schmierstoffe
- Schleifmittel
- Dichtungsmassen
- Lötpasten
- Keramische Massen
- Farbstoffe
- Sprengstoffe

### 3.2.2 Pharmazeutische Industrie / Kosmetikindustrie

- Cremes / Salben
- Lotionen
- Gele
- Zahnpasta
- Lidschatten
- Duftstoffe
- lichtaushärtende Fingernägel

### 3.2.3 Nahrungsmittelindustrie

- Aromen
- Fruchtkonzentrate
- Schokoladenprodukte
- Salat-Dressings
- Feinkost-Salate
- Quarkzubereitungen
- Marinaden
- Gewürzmischungen

## 3.3 Einsatz von Rührwerken im Ex-Bereich

### 3.3.1 Einführung

In der Vergangenheit genügte es, die elektrotechnischen Bauteile einer Mischanlage für den Einsatz im Ex-Bereich entsprechend auszulegen. Seit dem 30. Juni 2003 ist die Übergangsfrist abgelaufen und alle Anlagen müssen ATEX-gerecht ausgelegt werden. Dies bedeutet, daß nun auch die mechanischen Komponenten einer Mischanlage den besonderen Anforderungen für den Betrieb im Ex-Bereich genügen müssen [11].

Die nachfolgenden Ausführungen sind nicht vollständig und ersetzen nicht eine aktuelle Beratung durch eine Fachfirma und die zuständigen Fachstellen (z.B. TÜV). Weitergehende Informationen über den Explosionsschutz findet man z. B. in [12, 13, 14, 15].

### 3.3.2 Grundlagen und Begriffe

Damit es zur **Explosion** kommen kann, müssen die drei Faktoren

- brennbarer Stoff (in einer bestimmten Konzentration und Verteilung),
- Luftsauerstoff und
- Zündquelle

zusammenkommen.

Die **untere** und **obere Explosionsgrenze** eines brennbaren Stoffes markieren den Bereich, in dem es zur Bildung einer explosionsfähigen Atmosphäre kommen kann.

Eine explosionsfähige Atmosphäre kann sich nicht bilden, wenn der **Flammpunkt** einer Flüssigkeit deutlich (mindestens 5 Grad) über den maximal auftretenden Temperaturen liegt. Der Flammpunkt gibt für Flüssigkeiten die niedrigste Temperatur an, bei der sich eine explosionsfähige Atmosphäre bilden kann.

Brennbare Flüssigkeiten teilt man in vier **Gefahrklassen** ein (s. a. Tabelle 4).

**Tabelle 4:** Gefahrklassen von brennbaren Flüssigkeiten

Gefahrklasse	Flammpunkt
AI	< 21 Grad Celsius
AII	21 bis 55 Grad Celsius
AIII	> 55 bis 100 Grad Celsius
B	< 21 Grad Celsius, bei 15 Grad Celsius in Wasser löslich

Beispiele für **Zündquellen** sind [16, 17]:

- heiße Oberflächen
- elektrostatische Entladungen
- mechanische Reib- oder Schlagfunken
- chemische Reaktionen
- offene Flammen

Unter **primärem Explosionsschutz** versteht man alle Maßnahmen, die die Entstehung einer explosionsfähigen Atmosphäre verhindern. Hierzu zählen:

- Vermeidung brennbarer Stoffe
- Inertisierung durch z. B. Stickstoff oder Kohlendioxid
- Begrenzung der Konzentration
- Natürliche oder technische Belüftung

Läßt sich die Entstehung einer explosionsfähigen Atmosphäre durch primäre Schutzmaßnahmen nicht vollständig ausschließen, müssen **sekundäre Schutzmaßnahmen** herangezogen werden. Hierzu teilt man die explosionsgefährdeten Bereiche in **Zonen** ein. Dargestellt ist dies in Tabelle 5.

**Tabelle 5:** Zoneneinteilung

<b>Gase, Dämpfe, Nebel</b>	<b>Stäube</b>	<b>Definition nach ATEX 94/9</b>
Zone 0 (Kategorie 1 G)	Zone 20 (Kategorie 1 D)	eine explosionsfähige Atmosphäre ist ständig oder langfristig oder häufig vorhanden
Zone 1 (Kategorie 2 G)	Zone 21 (Kategorie 2 D)	eine explosionsfähige Atmosphäre ist gelegentlich vorhanden
Zone 2 (Kategorie 3 G)	Zone 22 (Kategorie 3 D)	eine explosionsfähige Atmosphäre ist selten und kurzzeitig vorhanden

Geräte für Kategorie 1 (Zone 0 bzw. 20) müssen bei zwei unabhängig auftretenden Fehlern sicher sein und beim Ausfall einer apparativen Schutzmaßnahme muß mindestens eine zweite unabhängige Schutzmaßnahme die erforderliche Sicherheit gewährleisten.

Sicher bei üblicher Gerätestörung müssen Geräte der Kategorie 2 (Zone 1 bzw. 21) sein.

Geräte für Kategorie 3 (Zone 2 bzw. 22) müssen bei normalem Betrieb sicher sein.

Weiterhin unterscheidet man zwischen zwei Gruppen von elektrischen Betriebsmitteln:

- **Gruppe I:**  
Elektrische Betriebsmittel für schlagwettergefährdete Grubenbaue
- **Gruppe II:**  
Elektrische Betriebsmittel für alle übrigen explosionsgefährdeten Bereiche

**Tabelle 6:** Einteilung in Explosionsgruppen

Explosionsgruppe	Mindestzündstromverhältnis (bezogen auf Methan)
II A	> 0,8
II B	0,45 bis 0,8
II C	< 0,45

**Tabelle 7:** Einteilung von Gasen und Dämpfen in Explosionsgruppen

Explosionsgruppe	IIA	IIB	IIC
Aceton	X		
Dieselmkraftstoff	X		
Essigsäure	X		
Ethylglykol		X	
Heizöle	X		
Methanol	X		
Ottokraftstoff	X		
Schwefelkohlenstoff			X
Stadtgas		X	
Toluol	X		
Wasserstoff			X

Die Betriebsmittel der Gruppe II unterteilt man außerdem in **Explosionsgruppen** (s. a. Tabelle 6) und **Temperaturklassen** (s. a. Tabelle 8).

Die Gefährlichkeit der Gase steigt dabei von Explosionsgruppe II A nach II C an.

Einige Beispiele für die Einteilung von Gasen und Dämpfen in Explosionsgruppen liefert Tabelle 7.

Die **Zündtemperatur** eines brennbaren Fluids (Gas oder Flüssigkeit) ist die niedrigste Temperatur einer erhitzten Oberfläche, an der eine Entzündung des Gas-/Luft- bzw. Dampf/Luft-Gemisches erfolgt.

Die maximale Oberflächentemperatur eines elektrischen Betriebsmittels muß stets kleiner sein als die Zündtemperatur des Gas-/Luft- bzw. Dampf-/Luft-Gemisches, in dem es eingesetzt wird.

Einige Beispiele für die Einteilung von Gasen und Dämpfen in Temperaturklassen zeigt Tabelle 9.

**Tabelle 8:** Einteilung in Temperaturklassen

Temperaturklasse	Höchstzulässige Oberflächen- temperatur der Betriebsmittel (in Grad Celsius)	Zündtemperatur der brennbaren Stoffe (in Grad Celsius)
T1	450	> 450
T2	300	> 300 ≤ 450
T3	200	> 200 ≤ 300
T4	135	> 135 ≤ 200
T5	100	> 100 ≤ 135
T6	85	> 85 ≤ 100

**Tabelle 9:** Einteilung von Gasen und Dämpfen in Temperaturklassen

Temperaturklasse	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Aceton	X					
Dieselmotorenkraftstoff			X			
Essigsäure	X					
Ethylalkohol		X				
Ethylglykol			X			
Heizöl			X			
Methanol	X					
Ottomotorenkraftstoff			X			
Schwefelkohlenstoff						X
Stadtgas	X					
Toluol	X					
Wasserstoff	X					

Die Ausführung von elektrischen explosionsgeschützten Betriebsmitteln kann in verschiedenen **Zündschutzarten** erfolgen:

- Druckfeste Kapselung **d** (z. B. Ex-Schaltkasten)
- Erhöhte Sicherheit **e** (z. B. Klemmenkästen)
- Überdruckkapselung **p** (z. B. Schaltschrank mit *normalen* Bauteilen)
- Eigensicherheit **i** (z. B. MSR-Technik)
- Ölkapselung **o**
- Sandkapselung **q**
- Vergußkapselung **m** (z. B. Magnetventile)
- Zündschutzmethode **n** (nur in Zone 2 anwendbar!)

### 3.3.3 Ex-Schutz bei Mischanlagen

Rührwerke und Mischanlagen sind übrige Betriebsmittel der Gruppe II. Einen Überblick auslegungsrelevanter Daten gibt Tabelle 10.

**Tabelle 10:** Auslegung von Rührwerken und Mischanlagen für den Ex-Bereich

<b>Ex-Zone bzw. Kategorie</b>	Vorgabe durch den Auftraggeber
<b>Temperaturklasse</b>	Vorgabe durch den Auftraggeber
<b>Explosionsgruppe</b>	Vorgabe durch den Auftraggeber
<b>Zündschutzart</b>	Festlegung durch den Hersteller: Motoren Schaltschrank Sensoren

In der Verantwortung des Betreibers liegt es, die Zoneneinteilung vorzunehmen und die Temperaturklasse sowie die Explosionsgruppe festzulegen. Das Ergebnis der Gefährdungsbeurteilung ist im Explosionsschutzdokument festzuhalten und laufend zu aktualisieren.

Die Angaben des Explosionsschutzdokuments versetzen das Maschinenbauunternehmen in die Lage, die Mischanlage entsprechend zu konzipieren.

Bei der Projektierung von Rührwerken und Mischanlagen für den Einsatz im Ex-Bereich sind u. a. zu beachten:

- Verwendung leitfähiger Laufrollen für mobile Mischbehälter
- Einbau einer Füllstandsüberwachung im Doppelmantel beheizbarer Mischbehälter
- Einbau einer Durchflußüberwachung für Inline-Homogenisatoren
- Einsatz leitfähiger Materialien für Wandabstreifelemente
- genügend große Wandabstände der Rührwerkzeuge
- genügend große Spaltweiten bei ineinander kämmenden Rührwerkzeugen
- Überprüfung bestimmter Bauteile (z. B. Lebensdauer der Wälzlager)
- Verwendung geeigneter Dichtungen
- Anordnung von Schaltschrank und Bedienelementen
- Anordnung von Zusatzaggregaten (z. B. Vakuum und Hydraulik)

Bei langsamlaufenden Rührwerkzeugen (z. B. Ankerrührer) muss ein Wandabstand von ca.  $> 5\text{ mm}$  eingehalten werden. Bei hochtourig laufenden Rührwerkzeugen (z. B. Propellerrührer) muss der Wandabstand dagegen mindestens  $50\text{ mm}$  betragen.

Beim Einbau von Dichtungen ist zu gewährleisten, daß entweder die Reibungsfläche der Dichtung  $A_R < 100 \text{ cm}^2$  ist oder die Umfangsgeschwindigkeit an der Dichtungsfläche  $u_R < 1,6 \text{ m/s}$  ist [16].

Aus Kostengründen wird in der Regel ein Hauptschaltschrank außerhalb der Ex-Zone angebracht. Er beinhaltet z. B. den Frequenzumformer und andere elektrotechnische Komponenten, die nicht direkt an der Maschine benötigt werden. Zusätzlich wird ein ex-geschützter Schaltkasten mit den erforderlichen Bedienelementen direkt am oder beim Rührwerk befestigt.

Auch eventuell benötigte Zusatzaggregate wie z. B. Hydraulik- und Vakuumpumpen werden nach Möglichkeit außerhalb der Ex-Zone aufgestellt.

Bei Ex-Zone 0- bzw. Ex-Zone 20-Mischanlagen muß eine Einzelabnahme durch eine benannte Stelle (z. B. TÜV) erfolgen.

Für Ex-Zone 1 bzw. Ex-Zone 21 besteht gemäß ATEX-Verordnung für den Hersteller einer Mischanlage lediglich die Forderung, die Dokumentation der Maschine bei einer benannten Stelle zu hinterlegen. Die Unterlagen werden nur im Schadensfall überprüft [18].

## 3.4 Baugruppen eines Rührwerks

### 3.4.1 Hauptkomponenten

Wird noch ergänzt! Bitte fragen Sie nach einer neuen CD-ROM-Version.

### 3.4.2 Vakuumausstattung

Alle Rührwerke und Mischanlagen können auf Wunsch mit einer Vakuumvorrichtung ausgestattet werden. Diese beinhaltet u. a.:

- Vakuumbaube mit beleuchtetem Schauglas und Scheibenwischer
- Ansaugstutzen für Flüssigkeiten und gut fließende Pulver
- Belüftungstutzen mit Filter
- Flüssigkeitsabscheider und Rückschlagventil
- Manometer
- Vakuumpumpe

Die Vakuumpumpe ist in der Standardausführung auf einen Absolutdruck von ca. 200 mbar ausgelegt.

Ein Rühren unter Vakuum ist z. B. für Entgasungsprozesse oder für luftempfindliche Produkte interessant. Man kann das Vakuum aber auch zum Dosieren nutzen. Hierzu baut

man zunächst ein Vakuum auf, schaltet anschließend die Vakuumpumpe ab und saugt dann durch den Ansaugstutzen z. B. eine flüssige Komponente ein. Bei größeren Ansaugmengen muß eventuell in mehreren Schritten vorgegangen werden und zwischendurch erneut ein Vakuum aufgebaut werden.

Wichtig ist, daß bei eingeschalteter Vakuumpumpe nicht angesaugt wird, da dann Produkt in die Pumpe gelangen könnte.

Möglich ist auch, pulverförmige Komponenten unter dem Flüssigkeitsniveau einzusaugen. Dies ist z. B. bei gesundheitsschädlichen Stäuben angebracht.

Als Sonderzubehör kann an der Vakuumbaube auch ein zusätzlicher Dosierrichter mit Absperrventil angebracht werden.

## **3.5 Elektrotechnische Ausstattung von Rührwerken**

### **3.5.1 Einführung**

Herbst-Rührwerke werden in der Regel als betriebsbereite Komplettanlagen ausgeliefert, so daß auch die gesamte erforderliche Elektrotechnik dazugehört. Für den Anwender ist vorteilhaft, daß keine Schnittstellenprobleme zwischen unterschiedlichen Komponenten-Lieferanten auftreten.

Der Umfang der elektrotechnischen Ausstattung richtet sich nach den Anforderungen des Rührwerkbetreibers. Im einfachsten Fall handelt es sich nur um einen Schaltschrank mit den erforderlichen Komponenten, für komplexe Verfahrensabläufe kann dagegen eine aufwendige Meß-, Regelungs- und Steuerungstechnik zum Einsatz kommen.

Selbstverständlich kann die elektrotechnische Ausstattung auch für den Einsatz in explosionsgefährdeten Zonen (nach ATEX 94/9) ausgelegt werden. Üblicherweise bringt man den Hauptschaltschrank dann außerhalb der Ex-Zone unter und beim Rührwerk befindet sich zusätzlich ein ex-geschützter Schaltkasten mit den erforderlichen Bedienelementen. Auf Wunsch kann aber auch der Hauptschaltschrank ex-geschützt ausgeführt werden.

### **3.5.2 Elektrische Schutzart**

Nach den internationalen Festlegungen wird die elektrische Schutzart durch zwei gleichbleibende Kennbuchstaben IP (International Protection) und zwei Kennziffern für den Schutzgrad angegeben. Zusätzliche Kennbuchstaben werden für Sonderschutzarten angegeben. Die Motoren werden überwiegend in den in Tabelle 11 angegebenen Schutzarten ausgeführt.

Motoren in senkrechter Bauform mit Wellenende nach unten (V1, V5, V18) werden vielfach mit Schutzdach geliefert; dadurch werden Luftöffnung und Lüfter vor kleinen Gegenständen und Werkzeugen geschützt. Bei explosionsgeschützten Bauformen ist für die genannten Bauformen das Schutzdach vorgeschrieben.

**Tabelle 11:** Motorschutzarten [19]

Motor	Schutzart	1. Kennziffer		2. Kennziffer Wasserschutz
		Berührungsschutz	Fremdkörperschutz	
innen- gekühlt	IP 21	Berührung mit den Fingern	mittelgroße feste Fremdkörper über 12 mm Durchmesser	senkrecht Tropfwasser
	IP 22			Tropfwasser bis 15° zur Senkrechten
	IP 23			Sprühwasser bis 60° zur Senkrechten
ober- flächen- gekühlt	IP 44	Berührung mit Werkzeug oder ähnlichem	kleine feste Fremdkörper über 1 mm Durchmesser	Spritzwasser aus allen Richtungen
	IP 54	vollständiger Schutz gegen Berührung	schädliche Staub- ablagerungen	Spritzwasser aus allen Richtungen
	IP 55			Strahlwasser aus allen Richtungen
	IP 56			Schwere Seen <sup>1)</sup> Starker Strahl
	IP 65	vollständiger Schutz gegen Berührung	Schutz gegen Eindringen von Staub	Strahlwasser aus allen Richtungen
IP 67	Motor unter festgelegten Druck- und Zeit- bedingungen unter Wasser			
Zusätzlicher Kennbuchstabe für Sonderschutzarten				Beispiel
	W	für wettergeschützte Maschinen		IP W 23
	S	für Wasserschutz (stillstehende Maschine)		IP 55 S/IP 23 M
	M	für Wasserschutz (laufende Maschine)		

1) Bei schweren Seen (vorübergehende Überflutung) ist nur die unbelüftete Ausführung IPB möglich.

### 3.5.3 Temperaturmessung

Eine häufige Aufgabenstellung in Mischprozessen ist die Messung der Produkttemperatur. Die Gründe hierfür können vielfältig sein; die Produkttemperatur muß z. B. möglichst konstant gehalten werden oder sie darf einen Minimal- bzw. Maximalwert nicht unter- bzw. überschreiten. Oft muß im Laufe des Rührprozesses auch ein bestimmtes Temperaturprofil durchlaufen werden. Entscheidend ist auf jeden Fall die möglichst genaue Messung der Produkttemperatur, um für die Temperaturregelung einen repräsentativen Ist-Wert zu erhalten.

Eine wesentliche Rolle bei der Messung der Produkttemperatur im Rührbehälter spielt die Positionierung des Temperatursensors. In der Regel sind die Temperaturfühler stationär angebracht; sie werden dann z. B. durch den Behälterboden, die Behälterwandung oder durch den Behälterdeckel in Kontakt mit dem Rührgut gebracht. Insbesondere bei mittel- bis hochviskosen Produkten ist dies nicht unproblematisch, da aufgrund der unterschiedlichen Temperatur über die Höhe des Rührbehälters keine repräsentativen Meßwerte ermittelt werden. Auch das Strömungsfeld des Rührers hat einen nicht unerheblichen Einfluß auf die örtlich vorliegende Temperatur. Ebenso ist eine Temperaturdifferenz zwischen Behälterwand und Behältermitte zu registrieren. Eine Verbesserung erzielt man, wenn mehrere Temperaturfühler eingesetzt werden.

Eine optimale Temperaturmessung wird erreicht, wenn sich der Meßsensor während des Mischprozesses durch das Rührgut bewegt. Einsatz findet dieses Meßverfahren z. B. bei Planetenrührwerken. Der Meßsensor und ein Sender sind am Rührwerkzeug integriert. Das Rührwerkzeug bewegt sich auf einer Kreisbahn durch das Rührgut; außerdem dreht es sich noch um die eigene Achse. Ein zusätzlicher Wandabstreifer fördert stetig das Rührgut von der Behälterwandung zur Behältermitte. Hierdurch ist ein optimaler Wärmeaustausch gewährleistet, und der Temperatursensor mißt eine repräsentative Produkttemperatur. Der Sender sitzt über der Produktoberfläche, und mehrere Infrarotsendioden übertragen die Meßwerte berührungslos an einen Empfänger. Der Sender arbeitet mit einer Batterie, deren Lebensdauer etwa 3 Jahre beträgt. Der übliche Meßbereich liegt bei ca. - 55 bis + 125 Grad Celsius. Standardmäßig beträgt die Auflösung 0,125 Grad Celsius. In Bild 12 sieht man links den Meßfühler mit dem Sender eingebaut in einem Planetenrührwerk HRV 15. Der Meßfühler ist in diesem Fall am Wandabstreifer befestigt. Rechts im Bild ist die optimierte Version des Meßfühlers und der Sendeeinheit einzeln abgebildet. Natürlich kann das Meßsystem auch am Rührwerkzeug befestigt werden.

In der Praxis hat sich das Meßsystem bereits bestens bewährt. Selbst Produktablagerungen auf der Sendeeinheit, z. B. Creme, beeinträchtigen nicht die Übertragung der Temperaturmeßwerte.

Dieses Temperaturmeßsystem kann auch bei bestehenden Mischanlagen nachgerüstet werden. Die zugehörige Regelungs- und Steuerungstechnik kann mitgeliefert werden; sie wird dann individuell an den speziellen Mischprozeß angepaßt.

Bei höheren Temperaturen kann alternativ mit einer Schleifringübertragung gearbeitet werden.



**Bild 12:** Temperaturmeßsystem mit Infrarotübertragung der Meßwerte

#### 3.5.4 Programmsteuerung

An die Mischtechnik wird zunehmend die Forderung einer gleichbleibenden Mischgüte gestellt. Die Produktqualität soll sowohl bei einem Personalwechsel als auch bei häufigen Produktwechseln gewährleistet sein. Zudem fordern die Endabnehmer vom Produzenten vermehrt einen Qualitätsnachweis in Form eines Mischprotokolls. Mit Hilfe der Steuerungs- und Regelungstechnik ist dies alles kein Problem. Der Programmablauf kann produktbezogen gestaltet werden, so daß der Vermischungsprozeß stets optimal verläuft. Über moderne Meßaufnehmer können wichtige Parameter wie z. B. Temperatur, Druck und Drehzahl erfaßt und berücksichtigt werden. Die einzelnen Komponenten des Mixers wie z. B. Antrieb, Vakuumpumpe, Heizung, Homogenisator können einzeln von der Steuerung angesprochen werden. Dies ermöglicht einen verfahrenstechnisch optimalen Ablauf des Mischprozesses; die Rührerdrehzahl kann z. B. in Abhängigkeit der vorliegenden Produktviskosität oder der Scherempfindlichkeit geregelt werden. Zum Entgasen des Rührgutes oder zum Einsaugen von zusätzlichen Mischkomponenten kann die Vakuumpumpe zugeschaltet werden, und am Ende des Mischprozesses öffnet sich das Planetenrührwerk selbständig. Auch das Dosieren, Entleeren und Reinigen kann in den Programmablauf integriert werden, so daß das Bedienungspersonal nicht ständig an der Maschine sein muß. Somit können gleichzeitig mehrere Mixer bedient werden bzw. andere Arbeiten erledigt werden. Dies bedeutet eine Zeit- und Kostenersparnis. Für den Bediener wichtige Phasen des Programmablaufes können optisch und/oder akustisch signalisiert werden. Die Meßwernerfassung ermöglicht auch eine optimale Sicherheitstechnik, die z. B. bei einer unzulässigen Temperaturüberschreitung das Rührwerk abschaltet.

Die Bedienung der Steuerung erfordert keine Programmierkenntnisse und erfolgt menügesteuert. Die aktuellen Prozeßparameter (z. B. Drehzahl, Temperatur und Druck) werden stets am Display angezeigt. Der Mischer kann sowohl programmgesteuert als auch manuell im Handbetrieb arbeiten.

Die Ablaufprogramme kann man jederzeit einfach an veränderte Anforderungen anpassen. Dies ist z. B. im Bereich der Forschung und Entwicklung wichtig. Über eine Schnittstelle lassen sich die aktuellen Parameter für eine externe Datenerfassung auf einen PC übertragen; alternativ kann das Planetenrührwerk auch mit einem eigenen Schreiber und/oder Diskettenlaufwerk ausgestattet werden.

Die Basisprogrammierung der Programmsteuerung erfolgt kundenspezifisch. Die Programmabläufe können für unterschiedliche Produkte erstellt, abgespeichert, modifiziert und jederzeit wieder aufgerufen werden. Änderungen im Programmablauf kann der Bediener am Bedienpult selber durchführen. Die nachfolgende Abbildung zeigt eine mögliche Ausführung der Bedieneinheit.



**Bild 13:** Schaltkasten mit der Bedieneinheit für die Programmsteuerung  
[Simatic OP7]

## 3.6 Maschinengestaltung

### 3.6.1 Werkstoffauswahl

Alle produktberührenden Teile werden standardmäßig aus Edelstahl gefertigt. Welche Edelstahlqualität eingesetzt wird, hängt von den zu rührenden Medien bzw. den Kundenanforderungen ab. Häufig eingesetzte Edelstahlsorten sind in Tabelle 12 aufgeführt.

**Tabelle 12:** Häufig eingesetzte Edelstahlsorten

Werkstoff-Nr.	Kurzname nach EN 10088-2	ASTM / AISI	BS
1.4301	X 5 CrNi 18-10	304	304 S 15
1.4404	X 2 CrNiMo 17-12-2	316L	316 S 11
1.4541	X 6 CrNiTi 18-10	321	321 S 31
1.4571	X 6 CrNiMoTi 17-12-2	316TI	320 S 31

AISI = American Iron and Steel Institute, ASTM = American Society for Testing and Materials, BS = British Standard

Nicht produktberührende Maschinenteile werden ebenfalls (soweit möglich) aus Edelstahl gefertigt.

Sonderwerkstoffe sind auf Wunsch möglich.

### 3.6.2 Oberflächengestaltung

Die produktberührenden Teile werden gemäß ihrem Anwendungszweck handgeschliffen und poliert. Wenn erforderlich, kann die Oberfläche anschließend zusätzlich elektropoliert werden.

Für spezielle Anwendungen ist eine Beschichtung der Werkstoffoberflächen z. B. mit Teflon möglich.

### 3.6.3 Vorschriften und Richtlinien

Herbst-Rührwerke werden gemäß den einschlägigen technischen Richtlinien projektiert und gefertigt. Sie entsprechen u. a. den Vorschriften der Berufsgenossenschaft der Chemischen Industrie und berücksichtigen die GMP- und FDA-Richtlinien. Außerdem erfolgt eine Vergabe des CE-Zeichens.

Für den Ex-Bereich werden die Rührwerke nach ATEX 94/9 ausgelegt und bei Bedarf (Zone 0 / 20) einer Einzelabnahme durch den TÜV unterzogen.

### 3.6.4 Sicherheitstechnik

Herbst-Rührwerke werden mit allen erforderlichen Sicherheitsvorrichtungen ausgestattet. Dies sind u. a. Schutzgitter, Behälterabfrage durch Näherungsschalter und Zwei-Hand-Bedienung für die Höhenverstellung des Rührbehälters bzw. des Maschinenkopfs. Im Ex-Bereich (Zone 1 / 21) werden die Rührwerke durch zusätzliche Maßnahmen, wie z. B. leitfähige Abstreifelemente und Füllstandsüberwachung bei Doppelmantelbehältern, abgesichert.

### 3.6.5 Reinigungsgerechte Gestaltung

Produktberührende Teile werden in ihrer Oberflächengüte derart gestaltet, daß eine Reinigung einfach möglich ist. Die Gestaltung der Oberflächenform wird ebenfalls nach reinigungsrelevanten Gesichtspunkten vorgenommen. Spalte werden vermieden bzw. so ausgeführt, daß sie kein Problem bei der Reinigung darstellen.

### 3.6.6 GMP und FDA

GMP ist die Abkürzung für *Good Manufacturing Practice*. Ein Produkt wird nach anerkannten Verfahren auf einer geeigneten Maschine bzw. Anlage hergestellt. Hierzu muß die Maschine/Anlage dem Stand der Technik entsprechen und den aktuellen Richtlinien und Verordnungen genügen. Hierzu zählt u. a., daß produktberührende Anlagenteile (z. B. Dichtungen) FDA-konform sind. FDA ist die Abkürzung für *Food and Drug Administration*, dem amerikanischen *Bundes-Gesundheitsamt*.

### 3.6.7 Qualifizierung und Validierung

Als Vorbereitung der Anlagen-Validierung muß eine Qualifizierung erfolgen. Hierunter versteht man die Überprüfung der Funktionsfähigkeit einer Anlage.

Die Qualifizierung setzt sich zusammen aus den Teilschritten:

- Design-Qualifizierung (Design Qualification DQ)
- Installations-Qualifizierung (Installation Qualification IQ)
- Funktions-Qualifizierung (Operational Qualification OQ)
- Prozess-Qualifizierung (Performance Qualification PQ)

Mit der Design-Qualifizierung (DQ) gibt der Anlagenbetreiber die Anforderungen an die neue Mischanlage vor. Diese Vorgaben sind bei der Anlagenprojektierung durch den Maschinenhersteller umzusetzen und mit der Installations-Qualifizierung (IQ) zu bestätigen. Hierzu müssen die begleitenden Unterlagen auf Vollständigkeit und Übereinstimmung mit der Anlage überprüft werden.

Die Überprüfung der Installation erfolgt, wenn nicht anders angegeben, visuell. Als Prüfgrundlagen dienen: die Anlagenzeichnung der Mischanlage, die IQ-Checkliste, der Elektroschaltplan und die Dokumentationsunterlagen.

Überprüft werden:

- Anlagenkomponenten
- Ver-/Entsorgungsanschlüsse
- produktberührende Materialien und Stoffe
- Dokumentationsunterlagen
- Zeichnungen

Ebenso wie die die Installation-Qualification (IQ) kann auch die Funktions-Qualifizierung (OQ) durch den Maschinenlieferanten durchgeführt werden. Beide Schritte erfolgen in engem Kontakt mit dem Anlagenbetreiber.

Der OQ-Prüfplan ist der dokumentierte Nachweis, dass die Anlage entsprechend den genehmigten Plänen und Spezifikationen störungsfrei und reproduzierbar arbeitet. Dieser Nachweis erfolgt in Form von Funktionsprüfungen. Als Medium für die Durchführung der Prüfungen wird Trinkwasser verwendet.

Überprüft werden:

- Sicherheitseinrichtungen
- Anlagenverhalten bei Stromausfall
- Funktion der Hauptkomponenten
- Funktion von Anzeigeelementen und Initiatoren
- Funktion von Alarmeinrichtungen

Nach erfolgreicher Durchführung der Operational-Qualification (OQ) können weitere Qualifizierungs-/Validierungsmaßnahmen durch den Anlagenbetreiber erfolgen.

Die Prozess-Qualifikation (PQ) ist die dokumentierte Prüfung, daß die Anlage unter Prozessbedingungen die gestellten Anforderungen erfüllt.

Unter einer Validierung versteht man die Abnahme einer Anlage. In Testläufen muß bestätigt werden, daß die angewendeten Verfahren und Abläufe eine gleichmäßige und fehlerfreie Produktion ermöglichen.