



Gerhard Hiltcher
Wolfgang Mühlthaler
Jörg Smits

Molchtechnik

Grundlagen
Komponenten
Anwendungstechnik

 **WILEY-VCH**

Weinheim · New York · Chichester
Brisbane · Singapore · Toronto

Aus technischen Gründen bleibt diese Seite leer

G. Hiltcher, W. Mühlthaler, J. Smits

Molchtechnik

 **WILEY-VCH**

Aus technischen Gründen bleibt diese Seite leer

Gerhard Hiltcher
Wolfgang Mühlthaler
Jörg Smits

Molchtechnik

Grundlagen
Komponenten
Anwendungstechnik



WILEY-VCH

Weinheim · New York · Chichester
Brisbane · Singapore · Toronto

Dr. Ing. Gerhard Hiltcher
BASF Aktiengesellschaft
ZIB/D-Q920
D-67056 Ludwigshafen

Dipl. Ing. Wolfgang Mühlthaler
BASF Aktiengesellschaft
DWX/CK-R700
D-67056 Ludwigshafen

Dipl. Ing. Jörg Smits
BASF Aktiengesellschaft
ZEW/EA-L443
D-67056 Ludwigshafen

Das vorliegende Werk wurde sorgfältig erarbeitet. Dennoch übernehmen Autoren und Verlag für die Richtigkeit von Angaben, Hinweisen und Ratschlägen sowie für eventuelle Druckfehler keine Haftung.

Die Deutsche Bibliothek – CIP-Einheitsaufnahme

Hiltcher, Gerhard:

Molchtechnik : Grundlagen, Komponenten, Anwendungstechnik /

Gerhard Hiltcher ; Wolfgang Mühlthaler ; Jörg Smits. – Weinheim :

New York ; Chichester ; Brisbane ; Singapore ; Toronto : Wiley-VCH, 1999

ISBN 3-527-29616-6

© WILEY-VCH Verlag GmbH, D-69469 Weinheim (Federal Republic of Germany), 1999

Gedruckt auf säurefreiem und chlorfrei gebleichtem Papier.

Alle Rechte, insbesondere die der Übersetzung in andere Sprachen, vorbehalten. Kein Teil dieses Buches darf ohne schriftliche Genehmigung des Verlages in irgendeiner Form – durch Photokopie, Mikroverfilmung oder irgendein anderes Verfahren – reproduziert oder in eine von Maschinen, insbesondere von Datenverarbeitungsanlagen, verwendbare Sprache übertragen oder übersetzt werden. Die Wiedergabe von Warenbezeichnungen, Handelsnamen oder sonstigen Kennzeichen in diesem Buch berechtigt nicht zu der Annahme, daß diese von jedermann frei benutzt werden dürfen. Vielmehr kann es sich auch dann um eingetragene Warenzeichen oder sonstige gesetzlich geschützte Kennzeichen handeln, wenn sie nicht eigens als solche markiert sind.

All rights reserved (including those of translation into other languages). No part of this book may be reproduced in any form – by photoprinting, microfilm, or any other means – nor transmitted or translated into a machine language without written permission from the publishers. Registered names, trademarks, etc. used in this book, even when not specifically marked as such, are not to be considered unprotected by law.

Satz: K+V Fotosatz GmbH, D-64743 Beerfelden. Druck: betz-druck gmbh, D-64291 Darmstadt.

Bindung: Wilhelm Osswald & Co., D-67433 Neustadt.

Printed in the Federal Republic of Germany.

Vorwort

Die Idee des Molches ist genial und einfach zugleich.

Die Molchtechnik, entdeckt und entwickelt ursprünglich für die Ölindustrie vor mehr als 100 Jahren, hat auch in anderen Bereichen Einzug gehalten.

Primär wird mit der Molchtechnik der Begriff „Reinigen“ in Zusammenhang gebracht.

Molchen ist jedoch mehr als reinigen. Inzwischen haben sich für die Molchtechnik zahlreiche weitere Aufgabenbereiche erschlossen; Molche können auch inspizieren, detektieren, reparieren, messen oder prüfen. In vielen Anwendungsgebieten ist die Molchtechnik heute unerlässlich und selbstverständlich geworden: in der Steril- und Lebensmitteltechnik, in der Pharma- und Kosmetikindustrie sowie bei Fernleitungen.

Desweiteren leistet die Molchtechnik einen nicht unerheblichen Beitrag zum Umweltschutz. Ressourcen werden geschont, der Energieverbrauch wird gesenkt und die Abwasserbelastung verringert. Richtig eingesetzt führt die Molchtechnik zur Kostenminimierung bei vorgesehenen Investitionen. Durch geringere Abwasserbelastung werden zudem die Betriebskosten gesenkt.

Das Buch gibt einen Überblick über die grundsätzlichen Möglichkeiten und Grenzen der Molchtechnik. Zusätzlich werden die technischen, wirtschaftlichen und qualitätsorientierten Einsatzkriterien zur Verwendung eines Molchsystems erläutert.

Neben der systematischen Behandlung der verschiedenen Aufgaben der Molchanlagen werden ihre Einzelkomponenten bis hin zur Prozeßleittechnik beschrieben und mit Beispielen ausgeführter Anlagen ergänzt. Auf theoretische Grundlagen wird, falls notwendig, näher eingegangen.

Rechtliche Anforderungen, sowie Sicherheit und Arbeitsschutz beim Betreiben einer Molchanlage, werden anwenderbezogen erläutert.

Ziel dieses Buches ist es, Interessierten die Molchtechnik näherzubringen und bei der Planung und Einführung der Molchtechnik Hilfestellung zu leisten. Dadurch sollen sowohl Planer, Anwender als auch Betreiber angesprochen werden. Es wurde Wissen zusammengetragen aus der Praxis für die Praxis. Das Buch soll den Bekanntheitsgrad der Molchtechnik erhöhen, sowohl in der Ausbildung, bei Universitäten, Fachhochschulen als auch in der Industrie.

Schließlich existiert bislang kein geschlossenes Werk über die gesamte Molchtechnik.

Hier erfolgt erstmals eine strukturierte Übersicht über dieses Fachgebiet. Begriffe werden zum klaren Sprachgebrauch definiert und abgegrenzt.

Das Buch entstand aufgrund der Nachfrage vieler Anwender, die nach einer Alternative zu bestehenden herkömmlichen Rohrsystemen suchten und sich umfassend informieren wollten. Ein erster Leitfaden [1]* stellte den Anfang dar, war jedoch bald vergriffen. Die nun vorliegende Schrift ist die überarbeitete thematisch stark erweiterte Fassung dieses Leitfadens. Auch hier war es jedoch nicht möglich, das Fachgebiet allumfassend zu behandeln; einige Spezialgebiete konnten nur gestreift werden.

Besonderes Anliegen der Autoren ist es, mit dieser Veröffentlichung einen Beitrag zur Verringerung der Typenvielfalt (Standardisierung) auf dem Gebiet der Molchtechnik zu erreichen.

Jede neue Molchanlage hat ihre eigenen Gesetzmäßigkeiten. Diese zu erkennen, der Erfolg bei der Planung und das Gelingen bei der Umsetzung hängen u.a. auch vom Engagement der Beteiligten ab. Neue Wege zu gehen lohnt hier besonders.

Die Verfasser danken den Firmen, die Bildmaterial und Informationen bereitgestellt haben.

Namentlich seien erwähnt die Firmen: Butting, I.S.T., Kiesel, und Pfeiffer.

Schließlich danken wir der BASF Aktiengesellschaft, die das Vorhaben unterstützt und die Veröffentlichung ermöglicht hat.

Ludwigshafen, Januar 1999

G. Hiltcher
W. Mühlthaler
J. Smits

* Die Zahlen in den eckigen Klammern verweisen auf das Literaturverzeichnis im Anhang

Inhaltsverzeichnis

I	Grundlagen der Molchtechnik	1
1	Einführung in die Molchtechnik	3
	1.1 Geschichtliche Entwicklung und Definition	3
	1.2 Einsatzgebiete der Molchtechnik	6
2	Molchanlagen und Molchsysteme	9
	2.1 Begriffsdefinitionen	9
	2.2 Auswahl- und Konstruktionskriterien	13
	2.3 Molchanlagen	14
	2.3.1 Molchanlage ohne Abzweig	14
	2.3.2 Molchanlage mit Abzweig	15
	2.3.3 Molchanlage mit Weiche	15
	2.4 Molchsysteme	16
	2.4.1 Ablauftabellen	17
	2.4.2 Ein-Molch-System	18
	2.4.3 Zwei-Molch-System	19
II	Technik der Komponenten	23
3	Molche	25
	3.1 Molche für Prozeßmolchanlagen	25
	3.1.1 Funktion	25
	3.1.2 Einsatzgebiete	26
	3.2 Werkstoffauswahl	27
	3.2.1 Molchmaterialien	28
	3.2.2 Test zur Auswahl des Molchwerkstoffes	28
	3.2.3 Scherfestigkeit des Molchwerkstoffes	35
	3.2.4 Formänderung eines Vollkörpermolches unter Druck	36
	3.3 Molchbauarten	39
	3.3.1 Einteilige Molche	40
	3.3.2 Mehrteilige Molche	44
	3.3.3 Spezialmolche	47

3.4	Herstellung von Molchen	50
3.5	Qualitätssicherung bei Molchen	51
4	Armaturen	53
4.1	Funktion von Molcharmaturen	53
4.2	Einteilung molchbarer Armaturen	54
4.3	Beispiele ausgeführter Standardarmaturen	54
4.3.1	Stationen	54
4.3.2	Abzweige	59
4.3.3	Fangdorne	64
4.3.4	Weichen	65
4.4	Beispiele im Handel erhältlicher Spezialarmaturen	69
4.4.1	Kreuzung zweier molchbarer Rohrleitungen	69
4.4.2	Verteiler	71
4.4.3	Molchbare Verladeeinrichtungen	74
4.4.4	Gebindefüllventile	76
4.5	Druckverlust molchbarer Armaturen	76
4.6	Beanspruchung von Fangdornen	78
5	Rohrleitungen	83
5.1	Anforderungen an molchbare Rohrleitungen	83
5.2	Werkstoffe für molchbare Rohrleitungen	84
5.3	Rohrleitungselemente	86
5.3.1	Rohre	86
5.3.2	Rohrbögen	91
5.3.3	Abzweige	94
5.4	Rohrverbindungen	94
5.4.1	Flanschverbindungen	94
5.4.2	Geschweißte Rohrverbindungen	97
5.5	Beispiel für eine Rohrleitungsspezifikation	103
5.6	Montage von molchbaren Rohrleitungen	104
5.7	Molchbare Schlauchleitungen	105
6	Zusatzeinrichtungen	107
6.1	Entspannungsgefäß	107
6.2	Treibmediumbehälter	107
6.3	Filter	109
6.4	Pumpen	111
7	Treibmedien	113
7.1	Gasförmige Treibmedien	113
7.1.1	Geschwindigkeitsverhalten gasgetriebener Molche	115
7.1.2	Abhilfemaßnahmen	117
7.2	Flüssige Treibmedien	118
7.2.1	Eigenschaften flüssiger Treibmedien	118
7.2.2	Dimensionierung flüssigkeitsgetriebener Molchanlagen	119

8	Steuerungstechnik	121
	8.1 Komponenten der Steuerung	121
	8.1.1 Sensoren	123
	8.1.2 Permanentmagnete und Magnetsensoren	125
	8.1.3 Aktoren	127
	8.2 Betriebsarten der Ablaufsteuerungen	129
	8.2.1 Manueller Betrieb	129
	8.2.2 Erweiterter Handbetrieb	129
	8.2.3 Tippbetrieb	130
	8.2.4 Automatikbetrieb	130
	8.3 Beispiele für Ablaufsteuerungen	131
	8.3.1 Ablaufsteuerung eines Ein-Molch-Systems	131
	8.3.2 Ablaufsteuerung eines Zwei-Molch-Systems	137
	8.3.3 Ablaufsteuerung eines Spülvorgangs	144
III	Technik der Anwendung	149
9	Entscheidungskriterien für den Einsatz von Molchanlagen	151
	9.1 Allgemeine Entscheidungshilfen	151
	9.1.1 Produkt – Infrastruktur – Technik	151
	9.1.2 Physikalisch-chemische Eigenschaften der Produkte	152
	9.2 Investitions- und Betriebskosten an Beispielen	153
	9.2.1 Lange Rohrleitung ohne Spülvorgänge	154
	9.2.2 Verzicht auf Begleitheizung	157
	9.2.3 Mehrproduktleitung	159
	9.2.4 Bewertung der Beispiele	160
	9.3 Qualitätsorientierte Entscheidungshilfen	161
	9.4 Umweltorientierte Entscheidungshilfen	162
10	Reinigungsgrad	165
	10.1 Qualitative Einteilung	165
	10.2 Rechnerische Vorausbestimmung des Reinigungsgrades	165
	10.3 Modellbildung	168
	10.3.1 Rohr- und Armaturenrauigkeit	168
	10.3.2 Schweißnähte	170
	10.3.3 Flanschverbindungen	171
	10.3.4 Toträume	172
	10.3.5 Restfilm der gemolchten Rohrleitung	174
	10.4 Berechnung des Restvolumens in einer Anlage am Beispiel	180
	10.5 Fehlerbetrachtung	184
11	Verschleiß von Molchen	189
	11.1 Grundlagen	189
	11.2 Verschleißverhalten und Lebensdauer von Molchen	192
	11.3 Minimal zulässiger Molchdurchmesser	193

11.4	Verschleißkontrolle	195
11.5	Fahrweise	196
12	Medienspezifische Besonderheiten	199
12.1	Einführung in die Fluidodynamik	199
12.2	Klassifizierung der Fluide mit Beispielen	201
12.2.1	Viskositätskurven	201
12.2.2	Berechnungsgrundlagen	204
12.3	Beispiele und Anwendungen	205
12.3.1	Newtonsches Verhalten	205
12.3.2	Nicht-newtonsches Verhalten	206
13	Prüfungen vor Inbetriebnahme	209
13.1	Prüfung von Ausrüstungsteilen	209
13.1.1	Molchleitungen	209
13.1.2	Molche	210
13.1.3	Zusatzeinrichtungen	210
13.2	Funktionsprüfungen	210
13.2.1	Probemolchung	210
13.2.2	Konzentrationsmessung	212
13.2.3	Probemolchung am praktischen Beispiel	212
14	Erfahrungen aus Molchanlagen	217
14.1	Erfahrungen vor der Inbetriebnahme	217
14.1.1	Entscheidungsfindung	217
14.1.2	Planung	218
14.1.3	Beschaffung	218
14.1.4	Montage	219
14.2	Erfahrungen nach der Inbetriebnahme	220
14.2.1	Mängel an Ausrüstungsteilen	220
14.2.2	Störungen während des Betriebes	222
14.2.3	Dokumentation seltener Ereignisse	224
15	Anwendungen in der Chemischen Industrie	227
15.1	Polymerdispersionen	227
15.1.1	Produktionsanlage	227
15.1.2	Produkteigenschaften	227
15.1.3	Zweck der Molchanlage	228
15.1.4	Technische Daten der Molchleitungen	228
15.1.5	Funktionsbeschreibung	229
15.2	Harnstoff-Formaldehyd-Kondensationsprodukte	232
15.2.1	Produktionsanlage	232
15.2.2	Produkteigenschaften	233
15.2.3	Zweck der Molchanlage	233
15.2.4	Technische Daten der Molchleitungen	233
15.2.5	Funktionsbeschreibung	235

15.3	Dispersionsklebstoffe	237
15.3.1	Produktionsanlage	237
15.3.2	Produkteigenschaften	237
15.3.3	Zweck der Molchanlage	237
15.3.4	Technische Daten der Molchleitungen	238
15.3.5	Funktionsbeschreibung	239
15.4	Duftstoffe	240
15.4.1	Produktionsanlage	240
15.4.2	Produkteigenschaften	241
15.4.3	Zweck der Molchanlage	241
15.4.4	Technische Daten der Molchleitung	241
15.4.5	Funktionsbeschreibung	242
15.5	Einsatzstoffe	244
15.5.1	Produktionsanlage	244
15.5.2	Produkteigenschaften	244
15.5.3	Zweck der Molchanlage	244
15.5.4	Technische Daten der Molchleitung	245
15.5.5	Funktionsbeschreibung	246
16	Molchen in der Steriltechnik	249
16.1	Besonderheiten der Steriltechnik	249
16.2	Begriffe in der Steriltechnik	251
16.3	Werkstoffe für die Steriltechnik	254
16.4	Elemente der Sterilen Molchtechnik	256
16.4.1	Molche	256
16.4.2	Molchreinigungsstationen	256
16.4.3	Rohrleitungen	258
16.4.4	Rohrleitungsverbindungen	258
16.5	Anwendungsbeispiel	260
17	Molchen von Fernleitungen	263
17.1	Abgrenzung zu Prozeßmolchanlagen	263
17.2	Rohre und Formstücke bei Fernleitungen	267
17.2.1	Rohre	267
17.2.2	Maßtoleranzen	268
17.2.3	Formstücke	270
17.3	Aufgaben von Molchen in Fernleitungen	272
17.4	Molche für Fernleitungen	275
17.4.1	Mechanische Molche	275
17.4.2	Intelligente Molche	276
17.4.3	Gel-Molche	282
17.5	Molchschleusen für Fernleitungen	283

IV	Gesetze und Verordnungen	287
18	Rechtliche Anforderungen	289
18.1	Gesetze, Verordnungen und Richtlinien	289
18.2	Erforderliche Genehmigungen und Prüfungen	290
18.2.1	Druckbehälterverordnung	290
18.2.2	Verordnung über brennbare Flüssigkeiten	293
18.2.3	Wasserhaushaltsgesetz, VAWS der Bundesländer	293
18.3	Europäische Normung	293
18.3.1	Druckgeräterichtlinie 97/23/EG (DGRL)	293
18.3.2	Explosionsschutzrichtlinie 94/9/EG (ATEX 100a)	295
19	Sicherheit und Arbeitsschutz	297
19.1	Kinetisches Potential des Molches	297
19.2	Energieinhalt des Treibmediums	298
19.3	Begriffserläuterungen zur Explosionsgefährlichkeit	302
19.3.1	Zündfähigkeit und Zündtemperatur	302
19.3.2	Ex-Schutz Umgebung und Abgas	303
19.3.3	Ex-Schutz Elektrostatik	304
19.3.4	Arbeitsschutz bei explosionsgefährlichen Anlagen	304
19.4	Zündgefahren durch Luft als Treibmedium	305
19.4.1	Zündfähigkeit und Zündtemperatur	306
19.4.2	Berechnung der Gemischzusammensetzung und Volumenkonzentration in einer Rohrleitung	307
19.4.3	Elektrostatik	310
19.4.4	Arbeitsschutz bei Anlagenkomponenten	313
19.4.5	Abhilfe bei gefährlichen Betriebszuständen	313
19.5	Konzept zur Beurteilung der Betriebssicherheit und Ex-Einstufung von Molchanlagen	314
V	Anhang	317
	Literaturverzeichnis	319
	Beständigkeitsliste	321
	Lösemittelkenndaten	341
	Marktübersicht	343
	Lieferanten-Anschriftenverzeichnis	345
	Sachwortverzeichnis	349

I Grundlagen der Molchtechnik

Aus technischen Gründen bleibt diese Seite leer

1 Einführung in die Molchtechnik

1.1 Geschichtliche Entwicklung und Definition

Die *Molchtechnik* kann als Teilgebiet von Fördertechnik und Reinigungstechnik angesehen werden. Sie ist ein stark interdisziplinäres Fachgebiet mit engen Berührungspunkten zur Strömungslehre, Rohrleitungstechnik und zum Anlagenbau. Theoretischen Untersuchungen liegen Erkenntnisse aus der Tribologie, der Lehre von Reibung, Schmierung und Verschleiß zugrunde.

Ganz allgemein versteht man unter Molchen das Durchfahren einer Rohrleitung mittels eines Laufkörpers, welcher im Inneren dieser Rohrleitung bestimmte Tätigkeiten ausführen kann.

Das Molchverfahren kann beispielsweise verwendet werden, um eine Rohrleitung mechanisch zu reinigen (Molch mit Bürsten), um einen Kanal zu kontrollieren (Molch mit Videokamera) oder um die Schweißnähte von Rohrleitungen zu prüfen (Molch mit Röntgeneinrichtung).

Ausgehend von vielen Anwendungen in der Mineralölindustrie (Pipelines) bereits im letzten Jahrhundert, wurden ab ca. 1970 auch genauer reinigende und abdichtende Molche in der chemischen Industrie eingesetzt; es entstanden die ersten *Prozeßmolchanlagen*. Der Laufkörper entwickelte sich zum Paßkörper. Diese Molchanlagen werden primär dazu verwendet, ein Produkt aus einer Rohrleitung zu entfernen. Es zeigte sich, daß außer dem Molch auch die anderen Anlagenkomponenten wie Rohrleitung, Armaturen und Steuerung sorgfältig auszuwählen und aufeinander abzustimmen sind.

Mit der folgenden, enger gefaßten Definition werden vor allem die Einsatzgebiete in der chemischen Industrie beschrieben [1]; sie stellt die Definition des Molchvorganges bei Prozeßmolchanlagen dar:

Molchen ist das Hinausschieben eines Rohrinhaltes mit Hilfe eines Paßkörpers mit dem Ziel, das Produkt nahezu vollständig aus der Rohrleitung zu entfernen. Dieser Paßkörper wird dabei mit einem Gas oder einer Flüssigkeit durch die Rohrleitung gedrückt.

Der Paßkörper kann kugelförmig, länglich oder zusammengesetzt sein und wird als Molch bezeichnet. Im Gegensatz zu einem Laufkörper dichtet der mit Übermaß versehene Paßkörper die Raumteile vor und hinter ihm vollständig ab; er besitzt eine *Dichtwirkung*. Somit kann der Molch durch ein Fluid (ein Gas oder eine Flüssigkeit) angetrieben werden.

Das Gas, am häufigsten wird Druckluft eingesetzt, oder die Flüssigkeit, z.B. Wasser, ein Spülmittel oder ein anderes Produkt einer Produktfamilie, wird als *Treibmedium* bezeichnet.

Im Rahmen dieses Buches werden in erster Linie Prozeßmolchanlagen der Chemischen Industrie behandelt. In speziellen Kapiteln wird jedoch auch auf die ebenso zur Molchtechnik gehörenden Bereiche wie Steriltechnik oder Pipeline-technik eingegangen.

Molchanlage und Molcharten

Oftmals ist die Molchung ein einmaliger Vorgang, wie beispielsweise bei einer Rohrleitungsmontage oder bei einer Inspektion. Auf der Baustelle oder zu Wartungszwecken können durch mobile Geräte Molchfahrten vorgenommen werden, um bestimmte Aufgaben zu erfüllen.

Bei Prozeßmolchanlagen erfolgen dagegen häufig Molchvorgänge. Molchfahrten finden oft und regelmäßig und in kurzen Zeitabständen statt. Die zur Molchung benötigten Apparate und Maschinen sind stationär vor Ort installiert und Teil der Gesamtanlage. Steuerungs-, Automatisierungs- und Visualisierungstechnik nehmen einen immer größeren Raum ein.

Eine solche Molchanlage besteht in der Regel aus folgenden Komponenten:

- Molch
- molchbare Rohrleitung mit diversen molchbaren Armaturen
- Molcheinsatz- und -entnahmestation
- Versorgungseinheit für das Treibmedium
- Steuerungseinrichtung.

Im einfachsten Fall besteht die Molchanlage (s. Abb. 1-1) aus einer einzigen Rohrleitung, die von einem Molch durchfahren werden soll. Diese Molchleitung muß je nach Einsatzzweck bestimmten Kriterien genügen, in der Summe ausgedrückt durch den Begriff der *Molchbarkeit*. Die von einem Molch durchfahrenen Armaturen müssen ebenfalls molchbar sein.

Die *Molche*, das bewegliche Teil der Molchanlage, gibt es in unzähligen Ausführungen, Größen und Materialien. Vom einfachen Kugelmolch über den Reinigungsmolch, Trennmolch und Absperrmolch zum Prüf- und Inspektionmolch; schließlich vom mediumgetriebenen Paßkörper bis zum selbstgetriebenen oder gezogenen Molchwagen. Die gesamte Bandbreite der Molchanwendungen ist somit sehr groß.

Jeweils am Beginn und am Endpunkt der Molchleitung sind die Molchstationen angeordnet. Als Steuerungseinrichtung wird der elektro-, meß- und regeltechnische Teil der Molchanlage bezeichnet. Die Steuerungseinrichtung kann Bestandteil der gesamten Prozeßleittechnik einer Anlage sein.

Tabelle 1-1 zeigt eine Übersicht über die verschiedenen Molcharten.

Tab. 1-1. Übersicht über die verschiedenen Molcharten

Molchart	Antrieb	Antriebs-Energie	Signalübertragung	Hauptanwendungsbereich
Paßkörper Dichtwirkung	Treibmedium	externe Pumpe	Magnet/Detektor	Prozeßmolchanlagen
Bürstenmolch bzw. intelligente Molche mit Dichtwirkung	Treibmedium	externe Pumpe	Magnet/Detektor Telemetrie Speichersicherung	Prozeßmolchanlagen Fernleitungen
Laufkörper mit Dichtelementen angetriebene Reibräder zur Fortbewegung u./o. Zentrierung	Elektromotor	Batterie (Anhänger)	Magnet/Detektor Telemetrie Speichersicherung	Fernleitungen Freispielleitungen Kanalisation
Inspektionsmolche mit Rändern Gezogene/gedrückte Molche	Seilwinde	externer Motor	Magnet/Detektor Telemetrie Speichersicherung	Fernleitungen Freispielleitungen Kanalisation
Düsen mit Schlauch	Rückstoß/Impuls Ausstoß einer Flüssigkeit	externe Pumpe	-	Fernleitungen Freispielleitungen Kanalisation

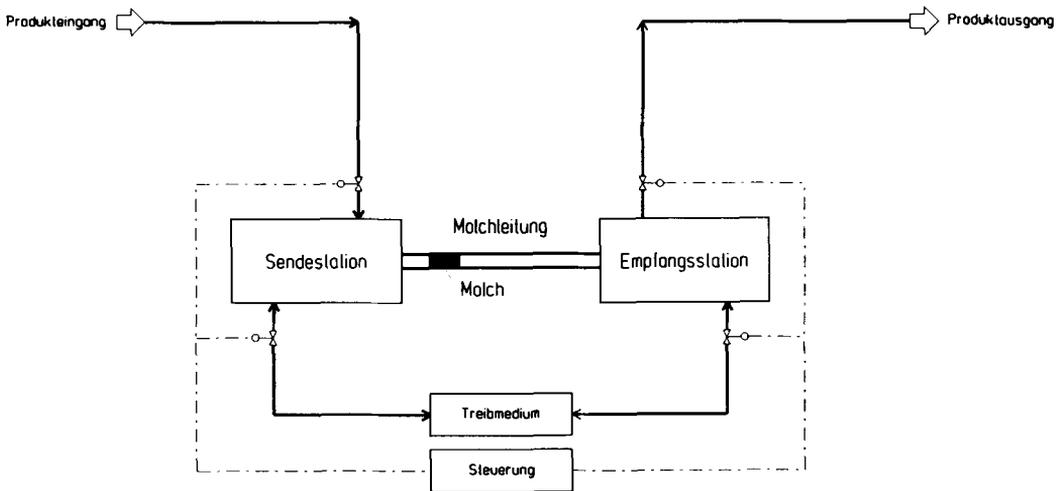


Abb. 1-1. Schematische Darstellung der Komponenten einer Molchanlage

1.2 Einsatzgebiete der Molchtechnik

Gasfernleitungen müssen von dem sich an den Tiefpunkten ansammelnden Kondensat befreit werden. Rohöl- und Mineralölpipelines müssen von einer während der Förderung sich absetzenden Paraffinschicht gereinigt werden. Neben der Reinigung ist auch die Inspektion dieser Leitungen von Bedeutung. Bei Pipelines sind der Innenzustand, die Schweißnähte, die Wanddicke und die Oberflächenqualität zu prüfen.

Freispiegelleitungen (Abwasserkanäle) müssen inspiziert und gewartet werden.

In der Steriltechnik fallen häufige Reinigungsvorgänge an, die qualitätsbedingt sind. Die Reinigung der Rohrleitungen kann in vielen Fällen rationell und zuverlässig durch Molcheinsatz erfolgen [2].

Im folgenden sind für das gesamte Gebiet der Molchtechnik die wichtigsten Einsatzgebiete aufgeführt:

- Ausschleiben des Flüssigkeitsinhaltes einer Rohrleitung
- Verkrustungen und Beläge entfernen
- Kondensat entfernen (Gasfernleitungen)
- Befüllen/Entleeren einer Leitung in Kolbenströmung
- Trennen von Produkten, falls gleichzeitig mehrere Produkte *hintereinander* durch eine Rohrleitung gefördert werden (z.B. Produkt A – Molch 1 – Produkt B – Molch 2 – Treibmedium). Diese Technik wird als „batch pigging“ bezeichnet.
- Inspizieren, Detektieren und Beobachten
- allgemeine Reinigungsaufgaben
- Messen und Prüfen
- Reparieren.

Die Einsatzgebiete für Prozeßmolchanlagen können auf vier Hauptaufgaben zurückgeführt werden:

- *Mehrere* Produkte werden durch eine *einzig*e Rohrleitung gefördert. An Stelle von vielen Einzelleitungen wird lediglich eine Molchleitung benötigt. Erforderlich ist jeweils eine Molchfahrt bei Produktwechsel.
- Eine Produkt wird aus einer Rohrleitung entfernt, d. h. die Rohrleitung wird gereinigt indem das Produkt beinahe vollständig herausgeschoben wird. Dabei kann auch das Produkt aus einer ohne Gefälle verlegten oder aus einer mit sogenannten Säcken versehenen Rohrleitung entfernt werden.
- Man spült mit einem Spül- bzw. Lösemittel (z.B. Wasser), das zwischen zwei Molchen eingeschlossen ist („Zwischenspann“). Die beiden Molche fahren in gleicher Richtung. Diese Technik wird als „tandem pigging“ bezeichnet.
- Die Schaumbildung wird durch einen vor dem Produkt eingesetzten Molch verhindert bzw. reduziert. Bei einer anfangs leeren Rohrleitung wird vor allem bei fallendem Leitungsverlauf durch einen vom Produkt geschobenen Molch eine schonende Förderung erreicht. Eine Vermischung mit Luft wird vermieden.

Bei Chemieanlagen ist der Einsatz der Molchtechnik an verschiedenen Stellen möglich:

- zwischen Apparaten innerhalb eines Produktionsbetriebes; z.B. Behälter – Filterstation, Reaktor – Behälter, Rührkessel – Vorlagebehälter;
- oder bei der Verbindung von Anlagenteilen außerhalb des Produktionsgebäudes; z.B. Roh-Anlage – Rein-Anlage, Produktionsanlage – Tanklager, Tanklager – Abfüllstellen.

Diese Teile einer Anlage sind in der Regel mit vielen einzelnen Rohrleitungen verbunden. Eine Molchanlage kann hier sinnvoll sein.

Insbesondere bei langen Rohrleitungen, Mehrproduktanlagen oder Chargenfahrweise machen sich die wirtschaftlichen Vorteile der Molchtechnik besonders bemerkbar:

- eine Rohrleitung für mehrere Produkte (Investitionskosten, Platzbedarf)
- einfache Entleerung der Rohrleitung bei Produkten, die einfrieren, kondensieren, sich zersetzen oder polymerisieren können
- Verzicht auf Isolierung und/oder Begleitheizung
- Zeitersparnis gegenüber manuellen Entleervorgängen
- keine Spülvorgänge bzw. erheblich geringere Spülmittelmengen (CSB¹-Entlastung, geringere Verbrennungskosten, Verminderung von Wertproduktverlust)
- keine Verlegung mit Gefälle bzw. sackfreie Rohrleitungsverlegung notwendig, um die Rohrleitung vollständig entleeren zu können.

Vor allem diese Vorteile haben der Molchtechnik in der Chemischen Industrie zum Durchbruch verholfen.

Allerdings sind auf diesem Gebiet zahlreiche Probleme wie Materialbeständigkeit, Auswahl der Molchbauart und des Molchsystems zu lösen, so daß die Projektierung eine sorgfältige Abstimmung mit dem Betreiber erfordert. Hierzu sollen die nachfolgenden Kapitel des Buches einen wesentlichen Beitrag leisten.

¹ CSB=Chemischer Sauerstoffbedarf

Aus technischen Gründen bleibt diese Seite leer

2 *Molchanlagen und Molchsysteme*

2.1 *Begriffsdefinitionen*

Die folgenden Begriffe finden sich in den weiteren Kapiteln immer wieder. Sie sind von elementarer Bedeutung für die Molchtechnik und für das Verständnis von Prozeßmolchanlagen unverzichtbar.

Molchleitung

Eine molchbare Rohrleitung (Molchleitung) kann eine bereits unter Berücksichtigung der Molchbarkeit geplante und montierte Rohrleitung sein. Es können in Ausnahmefällen je nach Anforderungen an die Molchung auch normale Rohrleitungen je nach Zustand nachträglich molchbar gemacht werden. Dies ist jedoch nicht zu empfehlen.

Molchanlage

Eine Molchanlage ist die gesamte apparatetechnische Ausrüstung, welche zur Durchführung einer Molchfahrt benötigt wird. Sie ist Teil einer Gesamtanlage, die zum Reinigen, Trennen oder Entfernen eines flüssigen Stoffes aus einer Rohrleitung dient. Die Molchanlage ist eine Zusammenfassung verschiedener Ausrüstungsteile; sie bildet eine Einheit, eine sog. Unit.

Eine Molchanlage besteht entweder aus einer einzigen molchbaren Rohrleitung oder aus mehreren zusammenhängenden molchbaren Rohrleitungen mit mindestens einer Quell- und Zielstation und einer Molchentnahmestation.

Zusammenhängend sind molchbare Rohrleitungen dann, wenn ein Molch durch das Treibmedium an jeden Ort innerhalb dieser verzweigten Rohrleitungen gelangen kann, ohne herausgenommen zu werden. Dies bedeutet, daß auch mit Weichen verbundene Rohrleitungsstücke als eine Molchanlage anzusehen sind.

Molchanlagen, bestehend aus einer einzigen molchbaren Rohrleitung, werden als *einfache Molchanlage* bezeichnet. Molchanlagen mit einer oder mehreren Weichen sind *verzweigte Molchanlagen*.

Produktförder- und Molchbewegungsrichtung

Produktförderrichtung ist die vorwiegend benutzte Richtung des Produktflusses durch die Produktpumpe, welche durch das Pumpensymbol im Rohrleitungs- und Instrumentierungsschaubild (R & I-Schema) ersichtlich wird.

Die Molchbewegungsrichtung kann in Produktförderrichtung (= *Vorwärtsmolchen*), oder entgegengesetzt (= *Rückwärtsmolchen*) erfolgen. Molche, die sowohl vorwärts- als auch rückwärtsmolchen können, werden als *bidirektionale* Molche bezeichnet (engl. BiDis).

Sende- und Empfangsstation

Die in Produktförderrichtung zuerst durchströmte Molchstation wird als *Sende-*, die zuletzt durchströmte als *Empfangsstation* bezeichnet. Beide Stationen werden oftmals auch *Molchbahnhof* genannt. Es sind die wichtigsten Molcharmaturen.

Sende- und Empfangsstation sind örtlich fest zugeordnete Stationen. Eine verzweigte Molchanlage besitzt mehrere Empfangsstationen (mindestens zwei). Über weitere Eigenschaften dieser Bahnhöfe – wie z.B. das Entnehmen und Einsetzen von Molchen – informiert der Abschnitt 4.3.1.

Treibmedium

Das *Treibmedium* ist das hinter dem Molch sich befindliche Medium mit der Aufgabe, den Molch anzutreiben.

Molchsystem

Als *Molchsystem* bezeichnet man die verschiedenen Möglichkeiten des Molchvorgangs in einer bestehenden Molchanlage; also den zeitlichen Ablauf der einzelnen Arbeitsschritte. Man unterscheidet offene und geschlossene Molchsysteme, Einmolch- und Zweimolchsysteme [1].

Offene/geschlossene Molchsysteme

Bei einem *offenen* Molchsystem kann der Molch nur in einer Richtung die Rohrleitung durchfahren. An der Zielstation wird der Molch entnommen und extern (also außerhalb der Rohrleitung, z.B. in einem Fahrzeug) zur Quellstation zurücktransportiert.

In der Regel werden beim offenen Molchsystem Manschettenmolche verwendet, die nur in einer Richtung geschoben werden können. Oftmals sind an der Sendestation mehrere Molche vorhanden, die auch an der Zielstation zum gemein-

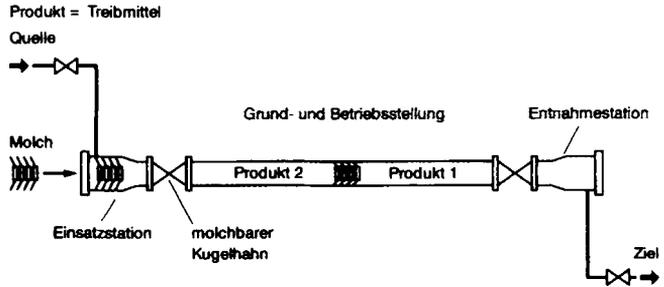


Abb. 2-1. Offenes Molchsystem, schematische Darstellung

samen Rücktransport gesammelt werden. Die Reinigung des Molchs erfolgt ebenfalls manuell außerhalb der Molchanlage. An der Zielstation muß kein Treibmedium eingespeist werden. Für das offene System eignen sich besonders lange Molchleitungen (Größenordnung >1 km), in der chemischen Industrie z.B. vom Tanklager zur Schiffsverladung am Steiger oder bei Pipelines (Produktfernleitungen). Hier ist in der Regel an der Zielstation keine Treibenergie zum Zurückfahren des Molchs vorhanden und die Häufigkeit eines Molcheinsatzes gering.

In Sonderfällen, wenn Treibenergie vorhanden ist, kann der Molch manuell entnommen, gewendet und wieder zurückgefahren werden (offenes System mit manueller Molchwendung).

In einem *geschlossenen* Molchsystem verbleibt der Molch während seiner gesamten Lebensdauer in der Rohrleitung, er muß nicht ständig ein- und ausgeschleust werden. Es können nur Molche eingesetzt werden, deren Form eine Bewegung in beide Richtungen erlaubt. Das geschlossene Molchsystem bietet eine Vielzahl von Anwendungsmöglichkeiten, z.B. können über molchbare Weichen verzweigte Molchanlagen aufgebaut werden.

Ein-Molch-System (EMS)

Befindet sich in einer Molchanlage nur ein einziger Molch, so spricht man von einem Ein-Molch-System (EMS). Ein EMS kann offen oder geschlossen sein. Mit Ausnahme von sehr langen Molchleitungen ist das geschlossene EMS das am häufigsten eingesetzte Molchsystem. Eine ausführliche Beschreibung folgt im Abschnitt 2.4.2.

Zwei-Molch-System (ZMS)

Analog zur Definition des EMS sind im Zwei-Molch-System (ZMS) zwei Molche vorhanden.

Sie können gemeinsam (gleiche Bewegungsrichtung) mit oder ohne Abstand voneinander oder in entgegengesetzten Richtungen durch die Rohrleitung gefahren wer-

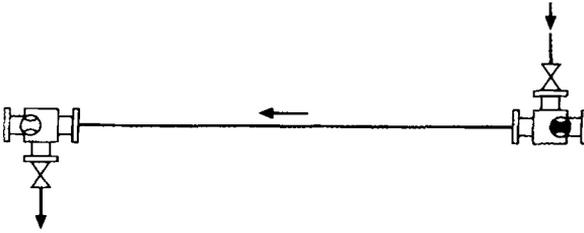


Abb. 2-2. Geschlossenes Molchsystem (EMS)

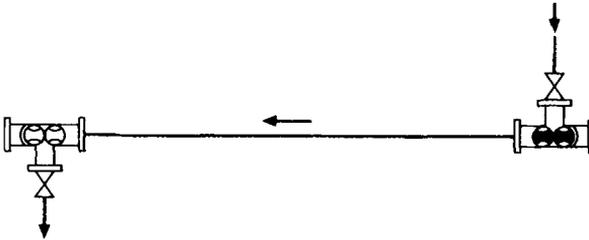


Abb. 2-3. Geschlossenes Molchsystem (ZMS)

den. Auf die Funktionsweise und die Vorteile des ZMS wird in Abschnitt 2.4.3 eingegangen. Prinzipiell sind auch Anlagen mit drei, vier oder mehr Molchen denkbar. Mehr als zwei Molche in einer Molchanlage werden jedoch relativ selten eingesetzt. Solche Vielmolchanlagen arbeiten ähnlich dem Zwei-Molch-System.

Quell- bzw. Zielstation

Quell- bzw. Zielstation ist die bei der jeweiligen Molchfahrt benutzte Ausgangs- bzw. Endstation. Dies bedeutet, daß auch eine Empfangsstation eine Quellstation sein kann (beim Rückwärtsmolchen).

Quell- bzw. Zielstation wechseln zeitlich in Abhängigkeit der Molchbewegungsrichtung.

Fang- bzw. Haltedorn

Der Fangdorn ist ein Stab der senkrecht zur Rohrleitung angebracht und mittels einer Führung manuell oder angetrieben in die Rohrleitung eingeführt werden kann. Produkt und Treibmitteldurchfluß sind gewährleistet, die Molchfahrt kann dadurch gestoppt werden (Molchstopper). Der Haltedorn ist ein Fangdorn in schwächerer Ausführung, der den Molch in seiner Lage (auch bei wechselnden Druckverhältnissen) halten kann.

2.2 Auswahl- und Konstruktionskriterien

Im folgenden wird beschrieben, welche Randbedingungen für die Auswahl eines Molchsystems wichtig sind. Die Überlegungen, die zur Festlegung der Schrittfolge bei der Durchführung einer Molchung notwendig sind, führen auf die in Abschnitt 2.4.1 behandelten prinzipiellen Möglichkeiten.

Zuerst ist die Aufgabe der Molchung zu klären:

- Soll die Leitung lediglich weitgehend entleert werden oder muß die Leitung nach der Molchung vollständig gereinigt sein?
- Sind kleine Rückstände in den Toträumen z. B. zwischen geschlossenem Kugelhahn und Flansch noch tolerierbar?
- Wie groß darf die nach der Molchfahrt noch verbleibende Innenwandbenetzung gerade noch sein?
- Welche Verunreinigungen sind bei Produktwechsel noch zulässig?

Spülvorgänge mit geringen Mengen Reinigungs-/Lösungsmittel sind nur mit dem ZMS möglich.

Als nächstes sollte sich über die für die Molchtechnik relevanten Produkteigenschaften Klarheit verschafft werden. Handelt es sich um eine Ein-Produkt-Molchleitung oder sollen mehrere Produkte durch eine molchbare Rohrleitung gefördert werden? Bei einer Ein-Produkt-Molchleitung kann es sich nur um eine Entleerung mittels Molchung handeln. Bei einer Mehr-Produkte-Molchanlage sind mögliche geringe Verunreinigungen durch das vorherige Produkt zu bedenken.

Neben den leicht erfaßbaren und bekannten physikalischen und chemischen Produkteigenschaften sind auch die tribologischen Eigenschaften des flüssigen Produkts von Bedeutung, d. h. die Eigenschaften, die die Gleit- und Schmierfähigkeit und damit Verschleiß und Standzeit beeinflussen. Das Tribosystem Molchwerkstoff-Produkt-Rohrleitung ist auf günstige Schmiereigenschaften bei geringster verbleibender Innenwandbenetzung abzustimmen. Während Klebeneigung, Polymerisation und Aushärtung des Produktes bekannt sind, ist die Auswirkung auf die Gleitfähigkeit, d. h. auf die Bildung eines hydrodynamischen Schmierfilms, nur schwer vorhersehbar.

Die chemischen, physikalischen und sicherheitsrelevanten Produkteigenschaften beeinflussen die Wahl des Treibmediums. Luft oder Stickstoff können mit dem Produkt reagieren bzw. zur Austrocknung der Leitung führen. Das Produkt kann erhärten und einen erhöhten Verschleiß bei den folgenden Molchfahrten ergeben. Aus tribologischen Gründen sollte eine trockene Molchfahrt, d. h. eine Molchfahrt ohne Flüssigkeit vor dem Molch, vermieden werden.

Bei schäumenden Produkten ist es oft sinnvoll, einen Molch *vor* dem Produkt anzuordnen. Dies ist besonders bei senkrechten Rohrleitungsverläufen wichtig, wenn die Leitung von oben mit Produkt gefüllt wird.

Als nächstes ist zu klären, welche Anlagenteile miteinander verbunden werden sollen. Es gibt folgende Möglichkeiten:

- Nur zwei Anlagenteile werden miteinander verbunden (ZA)
- Mehrere Anlagenteile werden durch T-Stücke mit der Molchleitung verbunden (MA)
- Mehrere Anlagenteile werden durch verzweigte Molchleitungen verbunden (VA).

Besondere Aufmerksamkeit erfordert die Gestaltung der nichtmolchbaren Zu- und Ableitungen zur Molchleitung bzw. zu den Molchstationen. Diese Rohrleitungen sollten:

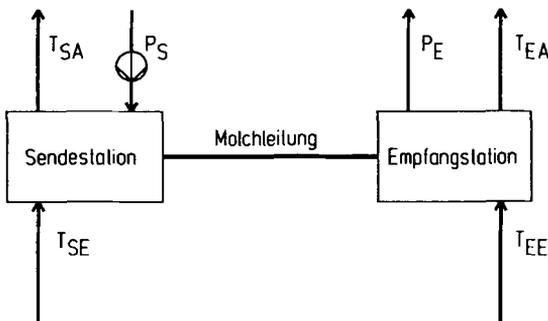
- so kurz wie möglich ausgeführt werden (totraumfrei)
- leerlaufen können
- spülbar sein.

Im Idealfall bestehen diese Leitungsstücke nur aus einer Armatur. Bei größeren Entfernungen, ohne Gefälle oder Spülmöglichkeit, muß die Molchleitung zur Vermeidung von Verunreinigungen mit einer Weiche verlängert werden.

2.3 Molchanlagen

2.3.1 Molchanlage ohne Abzweig

Abbildung 2-4 zeigt das Prinzip einer einfachen *Molchanlage ohne Abzweig* (MOA). Sie besteht aus je einer Quell- und Zielstation, an mindestens einer Station kann auch der Molch entnommen werden. Die Produktförderrichtung ist durch den Pfeil der Produktpumpe erkennbar.



- P_S : Produkteingang mit Produktlampe
- P_E : Produktausgang
- T_{SE}, T_{EE} : Treibmedium – Eingänge
- T_{SA}, T_{EA} : Treibmedium – Ausgänge

Abb. 2-4. Prinzip einer einfachen Molchanlage ohne Abzweig

Die einfache Molchanlage besteht aus einer einzigen, durchgehenden molchbaren Rohrleitung. Der Hauptzweck dieser Rohrleitung ist die Fortleitung des Fördergutes, die Produktförderung. Die Anwendung der Molchtechnik ist nur ein Hilfsmittel zur Erfüllung bestimmter Anforderungen an die Produktförderung (wie z.B. Reinheit oder vollständige Entleerung). Ein Beispiel hierzu sind die meisten Fernleitungsmolchanlagen.

2.3.2 Molchanlage mit Abzweig

Bei einer *Molchanlage mit Abzweig* (MMA) besitzt die Molchleitung einen rechen- bzw. kammartig strukturierten Aufbau. Der Abzweig dient lediglich als Produktabzweig; der Molch kann sich nur in der durchgehenden Molchleitung bewegen. Produkt kann innerhalb der Molchleitung auch an mehreren Stellen herausgeführt oder dosiert werden. In den meisten Fällen ist ein Zweimolchsystem mit Fangdornen zur Positionierung des Molchs notwendig. Das Herausführen von Produkt, nicht aber vom Molch erfordert spezielle Armaturen (s. Abschnitt 4.3.2). Eine schematische Übersicht zeigt Abb. 2-5.

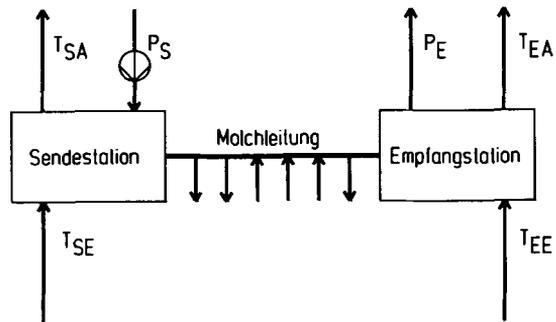


Abb. 2-5. Prinzip einer Molchanlage mit Abzweig

P_S : Produkteingang mit Produktlampe
 P_E : Produktausgang
 T_{SE}, T_{EE} : Treibmedium – Eingänge
 T_{SA}, T_{EA} : Treibmedium – Ausgänge

2.3.3 Molchanlage mit Weiche

Bei einer *Molchanlage mit einer Weiche* (MMW) oder mehreren Weichen, d.h. eine verzweigte Molchanlage (Abb. 2-6), kann der Molch über Weichen in verschiedene molchbare Rohrleitungen gelangen. Der Weg kann vor der Molchung manuell gestellt oder in der Meßwarte vorgegeben werden.

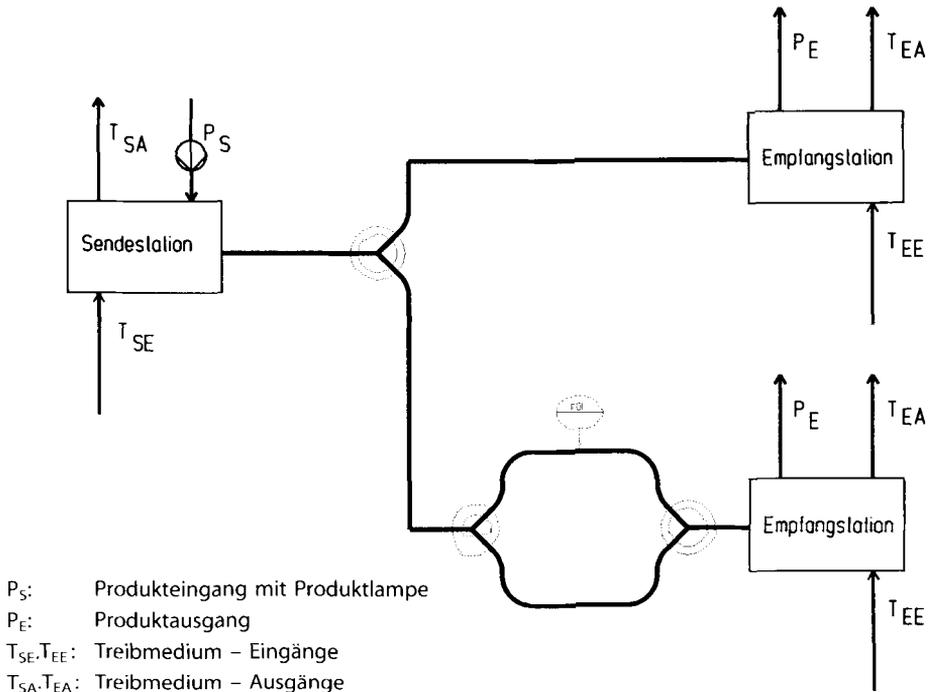


Abb. 2-6. Prinzip einer verzweigten Molchanlage

Weichen sind nötig, wenn

- verschiedene Produktbestimmungsorte durch molchbare Rohrleitungen erreicht werden müssen. Ein häufiger Anwendungsfall ist die Molchung des Behälters eines Tanklagers; und zwar wahlweise zu einer Abfüllstation für Tankkraftwagen (TKW) oder zu einem Eisenbahnkesselwagen (EKW) oder zur Gebindeabfüllung.
- eine nichtmolchbare Armatur, Meßstelle, Pumpe oder ein nichtmolchbares Rohrleitungsteil für die Produktförderung benötigt wird. Der Molch kann nur mit Hilfe von Weichen diese Stelle umfahren. Ein häufiger Anwendungsfall ist eine volumetrische oder gravimetrische Messung in der Produktleitung, die über einen molchbaren Umgang (Bypass) überbrückt wird.

2.4 Molchsysteme

Jede Molchanlage arbeitet nach einem bestimmten Molchsystem (Definition siehe Abschnitt 2.1); zur Unterscheidung der verschiedenen Molchsysteme wird die Betriebsweise herangezogen. Zur systematischen Beschreibung der einzelnen Arbeitsschritte empfiehlt sich eine Ablauf-tabelle, die nun behandelt wird: