



Montagegerechte Gestaltung verfahrenstechnischer Anlagen

Eberhard Wegener

Verfahrenstechnische Anlagen werden in erster Linie unter dem Aspekt der Funktionserfüllung entwickelt, bei ihrer konstruktiven Durchbildung (Gestaltung) müssen zusätzlich die Anforderungen aus den Rekonstruktionsphasen Montage – Betrieb – Instandhaltung – Rekonstruktion berücksichtigt werden. Nachfolgend werden die Möglichkeiten einer montagegerechten Gestaltung behandelt, die in der Planungsphase zu schaffen ist. Es reicht jedoch nicht aus, die prinzipielle Montierbarkeit einer Anlage nachzuweisen, sondern es sind Untersuchungen zur effektiven Gestaltung des Montageprozesses durchzuführen.

1. Zur Begründung des Untersuchungs-bereiches

Aus montagetchnologischer Sicht wird die Anlage durch ihre Montageeinheiten und deren geometrische Anordnung zueinander sowie durch die örtlichen Bedingungen der konkreten Arbeitsumwelt gekennzeichnet. Diese Faktoren bestimmen daher die technische Durchführung der Montage wesentlich, da in der Gestaltungslösung Umfang, Schwierigkeitsgrad, einsetzbare Montagetechnologien usw. im Voraus bestimmt und eingegrenzt werden. Versäumnisse, Fehler und Mängel, die in den zeitlich vorgelagerten Bearbeitungsstufen entstehen, beeinflussen den Montageumfang ebenfalls. Sie wirken sich hemmend und kostenverursachend aus und müssen in der Montage beseitigt werden. Die Berücksichtigung einer montagegerechten Gestaltungslösung in der Planungsphase wird durch folgende Faktoren erschwert:

- Die Arbeitsteilung in Planung und Realisierung bis hin zur Vergabe von reinen Montageleistungen erfordert vom Planer ausreichende Kenntnis über mögliche Montagetechnologien/-technik und über die die Montage beeinflussenden Faktoren, über die im allgemeinen erst der erfahrene Projektant verfügt.
- Es erfolgt kaum eine Vermittlung von Kenntnissen über die Anlagenmontage in der Ausbildung von Ingenieuren infolge der speziellen und komplizierten Thematik.
- Aus gleichem Grund existiert kaum Fachliteratur zu diesem Gebiet, wenn von Zauchau [1] und speziellen wissenschaftlichen Veröffentlichungen abgesehen wird, denn auch in den den Anlagenbau behandelnden Werken wie z. B. Bernecker [2], Ullrich [3], May [4], Reichert [5] oder in [6] werden nur Teilprobleme angeschnitten.

Die begrenzte Voraussicht über den erforderlichen Informationsbedarf des weniger erfahrenen Planers und das Vorhandensein sog. „Informationsbarrieren“ (Engel-

bert [7]), die logischerweise auftreten, wenn allein die Einflussgrößen auf eine montagegerechte Ausrüstungsanordnung (Abbildung 1) betrachtet werden, führen daher zu – aus der Sicht der Montage – unvollständigen Gestaltungslösungen. Als Informationsbarrieren treten auf die

- Bewusstheitsbarriere (Beeinflussung des Informationsbedarfes durch Motivation, Arbeitsgewohnheiten und Arbeitsumgebung),
- Resonanzbarriere (Nichtnutzung vorhandener Informationen z. B. aufgrund mangelnder Berufserfahrung oder Voreingenommenheit),
- Kommunikationsbarriere (unvollständige Widerspiegelung vorliegender Sachverhalte).

Notwendige Schritte im Planungsablauf zur Erzielung einer montagegerechten Anlagengestaltung werden nachstehend kurz behandelt.

2. Der Einfluss der Anlagenplanung auf den Montageprozess

Die Anlagenplanung selbst ist ein Stufenprozess. Mit dem Voranschreiten der Planung nehmen in den einzelnen Stufen Umfang und Detailliertheit der verfügbaren Informationen und damit die Einflussnahme – auch der Montage – auf die Gestaltungslösung zu.

Der Arbeitsgegenstand – hier die zu montierende Ausrüstung oder Teile hiervon (Montageeinheiten) – ist Träger der Montagegerechtheit. Die Montageeinheit wird charakterisiert durch:

- ihre Masse,
- ihre Abmessungen und geometrische Gestaltung, die Lage des Schwerpunktes und die Anschlagmöglichkeiten für Lastaufnahmemittel,
- ihren Anlieferungszustand (Komplettierungsgrad, Kompliziertheit, Empfindlichkeit),
- ihre Stabilität,
- die Anzahl, Art und Lage der Fügeflächen und der vorgesehenen Verbindungsarten.

Eine Erhöhung der Montageeffektivität infolge planerisch/konstruktiver Lösungen ist erreichbar durch:

- die Verringerung der zu montierenden Bauelementezahl insgesamt (absolut),
- die Verringerung der auf der Baustelle zu montierenden Bauelementezahl (relativ),
- eine Verringerung der Ausrüstungsvielfalt,
- die Anpassung der Montageeinheiten an die erforderlichen Montageverrichtungen/-operationen,
- die Berücksichtigung des Sonderlastfalles „Montage“.

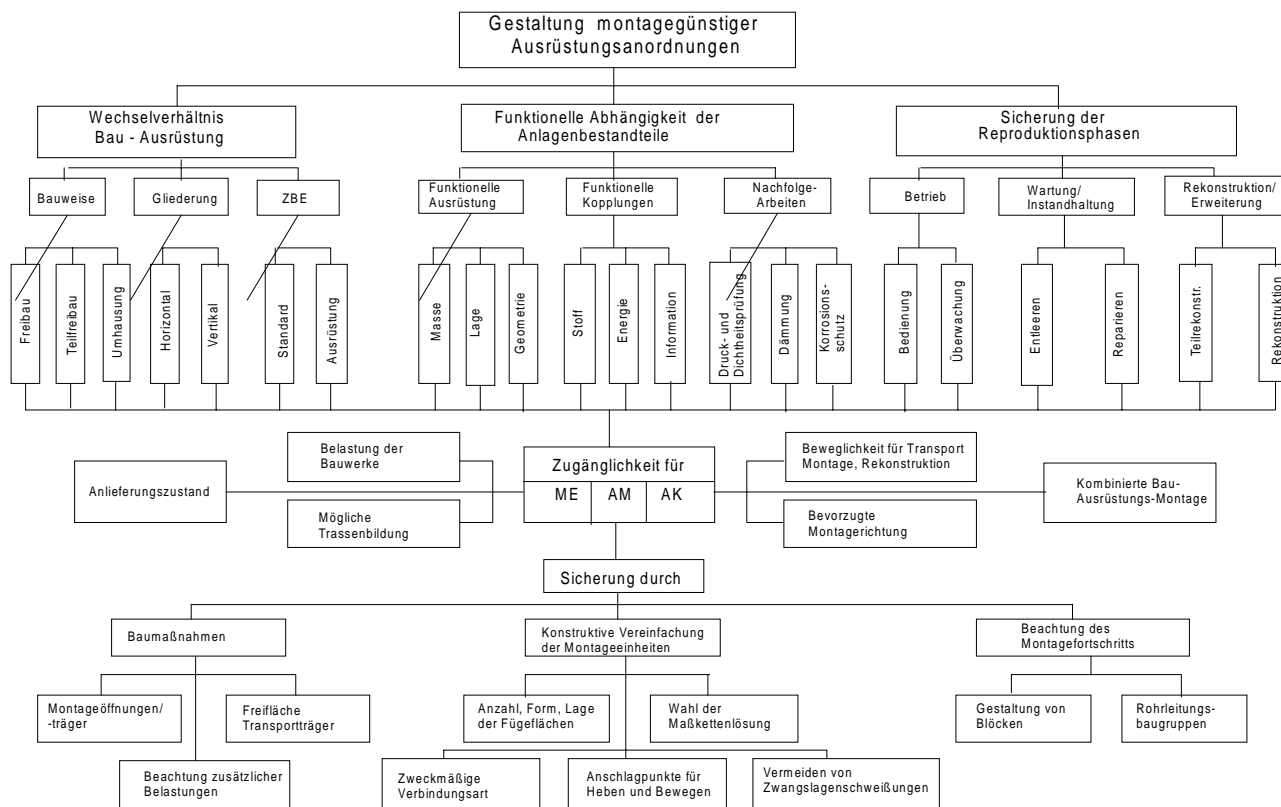


Abb. 1: Einflussgrößen auf die Gestaltung montagegerechter Ausrüstungsanordnungen

Im weiteren Sinne führt eine Anpassung der Anpassung der Arbeitsmittel, der Arbeitsumwelt, der Arbeitskraft, der Montageorganisation sowie der Montagebedingungen zu einer Verbesserung der Montageeffektivität (Abbildung 2 [7]), in unterschiedlichem Maße in den einzelnen Planungsstufen.

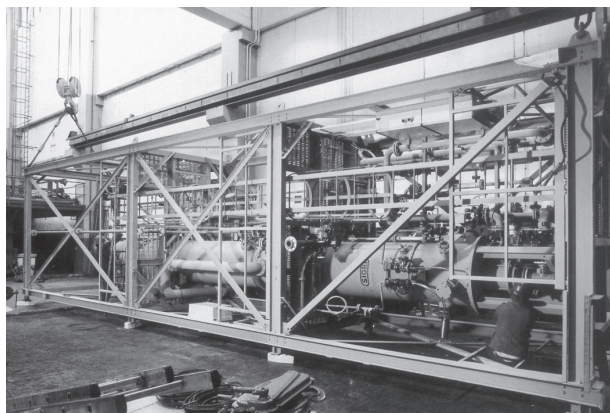


Abb. 2: Vormontierte Syntheseanlage (package unit), Gebr. Sulzer AG Winterthur.

Verlegung von Montageverrichtungen/-operationen in den dem Endmontageort vorgelagerten Montageprozessstufen (Fertigungswerkstatt, Vormontageplatz) erreicht durch sog. Aggregation. Hier erfolgt eine Vergrößerung der Masse und Maße sowie eine Veränderung der geometrischen Form der Montageeinheit als konstruktives Prinzip. Die Anzahl der insgesamt zur Montageeinheit gehörenden Bauelementezahl ändert sich nicht, der Arbeitsumfang am Endmontageort jedoch beträchtlich. Diese Aggregation (Blockbildung, package units) mit weitestgehender Komplettierung stellt hohe Anforderungen an die konstruktive Durchbildung und die Organisation der Fertigung infolge der Vielfalt beteiligter Gewerke. Abbildungen 2 bis 5 zeigen eine vormontierte Syntheseanlage einschließlich ihrem Antransport und ihrer Montage.

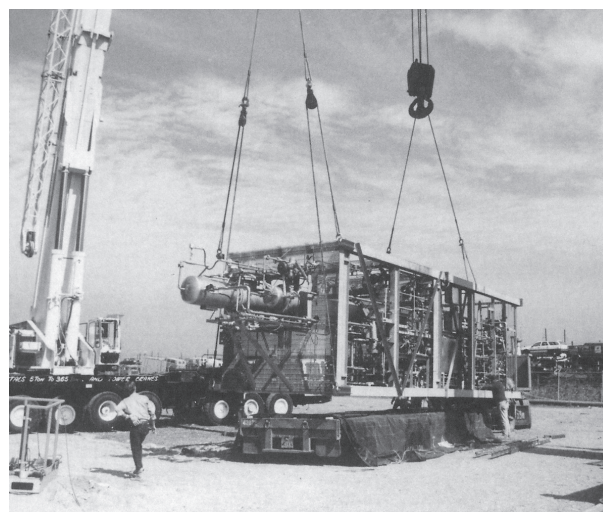


Abb. 3: Antransport des Blockes

Allgemeine Aussagen sind:

- Eine Verringerung der Bauelementezahl insgesamt ist montagetechnologisch nicht beeinflussbar, Art und Anzahl der Ausrüstungen werden verfahrenstechnisch aus funktioneller Sicht festgelegt. Dem Process Engineering ist daher die Aufgabe gestellt, mehrere als notwendig erkannte Teilfunktionen in einen einzigen Funktionsträger zusammen zu fassen, d. h. eine Integralbauweise anzustreben (Kombination von Wirkprinzipien).
- Eine Verringerung der auf der Baustelle zu montierenden Anzahl von Bauelementen wird durch die

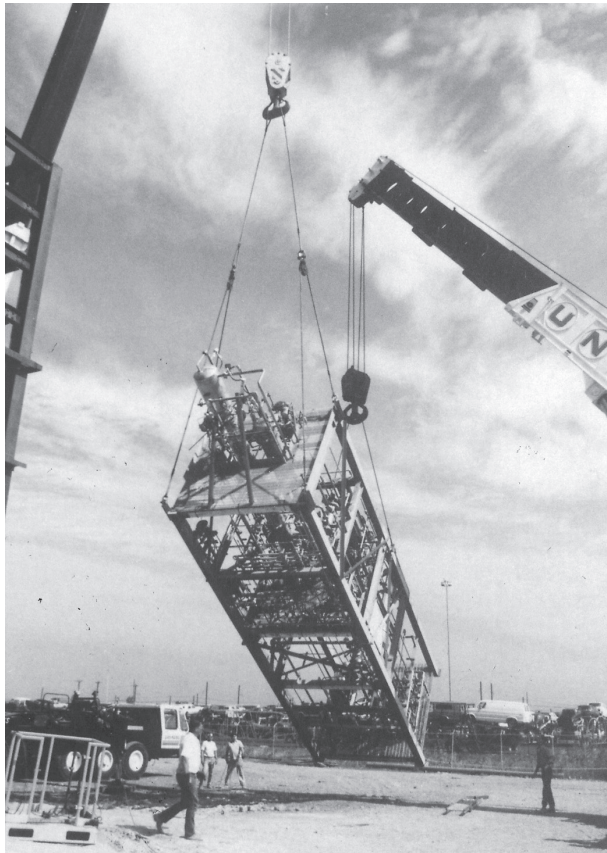


Abb. 4: Herstellen der Einbaulage

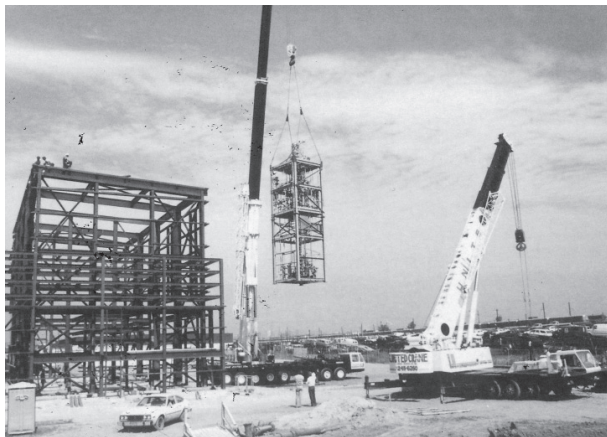


Abb. 5: Einbringen zum Endmontageort

Für die Rohrleitungsvorfertigung bedeutet das die sinnvolle Zerlegung von Rohrsträngen in fertigungsgerechte, transportfähige und montagegerechte Rohrleitungsbauteile und -baugruppen. Die Anpassung der Montageeinheit an Randbedingungen zur Aufwandsreduzierung führt zu Kompromisslösungen in folgender Hinsicht:

- Anpassung an die Arbeitsmittel: Festlegung der Masse/Geometrie so, dass eine max. Auslastung der Hebezeugparameter erfolgt, möglichst Eigenstabilität vorliegt, eine definierte Schwerpunktlage gegeben ist und erforderliche Anschlagpunkte für die zweckmäßigsten Lastaufnahmemittel vorhanden sind.
- Anpassung an die konkrete Arbeitsumwelt: Festlegung der Masse/Abmessungen/Geometrie so, dass ein behinderungsfreies Zuführen, Positionieren, Lagesichern, Fügen und Nachbereiten unter Berücksichtigung der Zugänglichkeit und des Montagefortschrittes gewährleistet werden.

- Anpassung an die Montageverrichtungen und -operationen: Gestaltung der Anzahl, Art und Lage der Fügeflächen so, dass rationelle Fügeverfahren einsetzbar sind, notwendige Montageverrichtungen/-operationen auf ein Minimum beschränkt werden sowie Prüf- und Kontrollprozesse rationalisiert werden können. Dabei sind gleichzeitig die Beschränkungen, die sich aus dem Montagefortschritt und der damit veränderten Einbausituation ergeben, zu beachten.
- Die Montageorganisation selbst hat maßgebenden Einfluss auf die Effektivität der Montage. Zielstellung ist die Sicherung von Parallelität, Kontinuität, Gleichmäßigkeit und Proportionalität im Montageablauf. Während Kontinuität, Proportionalität und Gleichmäßigkeit durch organisatorische Maßnahmen gewährleistet werden, ist eine mögliche Parallelarbeit von Montagearbeiten von der gestalterischen Lösung abhängig. Infolge von Arbeitsteilung und Spezialisierung innerhalb des Montageprozesses sind die Voraussetzungen gegeben, dass mehrere Teilprozesse gleichzeitig und räumlich nebeneinander durchgeführt werden können. Die entscheidende Grenze ist die optimale Arbeitsdichte. Sie wird überschritten, wenn es zur gegenseitigen Behinderung der Arbeitskräfte oder Arbeitsmittel kommt. Die mögliche Arbeitsdichte hängt damit auch von der Gestaltung der Anlage und der konstruktiven Durchbildung der Montageeinheit ab (Abbildung 6).

Unter Beachtung der Kompliziertheit der Montageeinheit, Vermeidung möglicher Behinderungen, Gewährleistung der Lagesicherung und Vermeidung von Beschädigungen und Demontagen soll die Gestaltungslösung eine eindeutige, zeitabhängige Ablaufplanung ermöglichen. Diese Zeitabhängigkeit wird durch Vorlaufbedingungen, Bedingungen der Gleichzeitigkeit und Be-

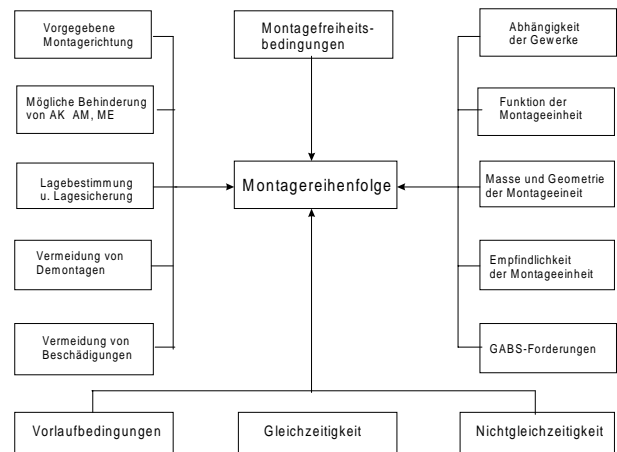


Abb. 7: Einflüsse auf die Montagereihenfolge

dingungen der Nichtgleichzeitigkeit ausgedrückt, d. h. die Montagereihenfolge ist nicht frei wählbar (Abb. 7).

- Der Lastfall Montage als Sonderlastfall ist insofern bedeutungsvoll, dass ein wesentlicher Anteil der tatsächlichen Kräfte und Momente an der Montageeinheit nicht der Funktionserfüllung dient, sondern sich aus den gleichzeitig auftretenden Belastungsgrößen und der Abfolge verschiedener Belastungszu-



Bild 6: Montagefortschritt und Arbeitsdichte (PCK Schwedt AG)

stände für den Bewegungszustand vom Ausgangsort bis zum Einbauort und während des Herstellens der Einbaulage und während des Fügens bzw. Nachbereitens dient. Die Vielfalt der Formen und Belastungen zwingt häufig zu ingenieurmäßigen Näherungen in der Festigkeits- und Stabilitätsberechnung.

3. Zuordnung der Rationalisierungsmöglichkeiten zu den Planungsstufen

Die einzelnen Möglichkeiten zur Schaffung einer montagegerechten Anlagengestaltung mit der Zuordnung auf die Planungsstufen, vom process-engineering bis hin zum basic- bzw. detail-engineering, enthält Tab. 1, wobei eine Beurteilung der Gestaltungslösung hinsichtlich ihrer Montagegerechtheit ebenfalls stufenweise erfolgen muss, um folgerichtig die Anforderungen an eine effektive Montagedurchführung zu berücksichtigen und auf dem jeweiligen Konkretisierungsniveau der Planungsunterlagen zu gewährleisten, z. B. durch Check-Listen. Die Probleme der Lösungsbewertung – die Montagegerechtheit ist ja nur eine Teilqualität der Gesamtlösung – sind Gegenstand eines weiteren Beitrages.

Literaturverzeichnis

- [1] Zauchau, H.: Außenmontage im Maschinen- und Anlagenbau, Verlag Technik, Berlin 1982
- [2] Bernecker, G.: Planung und Bau verfahrenstechnischer Anlagen, VDI Verlag, Düsseldorf 1990

- [3] Ullrich, H.: Hochschulkurs IV Anlagenbau. Verfahrenstechnik 14 (1980) 11, 15 (1981) 1, 15 (1981) 3, 15 (1981) 5, 15 (1981) 7, 15 (1981) 9, Beilage
- [4] May, H.: Anlagen-Projektierung in der Verfahrensindustrie. Dr. Alfred Hüthig-Verlag, Heidelberg 1974
- [5] Reichert, O.: Systematische Planung von Anlagen der Verfahrenstechnik. Carl Hanser Verlag, München Wien 1978
- [6] Ullmans Encyklopädie der technischen Chemie, Bd. 4: Verfahrensentwicklung und Planung von Anlagen. Verlag Chemie, Weinheim 1974
- [7] Engelbert, H.: Informationsbarrieren Informatik 21 (1974) 5, S. 51-54 und 21 (1974) 6, S. 47-51
- [8] Wegener, E.: Verständigungsgerecht? Bemerkungen zum Begriff „... gerecht“ am Beispiel der Montagegerechtheit im Apparate- und Anlagenbau. Wissenschaftliche Beiträge der Technischen Fachhochschule Wildau 2/2000
- [9] Porté, R.: Die Montage verfahrenstechnischer Anlagen, Einflüsse und Ablauf. Technische Fachhochschule Wildau, Fachbereich Ingenieurwesen/Wirtschaftingenieurwesen, Diplom-Arbeit 1997

Autor

Prof. Dr.-Ing. Eberhard Wegener

Technische Fachhochschule Wildau

Fachbereich Ingenieurwesen/Wirtschaftingenieurwesen

Tel. (0 33 75) 508-169

E-Mail: wegener@vt.tfh-wildau.de



Tabelle 1: Einflußmöglichkeiten aus dem Projektierungsprozeß für eine montagegerechte Gestaltung verfahrenstechnischer Anlagen

Planungs-Phase	Rationalisierungsansätze aus dem Montageprozeß	Senkung des Montageaufwandes durch			Reduzierung "montagefremder" Leistungen durch
		Vermeiden von Montageverrichtungen und -operationen infolge:	Verringern	Erleichtern	
Verfahrenstechnische Grundkonzeption Process Design	Integralbauweise (Vereinigung mehrerer Ausrüstungen oder Bauelemente zu einer) Kombination von Wirkprinzipien	Verringern der Anzahl von zu montierenden Bauelementen insgesamt (absolut)			
	Zuordnung von Parameteränderungen (Ausgleich) durch Kopplungen zu den benachbarten Ausrüstungen	Verringerung der Anzahl von zu montierenden Bauelementen insgesamt (absolut)			
	Verringerung der Ausrüstungsvielfalt verfahrenstechnisch abhängiger Montageeinheiten		Verbesserung des Auslastungsgrades von Arbeitsmitteln bzw. Deren Einsatzhäufigkeit		
	Verwendung von Standardlösungen für verfahrenstechnisch abhängige Ausrüstungen			Erfahrungsrückfluß Einführung und Anwendung von Rahmen- bzw. Typentechnologien in der Montage	
Ausrüstungsauswahl	Geometrische Dimensionierung nicht-verfahrenstechnisch abhängiger Ausrüstungen nach Optimalitätskriterien der Montage		Transportlage möglichst gleich Einbaulage Verbesserung der Positionierbarkeit, Lagesicherung und Ausrichtung Ausnutzung der Parameter der Hebezeuge und Fördermittel Vermeidung von Erdstabilisierungsmaßnahmen		Berücksichtigung des Sonderlastfalles "Montage"
	Verringerung der Ausrüstungsvielfalt bei nicht-verfahrenstechnischen Ausrüstungen	Verbesserung des Auslastungsgrades und Einsatzhäufigkeit der Arbeitsmittel			
	Auswahl genormter Ausrüstungen			Erfahrungsrückfluß Anwendung von Rahmen- bzw. Typentechnologien in der Montage	
	Weitgehende Komplettierung, Anlieferungszustand = f(Einbauzustand)	Senkung des Rüstaufwandes	Vermeidung zusätzlicher Vorbereitungsarbeiten Vermeidung zusätzlicher Prüf- und Kontrollprozesse Vermeidung von Spezialgeräten		



Tabelle 1: Einflußmöglichkeiten aus dem Projektierungsprozeß für eine montagegerechte Gestaltung verfahrenstechnischer Anlagen
Fortsetzung

Planungsphase	Rationalisierungsansätze aus dem Montageprozeß	Senkung des Montageaufwandes durch			Reduzierung "montagefremder" Leistungen durch
		Vermeiden von montageverrichtungen	Verringern von -operationen	Erleichtern infolge:	
Anlagenkonzeption und Ausrüstungsanordnung	Aufgliederung der Anlage in Teilanlagen		Abgrenzung funktionfähiger Teilanlagen, Untergliederung des Montageprozesses Verbesserung der Zugänglichkeit Zweckmäßige Größe/Lage der Baustelleneinrichtung, Auswahl mobiler Hebezeuge, Fahr- und Montagestraßen, Vormontageplätze, Auf-, Ab- und Umrüstflächen		
	Montagegünstige Ausrüstungsanordnung		Gestaltung des Montagebetriebes, Deckenhöhen, Montage-, Transport- und Ablageflächen Verbesserung der Montagebedingungen und -position		
	Nichtüberschreitung verfahrensbedingter Höhenunterschiede	Einsparung von Bauelementen insgesamt	Beschränkung der Hebezeugparameter und -stellflächen		
	Montagegünstige Trassenführung		Sicherung der Zugänglichkeit zum Bauort für AM, Montageeinheiten und Transportmittel Einsatz moderner Montagetechnologien, insbesondere bei Rohrbrücken		Vermeidung von De- und Wiederholmontagen, sowie Umrüstungen von AM
	Distanzminimierte Ausrüstungsanordnung	Einsparung von Bauelementen insgesamt			
	Zweckmäßige Anordnung von Schwerstausrüstungen		Ausnutzung der Tragfähigkeit der Hebezeuge und des Schwenkbereiches Vermeidung von Standortwechseln der AM Gewährleistung genügender Hebezeugfreiheit		
Anlagenkonzeption und Ausrüstungsanordnung	Ausreichende Abstände zwischen den Ausrüstungen		Gewährleistung des Transportes zum Montageort und Herstellen der Einbaulage sowie zum Positionieren		Vermeidung von Wiederholmontagen
	Ausreichende Berücksichtigung von Flächen zum Antransport, Zwischenlagern und zum Einbau von Montageeinheiten		Berücksichtigung für Montagearbeiten an Kopplungen und Nachfolgegewerke Sicherung der Zugänglichkeit		Vermeidung von Beschädigungen vorangegangener Montagearbeiten
	Bezug aller Koordinaten der Einbauorte auf einen Festpunkt der Baustelle		Senkung der Maßabweichungen und des Justieraufwandes		Vermeiden mehrfachen Anpassens



Tabelle 1: Einflußmöglichkeiten aus dem Projektierungsprozeß für eine montagegerechte Gestaltung verfahrenstechnischer Anlagen
Fortsetzung

Planungs-Phase	Rationalisierungsansätze aus dem Montageprozeß	Senkung des Montageaufwandes durch			Reduzierung "montagefremder" Leistungen durch
		Vermeiden	Verringern	Erleichtern	
von montageverrichtungen und -operationen infolge:					
Bauliche Gestaltung	Horizontalbauweise Freibau Teilfreibau		Einfluß auf Einsatz vormontierter und vorgefertigter Montageeinheiten mit hohem Komplettierungsgrad Einsatz von Hebezeugen, Zugänglichkeit Anpassung an benachbarte Ausrüstungen, Bau- und Stahlbaukonstruktionen Komplettierung mit Spezialgeräten		
	Kombinierte Bau-Ausrüstungs-Montage		Möglichkeit der Erhöhung der Parallelität, zeitliches und räumliches Nebeneinander von Montageprozessen		
	Stahlskelette (Gerüstbauweise) als Tragwerke für die Ausrüstungen		Einfache Befestigung von Ausrüstungen, Rohrleitungen sowie vereinfachte unkomplizierte spätere Erweiterung oder Änderung bei Rekonstruktion Einfaches Anbringen von Montagehilfsmitteln (MHM)		
	Ausreichende Bauwerksöffnungen, Montage-träger, stationäre AM		Gewährleistung der Anbringung der Montageeinheiten, Herstellen der Einbaulage, Positionieren		
	Einordnung und Gestaltung der BE		Lage- und Flächengliederung ohne Behinderung der Erweiterung der definierten Anlagen, möglichst geradlinig geführte Verbindung Montageeinheit -Montageort Sicherung der notwendigen Vormontage		
	Ausreichende Breite und Profilhöhe der Baustraßen und Belastbarkeit		Sicherung des Zuführens maximal vorgefertigter und vormontierter Montageeinheiten und der dazu notwendigen Transportmittel und Hebezeuge		
	Berücksichtigung des LF "Montage"		Sicherung der während der Montage zusätzlich auftretenden Belastungen durch Antransport, zeitliches Absetzen, Lastaufnahme über Montageträger, Vorspannkkräfte bzw. Stabilisierung von ME, Prüf- und Kontrollprozesse Gewährleistung der notwendigen Anschlagpunkte für die Krafteinleitung in den Baukörper für Hebezeuge, Träger Stützen, Ösen, Verankerungen		
	Zweckmäßige Tolerierung und Achsenmarkierung		Reduzierung von Justierarbeiten Sicherung des Positionierens und Ausrichtens		
Kopplungen (Rohrleitungen)	Anwendung der Differentialbauweise (Elementarisierung durch konstruktive Aufteilung der Rohrleitung)		Verringerung der am Einbauort zu montierenden Bauelementzahl durch zentrale oder dezentrale Vorfertigung		Berücksichtigung des Lastfalles Montage und des Montagefortschritts
	Überprüfen von Verbindungen auf Notwendigkeit, wenn aus funktionell oder aus GABS-Gründen nicht bedingt	Verringerung der Bauelementzahl insgesamt			
	Überprüfen von Verbindungen auf Zweckmäßigkeit in der Ausführung		Zugänglichkeit für Arbeitskräfte und Arbeitsmittel Einsatz rationeller Fügeverfahren		
	Zweckmäßige Anordnung der Rohrleitungen		Zugänglichkeit für Arbeitskräfte und Arbeitsmittel Einsatz rationeller Montagetechnologien und Fügeverfahren Erleichterung der Prüf- und Kontrollprozesse		
	Systeme gleichen Druckes			Erleichterung und Aufwands-senkung für Kontrollprozesse	
	Zweckm. Anordnung und Gestaltung der Unterstützungselemente		Gewährleistung der Zugänglichkeit Sicherung des Positionierens		
	Zweckmäßige Anordnung von Armaturen und Montagehilfseinrichtungen		Gewährleistung der Zugänglichkeit Erleichterung der Montage/Demontage		
	Ausreichende und zweckmäßige Anordnung von Bühnen, Laufstegen u.a. Bedienungs- und Montageflächen		Gewährleistung der Zugänglichkeit Sicherung der Montage- und Abstellflächen Gewährleistung des Einsatzes rationeller Fügeverfahren und Prüftechnologien		
	Zweckmäßige Kompensation von Maßabweichungen		Reduzierung von Paßarbeiten Senkung operativer Lösungen		Vermeidung bzw. Verminderung von Wiederholmontagen und Neuanfertigungen



Tabelle 1: Einflußmöglichkeiten aus dem Projektierungsprozeß für eine montagegerechte Gestaltung verfahrenstechnischer Anlagen
Fortsetzung

Planungs-Phase	Rationalisierungsansätze aus dem Montageprozeß	Senkung des Montageaufwandes durch			Reduzierung "montagefremder" Leistungen durch
		Vermeiden	Verringern	Erleichtern	
		von montageverrichtungen und -operationen infolge:			
Montageeinheiten	Aggregation (Blockbildung-package units)		Verringerung der am Einbauort zu montierenden Bauelementzahl durch Verlagerung von Montageverrichtungen/-operationen in vorgelagerte Prozeß-stufen (Fertigung, Vormontage)	Berücksichtigung des Montagefortschritts	
	Optimaler Anlieferungszustand unter Berücksichtigung des Lastfalles Montage		Ausnutzung der Grenzen der Transportfähigkeit Anpassung an Montage, Hebezeug und bauliche Umgebung Maximale Komplettierung Senkung der Vorbereitungsarbeiten Einsatz genormter Lastaufnahmemittel und Montagehilfsmittel Anwendung von Montagelehren Einsatz moderner Montagetechnologien und Fertigungsverfahren Senkung des Rüstaufwandes	Berücksichtigung des Montagefortschritts Verringerung von Leistungen durch unzulässige Verformung oder Beschädigung	
	Zweckmäßige Ausbildung und Anordnung von Auflagern und Anschlagpunkten		Gewährleistung des behinderungsfreien Zuführens, des Herstellens der Einbaulage, Lagesichern, Stabilisierung Einsatz genormter Montagehilfsmittel und Lastaufnahmemittel	Verringerung der Ausbesserungsarbeiten, Beschädigungen, operativer Mehrarbeit	
	Zweckmäßige Tolerierung und Achsenmarkierung		Senkung der Justierarbeiten Erleichterung von Positionieren und Ausrichten		