



# Verständigungs gerecht?

## Bemerkungen zum Begriff „...-gerecht“ am Beispiel der Montagegerechtheit im Apparate- und Anlagenbau

*Eberhard Wegener*

In der Prozesskette Produktentwicklung ist die Berücksichtigung einer Vielzahl geforderter Eigenschaften, aber auch die Verhinderung ungewollter Verhaltensweisen als Qualitätsmerkmal unabdingbar. Ihre Ausprägung als Teilqualität erfolgt durch den Begriff „...gerecht“ in Verbindung mit einem Basiswort, zu dessen allgemeingültigem Verständnis eindeutige Aussagen notwendig sind. Am Beispiel der montagegerechten Apparate- und Anlagengestaltung wird der Charakter der Montagegerechtheit als Anpassungsprozess dargelegt.

### 1. Vorbemerkungen

Innerhalb des konstruktiven Entwicklungsprozesses und der Anlagenentwicklung werden Teilqualitäten beschreibende Eigenschaften in vielfältiger Form und mit unterschiedlicher Aussagekraft verwendet, die häufig die Frage aufwerfen, ob hieraus ein einheitliches Verständnis abgeleitet und interpretiert werden kann.

In der Fachliteratur sind z. B. verwendet: „anforderungsgerechte, kundengerechte (Wüpping [1], umweltgerechte, problemgerechte Produktentwicklung“. Diese Adjektive sind durch ihren hohen Allgemeinheitsgrad wenig tauglich für eine Bewertung. Verwendet werden aber auch: „normgerechte, messgerechte, schweißgerechte Gestaltung“, also Begriffe, die wiederum nur besondere Gesichtspunkte berücksichtigen. Pahl [2] nennt diese „Ergänzungen zu den Grundregeln der Gestaltung: einfach-eindeutig-sicher“, mit einer Vielzahl gegenseitiger Beeinflussungen. Darüber hinaus werden Begriffe wie „Instandhaltungseignung“, „Instandhaltbarkeit“, „instandhaltungsfähig“ und „instandhaltungsgerecht“ genauso für eine einheitliche Zielstellung verwendet, wie „kostengerecht“, „kostenbewusst“, „kostenorientiert“, obwohl es zwischen dem Geeignetsein z. B. für einen Montageaufgabe und der Montagegerechtheit sehr wohl Unterschiede gibt.

Die Verwirrung wird erhöht durch die Verwendung solcher Begriffe wie: „schadensgerechte Konstruktion“ (Grothus [3]), „korrosionsgerechte Konstruktion“ (Pahl/Beitz [4]) oder „ablagerungsgerechte Gestaltung“ (Hauser [5]), die eigentlich darauf abzielen, die Ursachen für die genannten Erscheinungen durch konstruktive oder fertigungstechnische Maßnahmen zu vermeiden.

### 2. Begriffsklärungen

Sucht man nach einer Deutung des Begriffes „Gerechtigkeit“, so findet man bei Grimm/Grimm [6] die Aussage:

„...den Anforderungen eines (...) Faches entsprechend“, im Duden [7]: „richtig“, „passend“, „tauglich“, in Bertelsmann Universallexikon [8]: „allen Anforderungen gerecht werden, sie erfüllen, berücksichtigen, bestimmten Gegebenheiten, Vorschriften, Normen entsprechend“.

Als Anforderung wird allgemein das bezeichnet, was man von jemandem/einer Sache erwartet, d. h. den gestellten Ansprüchen genügend, ihnen gerecht werden. Das Anforderungsprofil ergibt sich damit als Gesamtheit aller Anforderungen, die sich z. T. auch widersprüchlich verhalten, woraus eine der Aufgabe entsprechend akzeptable Kompromisslösung zu finden ist.

Die Eignung stellt nur die Brauchbarkeit bzw. Verwendbarkeit für eine gestellte Aufgabe dar, d. h. sie gibt nur Auskunft über die prinzipielle Machbarkeit darüber, ob die gefundene Lösung brauchbar, sinnvoll, zweckdienlich ist, sich für die Problemstellung verwenden lässt. Auf die gleiche Ebene lassen sich die Begriffe der „-barkeit“ bzw. der „-eignung“ stellen, die häufig an bestimmte Voraussetzungen (den im Basiswort genannten entsprechend) gebunden sind.

Die Gerechtigkeit beinhaltet die effektive Umsetzung der Anforderungen. Zusätzlich tritt der Begriff der „Fähigkeit“ auf, in Verbindung mit dem Basiswort ebenfalls gleichzusetzen mit „geeignet sein“ bzw. „die Voraussetzung habend“, z. B. transportfähig. Die Montagefähigkeit einer Anlage hängt zwar von vielen Faktoren ab (Franke [9]), sagt aber über Voraussetzungen für eine effektive zeit- oder kostenintensive Montage nichts aus (Wegener [10]). Für die Montage einer Ausrüstung ergäbe sich bei steigender Anforderungserfüllung die Stufung: Montageeignung/-fähig (gegeben unter bestimmten Voraussetzungen) – montagegerecht (in Bezug auf ...).

### 3. Montagegerechtheit als Anpassungsprozess

Mit der Feststellung, dass hinter dem Begriff der Montagegerechtheit für die gefundene Gestaltungslösung die gedankliche Vorwegnahme alternativer Montagemöglichkeiten steht, dass die Lösung der Gestaltungsvariante nicht nur montierbar sein muss, sondern in Rahmen der gegebenen Möglichkeiten und Bedingungen mit dem geringsten Aufwand und Schwierigkeitsgrad, ist der Charakter der Montagegerechtheit noch nicht eindeutig bestimmt. Als Eigenschaft spiegelt sie nur das Verhalten eines untersuchten Objektes in einer bestimmten, abgegrenzten Situation wider, sie trägt demzufolge relativen

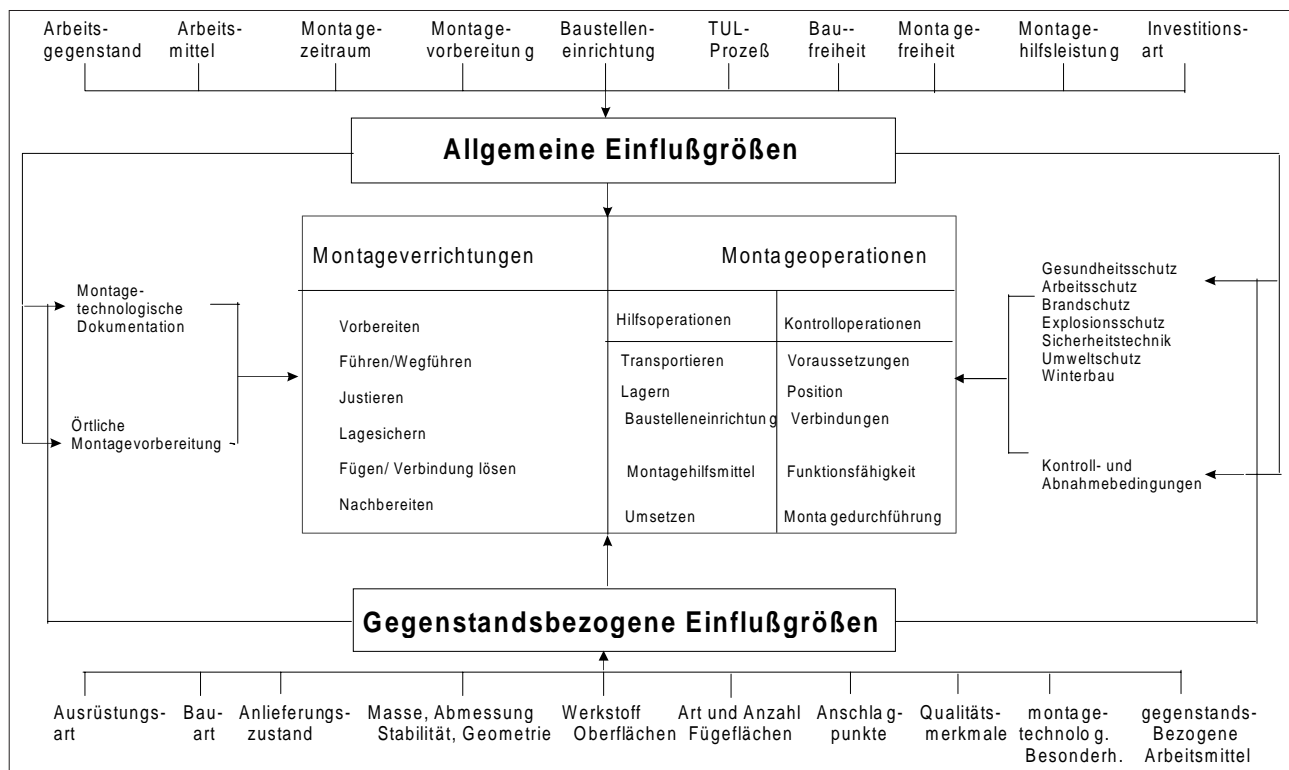


Abb. 1: Einflussgrößen auf den Anlagen-Montageprozess

Charakter – wie alle anderen „Gerechtheiten“ (z. B. altersgerecht). Er äußert sich im Gestaltungsprozess selbst, als auch in seiner Beurteilung, der Situationsabhängigkeit aller Eigenschaften der Montageeignung und dem Prozess ihres Erkennens, begründet dadurch, dass:

- die den Montageprozess bestimmenden Einflussfaktoren wechselnden Bedingungen (Baustelle) unterworfen sind (Abbildung 1),
- mit dem Voranschreiten der Anlagenplanung in den einzelnen Stufen Umfang und Detailliertheitsgrad der verfügbaren Informationen zunehmen,
- die Montagegerechtheit durch die zunehmende Kenntnis des Planers über notwendige und mögliche Montageverrichtungen und -operationen sowie über das Technisierungsniveau des Montagebetriebes und in Verbindung mit möglichen Kosten und Zeitaufwand für Variantenuntersuchungen beeinflusst wird.

Die Montagegerechtheit muss daher als Anpassungsprozess verstanden werden, d. h. als gegenseitige Anpassung von Arbeitsgegenstand und Arbeitsmittel im Sinne der Übereinstimmung. Prozesse werden durch Bewegungen und Veränderungen charakterisiert, sie widerspiegeln Wechselwirkungen zwischen einem Betrachtungsgegenstand und seiner Umwelt, in deren Verlauf sich normalerweise Veränderungen beider Teile ergeben. Es kann sich also nicht um ein einseitiges Berücksichtigen von Forderungen handeln, dem sich ein Betrachtungsteil unter einem bestimmten Zwang zu fügen hat, sondern um ein „Hin und Her von Einflüssen“ (Hannich [11]), die zur Übereinstimmung führen müssen. Es wird also immer zu untersuchen sein, in welchen Fällen und in welchem Umfang eine primäre Anpassung des Arbeitsgegenstandes (Anlage, Masse/Geometrie oder Einbausituation der Montageeinheit) an das Ar-

beitsmittel (Hebezeug, Montagehilfsmittel, Fertigungsmittel) erfolgen muss, und wann die vorrangige Anpassung des Arbeitsmittels (anlagen- bzw. ausrüstungsspezifisch) unumgänglich ist.

Da für komplexe Anpassungsprozesse keine Methode der Objektivierung der Anpassung bekannt ist, kann auch nicht erwartet werden, dass durchgängige Gestaltungsregeln für den Anpassungsprozess der Anlage an den Montageprozess aufgestellt werden können, wie sie z. B. für das fertigungsgerechte oder korrosionsschutzgerechte Gestalten vorliegen. Deshalb ist die Untersuchung partieller Einzelfragen notwendig, wobei der Weg zur montagegerechten Gestaltung als optimale Lösung die Feststellung, Kritik und Behebung von montage-technologischen Unzulänglichkeiten beinhalten muss. Die Montagegerechtheit als Anpassungsprozess im Anlagenbau lässt sich mit ihren Einflussgrößen gem. Abbildung 2 darstellen.

Ansatzpunkte für eine effektive Montagedurchführung bzw. Rationalisierung der Anlagenmontage ergeben sich aus dem Arbeitsgegenstand als Träger der Montagegerechtheit. Eine Senkung des Montageaufwandes ist nur möglich durch die Verringerung des Umfanges an Montageverrichtungen/-operationen. Dabei müssen die verschiedenen Bereiche der Außenmontage (Baustellen) beachtet werden. Sie können

- die Vormontage in verschiedenen Aggregationsstufen,
- die Wiederholmontage nach vorheriger Demontage im Herstellerwerk (nach erfolgter Kontrollmontage),
- die Endmontage am Einbauort (Ort der funktionellen Bestimmung) und in Ausnahmefällen auch die
- Teilefertigung, z. B. als dezentrale Vorfertigung von Rohrleitungsbaugruppen enthalten.

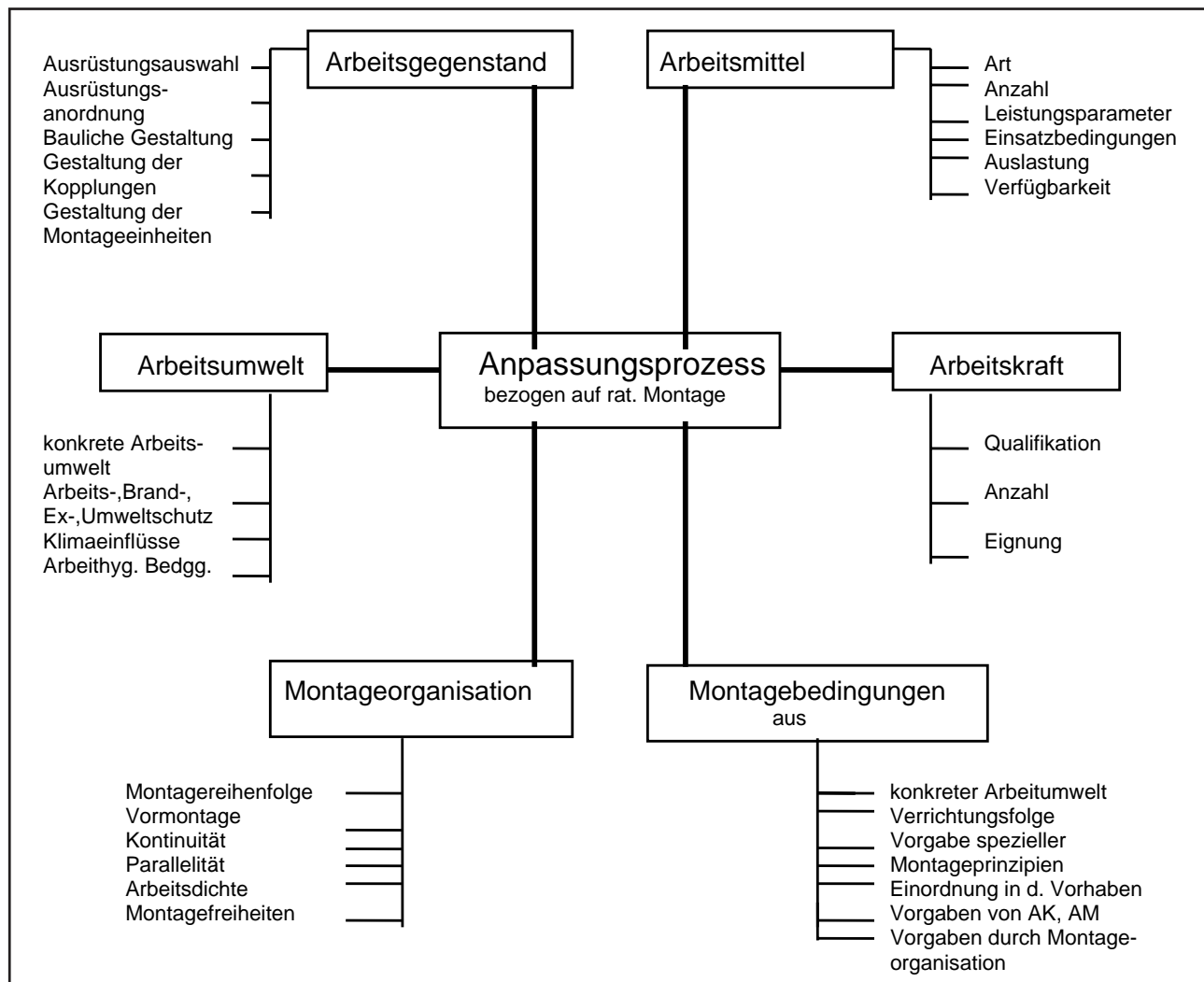


Abb. 2: Montagegerechtigkeit als Anpassungsprozess

Weiterhin sind bei der Findung einer montagegerechten Gestaltungslösung verfahrenstechnischer Anlagen Besonderheiten zu berücksichtigen:

- Die Einzigartigkeit und Komplexität der Anlagen aufgrund wechselnder verfahrenstechnischer oder territorialer Einflussgrößen führen zu Montagelösungen mit geringem Wiederholungsgrad und bedingen daher eine maßgebliche montagetechnologische Mitwirkung bereits in der Phase des Entwurfs.
- Die Gewährleistung der Funktions- und/oder Passfähigkeit kann beim Hersteller die Probemontage solcher Abmessungen bzw. Massen erfordern, deren Transport zur Baustelle nicht mehr möglich wird und eine Demontage zu transportfähigen Montageeinheiten mit anschließender Wiederholungsmontage notwendig machen (z. B. Kugelbehälter).
- Die besondere Bedeutung des TUL-Prozesses im Montageprozess erfordert die Berücksichtigung von Maßnahmen an die Transportfähigkeit und qualitätserhaltende Lagerung der Montageeinheiten. Der Sonderlastfall „Montage“ gewinnt besondere Bedeutung, da zu vermeiden ist, dass dieser für die Dimensionierung maßgebend wird.
- Die richtige Auswahl der Arbeitsmittel beeinflusst die Produktivität der Montage wesentlich. Die geringe Verrichtungshäufigkeit und wechselnde Baustellenbedingungen sind wie das Technisierungsniveau der

Realisierungsbetriebe zu berücksichtigen. Masse und Abmessungen, Einbaulage und Baustellenbedingungen bedingen zunehmende Lastparameter und können die Entwicklung objekt- bzw. ausrüstungsspezifischer Arbeits- oder Montagehilfsmittel erfordern.

- Die Anlagenmontage ist eine Verbindungsmontage. Eine strenge zeitliche Aufeinanderfolge der einzelnen Glieder (Bauausführung, Fundamente, Tragkonstruktionen – Errichtung der Stahltragwerke für Kopplungen – Apparatemontage – Rohrleitungs montage – Prüf- und Kontrollprozesse – Dämmungen – Anstriche) ist meist unwirtschaftlich. Bei der Planung sind deshalb die Probleme der Montageorganisation (Arbeitsdichte, Montagereihenfolge, Montagefortschritt) zu beachten.
- Vorbereiten und Zuführen beeinflussen die Montageeffektivität wesentlich, die Zugänglichkeit für Montageeinheiten, Arbeitsmittel und Arbeitskräfte zum Einbauort ist durch entsprechende Gestaltung des Montage raumes zu sichern.

Damit ergeben sich zwei unterschiedliche Ausgangspunkte für die Gestaltung:

- Die Montageeinheiten werden konstruiert. Im Anschluss an die Konstruktion ist die Frage nach einer geeigneten Transport- und Montagetechnologie zu lösen (üblich für den schweren Apparatebau, wo die



- Anforderungen an das Werkstoffgefüge Wärmebehandlungen des gesamten Apparates erfordern).
- Die Montagetechnologie ist vorgegeben. Für den Planer besteht die Aufgabe, durch konstruktive Gestaltung der Montageeinheit dieser Technologie weitgehend gerecht zu werden (z. B. Masse-/Abmessungsbegrenzung in Abhängigkeit von der speziellen Montagesituation/Hebezeug oder bei kombinierter Bau-Ausrüstungs-Montage).

Die gebräuchliche Aussage, dass sich das Verfahren beim Montieren allgemein nach der Konstruktion richten muss, ist unter dem großen Einfluss der örtlichen und wirtschaftlichen Faktoren nicht haltbar, denn die Montage völlig gleicher Montageeinheiten kann auf verschiedenen Baustellen unterschiedliche Montagetechnologien erfordern, d. h. die Montage kann mehr oder weniger behindert werden.

Montagegerechtes Gestalten ist mit der Zielstellung verbunden, Montageverrichtungen und -operationen auf der Baustelle

- zu vermeiden,
- zu vermindern oder zumindest
- zu erleichtern.

Darüber hinaus gilt es, sog. „montagefremde Leistungen“ als Leistungen, die nicht unmittelbar dem Montagefortschritt dienen (Nacharbeiten, Ausbessern von Fehlern, Schaffen von Zwischenlösungen) einzuschränken. In Verbindung mit Abbildung 1 kann eine montagegerechte Gestaltungslösung gefunden werden durch

- Veränderung des Arbeitsgegenstandes,
  - Veränderung der Arbeitsmittel,
  - Veränderung der konkreten Arbeitsumwelt,
  - Veränderung der Montageverfahren und,
  - Verbesserung der Montageorganisation einschließlich Qualitätsmanagement,
- wobei zu den vorgenannten Besonderheiten der Anlagenmontage weiterhin gehören:
- eine hierarchische Gliederung der Gesamtanlage in Teilsysteme bei selbständiger Funktionsfähigkeit sind Grundlage und Voraussetzung für Gestaltungsmaßnahmen zum Erreichen einer geeigneten Verflechtungsdichte in und zwischen den Teilanlagen und einer optimalen Arbeitsdichte während der Montage (Abbildung 3),
  - das Zusammentreffen unterschiedlicher Toleranzsysteme am Montageort der beteiligten Gewerke, wie Industriebau, Stahlbau, Apparate- und Rohrleitungsbau, sowie Qualitätstoleranzen und Toleranzen im zeitlichen Ablauf,
  - die Wechselbeziehungen zwischen Bauausführung und Ausrüstungsmontage, besonders bei kombinierter Bau-Ausrüstungs-Montage,
  - das rechtzeitige Erkennen von Problemen und Maßnahmen aus Funktionsproben und Inbetriebnahme (Weber [12]) für die Anlage, da eine Erprobung erst am Endmontageort stattfinden kann,
  - die besondere Bedeutung der Beanspruchungen der zu montierenden Einheiten im Transport- und Montagezustand, da im allgemeinen die Transportlage nicht der Einbaulage entspricht (Sonderlastfall „Montage“) (Abbildung 4).



Abb. 3: Montagesituation, Baustelle Leuna 2000 (MIDER)



Abb. 4: Sonderlastfall „Montage“ (Transportbeanspruchungen der Montageeinheit)

Als Fazit ist festzustellen, dass die Montagegerechtigkeit von ihrem Inhalt her (relativ und auf eine rationelle Montage bezogen) für alle Produktentwicklungen zutrifft, von ihrem Erreichen her – aufgaben-, bzw. montageeinheitenbezogen – jedoch sehr unterschiedliche Arbeitsschritte notwendig sind. Die bereits 1955 von Bock [13] für das Konstruieren getroffene Definition: „... schöpferisches und lückenloses Vorausdenken eines technischen Gebildes, das den Forderungen des historisch bedingten Standes der technischen Entwicklung entspricht, und Schaffen aller zweckmäßigen Unterlagen für seine stoffliche Verwirklichung ...“ als auch die von Schuart [14] für die Projektierung: „... die gedankliche Vorwegnahme und Beschreibung eines technischen Systems zur optimalen Funktionserfüllung, unter Einhaltung der geforderten Nebenbedingungen und unter weitgehender Verwendung bekannter Elemente der zur Herstellung notwendigen technologischen Prozesse und der zu seiner Bewertung erforderlichen betriebstechnischen und ökonomischen Parameter ...“ beinhalten, dass die angestrebte Montagegerechtigkeit integraler Bestandteil bereits der ersten Überlegungen für eine Gestaltungslösung sein muss. Wie dies im Stufenprozess verfahrenstechnischer Anlagenentwicklung erfolgen kann, ist Inhalt eines weiteren Beitrages.

#### 4. Literaturverzeichnis

- [1] Wüpping, I.: Integrierter Ansatz zur kundengerechten Produktentwicklung. *Konstruktion* 50 (1998) 9, S. 38-41
- [2] Pahl, G.: Grundregeln für die Gestaltung von Maschinen und Apparaten. *Konstruktion* 25 (1973) 7, S. 271-277
- [3] Grothus, H.: Schadensgerechte Konstruktion technischen Anlagen. *Industrielle Organisation Zürich* 40 (1971) 5, S. 216-223
- [4] Pahl, G.; Beitz, W.: *Konstruktionslehre, Methoden und Anwendung*. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg New York 1997

- [5] Hauser, G.: Hygienic Design. Voraussetzungen für hygienegerechte Prozeßbedingungen. *Cav* 6/99, S. 66-67
- [6] Grimm, J.; Grimm, W.: *Deutsches Wörterbuch*, 4. Band, erste Abteilung, 2. Teil, Leipzig 1897
- [7] Duden, Etymologie. *Herkunftswörterbuch der deutschen Sprache*, 2. Auflage, Dudenverlag, Mannheim Wien Zürich 1989
- [8] Bertelsmann Universallexikon. *Deutsches Wörterbuch in zwei Bänden*. Bertelsmann Lexikon Verlag, Gütersloh 1990
- [9] Franke, W.: *Montagegerechte Anlagengestaltung*. Vortrag zum 10. Wiss. Kolloquium, Ingenieurhochschule Köthen 1979
- [10] Wegener, E.: *Montagegerechtes Projektieren – Stand und Probleme*. Vortrag auf der 4. Fachtagung Anlagenbau, Magdeburg 1983
- [11] Hannich, R.: *Anpassung an die Umwelt mit besonderer Berücksichtigung industrieller Verhältnisse*. Universität Basel, Diss. A 1976
- [12] Weber, K.: *Inbetriebnahme verfahrenstechnischer Anlagen*. VDI Verlag, Düsseldorf 1998
- [13] Bock, A.: Die Begriffe „Konstruieren, Entwerfen, Gestalten“. *Die Technik* 9 (1955) 8, S. 504-506
- [14] Schuart, L.: *Zur wissenschaftlichen Durchdringung der Projektierung von Chemieanlagen*. Technische Hochschule Otto von Guericke Magdeburg, Diss. B 1977

#### Autor

**Prof. Dr.-Ing. Eberhard Wegener**

Technische Fachhochschule Wildau

Fachbereich Ingenieurwesen/Wirtschaftsingenieurwesen

Tel. (0 33 75) 508-169

E-Mail: [wegener@vt.tfh-wildau.de](mailto:wegener@vt.tfh-wildau.de)