

Motivation

Verbindungen werden benötigt, um Produkte, die aus mehreren Komponenten (*Verbindungspartnern*) bestehen, zusammenzuhalten. Sie tragen somit erheblich zur Funktionserfüllung dieser Produkte bei. Verbindungen bestimmen auch den Prozess des *Verbindens* und des *Verbindungs lösen* und beeinflussen somit die Montage- und Demontageeigenschaften des Produkts. Während Funktionserfüllung und Montageeigenschaften bereits intensiv behandelt und optimiert wurden (z.B. Ersatz von Verschraubungen durch Schnapper), ist das Potenzial zur Demontageoptimierung noch nicht ausgeschöpft. Demontage (für Wartung, Reparatur, Recycling etc.) bedeutet noch immer, dass das Produkt geschreddert wird oder manuell demontiert werden muss, wenn eine Beschädigung der Komponenten verhindert werden soll.

Unternehmensbefragungen, begleitete Produktentwicklungen sowie Literaturstellen belegen, dass sich trotz des erheblichen Einflusses von Verbindungen auf Produkteigenschaften (Funktion, Montage-, Demontageaufwand) keine Vorgehensweise zur systematischen Gestaltung von Verbindungen etabliert hat. Diese Arbeit befasst sich mit einem Ansatz zur systematischen Gestaltung von Verbindungen.

Gestaltbestimmende Größen

Die Gestalt einer Verbindung wird bestimmt durch:

- die Gestalt und das Material der Verbindungspartner,
- die zwischen den Verbindungspartnern zu verhindernden Bewegungen (hier werden nur Verbindungen betrachtet, die alle Bewegungen verhindern),
- die Lasten, die übertragen werden sollen.

Verbindungsbetrachtung

Zur genaueren Betrachtung und Differenzierung von Verbindungen wurde der Prozess Verbinden in die Teilprozesse *Zusammenfassen* (der Verbindungspartner) und *Schließen* (der noch verbleibenden Bewegungen) untergliedert. Analog dazu wurde der Prozess Verbindungslösen in *Schlusslösen* und *Entfügen* unterteilt.

Diese Teilprozesse können direkt dem strukturellen Aufbau der Verbindung (*Verbindungsprinzip*) und dem Wirkprinzip des Schlusses (*Schlusswirkprinzip*) zugeordnet werden. Die in Deutschland verfasste Literatur teilt Verbindungen im Allgemeinen in die Schlussarten *Stoffschluss*, *Formschluss* und *Kraftschluss* ein. Die in dieser Arbeit hinsichtlich des Schlusses festgelegte Einteilung bezieht sich auf die erforderlichen Wirkprinzipien.

Die Schlussart *Stoffschluss* wurde in die Schlusswirkprinzipien *Kohäsion* und *Adhäsion* unterteilt. *Kraftschluss* wurde für die Fälle, in denen die Kraft nur berührend übertragen werden kann, mit *Formschluss* kombiniert. Das dem zugrunde liegende Schlusswirkprinzip wurde mit *Mechanik* bezeichnet. Die verbleibenden Möglichkeiten der Schlussart *Kraftschluss* wurden als Schlussart *Kraftfeld* definiert. Ihm sind die Wirkprinzipien zugeordnet, durch die eine berührungslose Kraftübertragung möglich ist (z.B. Magnetismus). Die Schlussart *Kraftfeld* ist für statische Anwendungen interessant (Gravitation). Bei dynamischen Anwendungen wird es überwiegend für kurzfristig erforderliche Verbindungen eingesetzt (z.B. Montagesauggreifer). Aufgrund des ständig erforderlichen Kraftfeldes ist diese Schlussart für die konventionelle Verbindungstechnik unbedeutend und wird im Folgenden nicht weiter betrachtet.

Systematische Gestaltung

Bei der Kombination einer Verbindungsprinzipvariante mit einer

Schlusswirkprinzipvariante entsteht ein Verbindungskonzept. Die Varianz von Verbindungskonzepten wird erzeugt durch die Varianz an Verbindungs- und Schlusswirkprinzipien sowie ihrer Kombinierbarkeit. Zur Entwicklung optimaler Verbindungskonzepte sind die Varianten entsprechend auszuwählen und miteinander zu kombinieren. Um zu erkennen, wie die Produktentwicklung unterstützt werden könnte, werden die Parameter aufgelistet, die bei der Verbindungsgestaltung im Allgemeinen bekannt sind:

- geometrische Merkmale der Verbindungspartner und ihrer Schnittstellen,
- geforderte Positionierung der Verbindungspartner im verbundenen Zustand,
- Information darüber, ob die Schnittstellengestalt verändert werden kann.

Abhängig von der Schnittstellengestalt können unterschiedliche Verbindungsprinzipien realisiert werden. Verbindungsprinzipien beschreiben den möglichen strukturellen Aufbau der Verbindung und die sich ergebenden gesperrten Bewegungen bei entsprechenden geometrischen Merkmalen der Schnittstellen. Durch das Auswählen von Varianten wird der Lösungsraum hinsichtlich des Verbindungsprinzips eingeschränkt. Danach werden die möglichen Schlusswirkprinzipien zur Sperrung der verbleibenden Bewegungen ausgewählt. Hierbei kann der Lösungsraum durch die Materialkombination, das gewählte Verbindungsprinzip oder die verfügbaren technischen Ressourcen weiter eingeschränkt werden. Die Schnittstellengestaltung sollte idealerweise in die Verbindungsgestaltung miteinbezogen werden. In einem Schema wurden die möglichen Schnittstellenkombinationen entsprechend ihrer Gestalt von *Punkt - Punkt* über *Fläche - Fläche* bis *Volumen - Volumen* geordnet und die sich daraus ergebenden Verbindungsprinzipien mit Angabe der gesperrten Bewegungen dargestellt. Wenn sich für die gegebenen Verbindungspartner kein



Verbindungsprinzip eignet, können durch folgende konstruktive Maßnahmen andere Verbindungskonzepte relevant werden:

- Modifizierung der Schnittstellen (z.B. Hinzufügen von Löchern),
- Verwenden zusätzlicher Komponenten (Verbindungsmittel),
- Ändern der Schnittstellengeometrie.

Verbindungsoptimierung

Aufgrund der großen Varianz von Verbindungen ist pauschal keine Aussage über die Prozesse Verbinden und zerstörungsfreies Verbindungs lösen bzw. eine Empfehlung zu deren Optimierung möglich. Betrachtet man jedoch die Verbindungs- und Schlusswirkprinzipien getrennt voneinander, können die Teilprozesse des Verbindens und Verbindungs lösen häufig abgeleitet werden. Das Verbindungsprinzip legt fest, ob und welche Bewegungen zum Zusammenfassen oder Entfügen erforderlich sind. Die Teilprozesse Schließen und Schlusslösen hängen vom Schlusswirkprinzip ab. Aus der Kombination der Teilprozesse ergibt sich dann der Verbindungs- bzw. Verbindungs löseprozess.

Schlusswirkprinzip Kohäsion und Adhäsion

Die Teilprozesse Schließen und Schlusslösen sind von der dafür zur Verfügung stehenden Technologie abhängig. Das Verbindungsprinzip basiert meist auf der Schnittstellenkombination Fläche – Fläche wodurch pro Verbindungspartner jeweils nur eine Bewegungsrichtung gesperrt wird (die Bewegung in Richtung des Verbindungspartners). Die Prozesse Verbinden und Verbindungs lösen werden ausschließlich durch die Teilprozesse Schließen und Schlusslösen bestimmt. Durch eine Initiierungsgröße zum Schlusslösen die keine Bewegung ist, sondern z.B. eine Temperaturänderung, kann ein berührungsloses

Verbindungs lösen und somit eine neue Demontagestrategie unterstützt werden.

Schlusswirkprinzip Mechanik

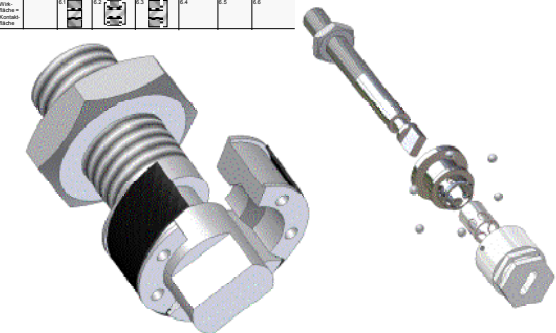
Die Teilprozesse Schließen und Schlusslösen können durch eine bestimmte Kinematik (wie bei Schraube, Vierteldrehverschluss) realisiert werden, aber auch durch bestimmte Technologien (wie bei Niet, Schließringbolzen). Das Verbindungsprinzip erlaubt nur wenige Bewegungen. Durch den Schluss wird häufig nur eine einzige Bewegung verhindert. Die Verbindungs- und Verbindungs löseprozesse werden dadurch optimiert, dass das Verbindungsprinzip und das Schlusswirkprinzip so aufeinander abgestimmt werden, dass die Teilprozesse Zusammenfassen und Schließen sowie Schlusslösen und Entfügen durch die gleiche Initiierungsgröße (z.B. Bewegung) erfolgen (wie bei Schraubverbindungen). Eine weitergehende Optimierung besteht darin, diese Teilprozesse durch eine einzige, gemeinsame Initiierungsgröße zu realisieren (siehe Beispiel in Bild 1).



Bild 1: Verbindersystem für Schläuche: Verbinden durch Druck-, Verbindungs lösen durch Zugbewegung eingeleitet über den roten Ring



Verbindungsprinzip	Schlusswirkprinzip	Werkstoff	Komponente 1		Komponente 2		Werkstoffkombi		Werkstoffkombi	
			1	2	1	2	1	2	1	2
Kohäsion	Adhäsion	Kunststoff	1	2	1	2	1	2	1	2
			2	1	2	1	2	1	2	
Mechanisch	Kohäsion	Metall	1	2	1	2	1	2	1	2
			2	1	2	1	2	1	2	
Mechanisch	Adhäsion	Kunststoff	1	2	1	2	1	2	1	2
			2	1	2	1	2	1	2	
Mechanisch	Mechanisch	Metall	1	2	1	2	1	2	1	2
			2	1	2	1	2	1	2	



Technische Universität Berlin
KONSTRUKTIONSTECHNIK UND ENTWICKLUNGSMETHODIK
- Sekr. H10 -
Prof. Dr.-Ing. Lucienne Blessing
Straße des 17. Juni 135
10623 Berlin

www.ktem.tu-berlin.de

Dipl.-Ing. Jan Klett
☎ (030) 314 -26686
FAX (030) 314 26481
e-mail: jan.klett@ktem.tu-berlin.de