

ARBEITSWISSENSCHAFTLICHE ERKENNTNISSE

Forschungsergebnisse für die Praxis

Stellteile

Dangelmaier, M.; Muntzinger, W.F.; Solf, J. J.

Eignung von handbetätigten Stellteilen für translatorische und rotatorische Stellbewegungen

Inhalt

- 1 Einführung**
- 2 Begriffe**
 - 2.1 Anordnung von Stellteilen, Bewegungsart und Betätigungsrichtung
 - 2.2 Greifart
 - 2.3 Kopplungsart
 - 2.4 Eingabeform
- 3 Klassifizierung der Stellteile**
- 4 Bewertung der Eignung von Stellteilen**
 - 4.1 Leistungskriterien
 - 4.2 Kommunikative Kriterien
 - 4.3 Sicherheitstechnische Kriterien
- 5 Praktische Anwendung**
 - 5.1 Vorgehensweise
 - 5.1.1 Überprüfung
 - 5.1.2 Korrektur
 - 5.1.3 Konzeption und Optimierung
- 6 Fallbeispiele**
 - 6.1 Überprüfung und korrekatives Vorgehen
 - 6.2 Konzeptives Vorgehen
- 7 Schrifttum**

Ergebnisse aus dem im Auftrag des Bundesministers für Arbeit und Sozialordnung, Bonn, und der Bundesanstalt für Arbeitsschutz, Dortmund, durchgeführten Forschungsvorhaben, dargestellt in den Forschungsberichten Nr. 196, 213, 331, 381, 410 und 494 der Bundesanstalt für Arbeitsschutz von

Bullinger, H.-J., Solf, J.J.

Ergonomische Arbeitsmittelgestaltung I, Systematik

Bullinger, H.-J., Kern, P., Solf, J.J.

Reibung zwischen Hand und Griff

Fährnrich, K.P., Kern, P., Solf, J.J.

Ergonomische Kenngrößen für Umfassungsgreifarten

Denkert, H., Fährnrich, K.P., Kern, P., Solf, J.J.

Ergonomische Kenngrößen für Zufassungsgreifarten

Bandera, J.E., Kern, P., Solf, J.J.

Ergonomische Kenngrößen für Kontaktgreifarten

Bandera, J.E., Kern, P., Solf, J.J.

Leitfaden zur Auswahl, Anordnung und Gestaltung von kraftbetonten Stellteilen

Nachdruck und auszugsweise Wiedergabe nur mit ausdrücklicher vorheriger Zustimmung der Bundesanstalt für Arbeitsschutz, Dortmund, gestattet.

1 Einführung

In DIN 33 401 /7/ werden Stellteile definiert als „Elemente an Arbeitsmitteln, die beim Stellen eine Veränderung des Informations-, Energie- und/oder Stoffflusses bzw. einer Position bewirken. Sie können auch der Lageeinstellung von Bauteilen dienen“.

Stellteile sind also Verbindungsstellen zum Menschen im Arbeitssystem. Über sie greift der Mensch in das Arbeitsgeschehen ein. Ihre Gestaltung hat wesentlichen Einfluß auf die mit der Stellaufgabe verbundene Belastung des Menschen und auf das Arbeitsergebnis.

Im folgenden werden die Grundlagen zur Beurteilung der Eignung von Stellteilen hinsichtlich der Anforderungen aus der Arbeitsaufgabe und Arbeitsumgebung vermittelt. Das Vorgehen bei der Überprüfung sowie bei der korrektiven und konzeptiven Auswahl von Stellteilen wird dargestellt und an zwei Fallbeispielen demonstriert.

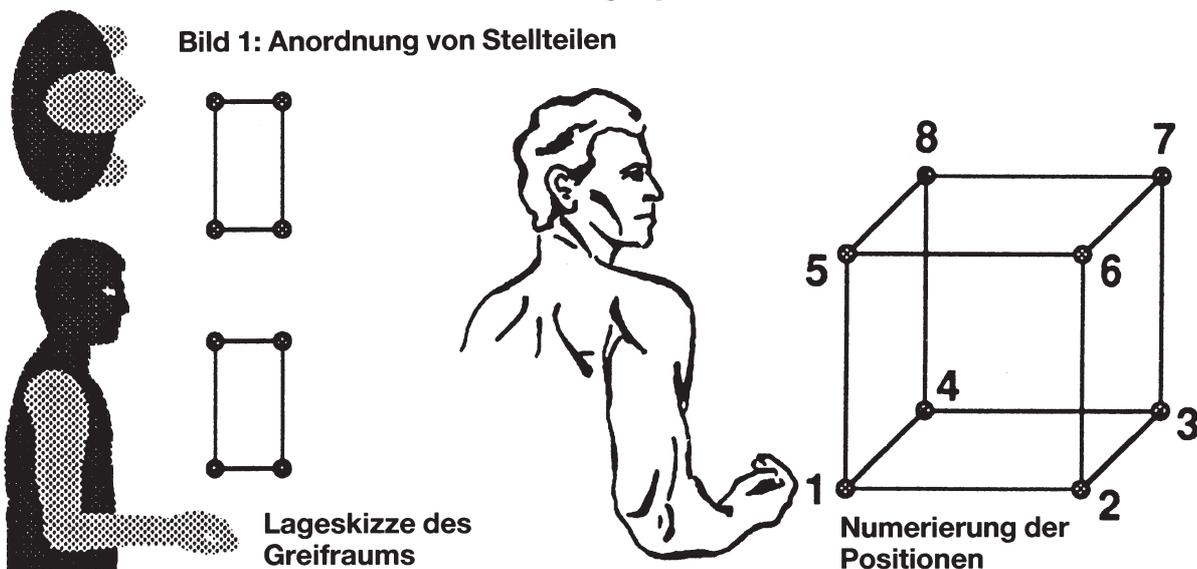
2 Begriffe

2.1 Anordnung von Stellteilen, Bewegungsart und Betätigungsrichtung

In bezug auf den Menschen kann ein Stellteil in verschiedenen Raumlagen angeordnet werden. **Bild 1** zeigt die 8 Positionen für rechtshändige Betätigung, auf die im folgenden sowie in den Tabellen 1–12 Bezug genommen wird. Die in den „Arbeitswissenschaftlichen Erkenntnissen“ angegebenen Bewertungen der Leistungsgrößen Stellkraft, Stellgenauigkeit und Schnelligkeit beziehen sich auf Position 1. Diese Bewertungen können als gültig für den ganzen Greifbereich nach **Bild 1** angesehen werden. Variationen innerhalb dieses Greifraums werden vernachlässigt. Liegt das Stellteil außerhalb dieses Bereiches, ist dies nicht mehr unbedenklich möglich.

Die Eignung von Stellteilen hinsichtlich der informations- und sicherheitstechnischen Anforderungen ist teilweise von der Anordnung unabhängig, zumindest wenn die Handseite des Stellteils innerhalb des in **Bild 1** dargestellten Greifraums liegt. Ist ersteres nicht der Fall, so ist im folgenden die Eignung in Abhängigkeit von der Anordnung angegeben.

Beim Stellen unterscheidet man zwei Bewegungsarten. Translatorische Stellbewegungen erfolgen längs einer Achse, rotatorische Bewegungen erfolgen um eine Achse. Die überwiegende Anzahl von Stellteilen läßt sich in eine dieser beiden Kategorien exakt einordnen. Translatorische Stellteile kommen nach dieser Definition wesentlich seltener zur Anwendung als die rotatorischen, da Drehbewegungen technisch meist einfacher zu realisieren sind als Linearbewegungen.

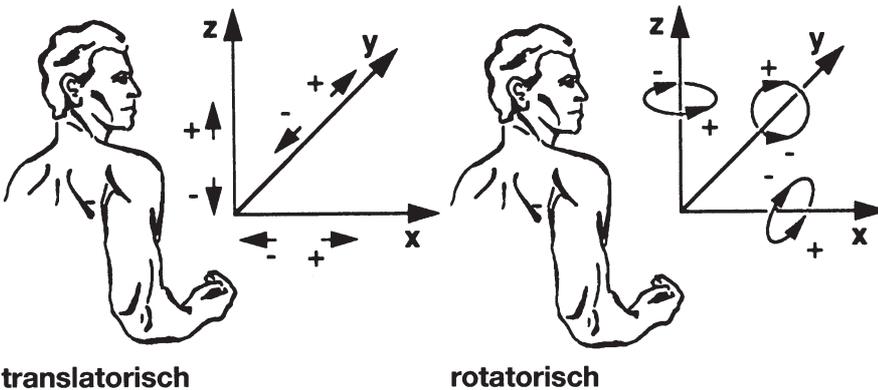


Einige der rotatorischen Stellteile sind so gestaltet, daß ihre Handseiten sich in guter Näherung längs einer Geraden bewegen. Diese werden im folgenden auch unter die translatorischen Stellteile eingeordnet, da sie aus der Sicht des Benutzers translatorisch betätigt werden.

Die Betätigungsachse kann im allgemeinen eine beliebige Winkellage im Raum relativ zum Menschen einnehmen. In der Praxis sind jedoch hauptsächlich drei ausgezeichnete Lagen anzutreffen, die durch die drei Koordinatenachsen **x**, **y** und **z** in **Bild 2** repräsentiert werden.

Die Bewegung kann bezüglich einer Achse in zwei Richtungen unterschiedlich orientiert sein. Die Bezeichnung der Orientierung mit + und - folgt den allgemeinen Konventionen in Mathematik und Technik.

Durch die Betätigungsachse und die Orientierung der Stellbewegung ist die Betätigungsrichtung gegeben.



translatorisch

rotatorisch

Bild 2: Betätigungsrichtungen

Nach **Bild 3** kann die Kopplung am Stellteil auf unterschiedliche Weise erfolgen. Man unterscheidet die Kopplung mit den Fingern von der Kopplung mit der Hand. Die Greifart wird dabei unterschieden nach Kontakt-, Zufassungs- und Umfassungsgriff.

2.2 Greifart

Eine Unterteilung der Finger-Greifarten nach der Anzahl der koppelnden Finger ist möglich, wird aber im folgenden nicht verwendet.

Kontakt-Griff	Zufassungs-Griff	Umfassungs-Griff
<p>Finger</p>	<p>2 Finger</p>	
<p>Daumen</p>	<p>3 Finger</p>	<p>Finger</p>
<p>Hand</p>	<p>Hand</p>	<p>Hand</p>

Bild 3: Greifarten

2.3 Kopplungsart

Bei der formschlüssigen Kopplung wird die Stellkraft im wesentlichen in Normalrichtung zur Kopplungsfläche auf das Stellteil übertragen. Bei der reibschlüssigen Kopplung erfolgt die Kraftübertragung parallel zur Kopplungsfläche, d. h. durch Reibung.

Für die reibschlüssige Kopplung ist ein angemessener Reibungsbeiwert zu gewährleisten. **Bild 4** zeigt Reibungsbeiwerte für verschiedene Werkstoffe und verschiedene Oberflächenstrukturen bei Kontaktgriff und Zufassungsgriff. Die maximal aufbringbare Stellkraft berechnet sich als Produkt aus dem Reibungsbeiwert und der Normalkraft. Überschreitet die Stellkraft diesen Wert, so gleitet man vom Stellteil ab.

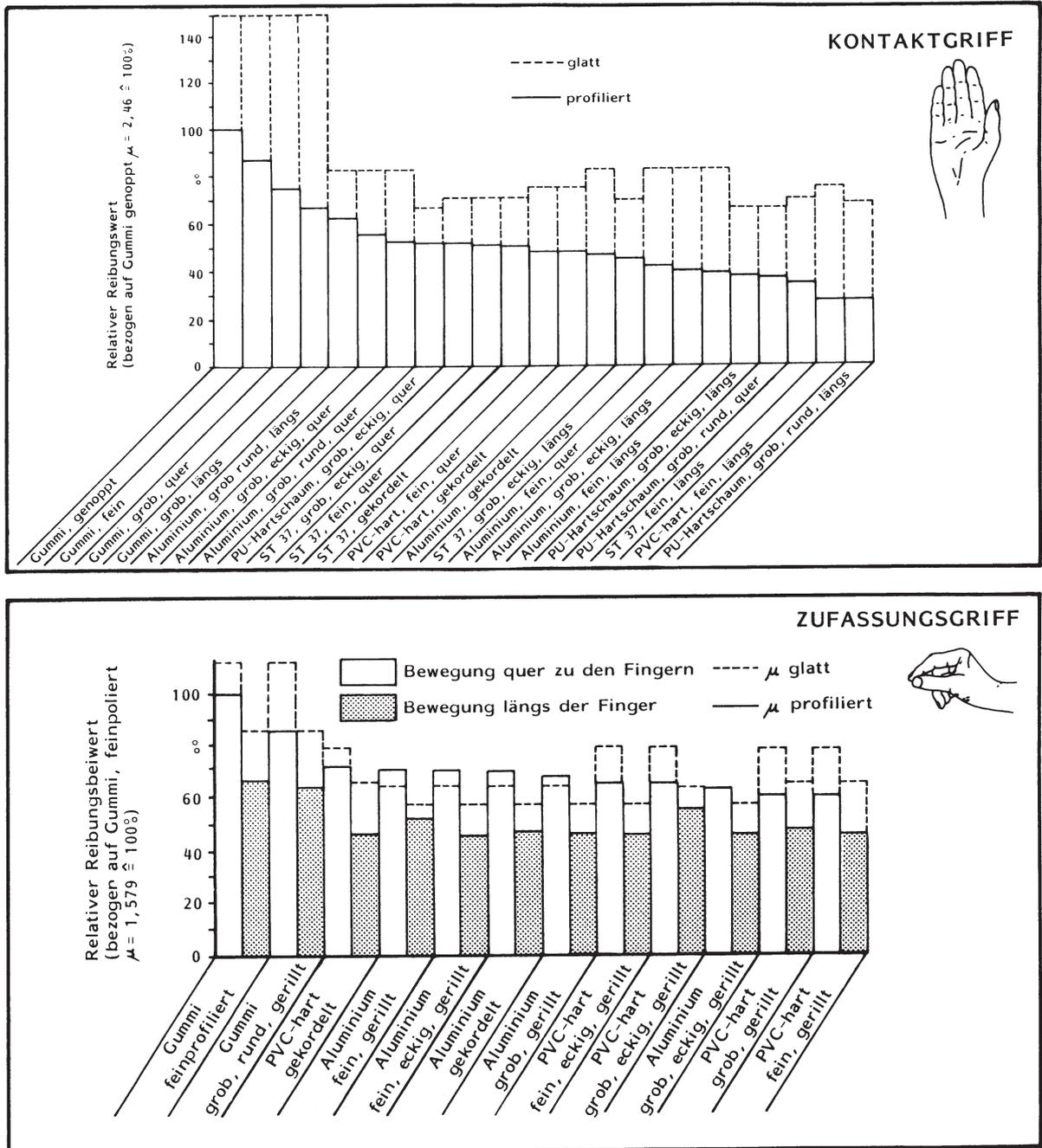


Bild 4: Reibungsbeiwerte nach /3/

Die Eingabe kann kontinuierlich oder diskret erfolgen. Bei der diskreten Eingabeform kann das Stellteil nur in endlich viele Stellungen gebracht werden. Im kontinuierlichen Fall sind beliebige Zwischenstellungen möglich. Mit diskreten Stellteilen werden Stellgrößen in Stufen verändert, mit kontinuierlichen Stellteilen dagegen stufenlos.

2.4 Eingabeform

Grundsätzlich kann jedes Stellteil durch Änderung der technischen Ausführung diskret oder kontinuierlich eingesetzt werden. Eine Zuordnung von Gestaltungsalternativen zu einer der beiden Eingabeformen ist daher nicht zwingend.

Durch Greifart und Kopplungsart kann man die Stellteile klassifizieren. **Bild 5** zeigt die Menge aller möglichen Klassen. Die rotatorischen formschlüssigen Stellteile in den Zufassungs- und Umfassungs-Greifarten sind dort zudem unterteilt in solche vom Typ „Kurbel“, die große Stellbewegungen ohne Um- oder Nachgreifen zulassen, und solche, die bei großen Betätigungswinkeln, z. B. größer als 180°, ein Um- oder Nachgreifen erfordern.

3 Klassifizierung der Stellteile

In dieses Raster lassen sich im allgemeinen alle Stellteile sinnvoll einordnen. Bei einigen Stellteilen sind mehrere Greifarten möglich. Diese sind dann unter der bevorzugten Greifart einzuordnen.

Nicht alle Klassen sind in der Praxis gleich stark besetzt. Die Finger-Umfassung rotatorisch kommt praktisch nie vor. Finger-Kontakt oder Finger-Zufassung rotatorisch sind dagegen sehr häufig anzutreffen. In **Bild 5** sind die für die Praxis relevanten Klassen markiert.

Bewegungsart	translatorisch											
	Kontakt				Zufassung				Umfassung			
Greifart	Finger		Hand		Finger		Hand		Finger		Hand	
	Kopplungsart	F	R	F	R	F	R	F	R	F	R	F
Praxisrelevanz	x	x	x		x	x	x		x		x	x

F: Formschluß
R: Reibschluß

Bewegungsart	rotatorisch															
	Kontakt				Zufassung						Umfassung					
Greifart	Finger		Hand		Finger			Hand			Finger			Hand		
	Kopplungsart	F	R	F	R	F	F	R	F	F	R	F	F	R	F	F
Umgreifen od. Nachgreifen erforderlich ?					n	j		n	j		n	j		n	j	
Praxisrelevanz	x	x	x		x	x	x	x	x	x				x	x	x

Bild 5: Klassifikation von Stellteilen

4 Bewertung der Eignung von Stellteilen

Für die konstruktive und ergonomische Praxis kennzeichnen folgende neun Kriterien die Eignung eines Stellteils für eine Stellaufgabe:

die Leistungskriterien

- Stellkraft bzw. Stellmoment,
- Stellgenauigkeit,
- Schnelligkeit;

die „kommunikativen“ Kriterien

- visuelle Erkennbarkeit der Einstellung,
- Tastbarkeit der Einstellung;

sowie die sicherheitstechnischen Kriterien

- unbeabsichtigtes Stellen,
- Abgleiten vom Stellteil,
- Stellmöglichkeit mit Handschuh,
- Reinigungsmöglichkeit.

Da die Leistungskriterien hauptsächlich von der Greifart und der Kopplungsart abhängen, wurde ihre Bewertung auf die Klassen nach **Bild 5** bezogen. Die übrigen Kriterien hängen auch wesentlich von der Stellteilgestalt ab. Deshalb wurden hier jeweils sechs Gestaltungsalternativen bewertet, wobei je drei Alternativen für die diskrete und die kontinuierliche Eingabeform stehen.

Die Zuordnung von Werten erfolgt anhand der 5stufigen semantischen Skala nach **Bild 6**. Der Übersichtlichkeit wegen werden im folgenden die graphischen Symbole verwendet. Bei der Anwendung ist die numerische Darstellung aus Zeitgründen die günstigste.

Symbole		Bedeutung
0		ungeeignet
1		nur für geringe Anforderungen geeignet
2		für geringe Anforderungen gut geeignet
		für mittlere Anforderungen noch geeignet
3		für mittlere Anforderungen gut geeignet
		für hohe Anforderungen noch geeignet
4		für hohe und höchste Anforderungen geeignet
		uneingeschränkt geeignet

Bild 6: Semantische Skala zur Bewertung von Stellteilen bezüglich der Eignungskriterien

Die Bewertung der Leistungskriterien mittels dieser Skala ist in **Bild 10 und 11** wiedergegeben. Die Bewertung der kommunikativen und sicherheitstechnischen Kriterien ist Gegenstand der **Tabellen 1-12**. Für die korrekte Interpretation und Anwendung ist folgendes zu beachten:

Die Leistungskriterien haben primär ihre Beziehung zur Systemleistung. Eine Eignung des Stellteils hinsichtlich der Leistungskriterien ist wesentliche Voraussetzung für die Ausführbarkeit der Stellaufgabe und somit für die Funktion und Leistungsfähigkeit des Systems.

Für Stellkraft und Stellmoment liegen eine Reihe von Daten aus Experimenten vor /1, 5, 6/, die in /2/, praxisgerecht aufgearbeitet, in Form von Dauerleistungsgrenzwerten für statische Haltekräfte zusammengestellt wurden. Die Spanne der vorliegenden Werte wurde zu einer 5stufigen Skalierung der Kräfte bzw. Momente nach **Bild 7** herangezogen. Die angegebenen Dauerleistungskräfte betragen 15 % der gemessenen mittleren ausbringbaren Maximalkräfte.

Die statische Stellkraft ist unabhängig von der Eingabeform.

4.1 Leistungskriterien

Stellkraft bzw. Stellmoment

Symbol	Stellkräfte in N Stellmomente in Nm	Bedeutung
1 	< 10 N	sehr gering bis vernachlässigbar
	< 50 Ncm	
2 	≥ 10 bis < 25 N	gering
	≥ 50 bis < 150 Ncm	
3 	≥ 25 bis < 50 N	gering bis mittel
	≥ 150 bis < 300 Ncm	
4 	≥ 50 bis < 80 N	mittel bis hoch
	≥ 300 bis < 500 Ncm	
5 	≥ 80 N	hoch bis sehr hoch
	≥ 500 Ncm	

* Dauerleistungswerte (= Maximalwerte x 0,15)

Bild 7: Skala zur Bewertung von ausbringbaren Stellkräften an Stellteilen

Unter Stellgenauigkeit bei kontinuierlicher Eingabeform versteht man intuitiv den reziproken Fehler bei der Durchführung eines Stellvorgangs. Der Fehler kann unterschiedlich definiert werden. Bei einer kontinuierlichen Folgeregelung (tracking) kann z. B. die mittlere quadratische Abweichung vom Sollverlauf herangezogen werden. Ist dagegen ein bestimmter vorgegebener Wert möglichst exakt einzustellen, so ist die Abweichung der Endeinstellung von diesem Wert ein Fehlermaß. Damit ist die Stellgenauigkeit sowohl von der Stellaufgabe, dem bevorzugten Fehlermaß, der mit dem Stellteil anzusteuern den Regelstrecke sowie von der Rückkopplung des Stellergebnisses zum Menschen abhängig.

Stellgenauigkeit

Losgelöst vom Einsatzfall in einem bestimmten Regelkreis konnte nur der relative Einfluß der Greifart und Kopplungsart des Stellteils sowie der Bewegungsrichtung bewertet werden.

Dabei gilt: Ungünstige Haltungen im Hand-Arm-System beim statischen Koppeln am Stellteil im Greifbereich nach **Bild 1**, Behinderungen der Stellbewegung sowie Stellbewegungen, die mit der natürlichen Kinematik des Hand-Arm-Systems nicht vereinbar sind, schränken die Eignung für genaue Stellbewegungen ein.

Feinmotorische Stellbewegungen sind genauer als grobmotorische. Für hochgenaue fingerdynamische Stellbewegungen ist eine Abstützung des Unterarmes bzw. der Hand erforderlich.

Bei diskreter Eingabeform gelten die in **Bild 11** angegebenen Bewertungen nicht. Als Maß für die Stellgenauigkeit kann hier die reziproke Wahrscheinlichkeit einer Fehlbedienung verstanden werden. Diese Wahrscheinlichkeit steigt sicher in erster Linie linear mit der Anzahl der wählbaren Stellungen des Stellteils an. Zugleich hängt sie aber auch wiederum von der visuellen Erkennbarkeit und Tastbarkeit der Einstellung ab.

Schnelligkeit

Der Zeitbedarf zum Ausführen eines Stellvorgangs setzt sich zusammen aus einem Anteil für das Zugreifen sowie der Stellzeit. Abhängig von der Stellaufgabe besitzen beide eine gewisse Bedeutung für die Systemleistung. In die Bewertung der Schnelligkeit geht die Zugriffsschnelligkeit und die Stellschnelligkeit daher mit gleicher Gewichtung ein.

Die Zugriffsschnelligkeit ist von der Greif- und Kopplungsart abhängig, die Stellzeit von der Greifart und der Bewegungsrichtung (Achslage und Orientierung). Im rotatorischen Fall geht in die Stellzeit noch der Zeitbedarf für das Um- und Nachgreifen mit ein.

Bei der Beurteilung der Stellgeschwindigkeit wurden periodische Stellbewegungen zugrundegelegt. Im rotatorischen Fall konnte dabei endlos immer in dieselbe Richtung gedreht werden, während im translatorischen Fall eine Hin- und Herbewegung ausgeführt werden mußte. Der Kehrwert der Stellzeit pro Bewegungszyklus ist ein Maß für die Stellschnelligkeit.

4.2 Kommunikative Kriterien

Die Eignung bezüglich der kommunikativen Kriterien trägt zur Optimierung der Steuer- und Regelleistungen des Menschen sowie zur Vermeidung von Fehlleistungen bei. Der Mensch erhält über das Stellteil Informationen über die Einstellung und kann sowohl Rückschlüsse auf Systemzustände ziehen als auch Systemreaktionen bei entsprechenden Stellaktionen vorhersehen.

Visuelle Erkennbarkeit der Einstellung

Für die visuelle Erkennbarkeit der Einstellung sind die Formmerkmale des Stellteils entscheidend. Dies gilt insbesondere für die rotatorischen Stellteile. Außerdem ist sie von der Lage des Stellteils relativ zum Auge abhängig, so daß die Betätigungsachse und die Anordnung des Stellteils sich stark auswirken. Bei den in Flächen integrierten Stellteilen ist eine gute Erkennbarkeit nur dann gegeben, wenn die Blickrichtung ausreichend steil zur Einbau-

fläche verläuft. Bei sehr klein ausgeführten Stellteilen sind die Bewertungen gegenüber den Angaben in den Tabellen geringer anzusetzen. Die Bewertungen setzen gute Beleuchtung voraus. Es wurde davon ausgegangen, daß die Sicht auf das Stellteil nicht behindert ist, insbesondere daß eine Sichtverdeckung durch eine am Stellteil koppelnde Hand nicht vorliegt. Durch Anbringung von geeigneten Markierungen an Stellteilen kann die Erkennbarkeit der Einstellung in vielen Fällen verbessert werden.

Für die Tastbarkeit der Einstellung sind entsprechende Formmerkmale am Stellteil verantwortlich, deren Lage sich mit der Einstellung verändert.

Die sicherheitstechnischen Kriterien sind hinsichtlich der Arbeitssicherheit und der Hygiene relevant.

Die Gefahr des unbeabsichtigten Stellens ergibt sich durch herausragende Formelemente des Stellteils. Abhängig von der Anordnung im Greifraum (**Bild 1**) und der Übereinstimmung von Betätigungsrichtung des Stellteils und Hauptbewegungsrichtungen von Hand und Unterarm wurde diese Gefahr bewertet.

Eine hohe Sicherheit gegen das Abgleiten der Hand vom Stellteil ist gegeben, wenn durch Formelemente des Stellteils und die Greifart eine form-schlüssige Kopplung der Hand in allen Betätigungsrichtungen gewährleistet ist. Reibschlüssige Kopplungsanteile dagegen führen zu einer Gefahr des Abgleitens.

Um für das Stellen mit Handschuhen geeignet zu sein, muß ein Stellteil eine entsprechend dimensionierte Kopplungsfläche aufweisen. Der Zugriff darf nicht durch Formelemente des Stellteils, wie z. B. Bügel, behindert sein. Außerdem ist beim Tragen von Handschuhen mit einer Verminderung der Fähigkeit zur Ausführung feinmotorischer und sensomotorischer Stellaufgaben zu rechnen. Soweit möglich, wurde dies bei der Bewertung bereits berücksichtigt.

Die Reinigungsmöglichkeit ist durch die Formmerkmale eines Stellteils bestimmt. Sind alle Formelemente für die Reinigung zugänglich, so sind die Reinigungsmöglichkeiten optimal. Strukturierte Oberflächen erschweren die Reinigung.

Im allgemeinen sind bei der Gestaltung von Arbeitsmitteln bezüglich der Stellteile vier Aufgabenstellungen anzutreffen:

- die Stellteilkonzeption bei der Neukonstruktion (Konzeption),
- das Überprüfen von Stellteilen, z. B. im Fall von Beanstandungen (Überprüfung),
- die korrektive Beseitigung von Mängeln eines Ist-Zustandes (Korrektur),
- die ergonomische und sicherheitstechnische Optimierung des Ist-Zustandes (Optimierung).

Das Vorgehen bei der Bearbeitung dieser Aufgabenstellungen sowie zwei Fallbeispiele werden im folgenden behandelt.

Tastbarkeit der Einstellung

4.3 Sicherheits- technische Kriterien

Unbeabsichtigtes Stellen

Abgleiten vom Stellteil

Stellmöglichkeit mit Handschuh

Reinigungs- möglichkeit

5 Praktische Anwendung

5.1 Vorgehensweise

Aus der Arbeitsaufgabe und den Umgebungsbedingungen resultieren Anforderungen an die Stellteile. Diesen Anforderungen steht eine gewisse Eignung bestimmter Stellteile gegenüber. Nur wenn die Eignung mindestens den Anforderungen entspricht, ist mit einem zufriedenstellenden Arbeitsergebnis zu rechnen.

Im ersten Schritt werden die Anforderungen an das Stellteil spezifiziert. Im zweiten Schritt wird überprüft, ob ein ausgewähltes Stellteil für diese Anforderungen geeignet ist. Ist dies nicht der Fall, muß ein anderes Stellteil ausgewählt und der Vorgang wiederholt werden. Dieser iterative Vorgang bricht ab, wenn ein geeignetes Stellteil gefunden ist.

In **Bild 8** ist die Abfolge differenziert nach den vier Aufgabenstellungen im Flußdiagramm dargestellt.

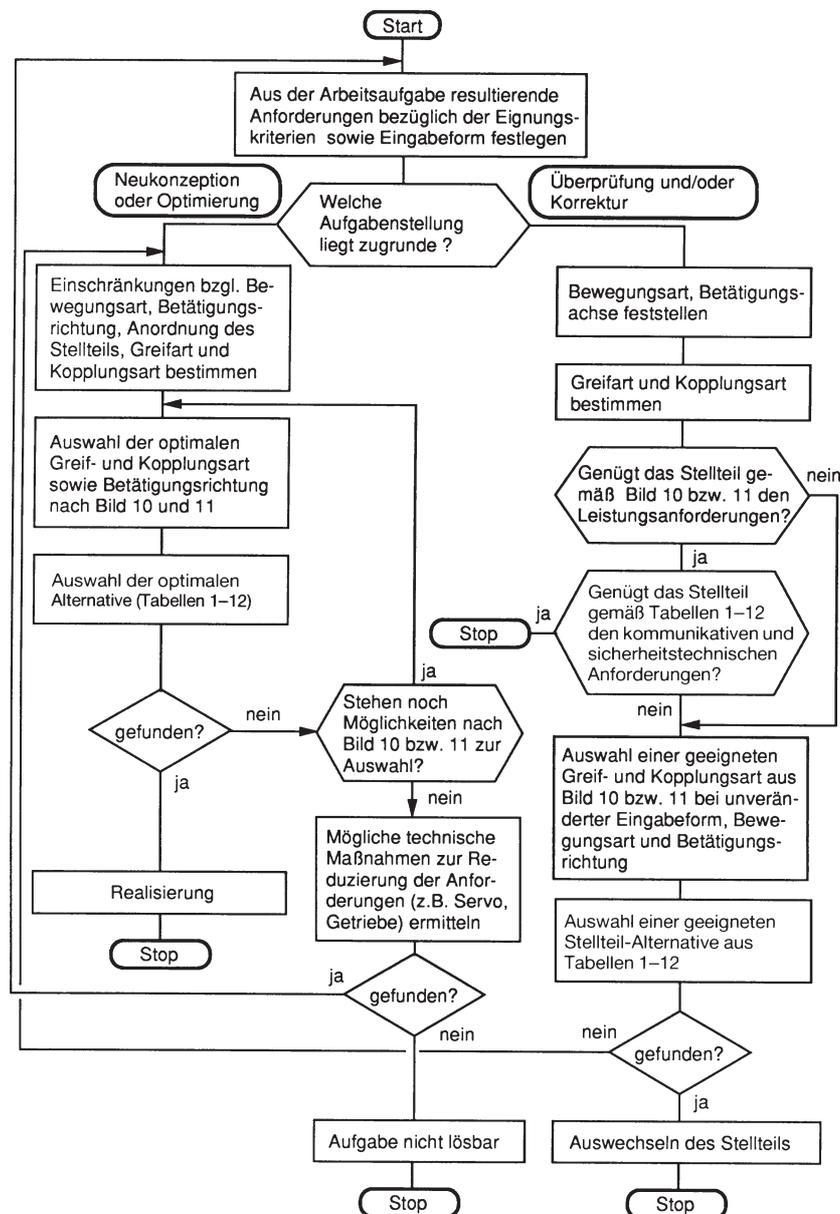


Bild 8: Praktisches Vorgehen bei der Auswahl von Stellteilen

Unabhängig von der Aufgabenstellung sind zunächst die Anforderungen festzulegen. Dies erfolgt nach **Bild 9**. Neben den Anforderungen bezüglich der bekannten neun Eignungskriterien können dort auch weitere Kriterien angegeben und Sonderanforderungen spezifiziert werden.

Kriterium	Einstufung	
Stellkraft bzw. Stellmoment	<input type="checkbox"/>	<input type="radio"/>
Stellgenauigkeit	<input type="checkbox"/>	<input type="radio"/>
Schnelligkeit	<input type="checkbox"/>	<input type="radio"/>
visuelle Erkennbarkeit der Einstellung	<input type="checkbox"/>	<input type="radio"/>
Tastbarkeit der Einstellung	<input type="checkbox"/>	<input type="radio"/>
Abgleiten vom Stellteil	<input type="checkbox"/>	<input type="radio"/>
Unbeabsichtigtes Stellen	<input type="checkbox"/>	<input type="radio"/>
Stellmöglichkeit mit Handschuh	<input type="checkbox"/>	<input type="radio"/>
Reinigungsmöglichkeit	<input type="checkbox"/>	<input type="radio"/>
	<input type="checkbox"/>	<input type="radio"/>

Einstufung	Bedeutung	
0	<input type="radio"/>	keine Anforderungen
1	<input type="radio"/>	nur geringe Anforderungen
2	<input type="radio"/>	geringe bis mittlere Anforderungen
3	<input type="radio"/>	mittlere bis hohe Anforderungen
4	<input type="radio"/>	hohe und höchste Anforderungen

Bild 9: Formular zur Spezifikation von Anforderungen an Stellteile

5.1.1 Überprüfung

Bei der Überprüfung wird das Stellteil zunächst nach **Bild 5** klassifiziert. Anhand von **Bild 10 bzw. 11** kann man dann ermitteln, ob das Stellteil den Leistungsanforderungen genügt. Ist dies der Fall, so zieht man die der Bewegungsart und Bewegungsachse entsprechend den Tabellen 1–12 heran und sucht unter den ermittelten Klassifizierungsmerkmalen eine möglichst dem Stellteil entsprechende Gestaltungsalternative. Dort wird dann die Eignung bezüglich der kommunikativen und sicherheitstechnischen Kriterien überprüft.

Werden die Anforderungen durch das Stellteil nicht erfüllt, so sollte eine Korrektur des Ist-Zustandes vorgenommen werden.

Translatorische Stellbewegung		Kontakt		Zufassung				Umfassung								
				Finger		Hand		Finger		Hand			Finger		Hand	
		F	R	F	R	F	R	F	R	F	R		F	R	F	R
	Stellkraft	+	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○	Horizontal-Frontal-Achse Tab. 1 + 2		
	Stellgenauigkeit	+	● ● ● ●	● ● ● ●	● ● ● ●	● ● ● ●	● ● ● ●	● ● ● ●	● ● ● ●	● ● ● ●	● ● ● ●	● ● ● ●	● ● ● ●			
	Schnelligkeit	+	● ● ● ●	● ● ● ●	● ● ● ●	● ● ● ●	● ● ● ●	● ● ● ●	● ● ● ●	● ● ● ●	● ● ● ●	● ● ● ●	● ● ● ●			
	Stellkraft	+	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○	Sagittal-Horizontal-Achse Tab. 3 + 4			
	Stellgenauigkeit	+	● ● ● ●	● ● ● ●	● ● ● ●	● ● ● ●	● ● ● ●	● ● ● ●	● ● ● ●	● ● ● ●	● ● ● ●	● ● ● ●		● ● ● ●		
	Schnelligkeit	+	● ● ● ●	● ● ● ●	● ● ● ●	● ● ● ●	● ● ● ●	● ● ● ●	● ● ● ●	● ● ● ●	● ● ● ●	● ● ● ●		● ● ● ●		
	Stellkraft	+	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○	Frontal-Sagittal-Achse Tab. 5 + 6			
	Stellgenauigkeit	+	● ● ● ●	● ● ● ●	● ● ● ●	● ● ● ●	● ● ● ●	● ● ● ●	● ● ● ●	● ● ● ●	● ● ● ●	● ● ● ●		● ● ● ●		
	Schnelligkeit	+	● ● ● ●	● ● ● ●	● ● ● ●	● ● ● ●	● ● ● ●	● ● ● ●	● ● ● ●	● ● ● ●	● ● ● ●	● ● ● ●		● ● ● ●		

F: Formschluß R: Reibschluß

Bild 10: Bewertung translatorischer Stellteile bezüglich der Leistungskriterien

Rotatorische Stellbewegung		Kontakt		Zufassung				Umfassung								
				Finger		Hand		Finger		Hand			Finger		Hand	
		F	R	F	R	F	R	F	R	F	R		F	R	F	R
Umgreifen (ja, nein)				n	j	n	j	n	j	n	j	n	j			
	Stellmoment	+	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○	Horizontal-Frontal-Achse Tab. 7 + 8		
	Stellgenauigkeit	+	● ● ● ●	● ● ● ●	● ● ● ●	● ● ● ●	● ● ● ●	● ● ● ●	● ● ● ●	● ● ● ●	● ● ● ●	● ● ● ●	● ● ● ●		● ● ● ●	
	Schnelligkeit	+	● ● ● ●	● ● ● ●	● ● ● ●	● ● ● ●	● ● ● ●	● ● ● ●	● ● ● ●	● ● ● ●	● ● ● ●	● ● ● ●	● ● ● ●		● ● ● ●	
	Stellmoment	+	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○	Sagittal-Horizontal-Achse Tab. 9 + 10		
	Stellgenauigkeit	+	● ● ● ●	● ● ● ●	● ● ● ●	● ● ● ●	● ● ● ●	● ● ● ●	● ● ● ●	● ● ● ●	● ● ● ●	● ● ● ●	● ● ● ●		● ● ● ●	
	Schnelligkeit	+	● ● ● ●	● ● ● ●	● ● ● ●	● ● ● ●	● ● ● ●	● ● ● ●	● ● ● ●	● ● ● ●	● ● ● ●	● ● ● ●	● ● ● ●		● ● ● ●	
	Stellmoment	+	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○	Frontal-Sagittal-Achse Tab. 11 + 12		
	Stellgenauigkeit	+	● ● ● ●	● ● ● ●	● ● ● ●	● ● ● ●	● ● ● ●	● ● ● ●	● ● ● ●	● ● ● ●	● ● ● ●	● ● ● ●	● ● ● ●		● ● ● ●	
	Schnelligkeit	+	● ● ● ●	● ● ● ●	● ● ● ●	● ● ● ●	● ● ● ●	● ● ● ●	● ● ● ●	● ● ● ●	● ● ● ●	● ● ● ●	● ● ● ●		● ● ● ●	

F: Formschluß R: Reibschluß

Bild 11: Bewertung rotatorischer Stellteile bezüglich der Leistungskriterien

Nach einer negativ ausgefallenen Überprüfung ist die einfachste korrektive Maßnahme das Auswechseln des Stellteils. Dazu wird aus **Bild 10 bzw. 11** unter Beibehaltung der Bewegungsart und der Betätigungsrichtung, d. h. in der gleichen Zeile, eine geeignete Greif- und Kopplungsart bestimmt. Für diese wird wiederum aus den **Tabellen 1–12** nach einer Gestaltungsalternative gesucht, die die kommunikativen und sicherheitstechnischen Anforderungen erfüllt. Wird keine gefunden, so kann man entweder nochmals nach einer anderen geeigneten Greif- oder Kopplungsart suchen oder man verfährt nach 5.1.3.

5.1.2 Korrektur

Vor der Auswahl eines Stellteils müssen zunächst die aus der Arbeitsaufgabe und den konstruktiven Randbedingungen herrührenden Einschränkungen bezüglich der Betätigungsrichtung, der Anordnung des Stellteils relativ zum Menschen sowie der Greif- und Kopplungsart spezifiziert werden.

5.1.3 Konzeption und Optimierung

Sodann erfolgt die Auswahl der am besten geeigneten Greif- und Kopplungsart sowie Betätigungsrichtung aus **Bild 10 und 11**. Anschließend wird aus den **Tabellen 1–12** unter den sechs zugehörigen Gestaltungsalternativen diejenige ausgewählt, die die informations- und sicherheitstechnischen Anforderungen am besten erfüllt. Existiert eine solche Alternative nicht, muß in **Bild 10 und 11** nach einer anderen Lösung gesucht werden.

Erfüllt kein Stellteil die Anforderungen, so sind diese durch Veränderung am Arbeitsmittel, der Arbeitsumgebung oder der Arbeitsorganisation zu verringern. Zum Beispiel kann am Arbeitsmittel eine Servo-Einrichtung vorgesehen werden, um die erforderliche Stellkraft zu vermindern.

Im folgenden werden zwei Fallbeispiele dargestellt, eines zum korrektiven und eines zum konzeptiven Vorgehen.

6 Fallbeispiele

Für die Betätigung eines in **z**-Richtung liegenden Ventils wurde bislang ein reibschlüssiges Stellteil für die Hand-Zufassung nach DIN 390, Form B (**Bild 12**) verwendet, das sich als Alternative A in **Tabelle 11** wiederfindet. Dieses Ventil wird diskret betätigt: entweder ist es geschlossen oder vollständig geöffnet.

6.1 Überprüfung und korrektives Vorgehen

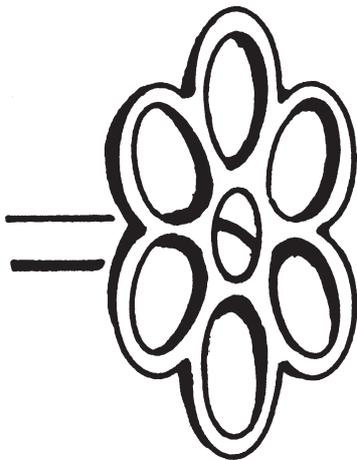


Bild 12: Reibschlüssiges Stellteil für die Hand-Zufassung

Anlaß für eine nähere Beschäftigung mit diesem Fall ist die Tatsache, daß das Ventil nicht dicht schließt. Eine genauere Überprüfung ergibt, daß das Ventil mit einem Stellmoment von 2100 Ncm in jedem Fall dicht verschlossen werden kann. Ein Fehler in der Ventilkonstruktion scheidet damit aus. Ein Blick in **Bild 11** bei der entsprechenden Greifart zeigt, daß das Stellmoment nur mit 1 bewertet wurde. Nach **Bild 7** entspricht das umgerechnet einem Maximalmoment von höchstens 1000 Ncm, das vom durchschnittlichen Anwender mit diesem Stellteil gerade aufgebracht werden kann. Daher ist es nicht verwunderlich, wenn viele Anwender nicht in der Lage sind, das Ventil sicher zu verschließen.

Im nächsten Schritt soll der Mangel durch Auswahl eines geeigneten Stellteils behoben werden. Als Randbedingung ist zu beachten, daß die Einleitung des Stellmoments das Kräftegleichgewicht am technischen System nicht beeinflussen soll. Einseitige Hebel scheidet daher von vornherein aus. Für das Moment von 2100 Ncm ergibt sich aus **Bild 7** eine erforderliche Mindestbewertung für das Kriterium Stellkraft von 3. Zusätzlich soll der Stellvorgang aus Sicherheitsgründen möglichst schnell erfolgen. An die Stellgenauigkeit werden keine Anforderungen gestellt. Das Stellteil wird häufig mit Handschuhen bedient. Das Stellteil sollte hier mindestens für mittlere Anforderungen geeignet sein. Das Abgleiten vom Stellteil sollte ebenfalls aus Sicherheitsgründen möglichst ausgeschlossen sein. Die Gefahr des unbeabsichtigten Stellens ist nicht gegeben, da der Anwender nur beim Stellen unmittelbar in die Nähe des Stellteils kommt.

Aus **Bild 11** entnimmt man, daß bei einer Stellbewegung um die z-Achse als alternative Greifarten hinsichtlich der Momentausbringung die formschlüssige Hand-Zufassung oder die Hand-Umfassung besonders geeignet ist. Ein Blick auf die vorgeschlagenen Alternativen in **Tabelle 11** zeigt, daß nur die Stellteile B und C in der Hand-Zufassung nicht als einseitige Hebel ausgeführt sind. Der Fall C mit integriertem Griff scheidet aus. Es bleibt somit der Fall B. Er erfüllt die Anforderungen hinsichtlich der Betätigung mit Handschuhen und besitzt eine hohe Sicherheit gegen das Abgleiten vom Stellteil.

6.2 Konzeptives Vorgehen

Ein Mischpult für Toningenieure soll neu konzipiert werden. An einem solchen Arbeitsplatz sind eine Vielzahl von Pegeln manuell zu steuern. D.h. die Stellaufgabe ist kontinuierlich. Die Rückkopplung erfolgt hauptsächlich über das Gehör. Die Einstellung sollte jedoch auch visuell an den Stellteilen erkennbar sein. Es werden hohe Anforderungen hinsichtlich der Stellgenauigkeit und der Schnelligkeit gestellt. Unbeabsichtigtes Stellen soll möglichst vermieden werden. Im Pflichtenheft ist die Verwendung von translatorischen Stellteilen vorgesehen. Außerdem sollen die Stellteile räumlich dicht gepackt werden, um eine Anordnung möglichst vieler Elemente auf beschränktem Raum zu ermöglichen.

Nachdem nun die Randbedingungen und die Anforderungen abgeklärt sind, findet man in **Bild 10** bei der Greifart Finger-Kontakt reibschlüssig in den Achslagen **y** und **z** die beste Eignung hinsichtlich Stellgenauigkeit und Schnelligkeit. Vergleicht man in den **Tabellen 4 und 6** die zugehörigen Alternativen A bis C für kontinuierliche Eingabeform, so ergeben sich für die kommunikativen Eignungskriterien (Erkennbarkeit der Einstellung) und die sicherheitstechnischen Eignungskriterien (unbeabsichtigtes Stellen) für die **z-Richtung** leichte Vorteile. Unterschiede zwischen den Alternativen treten dabei nicht auf. Die Anordnung kann grundsätzlich in beiden Achslagen erfolgen.

Wie **Bild 10** weiter zu entnehmen ist, sind Finger-Zufassungen und Finger-Kontakt formschlüssig hinsichtlich der Leistungskriterien nicht wesentlich schlechter geeignet. Bezüglich der Gefahr des unbeabsichtigten Stellens schneiden jedoch fast alle in den **Tabellen 2, 4 und 6** angegebenen Alternativen deutlich schlechter ab. Eine Ausnahme bildet die Alternative C bei Finger-Zufassung formschlüssig, die als integriertes Stellteil ausgeführt ist. Dort ist sowohl das unbeabsichtigte Stellen sicher vermieden als auch eine gute Erkennbarkeit der Einstellung gegeben. Allerdings müssen diese Stellteile gemäß dem breitesten Finger dimensioniert sein, wodurch der Platzbedarf unerwünscht hoch wird. Außerdem sind integrierte Stellteile schlecht zu reinigen.

Eignung von handbetätigten Stellteilen für translatorische Stellbewegungen in der Horizontal-Frontal-Achse

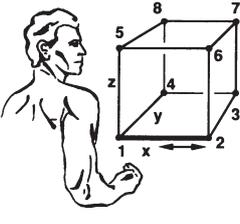
Stellbewegung	translatorisch x	Greifart	Kontakt			Zufassung			Umfassung		
			Finger		Hand	Finger		Hand	Finger		Hand
Eingabeform	diskret	Kopplungsart	form-schlüssig	reib-schlüssig	form-schlüssig	form-schlüssig	reib-schlüssig	form-schlüssig	form-schlüssig	form-schlüssig	reib-schlüssig
	Alternativen	A									
		B									
		C									
		Anordnung ↘	A B C	A B C	A B C	A B C	A B C	A B C	A B C	A B C	A B C
kommunikative Eignungskriterien	visuelle Erkenn- barkeit der Stellung	1									
		2									
		3									
		4									
		5									
		6									
	Tastbarkeit der Stellung										
sicherheitstechnische Eignungskriterien	unbeab- sichtigtes Stellen	1									
		2									
		3									
		4									
		5									
		6									
	Abgleiten vom Stellteil										
Stellmöglichk. mit Handschuh											
Reinigungs- möglichkeit											

Tabelle 1: Bewertung der diskreten Stellteile nach kommunikativen und sicherheitstechnischen Kriterien

Eignung von handbetätigten Stellteilen für translatorische Stellbewegungen in der Horizontal-Frontal-Achse

Stellbewegung	translatorisch x	Greifart	Kontakt		Zufassung			Umfassung	
			Finger		Finger		Hand	Hand	
Eingabeform	kontinuierlich	Kopplungsart	form-schlüssig	reib-schlüssig	form-schlüssig	reib-schlüssig	form-schlüssig	form-schlüssig	reib-schlüssig
	Alternativen	A							
		B							
		C							
		Anordnung ↘	A B C	A B C	A B C	A B C	A B C	A B C	A B C
kommunikative Eignungskriterien	visuelle Erkennbarkeit der Stellung	1							
		2							
sicherheitstechnische Eignungskriterien	unbeabsichtigtes Stellen	1							
		2							
		3							
		4							
		5							
		6							
	Abgleiten vom Stellteil								
Stellmöglichk. mit Handschuh									
Reinigungsmöglichkeit									

Tabelle 2: Bewertung der kontinuierlichen Stellteile nach kommunikativen und sicherheitstechnischen Kriterien

Eignung von handbetätigten Stellteilen für translatorische Stellbewegungen in der Sagittal-Horizontal-Achse

Stellbewegung	translatorisch y	Greifart	Kontakt			Zufassung			Umfassung			
			Finger		Hand	Finger		Hand	Finger		Hand	
Eingabeform	diskret	Kopplungsart	form-schlüssig	reib-schlüssig	form-schlüssig	form-schlüssig	reib-schlüssig	form-schlüssig	form-schlüssig	reib-schlüssig		
	Alternativen	A										
		B										
		C										
		Anordnung ⇓	A B C	A B C	A B C	A B C	A B C	A B C	A B C	A B C	A B C	A B C
kommunikative Eignungskriterien	visuelle Erkenn- barkeit der Stellung	1										
		2										
3												
4												
5												
8												
	Tastbarkeit der Stellung											
sicherheitstechnische Eignungskriterien	unbeab- sichtigtes Stellen	1										
		2										
		3										
		4										
		5										
		8										
	Abgleiten vom Stellteil											
Stellmöglichk. mit Handschuh												
Reinigungs- möglichkeit												

Tabelle 3: Bewertung der diskreten Stellteile nach kommunikativen und sicherheitstechnischen Kriterien

Eignung von handbetätigten Stellteilen für translatorische Stellbewegungen in der Sagittal-Horizontal-Achse

Stellbewegung	translatorisch y	Greifart	Kontakt		Zufassung			Umfassung	
			Finger		Finger		Hand	Hand	
Eingabeform	kontinuierlich	Kopplungsart	form-schlüssig	reib-schlüssig	form-schlüssig	reib-schlüssig	form-schlüssig	form-schlüssig	reib-schlüssig
	Alternativen	A							
		B							
		C							
		Anordnung ↗	A B C	A B C	A B C	A B C	A B C	A B C	A B C
kommunikative Eignungskriterien	visuelle Erkennbarkeit der Stellung	1							
		2							
		3							
	Tastbarkeit der Stellung	4							
		5							
		8							
sicherheitstechnische Eignungskriterien	unbeabsichtigtes Stellen	1							
		2							
		3							
		4							
		8							
	Abgleiten vom Stellteil								
	Stellmöglichk. mit Handschuh								
	Reinigungsmöglichkeit								

Tabelle 4: Bewertung der kontinuierlichen Stellteile nach kommunikativen und sicherheitstechnischen Kriterien

Eignung von handbetätigten Stellteilen für translatorische Stellbewegungen in der Frontal-Sagittal-Achse

Stellbewegung	translatorisch z	Greifart	Kontakt			Zufassung			Umfassung			
			Finger		Hand	Finger		Hand	Finger		Hand	
Eingabeform	diskret	Kopplungsart	form-schlüssig	reib-schlüssig	form-schlüssig	form-schlüssig	reib-schlüssig	form-schlüssig	form-schlüssig	form-schlüssig	reib-schlüssig	
	Alternativen	A										
		B										
		C										
		Anordnung ↗	A B C	A B C	A B C	A B C	A B C	A B C	A B C	A B C	A B C	A B C
kommunikative Eignungskriterien	visuelle Erkennbarkeit der Stellung	1										
		2										
sicherheitstechnische Eignungskriterien	unbeabsichtigtes Stellen	4										
		5										
		6										
		8										
		Abgleiten vom Stellteil										
		Stellmöglichk. mit Handschuh										
	Reinigungsmöglichkeit											

Tabelle 5: Bewertung der diskreten Stellteile nach kommunikativen und sicherheitstechnischen Kriterien

Eignung von handbetätigten Stellteilen für translatorische Stellbewegungen in der Frontal-Sagittal-Achse

Stellbewegung	translatorisch Z	Greifart	Kontakt		Zufassung			Umfassung	
			Finger		Finger		Hand	Hand	
Eingabeform	kontinuierlich	Kopplungsart	form-schlüssig	reib-schlüssig	form-schlüssig	reib-schlüssig	form-schlüssig	form-schlüssig	reib-schlüssig
	Alternativen	A							
		B							
		C							
		Anordnung ↘	A B C	A B C	A B C	A B C	A B C	A B C	A B C
kommunikative Eignungskriterien	visuelle Erkennbarkeit der Stellung	1							
		2							
		4							
		5							
		6							
		8							
	Tastbarkeit der Stellung								
sicherheitstechnische Eignungskriterien	unbeabsichtigtes Stellen	1							
		2							
		4							
		5							
		6							
		8							
	Abgleiten vom Stellteil								
Stellmöglichk. mit Handschuh									
Reinigungsmöglichkeit									

Tabelle 6: Bewertung der kontinuierlichen Stellteile nach kommunikativen und sicherheitstechnischen Kriterien

Eignung von handbetätigten Stellteilen für rotatorische Stellbewegungen um die Horizontal-Frontal-Achse

Stellbewegung	rotatorisch x	Greifart	Kontakt			Zufassung				Umfassung		
			Finger		Hand	Finger		Hand		Hand		
Eingabeform	diskret	Kopplungsart	form-schlüssig	reib-schlüssig	form-schlüssig	form-schlüssig	reib-schlüssig	form-schlüssig	reib-schlüssig	form-schlüssig	reib-schlüssig	
	Alternativen	A										
		B										
		C										
		Anordnung ↻	A B C	A B C	A B C	A B C	A B C	A B C	A B C	A B C	A B C	A B C
kommunikative Eignungskriterien	visuelle Erkennbarkeit der Stellung	1										
		2										
sicherheitstechnische Eignungskriterien	unbeabsichtigtes Stellen	3										
		4										
		5										
		6										
		Abgleiten vom Stellteil										
		Stellmöglichk. mit Handschuh										
	Reinigungsmöglichkeit											

Tabelle 7: Bewertung der diskreten Stellteile nach kommunikativen und sicherheitstechnischen Kriterien

Eignung von handbetätigten Stellteilen für die rotatorische Stellbewegung um die Horizontal-Frontal-Achse

Stellbewegung	rotatorisch X	Greifart	Kontakt		Zufassung		Zufassung			Umfassung							
			Finger		Finger		Finger	Hand		Hand							
			form-schlüssig	reib-schlüssig	form-schlüssig	form-schlüssig	reib-schlüssig	form-schlüssig	reib-schlüssig	form-schlüssig	form-schlüssig	reib-schlüssig					
	kontinuierlich	Kopplungsart Umgreifen nötig?	Alternativen	A													
				B													
				C													
				Anordnung ↕	A B C	A B C	A B C	A B C	A B C	A B C	A B C	A B C	A B C	A B C	A B C	A B C	
kommunikative Eignungskriterien	visuelle Erkennbarkeit der Stellung	1															
		2															
		3															
		4															
		5															
		6															
	Tastbarkeit der Stellung																
sicherheitstechnische Eignungskriterien	unbeabsichtigtes Stellen	1															
		2															
		3															
		4															
5																	
6																	
Abgleiten vom Stellteil																	
Stellmöglichk. mit Handschuh																	
Reinigungsmöglichkeit																	

Tabelle 8: Bewertung der kontinuierlichen Stellteile nach kommunikativen und sicherheitstechnischen Kriterien

Eignung von handbetätigten Stellteilen für rotatorische Stellbewegungen um die Sagittal-Horizontal-Achse

Stellbewegung	rotatorisch y	Greifart	Kontakt			Zufassung				Umfassung		
			Finger		Hand	Finger		Hand		Hand		
Eingabeform	diskret	Kopplungsart	form-schlüssig	reib-schlüssig	form-schlüssig	form-schlüssig	reib-schlüssig	form-schlüssig	reib-schlüssig	form-schlüssig	reib-schlüssig	
	Alternativen	A										
		B										
		C										
		Anordnung ↗	A B C	A B C	A B C	A B C	A B C	A B C	A B C	A B C	A B C	A B C
kommunikative Eignungskriterien	visuelle Erkennbarkeit der Stellung	1										
		2										
		3										
sicherheitstechnische Eignungskriterien	unbeabsichtigtes Stellen	1										
		2										
		3										
sicherheitstechnische Eignungskriterien	Ableiten vom Stellteil	1										
		2										
		3										
sicherheitstechnische Eignungskriterien	Stellmöglichk. mit Handschuh	1										
		2										
		3										
sicherheitstechnische Eignungskriterien	Reinigungsmöglichkeit	1										
		2										
		3										

Tabelle 9: Bewertung der diskreten Stellteile nach kommunikativen und sicherheitstechnischen Kriterien

Eignung von handbetätigten Stellteilen für rotatorische Stellbewegungen um die Sagittal-Horizontal-Achse

Stellbewegung	rotatorisch y	Greifart	Kontakt		Zufassung		Zufassung				Umfassung															
			Finger		Finger		Finger	Hand		Hand		Hand														
			form-schlüssig	reib-schlüssig	form-schlüssig	reib-schlüssig	reib-schlüssig	form-schlüssig	reib-schlüssig	form-schlüssig	reib-schlüssig	form-schlüssig	reib-schlüssig													
	kontinuierlich	Kopplungsart Umgreifen nötig?	Alternativen																							
			A																							
			B																							
			C																							
Anordnung ↻			A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
kommunikative Eignungskriterien	visuelle Erkennbarkeit der Stellung	1																								
		2																								
		3																								
sicherheitstechnische Eignungskriterien	unbeabsichtigtes Stellen	1																								
		2																								
		3																								
	Abgleiten vom Stellteil	4																								
		5																								
		8																								
	Stellmöglichk. mit Handschuh	1																								
		2																								
		8																								
	Reinigungsmöglichkeit	1																								
		2																								
		8																								

Tabelle 10: Bewertung der kontinuierlichen Stellteile nach kommunikativen und sicherheitstechnischen Kriterien

Eignung von handbetätigten Stellteilen für rotatorische Stellbewegungen um die Frontal-Sagittal-Achse

Stellbewegung	rotatorisch Z	Greifart	Kontakt			Zufassung				Umfassung		
			Finger		Hand	Finger		Hand		Hand		
Eingabeform	diskret	Kopplungsart	form-schlüssig	reib-schlüssig	form-schlüssig	form-schlüssig	reib-schlüssig	form-schlüssig	reib-schlüssig	form-schlüssig	reib-schlüssig	
	Alternativen	A										
		B										
		C										
		Anordnung ↘	A B C	A B C	A B C	A B C	A B C	A B C	A B C	A B C	A B C	A B C
kommunikative Eignungskriterien	visuelle Erkennbarkeit der Stellung	1										
		2										
		4										
		8										
	Tastbarkeit der Stellung											
sicherheitstechnische Eignungskriterien	unbeabsichtigtes Stellen	1										
		2										
		4										
		8										
	Abgleiten vom Stellteil											
Stellmöglichk. mit Handschuh												
Reinigungsmöglichkeit												

Tabelle 11: Bewertung der diskreten Stellteile nach kommunikativen und sicherheitstechnischen Kriterien

Eignung von handbetätigten Stellteilen für rotatorische Stellbewegungen um die Frontal-Sagittal-Achse

Stellbewegung	rotatorisch z	Greifart	Kontakt		Zufassung				Umfassung							
			Finger		Finger		Finger		Hand							
			form-schlüssig	reib-schlüssig	form-schlüssig	reib-schlüssig	form-schlüssig	reib-schlüssig	form-schlüssig	reib-schlüssig						
	kontinuierlich	Kopplungsart Umgreifen nötig?	Alternativen		form-schlüssig		form-schlüssig		form-schlüssig		form-schlüssig					
			A	B	C	nein	ja	nein	ja	nein	ja	nein	ja			
			Anordnung ⇄		A B C	A B C	A B C	A B C	A B C	A B C	A B C	A B C	A B C	A B C		
			kommunikative Eignungskriterien		visuelle Erkennbarkeit der Stellung	1	2	4	5	6	8	Tastbarkeit der Stellung		1	2	4
sicherheitstechnische Eignungskriterien		unbeabsichtigtes Stellen	1	2	4	5	6	8	Abgleiten vom Stellteil		Stellmöglichk. mit Handschuh		Reinigungsmöglichkeit			

Tabelle 12: Bewertung der kontinuierlichen Stellteile nach kommunikativen und sicherheitstechnischen Kriterien

7 Schrifttum

/1/ *Bandera, J. E., Kern, P., Solf, J. J.:* Ergonomische Kenngrößen für Kontaktgreifarten. Forschungsbericht Nr. 410 der Bundesanstalt für Arbeitsschutz, Dortmund, Wirtschaftsverlag NW, Bremerhaven, 1985

/2/ *Bandera, J. E., Kern, P., Solf, J. J.:* Leitfaden zur Auswahl, Anordnung und Gestaltung von kraftbetonten Stellteilen. Forschungsbericht Nr. 494 der Bundesanstalt für Arbeitsschutz, Dortmund, Wirtschaftsverlag NW, Bremerhaven, 1986

/3/ *Bullinger, H.-J., Kern, P., Solf, J. J.:* Reibung zwischen Hand und Griff. Forschungsbericht Nr. 213 der Bundesanstalt für Arbeitsschutz, Dortmund, Wirtschaftsverlag NW, Bremerhaven, 1979

/4/ *Bullinger, H.-J., Solf, J. J.:* Ergonomische Arbeitsmittelgestaltung I, Systematik. Forschungsbericht Nr. 196 der Bundesanstalt für Arbeitsschutz, Dortmund, Wirtschaftsverlag NW, Bremerhaven, 1979

/5/ *Denkert, H., Fähnrich, K. P., Kern, P., Solf, J. J.:* Ergonomische Kenngrößen für Zufassungsgreifarten. Forschungsbericht Nr. 381 der Bundesanstalt für Arbeitsschutz, Dortmund, Wirtschaftsverlag NW, Bremerhaven, 1984

/6/ *Fähnrich, K. P., Kern, P., Solf, J. J.:* Ergonomische Kenngrößen für Umfassungsgreifarten. Forschungsbericht Nr. 331 der Bundesanstalt für Arbeitsschutz, Dortmund, Wirtschaftsverlag NW, Bremerhaven, 1983

/7/ DIN 33 401 – 7.77: Stellteile; Begriffe, Eignung, Gestaltungshinweise