

VEREIN
DEUTSCHER
INGENIEURE

VERBAND DER
ELEKTROTECHNIK
ELEKTRONIK
INFORMATIONSTECHNIK

Gebrauchstaugliche Gestaltung von Benutzungsschnittstellen für technische Anlagen

Interaktionsgeräte für Bildschirme

Development of usable interfaces for technical plants

Interaction devices for screens

VDI/VDE 3850

Blatt 2 / Part 2

Ausg. deutsch/englisch
Issue German/English

Die deutsche Version dieser Richtlinie ist verbindlich.

The German version of this standard shall be taken as authoritative. No guarantee can be given with respect to the English translation.

Inhalt	Seite
Vorbemerkung	2
Einleitung	2
1 Anwendungsbereich	3
2 Normative Verweise	4
3 Begriffe	4
4 Grundlagen der Interaktion	5
4.1 Einflussgrößen bei der Auswahl oder Gestaltung von Interaktionsgeräten	5
4.2 Bewegungsmöglichkeiten des Hand-Arm-Systems	7
4.3 Operationen	7
5 Klassifizierung der Interaktionsgeräte	12
6 Allgemeine Anforderungen	13
6.1 Anforderungen durch die Nutzer	13
6.2 Anforderungen durch die Aufgabe	14
6.3 Anforderungen durch den Nutzungskontext	14
7 Allgemeine Einbauempfehlung	14
7.1 Grundlagen	14
7.2 Anthropometrie und digitale Menschmodelle	15
7.3 Spezielle ergonomische Produkte	17
8 Koordinatengabende Interaktionsgeräte	18
8.1 Anforderungen an koordinatengabende Interaktionsgeräte	18
8.2 Einbauempfehlungen für koordinatengabende Interaktionsgeräte	19
8.3 Faktoren für die Auswahl koordinatengabender Interaktionsgeräte	23
8.4 Maus	23
8.5 Trackball (Rollkugel)	24
8.6 Touchpad	26
8.7 Trackpoint	29
8.8 Joystick (Steuerknüppel)	32
8.9 Grafiktablett	33
8.10 Touchscreen (berührempfindlicher Bildschirm)	35

Contents	Page
Preliminary note	2
Introduction	2
1 Scope	3
2 Normative references	4
3 Terms and definitions	4
4 Fundamental principles of interaction	5
4.1 Parameters influencing the selection or design of interaction devices	5
4.2 Hand-arm system movement capabilities	7
4.3 Operations	7
5 Classification of interaction devices	12
6 General requirements	13
6.1 User requirements	13
6.2 Task-related requirement	14
6.3 Requirements arising from the context of use	14
7 General installation recommendations	14
7.1 Fundamental principles	14
7.2 Anthropometry and digital models of the human body	15
7.3 Special ergonomic products	17
8 Pointing interaction devices	18
8.1 Requirements for pointing interaction devices	18
8.2 Installation recommendations for pointing interaction devices	19
8.3 Factors for the selection of pointing interaction devices	23
8.4 Mouse	23
8.5 Trackball	24
8.6 Touchpad	26
8.7 Trackpoint	29
8.8 Joystick	32
8.9 Graphics tablet	33
8.10 Touchscreen (touch-sensitive display)	35

VDI/VDE-Gesellschaft Mess- und Automatisierungstechnik (GMA)

Fachbereich Industrielle Informationstechnik

VDI-Handbuch Informationstechnik, Band 1: Angewandte Informationstechnik
VDI/VDE-Handbuch Automatisierungstechnik
VDI-Handbuch Produktionstechnik und Fertigungsverfahren, Band 1: Grundlagen und Planung

Inhalt	Seite
9 Nicht koordinatengebende Interaktionsgeräte (Tasten, Tastenfelder und Tastaturen).....	37
9.1 Technische Eigenschaften und Gliederung von Tasten.....	37
9.2 Anforderungen an nicht koordinatengebende Interaktionsgeräte....	39
9.3 Einbauempfehlungen für nicht koordinatengebende Interaktionsgeräte....	42
9.4 Faktoren für die Auswahl nicht koordinatengebender Interaktionsgeräte....	43
9.5 Kontextunabhängige Tasten (Hardkeys)	43
9.6 Kontextabhängige Tasten (Softkeys)	46
Schrifttum	49

Contents	Page
9 Non-pointing interaction devices (buttons, keys, keypads and keyboards).....	37
9.1 Technical characteristics and classification of keys.....	37
9.2 Requirements for non-pointing interaction devices.....	39
9.3 Installation recommendations for non-pointing interaction devices.....	42
9.4 Factors for the selection of non-pointing interaction devices.....	43
9.5 Context-insensitive keys/buttons (hardkeys)	43
9.6 Context-sensitive keys (softkeys)	46
Bibliography	49

Vorbemerkung

Der Inhalt dieser Richtlinie ist entstanden unter Beachtung der Vorgaben und Empfehlungen der Richtlinie VDI 1000.

Alle Rechte, insbesondere die des Nachdrucks, der Fotokopie, der elektronischen Verwendung und der Übersetzung, jeweils auszugsweise oder vollständig, sind vorbehalten.

Die Nutzung dieser Richtlinie ist unter Wahrung des Urheberrechts und unter Beachtung der Lizenzbedingungen (www.vdi.de/richtlinien), die in den VDI-Merkblättern geregelt sind, möglich.

Allen, die ehrenamtlich an der Erarbeitung dieser Richtlinie mitgewirkt haben, sei gedankt.

Eine Liste der aktuell verfügbaren Blätter dieser Richtlinienreihe ist im Internet abrufbar unter www.vdi.de/3850.

Einleitung

Bedingt durch den verbreiteten Einsatz von grafischen Benutzungssystemen in der Produktionstechnik werden viele koordinatengebende Interaktionsgeräte (z.B. Trackball) neben den herkömmlichen Interaktionsgeräten – z.B. Tasten zur Navigation – in diesen Benutzungssystemen eingesetzt. Allerdings können koordinatengebende Interaktionsgeräte, wie sie aus dem Bürobereich bekannt sind, nicht ohne Weiteres im industriellen Umfeld eingesetzt werden. Probleme bestehen hier hinsichtlich Verschmutzung, Robustheit, Anordnung und Platzbedarf. Auf dem Markt werden zahlreiche alternative Interaktionsgeräte angeboten. Es mangelt aber an Entscheidungsgrundlagen, welches Gerät für welchen Anwendungsbereich eingesetzt werden kann und welchen Randbedingungen (gegebenenfalls unter

Preliminary note

The content of this standard has been developed in strict accordance with the requirements and recommendations of the standard VDI 1000.

All rights are reserved, including those of reprinting, reproduction (photocopying, micro copying), storage in data processing systems and translation, either of the full text or of extracts.

The use of this standard without infringement of copyright is permitted subject to the licensing conditions (www.vdi.de/richtlinien) specified in the VDI Notices.

We wish to express our gratitude to all honorary contributors to this standard.

A catalogue of all available parts of this series of standards can be accessed on the Internet at www.vdi.de/3850.

Introduction

Graphical user interfaces are widely used in production engineering. Consequently, a large number of pointing interaction devices (such as trackballs) is being used in production engineering useware in addition to conventional interaction devices such as navigation keys. However, the pointing interaction devices which are well-known from office applications cannot be used in an industrial environment without modifications. In this context, some problems are contamination, robustness, arrangement and space required. A multitude of alternative interaction devices is available on the market, but there is a lack of criteria for deciding which device to use for which application, and what boundary conditions (possibly maintaining existing forms of interaction) shall be fulfilled for a

Beibehaltung bisheriger Interaktionsformen) die Anwendung des jeweiligen Geräts genügen muss. Deswegen wird dem Entwickler von interaktiven Systemen eine Richtlinie zur Verfügung gestellt, mit deren Hilfe er ein für seinen Anwendungsfall geeignetes Interaktionsgerät finden und es in das Gesamtsystem integrieren kann. Dabei sollen dem Entwickler genügend gestalterische Freiräume zur Erarbeitung eigenständiger Lösungen belassen werden.

Einzelne Geräte, die nach den gleichen Grundprinzipien arbeiten, sind jeweils in den Gerätegruppen Maus, Trackball, Touchpad, Trackpoint, Joystick, Grafiktablett, Touchscreen und Tasten¹⁾ zusammengefasst. Die innerhalb der Gruppen genannten Variationen entsprechen dem derzeitigen Stand der Technik. Aufgrund der technischen Weiterentwicklung ist es jedoch wahrscheinlich, dass diese durch neue Techniken ergänzt werden. Ebenso können neuartige Interaktionsformen in die bestehende Gliederung der Interaktionsgeräte (siehe Bild 1 in Abschnitt 5) eingeordnet werden.

Bereits bestehende Normen und Richtlinien bleiben von dieser Richtlinie unberührt. Soweit in dieser Richtlinie Warenzeichen und sonstige Schutzrechte erwähnt sind, werden hierdurch die Rechte der Inhaber dieser Schutzrechte nicht berührt.

1 Anwendungsbereich

Diese Richtlinie ist anzuwenden beim Einsatz von stationären Interaktionsgeräten für technische Anlagen²⁾ im industriellen Einsatz. Ein Kennzeichen moderner Anlagensteuerungen sind grafische Benutzungsoberflächen mit der Möglichkeit zur direkten Manipulation von Objekten. Darunter wird die Fähigkeit verstanden, auf ein Bildschirmobjekt zu zeigen und es dadurch zu manipulieren oder eine Funktion dafür auszuführen (siehe auch VDI/VDE 3850 Blatt 1). Dazu sind neben herkömmlichen Interaktionsgeräten wie Tasten Koordinaten gebende Interaktionsgeräte erforderlich.

Unter Interaktionsgeräten werden allgemein Geräte verstanden, die den Prozess des Informationstransfers vom Anwender zum Rechner und vom Rechner zum Anwender ermöglichen. Die Form des Informationstransfers beeinflusst sowohl die Ober-

specific device. This standard therefore aims at assisting developers of interactive systems to select an interaction device suitable for the application in question and to integrate this interaction device into the overall system, while leaving sufficient creative freedom to develop proprietary solutions.

Individual devices working according to similar or same principles are grouped into the device classes mouse, trackball, touchpad, trackpoint, joystick, graphics tablet, touchscreen and keys¹⁾. Design variants within these classes correspond to the current state of the art. However, it is likely that ongoing development will add new techniques. Similarly, new forms of interaction may be incorporated into the existing classification of interaction devices (see Figure 1 in Section 5).

Existing standards and standards are not affected by this standard. Where trademarks and other rights are mentioned, the respective owners' rights shall not be affected.

1 Scope

This standard is applicable to stationary interaction devices for technical plants²⁾ in industrial applications. Graphical user interfaces allowing direct manipulation of objects are one of the characteristics of modern machinery controls. "Direct manipulation" means the capability of being able to point to an object on the screen and thereby manipulate the object, or to carry out a function relating to the object (see also VDI/VDE 3850 Part 1). This requires pointing interaction devices in addition to conventional interaction devices such as keys.

"Interaction device" is the generic term used for devices that allow the transfer of information from the user to the computer and from the computer to the user. The form of information transfer affects the design of the user interface as well as the tech-

¹⁾ Die verschiedenen Ausprägungen von Interaktionsgeräten (koordinatengebende und nicht koordinatengebende) werden in dieser Richtlinie als alleinstehende Objekte beschrieben. In der Realität treten sie jedoch häufig in Kombination auf: Meist wird ein Gerät wie die Maus oder der Trackball zusammen mit einer Tastatur verwendet. /

The different characteristics of interaction devices (pointing and non-pointing devices) are described as stand-alone objects in this standard. In practice, however, they are frequently used in combination: in most cases, a device such as a mouse or trackball is used together with a keyboard.

²⁾ Beispiele sind Produktionsstraßen, Werkzeugmaschinen, Koordinatenmessgeräte, Druckmaschinen, Spritzgussautomaten, Be-/Entladeautomaten, Roboter. /

Examples are production lines, machine tools, coordinate measuring machines, printing presses, injection-moulding machines, loading/unloading machines, robots.

flächengestaltung als auch die verwendeten Technologien. In dieser Richtlinie werden Interaktionsgeräte betrachtet, die sich manuell betätigen lassen. Dies sind: Maus, Trackball, Joystick, Touchpad, Trackpoint, Grafiktablett, Touchscreen und Tasten.

Diese Richtlinie gibt Regeln und Empfehlungen zur Auswahl von Koordinaten gebenden und nicht Koordinaten gebenden Interaktionsgeräten im stationären Einsatz an. Die in dieser Richtlinie gegebenen Gestaltungsempfehlungen beziehen sich auf die Integrationsmöglichkeiten von Interaktionsgeräten in technischen Anlagen. Damit sollen Entwickler und Anwender von grafischen Benutzungsoberflächen bei der Suche nach einem geeigneten Interaktionsgerät und bei der integrativen Gestaltung von technischen Anlagen und deren Steuerungen unterstützt werden. Die damit verbundene Dialoggestaltung wird in den Richtlinien VDI/VDE 3850 Blatt 1 und Blatt 3 beschrieben. Die Empfehlungen gelten für Umgebungen, in denen die Benutzung des Interaktionsgeräts neben möglichen überwachenden Aufgaben die Primäraufgabe der Nutzer ist. Für die Nutzung als Sekundäraufgabe, z.B. neben einer Fahraufgabe, gelten weitere, hier nicht erwähnte Anforderungen.

2 Normative Verweise

Das folgende zitierte Dokument ist für die Anwendung dieser Richtlinie erforderlich:

VDI/VDE 3850 Blatt 1:2014-04 Gebrauchstaugliche Gestaltung von Benutzungsschnittstellen für technische Anlagen; Konzepte, Prinzipien und grundsätzliche Empfehlungen

3 Begriffe

Für die Anwendung dieser Richtlinie gelten die folgenden Begriffe:

direkte Manipulation

Möglichkeit, eine Software anzusteuern, indem virtuelle Objekte (z.B. Buttons, Icons, 3-D-Darstellungen) mit einem Koordinaten gebenden Interaktionsgerät angewählt, ausgelöst oder verändert werden

Anmerkung: siehe VDI/VDE 3850 Blatt 1, Abschnitt 5.1.7

Feinpositionierung

Positionierung des Positioniersymbols (bei indirekt wirkenden Interaktionsgeräten) oder des Positionierelements (bei direkt wirkenden Interaktionsgeräten) auf einem Ziel mit einem Inkreis, dessen Durchmesser kleiner als 10 mm ist

isometrisches Wirkprinzip

Prinzip, bei dem die Bewegung des Positioniersymbols abhängig vom Druck ist, der auf das Positionierelement ausgeübt wird

nologies used. This standard deals with interaction devices that can be operated manually. These are: mouse, trackball, joystick, touchpad, trackpoint, graphics tablet, touchscreen and keys.

This standard provides rules and recommendations for the selection of pointing and non-pointing interaction devices for stationary use. The design recommendations given in this standard refer to the options for integrating interaction devices in technical equipment. This is intended to assist developers and users of graphical user interfaces in their search for a suitable interaction device and in the integration-friendly design of technical equipment and controls. The corresponding design of dialogues is described in the standards VDI/VDE 3850 Part 1 and Part 3. The recommendations are applicable to environments in which the use of the interaction device is the user's primary task, possibly accompanied by other tasks related to monitoring. Further requirements which are not mentioned here apply to use of the interaction device as a secondary task, e.g. together with positioning tasks.

2 Normative references

The following referenced document is indispensable for the application of this standard:

VDI/VDE 3850 Part 1:2014-04 Development of useable user interfaces for technical plants; Concepts, principles and fundamental recommendations

3 Terms and definitions

For the purposes of this standard, the following terms and definitions apply:

direct manipulation

ability to control software using a pointing interaction device to select, trigger or alter virtual objects (e.g. buttons, icons, 3D object images)

Note: see VDI/VDE 3850 Part 1, Section 5.1.7

fine positioning

positioning of the pointer (in interaction devices with indirect effect) or of the positioning element (in direct-input interaction devices) on a target with an incircle of less than 10 mm in diameter

isometric principle

principle according to which movement of the pointer depends on the pressure applied to the positioning element

Anmerkung: Die Auslenkung ist dabei vernachlässigbar. Bei schwachem Druck auf das Positionierelement (minimale Bewegung) bewegt sich das Positioniersymbol auf dem Bildschirm langsam, bei starkem Druck bewegt es sich schnell.

isotonisches Wirkprinzip

Prinzip, bei dem die Bewegung des Positioniersymbols abhängig von der Auslenkung (z.B. Winkel zur vertikalen Lage beim Joystick) des Positionierelements ist

Anmerkung: Die rücktreibende Kraft ist bei jeder Auslenkung ungefähr gleich groß. Bei geringer Auslenkung bewegt sich das Positioniersymbol langsam, bei starker Auslenkung bewegt sich das Positioniersymbol schnell.

kontextabhängige Taste (Softkey)

Taste mit je nach aktuellem Dialogzustand unterschiedlicher Bedeutung

Anmerkung: Die Taste ist örtlich fest, aber die ihr zugeordnete Funktion und Beschriftung ändert sich im Verlauf der Benutzung, je nachdem, an welcher Stelle des Dialogs („Benutzungskontext“) der Nutzer sich befindet (siehe VDI/VDE 3850 Blatt 1, Abschnitt 5.1.4).

kontextunabhängige Taste (Hardkey, Funktionstaste)

Taste, deren Bedeutung sich im Dialog nicht ändert

Anmerkung: Die der Taste zugeordnete Funktion ist im gesamten Dialogablauf gleich: Die der Taste zugeordnete Funktion ändert sich im Verlauf der Benutzung nicht (siehe VDI/VDE 3850 Blatt 1, Abschnitt 5.1.5).

Positionierelement

physischer Teil eines Interaktionsgeräts, mit dem der Nutzer die Koordinaten des Positioniersymbols oder eines virtuellen Objekts verändert

Positioniersymbol

visuelle Anzeige des Wirkungspunkts für koordinatengabende Eingaben mit Interaktionsgeräten (z.B. Zeiger oder Handsymbol)

virtuelle Taste

Bedienelement, das auf dem Bildschirm angezeigt und über ein Interaktionsgerät betätigt wird

Anmerkung: Die Taste existiert nicht als reale, z.B. mechanische Taste, sondern ist nur ihrer Wirkung nach vorhanden.

4 Grundlagen der Interaktion

4.1 Einflussgrößen bei der Auswahl oder Gestaltung von Interaktionsgeräten

Einflussgrößen auf Seiten des Menschen sind z.B.:

- Körpermaße
- Körperstellung und Körperhaltung

Anmerkung: Die Körperhaltung stellt eine Ausprägung einer bestimmten Körperstellung dar, z.B. Körperstellung „Sitzen“, Körperhaltung „gebeugtes Sitzen“.

- räumlicher Bewegungsumfang

Note: The positioning element's displacement is negligible in this case. When only light pressure is applied to the positioning element (minimal movement), the pointer moves across the screen slowly, when strong pressure is applied, it moves quickly.

isotonic principle

principle according to which movement of the pointer depends on the displacement of the positioning element (e.g. the angle of a joystick relative to the vertical)

Note: The resetting force remains approximately constant, regardless of the displacement. The pointer moves slowly when the displacement is small, and quickly when the displacement is large.

context-sensitive key (softkey)

key whose function depends on a current state of a dialogue

Note: This is a key with a fixed location. However, the function allocated to this key and the labelling changes in the course of operation, depend on what part of the dialogue the user is currently involved in ("context of use") (see VDI/VDE 3850 Part 1, Section 5.1.4).

context-insensitive key (hard key, function key)

key whose function does not change in a dialogue

Note: The function allocated to the key remains the same during the entire dialogue procedure. The function allocated to the key does not change during use (see VDI/VDE 3850 Part 1, Section 5.1.5).

positioning element

physical part of an interaction device with which the user changes the coordinates of the pointer or a virtual object

pointer

visual indication of the focus for input using pointing interaction devices (e.g. arrow or hand icon)

virtual key

actuator displayed on screen and actuated using an interaction device

Note: The key does not exist in form of a physical, e.g. mechanical key, but only in terms of the effect it triggers.

4 Fundamental principles of interaction

4.1 Parameters influencing the selection or design of interaction devices

Human-related parameters include:

- body dimensions
- body position and posture

Note: The posture is a manifestation of a certain body position, e.g. body position: "sitting", posture: "sitting hunched".

- spatial range of motion

- Bewegungsrichtung
- Bewegungsform
- Greifart³⁾

Einflussgrößen auf Seiten der Maschine sind z.B.:

- Abmessungen
- Griffform
- Material
- Oberfläche
- Funktionsrichtung
- Krafttrichtung
- Genauigkeit, Auflösung (z.B. Inkrementgrößen des Positioniersymbols)
- Arbeitsgeschwindigkeit
- Anordnung der Interaktionsgeräte im Raum (in Relation zur Position des Nutzers)

Einflussgrößen auf Seite der Aufgabe sind z.B.:

- Bearbeitungsablauf
- Bearbeitungsumfang
- erforderliche Schnelligkeit
- erforderliche Sicherheit
- erforderliche Genauigkeit
- erforderliche Häufigkeit der Nutzung
- erforderliche Zeitdauer der Nutzung

Zu beachten ist hierbei, dass Einflussgrößen auf Seiten der Maschine und der Aufgabe Rückwirkungen auf den Menschen haben können. So kann beispielsweise die Anordnung der Interaktionsgeräte im Raum (in Relation zur Position des Nutzers) die vom Nutzer einzunehmende Körperstellung/Körperhaltung und/oder die Bewegungsform und die Gelenkstellungen des Arm-Hand-Finger-Systems beeinflussen. Dies geschieht in Abhängigkeit von den individuellen Körpermaßen und Körperproportionen.

Ebenso kann die aus der Aufgabe resultierende notwendige Häufigkeit oder Zeitdauer der Nutzung der Interaktionsgeräte zu hohen Beanspruchungen führen. Das gilt insbesondere bei ungünstiger Körperstellung/Körperhaltung oder ungünstigen Gelenkstellungen des Hand-Arm-Finger-Systems. So kann beispielsweise eine langdauernde Nutzung mit ausgestreckten Armen zur Ermüdung durch statische Muskelarbeit führen. Die Nutzung mit hohen Bewegungsfrequenzen (z.B. des Arm-Hand-

- direction of movement
- movement pattern
- grip type³⁾

Machine-related parameters include:

- dimensions
- shape of handle
- material
- surface finish
- effective direction
- direction of force
- accuracy, resolution (e.g. pointer motion increments)
- response time
- arrangement of interaction devices in the room (in relation to the user's position)

Task-related parameters include:

- sequence of operations
- scope of operations
- required response time
- required safety
- required accuracy
- required frequency of use
- required duration of use

It has to be taken into consideration that machine-related and task-related influencing parameters may have an effect on the human body. For example, the spatial arrangement of interaction devices (in relation to the user's position) may affect the user's body position/posture and/or the movement pattern and position of the joints in his arm-hand-finger system. This depends on the body dimensions and proportions of the individual user.

Furthermore, the frequency of use or duration of use of an interaction device required by a task may also have significant effects on the human body. This is particularly true if the user is working in an awkward position/posture or with unfavourable joint positions of the arm-hand-finger system. For example, using an interaction device with arms stretched out over a longer period may result in fatigue owing to constant static muscle activity. An application involving high motion frequencies (e.g.

³⁾ Die Kopplung zwischen Mensch und Maschine auf verschiedene Arten, z.B. durch einen oder mehrere Finger, die Daumen, die Hand. Begriffe sind hierbei auch Fingerzufassungsgriff, Handzufassungsgriff, Umfassungsgriff (siehe DIN EN 1005-5, Anhang B). / The coupling of man and machine in various ways, e.g. with one or more fingers, the thumb, the hand. Terms used also include pinch grip, hook grip, power grip (see DIN EN 1005-5, Annex B).

Finger-Systems, insbesondere bei ungünstigen Gelenkstellungen) kann ebenso zur Ermüdung durch einseitige dynamische Muskelarbeit führen (DIN EN 1005-4).

4.2 Bewegungsmöglichkeiten des Hand-Arm-Systems

Die Bewegungsmöglichkeiten des Arms und der Hand müssen bei der Gestaltung von Interaktionsgeräten berücksichtigt werden. Ausgehend von den maximalen Gelenkausschlägen in einer Ebene empfiehlt es sich, in Anlehnung an die DIN EN 1005-4 Bewegungsumfänge in den Kategorien akzeptabel (grün), bedingt akzeptabel (gelb) und nicht akzeptabel (rot) zu definieren. Bewegungsumfänge, die als nicht akzeptabel einzustufen sind, sollten für die Benutzung von Interaktionsgeräten nicht erforderlich sein. Bedingt akzeptable Gelenkausschläge sind im Weiteren danach zu beurteilen, ob bei der ungünstigen Gelenkstellung der Arm oder die Hand unterstützt oder entlastet sind und wie lange andauernd oder wie häufig wiederholt sie während der Benutzung des Interaktionsgeräts vorkommen wird. Unter Hinzuziehen weiterer arbeitswissenschaftlicher Literatur kann die Kategorisierung des Bewegungsausmaßes auch auf Gelenke, die nicht in der DIN EN 1005-4 betrachtet werden, ausgedehnt werden [1 bis 7]. Vorschläge zur Beurteilung der Hand-Arm-Haltung⁴⁾ nach Richtwerten für kategorisierte Winkelbereiche unter Angabe der Referenzen finden sich in Tabelle 1.

Diese qualitative Bewertung von Körperhaltungen wird auch zur quantitativen Risikobewertung von Arbeitsplätzen genutzt. Dazu werden obige Kategorien Punkten und Faktoren zugeordnet und gesammelt ausgewertet. Beispiele für solche Bewertungsverfahren sind RULA [4] oder OCRA [9].

4.3 Operationen

4.3.1 Positionieroperation

Die Positionieroperation der koordinatengebenden Interaktionsgeräte ermöglicht dem Menschen Interaktionshandlungen, die eine Positioniersymbol

of the arm-hand-finger system, in particular with joints in an unfavourable position) may also result in fatigue owing to one-sided dynamic muscle activity (DIN EN 1005-4).

4.2 Hand-arm system movement capabilities

The movements that can be made by the arm and the hand have to be taken into consideration when designing interaction devices. Taking the maximum ranges of motion of the joints in a plane as basis, categorisation of the ranges of motion as acceptable (green), conditionally acceptable (yellow) or not acceptable (red) is recommended, as in DIN EN 1005-4. Ranges of motion which are to be categorised as not acceptable should not be necessary when using interaction devices. Conditionally acceptable joint angles are to be further assessed as to whether the arm or hand, when in an unfavourable position, is supported or relieved and how long and how often this position will occur during the use of the interaction device. With reference to further literature on ergonomics, categorisation of the extent of movement can be expanded to include other joints not considered in DIN EN 1005-4 [1 to 7]. Recommendations for assessing the hand-arm-position⁴⁾ according to reference values for categorised angular ranges are listed in Table 1, where the corresponding references are also given.

This qualitative assessment of body postures is also used for a quantitative risk assessment of workplaces. For this purpose, points and factors are assigned to the above categories and assessed jointly. Two examples for such assessment procedures are RULA [4] or OCRA [9].

4.3 Operations

4.3.1 Positioning operation

The positioning operation using pointing interaction devices allows a human to interact in such a way as to control the pointer or directly manipulate

⁴⁾ Die angegebenen Winkelwerte werden nach der Neutral-Null-Methode ermittelt. Bei dieser Methode werden alle Gelenkbewegungen von einer einheitlich definierten Null-Stellung aus gemessen. Diese Neutral-Null-Stellung entspricht der Gelenkstellung, die ein gesunder Mensch im aufrechten Stand mit hängenden Armen, nach vorn gehaltenen Daumen und parallelen Füßen sowie gerade nach vorn gewendetem Blick einnimmt. Von der Neutral-Null-Stellung aus sind zumeist in einer Ebene Bewegungen in beide Richtungen möglich, die unterschiedlich benannt und üblicherweise durch positive oder negative Vorzeichen der Winkelwerte gekennzeichnet werden. /

The stated angle values are ascertained in relation to the neutral zero method. The principle of this method is to measure all movements of a joint from a defined neutral 0-position. This neutral 0-position is the position of a joint in a healthy human who is standing upright with his arms hanging down, thumbs pointing forwards and with his feet in a parallel position and face looking straight ahead. Starting from the neutral 0-position, most joints can make movements in both directions in a plane. These movements have different names and are commonly accompanied by the measured angle value and a plus or minus sign.

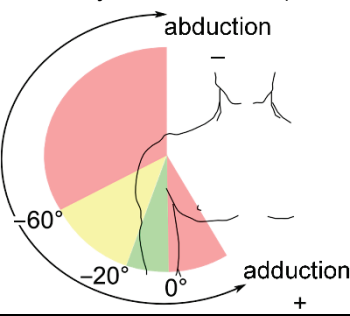
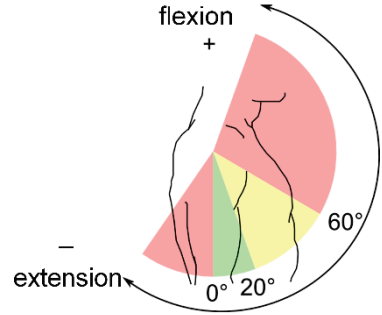
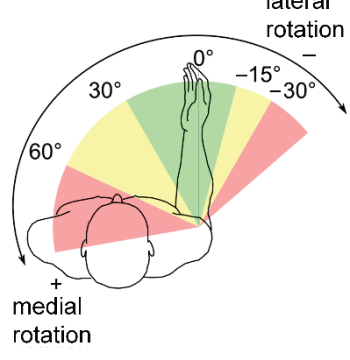
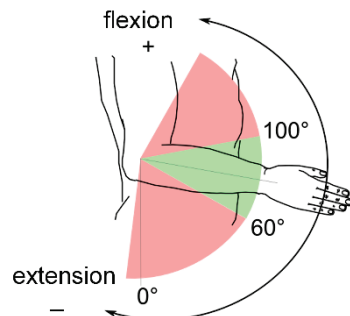
Tabelle 1. Beurteilung der Hand-Arm-Haltungen [8]

Parameter/Sensorbezeichnung	Bewegungsrichtung	Richtwerte für die Bewertung	
Schultergelenk-Adduktion (DIN EN 1005-4) 	+ zum Körper hin (Adduktion) – vom Körper weg (Abduktion)	grün: gelb: rot: rot:	0° bis –20° –20° bis –60° < –60° > 0°
Schultergelenk-Flexion (DIN EN 1005-4) 	+ nach vorne (Flexion) – nach hinten (Extension)	grün: gelb: rot: rot:	0° bis 20° 20° bis 60° < 0° > 60°
Schultergelenk-Innenrotation (in Anlehnung an [1]) 	+ nach innen (Innenrotation) – nach außen (Außenrotation)	grün: gelb: gelb: rot: rot:	–15° bis 30° –15° bis –30° 30° bis 60° < –30° > 60°
Ellenbogengelenk-Flexion [4] 	+ Beugung des Unterarms (Flexion) – Streckung des Unterarms (Extension)	grün: rot: rot:	60° bis 100° < 60° > 100°

steuerung oder direkte Manipulation eines virtuellen Objekts bewirken. Das entsprechende physikalische Objekt des Interaktionsgeräts wird als „Positionierelement“, die Nutzerinteraktion wird als „Positionierhandlung“ bezeichnet. Zum Beispiel kann das Ziel bei Positionierhandlungen sowohl

a virtual object. The corresponding physical part of the interaction device is called positioning element, the interaction performed by the user is termed “positioning action”. For example, the target of a positioning action may be a menu item, a command button, a virtual object or even a blank area

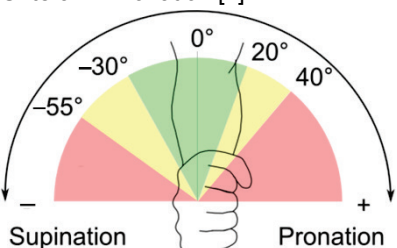
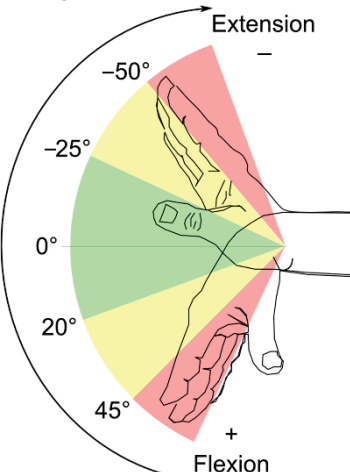
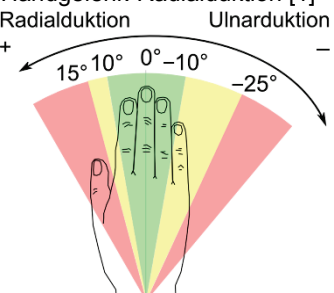
Table 1. Assessment of hand-arm positions [8]

Parameter/sensor description	Direction of movement	Assessment standard values	
shoulder joint – adduction (DIN EN 1005-4) 	+ towards the body (adduction) – away from the body (abduction)	green: yellow: red: red:	0° to –20° –20° to –60° < –60° > 0°
shoulder joint – flexion (DIN EN 1005-4) 	+ to the front (flexion) – to the back (extension)	green: yellow: red: red:	0° to 20° 20° to 60° < 0° > 60°
shoulder joint – medial rotation (adapted from [1]) 	+ shoulder moves forward (medial rotation) – shoulder moves backward (lateral rotation)	green: yellow: yellow: red: red:	–15° to 30° –15° to –30° 30° to 60° < –30° > 60°
elbow joint – flexion [4] 	+ flexion of the forearm – extension of the forearm	green: red: red:	60° to 100° < 60° > 100°

ein Menüelement, eine Befehlsschaltfläche, ein virtuelles Objekt als auch eine Freifläche (Hintergrund) auf der Softwareoberfläche sein. Bei direkt wirkenden Interaktionsgeräten, z.B. Touchscreens, ist eine alleinige Positionierung ohne Schaltoperation meist nicht möglich.

(background) on the software interface. In direct-input interaction devices, e.g. touchscreens, an isolated positioning operation without an associated switching operation is not possible in most cases.

Tabelle 1. Beurteilung der Hand-Arm-Haltungen [8] (Fortsetzung)

<p>Unterarm-Pronation [1]</p> 	<p>+ Handfläche nach unten (Pronation) – Handfläche nach oben (Supination)</p>	<p>grün: gelb: gelb: rot: rot:</p>	<p>–30° bis 20° –30° bis –55° 20° bis 40° < –55° > 40°</p>
<p>Handgelenk-Flexion [1]</p> 	<p>+ zur Handfläche hin (Flexion) – zum Handrücken hin (Extension)</p>	<p>grün: gelb: gelb: rot: rot:</p>	<p>–25° bis 20° –25° bis –50° 20° bis 45° < –50° > 45°</p>
<p>Handgelenk-Radialduktion [1] Radialduktion Ulnarduktion</p> 	<p>+ zum Daumen hin (Radialduktion) – zum Kleinfinger hin (Ulnarduktion)</p>	<p>grün: gelb: gelb: rot: rot:</p>	<p>–10° bis 10° –10° bis –25° 10° bis 15° < –25° > 15°</p>

4.3.2 Schaltoperation

Über Schaltoperationen können Aktionen ausgelöst werden. Das entsprechende physikalische Element wird als „Schaltelement“, die Nutzerinteraktion als „Schalthandlung“ bezeichnet. Schaltelemente können z.B. Tasten oder virtuelle Tasten und Objekte sein. Bei den meisten Interaktionsgeräten ist eine Unterscheidung zwischen Betätigen und Loslassen des Schaltelements möglich.

4.3.3 Interaktionsoperation

Die Interaktion mit koordinatengebenden Interaktionsgeräten setzt sich meist aus verschiedenen Positionier- und Schaltoperationen zusammen (bezüglich Touchscreens siehe auch VDI/VDE 3850 Blatt 3, Abschnitt 7). Einfache Positionieraufgaben für Interaktionsgeräte lassen sich mit diesen vier elementaren Interaktionsoperationen beschreiben (in Anlehnung an [10]):

4.3.2 Switching operation

Switching operations can trigger actions. The corresponding physical part is called the switching element, the interaction performed by the user is the switching action. Switching elements include keys or virtual keys and objects. In most interaction devices a distinction can be made between actuating (pressing) and releasing the switching element.

4.3.3 Interaction operations

In most cases, an interaction with pointing interaction devices consists of several different positioning and switching operations (for touchscreens see also VDI/VDE 3850 Part 3, Section 7). Simple positioning tasks for interaction devices can be described using these four basic interaction operations (adapted from [10]):

Table 1. Assessment of hand-arm positions [8] (continued)

<p>forearm – pronation [1]</p>	<p>+ palm facing down (pronation) – palm facing up (supination)</p>	<p>green: –30° to 20° yellow: –30° to –55° yellow: 20° to 40° red: < –55° red: > 40°</p>
<p>wrist joint – flexion [1]</p>	<p>+ towards the palm (flexion) – towards the back of the hand (extension)</p>	<p>green: –25° to 20° yellow: –25° to –50° yellow: 20° to 45° red: < –50° red: > 45°</p>
<p>wrist joint – radial deviation [1]</p> <p>radial deviation ulnar deviation</p>	<p>+ towards the thumb (radial deviation) – towards the little finger (ulnar deviation)</p>	<p>green: –10° to 10° yellow: –10° to –25° yellow: 10° to 15° red: < –25° red: > 15°</p>

- **Bewegen (Positionieren)**
Mittels einer Positionieroperation wird das Positioniersymbol auf dem Bildschirm zu einem Zielpunkt bewegt.
- **Auslösen (Aktivieren)**
Das Schaltelement wird ohne Positionieroperation betätigt und losgelassen und die Funktion des unter dem Positioniersymbol liegenden Zielobjekts ausgelöst⁵⁾.
- **Auswählen (Selektieren)**
Eine spezielle Form des Auslösens: Mittels einer Schaltoperation wird ein Zielobjekt ausgewählt.
- **moving (positioning)**
The pointer on the screen is moved to a target object by means of a positioning operation.
- **triggering (activating)**
The switching element is actuated and released without a positioning operation, thus prompting execution of the function of the target object on which the pointer is currently located⁵⁾.
- **selecting**
A special form of triggering: a target object is selected by means of a switching operation.

⁵⁾ Wird das Schaltelement vor der Auslöseoperation verlassen, so führt dies bei Letztkontaktberührung zum Abbruch der Interaktion, wodurch der Nutzer auftretende Eingabefehler noch verhindern kann (im Gegensatz zur Erstkontaktberührung). / If the switching element is released prior to the triggering operation, activation on last contact will interrupt the interaction, enabling the user to prevent input errors (as opposed to activation on first contact).

- Verschieben (Manipulieren⁶⁾)
Die Positionieroperation und die Schaltoperation werden gleichzeitig ausgeführt.

Es sind auch weitere Interaktionsoperationen, bestehend aus Kombinationen von Schalt- und Positionieroperationen, möglich. Allerdings ist zu beachten, dass komplexe und ungebräuchliche Interaktionsoperationen zu langsamer Benutzung und hoher Fehlerrate führen können.

5 Klassifizierung der Interaktionsgeräte

Eine Klassifizierung von Interaktionsgeräten, wie sie in Bild 1 dargestellt ist, erfolgt durch eine Unterteilung in koordinatengebende und nicht koordinatengebende Interaktionsgeräte. Koordinatengebende Interaktionsgeräte lassen sich in ein-, zwei- und mehrdimensional wirkende Interaktionsgeräte unterteilen. Bei den nicht koordinatengebenden Interaktionsgeräten wird eine Unterteilung in Tasten und Erkennertechnologien vorgenommen.

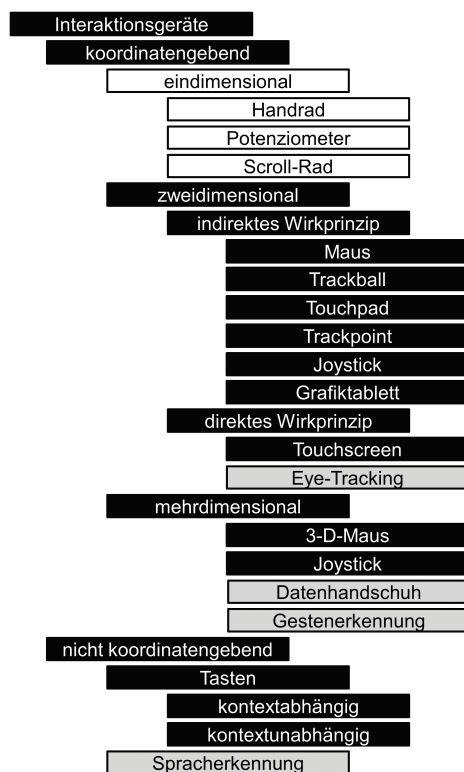


Bild 1. Gliederung der Interaktionselemente

Anmerkung: Die schwarzen Elemente werden in dieser Richtlinie behandelt. Die grauen eignen sich nicht oder nur in sehr speziellen Anwendungsfällen für den industriellen Einsatz.

- dragging (manipulating⁶⁾)
The positioning and switching operations are performed simultaneously.

Further interaction operations consisting of combinations of switching and positioning operations are also possible. However, it should be taken into consideration that complex and unusual interaction operations may result in a slow use and high error rates.

5 Classification of interaction devices

Classification of interaction devices, as shown in Figure 1, is made by distinguishing pointing and non-pointing interaction devices. Among the pointing interaction devices, a distinction can be made between one-, two- and multi-dimensional interaction devices. Among the non-pointing interaction devices, a distinction is made between keys and recognition technologies.

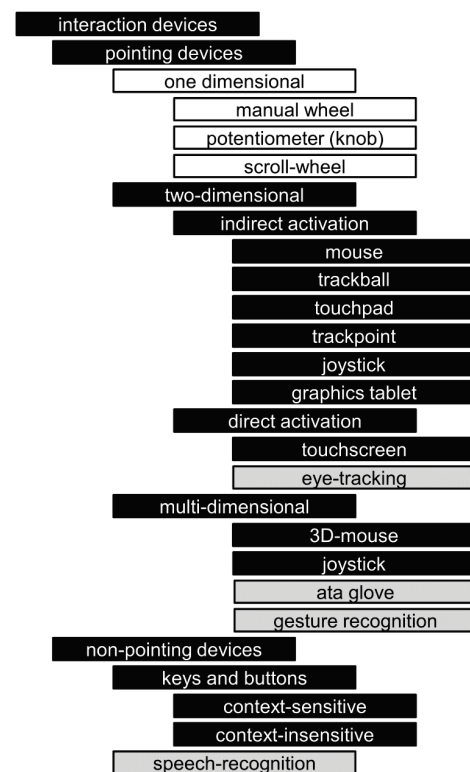


Figure 1. Classification of interaction devices

Note: The black elements are dealt with in this standard. The grey elements are not suitable for industrial applications or are only suitable in very specific use cases.

⁶⁾ Bei Manipulationsaufgaben wird auch von Drag-and-drop-Aufgaben gesprochen. Dabei erfolgen im Gegensatz zu Klickaufgaben Positionieren und Selektieren parallel. Bei Klickaufgaben erfolgen Positionieren und Selektieren sequenziell. / Manipulation tasks are also called “drag-and-drop” tasks. Here, positioning and selecting are performed simultaneously, whereas in “click” tasks, positioning and selecting are performed sequentially.

Zweidimensional wirkende koordinatengebende Interaktionsgeräte zur direkten Manipulation lassen sich nach dem Verhältnis der Lage von Aktionsort zu Wirkort in **indirekt wirkende** Eingabemittel (z.B. Maus, Touchpad, Trackball, Trackpoint, Joystick, Grafiktablett, Tasten) und **direkt wirkende** (z.B. Touchscreen) einteilen [11; 12]. Bei den direkt wirkenden Interaktionsgeräten erfolgt die Operation unmittelbar auf der Bildschirmoberfläche.

Andere Unterscheidungsmöglichkeiten ergeben sich nach der Art der Bezugsgröße: Interaktionsgeräte zum Auswählen von Objekten auf der Bildschirmoberfläche oder zum Bewegen von Objekten lassen sich nach **relativen** und **absoluten** Positionierprinzipien einteilen:

- Unter relativem Positionieren wird verstanden, dass der Zeiger abhängig von seiner aktuellen Position auf das Ziel bewegt wird (keine Sprünge möglich, z.B. Maus).
- Beim absoluten Positionieren ist jedem Punkt der Positionierfläche des Geräts genau ein Punkt des Bildschirms zugeordnet (Sprünge möglich, z.B. Grafiktablett, Touchscreen).

6 Allgemeine Anforderungen

6.1 Anforderungen durch die Nutzer

- Die Position des Interaktionsgeräts muss hinsichtlich Lage und Größe den ergonomischen, anthropometrischen und biomechanischen Anforderungen aller Nutzer in ihrer vorgesehenen Benutzungshaltung angemessen sein.
- Das Interaktionsgerät soll sich von Rechts- und von Linkshändern gleich gut benutzen lassen.
- Das Interaktionsgerät soll fehlerfreie Benutzung unabhängig von der Hand-/Fingergröße der Nutzer erlauben (gegebenenfalls auch bei Handschuhbetätigung).
- Die Schaltelemente des Interaktionsgeräts müssen ausreichend haptische Rückmeldung⁷⁾ geben. Der Schalterpunkt von Interaktionsgeräten muss immer fühlbar sein.
- Schaltelemente sollen einen Minimalverstellweg von 0,5 mm aufweisen. Der Maximalverstellweg sollte in den meisten Anwendungsfällen 6 mm nicht überschreiten. Häufig genutzte

Depending on the relation between the locations of action and effect, two-dimensional pointing interaction devices for direct manipulation can be classified as either **indirect-input devices** (e.g. mouse, touchpad, trackball, trackpoint, joystick, graphics tablet, keys) or **direct-input devices** (e.g. touchscreen) [11; 12]. In direct-input interaction devices, the operation is carried out immediately on the surface of the screen.

Other distinctions result from the type of reference parameter: Interaction devices for selecting objects on the screen area or for moving objects can be classified in terms of whether they rely on **relative** or **absolute** positioning.

- Relative positioning means that the movement of the pointer to its destination depends on the current position of the pointer (distinct leaps between positions are not possible, e.g. when a mouse is used).
- In absolute positioning, each point on the positioning area of the device corresponds to one specific point on the screen (leaps are possible, e.g. on a graphics tablet or touchscreen).

6 General requirements

6.1 User requirements

- Arrangement and size of the interaction device shall be suitable for all users' ergonomic, anthropometric and biomechanical requirements in the intended working posture.
- The interaction device shall allow equally good use by right-handed and left-handed persons.
- The interaction device shall allow error-free use irrespective of the size of the user's hands/fingers (possibly also with gloves on).
- The switching elements of the interaction device shall provide sufficient haptic feedback⁷⁾. The switching point of interaction devices shall always be perceptible.
- Switching elements shall have a minimum travel of 0,5 mm. The maximum travel should not exceed 6 mm in most use cases. The triggering force for frequently-used switching elements for

⁷⁾ Unter haptischer Rückmeldung versteht man die Ergebnisanzeige einer Nutzerhandlung, die übermittelt wird durch den Tastsinn (taktile Rückmeldung) oder durch die Rezeptoren in Gelenken, Muskeln und Sehnen, die Lage, Bewegung, Gewicht und Widerstand von Körperteilen wahrnehmen (kinästhetische Rückmeldung; siehe DIN EN ISO 9241-400, Abschnitt 3.4). / Haptic feedback means that indication of the result of the user's action is transmitted by the somatosensory system (tactile feedback) or by receptors in joints, muscles and tendons which perceive the position, movement, weight and resistance of parts of the body (kinaesthetic feedback; see DIN EN ISO 9241-400, Section 3.4).

Schaltelemente für unkritische Aufgaben sollten eine Auslösekraft im Bereich von 0,5 N bis 1,5 N vor der Aktivierung aufweisen (siehe DIN EN ISO 9241-410, Anhänge B–I).

- Das Schaltelement muss unempfindlich gegen unbeabsichtigte Betätigung sein. Dies kann in manchen Anwendungsfällen je nach Art des Interaktionsgeräts auch deutlich höhere Auslösekräfte erforderlich machen. Weitere Informationen zu Tasten finden sich in Abschnitt 9.1.

6.2 Anforderungen durch die Aufgabe

- Die Lage von Interaktionsgerät und Ausgabegerät soll dem Nutzer eine im Rahmen der Aufgabenstellung ermüdungsfreie Benutzung erlauben.
- Der Blick auf die zu überwachende technische Anlage oder den Prozess soll durch die Anordnung des Interaktionsgeräts nicht behindert werden.
- Wenn mehrere Interaktionsgeräte zum Einsatz kommen, soll ihre Anordnung gemäß der Wichtigkeit und Häufigkeit der Nutzung während der Aufgabenerfüllung erfolgen. Bei mehrhändiger Benutzung oder häufigem Wechsel zwischen den Interaktionsgeräten sollen die primären Eingabegeräte zentral vor dem Nutzer oder in der Nähe seiner dominanten Hand liegen.

6.3 Anforderungen durch den Nutzungskontext

- Das Interaktionsgerät muss unter den vorherrschenden Umgebungsbedingungen (Schmutz, Chemikalien, Beleuchtung, Schall, Elektromagnetismus, Feuchtigkeit, Vibrationen, Klima) ausreichend robust und gegen Beschädigung geschützt sein. Als Anhaltspunkt für die Schutzart gegen eindringende Gegenstände und Feuchtigkeit kann die Klassifizierung von Bauteilen in IP-Klassen gemäß DIN EN 60529 dienen.
- Die Benutzung des Interaktionsgeräts in dem zur Verfügung stehenden Bauraum muss ohne Einschränkungen möglich sein.
- Die Empfindlichkeit/Dämpfung muss an die Aufgabe und die Randbedingungen angepasst sein (z.B. bei vibrierender Umgebung).
- Die Randbedingungen dürfen die Benutzbarkeit des Interaktionsgeräts nicht einschränken (z.B. Eigenschwingungen am Interaktionsgerät).
- Das Interaktionsgerät soll leicht zu reinigen sein.

7 Allgemeine Einbauempfehlung

7.1 Grundlagen

Beim Einbau der Interaktionsmittel (Informationseingabe und -ausgabe) ist darauf zu achten, dass

non-critical tasks should be between 0,5 N and 1,5 N prior to activation (see DIN EN ISO 9241-410, Annexes B–I).

- The switching element shall be insensitive to unintended actuation. In some use cases, this may require significantly higher triggering forces, depending on the type of interaction device used. Further information on keys can be found in Section 9.1.

6.2 Task-related requirement

- The interaction device and the output device shall be positioned in such a way that the user can work carry out his task without tiring.
- Visual contact to the technical equipment or the process to be monitored shall not be impaired by the arrangement of the interaction device.
- If several interaction devices are used, these shall be arranged in order of their importance and frequency of use in fulfilment of the task. If the interaction devices are operated with both hands or if the user has to change between alternating input devices frequently, the primary devices shall be situated in the centre, i.e. in front of the user or near his dominant hand.

6.3 Requirements arising from the context of use

- The interaction device shall be sufficiently robust and damage-resistant under the prevailing ambient conditions (contamination, chemicals, lighting, noise, electromagnetism, humidity, vibrations, climate). The classification of components according to IP codes pursuant to DIN EN 60529 can serve as reference for the degree of protection against penetrating objects and dampness.
- It shall be possible to use the interaction device under the given spatial conditions without limitations.
- Sensitivity/damping should be adequate for the task and expected boundary conditions (e.g. use in vibrating environments).
- The boundary conditions shall not restrict the usability of the interaction device (e.g. natural resonance vibrations of the interaction device).
- The interaction device shall be easy to clean.

7 General installation recommendations

7.1 Fundamental principles

When installing an interaction device (information input and output), it shall be ensured that the user

die Nutzer ihre Aufgaben ohne körperliche Überlastung und erzwungene Körperhaltungen erledigen können. Die geeignete Anordnung ist deshalb sehr stark von Aufgabendauer und -inhalt abhängig. Im industriellen Einsatz werden Informationen meistens optisch aufgenommen und Eingaben mit den Händen gemacht. Deshalb ist für eine ergonomische Körperhaltung, vor allem auf eine angenehme Kopf-Nacken- und Hand-Arm-Haltung zu achten.

Die gängige Benutzung von technischen Anlagen lässt sich in drei Anordnungen einteilen: stehende Tafelbenutzung, stehende Pultbenutzung und sitzende Tischbenutzung (Bild 2). Die Auswahl der Arbeitshaltung muss abhängig von Dauer und Häufigkeit der Benutzung getroffen werden.

Stehende Tafelbenutzung führt zu deutlich schnellerer Ermüdung und geringerer Leistungsfähigkeit als sitzende Tischbenutzung. Stehende Pultbenutzung bildet einen Kompromiss mit weniger Belastung für Arme und Hände, wenn die Aufgabe häufig unterbrochen werden muss und die Mobilität des Nutzers für die Arbeitsaufgabe nötig ist.

Andere als die dargestellten Einbaulagen sind nur in besonderen Fällen sinnvoll. Sie müssen in Nutzerstudien unter realistischen Bedingungen überprüft werden.

7.2 Anthropometrie und digitale Menschmodelle

Bei der Auslegung von Arbeitsplätzen muss darauf geachtet werden, dass die Arbeitsplätze von Menschen mit unterschiedlichen Körpermaßen effizient und ohne Gefahr von Überlastung und Schädigung genutzt werden können. Mit der Erfassung der Körpermaße und der Ableitung von Gestaltungsempfehlungen für die Auslegung von Arbeitsplätzen und Stellteilen beschäftigt sich die Anthropometrie. Durch die hohe Varianz der Körpermaße bei Menschen sind für ergonomisches Arbeiten

can fulfil his tasks without excessive physical strain and without being forced to work in unnatural postures. The most suitable arrangement therefore largely depends on the duration and content of the task. In industrial use, information is usually received optically while entries are made by hand. Therefore an ergonomic posture, in particular a comfortable head-neck and hand-arm position, is to be considered.

Three types of arrangement can be distinguished for the customary use of technical plants: using a panel, standing; using a console, standing; and using a desk, seated (see Figure 2). The work posture shall be selected in relation to the duration and frequency of use.

Using a panel, standing, is much more tiring and the user's performance is poorer than when working at a desk, seated. Using a console, standing, is a compromise with less strain on arms and hands and is suitable for tasks which have to be interrupted frequently and during which the user has to remain mobile.

Other arrangements not described here only make sense in exceptional cases. They have to be tested under realistic conditions as part of user studies.

7.2 Anthropometry and digital models of the human body

The design of workplaces shall allow efficient use by various people with different body dimensions without the risk of excessive strain and physical injury. Anthropometry is the scientific discipline concerned with collecting data on body dimensions and using this data for design recommendations for workplaces and control actuators. To ensure an ergonomic working posture, the great variance of body dimensions among humans makes it necessary to design different variants of the furniture and

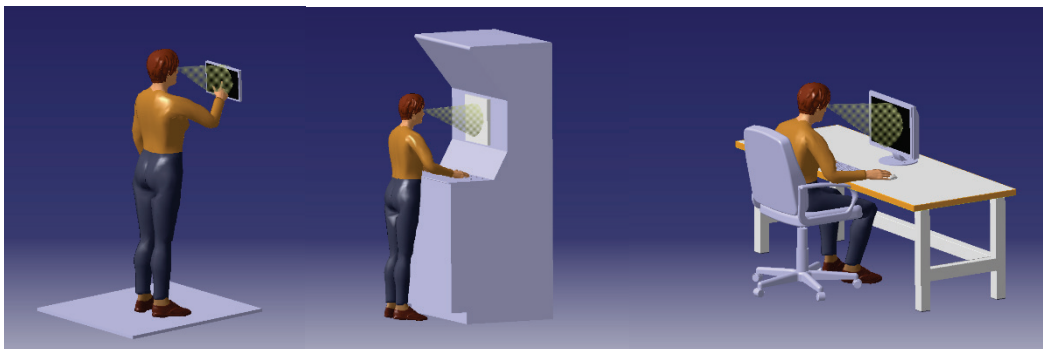


Bild 2. Empfohlene Möglichkeiten zur Integration von Interaktionsgeräten: stehende Tafelbenutzung, stehende Pultbenutzung, sitzende Tischbenutzung

Figure 2. Recommended options for the integration of interaction devices: using a panel, standing; using a console, standing; using a desk, seated

unterschiedliche Varianten der zum Einsatz kommenden Möbel und Geräte nötig. In den meisten Anwendungsfällen können stattdessen auch Möbel und Geräte eingesetzt werden, die durch Verstellbarkeit an die Bedürfnisse verschiedener Menschen angepasst werden können.

Die Körpermaße der Menschen sind normalverteilt. Dadurch wird der Anteil der Menschen, die in einem Körpermaß sehr stark vom Bevölkerungsdurchschnitt abweichen, sehr gering. Um die Einordnung bestimmter Menschen zu vereinfachen, nutzt man statt absoluter Maße die Perzentillierung. Ein Mensch, dessen Körpergröße dem 70. Perzentil entspricht, ist größer als 70 % der Bevölkerung und kleiner als 30 % der Bevölkerung. Welchem absoluten Körpermaß ein Perzentil entspricht, lässt sich in Tabellenwerken wie der DIN 33402-2 nachschlagen. Diese Werte ändern sich mit der Zeit.

Bei der Auslegung von Arbeitsplätzen und Maschinen besteht ein Zielkonflikt: Einerseits sollte der Arbeitsplatz von allen potenziellen Arbeitern ergonomisch genutzt werden können. Andererseits ist eine Verstellbarkeit immer technisch begrenzt und das Bereitstellen von mehreren Varianten beim Einsatz in einer Arbeitsumgebung nur bis zu einer bestimmten Anzahl wirtschaftlich und sinnvoll. Deshalb wird eine Auslegung von Arbeitsplätzen und Maschinen für die Menschen vom 5. bis zum 95. Perzentil empfohlen. Wenn Menschen außerhalb dieses Bereichs an einem solchen Arbeitsplatz arbeiten, müssen individuelle Maßnahmen getroffen werden.

Bei der Auslegung von Arbeitsplätzen und Maschinen kommen digitale Menschmodelle zum Einsatz, um die Auswirkungen verschiedener Körpermaße beim Einsatz an einem Computermodell zu visualisieren und zu evaluieren. In diesen Programmen können meist virtuelle Mannequins in Interaktion mit CAD-Modellen der Produkte die vorgesehenen Körperhaltungen einnehmen. Die Passgenauigkeit und die auftretenden Körperhaltungen sind so überprüfbar. Je nach Programm sind auch eine Beurteilung der Körperhaltung bei statischer Haltearbeit und in Bewegung, Abschätzung der aufbringbaren Kräfte, Anzeige der Erreichbarkeit oder Überprüfung der Sichtbarkeit mittels Sichtkegel möglich. Eine Übersicht über verfügbare digitale Menschmodelle bietet Anlage A in [13]. Für Tischarbeitsplätze mit etablierter ergonomischer Ausstattung, wie verstellbaren Stühlen und Tischen, sind nicht zwingend Analysen mit digitalen Menschmodellen nötig. Bei Steh- und Pultbenutzung oder einer Vielzahl an Ein- oder Ausgabege-räten sind aber die Körperhaltung, die Erreichbar-

devices used. As an alternative, most use cases also allow the use of furniture and devices which can be adjusted to suit the needs of different people.

Human body dimensions are normally distributed. Thus, only a small proportion of individuals deviate significantly from the average in terms of one specific body dimension. To facilitate the classification of certain groups of people, anthropometry does not work with absolute dimensions but with percentiles. A human individual with a body height equal to the 70th percentile is larger than 70 % of the population and smaller than 30 % of the population. The absolute body dimensions corresponding to specific percentiles can be taken from tables such as those shown in DIN 33402-2, for example. These values change over time.

The design of workplaces and machines involves a conflict of objectives: On the one hand the workplace should allow ergonomic use by all potential users; on the other hand, however, adjustability is always technically limited, meaning that placing several variants at the user's disposal in a work environment is only efficient and sensible to a certain extent. Therefore it is recommended that workplaces and machines should be designed for people between the 5th and 95th percentile. Individual measures shall be taken for people who do not fit into this range but work at these workplaces.

Digital models of the human body are used when designing workplaces and machinery in order to visualise and evaluate, in a computer model, the effects of different body dimensions when the workplace or machinery is being used. In these programmes, virtual dummies can usually adopt the envisaged posture in interaction with CAD models of the products. This allows the accuracy of fit and the adopted postures to be checked. Furthermore, depending on the programme, the user's posture both when he is holding objects statically and when he is moving, and the forces which can be exerted can be assessed, and visual accessibility or visibility can be checked on the basis of the user's cone of vision. An overview of available digital models of the human body can be found in Annex A of [13]. Analyses using digital models of the human body are not necessarily required for desk workplaces with proven ergonomic equipment such as adjustable chairs and tables. Interaction devices for use in a standing work posture and/or integrated into consoles and workplaces with several input and

keit und die Sichtbarkeit für Menschen unterschiedlicher Körpermaße auf jeden Fall zu prüfen. Auch hier führt meistens nur eine räumliche Verstellbarkeit von Ein- oder Ausgabegeräten zu einer ergonomischen Lösung.

7.3 Spezielle ergonomische Produkte

Bei Eingabegeräten, die hauptsächlich für Computerarbeitsplätze in Büroumgebungen gedacht sind, vor allem Mäuse und Tastaturen, gibt es spezielle Produkte, die nach ergonomischen Kriterien entwickelt wurden oder damit werben. Diese unterscheiden sich verschieden stark von den weitverbreiteten Eingabegeräten. Ob der Einsatz solcher ergonomischer Varianten sinnvoll ist, hängt vom Gerät und Einsatzzweck ab. Falls der Einsatz eines solchen Geräts den allgemeinen Anforderungen in Abschnitt 6 oder den speziellen Anforderungen in Abschnitt 8 widerspricht, ist davon abzusehen. Folgende Punkte müssen bei der Abwägung in Betracht gezogen werden:

- Die verbreiteten Varianten von Maus und Tastatur haben ergonomische Schwächen, die bei langfristiger Nutzung zu körperlichen Schäden führen können.
- Bei Tastaturen führt ein Anwinkeln der Tastaturhälften um die Hochachse zu einer besseren Handhaltung für Nutzer, die mit beiden Händen tippen. Ob Nutzer davon profitieren, hängt aber bei allen, die nicht mit Zehnfingersystem tippen, vom individuellen Tippstil ab.
- Bei Mäusen kann ein seitliches Anwinkeln der Auflagefläche zu einer besseren Handhaltung führen, sie birgt bei ständigem punktuellm Aufsetzen der leicht angewinkelten Hand allerdings auch ein Risiko für Schädigungen. Deshalb ist zusätzlich eine ausreichende Auflagefläche für Hand und Arm ebenso wichtig.
- Ergonomische Varianten von Mäusen und vor allem von Tastaturen unterscheiden sich häufig so stark vom Standard, dass sie für die Nutzer eine längere Eingewöhnungszeit nötig machen und zu Frustration führen können.
- Fast alle ergonomischen Varianten von Mäusen, Joysticks und Trackballs sind entweder nur für Rechts- oder Linkshänder ausgelegt. Um allen die ergonomische Nutzung zu ermöglichen, sind somit beide Varianten vorzuhalten.

Wenn an einem Arbeitsplatz häufig Text eingegeben wird, so ist eine ergonomisch angewinkelte Tastaturvariante eine sinnvolle Investition, um die Gefahr von Körperschäden zu vermindern. Eine

output devices, however, are always to be analysed with regard to work posture, accessibility and visibility for people with different body dimensions. Here again, spatial adjustability of input and output devices is the only ergonomic solution in most cases.

7.3 Special ergonomic products

With regard to input devices mainly intended for computer workplaces in office environments, in particular mouse devices and keyboards, special products which have been developed according to ergonomic criteria or which are advertised as being ergonomic are available. These products differ from the widely-used input devices to different extents. Purposeful use of such ergonomic variants depends on the device and the intended use. Such a device should not be used if it does not meet the general requirements described in Section 6 or the special requirements outlined in Section 8. The following points have to be considered when making a decision:

- The widely-used mouse and keyboard variants have ergonomic shortcomings which can lead to physical damage if used over a long period.
- In keyboards, arranging the keyboard halves at an angle about the vertical axis in the middle of the keyboard leads to a more favourable position of the hands for users who type using both hands. For all users who do not touch type with both hands, benefit for the user depends on the individual typing style.
- With mouse devices, it can help to achieve a better hand position if the surface on which the hand rests is slanted to one side. However, there is also a risk of damage if only one part of the slightly tilted hand is permanently rested on this surface. Therefore a sufficiently large surface for resting the hand and arm is equally important.
- Ergonomic mouse devices, and in particular ergonomic keyboard variants are often so different from the standard models that the user requires a considerable amount of time to get used to them and might become frustrated.
- Nearly all ergonomic mouse devices, joystick and trackball variants are designed for either right-handed or left-handed use only. In order to ensure ergonomic use for all users, both variants are to be made available to the user.

If a workplace is frequently used to enter texts, a keyboard variant with an ergonomic slant is a good investment in order to reduce the risk of physical injury. A curved variant in which the keypad is not

geschwungene Variante, bei der das Tastenfeld zusammenhängend bleibt, ist ein Kompromiss, der Sichttippern das Auffinden der Buchstaben kaum erschwert. Generell gilt, dass bei personengebundenen Arbeitsplätzen der Einsatz von ergonomisch optimierten Eingabegeräten zu befürworten ist und den Nutzern angeboten werden soll. Bei Arbeitsplätzen, die von mehreren Nutzern geteilt werden, muss in Betracht gezogen werden, ob die geplanten Eingabegeräte Nachteile für bestimmte Nutzergruppen haben können.

8 Koordinatengebende Interaktionsgeräte

Ein koordinatengebendes Interaktionsgerät besteht aus einem Positionierelement und mindestens einem (unter Umständen integrierten) Schaltelement. Mit diesen Ausstattungsmerkmalen können Objekte auf dem Bildschirm angesteuert und aktiviert oder manipuliert werden. Einige Geräte sind mit zusätzlichen Tasten und/oder Scroll Wheels (Rändelräder) für erweiterte dialogspezifische Funktionalitäten ausgerüstet. Die Anwahl dieser Funktionen erfolgt überwiegend sequenziell zur eigentlichen Positionieroperation. Im Folgenden wird nur das für die Selektion notwendige Schaltelement betrachtet, das auch parallel zur Positionieroperation verwendet werden kann.

8.1 Anforderungen an koordinatengebende Interaktionsgeräte

8.1.1 Anforderungen durch die Nutzer

- Das Schaltelement soll in Relation zum Positionierelement günstig angeordnet und benutzbar sein, um eine Einhandbenutzung zu ermöglichen. Für Aufgaben, bei denen eine Zweihandbenutzung explizit gewünscht ist, kann von dieser Empfehlung abgewichen werden.
- Eine Betätigung des Schaltelements darf keine unbeabsichtigte Bewegung des Positionierelements oder des Positioniersymbols verursachen.
- Eine der Feinmotorik angemessene Haltung muss möglich sein. Falls Feinpositionieroperationen oder häufige Nutzung nötig sind, soll es möglich sein, Teile des Arm-Hand-Finger-Systems auf dem Interaktionsgerät oder im Umgebungsraum abzustützen. Dabei ist darauf zu achten, dass die Unterstützung flächig und nicht nur am Handgelenk erfolgt, da es sonst zu Beschwerden in Hand und Arm kommen kann. Alle Nutzer sollen die Möglichkeit haben, mindestens den halben Unterarm auf der Arbeitsfläche oder einer Armauflage davor abzustützen

separated is a compromise allowing people who type by sight to find the letters almost as easily as on a normal keyboard. As a general rule, equipping personal workplaces with ergonomically optimised input devices is recommended and these devices should be offered to users. For workplaces which are shared by several users, it has to be considered whether the planned input devices may have disadvantages for certain user groups.

8 Pointing interaction devices

A pointing interaction device consists of a positioning element and at least one (possibly integrated) switching element. These features allow the selection of objects on the screen and activation or manipulation of these objects. Some devices are equipped with additional buttons and/or scroll wheels (thumbwheels) for additional dialogue-specific functions. For the most part, these functions are selected sequentially after the actual positioning operation. Only the switching element required for object selection and which can also be used at the same time as positioning will be considered below.

8.1 Requirements for pointing interaction devices

8.1.1 User requirements

- The relative positions of switching and positioning elements should be ergonomic, allowing ease of use as well as single-handed use. This recommendation may be ignored if two-handed use is explicitly desired.
- Actuation of the switching element shall not cause any unwanted movement of the positioning element or of the pointer.
- A posture adequate for fine-motor action should be possible. If fine positioning operations or frequent use is required, it should be possible to rest parts of the finger-hand-arm system on the interaction device or near to it, whereby care shall be taken to provide support over a wider area and not just at the wrist, since this would otherwise lead to hand and arm health problems. All users shall be able to rest at least half their forearm on the work surface or on an armrest located in front of it. This means that a supporting surface of

können. Dazu ist eine Auflagefläche von 15 cm Länge nötig⁸⁾.

- Beim Einsatz eines koordinatengebenden Interaktionsgeräts darf es für keinen Nutzer zu einer Zwangsstellung des Handgelenks kommen (siehe Tabelle 1). Deshalb ist je nach Einbauhöhe auch ein entsprechendes Anwinkeln des Interaktionsgeräts nötig. Falls die Empfehlungen für das Interaktionsgerät ein Anwinkeln nicht erlauben, muss eine ausreichend tiefe Einbauposition gewählt werden.
- Koordinatengebende Interaktionsgeräte werden oft in Kombination mit einer Tastatur eingesetzt. Wenn die Tastatur zentral positioniert ist, muss es dem Nutzer möglich sein, das koordinatengebende Interaktionsgerät rechts oder links der Tastatur zu platzieren, um der bevorzugten Anordnung von Rechts- und Linkshändern gerecht zu werden.

8.1.2 Anforderungen durch die Aufgabe

- Einfache, häufige und unkritische Interaktionshandlungen sollen einhändig zu erledigen sein.
- Falls bei der Koordinateneingabe mit einem relativ positionierenden Interaktionsgerät mit Weg-Weg-Kopplung⁹⁾ (Maus, Trackball, Touchpad) große Bereiche abgedeckt werden müssen, kann die Geschwindigkeit des Positioniersymbols in Abhängigkeit von der Beschleunigung bei der Eingabe erhöht werden („Mauszeigerbeschleunigung“). Der Übergang zwischen langsamer und schneller Positioniersymbolbewegung muss stetig und monoton erfolgen.

8.1.3 Anforderungen durch den Nutzungskontext

- Sollten im geplanten Nutzungskontext Vibrationen auftreten, ist vom Einsatz koordinatengestützter Interaktionsgeräte abzusehen.

8.2 Einbauempfehlungen für koordinatengebende Interaktionsgeräte

8.2.1 Indirekt wirkende Interaktionsgeräte

Indirekt wirkende Interaktionsgeräte werden im natürlichen Greifraum der Nutzer (Bild 3, Bild 4)

15 cm in length is required⁸⁾.

- The user shall not be forced to adopt an unnatural position of the wrist joint while using a pointing interaction device (see Table 1). Therefore, it is necessary to tilt the interaction device accordingly in relation to the installation height. If the recommendations for the interaction device do not allow a tilted orientation, the selected installation position has to be low enough for all users.
- Pointing interaction devices are often used in combination with a keyboard. If the keyboard is positioned directly in front of the user, the user shall be able to place the pointing interaction device either to the right or to the left of the keyboard in order to meet the requirements for a preferred arrangement for right-handed and left-handed users.

8.1.2 Task-related requirements

- Simple, frequent and non-critical interactions shall be possible using one hand only.
- If large areas have to be covered while entering coordinates with a relative-positioning interaction device that uses displacement-displacement coupling⁹⁾ (mouse, trackball, touchpad), the speed of the pointer can be increased during input, depending on the acceleration setting (“mouse acceleration”). The transition between slow and fast pointer movement shall be continuous and uniform.

8.1.3 Requirements arising from the context of use

- Pointing interaction devices should not be used if vibrations are likely to occur in the intended context of use.

8.2 Installation recommendations for pointing interaction devices

8.2.1 Indirect-input interaction devices

Indirect-input interaction devices are installed within the natural arm's reach of the user (Fig-

8) Nach DIN 33402-2 beträgt die Unterarmlänge (ohne Handlänge) des 95.-Perzentil-Manns etwa 30 cm. / According to DIN 33402-2, the forearm length (without hand length) of a 95-percentile male is roughly equal to 30 cm.

9) Unter Weg-Weg-Kopplung versteht man den Zusammenhang, dass bei einem Interaktionsgerät der Weg, den das Positioniersymbol zurücklegt, vom Weg des Positionierelements bestimmt wird. Bei manchen Koordinaten gebenden Interaktionsgeräten wird die Geschwindigkeit des Positioniersymbols vom Weg des Positionierelements bestimmt (Weg-Geschwindigkeits-Kopplung, z.B. Joystick), bei anderen durch die aufgebrachte Kraft am Positionierelement (Kraft-Geschwindigkeits-Kopplung, z.B. Trackpoint). / Displacement-displacement coupling is understood as the principle that when an interaction device is used, the displacement of the pointer is controlled by the displacement of the positioning element. In some pointing interaction devices, the velocity of the pointer is determined by the displacement of the positioning element (displacement-velocity coupling, e.g. joystick), in others it is determined by the force applied to the positioning element (force-velocity coupling, e.g. trackpoint).

angebracht, wobei auf akzeptable Gelenkstellungen vor allem des Handgelenks (siehe Abschnitt 4.2) geachtet werden sollte. Bei der Auslegung müssen die Greifräume und Gelenkstellungen aller potenziellen Nutzer betrachtet werden. Außerdem müssen die speziellen Anforderungen des gewählten Eingabegeräts beachtet werden (siehe Abschnitt 8.4 ff.).

8.2.2 Direkt wirkende Interaktionsgeräte

Bei direkt wirkenden Interaktionsgeräten wie Touchscreens kommt es zu einem Zielkonflikt zwischen der ergonomischen Erreichbarkeit und der ermüdungsfreien Betrachtung des Interaktionsgeräts. Die Betrachtung hat bei den meisten interaktiven Softwaresystemen den größeren zeitlichen Anteil an der Aufgabebearbeitung, ist im Gegensatz zur Eingabe nur eingeschränkt unterbrechbar und nicht auf mehrere Gliedmaßen verteilbar. Deshalb ist die Begrenzung der Hals-Nacken-Belastung als wichtiger einzuschätzen als die Minimierung der Hand-Arm-Belastung. Arbeitsplätze, die eine langfristige oder dauerhafte Eingabe erfordern, müssen als Sitz- oder Stehpultarbeitsplätze mit Armauflagemöglichkeit ausgelegt sein. Eine tiefe Anbring-

ure 3, Figure 4), not forgetting to ensure an acceptable position of all joints, in particular of the wrist joint (see Section 4.2). The design shall take due consideration of the arm's reach and joint positions of all potential users. Furthermore, attention shall be paid to the special requirements of the selected input device (see Section 8.4 et seq.).

8.2.2 Direct-input interaction devices

Direct-input interaction devices such as touchscreens involve a conflict of objectives between ergonomic accessibility and being able to look at the interaction device without fatigue. In most interactive software systems, more time is spent looking at the device while executing the task. As opposed to tasks where input action can be interrupted, the user can only take his eyes off the screen for brief periods, and the tasks cannot be carried out using several parts of the body. Therefore, limiting the strain on the neck and nape has to be deemed to be more important than minimising the strain on the hand-arm system. Workplaces requiring lengthy or continuous input shall be designed as desk or console workstations with arm



Bild 3. Sitzende Tischbenutzung eines indirekt wirkenden koordinatengebenden Interaktionsgeräts (Maus)

Figure 3. Use of an indirect-input pointing interaction device (mouse) while sitting at a desk

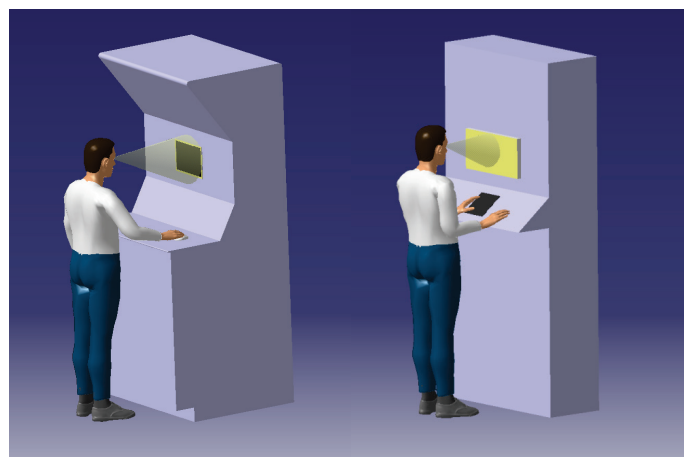


Bild 4. Stehende Pultbenutzung mit der Maus (links) und mit einem Touchpad (rechts)

Figure 4. Use of console, standing, with a mouse (left) and a touchpad (right)

ung von Touchscreens mit guter Erreichbarkeit und erhöhter Belastung für Hals und Nacken kann sinnvoll sein, wenn die primäre Arbeitsaufgabe das Beobachten von anderen Anzeigen oder Prozessen im natürlichen Sichtfeld ist.

Es ist darauf zu achten, dass gute Sichtbarkeit und Erreichbarkeit für alle potenziellen Nutzer gewährleistet ist. Zur Auslegung und Überprüfung des Arbeitsplatzes empfiehlt sich die Hilfe eines digitalen Menschmodells (siehe auch Abschnitt 7.2).

Weitere Anforderungen:

- Anzeigen wie Touchscreens sollen zentral im natürlichen Sichtbereich bei aufrechter Körperhaltung platziert sein.
- Der Sehstrahl der Nutzer soll etwa orthogonal auf den Bildschirm fallen.
- Der Winkel des Sehstrahls zur Horizontalen muss beim Benutzen zwischen 0° und 60° nach unten liegen (DIN EN ISO 9241-5, Abschnitt 5.2.1).
- Der empfohlene Winkel zwischen der Horizontalen und dem Sehstrahl des Nutzers auf die Mitte der Anzeige ist bei sitzender Benutzung etwa 35°, bei stehender Benutzung etwa 30° (Bild 5; siehe auch DIN EN ISO 9241-5, Abschnitt 5.2.1).
- Um diese Bedingung für Nutzer verschiedener Größen zu gewährleisten, soll der Touchscreen in der Höhe verstellbar sein. Bei einer Auslegung für Personen in Deutschland zwischen 18 Jahren und 65 Jahren muss der Verstellbereich mindestens 32 cm betragen. Dies entspricht dem Größenunterschied zwischen der 5.-Perzentil-Frau und dem 95.-Perzentil-Mann (Bild 6; siehe auch DIN 33402-2).
- Der Sichtkegel um den Sehstrahl, in dem der Mensch eine sehr gute visuelle Wahrnehmung hat und in dem sich alle wichtigen Informationen beim Benutzen befinden sollten, öffnet sich mit etwa 30°. Dies sollte bei der Platzierung von Softwareelementen und der Wahl der Bildschirmgröße berücksichtigt werden.

Eine feste Integration von direkt wirkenden Interaktionsgeräten wie Touchscreens in senkrechte Wände (Bild 6) ist möglich, allerdings nur mit großen Einschränkungen. Die hohe senkrechte Montage führt zu erhöhter Haltearbeit des eingebenden Arms und ist deshalb nur für Aufgaben zulässig, die keine häufigen oder lang andauernden Eingaben erfordert. Die Anforderung, dass kleine Personen nicht nach oben blicken müssen, begrenzt die

rests. It might make sense to install the touchscreen lower down while still ensuring good accessibility, even if this involves greater strain for the neck, if the operator's primary task is looking at other displays or watching processes within his natural field of vision.

Good visibility and accessibility shall be ensured for all potential users. It is advisable to use a digital model of the human body when designing and reviewing the workplace (see also Section 7.2).

Further requirements:

- Displays such as touchscreens shall be positioned directly in front of the user, within his natural field of vision, when he is standing upright.
- The users' visual axis shall be approximately orthogonal to the screen.
- The angle between the visual axis and the horizontal shall be between 0° and 60° downward (DIN EN ISO 9241-5, Section 5.2.1).
- The recommended angle between the horizontal and the user's visual axis when looking at the centre of the screen shall be approximately 35° in a sitting position and approximately 30° in a standing position (Figure 5; see also DIN EN ISO 9241-5, Section 5.2.1).
- The touchscreen location shall be adjustable in height in order to fulfil the requirement for use by persons of different sizes. In Germany, the design shall provide an adjustment range of at least 32 cm for persons between 18 and 65 years of age. This range corresponds to the height difference between a 5th percentile female and a 95th percentile male (Figure 6; see also DIN 33402-2).
- The cone of vision around the visual axis in which a human has very good visual perception and in which all important information should be found while using an interaction device has an angular aperture of approximately 30°. This should be taken into consideration when determining the position of software elements and selecting the screen size.

Fixed integration of direct-input interaction devices such as touchscreens in vertical walls (Figure 6) is possible, but only with severe limitations. Installing the device vertically in a high position results in an increased effort to hold the arm being used to enter data higher and is thus only permissible for tasks which do not require frequent or lengthy input. The requirement that short people shall not be forced to look upwards limits the position of the upper edge

Oberkante der Anzeige. Die Anforderung, dass der Blickwinkel großer Personen auf die Anzeige nicht zu flach wird, begrenzt die Unterkante der Anzeige. Bei direkt wirkenden Interaktionsgeräten wie dem Touchscreen ist ein nicht senkrechter Blick auf die Anzeige besonders kritisch, weil er durch die Parallaxe zu Eingabefehlern führen kann (siehe VDI/VDE 3850 Blatt 3, Abschnitt 5.3.1). Gemäß einer Auslegung mit einem digitalen Menschmodell ergibt sich für Personen in Deutschland zwischen 18 Jahren und 65 Jahren (DIN 33402-2) eine maximale Anzeighöhe von 12 cm mit der Unterkante 136 cm über dem Boden. Diese Konfiguration bewirkt allerdings, dass große Personen die Anzeige unter einem Betrachtungswinkel von bis zu 30° zur Senkrechten sehen und kleine Personen mit Gleitsicht- oder Lesebrille Teile der Anzeige nicht ohne erhöhte Nackenbelastung scharf sehen. Deshalb sollen Touchscreens auch bei Wandmontage höhenverstellbar und angewinkelt¹⁰⁾ sein.

of the display. The requirement that a tall person's viewing angle of on the display shall not be too small limits the position of the lower edge of the display. In direct-input interaction devices such as a touchscreen, viewing the display at any other angle than orthogonally is particularly critical since the parallax can lead to input errors (see VDI/VDE 3850 Part 3, Section 5.3.1). According to a design based on a digital model of people in Germany aged between 18 and 65 years, the permissible maximum height of the display is 12 cm, with the lower edge located 136 cm above the ground (DIN 33402-2). This configuration, however, has the effect that the angle at which tall people have to view the display in relation to the vertical is less than 30° and that short people wearing glasses with progressive lenses or wearing reading glasses cannot view parts of the display clearly without increased strain on the neck. Therefore, touchscreens mounted on walls shall be adjustable in height and installed at a suitable angle¹⁰⁾.



Bild 5. Empfohlener Einbau eines Touchscreens bei stehender Tafelbenutzung

Figure 5. Recommended installation of a touchscreen used as panel in a standing position



Bild 6. Beispiel für die Anforderungen verschiedener Nutzer bei senkrechter Wandmontage von Touchscreens

Figure 6. Example for the different user requirements for a touchscreen installed vertically on a wall

¹⁰⁾ Ist eine ausreichende Höhenverstellung gewährleistet, so ist eine zusätzliche Winkelveinstellung nicht notwendig. / If sufficient height adjustability is ensured, additional tilting is not necessary.

8.3 Faktoren für die Auswahl koordinatengebender Interaktionsgeräte

Für die Auswahl sind aufgabenbezogene Faktoren (Eignung für die in Abschnitt 4.3.3 genannten Interaktionsoperationen), Umgebungsfaktoren und interaktionsgerätespezifische Faktoren relevant. Sie werden im Folgenden allgemein erläutert und ab Abschnitt 8.4 für die Bewertung der verschiedenen Interaktionsgeräte herangezogen.

- **Bewegen**

Dazu zählen die Eigenschaften des Interaktionsgeräts, die die Geschwindigkeit und Zielgenauigkeit beim Positionieren des Positionierungssymbols (bei indirekt wirkenden) oder Positionierelements (bei direkt wirkenden) auf ein bestimmtes Ziel beeinflussen. Hierbei wird je nach Interaktionsgerät auch die Eignung für das Positionieren auf bewegten, unbewegten, großen und kleinen (< 10 mm) Objekten unterschieden

- **Auslösen/Auswählen**

Diese Faktoren beziehen sich auf jene Eigenschaften des Interaktionsgeräts, die die Geschwindigkeit und Fehlerwahrscheinlichkeit beim Auslösen einer Funktion beeinflussen.

- **Manipulieren**

Hierunter sind jene Eigenschaften des Interaktionsgeräts zu verstehen, die die Geschwindigkeit und Fehlerwahrscheinlichkeit beim direkten Manipulieren von Objekten (Drag-and-drop, Zeichnen) beeinflussen.

- **Umgebungsfaktoren**

Damit werden Anforderungen und Einschränkungen beim Einsatz des Interaktionsgeräts bezeichnet, z.B. Platzbedarf, Flexibilität der Aufstellung, Möglichkeit der Handschuhbenutzung.

- **interaktionsgerätespezifische Faktoren**

Dabei handelt es sich um konzeptbedingte Möglichkeiten und Einschränkungen des Interaktionsgeräts, z.B. bei der Dialoggestaltung oder der Einhandbenutzung.

8.4 Maus

8.4.1 Technische Eigenschaften

Die Umsetzung der Mausbewegung in elektrische Signale geschieht durch einen Sensor meist optisch, selten mechanisch oder induktiv.

Die Handfläche liegt bei der Benutzung flach auf dem Gehäuse der Maus, der Zeigefinger ruht auf einem Schaltelement.

8.3 Factors for the selection of pointing interaction devices

Task-related factors (suitability for the interaction operations described in Section 4.3.3), environmental factors and interaction-device-specific factors are relevant for the selection of a suitable pointing interaction device. These factors are explained in general in the following section and are used from Section 8.4 onwards for assessing the various interaction devices.

- **moving**

This includes the properties of the interaction device that affect the speed and pinpoint accuracy when positioning the pointer (in indirect input) or the positioning element (in direct input) on a specific target. Depending on the interaction device, a further distinction is made with regard to its suitability for positioning on moving, stationary, large or small (< 10 mm) objects.

- **triggering/selecting**

These factors refer to those properties of the interaction device that affect the speed and error probability when triggering a function.

- **manipulating**

These are the properties of the interaction device that affect the speed and error probability while directly manipulating objects (drag-and-drop, drawing).

- **environmental factors**

These describe the requirements and limits for using the interaction device, e.g. space required, flexibility of installation, glove operation.

- **interaction-device-specific factors**

These are concept-related capabilities and limits of the interaction device, e.g. the dialogue design or single-hand operation.

8.4 Mouse

8.4.1 Technical characteristics

The translation of a mouse movement into electrical signals by a sensor usually relies on optical, seldom on mechanical or inductive principles.

During use, the palm rests flat on the body of the mouse, the index finger touching a switching element.

Optische und mechanische Mäuse (Bild 7) finden vorwiegend Anwendung im Bürobereich. Optische und induktive Technologien eignen sich aufgrund ihrer gekapselten Bauweise mit hoher Schutzart für industrielle Umgebungen.

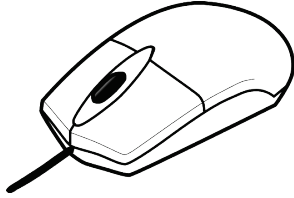


Bild 7. Interaktionsgerät Maus

Kabellose Mäuse werden für den industriellen Einsatz nicht empfohlen.

8.4.2 Charakteristik und Eignung

In Tabelle 2 werden die Charakteristik und die Eignung der Maus aufgeführt.

8.4.3 Einbau- und Gestaltungsempfehlungen

- Für die Bewegung der Maus muss mindestens eine Fläche von 20 cm × 20 cm zur Verfügung stehen.
- Das Kabel der Maus muss so lang sein, dass zu keiner Zeit Zug bei der Benutzung auf der vorgesehenen Fläche entsteht.
- Die Begrenzung der Nutzungsfläche (z.B. durch eine abfallende Kante oder Wechsel der Oberflächenbeschaffenheit) oder der Kabellänge ist sinnvoll, um ein Abdriften der Maushand aus der vorgesehenen Fläche und eine dadurch nachteilige Hand-Arm-Stellung bei längerer Nutzung zu vermeiden.

8.5 Trackball (Rollkugel)

8.5.1 Technische Eigenschaften

Der Trackball (Bild 8) ist vergleichbar mit einer umgedrehten mechanischen Maus. Mit den Fingern wird eine rollbar gelagerte Kugel von ca. 2 cm bis 10 cm Durchmesser, die in ein stationäres Gehäuse eingelassen ist, als Positionierelement bewegt. Es gibt auch kleinere Trackballs für Mobilgeräte, diese sind für die Maschinensteuerung nicht geeignet. Das Schaltelement befindet sich vor, hinter oder neben dem Positionierelement und wird meist mit dem Daumen oder dem Zeigefinger betätigt.

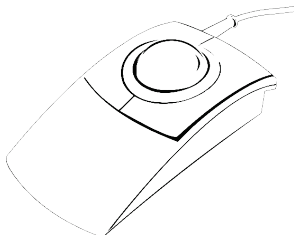


Bild 8. Interaktionsgerät Trackball

An optical and mechanical mouse (Figure 7) is mainly used in office applications. Thanks to the high degree of protection afforded by an encapsulated design, optical and inductive technologies are suitable for industrial environments.

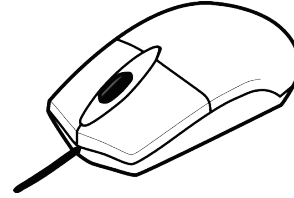


Figure 7. Interaction device – mouse

Cordless mouse devices are not recommended for industrial applications.

8.4.2 Characteristics and suitability

Table 2 lists the characteristics and suitability of a mouse.

8.4.3 Installation and design recommendations

- A minimum surface space of 20 cm × 20 cm shall be available for moving the mouse around.
- The cable of the mouse shall be long enough to avoid tension at all times when the mouse is used on the intended surface.
- It is a good idea to limit either the area on which the mouse is used (e.g. by a sloping edge or a change in surface structure) or the length of the cable in order to prevent the mouse hand from drifting off the intended surface. This avoids an unfavourable hand-arm position when used for a longer period.

8.5 Trackball

8.5.1 Technical characteristics

The trackball (Figure 8) is comparable to an inverted mechanical mouse. The fingers are used to move the positioning element, which is a ball approximately 2 cm to 10 cm in diameter installed in a stationary housing on bearings allowing it to rotate freely in all directions. Small trackballs for mobile devices are also available, but these are not suitable for machinery controls. The switching element is located in front of or behind the positioning element and is usually actuated using the thumb.

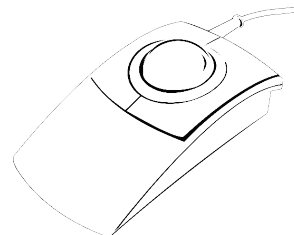


Figure 8. Interaction device – trackball

Tabelle 2. Charakteristik und Eignung der Maus

Faktor	Bewertung
Bewegen	Die Maus ist sehr weit verbreitet, sehr viele Menschen sind geübt im Umgang mit ihr. Die Maus ist für alle Arten von Positionieraufgaben mit einem Positioniersymbol und statischen Zielen geeignet, auch für die Feinpositionierung auf kleinen Zielen. Sie ermöglicht eine sehr hohe Positioniergeschwindigkeit. Wenn bewegte Ziele verfolgt oder getroffen werden müssen, ist darauf zu achten, dass dies mit Bewegungen auf dem vorhandenen Raum möglich ist und kein Abheben und Umsetzen der Maus nötig ist.
Auslösen/Auswählen	Da das Schaltelement direkt unter dem Zeigefinger in die Maus integriert ist, bietet sie sehr schnelles und sicheres Auslösen mit guter Rückmeldung.
Manipulieren	Mit der Maus ist schnelles und sicheres direktes Manipulieren möglich. Zum Zeichnen ist sie nicht geeignet.
Umgebungsfaktoren	Zum Einsatz der Maus ist eine horizontale, ebene, saubere Fläche nötig. Sie ist deshalb für Anwendungsfälle ungeeignet, bei denen Schmutz, Feuchtigkeit oder Kleinteile anfallen. Handschuhbenutzung ist nur mit dünnen Handschuhen, z.B. aus Kunststoff oder Baumwolle, möglich. Für Umgebungen, in denen die Verwendung von Arbeitshandschuhen nötig ist, ist die Maus ungeeignet.
interaktionsgeräte-spezifische Faktoren	Die Maus darf nur in Kombination mit einem Positioniersymbol in der Software verwendet werden. Direkte Kopplung der Mausbewegung mit Bewegungen oder Rotationen von virtuellen oder realen Objekten eignet sich nicht für eine sichere und effiziente Benutzung. Die Maus ist ein loser Gegenstand, der von der Betätigungsfläche fallen kann, und damit aus dem Sichtfeld verschwindet. Deshalb eignet sie sich nicht zur Auslösung sicherheitskritischer Funktionen, die immer verfügbar sein müssen. Die Kabel normaler Mäuse sind nicht zugfest und können bei großer Belastung reißen. Dies muss bei Entscheidungen über einen Industrieinsatz bedacht werden.

Table 2. Characteristics and suitability of mouse devices

Factor	Assessment
moving	The mouse is a widely used device and many people are very experienced in using it. A mouse is suitable for all types of positioning tasks involving a pointer and stationary targets, including fine positioning on small targets. It enables a very high positioning speed. If the task requires the user to follow or hit moving targets, attention shall be paid to the fact that this is possible with mouse movements on the available space without users having to lift the mouse up and reposition it.
triggering/selecting	A mouse offers quick and safe triggering with good feedback since the switching element is integrated into the mouse and is located directly beneath the index finger.
manipulating	A mouse enables quick and safe direct manipulation. It is not suitable for drawing.
environmental factors	A horizontal, flat and clean surface is required for mouse operation. This means that it is not suitable for use cases in which dirt, humidity or small debris is involved. Glove operation is only possible when wearing thin gloves, e.g. plastic or cotton gloves. A mouse is not suitable for environments in which it is necessary to wear work gloves.
interaction-device-specific factors	A mouse may only be used in combination with a pointer which is embedded in the software. Direct coupling of the mouse movement with movements or rotation of virtual or real objects cannot ensure safe and efficient operation. A mouse is a freely movable object which can fall off the surface on which it is used, meaning that the user can lose sight of it. As a result, it is not suitable for triggering safety-critical functions which have to be permanently accessible. The cable of a normal mouse is not resistant to tension and can tear if exposed to high tensile loads. This fact has to be taken into consideration in any decisions concerning use of a mouse in an industrial environment.

Die Bewegung der Kugel wird optisch oder mechanisch in elektrische Signale umgesetzt, die an den Rechner übermittelt werden, der die Position des Positioniersymbols auf dem Bildschirm bestimmt.

Trackballs existieren in diversen Größen und werden neben herkömmlichen Anwendungsgebieten im Bürobereich auch in entsprechender Schutzart im industriellen Bereich eingesetzt.

Ball movement is translated mechano-optically or optically into electrical signals transmitted to the computer, which in turn controls the position of the pointer on the screen.

There are various sizes of trackball which, apart from being used in conventional office applications, can also be fitted with suitable protection for use in industrial environments.

8.5.2 Charakteristik und Eignung

In Tabelle 3 werden die Charakteristik und die Eignung des Trackballs aufgeführt.

8.5.3 Einbau- und Gestaltungsempfehlungen

Bei waagrechtem Einbau müssen die Nutzer die Möglichkeit haben, Handinnenfläche, Handballen und optional Handgelenk auf dem Trackball abzulegen.

8.6 Touchpad

8.6.1 Technische Eigenschaften

Bei Touchpads (auch Trackpads genannt, Bild 9) wird die Bewegung des Fingers auf einer Sensorfläche erfasst, die als Positionierelement fungiert. Die Position des Fingers wird fast immer relativ erfasst, die Sensorfläche entspricht also nicht dem gesamten Bildschirmbereich. Dadurch ist wiederholtes Absetzen des Fingers nötig, um den gesamten Bildschirmbereich erreichen zu können. Das Schaltelement ist meist vor dem Touchpad angeordnet, selten seitlich. Bei modernen Touchpads kann die Schalthandlung meist auch durch Antippen der Sensorfläche ausgelöst werden. In diesem Fall ist das dedizierte Schaltelement redundant. Manche Varianten bieten keine mechanischen Knöpfe als Schaltelement, sondern erlauben ein mechanisches Eindrücken des gesamten Positionierelements. Varianten, die weder Eindrücken erlauben noch dedizierte Schaltelemente besitzen, sind für den industriellen Einsatz ungeeignet.

Die Benutzung des Positionierelements erfolgt meist mit dem Mittel- oder Zeigefinger und die Benutzung des Schaltelements mit dem Daumen derselben Hand oder mit einem Finger der anderen Hand.

Das Touchpad ist im Bereich mobiler Rechner sehr stark verbreitet. Da das Positionierelement keine beweglichen Teile hat, ist es verschmutzungsunempfindlich, wodurch es sich auch gut für den industriellen Einsatz eignet.

Eine Variante des Touchpads ist der „optische Trackball“, der ebenfalls durch Streichen des Fingers über eine Sensorfläche benutzt wird. Allerdings ist diese Fläche nur 1 mm bis 5 mm im Durchmesser groß. Er kommt aus Platzgründen auf Mobilgeräten zum Einsatz, eignet sich jedoch nicht zur Steuerung technischer Anlagen.

8.6.2 Charakteristik und Eignung

In Tabelle 4 werden die Charakteristik und die Eignung des Touchpads aufgeführt.

8.5.2 Characteristics and suitability

Table 3 lists the characteristics and suitability of trackballs.

8.5.3 Installation and design recommendations

If the device is installed horizontally, users shall be given the possibility of resting the palm, the ball of the thumb and, optionally, the wrist joint on the trackball.

8.6 Touchpad

8.6.1 Technical characteristics

In a touchpad (also referred to as trackpad, Figure 9), the movements of a finger on a sensor area functioning as the positioning element are recorded. Finger movements are usually recorded as relative movements, i.e. the sensor area does not correspond to the total area of the screen. Thus the user raises and moves his finger repeatedly in order to reach all areas of the screen. In most variants, the switching element is arranged at the front of the touchpad, in a few variants at the side. In most modern touchpads, the switching action can also be triggered by tapping on the sensor area. In this case the mechanical switching element is redundant. Some variants do not offer mechanical buttons as switching elements but allow the user to press down the entire positioning element. Variants which neither allow the user to press the touchpad area nor have dedicated switching elements are unsuitable for industrial applications.

The positioning element is normally operated by the middle or index finger, and the switching element is actuated using the thumb of the same hand, or a finger of the other hand.

Touchpads are widely used in mobile computers. Thanks to the absence of moving parts, they are resistant to contamination, makes them well suited for industrial applications as well.

One variant of the touchpad is the “optical trackball” which is also operated by moving one or more fingers over a sensor area. This area is, however, only 1 mm to 5 mm in diameter. Since the optical trackball requires so little space, it is frequently used in mobile devices. However, it is not suitable for controlling technical equipment.

8.6.2 Characteristics and suitability

Table 4 lists the characteristics and suitability of the touchpad.

Tabelle 3. Charakteristik und Eignung des Trackballs

Faktor	Bewertung
Bewegen	Der Trackball ist für alle Arten von Positionieraufgaben mit einem Positioniersymbol und statischen Zielen geeignet, auch für die Feinpositionierung auf kleinen Zielen. Da er nicht sehr verbreitet ist, benötigen die meisten Menschen eine gewisse Eingewöhnungszeit, um effizientes Arbeiten mit dem Trackball zu erlernen. Vor allem deshalb ist die Positioniergeschwindigkeit im Durchschnitt geringer als bei der Maus, kann aber ähnlich hoch werden. Das Verfolgen bewegter Ziele ist motorisch etwas komplexer als mit der Maus.
Auslösen/Auswählen	Da das Schaltelement bei den meisten Bauformen direkt unter dem Zeigefinger oder dem Daumen integriert ist, bietet der Trackball sehr schnelles und sicheres Auslösen mit guter Rückmeldung. Andere Bauformen sollten nur bei speziellen Anforderungen eingesetzt werden.
Manipulieren	Mit dem Trackball ist schnelles und sicheres direktes Manipulieren möglich. Zum Zeichnen ist er nicht geeignet.
Umgebungsfaktoren	Der Trackball benötigt wenig Platz und kann in waagrechten oder geneigten Flächen verbaut werden. Er erfordert bei längerer Benutzung eine Armablage, deshalb ist der waagerechte Einbau vorzuziehen. Von Trackballs gibt es Varianten, die vandalismussicher sind und auch hohen mechanischen Anforderungen genügen. Handschuhbenutzung ist bei einer ausreichend rauen Oberfläche der Kugel möglich, bei einem Kugeldurchmesser von mindestens 5 cm auch mit Arbeitshandschuhen. Auch bei Handschuhbenutzung muss die Erreichbarkeit der Schaltelemente gewährleistet sein.
interaktionsgeräte-spezifische Faktoren	Der Trackball wird meist in Kombination mit einem Positioniersymbol in der Software verwendet. Auch eine direkte Kopplung der Trackballbewegung mit Bewegungen oder Rotationen von virtuellen Objekten ist möglich. Dabei darf aber keine wahrnehmbare Latenz zwischen Trackballbewegung und virtueller Bewegung auftreten. Masse und Dämpfung der Kugel sollen so beschaffen sein, dass sie bei normaler Bewegung nach dem Loslassen sofort stehen bleibt und bei schneller Bewegung nur kurz nachrollt. Der Rollwiderstand (Rollreibung) einer Rollkugel soll 0,2 N bis 1,5 N betragen, der Anfangswiderstand (Haftreibung) 0,2 N bis 0,4 N (DIN EN ISO 9241-410, Anhang E).

Table 3. Characteristics and suitability of trackballs

Factor	Assessment
moving	A trackball is suitable for all types of positioning tasks involving a pointer and stationary targets, including fine positioning on small targets. Since the device is not very common, most people require a certain amount of time getting accustomed to using it and practicing how to work with it efficiently. This is the main reason why positioning speed is, on average, lower than that of a mouse, but when used efficiently it can become comparably high. The movements required to follow moving targets are a bit more complex than with a mouse.
triggering/selecting	A trackball offers quick and safe triggering with good feedback since in most trackball models the switching element is integrated into the trackball directly beneath the index finger or the thumb. Deviating designs should only be used to meet special requirements.
manipulating	A trackball enables quick and safe direct manipulation. It is not suitable for drawing.
environmental factors	A trackball requires very little space and can be installed on horizontal or inclined surfaces. An arm rest is required for extended use and so it should preferably be installed horizontally. Some trackball variants are vandal-proof and even meet very high mechanical requirements. Glove operation is possible provided that the surface of the ball is rough enough. Trackballs with a diameter of at least 5 cm can even be used by persons wearing work gloves. The accessibility of the switching elements shall be ensured at all times, even if the trackball user is wearing gloves.
interaction-device-specific factors	A trackball is mostly used in combination with a pointer which is embedded in the software. Direct coupling of the trackball movement with movements and rotations of virtual objects is also possible. However, noticeable latency between trackball movement and virtual movement shall be avoided. Mass and damping of the positioning element shall be chosen in such a way that the ball stops immediately when released after normal movements, and that movement is sustained for not more than a brief moment when the ball is released after quick movements. The rolling resistance (rolling friction) of a trackball shall be between 0,2 N and 1,5 N, the initial resistance (static friction) shall be 0,2 N to 0,4 N (DIN EN ISO 9241-410, Annex E).

Tabelle 4. Charakteristik und Eignung des Touchpads

Faktor	Bewertung
Bewegen	Das Touchpad ist für alle Arten von Positionieraufgaben mit einem Positioniersymbol und statischen Zielen geeignet, auch für die Feinpositionierung auf kleinen Zielen. Es ermöglicht eine gute Positioniergeschwindigkeit, die allerdings geringer ist als bei Maus oder Trackball. Das Touchpad benötigt eine geringe Eingewöhnungszeit für Nutzer, die damit keine Übung haben. Da es aber auf Mobilgeräten weit verbreitet ist, ist dieser Nachteil geringer als beim Trackball. Es ist nicht geeignet, bewegte Ziele zu verfolgen oder zu treffen.
Auslösen/Auswählen	Da das Schaltelement meist unter dem Daumen integriert ist, bietet es schnelles und sicheres Auslösen mit guter Rückmeldung. Dies gilt auch für Varianten, bei denen die gesamte Touch-Fläche als mechanisch eindrückbares Schaltelement ausgeführt ist. Touchpads lassen wahlweise auch ein Auslösen durch Antippen des Positionierelements statt des Schaltelements zu. Diese Variante wird von geübten Nutzern bevorzugt, birgt aber die Gefahr des ungewollten Auslösens oder ungewollten Bewegens des Positioniersymbols beim Auslösen. Es darf deshalb nicht in einem technischen System verwendet werden, mit dem sicherheitskritische Funktionen ausgelöst werden können.
Manipulieren	Das Touchpad ist nur eingeschränkt für das direkte Manipulieren geeignet, da ein gleichzeitiges Betätigen des Schalt- und des Positionierelements bei einhändiger Benutzung motorisch fordernd ist. Erschwert wird es dadurch, dass der Finger für das Bewegen des Positioniersymbols über größere Distanzen wiederholt ab- und aufgesetzt wird. Alternativ können Elemente auch durch Antippen des Positionierelements in einen Ziehmodus versetzt werden und dann mit einem Finger ohne Halten des Schaltelements zum Ziel bewegt werden. Diese Interaktionsart ist aber fehlerträchtig und nicht für den industriellen Einsatz geeignet. Manche Touchpads unterstützen direkte Manipulation mittels Multi-Touch-Gesten. Gebräuchliche Gesten wie Ziehen mit zwei Fingern zum Scrollen und Zoomen mit der Pinch-Spread-Geste steigert die Arbeitsgeschwindigkeit geübter Nutzer. Die so gesteuerten Funktionen müssen aber immer auch auf andere Weise verfügbar sein. Zum Zeichnen ist das Touchpad nicht geeignet.
Umgebungsfaktoren	Das Touchpad wird idealerweise waagrecht verbaut, kann bei Pult- oder Tafelbenutzung aber auch angewinkelt verbaut werden. Dabei ist auf eine angenehme und ermüdungsfreie Handhaltung zu achten und bei häufiger Nutzung eine Armauflage vorzusehen. Aufgrund des kapazitiven Wirkprinzips und der begrenzten Fläche der meisten Touchpads ist eine Handschuhbenutzung in der Regel nicht möglich.
interaktionsgeräte-spezifische Faktoren	Um ein häufiges Umsetzen des Fingers bei langen Strecken oder zu nervöses Ansprechen bei kurzen Strecken zu vermeiden, sollte die Geschwindigkeit des Positioniersymbols an die Hardware und die Aufgabe angepasst sein und durch Nutzer validiert werden. Eine Mauszeigerbeschleunigung wird empfohlen, um dieses Problem gering zu halten. Das Touchpad darf nur in Kombination mit einem Positioniersymbol in der Software verwendet werden. Die direkte Kopplung der Fingerbewegung mit Bewegungen oder Rotationen von virtuellen oder realen Objekten kann zusätzlich mit Zweifingerbenutzung ermöglicht werden, sollte aber in Nutzerversuchen validiert werden.

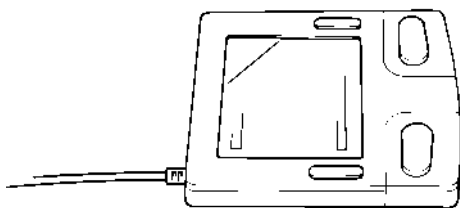


Bild 9. Interaktionsgerät Touchpad

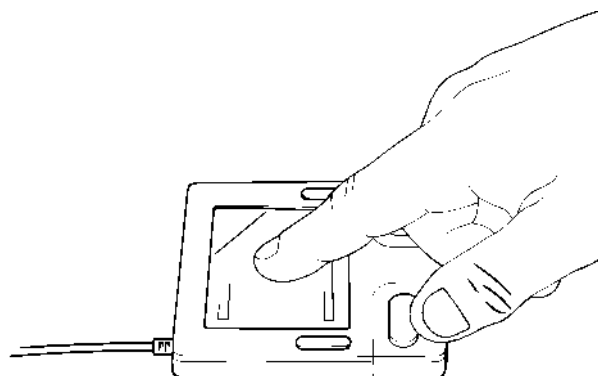


Figure 9. Interaction device – touchpad

Table 4. Characteristics and suitability of touchpads

Factor	Assessment
moving	A touchpad is suitable for all types of positioning tasks involving a pointer and stationary targets, including fine positioning on small targets. It enables high positioning speeds, but not quite as fast as with a mouse or a trackball. It takes a while for inexperienced users to get accustomed to using a touchpad. However, since touchpads are very widely used in mobile devices, this is not so much of a disadvantage as with trackballs. It is not suitable for following or hitting moving targets.
triggering/selecting	A touchpad offers quick and safe triggering with good feedback, since in most touchpad models the switching element is integrated into the touchpad directly beneath the thumb. This also applies to variants in which the complete touch surface serves as a switching element which can be pressed down mechanically. In touchpads, functions can also be triggered by tapping on the positioning element instead of pressing the switching element. This variant is preferred by experienced users, but bears the risk of accidentally triggering a function or moving the pointer while triggering a function. Therefore touchpads shall not be used in technical systems which can be used to trigger safety-critical functions.
manipulating	A touchpad is only suitable for direct manipulation to a limited extent since actuating both the switching and positioning elements simultaneously is quite demanding when used single-handedly. This is made even more difficult by the finger moving the pointer having to be lifted up and repositioned repeatedly in order to move the pointer over larger distances. As an alternative, elements can also be switched to drag-mode by tapping on the positioning element and then moved to the desired position with one finger without having to press and hold down the switching element. This type of interaction is, however, error-prone and not suitable for industrial use. Some touchpads support direct manipulation via multi-touch gestures. Common gestures such as dragging with two fingers in order to scroll or zoom with the pinch-spread gesture help experienced users to work faster. However, the functions controlled by this gesture shall always be also accessible by other triggering options. Touchpads are not suitable for drawing.
environmental factors	Ideally, a touchpad is installed horizontally. However, it may also be installed on an inclined surface if used in a console or in combination with a panel. In both cases, a comfortable and fatigue-free hand position is to be ensured and an arm rest is to be provided if the device is to be used frequently. Glove operation is normally not possible owing to the capacitive operating principle and the limited surface area of most touchpads.
interaction-device-specific factors	In order to avoid having to reposition the finger frequently when moving the pointer over longer distances or to prevent too nervous a response in short distances, the speed of the pointer should be adapted to the hardware and the task and be validated by users. Mouse acceleration is recommended to minimise this problem. A touchpad only is permitted to be used in combination with a pointer which is embedded in the software. Direct coupling of the finger movement with movements or rotation of virtual or real objects can be additionally enabled with two-finger use. However, this should be validated by user tests.

8.6.3 Einbau- und Gestaltungsempfehlungen

Das Positionierelement des Touchpads muss mindestens eine Fläche von 8 cm Breite und 6 cm Höhe haben, bei gebräuchlichen Anzeigen im Verhältnis 4:3 bis 16:9. Auch bei anderem Seitenverhältnis der Anzeige muss die kürzere Seite des Touchpads mindestens 6 cm lang sein.

8.7 Trackpoint

8.7.1 Technische Eigenschaften

Der Trackpoint (auch Pointing Stick, Mausstick oder Mini-Joystick, Bild 10 und Bild 11) ist ein kleiner Joystick mit meist isotonischem, selten isometrischem Wirkprinzip. Benutzt wird der Trackpoint mit nur einem Finger, indem er in die

8.6.3 Installation and design recommendations

The positioning element of the touchpad shall have a surface which is at least 8 cm wide and 6 cm high for commonly-used displays, with an aspect ratio of between 4:3 and 16:9. Even for other display aspect ratios, the shorter side of the touchpad shall be at least 6 cm in length.

8.7 Trackpoint

8.7.1 Technical characteristics

The trackpoint (also referred to as pointing stick, mouse stick or miniature joystick, Figure 10 and Figure 11) is a small joystick usually operated according to the isotonic principle. Isometric versions are seldom used. A trackpoint is operated by

gewünschte Richtung gedrückt wird. Entsprechend der aufgebrachten Kraft oder der Auslenkung orthogonal zur z -Achse werden Signale erzeugt, die im Rechner in x - y -Koordinaten umgesetzt werden. Das Positionierelement besteht aus einem kleinen Gummiknopf von ca. 5 mm Durchmesser mit zwei Freiheitsgraden. Varianten mit isometrischem Wirkprinzip haben meist einen Durchmesser von 2 cm oder mehr. Schaltelemente sind seitlich oder frontal angeordnet.

Er findet vielfach Verwendung im Bereich mobiler Rechner. Da bei isotonischem Wirkprinzip keine nennenswert beweglichen Teile vorhanden sind, ist er bei zusätzlicher Kapselung verschmutzungsunempfindlich, weswegen er auch im Maschinen- und Anlagenbau verwendet wird.

8.7.2 Charakteristik und Eignung

In Tabelle 5 werden die Charakteristik und die Eignung des Trackpoints aufgeführt.

8.7.3 Einbau- und Gestaltungsempfehlungen

- Die Betätigungskraft und die Kennlinie für das Positionierelement müssen an Nutzerbedürfnisse angepasst sein. Die erforderliche Kraft für das Positionierelement darf im Bereich von 0,1 N bis 1,1 N liegen (DIN EN ISO 9241-410, E.2.3.2).

pushing it in the desired direction with just one finger. The signals generated correspond to the force applied or the displacement at right angles to the z axis and are translated into x and y coordinates by the computer. The positioning element is a small rubber-capped button with a diameter of approximately 5 mm and two degrees of freedom. Most isometric variants have a diameter of 2 cm or more centimetres. Switching elements are arranged at the side or front.

This device is often used in mobile computers. As there are no significant moving parts in trackpoints operated according to the isotonic principle, these can be made contamination-resistant by additional encapsulation. This is the reason for their frequent use in mechanical and plant engineering.

8.7.2 Characteristics and suitability

Table 5 lists the characteristics and suitability of trackpoints.

8.7.3 Installation and design recommendations

- The actuating force required and the response of the positioning element should match the user's requirements. The force to be exerted on the positioning element may range between 0,1 N and 1,1 N (DIN EN ISO 9241-410, E.2.3.2).

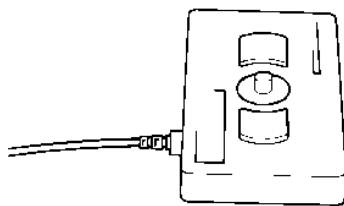


Bild 10. Interaktionsgerät Trackpoint (meist isotonisch)

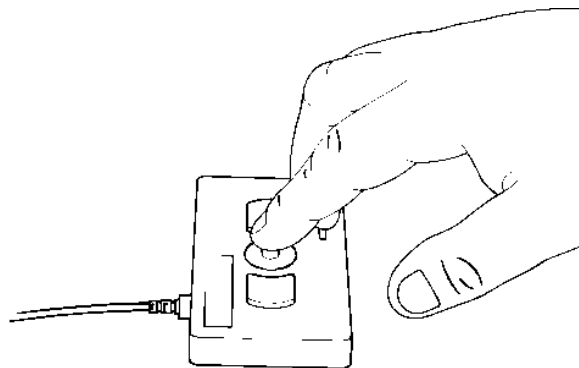


Figure 10. Interaction device – trackpoint (usually isotonic)

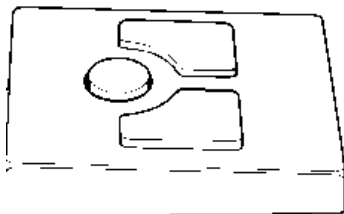


Bild 11. Interaktionsgerät Trackpoint (meist isometrisch)

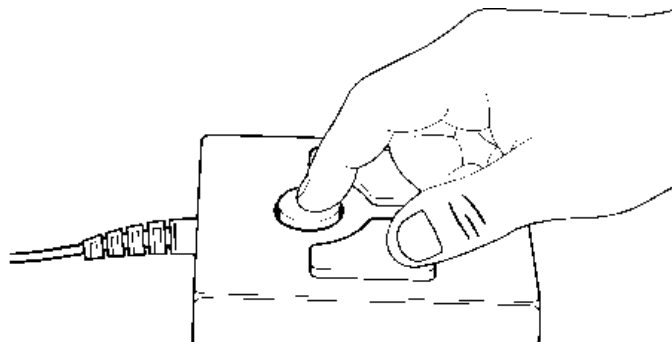


Figure 11. Interaction device – trackpoint (usually isometric)

Tabelle 5. Charakteristik und Eignung des Trackpoints

Faktor	Bewertung
Bewegen	Der Trackpoint ist für alle Arten von Positionieraufgaben mit einem Positioniersymbol und statischen Zielen geeignet, auch für die Feinpositionierung auf kleinen Zielen. Er ermöglicht eine geringere Positioniergeschwindigkeit als Maus, Trackball oder Touchpad. Der Trackpoint benötigt eine geringe Eingewöhnungszeit für Nutzer, die damit keine Übung haben. Er ist kaum geeignet, bewegte Ziele zu verfolgen oder zu treffen. Derartige Aufgaben sind schwieriger als mit der Maus zu bewältigen.
Auslösen/Auswählen	Wenn das Schaltelement unter dem Daumen liegt, bietet es schnelles und sicheres Auslösen mit guter Rückmeldung. Bei manchen Trackpoints liegt das Schaltelement seitlich neben oder etwas entfernt vom Positionierelement. Dadurch verlangsamt sich die Arbeitsgeschwindigkeit oder es wird eine Zweihandnutzung erzwungen.
Manipulieren	Der Trackpoint ist nur eingeschränkt für das direkte Manipulieren geeignet: Ein gleichzeitiges Betätigen des Schalt- und des Positionierelements ist bei einhändiger Benutzung motorisch fordernd. Deshalb wird meist eine Zweihandbenutzung bevorzugt. Zum Zeichnen ist der Trackpoint nicht geeignet.
Umgebungsfaktoren	Der Trackpoint benötigt nur sehr wenig Platz. Allerdings sollte in Betracht gezogen werden, dass die nötige Fläche für Positionier- und Schaltelement nur wenig geringer ist als bei Touchpad oder Trackball. Der Trackpoint wird idealerweise waagrecht verbaut, kann bei Pult- oder Tafelbenutzung aber auch angewinkelt verbaut werden. Dabei ist auf eine angenehme und ermüdungsfreie Handhaltung zu achten und bei häufiger Nutzung eine Armauflage vorzusehen. Der Trackpoint ist für die Benutzung mit den meisten Handschuharten nicht geeignet.
interaktionsgeräte-spezifische Faktoren	Der Trackpoint darf nur in Kombination mit einem Positioniersymbol in der Software verwendet werden. Die direkte Kopplung der Mausbewegung mit Bewegungen oder Rotationen von virtuellen oder realen Objekten eignet sich nicht für eine sichere und effiziente Benutzung.

Table 5. Characteristics and suitability of trackpoints

Factor	Assessment
moving	A trackpoint is suitable for all types of positioning tasks involving a pointer and stationary targets, including fine positioning on small targets. The positioning speed achieved with a trackpoint is lower than with a mouse, trackball or touchpad. It takes a while for inexperienced users to get accustomed to using a trackpoint. It is hardly suitable for following or hitting moving targets. Such tasks are more difficult with a trackpoint than with a mouse.
triggering/selecting	The trackpoint offers quick and safe triggering with good feedback, provided that the switching element is positioned beneath the thumb. In some trackpoint variants the switching element is positioned next to or a bit further away from the positioning element. This reduces the working speed or forces the user to use both hands.
manipulating	The trackpoint is only suitable for direct manipulation to a limited extent: actuating both the switching and positioning element simultaneously is quite demanding in single-handed use. Therefore most users prefer to use the device with both hands. A trackpoint is not suitable for drawing.
environmental factors	A trackpoint requires very little space. However, it should be taken into consideration that the area required for the positioning and switching elements is only a little smaller than that required for a touchpad or trackball. Ideally, a trackpoint is installed horizontally. However, it may also be installed on an inclined surface if used in a console or in combination with a panel. In both cases, a comfortable and fatigue-free hand position shall be achieved and an arm rest shall be provided if the device is used frequently. A trackpoint is not suitable for glove operation with most types of gloves.
interaction-device-specific factors	A trackpoint only is permitted to be used in combination with a pointer which is embedded in the software. Direct coupling of the trackpoint movement with movements or rotation of virtual or real objects cannot ensure safe and efficient use.

- Das Positionierelement soll durch seine Form die Auflage des Fingers und die Betätigung unterstützen. Das Positionierelement soll das Abrutschen des Fingers mit einer ausreichend rauhen Oberfläche verhindern und abgerundete Kanten besitzen. Bei Trackpoints mit mehr als 1,5 cm Durchmesser sollte die Oberseite konkav sein, damit der seitlich gerichtete Druck gut übertragen werden kann. Bei kleineren Trackpoints sollte die Oberseite konvex sein, damit beim seitlichen Druck auf das Stellteil nicht gegen eine Kante gedrückt werden muss.

8.8 Joystick (Steuerknüppel)

8.8.1 Technische Eigenschaften

Der Joystick (Bild 12) kann in zwei oder drei Freiheitsgraden bewegt werden. Entsprechend der aufgebrachten Kraft und der Auslenkung orthogonal zur z -Achse werden Signale erzeugt, die im Rechner in x - y -Koordinaten umgesetzt werden. Manche Joysticks lassen sich zusätzlich um die z -Achse drehen. Das Schaltelement kann sich auf dem Hebel oder seitlich/frontal vor dem Gelenkpunkt des Hebels befinden. Joysticks funktionieren meist nach dem isotonischen Wirkprinzip oder benötigen überproportional Kraft für die Auslenkung. Es gibt auch Joysticks mit aktiver Rückmeldung mittels Elektromotoren (Force-Feedback) für Einsatzbereiche, in denen die Rückmeldung besonders wichtig ist. Vom Einsatz von Joysticks mit isometrischem Wirkprinzip soll abgesehen werden.

Abhängig von der Gestalt des Joysticks umfassen zur Benutzung des Positionierelements meist Daumen und ein/zwei Finger oder die gesamte Hand den Knüppel. Das Schaltelement wird mit Daumen oder Zeigefinger der umfassenden Hand oder bei separater Anbringung mit der zweiten Hand betätigt.

Einsatz findet der Joystick im Wesentlichen für Zielverfolgungsaufgaben oder zum Steuern von mehrdimensionalen Bewegungen bei Geräten, z.B. Robotern, Baumaschinen oder Kränen. Ebenso kann der Joystick zur Achspositionierung bei Werkzeugmaschinen verwendet werden.

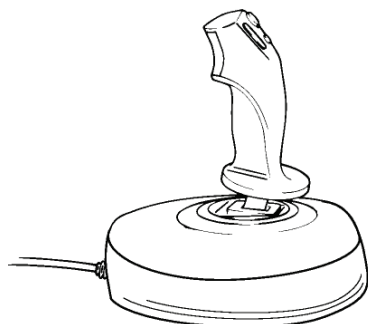


Bild 12. Interaktionsgerät Joystick

- The shape of the positioning element should be suitable for placing the finger on it and actuating it. The surface shall be rough enough to prevent the finger from slipping off the positioning element and the positioning element shall have rounded edges. Trackpoints with a diameter exceeding 1,5 cm should have a concave surface to ensure good transmission of the lateral force. Smaller trackpoints should have a convex surface so that the user avoids pressing on a button edge when applying lateral force to the control actuator.

8.8 Joystick

8.8.1 Technical characteristics

The joystick (Figure 12) has two or three degrees of freedom of motion. The signals generated correspond to the force applied or the displacement at right angles to the z axis and are translated into x and y coordinates by the computer. Some joysticks can also be rotated around the z axis. The switching element can be located on the lever or can be installed to the side or in front of the lever joint. Joysticks usually operate according to the isotonic principle or require a disproportional force to move the lever. There are also joysticks which provide active feedback via electric motors (force feedback) for application fields in which feedback is particularly important. The use of isometric joysticks shall be avoided.

Depending on the design of the joystick, the positioning element is either gripped by the thumb and one/two fingers or by the entire hand in order to use it. The switching element is actuated by the thumb or index finger of the hand holding the lever, or if the switching element is not integrated into the joystick, by the other hand.

Joysticks are essentially used for tasks involving the tracking of an object or to control three-dimensional movements of machines such as robots, construction machines or cranes. A joystick can also be used for axis controls of machine tools.



Figure 12. Interaction device – joystick

8.8.2 Charakteristik und Eignung

In Tabelle 6 sind die Charakteristik und die Eignung des Joysticks gelistet.

8.8.3 Einbau- und Gestaltungsempfehlungen

Große Joysticks, die mit der ganzen Hand umfasst werden, sollten die Hand durch eine Unterlage im Bereich der Handkante und des Handballens unterstützen.

8.9 Grafiktablett

8.9.1 Technische Eigenschaften

Das Grafiktablett (englisch: pen tablet oder digitizer, Bild 13) ist eine flache Tafel. Mit einem Zeigegerät (meist in Stiftform, genannt Stylus) können einzelne Positionen in einem begrenzten Bereich des Tablett angefahren werden. Es kann in einen Positionierbereich und in einen optionalen Befehlsbereich mit markierten Bereichen für feste Befehle eingeteilt sein. Im Positionierbereich wird die jeweilige Position auf dem Tablett absolut in x-y-Koordinaten der Anzeige umgesetzt. Eine Schalthandlung auf die Flächen im Befehlsbereich löst Aktionen direkt aus. Manche Varianten haben zusätzliche mechanische Schaltelemente integriert.

Das Positionierelement wird durch das Zusammenwirken von Zeigegerät und Positionierbereich gebildet. Meist befinden sich Schaltelemente auf dem Zeigegerät, die mit dem Zeigefinger oder dem Daumen betätigt werden können. Außerdem ist meist eine Schalthandlung möglich, indem das Zeigegerät auf den Positionierbereich aufgesetzt wird oder die Stiftspitze eingedrückt wird. Moderne Grafiktablets erfassen die Position des Zeigegeräts bereits, wenn dieses wenige Zentimeter über dem Positionierbereich schwebt. So kann das Positioniersymbol berührungslos bewegt werden und beim Aufsetzen auf die Fläche erfolgt die Schalthandlung. Dies entspricht beim Zeichnen der Funktionsweise eines Stifts.

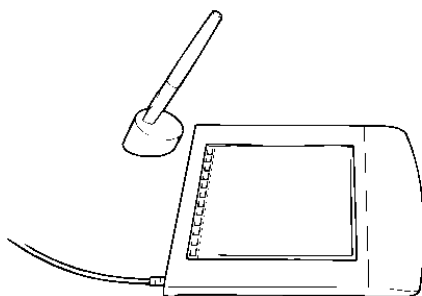


Bild 13. Interaktionsgerät Grafiktablett

8.8.2 Characteristics and suitability

Table 6 lists the characteristics and suitability of joysticks.

8.8.3 Installation and design recommendations

Large joysticks which are clasped by the entire hand should provide support for the hand in the form of a pad on which the user can rest the side of his hand and ball of his thumb.

8.9 Graphics tablet

8.9.1 Technical characteristics

The graphics tablet (also referred to as pen tablet or digitizer, Figure 13) is a flat tablet. A pointing device (usually pen-shaped, referred to as a stylus) can be moved to specific positions within a limited area of the tablet. This area may be divided into a positioning area and an optional command area with marked areas for predefined commands. The current location in the positioning area is translated into absolute x and y coordinates of the display. A switching action on a marked area in the command area immediately triggers an action. Some variants have additional mechanical switching elements integrated into the device.

The positioning function is generated by the joint action of the pointing device and positioning area. Switching elements which can be actuated using the index finger or thumb are usually located on the pointing device. Furthermore, in most devices a switching action can also be triggered by touching the positioning area with the pointing device or applying pressure to the tip of the stylus. Modern graphics tablets already sense the position of the pointing device when it is still a few centimetres above the positioning area. In this way, the pointer can be moved without the pointing device actually touching the tablet. Touching the tablet surface with the pointing device then triggers a switching action. This corresponds to the principle of a pen being used for drawing.

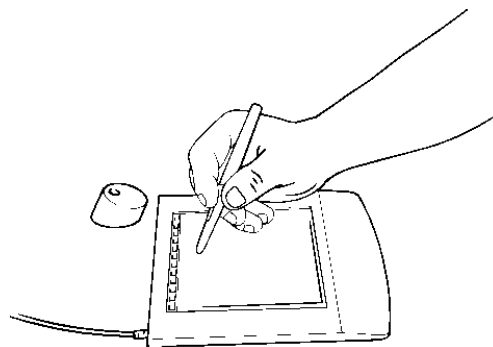


Figure 13. Interaction device: graphics tablet

Tabelle 6. Charakteristik und Eignung des Joysticks

Faktor	Bewertung
Bewegen	Der Joystick ist für Positionieraufgaben mit statischen Zielen geeignet. Er soll eingesetzt werden bei zweidimensionalen Folgeaufgaben, die Endlosbewegung erfordern, und zur Steuerung virtueller oder realer Objekte, die nur eine begrenzte Bewegungsgeschwindigkeit besitzen. Bei der Auslegung eines Joysticks besteht ein Zielkonflikt zwischen der Positioniergeschwindigkeit für größere Bewegungen und der Genauigkeit bei der Feinpositionierung auf kleinen Zielen. Deshalb müssen bei hohen Anforderungen an beide Kompromisse gemacht werden. Die gewählte Parametrierung für den Anwendungsfall sollte daher in Nutzerversuchen validiert werden.
Auslösen/Auswählen	Da das Schaltelement bei den meisten Varianten direkt unter dem Zeigefinger oder Daumen in den Knüppel integriert ist, bietet er sehr schnelles und sicheres Auslösen mit guter Rückmeldung.
Manipulieren	Für Interaktionsformen, die ein Positioniersymbol benötigen (z. B. Zeichnen), ist der Joystick nicht geeignet. Er bewirkt allerdings implizit eine direkte Manipulation von Objekten, wenn ihre Bewegungen an die Joystickbewegungen gekoppelt sind.
Umgebungsfaktoren	Der Joystick soll aufrecht stehend verbaut werden. Es ist zu beachten, dass er in beiden horizontalen Dimensionen ausreichend Raum für Auslenkungen vorhanden ist. Auch in vertikaler Richtung benötigt er mehr Raum als die anderen Interaktionsgeräte. Joysticks können mit allen Arten von Handschuhen benutzt werden. Dazu sollten der Joystick und seine Schaltelemente entsprechend dimensioniert und die Interaktion in Nutzerversuchen validiert werden.
interaktionsgeräte-spezifische Faktoren	Der Joystick darf nicht in Kombination mit einem Positioniersymbol in der Software verwendet werden. Er eignet sich am besten für eine direkte Kopplung der Knüppelbewegung mit Bewegungen oder Rotationen von virtuellen oder realen Objekten. Die Auslenkung des Joysticks darf in beiden Dimensionen entweder nur laterale Bewegungen oder nur Rotationen bewirken. Eine Mischung beider Wirkweisen ist möglich, muss aber in Nutzerversuchen validiert werden. Falls ein Drehen des Knüppels um die Hochachse möglich ist, muss dies immer eine Rotation bewirken.

Table 6. Characteristics and suitability of joysticks

Factor	Assessment
moving	A joystick is suitable for positioning tasks involving stationary targets. It shall be used for two-dimensional tracking tasks which require infinite movements and for controlling virtual or real objects with a limited velocity. The design of a joystick involves a conflict of objectives between a high positioning speed for larger movements and higher accuracy of fine positioning on small targets. If the requirements regarding both characteristics are strict, compromises have to be made. Therefore the parameter settings selected for the use case should be validated in user tests.
triggering/selecting	A joystick offers very quick and safe triggering with good feedback since the switching element is integrated into the lever directly beneath the index finger or thumb in most variants.
manipulating	Joysticks are not suitable for forms of interaction requiring a pointer (e.g. drawing). However, they implicitly allow direct manipulation of objects if the movements of these objects are coupled to the joystick movements.
environmental factors	Joysticks shall be installed in an upright position. It shall be noted that sufficient space is required to allow for movements in both horizontal dimensions. Joysticks also require more vertical space than the other interaction devices. Joysticks can be used with all types of gloves. The joystick and its switching elements have to be dimensioned accordingly if use with gloves is desired and interaction with these should be validated in user tests.
interaction-device-specific factors	A joystick shall not be used in combination with a pointer which is embedded in the software. It is best suited for direct coupling of the lever movement with movements or rotation of virtual or real objects. In both dimensions, the movement of the joystick may lead to either lateral movements or to rotation only. It is possible to mix both modes of action, but this should be validated in user tests. If rotation of the lever around the vertical axis is enabled, this movement must always control rotation actions.

Moderne Grafiktablets können zusätzlich zum Stylus mit dem Finger benutzt werden. Für diese Form gelten auch die Anforderungen und Einschränkungen des Touchpads.

Modern graphics tablets also allow the use of a finger as well as a stylus. In this case, the requirements and limitations for the use of touchpads also apply to this kind of graphic tablet.

Es gibt eine Form des Grafiktablets, bei der die Anzeige in den Positionierbereich integriert ist. Die Interaktion mit dieser Form ist identisch mit der Touchscreen-Benutzung mit einem Stylus, deshalb gelten für sie die Empfehlungen für Touchscreens.

Das Grafiktablett ist ein gebräuchliches Interaktionsgerät im CAD- und Grafikdesign-Bereich, kann aber auch für Maschinensteuerungen verwendet werden.

8.9.2 Charakteristik und Eignung

In Tabelle 7 werden die Charakteristik und die Eignung des Grafiktablets aufgeführt.

8.9.3 Einbau- und Gestaltungsempfehlungen

- Hand und Unterarm sollten bei der Benutzung auf einer ebenen Fläche frei bewegt und abgelegt werden können.
- In einer industriellen Umgebung sollte sichergestellt werden, dass der Stylus nicht verlegt werden kann.
- Falls ein Grafiktablett ausschließlich als ergänzendes Eingabegerät für Feinpositionierung oder Zeichnen eingesetzt wird, sollte das Positionierelement mindestens 9 cm hoch und 14 cm breit sein. Falls es das primäre koordinatengegebende Eingabegerät ist, sollte das Positionierelement mindestens 14 cm hoch und 22 cm breit sein.
- Wenn bei stehender Pultbenutzung das Grafiktablett in der richtigen Höhe angebracht ist, verbessert eine Neigung von bis zu 15° zum Nutzer die Körperhaltung, weil der Arm weniger stark gestreckt werden muss.
- Falls auf dem Zeigegerät ein Schaltelement vorhanden ist, sollte es sich sicher und bequem betätigen lassen. Das Schaltelement sollte durch seine Form und seine Lage auf dem Positionierelement sowohl ein einfaches Auslösen als auch ein Arbeiten in einer bequemen Hand-Finger-Stellung gewährleisten, ohne die Gefahr des unabsichtlichen Auslösens.
- Falls ein Befehlsbereich existiert, sollte dieser eindeutig mit ausreichend großem Text und Symbolen beschriftet sein.

8.10 Touchscreen

(berührempfindlicher Bildschirm)

Touchscreens (Bild 14) unterscheiden sich von den anderen koordinatengegebenden Interaktionsgeräten und bringen viele spezielle Anforderungen mit sich. Deshalb werden sie ausführlich in VDI/VDE 3850 Blatt 3 beschrieben.

There is also a variant in which the display is integrated into the positioning area. In this form of graphics tablet, interaction is the same as when using a touchscreen with a stylus. The recommendations for touchscreens therefore apply to these graphics tablets as well.

Graphics tablets are commonly used as interaction devices in the fields of CAD and graphic design but can also be used for controlling machinery.

8.9.2 Characteristics and suitability

Table 7 lists the characteristics and suitability of graphics tablets.

8.9.3 Installation and design recommendations

- The user should be able to move his hand and forearm freely and to rest them on a surface while using the graphics tablet on a level surface.
- In industrial environments it should be ensured that the stylus cannot be mislaid.
- If a graphics tablet is only used as an additional input device for fine positioning or drawing, the positioning element should be at least 9 cm high and 14 cm wide. However, if it is the primary pointing input device the positioning element should be at least 14 cm high and 22 cm wide.
- If a graphics tablet is integrated into a console at the correct height, an inclination of up to 15° relative to the user standing in front of it improves the user's posture, since the arm does not have to be stretched out so far.
- If the pointing device has a switching element, this should allow reliable and easy actuation. The switching element's shape and location on the positioning element should allow easy triggering and ensure a comfortable hand-finger position while working with the device without the risk of inadvertent triggering.
- If the tablet has a command area, this should be clearly marked with sufficiently large texts and symbols.

8.10 Touchscreen (touch-sensitive display)

Touchscreens (Figure 14) differ from all other pointing interaction devices and involve a number of special requirements. For this reason, they are described separately and in detail in VDI/VDE 3850 Part 3.

Tabelle 7. Charakteristik und Eignung des Grafiktablets

Faktor	Bewertung
Bewegen	Das Grafiktablett ist für alle Arten von Positionieraufgaben mit einem Positioniersymbol und statischen Zielen geeignet, auch für die Feinpositionierung auf kleinen Zielen. Es ermöglicht eine sehr hohe Positioniergeschwindigkeit. Bewegte Ziele können mit sehr hoher Präzision und Geschwindigkeit verfolgt oder getroffen werden. Allerdings ist die absolute Positionierung für viele Nutzer ungewohnt und bedarf der Übung. Auch das Abschätzen, in welcher Höhe der Stift berührungslos erfasst wird, muss geübt werden. Deshalb ist der Einsatz des Grafiktablets als alleiniges koordinatengebendes Interaktionsgerät meistens nicht sinnvoll.
Auslösen/Auswählen	Mit dem Aufsetzen oder Eindrücken des Zeigegeräts bietet das Grafiktablett sehr schnelles und sicheres Auslösen mit guter Rückmeldung.
Manipulieren	Mit dem Grafiktablett ist schnelles und sicheres direktes Manipulieren möglich. Es ist zum Zeichnen sehr gut geeignet.
Umgebungsfaktoren	Zum Einsatz des Grafiktablets ist eine horizontale, ebene, saubere Fläche nötig. Es ist deshalb für Anwendungsfälle ungeeignet, bei denen Schmutz, Feuchtigkeit oder Kleinteile anfallen. Handschuhbenutzung ist möglich. Ob das Zeigegerät mit den zu Einsatz kommenden Handschuhen gut benutzt werden kann, sollte in Nutzerversuchen validiert werden. Bei Handschuhbenutzung können meist keine Schaltelemente am Zeigegerät betätigt werden.
interaktionsgeräte-spezifische Faktoren	Das Grafiktablett muss in Kombination mit einem Positioniersymbol in der Software verwendet werden. Die direkte Kopplung der Mausbewegung mit Bewegungen oder Rotationen von virtuellen oder realen Objekten eignet sich nicht für eine sichere und effiziente Benutzung. Das Zeigegerät des Grafiktablets ist ein loser Gegenstand, der verloren gehen kann. In industriellen Umgebungen ist er deshalb gegen Verlieren so zu sichern, ohne dass dabei der Bewegungsspielraum eingeschränkt wird. Die Zugfestigkeit der Sicherung ist dem Einsatzzweck anzupassen.

Table 7. Characteristics and suitability of graphics tablets

Factor	Assessment
moving	A graphics tablet is suitable for all types of positioning tasks involving a pointer and stationary targets, including fine positioning on small targets. It enables a very high positioning speed. Moving objects can be followed and hit very quickly and with excellent precision. However, many users are not familiar with absolute positioning and have to practice this first. Judging the distance at which the stylus is sensed without it actually touching the tablet also requires a certain amount of practice. Therefore the use of a graphics tablet as a sole pointing interaction device is not practicable in most cases.
triggering/selecting	A graphics tablet offers very quick and safe triggering with good feedback when the pointing device is placed or pressed on the tablet.
manipulating	The graphics tablet enables quick and safe direct manipulation. It is excellently suited for drawing.
environmental factors	A horizontal, flat and clean surface is required when using a graphics tablet. This means that it is not suitable for use cases in which dirt, humidity or small debris occurs. Glove operation is possible. Use of the pointing device with the gloves required in the respective working environment should be validated in user tests. It is usually not possible to use switching elements integrated into the pointing device if the tablet is used with gloves.
interaction-device-specific factors	A graphics tablet shall be used in combination with a pointer which is embedded in the software. Direct coupling of the pointing device movement with movements or rotation of virtual or real objects cannot ensure safe and efficient use. The pointing device used with a graphics tablet is a loose object which can be lost. Therefore, in industrial environments it is to be firmly secured so that it cannot be lost, but without limiting the movement range. The tensile strength of the safety cord used in such cases shall be selected in line with the intended use.

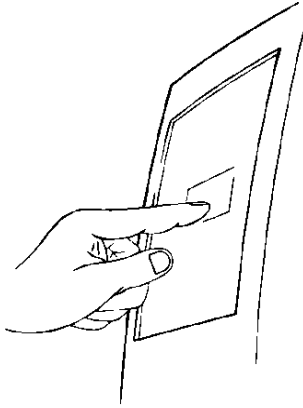


Bild 14. Interaktionsgerät Touchscreen

8.10.1 Charakteristik und Eignung

In Tabelle 8 werden die Charakteristik und die Eignung des Touchscreens aufgeführt.

8.10.2 Einbau- und Gestaltungsempfehlungen

Bei der Gestaltung der Systeme sind sowohl die Bewegung der Hände, der Sichtbereich als auch eventuelle Reflexionen von einfallendem Licht zu berücksichtigen.

9 Nicht koordinatengebende Interaktionsgeräte (Tasten, Tastenfelder und Tastaturen)

9.1 Technische Eigenschaften und Gliederung von Tasten

Eine Taste ist ein Interaktionsgerät, das durch Niederdrücken mit dem Finger ein diskretes Signal erzeugt (Schaltoperation). Man kann nach unterschiedlichen Wirkprinzipien (mechanisch betätigter Kontakt, magnetisch betätigter Kontakt, Folien-schalter usw.) unterscheiden. Die verschiedenen Bauformen unterscheiden sich in Betätigungshub und Druckpunkt. In technischen Anlagen kommen meistens folgende vier Bauformen zum Einsatz:

- Folientasten
- Kurzhubtasten
- Langhubtasten für alphanumerische Eingabe und zur Navigation in einer Software
- Langhubtasten für technische Funktionen

Folientasten bieten eine sehr schlechte haptische Rückmeldung wegen des sehr kurzen Betätigungshubs (0,5 mm bis 1 mm) und meist linearen Kraftverlaufs. Sie erfüllen deshalb nicht die in Abschnitt 6.1 genannten allgemeinen Anforderungen an Interaktionsgeräte. Sie werden meist aus Kostengründen oder wegen der für gekapselte Systeme günstigen geschlossenen Oberfläche verbaut. Ihre Betätigungskraft liegt typischerweise bei 2,5 N bis 5 N. Falls sie zum Einsatz kommen müssen, ist

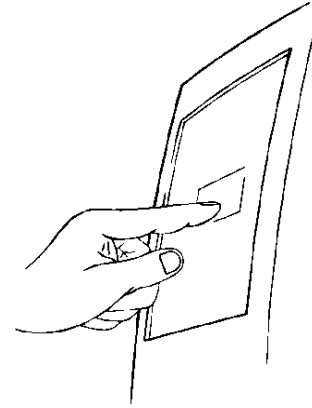


Figure 14. Interaction device touchscreen

8.10.1 Characteristics and suitability

Table 8 lists the characteristics and suitability of touchscreens.

8.10.2 Installation and design recommendations

In designing the system, the movements of the hands, the visible area, and also possible reflections of incident light are to be taken into consideration.

9 Non-pointing interaction devices (buttons, keys, keypads and keyboards)

9.1 Technical characteristics and classification of keys

A key or button is an interaction device which, when depressed by a finger, generates a discrete signal (switching operation). A distinction can be made according to the principle of operation (mechanically actuated contact, magnetically actuated contact, membrane switch, etc.). The different styles differ in stroke or travel and tactile feedback. The following four styles are most commonly used in technical equipment:

- membrane keys
- short-stroke keys
- long-stroke keys for alphanumeric input and for navigating in software
- long-stroke keys/buttons for technical functions

Membrane keys provide very little tactile feedback owing to their very short stroke (0,5 mm to 1 mm) and their mostly linear force progression. Therefore, they do not fulfil the general requirements for interaction devices in Section 6.1. They are generally used for cost-efficiency reasons or because they have a closed surface which is favourable for encapsulated systems. They typically require an actuating force of 2,5 N to 5 N. If they have to be used, it shall be ensured that the effected actuation

Tabelle 8. Charakteristik und Eignung des Touchscreens

Faktor	Bewertung
Bewegen	Der Touchscreen ist für die meisten Arten von Positionieraufgaben geeignet. Er ermöglicht eine sehr hohe Positioniergeschwindigkeit, ähnlich der Maus. Für die Feinpositionierung auf kleinen Zielen ist er bei Fingerbetätigung nicht geeignet. Dieser Nachteil kann in vielen Fällen durch den Einsatz eines Stylus oder durch Interaktionskonzepte, die keine Verdeckung bewirken, ausgeglichen werden. Bewegte Ziele können mit sehr hoher Präzision und Geschwindigkeit verfolgt oder getroffen werden. Die Möglichkeit, den Finger auf der Oberfläche zu verschieben, wird allerdings durch die nicht zwingend gleichbleibende Reibung zwischen Finger und Touchscreen-Oberfläche beeinflusst.
Auslösen/ Auswählen	Das Auslösen/Auswählen geschieht beim Touchscreen durch Berühren des Bildschirms mit dem Finger sehr schnell und wird von den Nutzern als besonders direkte und angenehme Interaktionsart empfunden. Gängige Touchscreen-Technologien bieten allerdings keine haptische Rückmeldung beim Auslösen. Deshalb ist eine besonders gute optische Rückmeldung durch die Software nötig. Zum Auslösen ständig verfügbarer, sicherheitskritischer Funktionen (z. B. Not-Aus) ist der Touchscreen nicht geeignet. Der Grund dafür liegt darin, dass Vermeidung von Fehlauflösungen, sicheres Auslösen bei Verschmutzung oder Handschuhbenutzung und gute Rückmeldung nicht ausreichend gewährleistet werden können.
Manipulieren	Mit den meisten Touchscreen-Technologien ist schnelles und sicheres direktes Manipulieren möglich. Auf Touchscreens mit entsprechender Unterstützung besteht die Möglichkeit, Funktionen mit Multi-Touch-Gesten auszulösen. Zum Zeichnen ist der Touchscreen aufgrund der schwierigen Feinpositionierung bedingt geeignet.
Umgebungs- faktoren	Der Touchscreen benötigt keinen zusätzlichen Bauraum neben der Anzeige. Die Positionierung ist allerdings nur in einem Bereich zulässig, der allen Nutzern sowohl gute Erreichbarkeit als auch gute Sichtbarkeit bei ergonomischer Körperhaltung gewährleistet. Der Touchscreen ist für Anwendungsfälle ungeeignet, bei denen Schmutz, Feuchtigkeit oder Kleinteile anfallen. Handschuhbenutzung ist, abhängig von der Touchscreen-Technologie, möglich, soll aber durch die Fingerbetätigung bei der Softwaregestaltung besonders berücksichtigt werden. Ob die Nutzbarkeit mit bestimmten Handschuhen gewährleistet ist, sollte in Nutzertests festgestellt werden.
interaktionsgeräte- spezifische Fakto- ren	Beim Einsatz von Touchscreens müssen spezielle Anforderungen bei der Gestaltung der Software erfüllt werden (siehe VDI/VDE 3850 Blatt 3). Es soll auf die Anzeige eines Positioniersymbols verzichtet werden.

Table 8. Characteristics and suitability of touchscreens

Factor	Assessment
moving	A touchscreen is suitable for most types of positioning tasks. It enables a very high positioning speed, similar to that of a mouse. It is not suitable for fine positioning on small targets when used with fingers. In many cases this disadvantage can be compensated by using a stylus for the input or interaction concepts which do not lead to targets being hidden by the pointing element. Moving objects can be followed and hit very quickly and with excellent precision. However, the capability of moving a finger evenly across the surface is influenced by the – not necessarily constant – friction between fingers and touchscreen surface.
triggering/ selecting	Functions can be triggered or selected very quickly by tapping the screen with a finger, and users experience this form of interaction as being particularly direct and pleasant. Most commonly-used touchscreen technologies, however, offer no tactile feedback when functions are triggered. Therefore particularly good optical feedback by the software is required. A touchscreen is not suitable for triggering permanently available safety-critical functions (e.g. emergency stop) since inadvertent actuation cannot be completely excluded and safe triggering with dirty fingers or gloves and good feedback cannot be adequately ensured.
manipulating	Most touchscreen technologies enable quick and safe direct manipulation. Touchscreens with the appropriate software support offer an option for triggering functions by means of multi-touch gestures. A touchscreen is only suitable for drawing to a limited extent due to the difficulty of achieving fine positioning.
environmental factors	A touchscreen requires no installation space in addition to the display. However, it may only be installed in a position which ensures easy access, good visibility and an ergonomic posture for all users. Touchscreens are unsuitable for use cases in which dirt, humidity or small debris occur. Depending on the touch-screen technology used, glove operation may be possible but shall be given special consideration in the software design since it involves actuation by the fingers. User tests should be carried out in order to validate whether a touchscreen can be used with a certain type of glove.
interaction-device- specific factors	Special software design requirements have to be met when using touchscreens (see VDI/VDE 3850 Part 3). No pointer shall be displayed on screen.

darauf zu achten, die erfolgte Betätigung besonders bemerkbar zu machen (z.B. durch zusätzliche, unverdeckte Signalleuchten).

Auch Kurzhubtasten sind aufgrund des sehr geringen Hubs (0,2 mm bis 0,5 mm) keine optimale Wahl für den Einsatz in technischen Anlagen, werden aber vor allem bei begrenztem Bauraum eingesetzt. Durch den deutlich spür- und hörbaren Druckpunkt bei typischerweise 2 mm bis 3,5 N sind sie Folientasten vorzuziehen.

Langhubtasten kommen in verschiedenen Varianten vor und eignen sich gut für die Steuerung technischer Anlagen. Varianten für die häufige Betätigung in geschützten Leitständen oder zur Navigation in Software entsprechen den von Bürotastaturen bekannten Tasten. Sie sind typischerweise zu einem Tastenfeld oder einer alphanumerischen Tastatur zusammengefasst und werden in Kombination mit einem Bildschirm benutzt. Zur direkten Maschinensteuerung kommen idealerweise größere Tasten mit mehr Betätigungshub und -kraft zum Einsatz (siehe Abschnitt 9.2).

Für die meisten Anwendungsfälle können Tasten in kontextabhängige und kontextunabhängige unterteilt werden [14; 15] (siehe auch Bild 1). In Bild 15 wird ein erweitertes Schema gezeigt.

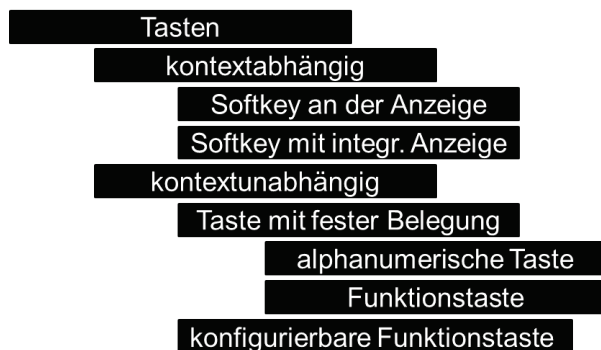


Bild 15. Klassifizierung der Tasten

9.2 Anforderungen an nicht koordinatengebende Interaktionsgeräte

9.2.1 Anforderungen durch die Nutzer

- Druckschalter benötigen einen spürbaren Druckpunkt: Die Kennlinie für die Stellkraft muss stetig ansteigen und am Druckpunkt steil abfallen [2].
- Mehrfachbelegungen von Tasten sind zu vermeiden. Ausgenommen ist die etablierte Mehrfachbelegung der Standardtastatur gemäß DIN 2137.

is signalled by special means (e.g. by additional clearly visible signal lamps).

Owing to their very short travel (0,2 mm to 0,5 mm), short-stroke keys are not the best choice for use in technical equipment either. However, they are used particularly in cases where installation space is limited. They are preferable to membrane keys as they give clear tactile and auditory feedback when the switching point is typically reached at around 2 mm and 3,5 N.

Long-stroke keys and buttons are available in a range of variants and are well suited for controlling technical equipment. Variants for regular use in protected control stations or for navigating in software correspond to the keys commonly used in office keyboards. They are typically grouped on a keypad or an alphanumeric keyboard and are used in combination with a screen. Ideally, larger buttons with longer strokes and actuating forces should be used for directly controlling machinery (see Section 9.2).

In most use cases, a distinction can be made between context-sensitive and context-insensitive keys [14; 15] (cf. Figure 1). Figure 15 shows an extended diagram.

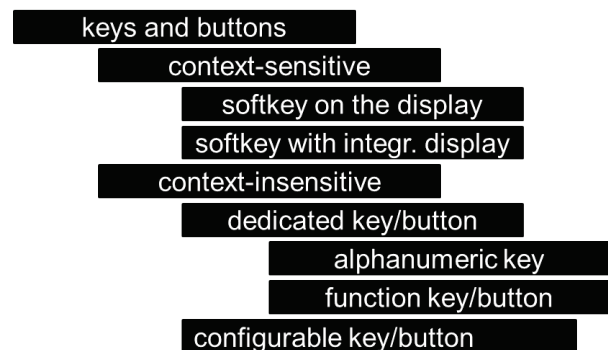


Figure 15. Classification of keys and buttons

9.2 Requirements for non-pointing interaction devices

9.2.1 User requirements

- Pushbuttons/switches shall have a noticeable actuation point: the characteristic curve of the actuating force shall increase steadily up to at the actuation point and decline abruptly at this point [2].
- Allocating multiple functions to single keys or buttons are to be avoided (exceptions being the established allocation of multiple functions to keys of a standard keyboard in accordance with DIN 2137).

- Das Auslösen von Funktionen beim Druck auf eine Taste hat genau bei Überwinden des Druckpunkts zu erfolgen. Das Auslösen durch Halten für eine bestimmte Zeit ist für Nutzer schwer ersichtlich und fehleranfällig.
- Zeitabhängige Mehrfachfunktionen von Tasten dürfen nicht möglich sein: Bei längerer Betätigung einer Taste darf keine zusätzliche andersartige Funktion ausgelöst werden. Das Halten einer Taste darf eine kontinuierliche Wiederholung der Grundfunktion auslösen, wenn dies sinnvoll ist.
- Eine geeignete Beschriftung der Tasten ist vorzusehen. Bei Softkeys muss die Zuordnung von Beschriftung und Taste deutlich erkennbar sein.
- Nach Möglichkeit sind geläufige Bildzeichen zusätzlich zur Beschriftung zu verwenden.
- Für Tasten für die Texteingabe und Softwaresteuerung an Orten ohne Umwelteinflüsse (z.B. Leitzentralen¹¹⁾) gelten die Vorgaben für Bürotastaturen: Sie sollten einen Mittenabstand von 18 mm bis 20 mm, eine Mindestfläche von 110 mm² bei einer Breite der Anschlagfläche von 12 mm bis 15 mm, einen Tastenhub von 2 mm bis 4 mm und einen Widerstand beim Auslösepunkt von 0,5 N bis 0,8 N aufweisen (DIN EN ISO 9241-410, B.2).
- Für alle anderen Tasten wird eine Kantenlänge oder ein Durchmesser von 12 mm oder mehr, ein Tastenhub von 6 mm bis 8 mm und eine Stellkraft von etwa 4 N empfohlen. Der Tastenhub darf 3 mm, der lichte Montageabstand zwischen den Tasten 8 mm nicht unterschreiten [2].
- The respective function shall be triggered exactly at the actuation point when a key is pressed. Triggering a function by holding a key down for a certain period makes it difficult for users to sense whether the function has actually been triggered and so this kind of function is prone to mistakes.
- It shall not be permitted to assign multiple functions whose triggering is dependant on when the key or button is pressed to one single key/button: pressing a key/button for a longer period shall not trigger an additional, different function. Holding down a key may, however, trigger continuous repetition of the assigned function if this is considered useful.
- The key are to be labelled appropriately. In the case of softkeys, it shall be clearly distinguishable which label belongs to which key.
- Where possible, keys shall be labelled with commonly-used symbols or icons in addition to the lettering.
- The standards for office keyboards shall apply to keys used for entering text and controlling software in places without adverse environmental influences (e.g. control centres¹¹⁾): They should have a centre-to-centre spacing of 18 mm to 20 mm, a minimum surface area of 110 mm² with a contact area width of 12 mm to 15 mm, a key stroke of 2 mm to 4 mm and a resistance of 0,5 N to 0,8 N at the actuating point (DIN EN ISO 9241-410, B.2).
- An edge length or diameter of 12 mm or more, a key stroke of 6 mm to 8 mm and an actuating force of about 4 N is recommended for all other keys/buttons. The key stroke shall not be less than 3 mm, the clear installation gap between the keys shall not be less than 8 mm [2].

9.2.2 Anforderungen durch die Aufgabe

- Auf Tastenfeldern sollen nur Tasten vorhanden sein, die bei der Bearbeitung der Aufgabe genutzt werden. Beim Einsatz von Standardtastaturen sollten Varianten ohne Ziffernblock oder Funktionstasten eingesetzt werden, wenn diese nicht verwendet werden.
- Falls für die Benutzung häufig die gleiche Folge von Interaktionsschritten nötig ist, soll ein dediziertes Schaltelement für diese Aufgabe zur Verfügung stehen (z.B. Taste für Navigation zum Startbildschirm, Taste für häufiges Textmakro).
- Für manche Aufgaben ist es hilfreich oder notwendig, dass die Stellung der Taste visuell er-

9.2.2 Task-related requirements

- Keypads shall only include keys that are used for the task to be controlled. If standard keyboards are used, variants without a numeric keypad or function keys should be chosen if these keys are not needed.
- If the application frequently involves the same sequence of interactions, a dedicated switching element should be available for this task (e.g. a key for navigating to the start screen, a key for a frequently needed text macro).
- For some tasks, it is helpful or even necessary for the position of the associated key to be visi-

¹¹⁾ für detaillierte Anforderungen und Gestaltungsempfehlungen für Leitzentralen siehe DIN EN ISO 11064 / see DIN EN ISO 11064 for detailed requirements and design recommendation for control centres

kennbar und ertastbar ist. In diesem Fall sollen Tasten so verbaut werden, dass ein deutlicher Höhenunterschied zwischen den Schaltzuständen im Vergleich zum umgebenden Pult erkennbar und ertastbar ist.

- Im industriellen Einsatz sind Tasten häufig wegen möglicher gesundheitlicher und wirtschaftlicher Schäden gegen unbeabsichtigtes Betätigen besonders abzusichern. Mögliche Maßnahmen sind bündiger oder versenkter Einbau, eine Kulisse oder Abdeckung, erzwungene Zwei-hand- oder Zweifingerbetätigung.
- Bei Aufgaben mit hohem Risiko oder Zeitdruck sollen Tasten größer als die Mindestmaße eingesetzt werden, um die Wahrscheinlichkeit für Eingabefehler zu verringern.

9.2.3 Anforderungen durch den Nutzungskontext

- Die Rückmeldung zu Auslösezeitpunkt und Zustand des technischen Systems kann zusätzlich zur haptischen Rückmeldung auch optisch und akustisch erfolgen. Dies ist aber nur sinnvoll, wenn der Nutzungskontext eine gute Wahrnehmung auf diesen Sinneskanälen zulässt.
- Falls es im Anwendungsfall zu Vibrationen kommen kann, sollen Tasten und Abstände größer als die empfohlenen Mindestmaße gewählt werden, um die Wahrscheinlichkeit für Eingabefehler zu verringern. Es empfiehlt sich auch eine besondere Gestaltung, die in diesem Umfeld die ertastbarkeit und Rückmeldung verbessert und die Wahrscheinlichkeit für ungewollte Eingaben verringert (z.B. konkave Oberflächen, Tastenhub > 8 mm, Betätigungskraft > 4 N¹²⁾).
- Falls Nutzer im Anwendungsfall Handschuhe tragen, sind Tastengrößen und Abstände ausreichend groß zu wählen, um eine sichere und effiziente Benutzung zu gewährleisten. Die Maße hängen von der Art der zum Einsatz kommenden Handschuhe ab. Während eng anliegende Latexhandschuhe keine Vergrößerung erfordern, bedingen bereits leichte Baumwollhandschuhe eine Mindestgröße von 20 mm, Arbeitshandschuhe je nach Ausführung 30 mm und mehr. Die Größe der Tasten muss mit den jeweiligen Handschuhen auf der Zielhardware validiert werden.

bly highlighted and identifiable by touch. In this case, the keys are to be installed in such a way that the switching state is discernible by a clear difference in height to the surrounding console level.

- In industrial environments, keys and buttons often require to be specifically protected against inadvertent actuation as actuation at the wrong time might result in injury or economic damage. Possible measures to prevent inadvertent actuation include flush or recessed installation, a special mount or cover or mandatory two-hand or two-finger actuation.
- In order to reduce the probability of input errors, keys and buttons which are larger than the minimum required size shall be used for tasks involving a high risk or which have to be carried out under time pressure.

9.2.3 Requirements arising from the context of use

- In addition to haptic feedback, the feedback at the point of actuation and on the status of the technical system may also include a visual and auditory signal. However, this only makes sense if the context of use allows good perception via these sensory channels.
- In order to reduce the probability of input errors, keys/buttons and distances which are larger than the recommended minimum dimensions shall be chosen if vibrations may occur in the use case. Choosing a special design which allows better identification by touch and provides better feedback in the respective environment and thus reduces the probability of inadvertent input is also recommended (e.g. concave surfaces, key travel > 8 mm, actuating force > 4 N¹²⁾).
- If users wear gloves in the use case, choose the size of the keys/buttons and distances large enough to ensure safe and efficient use. The dimensions depend on the type of gloves used. Whilst tight latex gloves do not require larger dimensions, thin cotton gloves require a minimum key size of 20 mm and work gloves even require keys and buttons of 30 mm and more, depending on the type of gloves. The size of the keys or buttons shall be validated on the desired hardware by users, wearing the respective gloves.

¹²⁾ Die genannten Beispiele widersprechen zwar den allgemeinen Anforderungen in Abschnitt 6.1, können aber bei Vibrationen Eingabefehler vermeiden. /

The stated examples do not comply with the general requirements given in Section 6.1. They can, however, prevent input errors in cases where vibrations may occur.

9.3 Einbauempfehlungen für nicht koordinatengebende Interaktionsgeräte

- Ein- und Ausgabegeräte sind logisch anzuordnen und zu gruppieren¹³⁾. Die folgenden drei Möglichkeiten sind für die meisten Anwendungsfälle sinnvoll (siehe auch DIN 33414-4):
 - Tasten können nach Ähnlichkeit der auslösenden Funktion gruppiert werden.
 - Die Tasten können gemäß den häufigsten Arbeitsabläufen angeordnet werden, sodass eine Benutzungsreihenfolge von links nach rechts und oben nach unten resultiert.
 - Die Anordnung der Tasten kann der räumlichen Anordnung der technischen Systeme, die sie ansteuern, folgen. Dies setzt voraus, dass die technischen Systeme, ihre Anordnung und ihre Funktionalität allen Nutzern bekannt oder einfach ersichtlich sind.
- Kennzeichnung und Abgrenzung der einzelnen Funktionsgruppen sollten durch farbliche Gestaltung, Umrandung o. Ä. unterstützt werden.
- Tasten mit besonderer Bedeutung sollen durch ihre Farbe, Form, Position und/oder Größe hervorgehoben werden.
- Bei Interaktionskonzepten, bestehend aus Tasten und Anzeigen, sind die Tasten, Tastenfelder und Tastaturen so anzuordnen, dass sie den zugehörigen Anzeigebereichen einfach zugeordnet werden können.
- Tasten dürfen nicht im Auflage- und Abstützbereich von Armen und Händen angebracht sein.
- Die Oberfläche muss spiegelfrei sein.

Tasten können sehr flexibel verbaut werden (Bild 16), solange die Erreichbarkeit und Sichtbarkeit für alle Nutzer sichergestellt ist. Auch auf akzeptable Gelenkstellungen ist zu achten (siehe Abschnitt 4.2). Bei der meist kurzen Eingabedauer sind sie aber weniger kritisch als bei koordinatengebenden Interaktionsgeräten. Die Anordnung aller für die Aufgabenlösung wichtigen Tasten ist meist durch den Greifraum der kleinsten Nutzer begrenzt. Je nach Art der Tasten sind einige spezielle Anforderungen zu beachten (siehe Abschnitt 9.6.3 und Abschnitt 9.5.3).

9.3 Installation recommendations for non pointing interaction devices

- Arrange and group the input and output devices in a logical manner¹³⁾. The following three options are convenient for most use cases (see also DIN 33414-4):
 - Keys can be grouped by similarity of the associated triggering function.
 - Keys can be arranged in accordance with the most frequent work processes, resulting in a use sequence from left to right and top to bottom.
 - The arrangement of keys can correspond to the layout of the technical systems which they control. This requires that all users are either familiar or can clearly identify the technical systems, their arrangement and functions.
- Identification and distinction of functional groups of keys should be supported by colouring, borderlines, etc.
- Keys and buttons to which special functions are allocated should be identified by their colour and/or shape, position and size.
- In interaction concepts involving keys/buttons and displays, the keys/buttons, keypads and keyboards shall be arranged in such a way that they can be easily assigned to the corresponding content being displayed.
- Keys and buttons shall not be installed in the areas where arms and hands are placed or rested.
- The surfaces are required to be glare-free and reflection-free.

Keys and buttons can be installed very flexibly (Figure 16) as long as accessibility and visibility for all users is ensured. Attention shall also be paid to ensuring acceptable positions of the joints (see Section 4.2), although this factor is less critical than in pointing interaction devices due to the usually short input times. The arrangement of all keys and buttons which are important for executing a specific task is usually restricted by the arm's reach of the smallest expected user. Depending on the type of key or button, some special requirements are to be taken into consideration (see Section 9.6.3 and Section 9.5.3).

¹³⁾ Weiterführende allgemeine Hinweise zur Anordnung von Anzeigen und Stellteilen sind in DIN EN 894-4 zu finden. / For further general information on the arrangement of displays and control actuators, please refer to DIN EN 894-4.

9.4 Faktoren für die Auswahl nicht koordinatengebender Interaktionsgeräte

Das Bewertungsschema für Tasten ist vom Bewertungsschema der koordinatengebenden Interaktionsgeräte (Abschnitt 8.3) abgeleitet, verzichtet aber auf die für Tasten irrelevanten Kategorien „Positionieren“ und „Manipulieren“.

9.5 Kontextunabhängige Tasten (Hardkeys)

9.5.1 Technische Eigenschaften

Bei kontextunabhängigen Tasten (Hardkeys, Bild 17) hat die einzelne Taste eine feste Belegung, die unabhängig vom Zustand des technischen Systems und des Softwaredialogs gilt. Die Beschriftung der Taste ist unveränderlich und meist auf, neben oder über der Taste aufgedruckt.

Man kann zwischen Hardkeys zur Hardwaresteuerung und Hardkeys zur Softwaresteuerung unterscheiden. Hardkeys zur Hardwaresteuerung lösen unmittelbar Funktionen am technischen System aus (z.B. Maschine ein/aus). Hardkeys zur Softwaresteuerung unterstützen den Nutzer bei der Navigation in der Software und bringen bestimmte Informationen zur Anzeige (z.B. Menüaufruf).

9.4 Factors for the selection of non-pointing interaction devices

The assessment scheme for keys is based on that for pointing interaction devices (Section 8.3), but excluding the categories “positioning” and “manipulating”, which are hardly relevant for keys.

9.5 Context-insensitive keys/buttons (hardkeys)

9.5.1 Technical characteristics

A context-insensitive key (hardkey, Figure 17) retains its function assignment irrespective of the status of the technical system and of the software dialogue. The key is permanently labelled, usually by printing information on, the side of or above the key.

A distinction can be made between hardkeys for controlling hardware and hardkeys for controlling software. Hardkeys for controlling hardware trigger functions of the technical system directly (e.g. machine on/off). Hardkeys for controlling software support the user in navigating in the software and trigger the display specific information (e.g. pulling up a menu).



Bild 16. Beispiele für Tastenfelder bei stehender Pultbenutzung und bei sitzender Pultbenutzung

Figure 16. Examples for keypads and buttons being used by persons standing at and sitting at a console, respectively

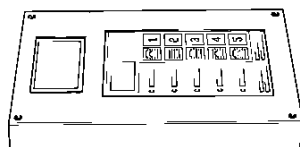


Bild 17. Interaktionsgerät Tasten

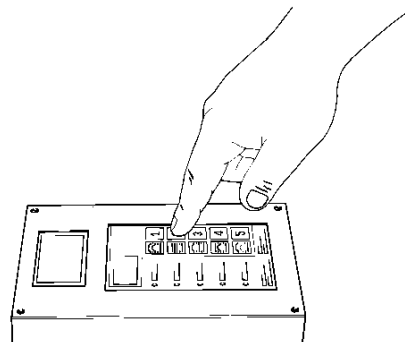


Figure 17. Interaction device – keys

Alphanumerische Tastaturen und Ziffernblöcke sind Gruppierungen von Hardkeys, allerdings bei der Standardtastatur teilweise mit mehrfacher Belegung. Dies ist unkritisch, weil beim Betätigen alphanumerischer Tasten lediglich jeweils ein Zeichen abgesetzt, jedoch keine weiter reichende Wirkung veranlasst wird [14].

9.5.2 Charakteristik und Eignung

In Tabelle 9 werden die Charakteristik und die Eignung der kontextunabhängigen Tasten aufgeführt.

9.5.3 Einbau- und Gestaltungsempfehlungen

- Oberhalb eines Bildschirms sollten keine Hardkeys angeordnet werden, um Verdeckungen des Bildschirminhalts zu vermeiden.
- Falls die Funktion einer Taste nicht immer auslösbar ist, sollte der Nutzer bei Betätigung in diesem Fall eine Rückmeldung bekommen, dass und warum die Funktion nicht ausgelöst werden konnte.
- Wenn Text eingegeben werden muss, sind Tastenfelder oder Tastaturen mit der Buchstabenbelegung gemäß DIN 2137 einzusetzen.
- Wenn häufige oder längere Texteingabe vorgesehen ist, sollte eine Standardtastatur oder eine integrierte Lösung gleicher Qualität vorhanden sein. Die Tastatur muss waagrecht stehen. Alle potenziellen Nutzer sollten die Tastatur bei einem Ellenbogenwinkel von etwa 90° benutzen können und die Möglichkeit der Handballen- und Unterarmauflage haben (siehe auch Abschnitt 7.3).
- Falls die Funktionstasten der Standardtastatur genutzt werden, sollten die Tastenkappen eine passende Beschriftung aufweisen statt der generischen Nummerierung (F1, F2 usw.).
- Eine freie Belegung von Funktionstasten durch den Nutzer sollte in jenen Anwendungsfällen vermieden werden, in denen es zur Benutzung eines Systems durch mehrere Nutzer kommen kann.

9.5.4 Ziffernblock

Wenn häufig numerische Werte eingegeben werden, sollte ein Ziffernblock verfügbar sein. Hiervon gibt es zwei Varianten; entweder mit den Ziffern 1, 2, 3 oder mit 7, 8, 9 in der obersten Reihe. Um zu entscheiden, welche Variante zum Einsatz kommt, sollte zuerst analysiert werden, ob für den Anwendungsfall bereits ein verbreiteter Standard existiert, der dann einzuhalten ist. Die 789-Variante kommt vor allem im Umfeld von Computern und Taschenrechnern zum Einsatz und ist vorzuziehen, wenn primär Zahlen eingegeben werden müssen.

Alphanumeric keyboards and numeric keypads are groups of hardkeys, sometimes with several functions allocated to a single key in standard keyboards. This is not critical since only a single character is registered when an alphanumeric key is pressed, i.e. it has no further-reaching effect [14].

9.5.2 Characteristics and suitability

Table 9 lists the characteristics and suitability of context-insensitive keys.

9.5.3 Installation and design recommendations

- Hardkeys should not be arranged above a screen since any content displayed on screen would be covered up when the keys are used.
- If it is not possible at all times to trigger the function of a key or a button, the user should be given feedback indicating that the function has not been triggered and why it could not be triggered when the key/button was pressed.
- If text has to be entered, keypads or keyboards with the alphabetic character layout pursuant to DIN 2137 shall be used.
- If a task requires frequent or lengthy text entries, a standard keyboard or an integrated solution of equal quality should be available. The keyboard should be placed horizontally. All potential users should be able to use the keyboard at an elbow joint angle of about 90° and should be provided with an area on which to rest the ball of the thumb and the lower arm (see also Section 7.3).
- If the function keys of a standard keyboard are used, the key caps should be given suitable labels instead of generic numbering (F1, F2, etc.).
- Free assignment of functions to function keys by the user should be avoided in use cases where a system can be used by multiple users.

9.5.4 Numeric keypad

For tasks requiring frequent numerical value input, a numeric keypad should be provided. There are two variants of numeric keypads: either with 1, 2, 3 or with 7, 8, 9 in the top row. Before deciding which variant to use, an analysis should be carried out to determine whether a common standard which has to be complied with already exists for this use case. The 789-variant is commonly used on computers and calculators and is to be preferred if mainly numbers are to be entered.

Tabelle 9. Charakteristik und Eignung der kontextunabhängigen Tasten

Faktor	Bewertung
Auslösen/ Auswählen	Kontextunabhängige Tasten sind hervorragend zum Auslösen von Funktionen geeignet. Da die Taste bezüglich Tastenhub und Druckpunkt für gute Rückmeldung optimiert ist, können alle Schaltoperationen mit minimalem Fehlerpotenzial durchgeführt werden. Auch zur Auswahl (Menünavigation, Bildlauf) in Softwaredialogen sind sie gut geeignet. Die Eingabegeschwindigkeit hierfür ist gut, sinkt aber mit Komplexität der Menüstruktur und/oder Größe der Dialogfläche.
Umgebungs- faktoren	Kontextunabhängige Tasten haben einen vom Funktionsumfang abhängigen Platzbedarf. Bei einem für viele moderne technische Systeme typischen hohen Funktionsumfang führt dies zu großem Platzbedarf und eingeschränkter Übersichtlichkeit. Die Platzierung der Tasten ist sehr flexibel; es müssen die Anforderungen an Sichtbarkeit und Erreichbarkeit erfüllt sein. Hardkeys können auch in Umgebungen mit Vibrationen und bei Handschuhbenutzung problemlos verwendet werden.
interaktions- gerätespezifische Faktoren	Hardkeys können für die Steuerung von Softwaredialogen eingesetzt werden. Dann muss der Softwaredialog durchgehend eine konsistente Benutzung mit den Tasten zulassen. Die Struktur des Softwaredialogs nutzt einen Dialogbaum, der bei großem Funktionsumfang durch seine Breite und/oder Tiefe die Eingabegeschwindigkeit und Erlernbarkeit mindern kann. Bei Hardkeys, deren Funktion nicht unter allen Umständen auslösbar oder gültig ist, ist das erfolgreiche Auslösen anzuzeigen. Zudem sollte die Verfügbarkeit der Funktion zu jedem Zeitpunkt erkennbar sein.

Table 9. Characteristics and suitability of context-insensitive keys and buttons

Factor	Assessment
triggering/ selecting	Context-insensitive keys and buttons are excellently suited for triggering functions. Since key travel and the actuation point of the key are optimised to provide good feedback, all switching operations can be carried out with minimum error potential. They are also well suited for selecting items (navigating in menus, scrolling) in software dialogues. The input speed for these procedures is good but decreases as menu structures become more complex and/or with the size of the dialogue area.
environmental factors	The space required by context-insensitive keys and buttons depends on the range of functions they have to control. The wide range of functions typical for many modern technical systems requires a large amount of space and makes it more difficult to maintain an overview. Keys/buttons can be placed very flexibly but the requirements concerning visibility and accessibility shall always be met. Hardkeys can also be used without any difficulty in environments where vibrations may occur and users wear gloves.
interaction- device-specific factors	Hardkeys can be used to control software dialogues. If used for this purpose, the software dialogue shall allow consistent use with keys or buttons. The software dialogue has a tree structure, the width and/or depth of which can reduce the input speed and ease of learning if the range of functions is very large. Hardkey functions which cannot be triggered or are not valid in all cases shall include a means of indicating whether or not they have been triggered. Furthermore, availability of the respective function should be visible at all times.

Die 123-Variante ist von Telefonen und Bankautomaten bekannt und ist vorzuziehen, wenn primär Ziffern oder Codes eingegeben werden müssen. Wenn keine eindeutige Zuordnung möglich ist, ist die 123-Variante vorzuziehen [14]. Innerhalb eines Softwaresystems und bei allen weiteren Maschinen, die dieselbe Funktion ansteuern oder regelmäßig von den gleichen Nutzern benutzt werden, sollte nur eine der beiden Varianten eingesetzt werden.

Der Nummernblock soll eine deutlich erkennbare Eingabe- oder OK-Taste besitzen. Ob er eine Abbrechen- oder Schließen-Taste, eine Löschen-Taste, eine Dezimaltrennzeichen-Taste und Tasten für # und * benötigt, sollte anwendungsfallabhängig in Betracht gezogen werden.

The 123-variant is well-known from telephones and ATMs and is to be preferred if mainly digits or codes are to be entered. If a clear allocation to one of the two options is not possible, the 123-variant is to be preferred [14]. Only one of the two variants should be used within one software system and for all other machines which control the same function or are regularly used by the same users.

The numeric keypad shall have a clearly visible “Enter” or “OK” key. Whether a “Terminate” or “Close” key, a “Delete” key, a decimal mark key and keys for # and * are required should be decided for each individual use case.

9.6 Kontextabhängige Tasten (Softkeys)

9.6.1 Technische Eigenschaften

Bei den kontextabhängigen Tasten (Softkeys; siehe VDI/VDE 3850 Blatt 1, Abschnitt 5.1.4) sind die den einzelnen Tasten zugeordneten Funktionen nicht fest, sondern abhängig vom Status des Softwaredialogs. Damit können Aktionen kontextabhängig ausgelöst werden. Kontextabhängige Tasten (siehe Abschnitt über variable Funktionstasten in [14]) werden in der Regel bei umfangreichen Dialogen eingesetzt. Kontextabhängige Tasten (Bild 18) setzen sich aus zwei Teilen zusammen:

- auslösende Tasten, die keine aufgedruckte Beschriftung tragen
- Anzeige auf einem nahen oder in die Taste integrierten Bildschirm, die die auszulösende Funktion mit Text und Bild beschreibt

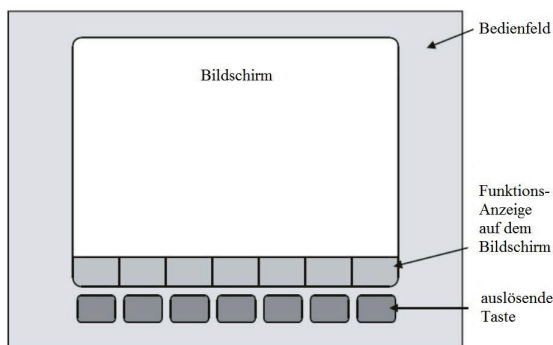


Bild 18. Kontextabhängige Tasten

Generell dienen kontextabhängige Tasten dazu, die vielen Funktionen heutiger technischer Systeme für den Nutzer zugänglich zu machen, ohne für jede Funktionalität eine eigene Taste anbieten zu müssen. Sie verbessern dadurch die Übersichtlichkeit der Tastenfelder, da der Nutzer nur zwischen wenigen aktuell relevanten Funktionen wählen muss. Dadurch können Taste und entsprechende Funktion schneller gefunden werden. Ab einem gewissen Funktionsumfang sind die Fehlermöglichkeiten geringer als bei kontextunabhängigen Tasten für alle Funktionen.

In der Praxis wird die Softkeybenutzung meist mit Hardkeys (siehe Abschnitt 9.5) kombiniert. Funktionen, die im gesamten Dialog benötigt werden, werden in der Regel auf Hardkeys gelegt (z.B. Sprung ins Hauptmenü).

Softwaredialoge für Softkeys können bei entsprechender Auslegung zusätzlich mit einem koordinatengebenden Interaktionsgerät benutzt werden. Sie lassen sich einfach an unterschiedliche Sprachen anpassen.

9.6 Context-sensitive keys (softkeys)

9.6.1 Technical characteristics

The functions allocated to the individual context-sensitive keys (softkeys; see VDI/VDE 3850 Part 1, Section 5.1.4) are not permanent, but depend on the status of the software dialogue. This allows context-sensitive triggering of actions. As a rule, context-sensitive keys (see section on variable-function keys in [14]) are used in complex dialogues. Context-sensitive keys (Figure 18) combine two elements:

- function-triggering keys which are not labelled
- an indication on a nearby or integrated display screen, describing, in text and symbol form, the function to be triggered

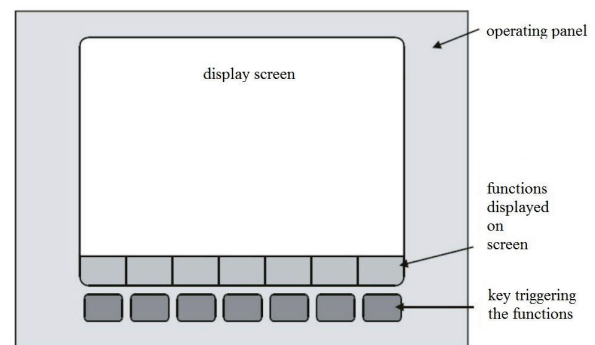


Figure 18. Context-sensitive keys

Normally context-sensitive keys make the large range of functions of present-day useware accessible to a user without having to provide a special key or button for each function. This makes the keypads easier to understand by only allowing the user to choose between the few functions that are relevant to the current operating situation. This makes it easier for the user to identify the key and the corresponding function quickly. Where the range of functions exceeds a certain scope, the potential for incorrect operation is reduced as compared to solutions with context-insensitive keys for all functions.

In practice, softkey applications are mostly combined with hardkeys (see Section 9.5). Functions needed at all levels of a dialogue (such as accessing the main menu) are usually allocated to hardkeys.

Software dialogues for softkeys can also be used with a pointing interaction device, provided that the design enables this option. They can be easily adapted to different languages.

9.6.2 Charakteristik und Eignung

In Tabelle 10 werden die Charakteristik und die Eignung der kontextabhängigen Tasten aufgeführt.

9.6.3 Einbau- und Gestaltungsempfehlungen

- Beschriftungen von Softkeys sollten räumlich nah bei den Hardwaretasten angeordnet werden, damit der Zusammenhang zwischen Taste und Beschriftung offensichtlich ist. Zusätzlich können deutliche Hilfslinien den Zusammenhang hervorheben.
- Auf dem Bildschirm sollte die Beschriftung der Softkeys direkt am Bildschirmrand platziert sein.
- Softkeys sollten vorzugsweise unterhalb des Bildschirms angeordnet werden (Bild 19).

9.6.2 Characteristics and suitability

Table 10 lists the characteristics and suitability of context-sensitive keys.

9.6.3 Installation and design recommendations

- Labels which indicate the functions of softkeys should be displayed close to the actual hardware key or button in order to clearly indicate the relationship between the key and the labelling. Additional clearly visible guiding lines can help to highlight the connection.
- The softkey labels should be displayed at the borders of the screen.
- Softkeys should be preferably arranged below the screen (Figure 19).

Tabelle 10. Charakteristik und Eignung der kontextabhängigen Tasten

Faktor	Bewertung
Auslösen/Auswählen	Kontextabhängige Tasten sind hervorragend zum Auslösen von Funktionen geeignet. Da der betätigte Teil eine Hardwaretaste ist, der bezüglich Tastenhub und Druckpunkt für gute Rückmeldung optimiert ist, können alle Schaltoperationen mit minimalem Fehlerpotenzial durchgeführt werden. Auch zur Auswahl (Menünavigation, Bildlauf) in Softwaredialogen sind sie gut geeignet. Die Eingabegeschwindigkeit hierfür ist gut, sinkt aber mit Komplexität der Menüstruktur und Größe der Dialogfläche.
Umgebungsfaktoren	Kontextabhängige Tasten kommen vor allem aufgrund ihres im Vergleich zu kontextunabhängigen Tasten reduzierten Platzbedarfs zum Einsatz. Falls sie keine integrierte Anzeige besitzen, müssen sie in der Nähe des Bildschirms eingebaut werden, der ihre Beschriftung anzeigt. Auch sollten sie in der gleichen Neigung wie dieser verbaut werden. Sie können auch in Umgebungen mit Vibrationen und bei Handschuhbenutzung problemlos verwendet werden.
interaktionsgeräte-spezifische Faktoren	Kontextabhängige Tasten funktionieren nur in Kombination mit einer Software, die die Beschriftung passend zum Zustand des Systems steuert. Der Softwaredialog muss für die Zusammenarbeit mit Softkeys entworfen sein oder angepasst werden. Die Struktur des Softwaredialogs nutzt einen Dialogbaum, der bei großem Funktionsumfang durch seine Breite und/oder Tiefe die Eingabegeschwindigkeit und Erlernbarkeit mindern kann.

Table 10. Characteristics and suitability of context-sensitive keys

Factor	Assessment
triggering/selecting	Context-sensitive keys are excellently suited for triggering functions. Since the actuated parts are hardware keys with optimised key strokes and actuation points in order to provide a good feedback, all switching operations can be carried out with minimum error potential. They are also well suited for selection actions (navigating in menus, scrolling) in software dialogues. The input speed for these procedures is good but decreases, as menu structures become more complex and/or with the size of the dialogue area.
environmental factors	The main reason for using context-sensitive keys is that they require less space than context-insensitive keys. If they do not have an integrated display, they shall be installed near the screen showing their labels. Furthermore, they should be installed with the same inclination as the screen. They can also be used without difficulty in environments in which vibrations occur and users wear gloves.
interaction-device-specific factors	Context-sensitive keys only work in combination with software which controls the labels in relation to the status of the system. The software dialogue has to be designed for interaction with softkeys or has to be adapted to suit this requirement. Software dialogues have a tree structure, which means that the width and/or depth of this can reduce input speed and ease of learning if the range of functions is very large.

- Bei der Benutzung von Softkeys seitlich oder oberhalb des Bildschirms wird der Bildschirminhalt durch Hand und Arm des Nutzers verdeckt. Wenn nicht alle Tasten an die Unterseite passen, so können auch rechts und links des Bildschirms Softkeys angebracht werden. Da es mehr Rechtshänder als Linkshänder gibt, ist die rechte Seite vorzuziehen.
 - Wenn davon auszugehen ist, dass der Nutzer nur eine Hand für die Eingabe frei hat, sollten Softkeys seitlich des Bildschirms vermieden werden, da sie entweder für Rechtshänder oder Linkshänder zu starker Verdeckung des Bildschirminhalts führen können.
 - Softkeys am oberen Rand des Bildschirms führen fast immer zur Verdeckung der Beschriftung und des Bildschirminhalts. Sie dürfen nur eingesetzt werden, wenn dieses Problem im Anwendungsfall durch Nutzerstudien ausgeschlossen werden kann.
 - Die minimale Größe der Funktionsanzeige und die maximale Anzahl der Softkeys ergeben sich aus der Bildschirmgröße, den Vorgaben zu Tastengröße und -abstand (Abschnitt 9.2.1) und den Richtlinien zur Dialoggestaltung, z.B. Schriftgröße (siehe VDI/VDE 3850 Blatt 1, Abschnitt 5.2).
 - Durch Gruppierung der Anzeigeelemente von Softkeys mit ähnlicher Funktion wird das Erfassen der Funktionsweise vereinfacht [16; 17]. In manchen Anwendungsfällen kann es sinnvoll sein, die Tasten in voneinander abgesetzten Gruppen zu platzieren. Allerdings beeinträchtigt dies die Anpassbarkeit der Software. Alternativ kann die Gruppierung durch die Gestaltung der Beschriftung auf dem Bildschirm erfolgen, bei konstantem Abstand der Hardwaretasten.
 - Die Belegung der Softkeys muss konsistent sein. Die gleiche Funktion muss in allen Kontexten auf der gleichen Taste liegen.
- If softkeys arranged at the side of or above the screen are used, the content displayed on screen is covered up by the user's hand and arm. If there is not enough room for all keys below the screen, softkeys can also be arranged to the right and left of the screen. Since there are more right-handed than left-handed users, the right-hand side shall be preferred.
 - If it can be assumed that a user will have only one hand free for making entries, arranging softkeys at the side of the screen should be avoided, since this can lead to a large proportion of the content displayed on screen being covered when used by either right-handed or left-handed users.
 - Softkeys at the top border of the screen nearly always result in the key label and the content displayed on screen being covered up. They may only be arranged above the screen if user tests have verified that this problem can be excluded for the respective use case.
 - The minimum size of the function display and the maximum number of softkeys depends on the size of the screen, the requirements concerning key size and spacing (see Section 9.2.1) and the standards for dialogue design, e.g. font size (see VDI/VDE 3850 Part 1, Section 5.2).
 - Grouping display elements of softkeys with similar functions makes it easier for the user to understand their functions [16; 17]. In some use cases it can be of benefit to arrange the keys in groups which are clearly separated from each other. However, this interferes with the adaptability of the software. As an alternative, grouping can be implemented by a suitable design of labelling on the screen while retaining uniform spacing between hardware keys or buttons.
 - The allocation of softkeys shall be consistent. The same function must be allocated to the same key or button in all contexts.

Eine besondere Form von Softkeys sind die Funktionstasten (F-Tasten) auf Standardtastaturen. Sie können kontext- oder applikationsabhängig verschiedene Funktionen auslösen. Die Zuordnung der Funktion ist für den Nutzer allerdings schwierig, selbst wenn sie auf einem Bildschirm angezeigt wird. Eine kontextabhängige Belegung der Funktionstasten ist deshalb nicht zulässig bei der Steuerung von technischen Anlagen.

The function keys (F-keys) on standard keyboards are a special form of softkeys. They can trigger different functions, depending on the context and the application. However, identifying the relation of a function to a specific key is difficult for the user even if it is displayed on-screen. Therefore context-sensitive allocation of functions to function keys of standard keyboards shall not be used for controlling technical plants and equipment.

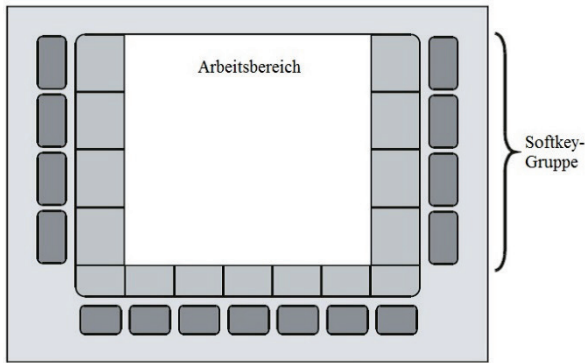


Bild 19. Sinnvolle Anordnung der Softkeys

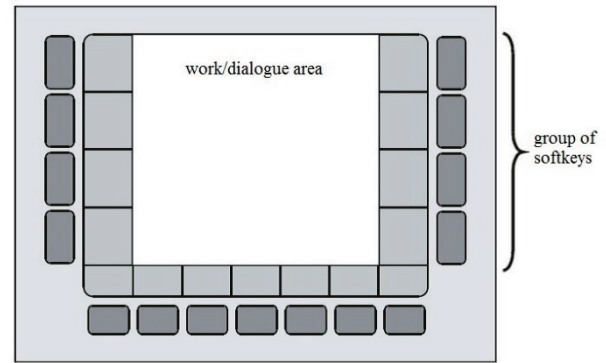


Figure 19. Convenient arrangement of softkeys

Schrifttum / Bibliography

Technische Regeln / Technical rules

DIN 2137 Tastaturen für die Daten- und Texteingabe (Keyboards for data and text input). Berlin: Beuth Verlag

DIN 33402-2:2005-12 Ergonomie; Körpermaße des Menschen; Teil 2: Werte (Ergonomics; Human body dimensions; Part 2: Values). Berlin: Beuth Verlag

DIN 33414-4:1990-10 Ergonomische Gestaltung von Warten; Gliederungsschema, Anordnungsprinzipien (Ergonomic design of control rooms; arrangement and layout principles). Zurückgezogen / Withdrawn 2014-10. Kein Nachfolgedokument / No following document

DIN EN 894-4:2010-11 Sicherheit von Maschinen; Ergonomische Anforderungen an die Gestaltung von Anzeigen und Stellteilen; Teil 4: Lage und Anordnung von Anzeigen und Stellteilen; Deutsche Fassung EN 894-4:2010 (Safety of machinery; Ergonomics requirements for the design of displays and control actuators; Part 4: Location and arrangement of displays and control actuators; German version EN 894-4:2010). Berlin: Beuth Verlag

DIN EN 1005-4:2009-01 Sicherheit von Maschinen; Menschliche körperliche Leistung; Teil 4: Bewertung von Körperhaltungen und Bewegungen bei der Arbeit an Maschinen; Deutsche Fassung EN 1005-4:2005+A1:2008 (Safety of machinery; Human physical performance; Part 4: Evaluation of working postures and movements in relation to machinery; German version EN 1005-4:2005+A1:2008). Berlin: Beuth Verlag

DIN EN 1005-5:2007-05 Sicherheit von Maschinen; Menschliche körperliche Leistung; Teil 5: Risikobeurteilung für kurzzyklische Tätigkeiten bei hohen Handhabungsfrequenzen; Deutsche Fassung EN 1005-5:2007 (Safety of machinery; Human physical performance; Part 5: Risk assessment for repetitive handling at high frequency; German version EN 1005-5:2007). Berlin: Beuth Verlag

DIN EN 60529*VDE 0470-1:2014-09 Schutzarten durch Gehäuse (IP-Code) (IEC 60529:1989 + A1:1999 + A2:2013); Deutsche Fassung EN 60529:1991 + A1:2000 + A2:2013 (Degrees of protection provided by enclosures (IP Code) (IEC 60529:1989 + A1:1999 + A2:2013); German version EN 60529:1991 + A1:2000 + A2:2013). Berlin: Beuth Verlag

DIN EN ISO 9241-5:1999-08 Ergonomische Anforderungen für Bürotätigkeiten mit Bildschirmgeräten; Teil 5: Anforderungen an Arbeitsplatzgestaltung und Körperhaltung

(ISO 9241-5:1998); Deutsche Fassung EN ISO 9241-5:1999 (Ergonomic requirements for office work with visual display terminals (VDTs); Part 5: Workstation layout and postural requirements (ISO 9241-5:1998); German version EN ISO 9241-5:1999). Berlin: Beuth Verlag

DIN EN ISO 9241-400:2007-05 Ergonomie der Mensch-System-Interaktion; Teil 400: Grundsätze und Anforderungen für physikalische Eingabegeräte (ISO 9241-400:2007); Deutsche Fassung EN ISO 9241-400:2007 (Ergonomics of human-system interaction; Part 400: Principles and requirements for physical input devices (ISO 9241-400:2007); German version EN ISO 9241-400:2007). Berlin: Beuth Verlag

DIN EN ISO 9241-410:2012-12 Ergonomie der Mensch-System-Interaktion; Teil 410: Gestaltungskriterien für physikalische Eingabegeräte (ISO 9241-410:2008 + Amd.1:2012); Deutsche Fassung EN ISO 9241-410:2008 + A1:2012 (Ergonomics of human-system interaction; Part 410: Design criteria for physical input devices (ISO 9241-410:2008 + Amd.1:2012); German version EN ISO 9241-410:2008 + A1:2012). Berlin: Beuth Verlag

DIN EN ISO 11064 Ergonomische Gestaltung von Leitzentralen (Ergonomic design of control centres). Berlin: Beuth Verlag

VDI 1000:2016-01 (Entwurf / Draft) VDI-Richtlinienarbeit; Grundsätze und Anleitungen (VDI Standard Work; Principles and procedures). Berlin: Beuth Verlag

VDI 1000:2010-06 VDI-Richtlinienarbeit; Grundsätze und Anleitungen (VDI Guideline Work; Principles and procedures). Berlin: Beuth Verlag

VDI/VDE 3850 Blatt 1:2014-04 Gebrauchstaugliche Gestaltung von Benutzungsschnittstellen für technische Anlagen; Konzepte, Prinzipien und grundsätzliche Empfehlungen (Development of usable user interfaces for technical plants; Concepts, principles and fundamental recommendations). Berlin: Beuth Verlag

VDI/VDE 3850 Blatt 3:2015-11 Gebrauchstaugliche Gestaltung von Benutzungsschnittstellen für technische Anlagen; Merkmale, Gestaltung und Einsatzmöglichkeiten von Benutzungsschnittstellen mit Touchscreens (Development of usable user interfaces for technical plants; Features, design and applications of user interfaces with touchscreen). Berlin: Beuth Verlag

Weiterführende technische Regeln / Further technical rules

DIN EN 894-3:2010-01 Sicherheit von Maschinen; Ergonomische Anforderungen an die Gestaltung von Anzeigen und Stellteilen; Stellteile; Deutsche Fassung EN 894-3:2000+A1:2008 (Safety of machinery; Ergonomics requirements for the design of displays and control actuators; Part 3: Control actuators; German version EN 894-3:2000+A1:2008). Berlin: Beuth Verlag

Literatur / Literature

- [1] *Drury, C.G.*: A Biomechanical Evaluation of the Repetitive Motion Injury Potential of Industrial Jobs. Seminars in Occupational Medicine 2 (1987) 1, pp. 41–49
- [2] *Schmidtke, H.*: Handbuch der Ergonomie. 2. Aufl., Koblenz: Bundesamt für Wehrtechnik und Beschaffung, 1989
- [3] *Schmidtke, H.*: Ergonomie. München: Hanser, 1994
- [4] *McAtamney, L.; Corlett, E.N.*: RULA – A Survey Method for the Investigations of Work-Related Upper Limb Disorders. In: Applied Ergonomics 24 (1993) 2, pp. 91–99
- [5] *Bullinger, H.-J.*: Ergonomie – Produkt- und Arbeitsplatzgestaltung. Stuttgart: Teubner, 1994
- [6] *Schmidt, R.F.; Lang, F.; Heckmann, M.* (Hrsg.): Physiologie des Menschen. 31. Aufl., Berlin: Springer, 2011
- [7] *Völz, H.*: Das Mensch-Technik-System: Physiologische, physikalische und technische Grundlagen – Hardware und Software. expert, Wien, 1999
- [8] IFA Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung: Bewertung physischer Belastungen gemäß BGI/GUV-I 7011 (Anhang 3) (2013). http://www.dguv.de/medien/ifa/de/fac/ergonomie/pdf/bewertung_physischer_belastungen.pdf (abgerufen am / accessed on 16.11.2016)
- [9] *Colombini, D.; Occhipinti, E.; Grieco, A.*: Risk Assessment and Management of Repetitive Movements and Exertions of the Upper Limb. Amsterdam: Elsevier, 2002
- [10] *Zühlke, D.; Krauß, L.*: Menschengerechte Gestaltung von Maschinen-/Prozessbediensystemen auf WINDOWS-Basis. Aachen: Shaker, 1999
- [11] *Douglas, S.A.; Mithal, A.K.*: The Ergonomics of Computer Pointing Devices. New York: Springer, 1996
- [12] *Shneiderman, B.; Plaisant, C.; Cohen, M.; Jacobs, S.*: Designing the User Interface: Strategies for Effective Human-Computer-Interaction. 5. Aufl., Boston: Addison Wesley, 2009
- [13] *Mühlstedt, J.*: Entwicklung eines Modells dynamisch-muskulärer Arbeitsbeanspruchungen auf Basis digitaler Menschmodelle. Dissertation, TU Chemnitz 2012; <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:bsz:ch1-qucosa-86342> (abgerufen am / accessed on 11.10.2016)
- [14] *Charwat, H.J.*: Lexikon der Mensch-Maschine-Kommunikation. 2. Aufl., München: Oldenbourg Verlag, 1994
- [15] IAO Fraunhofer-Institut für Arbeitswissenschaft und Organisation (Hrsg.): OSACA/HÜMNOS Style Guide Werkzeugmaschinen: Ein Handbuch zur Gestaltung von Benutzungsoberflächen für Werkzeugmaschinen. Stuttgart: Fraunhofer IRB, 1997
- [16] *Zeidler, A.; Zellner, R.*: Software-Ergonomie – Techniken der Dialoggestaltung. 2. Aufl., München: Oldenbourg, 1994
- [17] *Ziegler, J.; Ilg, R.*: Benutzergerechte Software-Gestaltung: Standards, Methoden und Werkzeuge. München Oldenbourg, 1993