



PerspektiveArbeit
Lausitz

Workshop im Rahmen der PAL-Arbeitsforschungsakademie

Belastung und Beanspruchung bei der Mensch-Maschine-Interaktion

Rico Ganßauge und Roberto Kockrow für das Arbeitsgebiet Awip

04.12.2024, Virtuelles Format live aus Cottbus



Brandenburgische
Technische Universität
Cottbus - Senftenberg



Agenda für nächsten 120 Minuten

Beginn 10:00 Vortrag

- i. Einführung/unsere Rolle im PAL
- ii. Arbeitsforschung für informatorisch-geprägte Arbeitstätigkeiten
- iii. Ergonomische Gestaltung von Interaktionen und Schnittstellen
- iv. Hinweise zur Vermeidung von Technikstress

ca. 11:30 Fragen und Diskussionen

i. Einführung/unsere Rolle im PAL

Das Arbeitsgebiet Arbeitswissenschaft/ Arbeitspsychologie

Arbeitsforschung seit 2004

Untersuchung von komplexen Arbeitssystemen

- ergonomische Statusanalysen und Analyse von Technikstressoren
- Gestaltung der Mensch-Maschine-Schnittstelle
- Spannungsfeld zwischen den Extremen Über- und Unterforderung
- Tätigkeitsanforderungen, Qualifizierung, Aus- und Weiterbildung
- Kompetenzanalysen und Identifikation zukünftiger Kernkompetenzen
- Wissensmanagement und Erhalt von Erfahrungswissen
- Optimierung von Kommunikationsinhalten und -abläufen
- gesundes und sicheres Arbeiten

- ✓ arbeitswissenschaftliche Bewertungen (Baustein zur Gefährdungsbeurteilung)
- ✓ Ableitung von Gestaltungs-/ Handlungsregularien für Anwender und Hersteller
- ✓ Erarbeitung von Aus- und Weiterbildungskonzepten
- ✓ Erarbeitung von Maßnahmen zur Erhaltung der Leistungs- und Beschäftigungsfähigkeit sowie Gesundheit

i. Einführung/unsere Rolle im PAL

Das Awip-Bewertungskonzept



- ✓ Systemischer Ansatz für umfassende Bewertung unter Berücksichtigung von Superposition
- ✓ modulares Konzept für bedarfsgerechten Methodeneinsatz
- ✓ abgesichert durch interdisziplinäres Team

i. Einführung/unsere Rolle im PAL

PAL an der BTU

Praxisprojekte mit daten-
getriebenen Assistenz-
lösungen für z. B.:

- Entscheidungs-
unterstützung
- Wissensmanagement
- Intelligente
Beanspruchungsdetektion
- Datengestützte
Transportlogistik



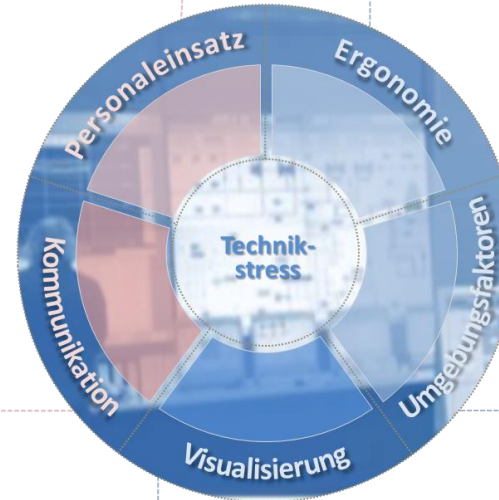
Das PAL-Team



ii. Arbeitsforschung für informatorisch-geprägte Tätigkeiten

Awip-Forschungserfahrungen für informatorisch-geprägte Tätigkeiten

- Vigilanz bei Schichtarbeit
 - Tätigkeitsabhängige Pausengestaltung (Grundlagenstudie)
 - Flexibler Personaleinsatz zur Abdeckung saisonaler Bedarfsschwankungen
 - Fähigkeitsgerechter Personaleinsatz, Wissensmanagement und Qualifikationskonzepte
 - Arbeitswissenschaftliche Handlungsempfehlungen zur Einführung von digitalen Kooperationsnetzwerken
- Bewertung von Informationsmengen und Kommunikationserfordernissen bei der Zentralisierung von Betriebseinheiten
 - Kommunikative Anforderungen für Normal- und Ereignisbetrieb
 - Konzepte für eindeutige Kommunikation

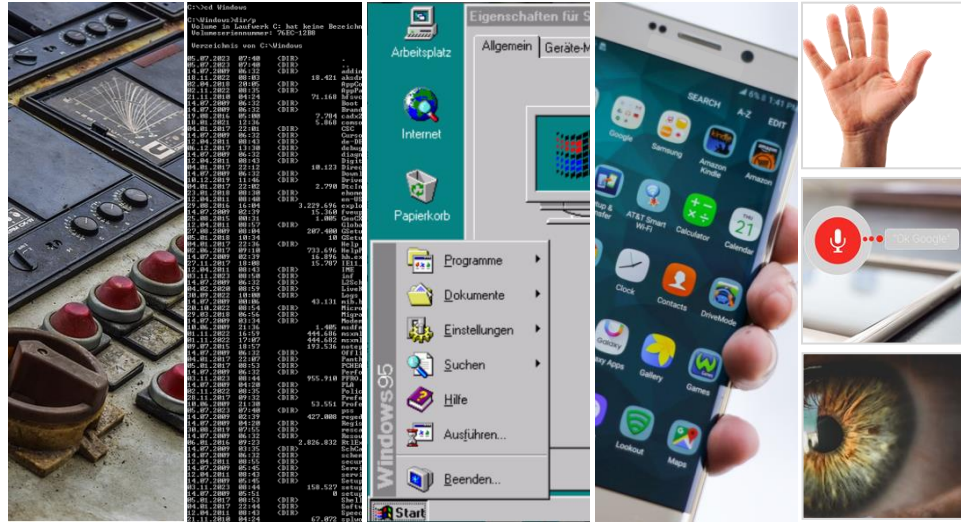


- Wartenlayout für die zentralisierte Prozessführung bei bedarfsgerechtem Personaleinsatz
- Berührungslose Beanspruchungserfassung bei konzentrativen Tätigkeiten (Grundlagenstudie)
- Beanspruchungsphasen bei Leitstandstätigkeiten
- Ergonomieleitfaden für die Wartengestaltung

- Thermische Behaglichkeit in Leitwarten
- Wirkung von Radiomusik auf die Vigilanz- und Fehlerentwicklung bei Überwachungstätigkeiten (Grundlagenstudie)
- Beleuchtungsbedingungen zur ergonomischen Gestaltung von Überwachungstätigkeiten (Grundlagenstudie)
- Extra-aurale Geräuschwirkung bei Konzentrationsarbeit

- Periphere Informationswahrnehmung bei grafisch komplexen Hintergründen (DFG-Grundlagenstudie)
- Ergonomische Bewertung von Curved Monitoren
- Visuelle Komfortzone der Operatortätigkeit
- Software-Ergonomie bei komplexen Systemen
- Sichtachsen und Blickbereiche in Leitwarten

ii. Arbeitsforschung für informatisch-geprägte Tätigkeiten



1980er

1990er

2000er

2010er

2020er

Bildquellen: eigene Bilder, Pixabay(CCO)

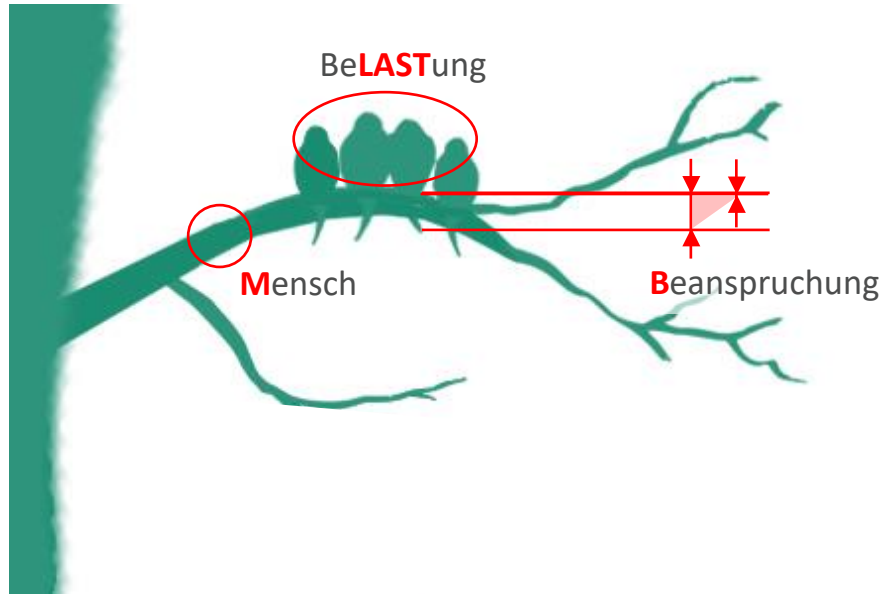
Relevanz ergonomischer Gestaltung der Mensch-Maschine-Schnittstellen auch künftig herausfordernd



ii. Arbeitsforschung für informatisch-geprägte Tätigkeiten

Belastungen und Beanspruchung

Ein Gedankenspiel als Grundlage ...



Belastungs-Beanspruchungs-Modell nach ROHMERT

Teilbelastungen:

Arbeitsaufgabe
(arbeitsinhaltsbezogen)

Arbeitsumgebung
(situationsbezogen)

Belastung:

Höhe
Dauer

Zusammensetzung der
Teilbelastungen:

simultan
sukzessiv

MENSCH

individuelle
Eigenschaften,
Fähigkeiten und
Fertigkeiten

Teilbeanspruchungen:

Skelett
Sehnen/ Bänder
Muskeln
Herz/ Kreislauf
Atmung

Sinnesorganen
Zentralnervensystem
Haut
Schweißdrüsen

Beanspruchung:

objektiv engpass-
orientiert
von Arbeitsperson
erlebt

ii. Arbeitsforschung für informatisch-geprägte Tätigkeiten

Der Mensch im System

Psychische Belastung

„Gesamtheit aller erfassbaren Einflüsse, die von außen auf einen Menschen zukommen und diesen psychisch beeinflussen“ (DIN EN ISO 10075-1:2018, S. 6).

Psychische Beanspruchung

„Unmittelbare Auswirkung der psychischen Belastung im Individuum in Abhängigkeit von seinem aktuellen Zustand“ (DIN EN ISO 10075-1:2018, S. 6).

Wahrnehmung/
Interaktion

**Mensch mit
individuellen
Eigenschaften**

**Umgebungs-
Bedingungen
und Arbeits-
gestaltung**

Folgen

Kompetenzen, Fertigkeiten, Bewältigungsstrategien,
Erholungszustand, Stimmung, Werte, ...

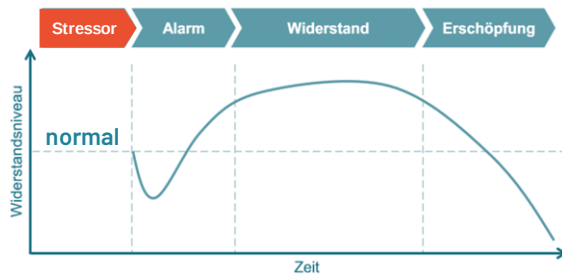

Aufwärmeeffekt, Aktivierung,
Lernen, Übungseffekt,
Kompetenzentwicklung


Psychische Ermüdung
Monotonie, Psychische
Sättigung, Stressreaktionen

ii. Arbeitsforschung für informatisch-geprägte Tätigkeiten

Das Phänomen Technikstress

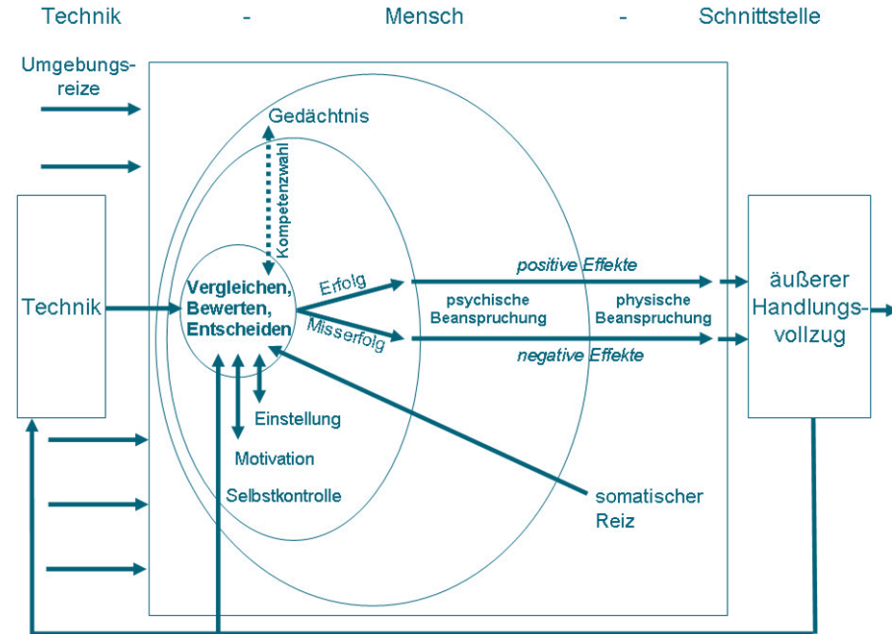
Allg. Adaptationssyndrom (nach Selye 1936, 1976)



Alarmreaktion: Stresshormone im Blut steigen an

Widerstandsphase: Stresshormone weiterhin erhöht, Gegenregulation des parasympathische Nervensystems

Erschöpfungssyndrom: Körper weiß nicht mehr, was er tun soll. Regulationsmechanismen sind aus dem Gleichgewicht



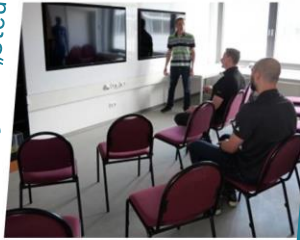
ii. Arbeitsforschung für informatisch-geprägte Tätigkeiten

Labor- und Grundlagenforschung

Awip-Ergonomielabor



Living & Learning Lab „Steuern und Entscheiden“



Awip-Ergonomielabor „Monitore“

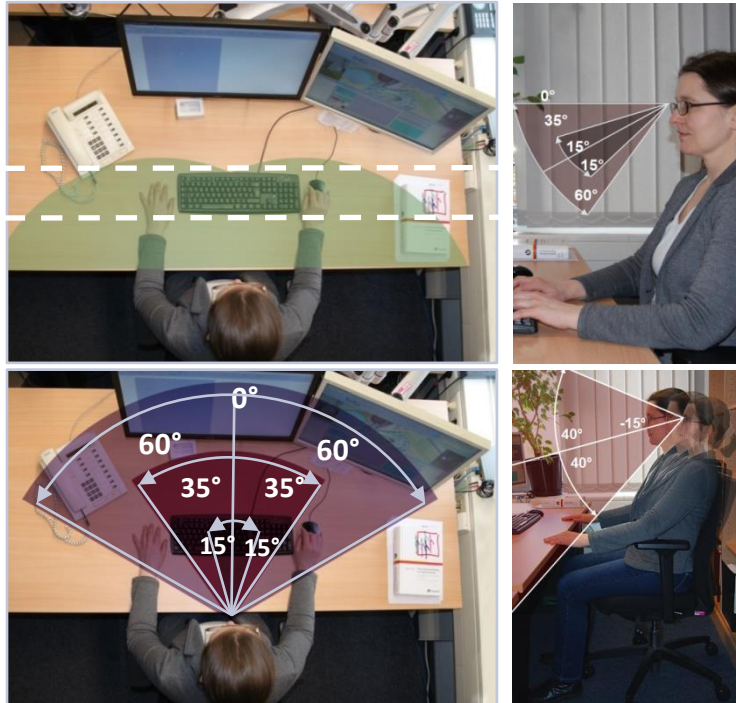


Messgeräteausrüstung



iii. Ergonomische Gestaltung von Interaktionen und Schnittstellen

Physische Belastungen



(vgl. DIN 11064-4, DGUV 215-410, DGUV 115-401, Schlick et al. 2018, u.v.m.)

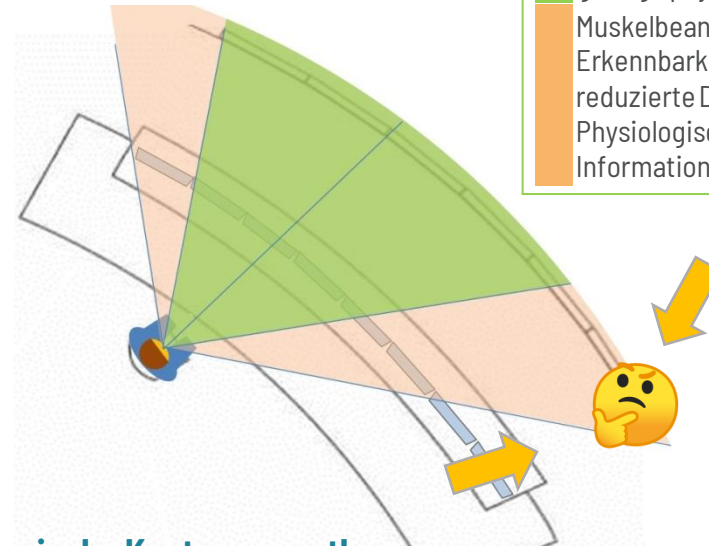
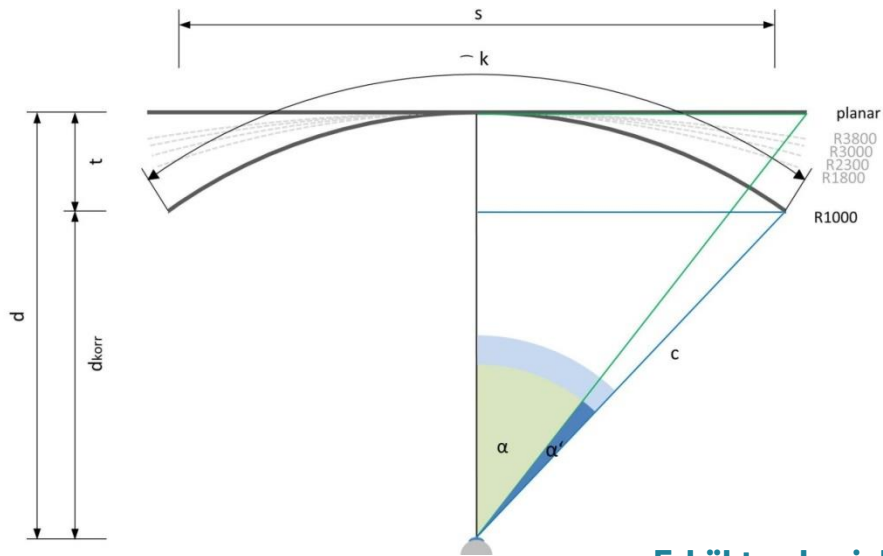
- Auf regelmäßige Belastungswechsel achten
→ Steh-Sitz-Arbeitsplatz
- Ergonomisch Sitzen
- Beanspruchung des Körpers wird bei Konzentrationsarbeit i.d.R. geringer wahrgenommen (vgl. Hoppe 2009)
- Blicklinie sollte gesenkt sein (ca. 30°)
- Positionierung der Arbeitsmittel in Greifnähe (Zwangshaltungen vermeiden!)
- Bewegungsfläche (vgl. ASRA1.2)
- Ablageflächen für Hände

Beachte:
Die Oberkante deines
Monitors sollte nicht
über deiner
Augenhöhe sein.

iii. Ergonomische Gestaltung von Interaktionen und Schnittstellen

Physische Belastungen

Auswirkungen von komplex visualisierten Arbeitssystemen /ultrabreiten Monitoren



- Muskelbeanspruchung moderat
- Erkennbarkeit verzerrungsfrei
- geringe physiologische Kosten
- Muskelbeanspruchung erhöht
- Erkennbarkeit eingeschränkt
- reduzierte Detailauflösung (Ränder)
- Physiologische Kosten erhöht
- Informationsmenge/ kogn. Filterung

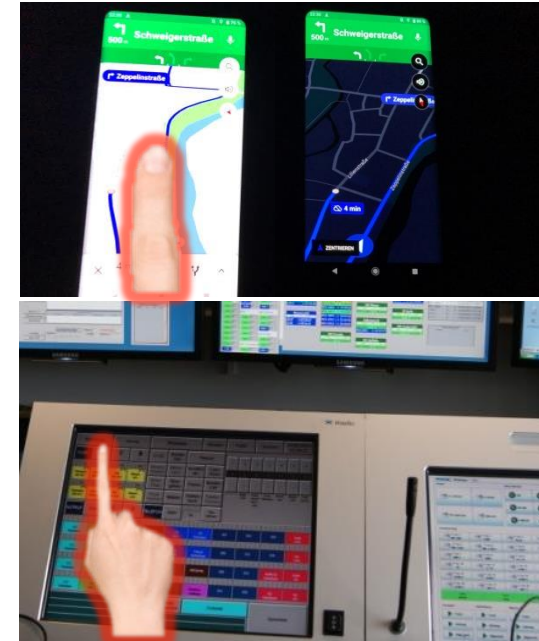
Erhöhte physiologische Kosten erwartbar

iii. Ergonomische Gestaltung von Interaktionen und Schnittstellen

Physische Belastungen

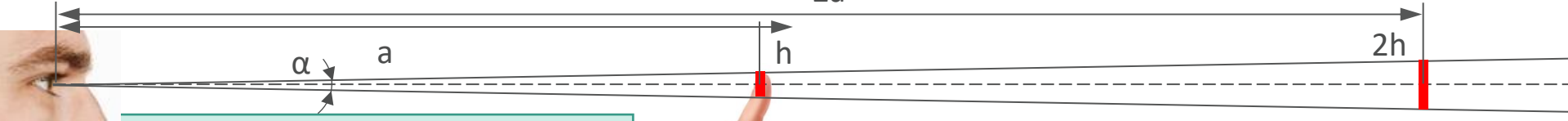
Besondere Anforderungen für Geräte mit Touch-Display

- Nutzungskontext selten vorhersehbar
- Mobile Devices i.d.R. mit geringeren Bildschirmgrößen
- Bedien- oder Visualisierungspriorität entscheidend für ermüdungsfreie Interaktion (vgl. VDI/VDE 3850 Blatt 2)
- Zwangshaltungen vermeiden
- Beachte das fehlende, taktile Feedback
- Element- und Zeichengrößen für den Nutzungskontext auslegen („Fat Finger“-Problem)



iii. Ergonomische Gestaltung von Interaktionen und Schnittstellen

Visueller Informationskanal

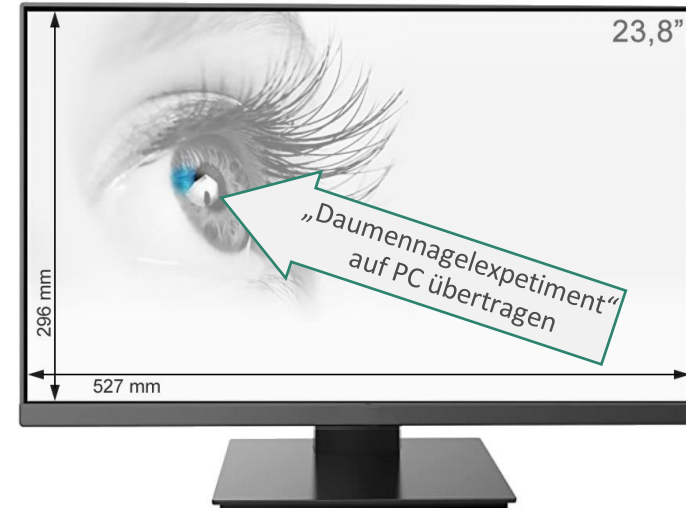


- Große Herausforderungen bei der ergonomischen Gestaltung von
 - Tiefenstaffelung
 - stark visualisierten Arbeitsplätzen
- Empfohlene Zeichenhöhen sind
min. 15' Muss-Bestimmung Zeichengröße (DIN 11064-4)
min. 16' für Lesbarkeit allgemein (DIN 9241-303)
ideal 18' (SUVA) bzw. 20' bis 22' (DIN 9241-303)
> 30' für farbige Objekte (DIN 9241-303)

- Vereinfachte „Daumen“regeln:
optimale Leserlichkeit Zeichen (DIN 9241-303):
maximaler Sehabstand (DIN 11064-4):

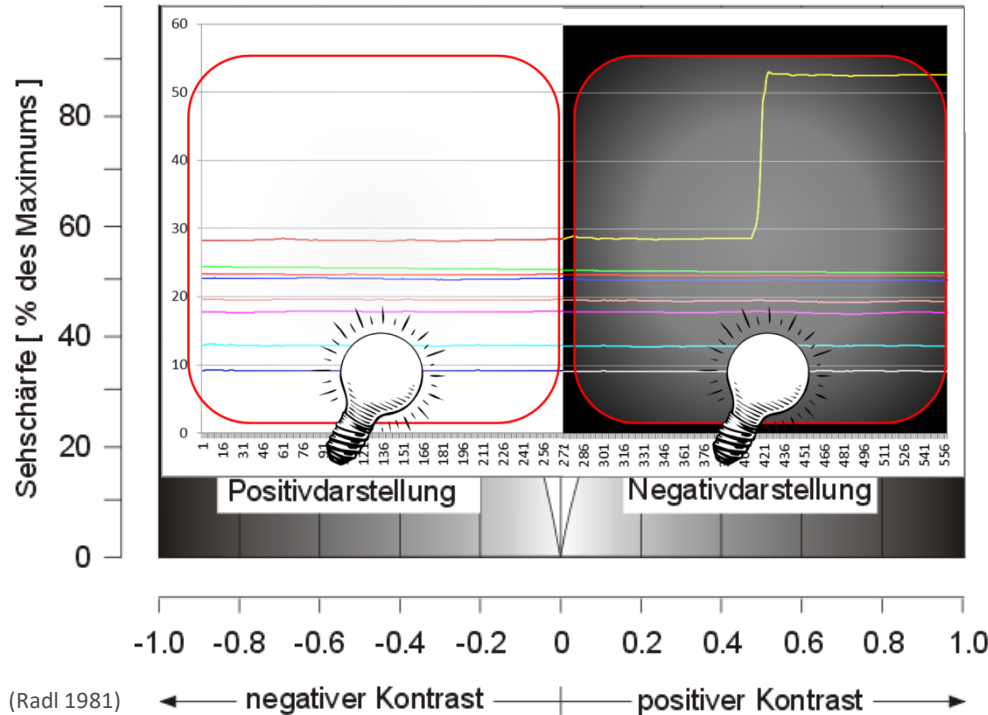
Sehabstand_{opt} $\approx 165 \times$ Zeichenhöhe

Sehabstand_{max} $\approx 215 \times$ Zeichenhöhe



iii. Ergonomische Gestaltung von Interaktionen und Schnittstellen

Visueller Informationskanal



- Displays sollten einen adäquaten Kontrast zwischen Elementen und Hintergrund vorweisen.

$$C = \frac{L_{\text{Objekt}} - L_{\text{Hintergrund}}}{L_{\text{Objekt}} + L_{\text{Hintergrund}}} \quad \text{mit } L = \text{Leuchtdichte}$$

Unterscheidung von Blendungen (nach Wittlich 2010):

- Direkt <> indirekt (auch Reflexblendung)
- Absolut <> Relativ
- Infeld <> Umfeld

auch

- physiologisch <> psychologisch

Blendungen durch Ausrichtung der Arbeitsmittel/-plätze und geeignete Beleuchtung vermeiden!

iii. Ergonomische Gestaltung von Interaktionen und Schnittstellen

Visueller Informationskanal



Manche Farbkombinationen eignen sich nicht für die Informationsdarstellung



Alleinstehende Farbcodierung kann für bestimmte Nutzer ungeeignet sein!

- Displays sollten einen adäquaten Kontrast zwischen Elementen und Hintergrund vorweisen.

$$C = \frac{L_{\text{Objekt}} - L_{\text{Hintergrund}}}{L_{\text{Objekt}} + L_{\text{Hintergrund}}}$$

mit L = Leuchtdichte

Farbgestaltung ist ein wichtiger Fakt dabei:

- Farbe als Kodiermöglichkeit
- Farbe als Gestaltungsmittel
- Farbe für Wiedererkennung
- Farbe hat auch psychologische Wirkung

Achte auf bewussten
Farbeinsatz!
Farbcodierungen
sollten nicht
alleinstehend
verwendet werden!

iii. Ergonomische Gestaltung von Interaktionen und Schnittstellen

Akustischer Informationskanal

- Das Ohr ist für verschiedene Frequenzen unterschiedlich empfindlich
- Akustische Geräuschkulisse kann aural (Hörorgan schädigend) und extra-aural (Wirkung auf den Gesamtorganismus) als Lärm wirken

Wichtig: Lärm muss nicht laut sein!

Empfehlungen für Maximalwerte

- 75-80 dB in industriellen Arbeitsstätten
- 45-55 dB für routinemäßige Büroarbeit
- 35-45 dB für konzentrationale Tätigkeiten

Empfehlungen- Hintergrundpegel

- Konferenzraum 30-35 dB
- Einzelbüro 30-40 dB
- Kontrollräume in der Industrie 35-55 dB

(DIN EN ISO 11690-1:2021, S. 21f)



Lärm wird subjektiv bewertet und kann auf verschiedene Weise wirken

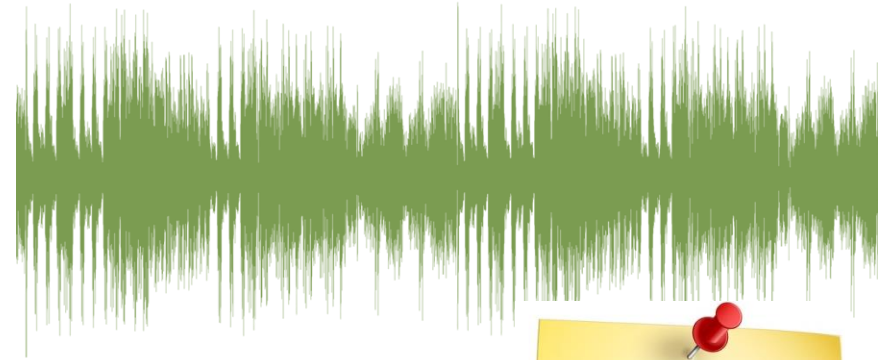


iii. Ergonomische Gestaltung von Interaktionen und Schnittstellen

Akustischer Informationskanal

Sprachverständlichkeit besonders beeinträchtigt durch (vgl. BGI 650, S. 84):

- Informationsgehalt von Geräuschen
- Höhe des Schalldruckpegels
- Zusammensetzung des Frequenzspektrums
- Zeitliche Verteilung des Lärms



DIN 10064-6:2005, S. 23: absorbierende Oberflächen, Nachhallzeiten bevorzugt um 0,4 s

Eigene Forschungen an der BTU zeigen:

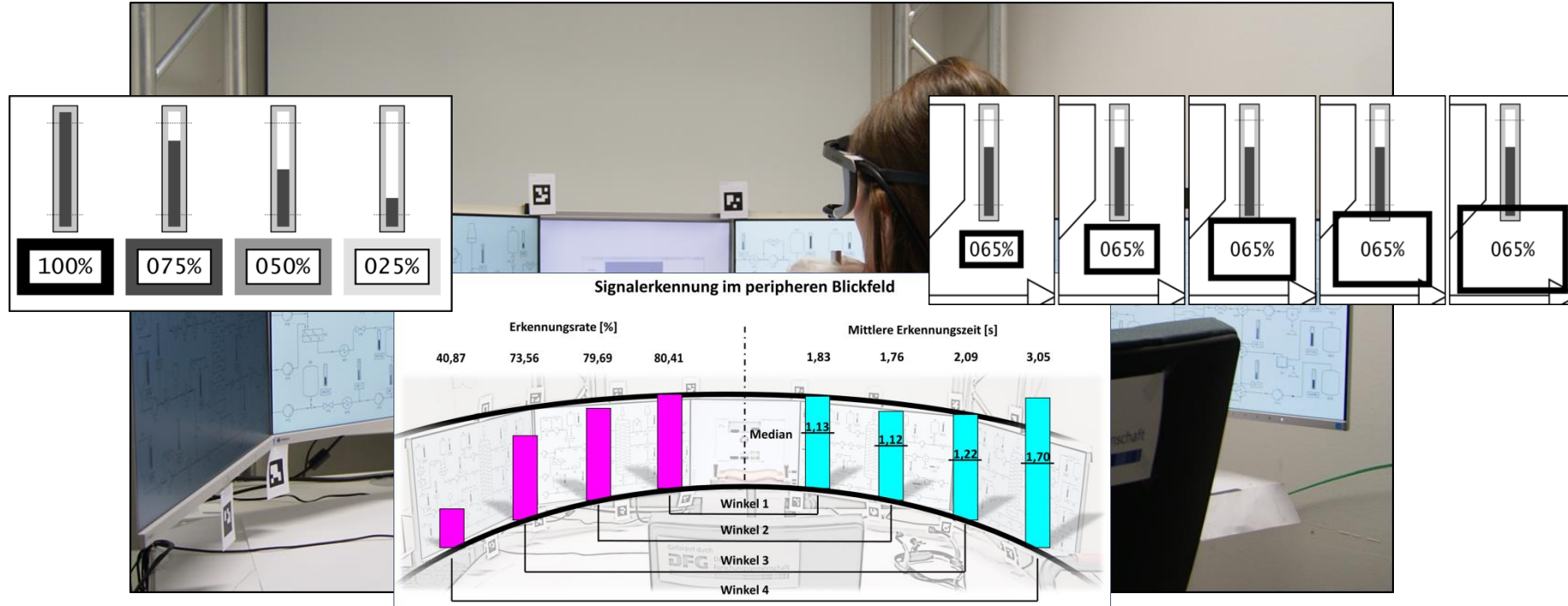
Radioeinsatz sollte nach Präferenzen und Situationen abgewogen werden!



Beachte:
Für Lärm gilt das
Minimierungsgebot!

iii. Ergonomische Gestaltung von Interaktionen und Schnittstellen

Visueller Informationskanal

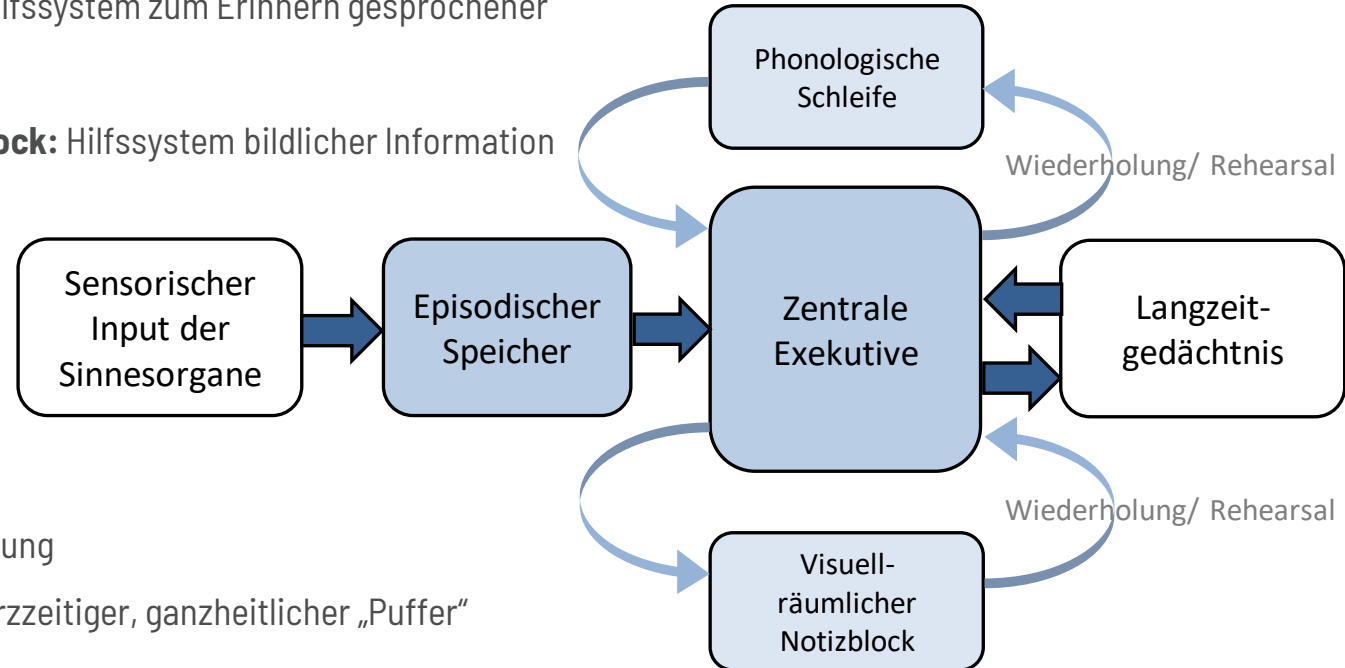


iii. Ergonomische Gestaltung von Interaktionen und Schnittstellen

Kognitive Ressourcen

Arbeitsgedächtnismodell nach Baddeley (2010)

- **Phonologische Schleife:** Hilfssystem zum Erinnern gesprochener Information
- **Visuell-räumlicher Notizblock:** Hilfssystem bildlicher Information

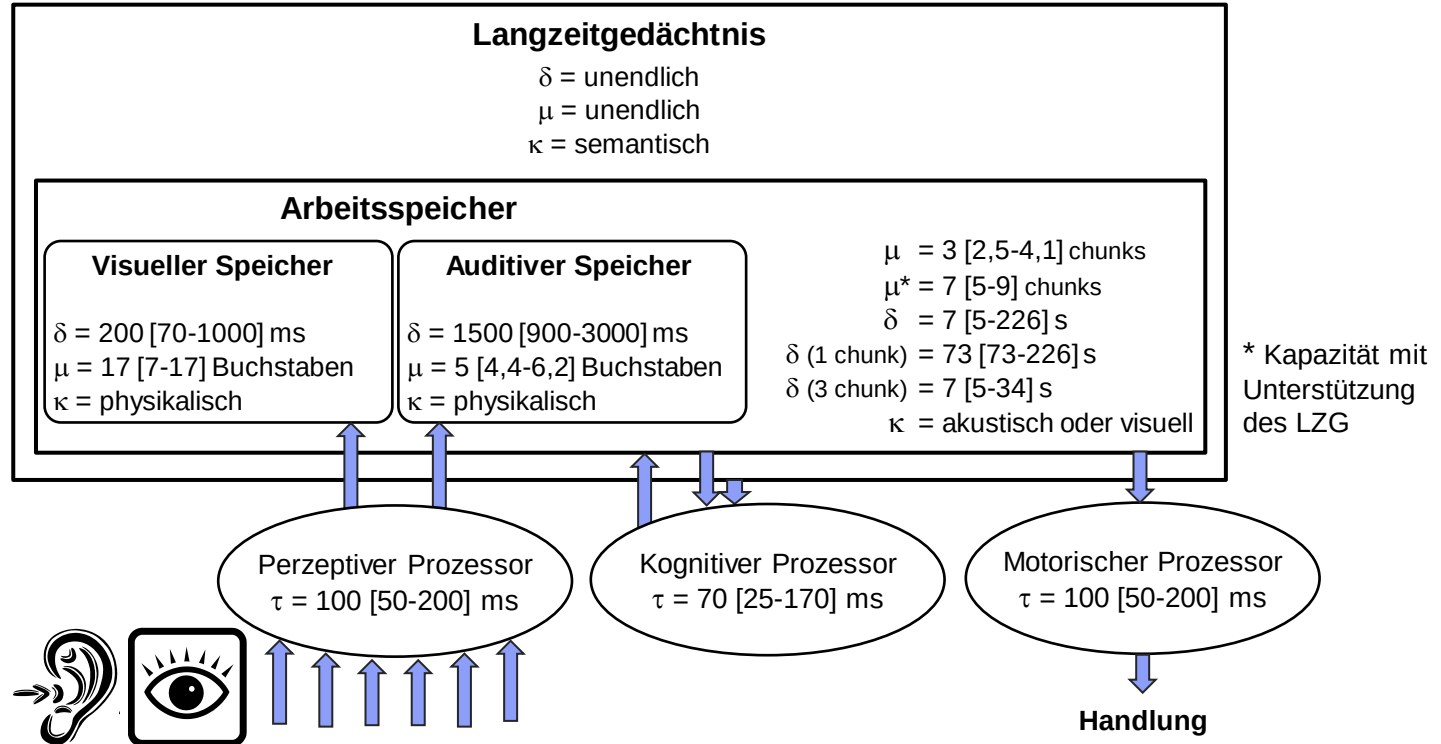


- **Zentrale Exekutive:** Steuerung
- **Episodischer Speicher:** kurzzeitiger, ganzheitlicher „Puffer“

iii. Ergonomische Gestaltung von Interaktionen und Schnittstellen

Kognitive Ressourcen

Card-Modell (1993)



iii. Ergonomische Gestaltung von Interaktionen und Schnittstellen

Kognitive Ressourcen

Begrenzte Kapazität und Behaltensdauer („Millers Magische Zahl“, Miller 1956):

7 +/- 2 Einheiten können im Kurzzeit- / Arbeitsgedächtnis gleichzeitig behalten werden

→ Buchstabenreihe: jeder Buchstabe muss einzeln gemerkt werden: 8 Einheiten

G T E E H R T O

→ Möglichkeit, Informationen zusammenzufassen zu sinnvollem Wort: 1 Einheit

T O G E T H E R

Kapazität begrenzt und leicht störbar

! Stammt aus Laborexperimenten, wo ideale, ablenkungsfreie Bedingungen herrschten !

iii. Ergonomische Gestaltung von Interaktionen und Schnittstellen

Kognitive Ressourcen

Begrenzte Kapazität und Behaltensdauer (Cowan 2001):

In der Praxis **vier Einheiten** als Grenze des Kurzzeit- / Arbeitsgedächtnis

→ vor allem, wenn:

- Informationsüberlastung/ zuviel Information dargeboten
- wenn Rehearsal in der phonologischen Hilfsschleife unterbunden wird
- Verknüpfung zum Langzeitgedächtnis durch tiefergehende Beschäftigung damit unterbunden wird



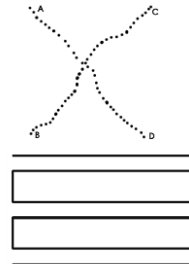
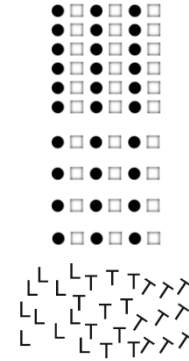
Bildquelle: pixabay.de

iii. Ergonomische Gestaltung von Interaktionen und Schnittstellen

Kognitive Ressourcen

Die wichtigsten Gestaltgesetze (Metzger 1966)

- 1. Gesetz der Gleichartigkeit:** Gleichartige Elemente (Form, Farbe, Helligkeit etc.) eher als zusammengehörig wahrgenommen
- 2. Gesetz der Nähe:** Nahe Elemente als zusammengehörig wahrgenommen
- 3. Gesetz des gemeinsamen Schicksals:** z.B. in gleicher Richtung bewegte Elemente als zusammengehörig wahrgenommen
- 4. Gesetz der Voreinstellung:** Sind bereits Elemente nach einem bestimmten Prinzip organisiert, so wird ein hinzukommendes Element nach dem gleichen Prinzip als zusammengehörig wahrgenommen
- 5. Gesetz des Aufgehens ohne Rest:** Alle Elemente werden in eine Gruppierung einbezogen
- 6. Gesetz der durchgehenden Linie:** Wenn möglich, wird eine Linie stetig – also geradlinig oder der Krümmung folgend – fortgesetzt
- 7. Gesetz der Geschlossenheit:** Elemente, die eine geschlossene Figur ergeben eher als zusammengehörig wahrgenommen

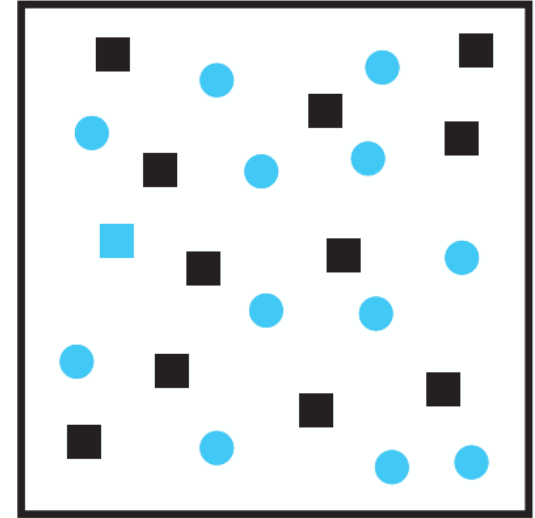
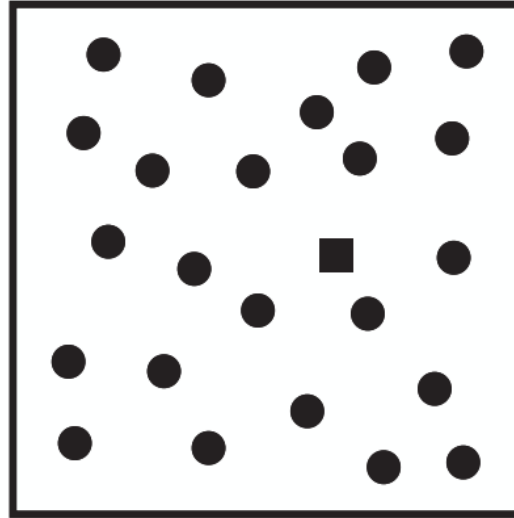
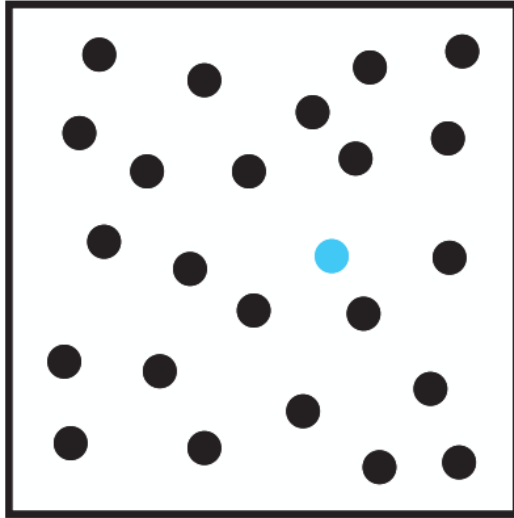


iii. Ergonomische Gestaltung von Interaktionen und Schnittstellen

Kognitive Ressourcen

Selektive Aufmerksamkeit durch ergonomische Oberflächengestaltung unterstützen

→ Pop-Out-Effekt: markante/Abweichende Elemente werden schneller erkannt



iii. Ergonomische Gestaltung von Interaktionen und Schnittstellen

Anforderungen auf Basis (software)ergonomischer Kriterien

Ausgabe 2006

- Aufgabenangemessenheit:
- Selbstbeschreibungsfähigkeit
- Erwartungskonformität
- Lernförderlichkeit
- Steuerbarkeit
- Fehlertoleranz
- Individualisierbarkeit



Ausgabe Okt. 2020

- ✓ Aufgabenangemessenheit:
- ✓ Selbstbeschreibungsfähigkeit
- ✓ Erwartungskonformität
- ✓ Erlernbarkeit
- ✓ Steuerbarkeit (inkl. Individualisierbarkeit)
- ✓ Robustheit gegen Benutzungsfehler
- ✓ Benutzerbindung

Die wesentlichen Änderungen ab 2020 im Vergleich zur Vorgängerausgabe sind:

- das Prinzip der Individualisierung wurde mit dem Prinzip der Steuerbarkeit zusammengeführt;
- ein neues Prinzip „Benutzerbindung“ (en: user engagement) wurde entwickelt;
- vorhandene Prinzipien und allgemeine Gestaltungsempfehlungen wurden überarbeitet.

Quelle: <http://apa.cs.tu-berlin.de//>

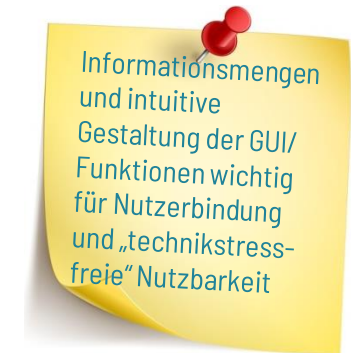
iii. Ergonomische Gestaltung von Interaktionen und Schnittstellen

Anforderungen auf Basis (software)ergonomischer Kriterien

Shneiderman & Plaisant verfasste 2004 Guideline in acht Regeln

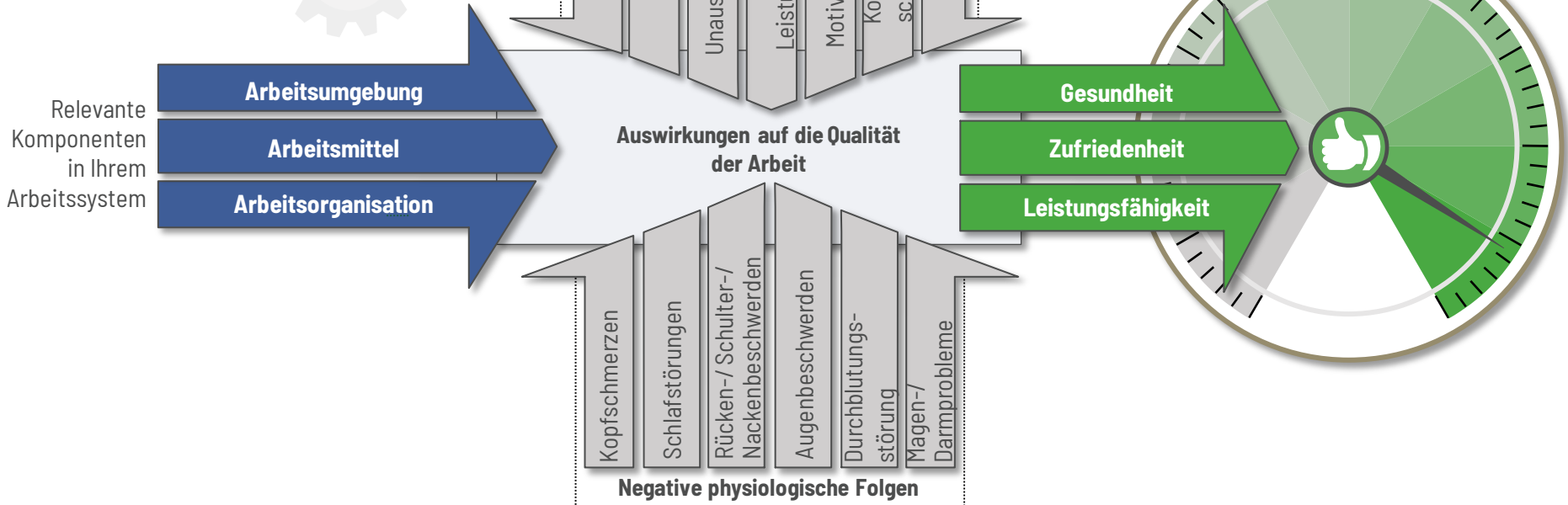
Die „acht goldenen Regeln des Dialogdesigns“ sind:

1. Strebe nach Konsistenz!
2. Berücksichtige ein möglichst breites Nutzerspektrum!
3. Biete informatives Feedback!
4. Strukturiere Aktionsfolgen!
5. Biete einfache Fehlerbehandlung!
6. Biete einfache Rücksetzmöglichkeiten!
7. Unterstütze den **benutzergesteuerten** Dialog!
8. Reduziere die Belastung des Kurzzeitgedächtnisses!



iv. Vermeidung von Technikstress

Systemischer Ansatz
(vgl. Kockrow et al. 2014)



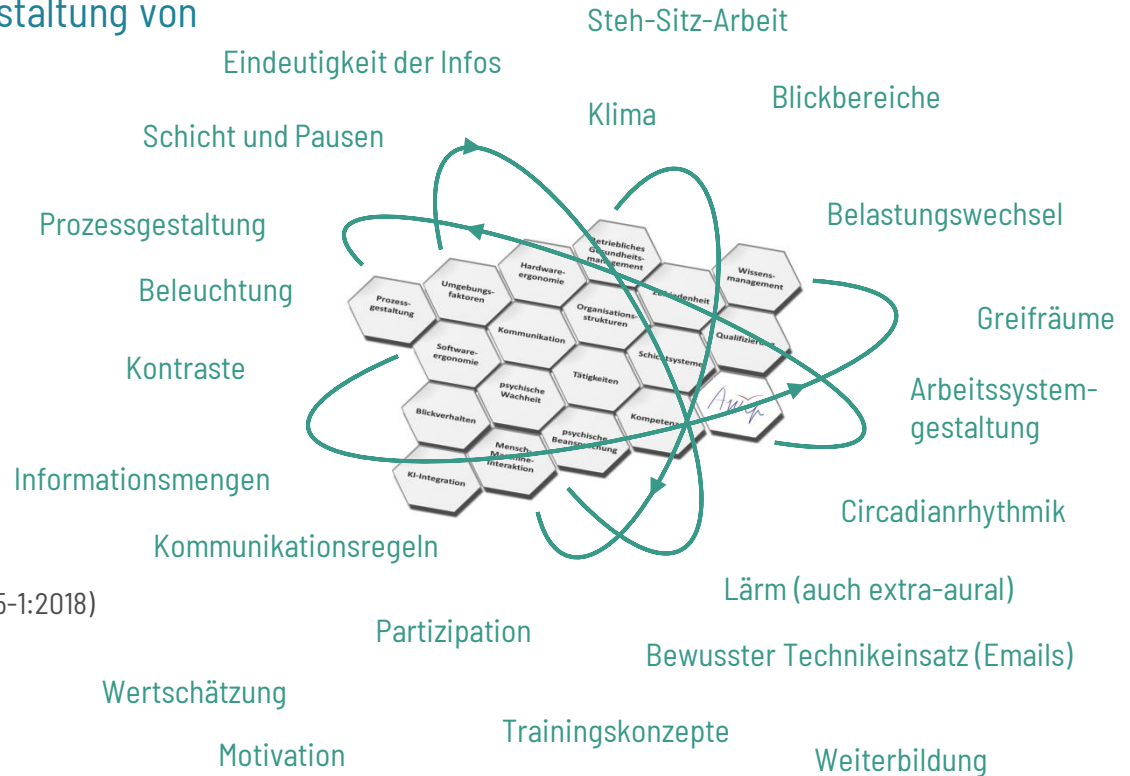
iv. Vermeidung von Technikstress

Maßnahmen zur Vermeidung durch Gestaltung von

- Oberflächen
- Informationsmengen
- Arbeitsmittel
- Prozessen
- (Umgebungs-)Bedingungen
- Kommunikation

sowie Maßnahmen zur

- Kompetenzentwicklung (vgl. DIN 10075-1:2018)
- Sensibilisierung
- Arbeitszufriedenheit





Quelle:
BTU-Medienzentrum
Ralf Schuster

Vielen Dank für Ihr Interesse

Brandenburgische Technische Universität Cottbus - Senftenberg

Fakultät 3: Maschinenbau, Elektro- und Energiesysteme

Institut für Digitale Produktion, Qualität und Logistik

Arbeitsgebiet Arbeitswissenschaft/ Arbeitspsychologie

Konrad-Wachsmann-Allee 1

03046 Cottbus

Ansprechpartner:

PD Dr.-Ing. habil. Roberto Kockrow

PD Dr.-Ing. habil. Dipl.-Psych. Rico Ganßauge

Tel.: (0355) 69 4879

Email: kockrow@b-tu.de

Web: www.b-tu.de/fg-arbeitswissenschaft

Film: <https://www.youtube.com/watch?v=HLjJRx4I7I4>



Brandenburgische
Technische Universität
Cottbus - Senftenberg

