

## **Kontrollraum-Arbeitsplätze in den Betriebszentralen der Schweizerischen Bundesbahnen**

Jürgen HELD

*Hochschule für Gestaltung Schwäbisch Gmünd  
Rektor-Klaus Str. 100, D-73525 Schwäbisch Gmünd*

**Kurzfassung:** Für den Neubau von Kontrollräumen zur Überwachung und Steuerung des Bahnverkehrs stellt sich die Frage der Gestaltung und bestmöglichen Anordnung der einzelnen Spezial-Arbeitsplätze. Hierfür ist Ergonomiewissen in Form eines internationalen Standards (ISO 11064) vorhanden und es bestehen Erkenntnisse und Wissenspotentiale in Form von vorgängigen und vergleichbaren Arbeitssystemen. Der vorliegende Beitrag zeigt auf, wie diese Wissensquellen im Neubau einer Betriebszentrale der Schweizerischen Bundesbahnen (SBB) für die Gestaltung des dort erforderlichen Kontrollraumes (Kommandoraum) genutzt wurden. Resultierend zeigte es sich als effektiv, die Beziehungen der Arbeitsplätze im Kommandoraum in Form eines bewerteten Graphen zu modellieren und zusätzlich jeweils als gegenständliches Modell in den Planungsschritten einzusetzen. Die für den Einsatz im Kommandoraum entwickelten Spezial-Arbeitsplätze ermöglichen das Arbeiten nach dem Sitz-/Stehkonzept. Besondere Vorteile in Ergonomie und Betriebsführung wurden erzielt, indem die Arbeitsplatzcomputer in ein anderes Geschoss ausgelagert wurden, und somit sämtliche Arbeitsplätze lediglich den Tisch, die Monitore und die Eingabegeräte beinhalten. Am Spezial-Arbeitsplatz müssen beim Blickwechsel zwischen den 8-10 Monitoren und zwischen Arbeitsplatz und Umgebung hohe Unterschiede in der Helligkeit von 1:30 bis 1:40 bewältigt werden. In der Untersuchung der Erkennräume zeigte sich ein Widerspruch zwischen den Anforderungen nach ISO 11064 und den Erfahrungswerten aus der Betriebspraxis.

**Schlüsselwörter:** Kontrollraum, Arbeitsplatzlayout, Spezial-Arbeitsplätze, Leuchtdichteverteilung, Erkennraummethode

### **1. Hintergrund und Fragestellung**

Kontrollräume dienen der Überwachung und Fernsteuerung von Prozessen. Sie sind in komplexen technischen Systemen erforderlich, beispielsweise in der Verfahrens- und Kraftwerkstechnik, in der Weltraumfahrt oder im Verkehrswesen. Typisch für Kontrollräume ist die Aufteilung in einzelne Teilsysteme und deren Zuordnung zu Kontrollraum-Arbeitsplätzen.

Im Bahnverkehr erfolgt eine solche Aufteilung anhand der Streckenführung in geographische Bereiche. Die Möglichkeiten der Fernsteuerung und Automatisierung im Bahnverkehr führten zu einer Zentralisierung. Dadurch sind Betriebszentralen zum Teil als Neubauten entstanden, deren Kontrollräume eine Raumstruktur mit hoher Anzahl von Spezial-Arbeitsplätzen bedeuten. Beispielsweise wird das gesamte Streckennetz der Schweizerischen Bundesbahnen (SBB) geographisch aufgeteilt

durch vier Betriebszentralen und deren Kontrollräume überwacht und gesteuert, in Deutschland sind es acht Betriebszentralen für das Netz der Deutschen Bahn.

Bei diesen Neubauprojekten stellt sich die Frage, wie Methoden und Fachwissen der Ergonomie in die Konzeption und Gestaltung der Räume und Arbeitsplätze eingebracht werden können. Der vorliegende Beitrag zeigt hierfür ein Beispiel des Kommandoraums (Kontrollraum) der Betriebszentrale Mitte der SBB dar.

### 1.1 Betriebszentrale Mitte

Die BZ Mitte in Olten stellt als Gebäude die grösste der vier Betriebszentralen der SBB dar. Die weiteren Betriebszentralen sind: BZ West in Lausanne, BZ Ost in Zürich und BZ Süd in Pollegio. Der Baubeginn der BZ Mitte war 2012 und die Inbetriebnahme erfolgte schrittweise in den Jahren 2014 bis 2016. Die Baukosten betragen 99 Mio. Schweizer Franken.



**Abbildung 1:** Betriebszentrale Mitte in Olten. Im Obergeschoss befindet sich der Kommandoraum.

Der Bereich der Überwachung und Fernsteuerung der BZ Mitte umfasst 190 Bahnhöfe, 750 km Streckennetz und ca. 3000 Signale und 2800 Weichen. Erforderlich sind hierfür ca. 350 Mitarbeitende. Im gleichen Bereich waren es vor der Automatisierung und Zentralisierung und bei einem damals um 15% kleinerem Streckennetz ca. 630 Mitarbeitende an 30 Standorten verteilt.

## 1.2 Kommandoraum der BZ Mitte

Der Kommandoraum befindet sich im obersten Geschoss der BZ. Er verfügt über eine Fläche von ca. 41 x 43 m, auf der über 100 Spezial-Arbeitsplätze installiert sind. Die BZ Mitte besitzt dadurch auch Reserve-Arbeitsplätze und kann Rückfallebenen bilden, um dadurch im Notfall die operativen und dispositiven Aufgaben von anderen Betriebszentralen übernehmen zu können.



**Abbildung 2:** Spezial-Arbeitsplätze im Kommandoraum der BZ Mitte.

## 2. Methode

Der Beitrag der Ergonomie erfolgte in einem Vorlauf zum Neubauprojekt, der schon sechs Jahre vor Baubeginn der BZ Mitte mit Arbeitssystemanalysen startete und durch die Mitarbeit in der Entwicklung der Anordnung der Spezial-Arbeitsplätze sowie Kontrollen nach Inbetriebnahme fortgesetzt wurde. Von diesen Nachkontrollen werden im vorliegenden Beitrag diejenigen zur Leuchtdichteverteilung an den Arbeitsplätzen und zum Erkennenraum der Monitoranzeigen besprochen.

### 2.1 Arbeitssystemanalysen

In den Jahren 2004 bis 2005 erfolgte eine Machbarkeitsstudie der SBB zur Gestaltung eines großen Kontrollraumes. Durchgeführt wurde die Studie von einer Expertengruppe der Architektur, Lichtplanung, Anzeigentechnik und Ergonomie.

Anforderungen der Ergonomie wurden auf Grundlage von Arbeitssystemanalysen erstellt. Hierfür wurden in zwei Betriebsleitzentralen und einem Zentralstellwerk Arbeitsplatzgeometrie, Arbeitsmittel, Umgebungsfaktoren, Arbeitsaufgaben und Benutzererfahrungen untersucht sowie in direkter Beobachtung von Arbeitsschichten Tätigkeiten aufgezeichnet und analysiert.

## *2.2 Arbeitsplatzlayout*

Die Region der BZ Mitte ist in sechs Sektoren unterteilt, zu deren Überwachung und Fernsteuerung insgesamt 63 Spezial-Arbeitsplätze erforderlich sind. Zur Entwicklung einer bestmöglichen Anordnung dieser Arbeitsplätze im Kontrollraum, wurden im Jahr 2009 im Rahmen des Vorprojektes zum Neubau der BZ Mitte aus der Betriebsführung bekannte Kommunikationsbeziehungen als ein Netzwerk in Bezug zur Topologie modelliert. Anhand eines gegenständlichen Modells und seiner Abstraktion als Computergraphik wurden systematisch Lösungsvarianten erzeugt. Diese wurden anhand von Erfahrungen aus dem Betrieb kleinerer Kommandoräume sowie durch Überprüfung mit weiteren Raumanforderungen in Teamarbeit mit den Planern und Beteiligten bewertet und hinsichtlich Optimum und Akzeptanz eine Lösung gebildet.

## *2.3 Spezial-Arbeitsplatz*

Der Spezial-Arbeitsplatz wurde ab 2006 über mehrere Jahre in iterativen Schritten der Erprobung und Optimierung entwickelt. Dies erfolgte in Zusammenarbeit zwischen der SBB und dem Mobiliarhersteller. Die Erprobung/Optimierung fand in der damaligen Betriebsleitzentrale in Lausanne statt.

## *2.4 Leuchtdichteverteilungen*

Es wurde nach Inbetriebnahme an unterschiedlichen Spezial-Arbeitsplätzen die Leuchtdichte orts aufgelöst durch Aufnahmen mit einer Leuchtdichte-Messkamera (LMK mobile, TechnoTeam GmbH) erfasst. Für die Anzeigeflächen der Monitore, für die Tischfläche und für den Umgebungsbereich wurden Mittelwerte der einzelnen Leuchtdichtewerte aus den jeweiligen Flächen und Bereichen gebildet.

## *2.5 Erkennraummethode*

Die Vorgehensweise der ISO 11064 wurde angewendet, um den Erkennraum für die Spezial-Arbeitsplätze mit ihren unterschiedlichen Monitoranzeigen zu ermitteln und zu bewerten. Dabei wurde von den im Betrieb verwendeten Zeichenhöhen und Monitoranordnungen ausgegangen und der Erkennraum daraus ermittelt und bewertet. In einer weiteren Untersuchung wurde umgekehrt von einem möglichst optimalen Erkennraum ausgegangen und Zeichenhöhen und Monitoranordnung daraus abgeleitet. Prinzip und Vorgehen dieser Erkennraummethode wird im Zusammenhang mit den Ergebnissen im Kapitel 3 erläutert.



### 3. Ergebnisse

#### 3.1 Arbeitssystemanalysen

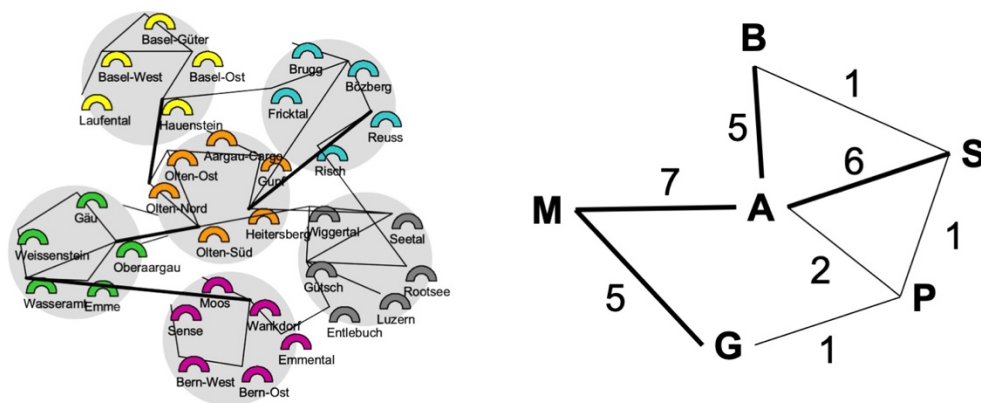
In der Machbarkeitsstudie zu neuen, grossen Kommandoräumen konnten zwei Betriebsleitzentralen und ein Zentralstellwerk untersucht werden. Aufgrund ihres unterschiedlichen Layouts (Aussenkreis/Outside-in und Innenkreis/Inside-out, Abb. 3) stellten die untersuchten Betriebsleitzentralen für das Neubauprojekt der BZ Mitte Erfahrungswerte dar, die in Summe Vorteile für die Anordnung der Arbeitsplätze in einem Innenkreis ergab. In den untersuchten Systemen variierte das Flächenangebot mit 15,7 bis 16,3 m<sup>2</sup> pro Arbeitsplatz. Als Planungsvorgabe wurde 15 m<sup>2</sup> gewählt.



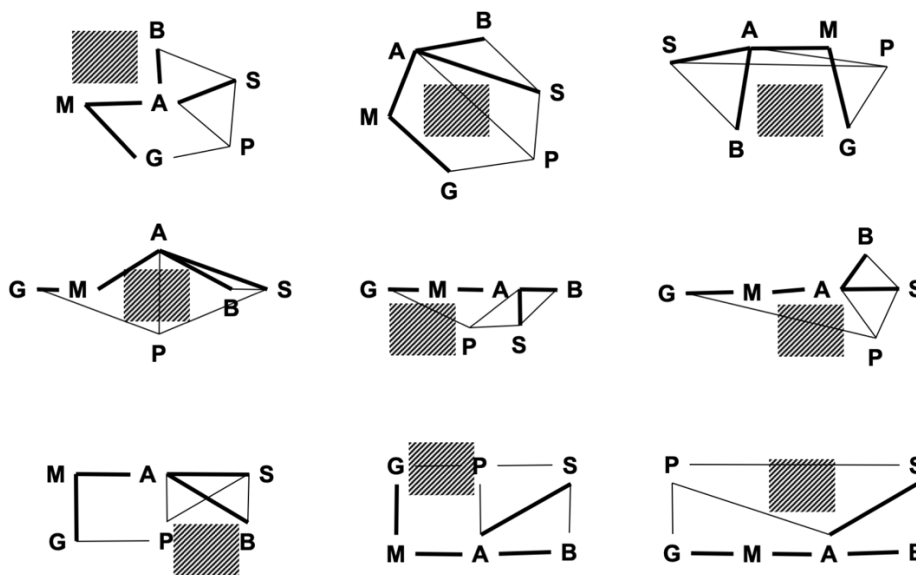
**Abbildung 3:** *Outside-in (A) und Inside-out Layout (B) in den untersuchten Vorläufer-Systemen.*

### 3.2 Arbeitsplatzlayout

Abb. 4 zeigt die Modellierung und Abb. 5 die Systematik der Suche von Varianten unter Berücksichtigung einer Besprechungszone für das Störfall-Management („Hot Zone“, schraffierte Bereiche in Abb. 5).



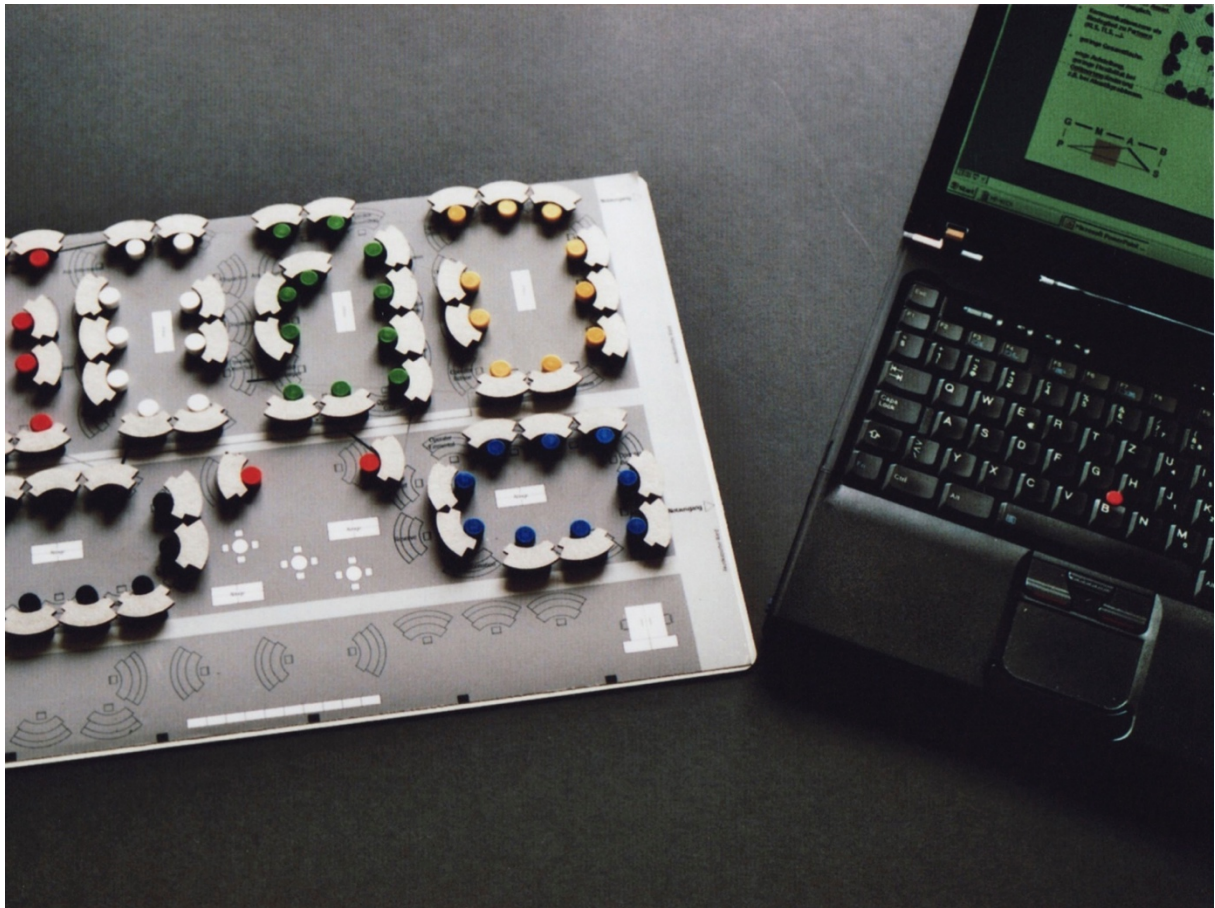
**Abbildung 4:** Modellierung als Graph mit Sektoren als Knotenpunkte und Beziehungen als Kanten.



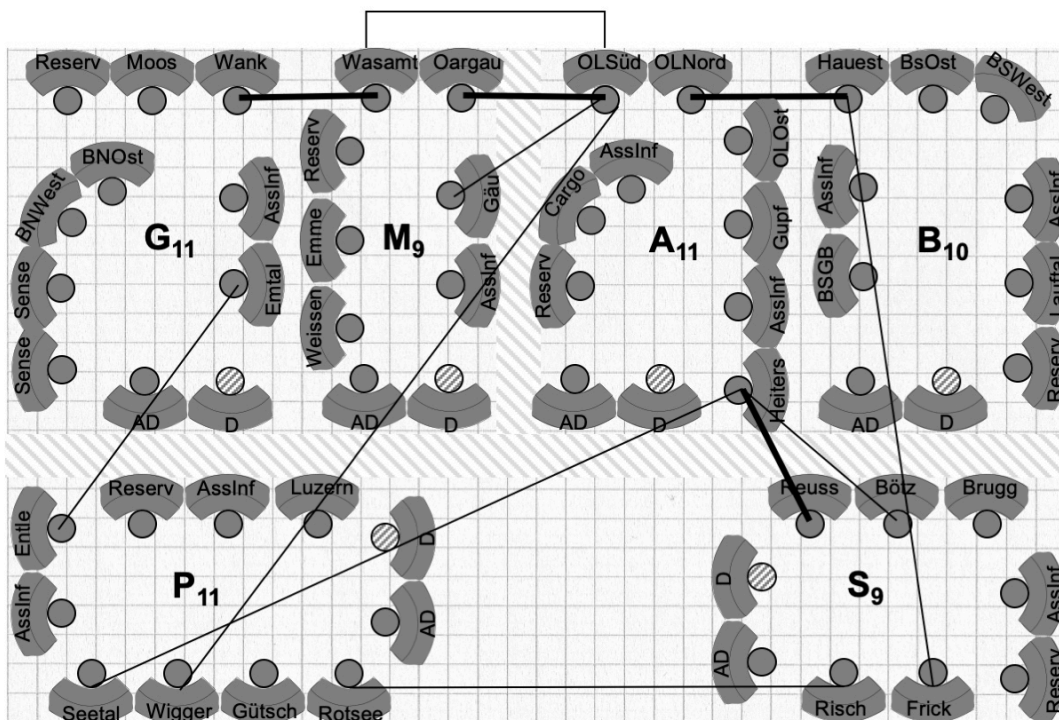
**Abbildung 5:** Lösungsvarianten einer Anordnung der sechs Sektoren. Schraffiert: „Hot Zone“.

Abb. 6 und 7 zeigen das für die Teamarbeit eingesetzte gegenständliche Modell (M 1:100) und eine Variante als Computergraphik. Als Ergebnis der Bewertungen und Teambesprechungen wurde die in Abb. 7 dargestellte Variante realisiert, wobei zwei Sektoren (Südbahn und Birs) in ihrer Lage gegeneinander getauscht wurden. Änderungen in der übrigen Geschossplanung ergaben zudem einen Flächengewinn, so dass die Inside-out Anordnungen der Sektoren einheitlich in ringförmigen Gruppen möglich wurde.





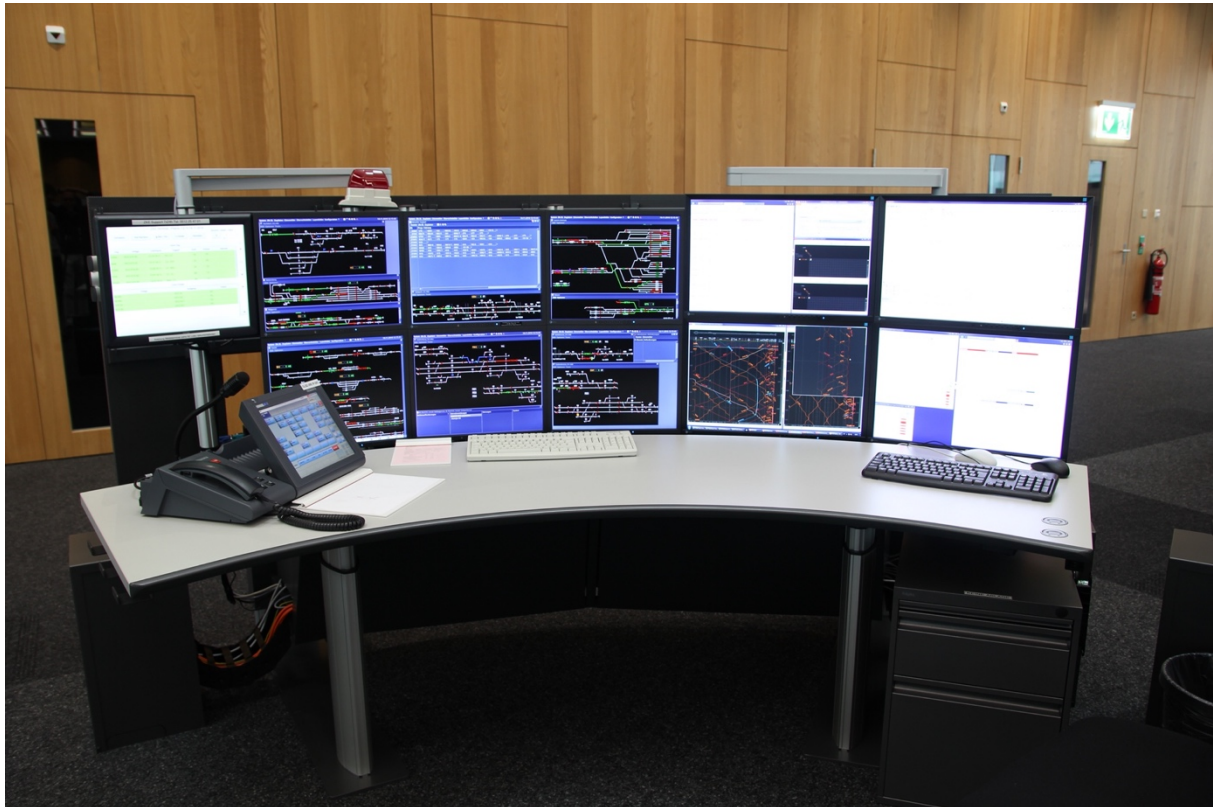
**Abbildung 6:** Gegenständliches Modell (links, M1:100) und sein Pendant als Computergraphik.



**Abbildung 7:** Computergraphik einer Variante. Sektoren nach Schienennetz/Topologie: G=Gurten, M=Mittelland, A=Aare, B=Birs, P=Pilatus, S=Südbahn.

### 3.3 Spezial-Arbeitsplatz

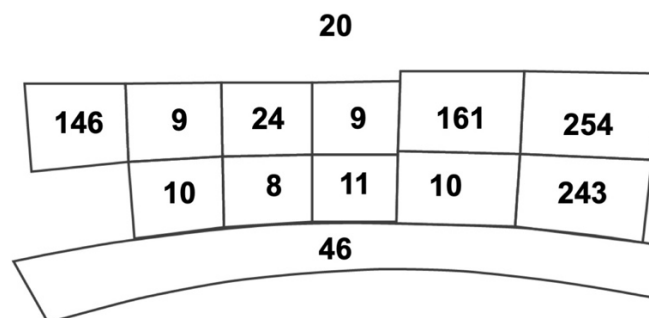
Die Tischplatte ist bogenförmig mit einem Radius von 150 cm und einer Tiefe der Tischplatte von 70 cm (Abb. 8). Die Höhenverstellung der Arbeitsfläche ermöglicht den Bereich von 63 bis 133 cm. Die Haltungsverrichtung für die Monitore ist getrennt davon in der Höhe verstellbar. Die 1-5 Computer pro Arbeitsplatz sind nicht in den Spezial-Arbeitsplätzen integriert, sondern in einem getrennten Raum ausgelagert.



**Abbildung 8:** Spezial-Arbeitsplatz der SBB für Kommandoräume.

### 3.4 Leuchtdichtevertellung

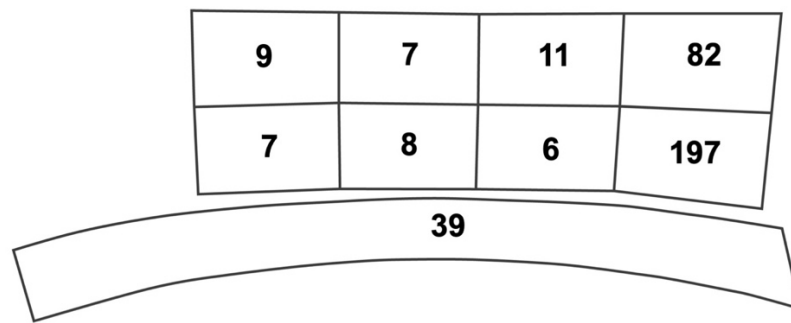
Abb. 9 und 10 zeigen die gemittelten Leuchtdichtewerte in  $\text{cd/m}^2$  für die einzelnen Anzeigenflächen, Tischfläche und den Umgebungsbereich an zwei unterschiedlichen Spezial-Arbeitsplätzen des Kommandoraums.



**Abbildung 9:** Leuchtdichteverhältnisse [ $\text{cd/m}^2$ ]. Arbeitsplatz eines Zugverkehrsleiters (vgl. Abb. 8).



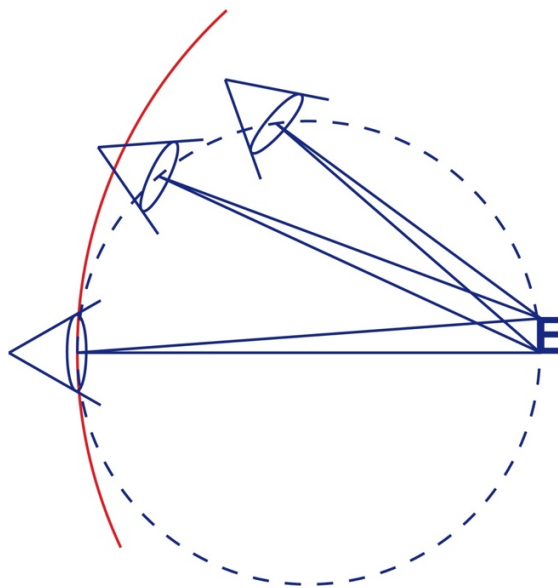
263



**Abbildung 10:** Leuchtdichteverhältnisse [ $\text{cd}/\text{m}^2$ ]. Gegenlicht-Situation am Platz eines Disponenten.

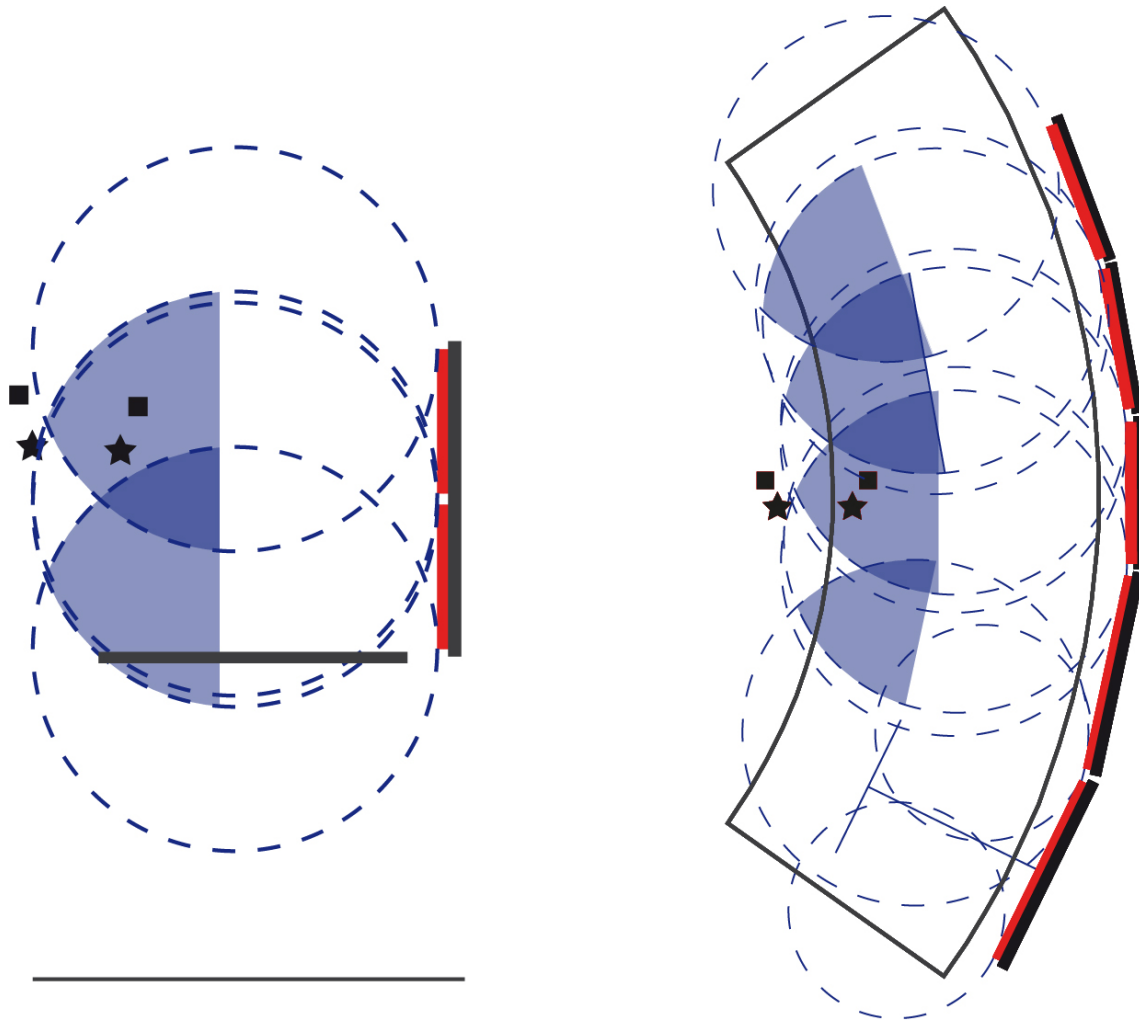
### 3.5 Erkennraummethode

Das Vorgehen des Standards (ISO 11064: 2014, Teil 4) beruht auf der Annahme eines Seh winkels von  $15'$  ( $15$  Bogenminuten =  $15/60^\circ$ ) mit der die Zeichen der Anzeigen zur sicheren Erkennung mindestens gesehen werden müssen. Dabei wird berücksichtigt, dass sich ausgehend von der orthogonal auf das Zeichen gerichteten Blicklinie, die betrachteten Zeichen je nach Perspektive in der wahrnehmbaren Grösse ändern (Abb. 11).

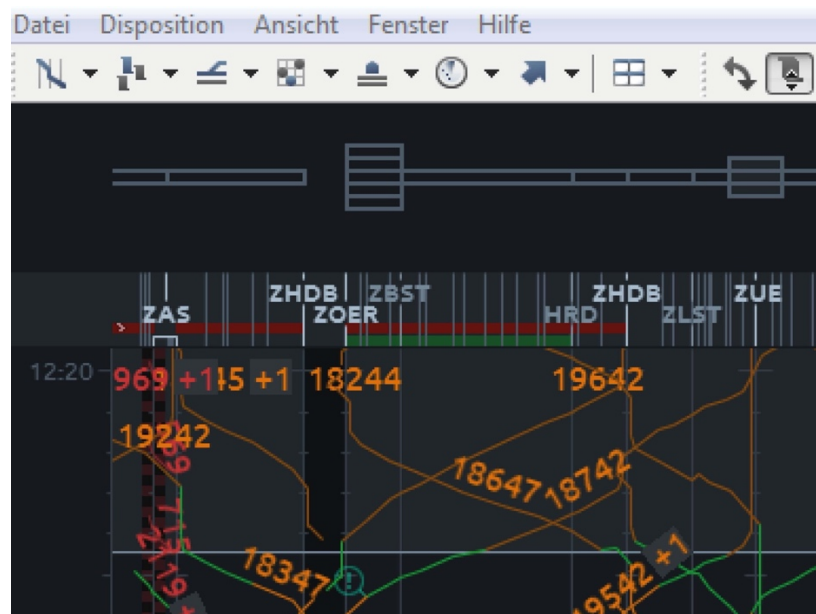


**Abbildung 11:** Kreis konstanter Sehwinkel. Durchgezogene Linie = konstante Blickdistanz.

Aufgrund des Nahpunktes oder der Grenze der Akkommodation wird der Distanzbereich 0-50 cm vom Erkennraum ausgeschlossen. Jeweils in einer Seiten- und Draufsicht des Arbeitsplatzes wird an den Grenzen/Rändern jeder Anzeigefläche über Kreisbahnen mit gleichem = konstanten Sehwinkel von  $15'$  die Schnittmenge als Erkennraum gebildet und mit der Lage der Augenpunkte unterschiedlich grosser Personen aus der Zielgruppe überprüft. Dabei wird von der Monitoranordnung des Arbeitsplatzes und der Zeichenhöhe der Anzeige ausgegangen und als Augenpunkte jeweils diejenigen einer vorderen (bent forward) und einer hinteren (relaxed) Sitzhaltung gewählt (Abb. 12 und 13).



**Abbildung 12:** Vertikaler (links) und horizontaler Erkennraum (rechts) bei Zeichenhöhe 4 mm und Augenhöhe über Tischfläche kleine Person = 46-48 cm, grosse Person = 57-58 cm.



**Abbildung 13:** Anzeigenbeispiel (Höhe der Zugnummern vom Benutzer einstellbar: 3, 3.5, 4 mm).

## **4. Diskussion**

### *4.1 Arbeitssystemanalysen*

Die durch Ergonomiestudien untersuchten Systeme der SBB waren sogenannte Betriebsleitzentralen mit Kommandoraum-ähnlichen Strukturen. Sie umfassten jedoch jeweils nur eine geringe Anzahl von 7-9 Arbeitsplätzen pro Raum. Dies steht im Vergleich zu den im Neubau der BZ Mitte realisierten 63 Arbeitsplätzen. In der Machbarkeitsstudie wurde daher auch ein vergleichbares System herangezogen (Bahnverkehrszentrale München). Allerdings konnte dies lediglich in Form einer Besichtigung ausgeführt werden. In einem Projektvorlauf in vergleichbaren Systemen nicht nur Begehungen oder Besichtigungen, sondern detaillierte Ergonomiestudien durchzuführen stellt eine bedeutende Unterstützung für ein Neubauvorhaben dar. Doch häufig findet hierfür seitens eines Auftraggebers keine Vorausplanung statt.

### *4.2 Arbeitsplatzlayout*

Im vorliegenden Beitrag konnte der Gestaltungsprozess nur im Prinzip aufgezeigt werden. Die Projekterfahrungen zeigten, dass in Entwicklung und Optimierung solcher Strukturen eine Vielzahl an Zielkonflikten und Änderungen auftreten können und sehr flexibel handhabbare Modelle erforderlich sind, die den Flächen- und Raumeindruck einfach und direkt wahrnehmbar machen, und gleichzeitig auch für den Einsatz in Besprechungen und Teamarbeit geeignet sind.

### *4.3 Spezial-Arbeitsplatz*

Ein auffälliges Merkmal ist das Fehlen der Arbeitsplatzcomputer, die von den Spezial-Arbeitsplätzen in einen eigenen Raum direkt im Geschoss unterhalb des Kommandoraums mit hohem Aufwand für die Kabelführung ausgelagert wurden. Die mehrjährigen Erfahrungen zeigen sowohl auf Seite der Nutzer der Arbeitsplätze, als auch auf Seite der Betriebsführung, dass dies Vorteile für Bewegungsfreiräume und Wartung, Zuverlässigkeit/Verfügbarkeit erzielt. Das realisierte Sitz-/Stehkonzept erfüllt den Stand der Technik mit einen um 2 cm tieferen und um 8 cm höheren Bereich als gefordert (DIN 527-1:2011).

### *4.4 Leuchtdichteverhältnisse*

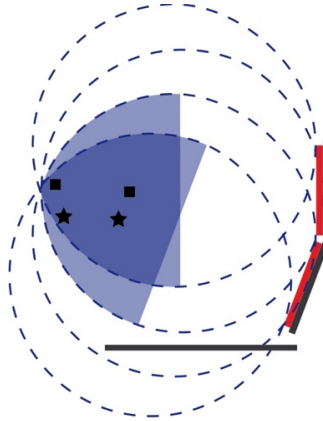
Die Ergebnisse zeigen sehr hohe Helligkeitsunterschiede bis ca. 1:30 aufgrund der Positiv-Negativ-Kontraste zwischen den Anzeigen der Monitore (vgl. Abb. 8) und bis ca. 1:40 aufgrund der Gegenlicht-Situationen durch die Fensterfronten. Entsprechend bestehen Einschränkungen bei den davon betroffenen Blickwechseln.

### *4.5 Erkennraummethode*

Das Ergebnis in Abb. 12 zeigt die Problematik auf, dass selbst bei einer Änderung der Sitz-/Monitorposition ein Erkennraum nach ISO 11064 am Spezial-Arbeitsplatz nicht erzielt werden kann. Ein Vergleich mit aktuellen Fluglotsen-Arbeitsplätzen zeigt ein ähnliches Ergebnis. In beiden Systemen sind aus dem mehrjährigen Betrieb keine Probleme der Zeichenerkennung bewusst oder explizit genannt geworden.



In umgekehrter Abfolge wie in Kapitel 3.5 dargestellt, kann von den Augenpunkten ausgegangen werden, um daraus eine Zeichenhöhe und Monitoranordnung zu bestimmen, die einen ausreichenden Erkennraum nach ISO 11064 bietet (Abb. 14). Doch schon mit dieser geringen Zeichenvergrößerung entstehen Überdeckungen. Ungelöst bleibt zudem der Erkennraum in der horizontalen Arbeitsebene.



**Abbildung 14:** Erkennraum bei 4.5 mm Zeichenhöhe und geneigter unterer Monitorzeile.  
Augenhöhen wie in Abb. 12.

## 5. Schlussfolgerungen

- Beiträge von Ergonomiewissen in Neubauvorhaben müssen notwendigerweise mit Ergonomiestudien in bestehenden und vergleichbaren Systemen verknüpft sein. Hierfür sind Vorleistungen erforderlich, die im Vorprojektschema der Gebäudeplanung zeitlich und finanziell oft nicht berücksichtigt werden.
- In der Entwicklung von Arbeitsplatz-Anordnungen in Kontrollräumen fördert der Einsatz eines gegenständlichen, flexiblen Modells und ein Wechselspiel mit digitalen Darstellungen die Teamarbeit und Akzeptanz in den Arbeitssitzungen.
- Arbeitsplätze mit einer hohen Anzahl an Monitoren sind als Sitz-/Stehkonzepte realisierbar und bieten durch Auslagerung der Arbeitsplatz-Computer grössere Bewegungs- und Arbeitsfreiräume sowie eine höhere Zuverlässigkeit.
- Offene, kommunikationsförderliche Gestaltung, Tageslicht und Sichtverbindung nach außen bedeuten zum Teil problematische Helligkeitsunterschiede.
- Die Erkennraummethode der ISO 11064 führte in zwei Anwendungsbeispielen zu Widersprüchen mit Praxiserfahrungen.

## 6. Literatur

DIN EN 527-1:2011 Büromöbel - Büro-Arbeitstische - Teil 1: Maße.  
ISO 11064:2014 Ergonomische Gestaltung von Leitzentralen.

**Freigabe:** Der vorliegende Beitrag erfolgte in Abstimmung und Einverständnis mit:  
SBB AG - Infrastruktur, Fahrplan und Betrieb.



Gesellschaft für  
Arbeitswissenschaft e.V.

## **Zeitbezug und Transformation – Ergonomie im Wandel des Fortschritts**

Herbstkonferenz der  
Gesellschaft für Arbeitswissenschaft

Ergonomie Kompetenz Netzwerk

23. und 24. September 2021

---

## **GfA-Press**

---

**Dokumentation der Herbstkonferenz der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V.  
vom 23. und 24. September 2021, Friedrichshafen**

**Ergonomie Kompetenz Netzwerk**

Herausgegeben von der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V.

Dortmund: GfA-Press, 2021

ISBN 978-3-936804-30-0

NE: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft: Konferenzband

Als Manuskript zusammengestellt. Dieser Konferenzband ist nur in der Geschäftsstelle erhältlich.

Alle Rechte vorbehalten.

© **GfA-Press, Sankt Augustin**

**Schriftleitung: Rolf Ellegast**

im Auftrag der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V.

Ohne ausdrückliche Genehmigung der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V. ist es nicht gestattet:

- den Konferenzband oder Teile daraus in irgendeiner Form (durch Fotokopie, Mikrofilm oder ein anderes Verfahren) zu vervielfältigen,

- den Konferenzband oder Teile daraus in Print- und/oder Nonprint-Medien (Webseiten, Blog, Social Media) zu verbreiten.

Die Verantwortung für die Inhalte der Beiträge tragen alleine die jeweiligen Verfasser; die GfA haftet nicht für die weitere Verwendung der darin enthaltenen Angaben.

**Screendesign und Umsetzung**

© 2021 fröse multimedia, Frank Fröse

[office@internetkundenservice.de](mailto:office@internetkundenservice.de) · [www.internetkundenservice.de](http://www.internetkundenservice.de)