

**Risikobetrachtung der  
individuellen Warnung unter  
Berücksichtigung der  
menschlichen Wahrnehmung**



Siegfried Radandt

# **Risikobeurteilung**

**Eine Risikobeurteilung bei Arbeiten im Gleisbereich ist obligatorisch und deren Ergebnis die Basis für Sicherungskonzepte.**

**Verantwortlich dafür sind die Arbeitgeber (Arbeitsschutzgesetz).**

**Kompetenz und Koordination und Kooperation sind dafür nötig.**

**Wahrnehmung von Warnsignalen ist nur ein Teil der möglichen Maßnahmen.**

**Das Warnsignal kann das Gefährdungsrisiko reduzieren, jedoch die Sicherheit insgesamt nicht gewährleisten.**

**Es wird sicheres Verhalten und Handeln erwartet!**

## **Was ist zu überlegen?**

**Kollektive Warnung oder Individuelle Warnung oder beides?**

**Verhaltensabhängigkeiten**

**Vorgaben durch EU-Rahmenrichtlinie**

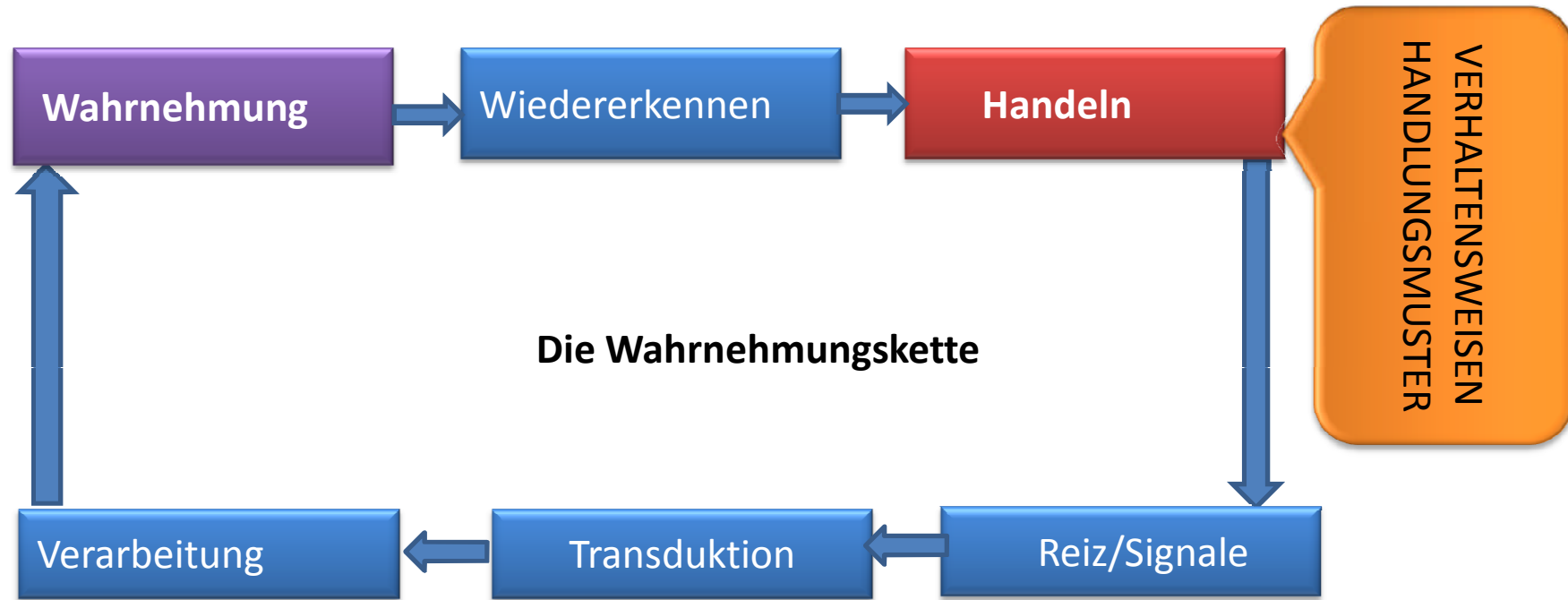
**Fragen der Redundanz**

**Fragen zur Aufmerksamkeit:**

**Hauptaufgabe, Nebenaufgabe, Zusatzaufgabe**

# Der Wahrnehmungsvorgang

Letztendliches Ergebnis der Wahrnehmung ist die Reaktion auf die Umwelt.



Die Wahrnehmung als auch ihre stete Adaption an sich ändernde Reizverhältnisse findet nicht durch Abbildung, sondern durch einen konstruktiven, kognitiven Verarbeitungsprozess statt.

# **Die ersten Schritte**

**Risikobewertung auf der Basis von  
Risikoanalysen**

Es werden Verhaltensweisen und Handlungsmuster entwickelt.

**Was wird bewertet??**

# Die Risikobeurteilung ist durchzuführen für:

## Ort der Tätigkeit, wie z.B.

- Arbeiten im gesperrten Gleis,
- Arbeiten im nicht gesperrten Arbeitsgleis,
- Gefährdung durch das Nachbargleis,
- Gefährdung durch unbeabsichtigtes Hineingeraten in einen Gleisbereich

## Die Art der Tätigkeit, wie z.B.

- eingesetzte Arbeitsmittel,
- Arbeitsbreiten der eingesetzten Maschinen,
- Räumzeit bei nicht gesperrtem Arbeitsgleis,
- gelegentliches, kurzzeitiges Betreten des Nachbargleises,
- Störschallpegel der eingesetzten Arbeitsmittel,
- Vor- und Nachlaufängen z.B. beim Ein- und Ausfädeln von Oberbaumaschinen,
- Vor- und Nacharbeiten.

# Die Risikobeurteilung ist durchzuführen für:

## Der Umfang der Tätigkeit, wie z.B.

- Dauer der Tätigkeit,
- Anzahl der Arbeitskräfte.

## Erfordernisse der Betriebsführung z.B.

- Anzahl der durchzuführenden Fahrten,
- Entfernung der Überleitverbindungen,
- Signaltechnische Streckenausrüstung,
- Geschwindigkeit der Fahrten

# Die Risikobeurteilung ist durchzuführen für:

## Die Örtlichkeit wie z.B.

- Fahrt am Beginn der Annäherungsstrecke erkennbar,
- Topographie,
- Tunnel,
- Sicherheitsraum vorhanden,
- Innengleis,
- Gleisabstand.

## Andere Einflüsse, wie z.B.

- Schutz vor Sperr- bzw. Rangierfahrten,



## Bei der Risikobeurteilung handelt es sich um die Analyse komplexer Arbeitssysteme

**Arbeitssystem:** Arbeitsinhalte, Arbeitsbedingungen, Zustände, Tätigkeiten, Handlungen



**Systemleistung:** Leistungsstruktur, Bedingungen, Anforderungen



**Leistung der bio-psycho-sozialen Einheit Mensch:** externe, interne Faktoren



**Belastung/Beanspruchung**



**Präventive Maßnahmen zur Optimierung und Gewährleistung der Leistung**



**Steuerung von Belastung/Beanspruchung**

**Wann kumulieren Stressoren innerhalb komplexer Belastungsstrukturen?**

**Wann potenzieren sie sich?**

**Wann kompensieren sie sich?**

# **Der Mensch als Systemkomponente**

**Der Mensch empfängt Informationen aus dem System, man erwartet, dass er daraufhin tätig wird.**

**Er ist somit eine Systemkomponente, die Eingaben aus dem System empfängt und Ergebnisse hervorbringt, die auf das System wirken.**

**Folgende psycho-physiologische Prozesse sind notwendig, um ein solches Verhalten zu ermöglichen:**

- Wahrnehmung oder Signalaufnahme durch Anregung von Gesichts-, Gehör-, Tast- und kognitiven Funktionen**
- Interpretation durch Anwendung theoretischer und praktischer Kenntnisse, die eine schnelle Bewertung beinhalten**
- Entscheidung mit Hilfe von psychologischen Prozessen unter Nutzung der Strategie der Rückkopplungsbewertung**
- Aktion durch psycho-motorische Funktionen (Tätigkeiten, Sprache)**

# **Die Rolle der Wahrnehmung**

## **Erklärungsmodelle zum Wahrnehmungsprozess**

**Es ist schwierig, den Wahrnehmungsprozess allgemeingültig zu beschreiben, da er von Mensch zu Mensch grundlegend verschieden sein kann.**

**Wahrnehmung ist das unbewusste und/oder bewusste Filtrieren und Zusammenführen von Teil-Informationen zu subjektiv sinnvollen Gesamteindrücken.**

**Diese werden auch Perzepte genannt und laufend mit den als innere Vorstellungswelt gespeicherten Konstrukten oder Schemata abgeglichen.**

**Inhalte und Qualitäten einer Wahrnehmung (Perzeption) können manchmal (aber nicht immer) durch gezielte Steuerung der Aufmerksamkeit und durch Wahrnehmungsstrategien verändert werden.**

**Der nächste Schritt ist die Bewusstwerdung des Perzepts (Kognition): Schall wird zum Ton oder Geräusch.**

# **Aufmerksamkeitsmuster sind Teil des prozessualen Gedächtnisses**

Prozessuale Gedächtnisinhalte werden im Alltagsgeschehen in der Regel nicht bewusst. Aufmerksamkeitsprozesse laufen somit weitgehend unbewusst ab. Wir können sie jedoch ins Bewusstsein holen, indem wir sie aufmerksam beobachten. Entsprechend obiger Unterscheidung habe wir es also mit zwei Formen des Unbewussten zu tun:

a) Wir sind uns bestimmter Gedächtnisinhalte nicht bewusst.

b) Wir sind uns unserer Aufmerksamkeitsmuster nicht bewusst.

Für die Aufmerksamkeit bedeutet dies, dass wir uns dieser Muster bewusst werden müssen, um sie willentlich steuern zu können.

## **Unaufmerksamkeitsblindheit:**

Man nimmt Dinge nur dann wahr, wenn man seine Aufmerksamkeit bewusst darauf richtet.

## **Die Fähigkeit, sich zu konzentrieren**

Wir nehmen gezielt das wahr, was unserer aktuellen Aufgabe, unserem Ziel oder unseren Bedürfnissen entspricht.

Ein Mensch beschäftigt sich mit dem, was ihm aktuell wichtig ist.

Dies kann zum Konflikt führen, weil die Konzentration auf die Arbeitsaufgabe ggf. von der Gefahrensituation ablenkt.

**Konzentration** ist die willentliche Fokussierung der Aufmerksamkeit auf eine bestimmte Tätigkeit, das Erreichen eines kurzfristig erreichbaren Ziels oder das Lösen einer gestellten Aufgabe.

Fokussierung bedeutet, dass für eine gewisse Zeit auf das momentan Ausgeübte oder Empfundene geachtet wird, je nach Aufgabe auch auf Kommendes.

Konzentration erfordert geistige Anstrengung und lässt mit der Zeit nach. Daher versteht man unter Konzentration das relativ lange andauernde Aufrechterhalten eines Aufmerksamkeitsniveaus.

**Aufmerksamkeit** ist die Zuweisung von (beschränkten) Bewusstseinsressourcen auf Bewusstseinsinhalte, beispielsweise auf Wahrnehmungen der Umwelt oder des eigenen Verhaltens und Handelns, sowie Gedanken und Gefühle. Als Maß für die Intensität und Dauer der Aufmerksamkeit gilt die Konzentration

## Die **Filtertheorie der Aufmerksamkeit**

Sie besagt, dass gleichzeitig dargebotene Inputs parallel bzw. simultan in einen sensorischen Speicher gelangen.

Jedoch kann nur ein Input auf der Basis seiner physikalischen Merkmale den so genannten selektiven Filter passieren.

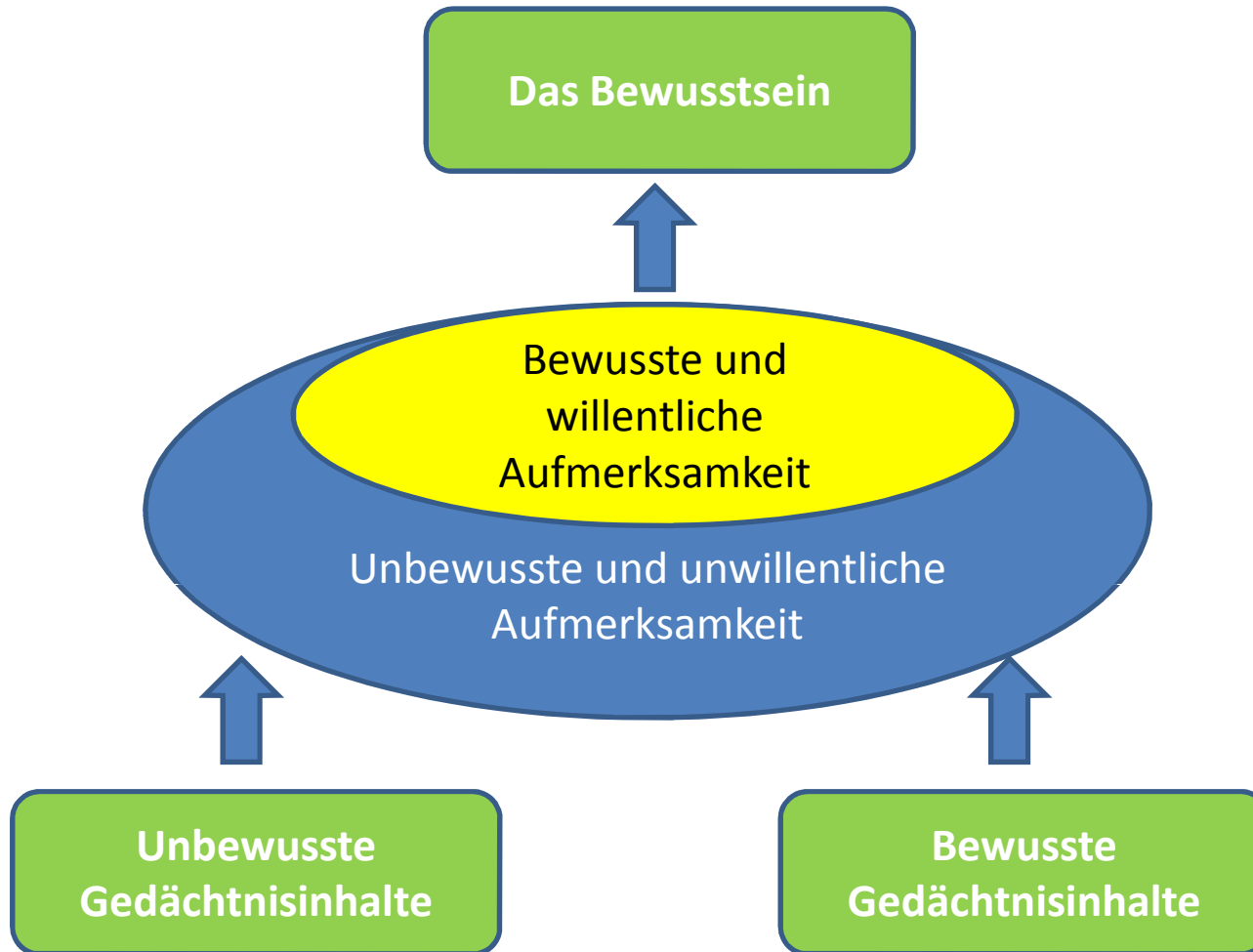
Weitere Inputs werden abgeblockt, verbleiben jedoch für Sekundenbruchteile im Speicher für eventuelle spätere Zugriffe.

Da es sich um ein strikt serielles Verarbeitungsmodell handelt, ist ein Filter nötig, um dieses vor Überlastungen zu schützen.

Aber nur Informationen, die diesen Filter zur weiteren Verarbeitung passiert haben, werden dem Menschen bewusst .

Alle anderen Informationen werden herausgefiltert.

Erst danach werden die Daten in wahrnehmbare Information verwandelt,



## Bewusste und unbewusste Aufmerksamkeit



# Die Aufmerksamkeit von unbewusst-unwillentlich bis bewusst-willentlich

	Bewusst		unbewusst
<b>Willentlich</b>	Man muss sich seiner Aufmerksamkeit bewusst sein, um sie willentlich steuern zu können.		Ist man sich der Aufmerksamkeit nicht bewusst, lässt sie sich auch nicht bewusst steuern.
<b>unwillentlich</b>	Bewusste Wahrnehmung der unwillentlichen und automatischen Aufmerksamkeit		Dies ist der Normalfall im Alltag

# **Die Wahrnehmung ist ein Prozess der**

- Aufnahme,
- Selektion,
- Verarbeitung und
- Reduktion von Informationen.

Information ist eine Nachricht, die in Form von Zeichen unterschiedlicher physikalischer Natur durch ein Signal übertragen wird.

# Analysatoren für die Informationsaufnahme

- Bei der Informationsaufnahme und- verarbeitung wirken stets mehrere Analysatoren und Speichersysteme im Gehirn zusammen.
  - **Optische Info:** Objekte, räumliche Entfernung, Bewegungen, Vorgänge.
  - **Akkustische Info:** Klänge, Töne, Rhythmus, Takt, verbale Info.
  - **Vestibulare Info:** Innere Info wie Gleichgewichtsempfinden, Richtungs- und Beschleunigungsänderung im Raum (Kopf) in Verbindung mit
  - **Kinestätischer Info:** Muskelempfindung für Stellung im Raum, Lage im Raum, Richtungen, Zug, Druck, Geschwindigkeit.
  - **Taktile Info:** Wärme, Kälte, Formen von Objekten (mit Händen und Füßen)

## Der Tastsinn

Unter physiologischen Gesichtspunkten ist der **Tastsinn** von der *Verarbeitung motorischer und sensorischer Informationen* und der *Verarbeitung sensorischer Informationen* abhängig. Er hat bei der Wahrnehmung **1.Priorität**.

Es werden die Begriffe *taktile Wahrnehmung* für das passive „berührt werden“ und *haptische Wahrnehmung* für das „aktive Erkennen“ verwendet.

### **Wir unterscheiden:**

**Tastrezeptoren** (Tastrezeptoren in der behaarten und unbehaarten Haut)

**Druckrezeptoren** (Druckrezeptoren (Merkel-Zellen) sind kleine Tastscheiben in der oberen Hautschicht)

**Berührungsrezeptoren** (In einem Berührungsrezeptor (Meissner-Körperchen) stehen die verzweigten Enden einer schnell leitenden Nervenfasern mit vielen Tastscheiben in Kontakt.)

**Hautdehnungsrezeptoren** (Hautdehnungsrezeptoren (Ruffini-Kolben) sind spindelförmige Körperchen, ähnlich den Sehnen-spindeln.)

**Vibrationsrezeptoren** (Vater-Pacini-Körperchen) bestehen aus einer lamellenartigen Struktur, die wie Schichten einer Zwiebel das Ende einer schnell leitenden Nervenfasern umhüllt. Vibrationsrezeptoren kommen in den tieferen Hautschichten und im Inneren unseres Körpers z.B. im Gewebe nahe der inneren Organe und der Sehnen vor. Vater-Pacini-Körperchen sind die empfindlichsten Tastrezeptoren. Sie reagieren vor allem auf Schwingungen im Bereich **von 100 bis 300 Hz, Frequenzen, die wir auch hören können**.

## Gleichgewichtssinn

Der **Gleichgewichtssinn** dient zur Feststellung der Körperhaltung und Orientierung im Raum.

Er ist zusammen mit dem Tastsinn die Wahrnehmungseigenschaft, die Priorität besitzt.

Der Gleichgewichtssinn setzt sich aus mehreren Einzelsinnen zusammen: der vestibularen Wahrnehmung, die die Richtung der Gravitation und von Beschleunigung bestimmt; der visuellen Wahrnehmung, die die Orientierung im Raum feststellt; dem Tastsinn und der Tiefensensibilität.

Gleichgewichtssinn und **Hörsinn** sind eng gekoppelt.

# Optische Wahrnehmung

Zusammen mit kinästhetischen Informationen zur räumlich-zeitlichen Organisation der Extremitäten zueinander, ist die optische Information eine wesentliche Komponente für konzeptionelle Bewegungsentwürfe

**Sie kann dazu führen, dass akustische Wahrnehmung falsch interpretiert wird** ( Ma-Fa Experiment).

Dem optischen Wahrnehmungssystem steht die größte zentralnervöse Informationskapazität zur Verfügung.

Optische Wahrnehmungsfunktionen ermöglichen großräumige Handlungen.

Erst mit der Integration der Vorerfahrungen aus anderen Sinnesbereichen gelingen jedoch optisch initiierte Groß-Raum-Handlungen.

Besonders Entfernungswahrnehmungen zum eigenen Standort sind von Fortbewegungserfahrungen und dem taktilen Umgang mit Handlungsobjekten abhängig.

# **Visuelle Eindrücke helfen bei Orientierung**

Mit Hilfe von Elektroenzephalogrammen und psychophysikalischen Experimenten wurde nachgewiesen, **dass sich akustische und visuelle Reize gegenseitig beeinflussen.**

Dem visuellen Reiz kommt dabei die Rolle zu, die möglichen Inhalte des Gesagten einzuengen.

# **Auditive Wahrnehmung**

oder *akustische Wahrnehmung*, auch *Gehörsinn*, *Gehör* oder *Hören*: Dient der Wahrnehmung von Schall.

Das zuständige Sinnesorgan ist in erster Linie das Ohr.

Sehr laute Schallereignisse können jedoch auch mit dem ganzen Körper, insbesondere durch den Tastsinn wahrgenommen werden.

Sehr niederfrequente Schallereignisse werden ebenfalls mit anderen Organen als dem Ohr wahrgenommen.



# **Auditive Wahrnehmung**

Die Leistungsfähigkeit des Gehörs liegt vor allem in einem hohen Zeit- und Frequenzauflösungsvermögen und einer hoch entwickelten Mustererkennung, insbesondere für Sprache.

**Im Gegensatz zum Auge hat das Ohr nicht die Möglichkeit mehrfach wahrzunehmen.**

Das akustische Signal ist ein schnelles singuläres Ereignis.

Akustische Elemente müssen z.B. voneinander unterschieden, aus anderen gleichzeitig stattfindenden Schallereignissen herausgefiltert, der entsprechenden Schallquelle zugeordnet und im Raum lokalisiert werden können.

Die Informationsverarbeitung wird in allen Bereichen von der Aufmerksamkeit beeinflusst, so dass diese Teilfunktion als Basis für alle anderen Funktionen gesehen werden kann.

Um Reize wahrnehmen und klassifizieren zu können, ist es außerdem notwendig, diese zu speichern und zu sequenzieren, um die verschiedenen Verarbeitungsschritte überhaupt durchführen zu können

# Wahrnehmungs-Grundgrößen

Das menschliche Gehör ist optimal an das Empfangen von akustischen Signalen aus der Umwelt angepasst.

Wesentliche Grundgrößen der Wahrnehmung sind daher die Umsetzung verschiedener Schallintensitäten

- in subjektiv empfundene **Lautheit**,
- **die Umsetzung** verschiedener Frequenzen
- in subjektiv empfundene **Tonhöhen**,
- **die Umsetzung** verschiedener Zeitdauern und Rhythmen in subjektiv empfundene **Zeitmuster**,
- **die Umsetzung von akustischen Signalen in** subjektiv empfundene **Klänge**,
- **und das Trennen verschiedener Klänge** (z. B. Nutzsignal vom störenden Hintergrundsignal).

# **Ton als Signal**

Ein Signal enthält im Allgemeinen eine Bedeutung und kann zur Übertragung einer Nachricht genutzt werden.

Es ist nur dann von Nutzen, wenn der Empfänger einen definierten Sinn darin erkennt, über einen geeigneten Sensor verfügt und den Informationsgehalt entsprechend auswerten kann.

**Eisenbahnsignale** sind optische, akustische oder elektronische Signale, die im Betrieb der Übermittlung von Informationen dienen.

Sie ermöglichen die Sicherung des bahnbetrieblichen Betriebsablaufs im weitesten Sinne.

# Filtereffekte

Die Sinnesorgane nehmen nur einen Teil der möglichen Reize auf. Zusätzlich wird jede Wahrnehmung zunächst im sensorischen Speicher auf ihren Nutzen untersucht.

Nur wenn sie relevant erscheint, gelangt sie ins Kurzzeitgedächtnis, wo sie weiterverarbeitet wird.

Bei der Weiterverarbeitung werden diese Informationen in kleinere Einheiten zerlegt, getrennt verarbeitet (verstärkt, abgeschwächt, bewertet) und in verschiedenen Gehirnarealen wieder zusammengeführt.

Es lassen sich verschiedene **kognitive Beurteilungsprogramme** unterscheiden

# Maskierung/Verdeckung

Störschall kann die Wahrnehmung eines akustischen Warnsignals behindern und muss deshalb beim Einsatz eines Warnsystems berücksichtigt werden.

Die Mithörschwelle gibt denjenigen Schalldruckpegel eines Testschalles (z.B. sinusförmiger Testton) an, den dieser haben muss, damit er neben dem Störschall gerade noch wahrgenommen wird.

Die Mithörschwelle liegt immer oberhalb der Ruhehörschwelle.

Es müssen Schallzeichen **eindeutig definiert** sein.

Es muss also z.B. geklärt sein, welches Schallzeichen das Warnsignal ist.

Die Beschäftigten müssen die Schallzeichen nicht nur wahrnehmen, sondern auch **erkennen und richtig interpretieren** können.

Deshalb sind entsprechende Unterweisungen und Probealarme entscheidend.

Eine **Verwechslung** des Warnsignals mit anderen Schallzeichen oder einem öffentlichen Notsignal muss **ausgeschlossen** sein.

Wichtig ist es zudem, dass jeweils in der Arbeitsstätte **Hörproben** stattfinden, ob alle Beschäftigten, die gewarnt werden sollen, das Warnsignal auch wirklich hören können.

# **Wenn Warnsysteme eingesetzt werden, dann müssen sie zuverlässig sein.**

## **Zuverlässigkeit (Technik) bedeutet:**

Das Merkmal Zuverlässigkeit ist allen technischen Produkten inhärent, das heißt, dass kein technisches Produkt frei von der Möglichkeit auszufallen ist.

### **Ziele des Zuverlässigkeitsmanagements**

Nachweis einer geringen Ausfallwahrscheinlichkeit des Produkts

Optimierung der Zuverlässigkeit, Verfügbarkeit, Instandhaltung und Sicherheit des Produkts über seinen gesamten Lebenszyklus.

Systemverbesserung durch Vergleich alternativer Systementwürfe mittels Zuverlässigkeitsbewertung

### **Zuverlässigkeitserhöhende Maßnahmen**

Einsatz betriebsbewährter und qualifizierter Komponenten

### **Einsatz redundanter und diversitärer Komponenten (Parallelsysteme)**

Maßnahmen der Fehlerselbsterkennung

Anwendung des Prinzips „Fail-Safe“

Prüfbarkeit der Komponenten und Systemkomplexe

Qualifizierung der Instandhaltung der Komponenten

Ergonomische Gestaltung der Bedienbarkeit der Komponenten

Auswertung des Erfahrungsrückflusses zur Verbesserung der Zuverlässigkeitsdatenbasis, die gleichermaßen Aufschluss über die Effektivität des Zuverlässigkeitsmanagements gibt.