
Sicherheitssysteme im Perronbereich

Projektphase 1

Schlussbericht

Juni 2010

vorgelegt von:

Prof. Dr. Katrin Fischer

Institut Mensch in komplexen Systemen

Hochschule für Angewandte Psychologie

Fachhochschule Nordwestschweiz FHNW

katrin.fischer@fhnw.ch

Eisenbahnunternehmen sind zu einer sicheren Durchführung des Bahnbetriebes verpflichtet. In der heutigen Zeit gestaltet sich diese Aufgabe jedoch aufgrund verschiedener Faktoren schwieriger. Steigende Geschwindigkeiten auf Bahnsteiggleisen bewirken eine stärkere Sogwirkung des durchfahrenden, die Zugfolgezeit verkürzt sich, wodurch die Anzahl der Zugfahrten steigt, die maximale Durchfahrtgeschwindigkeit beträgt heute in der Schweiz bereits 160 km/h. Weitere Risikofaktoren sind die steigende Anzahl durchfahrender Reise- und Güterzüge, die steigende Zahl haltender Reisezüge, die wachsende Anzahl der ein- und aussteigenden Reisenden und bauliche Herausforderungen des Perrons (z.B. sehr schmale Passagen neben den Rampen und Treppen).

Aus den genannten Gründen braucht es Sicherheitssysteme, die die Passagiere vor den Gefahren warnen und sie ggf. schützen. Massnahmen zur Warnung und Sicherung von Personen sind durch die Eisenbahnverordnung EBV vorgeschrieben. Als ergänzende Massnahme sieht die AB 34.4, Ziffer 6.1 unter gewissen Bedingungen den Einsatz von aktiven Personenwarnsystemen (PWS-P) vor und delegiert die Definition, wie diese zu konzipieren und einzusetzen sind, an das BAV. In der Richtlinie soll unter Anderem die Haltung des BAV zum Sicherheitsbeitrag von PWS-P klargestellt werden, damit die Bahnen eine gemeinsame Messlatte haben, wie weit sie die Massnahmen zur Sicherheit des Publikums im Perronbereich treiben müssen, um ihrer Verantwortung nach EBV Art. 10 und Art. 34, Abs. 4 gerecht zu werden.

Welchen Sicherheitsbeitrag also leisten aktive Personenwarnsysteme, aber auch andere Sicherheitssystem im Perronbereich? Welche *psychologische Aspekte* sind hier für die Gestaltung solcher System und den Einsatz auf Perrons relevant, und wie sind die bisherigen Systeme hinsichtlich ihrer psychologischen Implikationen und ihrer Eignung zu bewerten?

Diesen Fragen widmet sich der folgende Bericht, der unter Leitung von Prof. Dr. Katrin Fischer im Institut Mensch in komplexen Systemen an der Hochschule für Angewandte Psychologie APs der Fachhochschule Nordwestschweiz entstanden ist.

Mein grosser Dank gilt an dieser Stelle allen beteiligten Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern des Facharbeitsteams des BAV, insbesondere Herrn Christian Moy, Herrn Nicolas Keusen und Herrn Hanspeter Oprecht, sowie den Mitarbeitern der SBB Herrn Daniel Reichen, Herrn Denis Bansac, Herrn Hanspeter Schlatter, Herrn Rolf Delay und Herrn Franz Heiniger für die unterstützenden Diskussionen, die zur Verfügung gestellten Materialien und die Zeit, die sie für die Gespräche mit uns aufgewendet haben.

Danken möchte ich darüber hinaus Frau *cand. psych.* Andrea Leibold, die mich als Praktikantin bei der Erstellung des Berichtes sehr unterstützt hat.

INHALT

1	Projektauftrag	5
1.1	Allgemeine Zielsetzung	5
1.2	Spezielle Ziele.....	6
2	Methodisches Vorgehen	9
3	Psychologische Aspekte mit Relevanz für Sicherheitssysteme auf Perrons	11
3.1	Einführung.....	11
3.2	Die Wahrnehmung von Reizen	12
3.3	Das Erkennen von Reizen.....	14
3.4	Das Verstehen von Reizen	15
3.5	Die Motivation	15
3.6	Weitere psychologische Aspekte	17
3.6.1	Objektive und subjektive Sicherheit.....	17
3.6.1.1	Illusionäre Kontrolle	17
3.6.1.2	Unrealistischer Optimismus	18
3.6.2	Risikohomöostase.....	18
3.7	Spezifika verschiedener Personengruppen.....	19
3.7.1	Erwachsene Personen	19
3.7.2	Kinder	20
3.7.3	Jugendliche.....	20
3.7.4	Ältere Menschen	20
3.7.5	Personen unter Alkohol- oder Drogeneinfluss.....	21
3.8	Situative Besonderheiten.....	21
4	Gefahrensignalisation als Teil von Sicherheitssystemen	23
4.1	Begriffsbestimmung.....	23
4.1.1	Sicherheits- und Gesundheitskennzeichen	23
4.1.2	Gefahrensignale	24
4.1.3	Aktive und passive Signale	25
4.1.4	Relevante Verhaltensaspekte.....	26
4.2	Akustische Gefahrensignale.....	27
4.2.1	Schalldruckpegel.....	27
4.2.2	Frequenz.....	29
4.2.3	Zeitverlauf und Dauer.....	29
4.2.4	Dringlichkeit.....	30
4.2.5	Gestaltung von Sprachsignalen	31
4.2.6	Weitere Anforderungen und Gestaltungsmerkmale.....	34
4.2.7	Normen und Richtlinien	34
4.3	Optische Gefahrensignale.....	35
4.3.1	Leuchtdichte und Lichtfarbe.....	35
4.3.1.1	Leuchtdichte und Leuchtdichtekontrast	35
4.3.1.2	Lichtfarbe und Farbkontrast.....	37
4.3.1.3	Farbliche Kennzeichnung von Hindernissen und Gefahrenbereichen	39
4.3.2	Anordnung.....	40
4.3.3	Bildzeichen und Piktogramme.....	40
4.3.3.1	Gestaltung von Sicherheitszeichen	41
4.3.3.2	Zeichengrößen.....	42
4.3.3.3	Erkennungsweiten von Sicherheitszeichen und Schrifthöhen	43
4.3.4	Blinken.....	44

4.3.5	Normen und Richtlinien	45
4.4	Allgemeine Gestaltungsempfehlungen für akustische und optische Warn- und Sicherheitssignale	46
4.4.1	Kompatibilität zwischen Gefahrensignalisation, Situation und Handlungen	46
4.4.2	Akustische oder optische Signalisation?	49
4.4.3	Modalität und Dringlichkeit.....	50
4.4.4	Fazit	52
5	Bewertung ausgewählter Sicherheitssysteme bzgl. der psychologisch relevanten Aspekte	53
5.1	Auswahl der Sicherheitssysteme	53
5.2	Bewertungskriterien	54
5.2.1	Allgemeine Bewertungskriterien	54
5.2.2	Spezifische Bewertungskriterien	54
5.3	Beurteilung der Systeme.....	55
5.3.1	Visuell-taktile Sicherheitslinie	55
5.3.2	Warntafeln.....	58
5.3.3	Bodenmarkierungen.....	59
5.3.3.1	Rot-weiße Markierungen	60
5.3.3.2	Gelbe Markierungen.....	61
5.3.4	Lichtsignalisation	64
5.3.5	Akustische Warnsignale	65
5.3.5.1	Zyklische Signale	65
5.3.5.2	Zuggenaue Signale.....	66
5.3.6	Absperrungen	68
5.3.7	Personal auf dem Perron.....	69
5.3.8	Videoüberwachung	70
5.3.8.1	„Konventionelle“ Videoüberwachung	70
5.3.8.2	Digitale, „intelligente“ Videoüberwachung.....	71
5.3.9	Lichtgitter und Lichtschranken	73
5.3.10	Infrarotstrahler	75
5.3.11	Gleisplatten	76
5.4	Fazit.....	78
6	Risikoprofile einzelner Bahnhöfe aus psychologischer Sicht.....	83
6.1	Auswahl der Bahnhöfe.....	84
6.2	Bewertungskriterien	84
6.3	Darstellung der Risikoprofile.....	84
6.4	Konsequenzen für die Gestaltung der Sicherheitssysteme	88
6.5	Integration psychologischer Aspekte in ein Instrument zur Risikobewertung.....	90
7	Zusammenfassung und Ausblick.....	92
8	Literatur	94

1 Projektauftrag

Im Projekt „Überarbeitung AB-EBV 2010“ hat das BAV zum Thema Sicherheit im Perronbereich ein Facharbeitsteam (FAT) eingesetzt, das die Regeln für die Dimensionierung und Gestaltung der Perrons in den AB 34.4 festgelegt. Diese treten mit der AB-EBV per 01.07.2010 in Kraft.

Als ergänzende Massnahme sieht die AB 34.4, Ziffer 6.1 unter gewissen Bedingungen den Einsatz von aktiven Personenwarnsystemen (PWS-P) vor und delegiert die Definition, wie diese zu konzipieren und einzusetzen sind, an das BAV. Diese Definitionen sollen in Form einer Richtlinie des BAV „Richtlinie PWS-P“ spätestens per 01.07.2010 publiziert werden, mindestens in einer ersten, gegebenenfalls noch vorläufigen Version. In der Richtlinie soll unter Anderem die Haltung des BAV zum Sicherheitsbeitrag von PWS-P klargestellt werden, damit die Bahnen eine gemeinsame Messlatte haben, wie weit sie die Massnahmen zur Sicherheit des Publikums im Perronbereich treiben müssen, um ihrer Verantwortung nach EBV Art. 10 und Art. 34, Abs. 4 gerecht zu werden. Mit der Richtlinie soll erreicht werden, dass die Massnahme „Aktive Warnung vor Zugseinfahrt und –durchfahrt“ in der Schweiz möglichst einheitlich eingesetzt und in ihrer Erscheinung für das Publikum vereinheitlicht wird und damit lernbar ist.

Das Facharbeitsteam PWS-P ist verantwortlich für die Erarbeitung der Richtlinie, für die bereits ein Entwurf in Arbeit besteht. Da aber weder fachlich noch zeitlich genügend Ressourcen zur Verfügung stehen, um relevante Gesichtspunkte aus dem Gebiet der Ingenieur- und Sicherheitspsychologie vertieft zu bearbeiten, erhielt die Hochschule für Angewandte Psychologie (APs) der Fachhochschule Nordwestschweiz den Auftrag, diese Aspekte näher zu beleuchten.

1.1 Allgemeine Zielsetzung

Generelles Ziel des Dienstleistungsprojektes der APs ist es, die relevanten *psychologische Aspekte* der Gestaltung von Sicherheitssystemen auf Perrons zu identifizieren und verschiedene bereits existierende Sicherheitssysteme aus den Bereichen Bahn, Flugverkehr, Kraftwerke usw. hinsichtlich ihrer psychologischen Implikationen und Eignung zu bewerten. Folgende psychologischen Aspekte können hier bedeutsam sein:

Wahrnehmung:

- Eignung bestimmter Wahrnehmungskanäle (optisch, akustisch, taktil, multimodal...) zur Gefahrensignalisation
- Eignung bestimmter Signalparameter (Frequenz, Farbe, Tonhöhe, Lautstärke, statisch vs. dynamisch usw.) zur Gefahrensignalisation
- Salienz der Gefahrensignalisation, d.h.

- Diskriminierbarkeit von anderen akustischen Signalen (Durchsagen, Informationen über KIS usw.)
- Diskriminierbarkeit von anderen optischen Signalen (Markierungen, Wegeleitsysteme usw.)
- Interaktion mit anderen Parametern (z.B. bauliche Gegebenheiten auf dem Bahnhof, Beleuchtungsverhältnisse, Lärmpegel, Witterungsbedingungen usw.)
- mögliche Gewöhnungseffekte
- „Überinformation“
- Lärm- und Lichtverschmutzung

Verhalten:

- Wirkungen der Gefahrensignalisation auf das Verhalten (Lenkung der Passagiere, Erhöhung der Aufmerksamkeit, Sensibilisierung... → Welche Wirkungen sind angestrebt?)
- Wirkungen auf die Eigenverantwortung
- Risikohomöostase (negative Effekte der Warnsysteme)

Für Überlegungen hinsichtlich der Eignung einzelner Sicherheitssysteme scheint dabei eine Differenzierung bzgl.:

- bestimmter Personengruppen (Kinder, Schulklassen, Jugendliche, Sportfans usw.)
- bestimmter Zeiten (Rush Hour, Wochenenden, bei Anlässen usw.)
- bestimmter Bahnhöfe (mit hohem Passagieraufkommen, mit vielen Vorkommnissen o.a.)

sinnvoll zu sein.

Vor dem Hintergrund der vom BAV verfolgten Zielsetzung und der skizzierten psychologisch relevanten Aspekte werden für das Projekt der FHNW folgende spezielle Ziele definiert:

1.2 Spezielle Ziele

Die APs bietet die Erstellung einer Expertise zu folgenden Fragestellungen an:

1. **Selbstverantwortung des Individuums** mit folgenden Aspekten:
 - a. Wie kann der Benutzer befähigt werden, sich korrekt zu verhalten?
 - b. Inwieweit kann korrektes Verhalten des Benutzers vorausgesetzt werden? Inwieweit sollte einem voraussehbaren unkorrekten Verhalten entgegengewirkt werden?
 - c. Welches sind spezielle Situationen, in denen das Benutzerverhalten negativ beeinflusst wird (Gruppendynamik bei Grossanlässen, Schulklassen usw.)? Beachten die Benutzer in solchen Situationen akustische und optische Warnsignale überhaupt noch?
 - d. Inwieweit wird das Prinzip der Selbstverantwortung durch passive und aktive Warnungen unterhöhlt oder abgeschwächt? In welchem Mass wird bei Einsatz von Sicherheitssystemen der Gewöhnungseffekt das Situationsbewusstsein der Perronbenutzer abschwächen oder zunichte machen?

- e. Welche psychologisch relevanten Aspekte müssten ggf. in ein Risikobewertungsinstrument zur Bestimmung des quantitativen Risikomasses sowie des qualitativen Risikoprofils einzelner Bahnhöfe aufgenommen werden?

2. Gestaltungsaspekte für Sicherheitssysteme auf dem Perron mit folgenden Fragestellungen:

- a. Wie müssen technische Systeme (aktiv und passiv) zur Verbesserung der Sicherheit, d.h. zur Vermeidung von Unfällen gestaltet sein, um optimale Wirksamkeit zu entfalten?
- b. Anordnung (Platzierung der Warngabe, wie z.B. Augenhöhe, über Kopf, am Boden, Distanz zur Perronkante und Verteilung auf dem Perron z.B. Distanz zwischen den Warnelementen)
- c. akustische Warngabe (Tonemblem, Sprachausgabe, Verständlichkeit)
- d. optische Warngabe (Farbe, Leuchtstärke, Frequenz; Salienz)
- e. Kann der Nutzen von solchen Systemen vorausgesagt und wie kann er nach der Realisierung gemessen werden?
- f. Was gilt es zu beachten, damit das System insgesamt nicht kontraproduktiv wirkt oder andere Beteiligte ungebührlich beeinträchtigen (Informations-Überflutung, Lärm- und Lichtverschmutzung)?

3. Wahrgenommener Nutzen und Akzeptanz bereits bestehender Warnsysteme aus Sicht des Bahnpersonals sowie der Passagiere

- a. auf Bahnhöfen in der Schweiz
- b. auf ausgewählten Bahnhöfen in Österreich und Deutschland

Das dritte Ziel soll über eine empirische Untersuchung unter Nutzung von Beobachtungen, Befragungen und psychologischer Tests realisiert werden. Eine solche empirische Untersuchung ist sinnvoll, um Sicherheitssysteme nicht nur theoretisch zu betrachten und zu vergleichen, sondern auch Erfahrungen aus dem Praxisbetrieb in die Gestaltung der Richtlinie einfließen zu lassen. Hier können Vor- und Nachteile bereits existierender Systeme im realen Alltagsbetrieb ausgewertet und für die künftige Planung sinnvoll genutzt werden.

Dieses Ziel ist aber nicht Teil des Projektauftrages in dieser Phase, sondern soll ggf. in einer späteren Projektphase realisiert werden.

Nicht Gegenstand der Expertise sind darüber hinaus folgende Aspekte:

- behindertengerechte Gestaltung von Sicherheitssystemen im Sinne des BehiG¹ und des TSI-PRM²
- Ablenkung von Lokführern infolge optischer Warnanlagen bzw. Auswirkung des Einsatzes optischer Anlagen auf das Situationsbewusstsein der Lokführer
- Festlegung von Verfügbarkeits- resp. Sicherheitsanforderungen an ein PWS-P, d.h. Opti-

¹ Bundesgesetz vom 13. Dezember 2002 über die Beseitigung von Benachteiligungen von Menschen mit Behinderungen (Behindertengleichstellungsgesetz, BehiG)

² Technische Spezifikation für Interoperabilität, Anwendungsbereich: Teilsysteme „Infrastruktur“ und „Fahrzeuge“, Teilbereich: Zugänglichkeit für eingeschränkt mobile Personen

mierung zwischen Aufwand (Kosten, Betriebsbehinderung) und Nutzen (Erhöhung der individueller und kollektiver Sicherheit)

- juristische Fragestellungen (z.B. Inwiefern ist die Bahn haftbar, wenn etwas passiert und das PWS-P hat nicht funktioniert?)
- Abschätzungen zur technischen Realisierbarkeit und den Kosten für Sicherheitssysteme

2 Methodisches Vorgehen

Im Projekt „Sicherheitssysteme im Perronbereich“ wurde bzw. wird ein Vorgehen in zwei Phasen realisiert.

Phase 1 – Allgemeine Analyse

In Phase 1 sollen die Expertisen zu den speziellen Zielen 1 (Selbstverantwortung) und 2 (Gestaltungsaspekte) erstellt werden. Das methodische Vorgehen dazu umfasst:

- Dokumentenanalysen relevanter Vorarbeiten des BAV, der SBB und anderer Schweizer Verkehrsunternehmen
- Literaturreviews
 - aus dem Bereich Bahntechnik zu dort existierenden Sicherheitssystemen auf Perrons und deren Nutzen
 - aus anderen sicherheitsrelevanten Bereichen, wie Flughäfen, Kraftwerken, Schifffahrt usw., zu dort existierenden Sicherheitssystemen und deren Nutzen
 - aus der psychologischen Forschung zu relevanten Aspekten von Wahrnehmung, Aufmerksamkeit und Verhalten (insbesondere Literatur zu den Themen Wahrnehmung, Signalerkennung, Verhalten, Risiko, Gruppen, Unfallanalysen, Fussgängerströme)
 - aus relevanten ingenieurwissenschaftlichen Publikationen
 - aus einschlägigen Monographien, Zeitschriftenartikeln, Kongressbeiträgen, Dissertationen / Habilitationen, online Dokumenten
- Expertengespräche
 - Experten des BAV
 - Experten der SBB
 - Kunden der SBB
- Aufbereitung der relevanten psychologischen Erkenntnisse für die Gestaltung von Warnsystemen auf Perrons und Ableitung von Vorschlägen zur Auswahl geeigneter Sicherheitssysteme (real existierende oder hypothetische optimale)
- Analyse der Bahnhofsgegebenheiten ausgewählter Bahnhöfe in der Schweiz hinsichtlich des Risikoprofils (Wankdorf, Zürich Oerlikon, Visp u.a.)
- Analysen ausgewählter Sicherheitssysteme unter psychologischen Gesichtspunkten (siehe Punkt 2.a in Abschnitt 1.2)

Phase 2 – Detailanalyse

In Phase 2 sollen die empirischen Untersuchungen zu dem speziellen Ziel 3 (Nutzen und Akzeptanz bestehender Warnsysteme) realisiert werden. Das methodische Vorgehen dazu umfasst:

- Befragungen von Passagieren und Bahnpersonal auf ausgewählten Perrons in der Schweiz, in Österreich und Deutschland
- Analysen des „normalen“ Passagierverhaltens auf dem Perron unter bestimmten Bedingungen (z.B. in der Rush Hour, bei Pendlern, vor bzw. bei Einfahrt/Durchfahrt eines Zuges usw.) durch Beobachtungen und ggf. Auswertungen der Überwachungsvideos
- psychologische Tests zur Wahrnehmbarkeit von akustischen oder optischen Warnsignalen

Phase 2 soll die Erkenntnisse, die in Phase 1 gewonnen wurden, vertiefen und empirisch prüfen. Sie ist nicht Gegenstand des vorliegenden Berichtes, und die genauen Inhalte und Arbeitsschritte für Phase 2 werden erst nach Abschluss der Phase 1 definiert.

In der folgenden Übersicht sind die relevanten Arbeitsschritte mit den angestrebten Resultaten für die Projektphase 1 dargestellt.

Schritt	Aufgaben	Resultate
Phase 1: Allgemeine Analyse		
1.1	Dokumentenanalysen, Teilnahme an Sitzungen des Facharbeitsteams des BAV usw.: Analyse der vorhandenen relevanten Dokumente des BAV, der SBB und anderer Verkehrsunternehmen der Schweiz und des Auslands (BLS, DB, ÖBB...)	Aufbereitung der relevanten BAV-internen Daten sowie von Studien der SBB oder anderer Schweizer Verkehrsunternehmen zu bereits existierenden Sicherheitssystemen (aktiv und passiv) auf Perrons, zu baulichen Gegebenheiten auf den Perrons, zu relevanten Unfallstatistiken usw.
1.2	Literaturreviews und Auswahl von Sicherheitssystemen: Analyse von Sicherheitssystemen auf Perrons und deren Nutzen aus dem Bereich Bahn sowie aus anderen sicherheitsrelevanten Bereichen (Flughäfen, Kraftwerke usw.), aus der psychologischen Forschung zu relevanten Aspekten von Wahrnehmung, Aufmerksamkeit und Verhalten	Aufbereitung und Vergleich der existierenden Sicherheitssysteme aus dem Bereich Bahn sowie anderer sicherheitsrelevanter Bereiche Aufbereitung der relevanten psychologischen Erkenntnisse für die Gestaltung von Warnsystemen auf Perrons und Ableitung von Vorschlägen zur Auswahl geeigneter Sicherheitssysteme (real existierende oder hypothetische optimale)
1.3	Analyse der Bahnhofegegebenheiten ausgewählter Bahnhöfe in der Schweiz hinsichtlich des Risikoprofils (Wankdorf, Zürich Oerlikon, Visp u.a.)	Erstellung von Risikoprofilen ausgewählter Bahnhöfe in der Schweiz (Wankdorf, Zürich Oerlikon, Visp u.a.)
1.4	Analyse der Stärken und Schwächen ausgewählter Sicherheitssysteme auf Perrons bzgl. psychologisch relevanter Kriterien	Vergleich dieser in 1.2 ausgewählten Sicherheitssysteme bzgl. psychologischer Kriterien der Wahrnehmung und des Verhaltens und Diskussion ihrer Eignung für die entsprechenden Bahnhöfe mit Hinblick auf deren Risikoprofil
1.5	Auswertung und Integration der Ergebnisse	Zusammenfassung, Vergleich und Interpretation der aus der Literatur gewonnenen Daten sowie Interpretation und Implikationen der Analyse
1.6	Berichtlegung und Präsentation der Ergebnisse	Bericht zu Phase 1

3 Psychologische Aspekte mit Relevanz für Sicherheitssysteme auf Perrons

Damit Sicherheitssysteme auf Perrons wirksam werden können, müssen sie in der Regel von den Passagieren wahrgenommen werden (z.B. Markierungen, Warntafel, optische oder akustische Signale usw.), sie müssen als *Warn-Signale* bzw. *Sicherheits-Systeme* erkannt werden (und zum Beispiel unterschieden werden von Kundeninformation, Werbetafeln usw.), sie müssen in ihrer Botschaft und/oder Wirkungsweise richtig verstanden werden („Was soll ich tun? – Was sagt mir die Tafel?“), und sie müssen die Passagiere auch hinreichend dazu motivieren, sich sicherheitsgerecht zu verhalten.

Bereits in dieser kurzen Aufzählung wird deutlich, wie viel Psychologie hier beteiligt ist, oder anders gesagt, wie viele psychologische Aspekte eine Relevanz haben für die Wirksamkeit von Sicherheitssystemen. Diese psychologischen Aspekte betreffen Prozesse der menschlichen Wahrnehmung ebenso wie Verhaltensaspekte und sozialpsychologische Komponenten, wie Gruppenphänomene oder Risikoverhaltensweisen.

In Kapitel 3 werden einige der wichtigsten psychologischen Aspekte thematisiert und in ihren Implikationen für die Gestaltung und den Einsatz von Sicherheitssystemen diskutiert.

3.1 Einführung

Viele Sicherheitssysteme nutzen in ihrer Funktion bestimmte Arten von Signalen (optische Signale, wie Blinklichter oder Warntafeln, akustische Signale, wie Warntöne oder Lautsprecherdurchsagen usw.). Deshalb soll kurz der Begriff des „Signals“ eingeführt werden, wie er in der Wahrnehmungspsychologie benutzt wird.

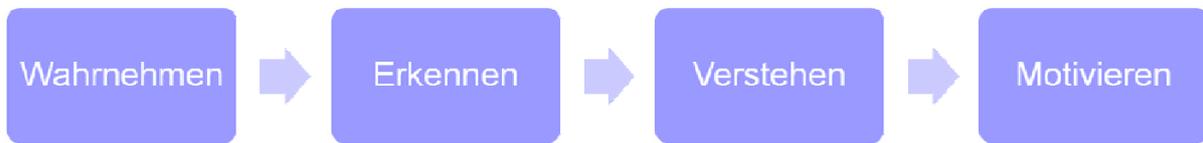
Signale sind (Vor-)Anzeigen für ein notwendiges spezifisches Handeln (Hacker, 1998). Reize werden zu Signalen, sofern sie bestimmte Verhaltens- oder Handlungsnotwendigkeiten anzeigen.

Damit ein Reiz zum Signal wird, sind mehrere kognitive Vorgänge notwendig:

- Es ist eine Zuwendung zum Reiz erforderlich.
 - Visuelle Signale benötigen eine spezifische räumliche Zuwendungsrichtung.
 - Akustische Signale brauchen keine spezifische räumliche Zuwendungsrichtung.
- Der Reiz muss salient³ genug sein.
- Der Reiz muss unterscheidbar sein von anderen Reizen.
- Der Reiz muss als Signal erkennbar sein.

³ Salienz bedeutet, dass ein Reiz aus seinem Kontext hervorgehoben und dadurch dem Bewusstsein zugänglich wird. Die Salienz eines Reizes bestimmt mit, worauf sich die menschliche Aufmerksamkeit richtet.

- Der Inhalt bzw. die Botschaft des Signals muss verständlich sein.
- Das Signal muss einen hinreichend grossen Aufforderungscharakter haben, um verhaltenswirksam zu werden.



Die Verhaltenswirksamkeit eines Signals hängt sowohl ab:

- von den physikalischen Eigenschaften des Signals selbst,
- von den physikalischen Eigenschaften der Umgebung als auch
- von den psychischen Eigenschaften der Person

3.2 Die Wahrnehmung von Reizen

Signalentdeckungstheorie (Green & Swets, 1966)

Um auf ein (Gefahren-)Signal reagieren zu können, muss es zunächst einmal wahrgenommen werden. In der Psychologie existiert eine inzwischen seit Jahrzehnten etablierte Theorie, die Signal-Entdeckungstheorie von Green und Swets (1966), die diese Wahrnehmungsprozesse abzubilden gestattet.

Der Grundgedanke der Signal-Entdeckungstheorie besteht darin, dass das Reagieren auf eine Umwelt-Information (z.B. ein Gefahrensignal auf dem Perron) zwei getrennte Schritte umfasst: Erstens führt die Umwelt-Information bei hinreichender Stärke zu physiologischen Veränderungen im Körper des Betroffenen. Zweitens muss die betroffene Person entscheiden, wie sie auf die veränderten Körper-Zustände reagiert. Am ersten Schritt sind vor allem physikalische Faktoren der Information und der physiologische Adaptations-Zustand der Person beteiligt, am zweiten Schritt vor allem Aufmerksamkeit, Motivation und Erwartung. Das heisst, ein Reiz muss nicht nur wahrgenommen werden, sondern es wird auch entschieden, ob man auf einen Reiz reagiert und wie dies geschieht.

Damit ein Gefahrensignal von der Umgebung überhaupt unterschieden und erkannt werden kann, muss eine Person eine gewisse Diskriminationsfähigkeit besitzen. Das heisst, sie muss eine gewisse Empfindsamkeit für das Signal besitzen. Diese Empfindsamkeit hängt nicht nur von den Sinnesorganen ab, sondern auch von der Einstellung der Person. Das heisst, ein Pendler, der jeden Tag mit dem Zug fährt und jeden Tag erfährt, dass Gefahrensignale erfolgen und keine wirklichen Gefahrenmomente vorhanden sind, wird die Gefahrensignale nicht mehr als so bedeutsam sehen und sie deshalb

auch weniger zur Kenntnis nehmen. Man könnte dies als eine Art „Gewöhnung“ an das Gefahrensignal sehen.

Zwei Aspekte führen entsprechend der Signalentdeckungstheorie zu einer guten Signalerkennung:

1. Das Signal ist stark, d.h. es ist dem Hintergrundrauschen möglichst unähnlich (d' in Abb. 1, d.h. der Abstand der Mittelwerte der beiden Verteilungen von Signal und Rauschen, ist relativ gross).
2. Die Sensitivität der wahrnehmenden Person ist möglichst hoch (auch kleine Unterschiede in den Reizen werden wahrgenommen).

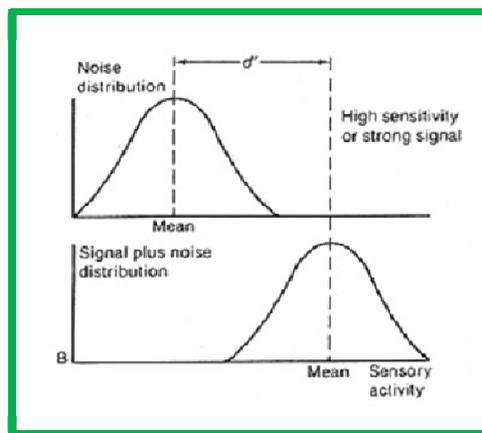


Abb. 1. Signal-Rauschen-Verhältnis für gute Bedingungen zur Signalentdeckung

Zwei Aspekte führen zu einer schlechten Signalerkennung:

1. Das Signal ist schwach, d.h. es ist dem Hintergrundrauschen sehr ähnlich (d' in Abb. 2 ist relativ klein).
2. Die Sensitivität der wahrnehmenden Person ist gering (auch grosse Unterschiede in den Reizen werden nicht wahrgenommen).

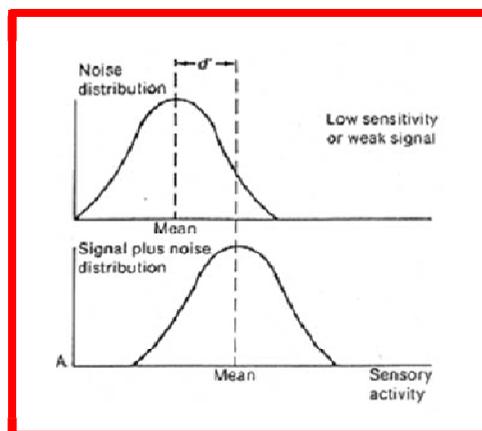


Abb. 2. Signal-Rauschen-Verhältnis für schlechte Bedingungen zur Signalentdeckung

Situation auf dem Perron:

- Das Signal ist häufig schwach, d.h. wenig salient (schlechte Tonqualität von Lautsprecherdurchsagen, Markierungen sind verdeckt oder verstellt...)
- Das Signal ist häufig schlecht diskriminierbar vom Hintergrundrauschen (viele Geräusche, viele andere Signale...)
- Die Sensitivität der Passagiere ist oft eingeschränkt (mangelnde Aufmerksamkeit, „Tunnelblick“, Routine usw.)

Die verschiedenen Sicherheitssysteme sind dabei unterschiedlich gut wahrnehmbar. Zwei Beispiele für ein schlecht und ein gut wahrnehmbares Sicherheitssystem (Abb. 3):



Abb. 3. Zwei Beispiele für ein schlecht und ein gut wahrnehmbares Sicherheitssystem

Bei den Sicherheitssystemen ist deshalb für eine gute Wahrnehmbarkeit auch unter eingeschränkten Wahrnehmungsbedingungen (sehr grosse oder sehr geringe Grundhelligkeit, hoher Störgeräuschpegel usw.) zu sorgen (siehe dazu Kapitel 4).

3.3 Das Erkennen von Reizen

Signale müssen als *Warn-* oder *Sicherheitssysteme* erkennbar sein:

- Der Passagier muss schnell und leicht erkennen können, dass es sich bei dem Signal um ein *Warn-* oder *Sicherheitssystem* und nicht zum Beispiel um eine reine Kundeninformation handelt.
- Das Erkennen des Signals als Warnsystem bedeutet auch das Erkennen der potenziellen Gefahr.
- Dies erzeugt eine andere Verhaltensbereitschaft als bei blosser Information.

Das Erkennen von Signalen als Warn- oder Sicherheitssignale lässt sich unterstützen, indem für ihre Gestaltung solche Elemente (Farben, Formen usw.) verwendet werden, die in der Lerngeschichte der Personen mit „Warnung“, „Gefahr“, „Vorsicht“, „Achtung“ usw. assoziiert wurden. Z.B. die Verwen-

dung der Verbotsfarbe „Rot“ oder der Warnfarbe „Gelb“ aktiviert eine andere, höhere Verhaltensbereitschaft bei Personen im europäischen Kulturkreis als die Farben „Grün“ oder „Blau“. Auf entsprechende Gestaltungsempfehlungen wird in Kapitel 4 hingewiesen.

3.4 Das Verstehen von Reizen

Die Botschaft des Signals muss eindeutig sein:

- Das Signal muss auf einfache Art und Weise die Gefahr und das korrekte sicherheitsrelevante Verhalten verdeutlichen.
- Das Verstehen von Signalen ist immer das Ergebnis eines Zuordnungs- und Bedeutungslernens (Osgood, 1971).
- Deshalb muss das Signal Elemente enthalten, für die ein Wissen um ihre Handlungsbedeutsamkeit bei den Passagieren vorhanden ist.

Sicherheitssysteme, die nicht eindeutig verständlich sind, d.h. entweder die potenzielle Gefahr nicht eindeutig kenntlich machen oder das erwünschte sicherheitsgerechte Verhalten nicht erkennen lassen, müssen entweder durch andere, eindeutigerere Systeme ergänzt oder ggf. durch diese ersetzt werden, oder aber ihre Funktion muss auf anderem Wege, z.B. durch flankierende Massnahmen (siehe Abschnitt 5.4) ausreichend kommuniziert und gelehrt werden. Insgesamt sind eindeutige, leicht verständliche Systeme, die keiner Schulung bedürfen, aber vorzuziehen.

3.5 Die Motivation

Das Signal muss einen hinreichend grossen Aufforderungscharakter haben, d.h. es muss die Passagiere ausreichend zum korrekten, sicherheitsgerechten Verhalten motivieren.

Der Aufforderungscharakter eines Signals ist dann gross, wenn dem Passagier Kosten und Nutzen des korrekten bzw. falschen Verhaltens angemessen vermittelt werden können:

	Korrektes Verhalten	Falsches Verhalten
Nutzen	Hoch (z.B. subjektiv wahrgenommene Sicherheit)	Gering (z.B. Bequemlichkeit)
Kosten	Gering (z.B. Aufwand)	Hoch (z.B. subjektiv wahrgenommene Gefahr)

Das Problem besteht aber häufig darin, dass die Sicherheitssysteme so gestaltet sind, dass zumindest die *wahrgenommenen* Kosten und der *wahrgenommene* Nutzen konträr zu den Sicherheitsintentionen sind:

	Korrektes Verhalten	Falsches Verhalten
Nutzen	Gering	Hoch
Kosten	Hoch	Gering

Ein Beispiel ist in Abb. 4 dargestellt, wo die Passagierströme auf einem Schweizer Perron dargestellt sind, die mindestens teilweise über die Sicherheitslinie hinaus in den Gefahrenbereich nahe der Peronkante hineingehen. Hier scheint der (vermeintliche) Zeitgewinn und Komfort durch das Ausweichen in den unsicheren Bereich (Nutzen) die antizipierten Kosten, nämlich die Risikoeinschätzung, zu überwiegen.

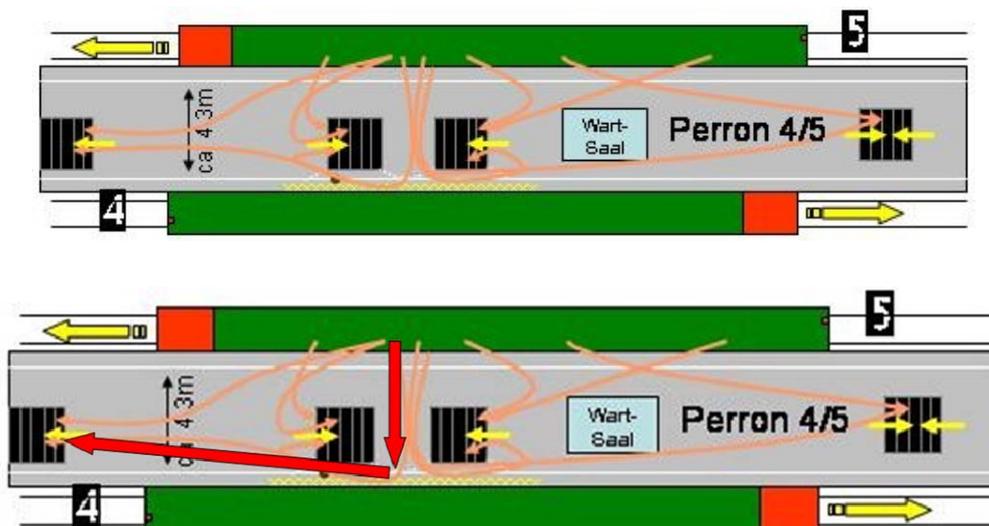


Abb. 4. Passagierströme, die in den Gefahrenbereich jenseits der weißen Sicherheitslinie hineinführen (markiert durch rote Pfeile)

Die Herausforderung bei Gestaltung und Einsatz solcher Systeme besteht nun darin, das intendierte Kosten-Nutzen-Verhältnis von sicherem resp. unsicherem Verhalten möglichst zu gewährleisten, d.h. die Passagiere hinreichend dazu zu motivieren, sich sicherheitsgerecht zu verhalten. Hier ist es möglich, mit Hilfe flankierender Massnahmen (siehe Abschnitt 5.4) die Gefahren (= Kosten unsicheren und Nutzen sicheren Verhaltens) den Passagieren deutlicher zu machen. Viele Passagiere sind sich der potenziellen Gefahren auf dem Perron nicht oder nur unzureichend bewusst (z.B. Sogwirkung eines mit hoher Geschwindigkeit vorbeifahrenden Zuges). Hier könnte eine Aufklärung im Sinne einer Erhöhung einer „risk awareness“ zur Motivierung der Passagiere sicher beitragen.

3.6 Weitere psychologische Aspekte

3.6.1 Objektive und subjektive Sicherheit

Objektive Sicherheit meint den Grad an Sicherheit, der durch die äusseren Bedingungen vorgegeben ist. Im Bahnverkehr sind das u.a. die Verkehrslage, der Zustand des Perrons, das Vorhandensein von Sicherheitssystemen, Wetter- und Lichtverhältnisse, aber auch die Wechselwirkungen zwischen Mensch, Fahrzeug und Perron.

Subjektive Sicherheit ist die wahrgenommene, erlebte, subjektiv eingeschätzte Sicherheit, die sowohl von situativen als auch personalen Faktoren beeinflusst werden kann.

Die subjektive Sicherheit resultiert aus der individuellen Bewertung der objektiven Sicherheit, wobei darüber hinaus hier Aspekte wie Selbstwahrnehmung und Selbstvertrauen, Attributionsstile⁴, Kontrollüberzeugungen usw. einfließen.

D.h. dass selbst bei objektiv gleicher Sicherheit sehr unterschiedliche „subjektive Sicherheiten“ resultieren können – mit den entsprechenden unterschiedlichen Verhaltensweisen. Senioren, die eher ein Gefühl der Unsicherheit erleben, insbesondere, wenn sie nicht sehr häufig den Zug benutzen, werden sich auf einem Perron möglicherweise sehr viel defensiver verhalten als Pendler, die täglich mit der Bahn fahren, oder als Jugendliche, die – insbesondere in Gruppen – ihre subjektive Sicherheit oft deutlich überschätzen (siehe dazu auch die folgenden Abschnitte zur illusionären Kontrolle und zum unrealistischen Optimismus).

Das impliziert auch, dass allein die Einführung eines bestimmten Sicherheitssystems nicht notwendigerweise bei allen Personen das gleiche Verhalten auslösen wird und somit auch nicht für alle Personengruppen das Sicherheitsniveau dadurch in gleicher Weise erhöht wird.

3.6.1.1 Illusionäre Kontrolle

Illusionäre Kontrolle (Langer & Roth, 1975): Menschen glauben oft, mehr Kontrolle über eine Situation zu haben, als es tatsächlich der Fall ist. Besonders in Situationen, die sie als bekannt ansehen oder in denen sie selbst aktiv werden können, tritt dieser Effekt auf.

Hier übersteigt die subjektive Sicherheit die objektive und die resultierende Sicherheit wird negativ: die eigene Sicherheit wird über- und die Gefahren bzw. Risiken werden unterschätzt. Besonders gefährdet sind im Perronbereich Kinder, Jugendliche und Pendler.

⁴ Attribution bezeichnet sowohl die Zuschreibung von Ursache und Wirkung von Handlungen und Vorgängen, als auch die daraus resultierenden Konsequenzen für das Erleben und Verhalten von Menschen.

3.6.1.2 Unrealistischer Optimismus

Unrealistischer Optimismus (Weinstein, 1989): Menschen halten die Wahrscheinlichkeit, selbst einen Schaden, einen Unfall o.ä. zu erleiden, für geringer als die Wahrscheinlichkeit der statistischen Vergleichsgruppe. Auch hier übersteigt die subjektive Sicherheit die objektive und die resultierende Sicherheit wird negativ.

Man findet diese Urteilsverzerrung bei Berufsgruppen, z.B. bei Busfahrern oder Chemiearbeitern, wie auch bei Laien, z.B. Autofahrern. Besonders gefährdet sind im Perronbereich wiederum Jugendliche und Pendler.

- In einer Feldstudie mit Taxifahrern konnte nachgewiesen werden, dass die Fahrer mit ABS (Antiblockiersystem) kürzere zeitliche Abstände zum Vordermann einhielten als Fahrer ohne ABS (Aschenbrenner, Biehl & Wurm, 1992).
- Hoedemaeker und Brookhuis (1998) konnten zeigen, dass Fahrer mit ACC (adaptive cruise control) häufiger die linke Fahrspur benutzten als Fahrer ohne ACC. Bei schnellen Fahrern nahm die Geschwindigkeit bei Fahrten mit ACC weiter zu. ACC halten automatisch den Abstand zum davor fahrenden Wagen konstant (Abstandstempomat).
- Stanton und Pinto (2000) überprüften die Auswirkungen eines Vision Enhancement Systems (VES) im Fahrsimulator unter Berücksichtigung des Geschwindigkeitsverhaltens und der Anzahl der Überholvorgänge. Die Geschwindigkeit mit VES war hierbei sowohl in einer simulierten Nachtfahrt als auch bei Nebel signifikant höher als ohne VES. Eine Infrarotkamera an der Front des Fahrzeugs überträgt die Bilder zum Fahrer, wo sie mit dem realen Bild überlagert werden und sich so eine bessere Sicht ergibt.
- Färber und Färber (2004) fanden Hinweise auf Adaptionsprozesse in ihren Fahrversuchen mit Informations- und Assistenzsystemen, die sie folgendermassen zusammenfassen: Die Fahrer „nutzen also, grob gesprochen, die Entlastung, die durch Informationsmanagement oder Unterstützungssysteme geboten werden, für eine Veränderung ihres Verhaltens.“

3.6.2 Risikohomöostase

Ein Modell zur Abbildung individueller Risikobeurteilungen und zur individuellen Risikoregulation ist das Modell der Risikohomöostase von Wilde (1986).

Risikohomöostase (Wilde, 1986): Jeder Mensch besitzt ein individuelles Mass an Risikobereitschaft (= akzeptiertes Risiko). Wird durch Sicherheitsmassnahmen das Risiko vermindert, kommt es zu einer Diskrepanz zwischen subjektivem und akzeptiertem Risiko. Um diese Diskrepanz zu aufzuheben, passt der Mensch sich an und verhält sich risikoreicher. Die Höhe der persönlichen Risikobereitschaft bleibt dabei unverändert.

Ohne eine gleichzeitige Herabsetzung des akzeptierten Risikos wird die Einführung einer Sicherheitsmassnahme durch riskanteres Verhalten kompensiert. Die Unfallwahrscheinlichkeit bleibt also gleich.

3.7 Spezifika verschiedener Personengruppen

Wie bereits angedeutet unterscheiden sich verschiedene Personengruppen (und damit die verschiedenen Nutzergruppen des öffentlichen Verkehrs) hinsichtlich ihres Niveaus der subjektiven Sicherheit und Risikowahrnehmung. Sie unterscheiden sich darüber hinaus in einer Vielzahl anderer psychophysischer Aspekte, die für ihre Sicherheit auf dem Perron relevant sind.

So zeigen ältere Menschen oft Einschränkungen der optischen oder akustischen Wahrnehmung, erwachsene Pendler zeigen eingeschränkte Aufmerksamkeit auf dem Perron oder sind abgelenkt, Kinder haben eine noch unzureichende Fähigkeit der Gefahrenabschätzung und Menschen, die unter dem Einfluss von Alkohol oder Drogen stehen, sind in ihrer gesamten Psychomotorik oft beeinträchtigt. Daraus resultieren unterschiedliche Gefährdungen, die durch Sicherheitssysteme möglichst aufgefangen werden sollen. In den folgenden Abschnitten sind die wichtigsten Nutzergruppen des öffentlichen Personenverkehrs mit für sie typischen Gefährdungen dargestellt.

3.7.1 Erwachsene Personen

Gruppe	Gefahren	Auswirkungen
Erwachsene: <ul style="list-style-type: none"> - alleine - Kleingruppen - grössere organisierte Gruppen - Pendler 	<ul style="list-style-type: none"> - sind abgelenkt: lesen, telefonieren, hören Musik - sind in Eile, rennen etwas nach (Kind, Hund, Gegenstand) - sind mit Koffern oder Kinderwagen unterwegs - versperren Durchgänge - schwatzen, verabschieden sich - drängeln 	<ul style="list-style-type: none"> - Unaufmerksamkeit für optische und akustische Warnsignale - Übersehen von Gefahrenbereichen - Unterschätzen von Gefahren (Pendler)

3.7.2 Kinder

Gruppe	Gefahren	Auswirkungen
Kinder: <ul style="list-style-type: none"> - alleine - in Begleitung Erwachsener - kleinere Gruppen - Schulklassen 	<ul style="list-style-type: none"> - spielen Fangen, spielen Ball - rennen - sind abgelenkt: hören Musik, telefonieren - benutzen Inlineskates, Kickboards... - sitzen, klettern: Bahnsteigkante, Geländer... - bewegen sich rasch 	<ul style="list-style-type: none"> - Unaufmerksamkeit für optische und akustische Warnsignale und gegenüber Zurechtweisungen durch Erwachsene (vertieft ins Spiel) - können sich leicht auffangen, wenn sie stolpern (ausser sehr kleine Kinder) - Verlust der Selbstkontrolle bei grossen Gruppen / Schulklassen - Mutproben in Gruppen

3.7.3 Jugendliche

Gruppe	Gefahren	Auswirkungen
Jugendliche: <ul style="list-style-type: none"> - alleine - kleinere Gruppen - Schulklassen - Vereine o.ä. 	<ul style="list-style-type: none"> - sind abgelenkt: hören Musik, telefonieren - benutzen Inlineskates, Kickboards... - sitzen, klettern: Bahnsteigkante, Geländer... - provozieren (v.a. unter Alkohol) 	<ul style="list-style-type: none"> - Unaufmerksamkeit für optische und akustische Warnsignale - Reaktanz gegenüber Warnsystemen - Verlust der Selbstkontrolle bei grossen Gruppen / Schulklassen - Mutproben in Gruppen <p>Jugendliche verhalten sich allein eher wie Erwachsene und in Gruppen eher wie Kinder</p>

3.7.4 Ältere Menschen

Gruppe	Gefahren	Auswirkungen
Ältere Menschen: <ul style="list-style-type: none"> - alleine - Kleingruppen 	<ul style="list-style-type: none"> - ähnlich wie bei den jüngeren Erwachsenen - sind häufig längere Zeit auf dem Perron - häufig eingeschränkte Wahrnehmungs- und motorische Fähigkeiten - Angst, nicht rechtzeitig in den haltenden Zug einsteigen zu können - drängeln 	<ul style="list-style-type: none"> - potenziell längere Aufenthaltsdauer im Gefahrenbereich - zu nahes Stehen am Gefahrenbereich - langsamere Reaktionen auf äussere Signale - grössere Sturzgefahr <p>Aber: Ältere Menschen sind im Allgemeinen vorsichtiger</p>

Die hier genannten Faktoren der eingeschränkte Wahrnehmungs- und motorische Fähigkeiten sind auch relevant für sinnesbeeinträchtigte oder mobilitätseingeschränkte Personen im Sinne des BehiG und des TSI-PRM. Wann immer es also darum geht, die Forderungen des BehiG und des TSI-PRM durchzusetzen, wird man in aller Regel auch den Bedürfnissen älterer Menschen entgegenkommen, was bei der zu erwartenden demographischen Entwicklung auch in der Schweiz ein nicht unbedeutender Aspekt ist.

3.7.5 Personen unter Alkohol- oder Drogeneinfluss

Gruppe	Gefahren	Auswirkungen
Personen unter Alkohol- oder Drogeneinfluss	<ul style="list-style-type: none"> - häufig eingeschränkte Wahrnehmungs- und motorische Fähigkeiten - keine Standsicherheit - eingeschränkter Realitätsbezug - torkeln, sitzen, liegen auf dem Perron - Provokationen, Streitereien - eingeschränkte Urteilsfähigkeit, Allmachtsgefühle - sind häufig nachts unterwegs (Wahrnehmung ist im Dunkeln sowieso schon erschwert) 	<ul style="list-style-type: none"> - Unaufmerksamkeit - Unzugänglichkeit für Warnsignale - zu nahes Stehen am Gefahrenbereich - langsamere Reaktionen auf äussere Signale - grössere Sturzgefahr - mehr Risikoverhalten, weil keine Selbstkontrolle

Die Konsequenz dieser unterschiedlichen Gefährdungen sowie der Unterschiede in Risikowahrnehmung und –verhalten muss demzufolge darin bestehen, dass Sicherheitssysteme bzgl. ihrer spezifischen Eignung für die verschiedenen Personengruppen getestet werden. Ein Sicherheitssystem, das für Erwachsene, ältere Menschen und Betrunkene sehr funktional ist (z.B. Absperrungen), kann für Kinder oder Jugendliche zum Risiko werden, weil es sicherheitsgefährdendes Verhalten erst auslöst (z.B. Herumklettern). In den Boden eingelassene Blinklichter können Erwachsene warnen, werden aber von Betrunkenen übersehen und kleine Kinder werden neugierig und laufen hin, um diese Blinklichter zu untersuchen. Deshalb wird in Kapitel 5 die Beurteilung der Sicherheitssysteme auch immer im Hinblick auf die verschiedenen Personengruppen vorgenommen.

3.8 Situative Besonderheiten

Des Weiteren gibt es natürlich auf Perrons erschwerende situative Gegebenheiten, wie Umweltbedingungen und Umgebungseinflüsse, die ihrerseits Auswirkungen auf die Sicherheit der Passagiere haben (können). Diese sind in nachfolgender Tabelle kurz zusammengefasst (Tab. 1). Und auch hier gilt die Forderung, dass Sicherheitssysteme auch trotz widriger Umwelteinflüsse, schlechter Sichtbedingungen, Lärms usw. fail-safe funktionieren, d.h. die negativen Auswirkungen kompensieren und zuverlässig wirksam sein müssen.

Tab. 1. Situative Gegebenheiten und Umwelteinflüsse mit Auswirkungen auf die Sicherheit

Umwelt	Gefahren	Auswirkungen	Gestaltungsmassnahmen	Bemerkungen
Nebel	<ul style="list-style-type: none"> - Nebel schränkt Sichtweite ein - Reduziert die Sicht auf nahende Züge; bei durchfahrenden Zügen kommt es evtl. zu Verwechslungen mit einem haltenden Zug 	<ul style="list-style-type: none"> - Sich nähernde Züge werden schlechter gesehen und gehört 	<ul style="list-style-type: none"> - Gute Ausleuchtung des Perrons während der Betriebszeit - Auffällige Markierungen und Warnschilder - Absperrungen - Lautsprecherdurchsagen 	Regionale Unterschiede berücksichtigen (z.B. bekannte Nebelzonen). Kombination mit Dunkelheit und Schneetreiben verschlechtert die Situation.
Nacht	<ul style="list-style-type: none"> - Gefahrenbereich wird nicht erkannt - Sich nähernder Zug wird nicht erkannt oder nicht bemerkt, dass es sich um eine Zugsdurchfahrt handelt 	<ul style="list-style-type: none"> - Optische Warnungen werden schlechter wahrgenommen - Verschärfung in Kombination mit Regen, Nebel, Schneefall, Wind 	<ul style="list-style-type: none"> - s. Nebel 	Spezielles Gewicht auf Sichtbarkeit bei Dunkelheit legen
Regen	<ul style="list-style-type: none"> - Wahrnehmungseinschränkungen wie bei Nebel, zusätzlich allerdings Geräusche durch Regen, Sichtbehinderung durch Regenschutz, Schirm 	<ul style="list-style-type: none"> - Regenschutz, der das Sichtfeld einschränkt - Regenschirm als Angriffspunkt für aerodynamische Einwirkungen 	<ul style="list-style-type: none"> - s. Nebel - Schutzdächer, geschützter Aufenthaltsbereich 	
Schnee und Eis	<ul style="list-style-type: none"> - Zudecken von Hinweisschildern und Markierungen - Vereiste Gehfläche, Rutschgefahr 	<ul style="list-style-type: none"> - Gefahrensignale werden nicht gesehen 	<ul style="list-style-type: none"> - Absperrungen - Schneeräumen, Einsatz von Salz und Kies - Lautsprecherdurchsagen 	
Wind, Sturm, Kälte	<ul style="list-style-type: none"> - Eingeschränkte Wahrnehmung (schlechter hören, sich von Wind abdrehen/im Windschatten stehen) 	<ul style="list-style-type: none"> - Beeinflusst die aerodynamische Wirkung 	<ul style="list-style-type: none"> - Schutzdächer, geschützter Aufenthaltsbereich - Auffällige Markierungen - Absperrungen 	
Lärm, z.B.: Bremsenquietschen, Baustellen, Strassenlärm, Flugzeuge	<ul style="list-style-type: none"> - Lärm übertönt Geräusch des nahenden Zuges, akustischer Warnungen oder der Lautsprecherdurchsage 	<ul style="list-style-type: none"> - Akustische Warnungen werden schlechter wahrgenommen 	<ul style="list-style-type: none"> - Alle auffälligen optischen Massnahmen inklusive Absperrungen 	Lärmquellen sind teils ortsspezifisch und je nach Art temporär begrenzt.

4 Gefahrensignalisation als Teil von Sicherheitssystemen

Sicherheitssysteme dienen dem Schutz von Personen und der Abwendung aktueller oder potenzieller Gefahren. Um dieser Funktion Rechnung zu tragen, ist in der Regel die Signalisation der (potenziellen) Gefahr ein wichtiger Teil der Systeme. Aus diesem Grund widmet sich Kapitel 4 einigen Gestaltungsaspekten optischer und akustischer Gefahrensignale, die häufig Teil von (auch auf Perrons häufig eingesetzten) Sicherheitssystemen sind (z.B. Warntöne, Warnleuchten, Bildtafeln usw.).

4.1 Begriffsbestimmung

Für die Gefahrensignalisation finden sich in der Literatur verschiedene Begriffe und Konzepte, von denen die wichtigsten nachfolgend kurz definiert werden sollen (BGV A8, Sicherheits- und Gesundheitsschutzkennzeichnung am Arbeitsplatz, 2002):

4.1.1 Sicherheits- und Gesundheitskennzeichen

Sicherheitszeichen:

- ist ein Zeichen, das durch Kombination von geometrischer Form und Farbe sowie Bildzeichen eine bestimmte Sicherheits- und Gesundheitsschutzaussage ermöglicht

Verbotszeichen:

- ist ein Sicherheitszeichen, das ein Verhalten, durch das eine Gefahr entstehen kann, untersagt

Warnzeichen:

- ist ein Sicherheitszeichen, das vor einem Risiko oder einer Gefahr warnt

Gebotszeichen:

- ist ein Sicherheitszeichen, das ein bestimmtes Verhalten vorschreibt

Leuchtzeichen:

- ist ein Zeichen, das von einer Einrichtung mit durchsichtiger oder durchscheinender Oberfläche erzeugt wird, die von hinten erleuchtet wird und dadurch als Leuchtfläche erscheint oder selbst leuchtet

Schallzeichen:

- ist ein kodierte akustisches Signal ohne Verwendung einer menschlichen oder synthetischen Stimme

Sprechzeichen:

- sind Signale zur Verständigung mit festgelegten Worten unter Verwendung einer menschlichen oder synthetischen Stimme

Sicherheits- und Gesundheitsschutzkennzeichen sind immer so zu gestalten, dass:

- sie jederzeit deutlich erkennbar sind und nicht übersehen werden
- sie die Aufmerksamkeit auf sich lenken
- sie mit anderen Zeichen nicht verwechselt werden können
- der Sachverhalt eindeutig und leicht verständlich ist

Eine Anhäufung von Sicherheitszeichen ist zu vermeiden. Ist eine Kennzeichnung nicht mehr notwendig, ist das Sicherheitszeichen unverzüglich zu entfernen.

4.1.2 Gefahrensignale

Neben den Sicherheits- und Gesundheitsschutzkennzeichen unterscheidet man bei Vorliegen einer mindestens potenziellen Gefahr zusätzlich noch Gefahren-, Warn- und Notsignale (Malter & Guski, 2001, S. 11f). Gefahrensignale entsprechen dem Dringlichkeitsgrad und den möglichen Auswirkungen der Gefahr auf die Person.

Gefahrensignal:

- sind optische oder akustische Signale, die den Beginn und das Ende einer Gefahrenlage anzeigen
- sie sind unterteilbar in Warn- und Notsignale

Warnsignal:

- weist auf die Möglichkeit oder das tatsächliche Vorhandensein einer Gefahrenlage hin und fordert die Empfänger auf, geeignete Massnahmen zu ergreifen

Notsignal:

- fordert die Empfänger auf, den Gefahrenbereich in einer der Situation angemessenen Weise zu verlassen, sei es bei Beginn oder bei einem tatsächlichen Vorhandensein eines Notzustandes oder einer Schädigungsmöglichkeit (DIN 33404, Teil 1, 1977)
- ein solches Signal muss Vorrang vor allen anderen Signalen haben

Auch und besonders Gefahrensignale (Warnsignale, Notsignale) müssen:

- eindeutig sein
- deutlich von anderen Signalen und voneinander unterscheidbar sein
- über die Grösse der potentiellen Gefahr und deren Dringlichkeit informieren
- die Fähigkeiten des Rezipienten berücksichtigen (Berücksichtigung beeinträchtigter Personen entsprechend des BehiG)
- bzgl. ihrer Kodierung konsistent und widerspruchsfrei sein (vgl. DIN EN ISO 9241-12)
- eine schnelle Erkennung von Gefahrensignalen unter den zu erwartenden Umgebungsbedingungen ermöglichen
- eine falsche Signalgebung begrenzen oder ausschliessen

Aus psychologischer Sicht wichtig zu beachten (Malter & Guski, 2001, S. 23):

- eine Berücksichtigung der Folgen, die bei Ausfall des Signals eintreten können
- die Panikwirkung von Gefahrensignalen
- die Anfangsintensität des Signals, die nicht zu hoch sein sollte, um einen Schock beim Empfänger zu vermeiden

Tab. 2. Unterschiedliche Arten von Gefahrensignalen (aus: Forschungsbericht Fb 1074 „Maschinennormung und Ergonomie“, Anhang 9, Anforderungskatalog 4 „Anforderungen an (Maschinen-) Elemente zur Informationsaufnahme“, 2006, Tab. 1, S. 1)

Art des Gefahrensignals	Erforderliche Reaktion
Akustisches oder optisches Notsignal	Dringliche Rettungs- oder Schutzmassnahmen
Akustisches oder optisches Notsignal für Räumung	Sofortiges Verlassen des Gefahrenbereichs
Akustisches oder optisches Warnsignal	Vorbeugende oder vorbereitende Handlungen

4.1.3 Aktive und passive Signale

Aktive Signale:

- müssen zur Verfügung gestellt werden, um klar erkennbare Gefährdungen anzuzeigen und um Personen herbeizurufen, um einen bestimmten Ablauf von Handlungen vorzunehmen

Passive Signale:

- müssen zur Verfügung gestellt werden, um vor ständigen Risiken zu warnen und um Informationen zu geben, z. B. NOT-AUS Schalter (DIN EN 61310-1/ VDE 0113-1 Sicherheit von Maschinen - Anzeigen, Kennzeichen und Bedienen - Teil 1: Anforderungen an sichtbare, hörbare und tastbare Signale, 1996)

In Tabelle 3 sind einige Beispiele für aktive und passive Signale zusammengestellt.

Tab. 3. Beispiel für Signale nach DIN EN 61310-1/ VDE 0113-1 (aus: Forschungsbericht Fb 1074 „Maschinennormung und Ergonomie“, Anhang 9, Anforderungskatalog 4 „Anforderungen an (Maschinen-) Elemente zur Informationsaufnahme“, 2006, Tab. 8, S. 20)

Signal	Sichtbar	Hörbar	Tastbar
Aktiv	EIN / Aus oder Wechsel von - Farbe - Helligkeit - Kontrast - Sättigung Blinken Änderung der Lage	EIN / Aus Oder Wechsel von - Frequenz - Intensität (Schalldruckpegel) Tonart	Vibration Änderung der Lage Klicken/Einschnappen Raste (erhabene Sperrposition)
Passiv	Sicherheitszeichen Zusatzzeichen Kennzeichnung Form, Farbe	Ruhe	Form Oberflächenrauheit Relief Relative Lage

4.1.4 Relevante Verhaltensaspekte

Folgende Verhaltensaspekte sind bei einer Gefahrensignalisation zu beachten:

- Warnsignale ziehen Aufmerksamkeit auf sich, lenken aber gleichzeitig von Ereignissen ab.
- Die Betroffenen passen ihre Reaktionsbereitschaft auf Warnsignale der Häufigkeit an, mit der sie falsche Alarmer und inadäquate Warnungen erlebt haben (Konditionierung⁵).
- Die Reaktionsgeschwindigkeit wird erhöht, wenn die Warnsignale multimodal übermittelt werden.
- Die Wahrnehmung eines Signals garantiert nicht, dass es auch in der gewünschten Weise interpretiert wird. Im Extremfall können falsch gewählte Gefahrensignale zu Irritationen und unerwünschten Reaktionen führen.
- **Das Signal muss deshalb**
 - **erkennbar und eindeutig interpretierbar sein**
 - **eindeutig der Gefahrensituation zuordenbar sein**
 - **eindeutig mit einer erwünschten Handlung verknüpft sein**

⁵ Unter **Konditionierung** versteht man in der behavioristischen Lernpsychologie das Erlernen von Reiz-Reaktions-Mustern (Stimulus-Response). Erlebt der Betroffene, dass häufig auf ein Warnsignal keine Gefahrensituation eintritt („false alarm“), oder dass Gefahrensituationen eintreten, ohne dass vorher gewarnt wurde („missing“), verlernt der Betroffene die Kopplung aus Warnung und sicherheitsgerechtem Verhalten wieder und die Reaktionsbereitschaft auf Signale sinkt.

4.2 Akustische Gefahrensignale

Für die Verwendung von akustischen Gefahrensignalen sind einige psychoakustisch relevante Aspekte zu beachten (Malter & Guski, 2001, S. 21):

- **Detektion:** Hört eine Person etwas oder nicht?
- **Diskrimination:** Hört eine Person einen Unterschied zwischen zwei Signalen? Wie gross ist der kleinste hörbare Unterschied?
- **Identifikation:** Kann eine Person den Stimulus genau bestimmen bzw. wiedererkennen?
- **Kategorisierung:** Kann eine Person den Stimulus in eine bestimmte Klasse einordnen?
- **Skalierung:** Kann eine Person den Grad einer auditiven oder psychologischen Dimension angeben (z. B. Lautheit oder Dringlichkeit)?

Für eine wirksame Gestaltung von akustischen Sicherheits- bzw. Warnsystemen müssen alle diese Aspekte berücksichtigt werden und die Systeme so gestaltet sein, dass die o.g. Fragen von den Nutzern beantwortet werden können. Relevant sind hierbei folgende Grössen:

Absolute Hörschwelle:

- der Schalldruckpegel, bei dem eine Person einen Ton sicher von Ruhe unterscheiden kann
- Sie wird für jede Frequenz separat bestimmt.

Mithörschwelle:

- beschreibt den Schalldruckpegel eines Testschalls in dB der notwendig ist, um bei vorhandenem Störschall gerade noch wahrnehmbar zu sein bzw. mitgehört zu werden (Quelle: <http://phonetik.sprachsignale.de/grundlagen/aud17a.html>).
- Objektive Verfahren zur Ermittlung von Mithörschwellen gehören zu den wichtigsten Aspekten bei der Beurteilung von Gefahrensignalen.

Das Hörgeschehen findet zwischen 20 Hz und ca. 16 kHz statt. Im Bereich von etwa 2 bis 3 kHz ist das Ohr am empfindlichsten. Unter 500 Hz und über 5 kHz steigt die Hörschwelle.

Es existieren einige Unterschiede zwischen Frauen und Männern: Die Gehörgangsresonanzen (individuelle Resonanzverstärkung durch den Gehörgang) liegen bei Frauen höher als bei Männern, und die Hörschwellen liegen bei Frauen im Mittel unter denen der Männer, besonders im höheren Frequenzbereich (Pearson, Morell, Gordon-Salant, Brant, Metter, Klein & Fozard, 1995, zit. nach Malter & Guski, 2001).

Im Folgenden werden einige wichtige Parameter für eine gute Gestaltung akustischer Warnsignale beschrieben.

4.2.1 Schalldruckpegel

Akustische Informationen müssen sich ausreichend von Umgebungsgeräuschen abheben. Dazu muss ein hinreichend hoher Schalldruckpegel des Signals gewährleistet sein.

Schalldruckpegel von Gefahrensignalen (Warnsignalen, Notsignalen):

- A-Schalldruckpegel⁶ des Signals: sollte mindestens 15 dB höher als der A-Schalldruckpegel des Störgeräusches sein
- A-Schalldruckpegel des Gefahrensignals sollte nicht kleiner als 65 dB sein (vergleiche auch DIN EN 981, DIN EN ISO 7731)

Schalldruckpegel zur Sprachverständigung:

- A-Schalldruckpegel der Sprache (beim Hörer) sollte 2 dB (A) (befriedigend) bis 10 dB (A) (gut) höher sein als der A-Schallpegel des Umgebungsgeräusches (vergleiche auch ISO 9921, DIN EN ISO 7731, DIN 33404-3)

Empfehlungen zum Schalldruckpegel:

- Signale sind hörbar, wenn sie 10 bis 15 dB über der Mithörschwelle liegen. Die Mithörschwelle richtet sich nach Alter und Geschlecht der Betroffenen.
- Der Schalldruckpegel von Anzeigen, wenn sie nicht als Alarm verwendet werden, soll den Pegel des Umgebungsgeräusches um mindestens 5 dB, jedoch nicht mehr als 10 dB überschreiten.
- Wenn der Störschall 100 dB überschreitet, wird eine zusätzliche optische Anzeige empfohlen.
- Die Höchstintensität soll 118 dB (A) nicht überschreiten (Schädigungslosigkeit des Signals).

⁶ Die Bewertungskurven (A, B und C nach IEC/DIN 651) sind die Kurven von Bewertungsfiltern, die auf das Schalldrucksignal angewendet werden. Sie sollen für eine ganz bestimmte Lautstärke ein ähnliches Frequenzverhalten wie das menschliche Ohr darstellen.

Die **Frequenzbewertung** wird bei der Messung von Geräuschen verwendet. Hierbei werden die Messgrößen durch einen bewertenden Filter gewichtet, das den Frequenzgang des menschlichen Gehörs berücksichtigen soll. Die Frequenzbewertung kann auch als frequenzabhängiger Abzug vom ermittelten Pegel dargestellt werden (für die A- und D-Bewertung ergibt sich in einigen Frequenzbändern ein Zuschlag). Um der Tatsache Rechnung zu tragen, dass das menschliche Ohr Töne mit gleichem Schalldruck in unterschiedlichen Tonhöhen unterschiedlich laut empfindet, werden so genannte *Frequenzbewertungskurven* verwendet. Dazu werden Filter mit empirisch angepassten Übertragungsfunktionen eingesetzt. Da die Krümmung der Kurven gleicher Lautstärkepegel und damit der Frequenzgang des Gehörs vom Schalldruckpegel abhängig ist, wurden für unterschiedlich hohe Schalldruckpegel unterschiedliche Bewertungskurven definiert:

- **A-Bewertung:** entspricht den Kurven gleicher Lautstärkepegel bei ca. 20-40 phon
- **B-Bewertung:** entspricht den Kurven gleicher Lautstärkepegel bei ca. 50-70 phon
- **C-Bewertung:** entspricht den Kurven gleicher Lautstärkepegel bei ca. 80-90 phon
- **D-Bewertung:** entspricht den Kurven gleicher Lautstärkepegel bei sehr hohen Schalldrücken

Bewertete Pegel werden durch den entsprechenden Buchstaben der Frequenzbewertung als Index der Messgröße gekennzeichnet. Z. B. wird ein A-bewerteter Schalldruckpegel mit L_{pA} oder ein Schalleistungspegel mit L_{WA} bezeichnet und in dB - in der Praxis auch häufig in dB(A) – angegeben.

Besonders in der Technischen Akustik und im deutschen Rechtssystem wird überwiegend die A-Bewertung angewendet. Auch für die Bestimmung des Beurteilungspegels auf dem Gebiet des Lärmschutzes wird die A-Bewertung verwendet. (Quelle: http://de.wikipedia.org/wiki/Bewerteter_Schalldruckpegel und <http://de.wikipedia.org/wiki/Frequenzbewertung>)

Aus psychologischer Sicht wichtig zu beachten (Malter & Guski, 2001, S. 23):

- Durch lauten Schall kann das Gehör überlastet werden, das führt zu einer Anhebung der Hörschwelle; um dauerhaften Schaden zu vermeiden wird eine Schalldruckpegelgrenze von 90 dB empfohlen.
- Bei einem zu steilen Anstieg des Schalldruckpegels (z. B. mehr als 30 dB in 0,5s) oder unerwartetem Anstieg muss mit einer Schreckreaktion gerechnet werden.

4.2.2 Frequenz

Wichtig für die Identifizierung von Signalen sind:

- produzierte Veränderung des vorhandenen Geräuschmusters (auch andere Anzeigen)
- das Frequenzspektrum der Anzeige im Verhältnis zum Hintergrundgeräusch (auch andere Anzeigen)
- zusätzliche Identifizierungshilfen, wie Klang, Wiederholung, Rhythmus, Melodie

Empfehlungen für die Frequenz:

- Gefahrensignale sollten Frequenzen zwischen 500 Hz und 2500 Hz enthalten.
- Die Hauptkomponenten des Signals sollten zwischen 500 Hz und 1500 Hz liegen.
- Je stärker sich die Mittenfrequenz des Oktavbandes⁷, in dem das Gefahrensignals am stärksten ist, von der Mittelfrequenz des Oktavbandes, in dem der Störschall am stärksten ist, unterscheidet, umso leichter ist das Gefahrensignal erkennbar.
- Modulation der Amplitude oder Frequenz erhöht die Aufmerksamkeit.
- Möglichkeit von Mehrtonsignalen (Klangfolgen) oder künstlicher Sprache nutzen!
- **Die Frequenz des Notsignals sollte zwischen 500+/-50 Hz und 1200+/-120 Hz liegen!**

4.2.3 Zeitverlauf und Dauer

Empfehlungen zu Zeitverlauf und Dauer des Signals:

- Pulsierende Gefahrensignale gegenüber zeitlich konstanten Signalen bevorzugen!
- Pulsfrequenz sollte zwischen 0,5 Hz und 4 Hz liegen.
- Pulsdauer und –frequenz müssen sich vom Störschall unterscheiden.

⁷ Die **Mittenfrequenz** f_0 ist das **geometrische Mittel** zwischen der unteren f_1 und der oberen f_2 Grenzfrequenz (Übergangsfrequenz) eines Frequenzbands mit einer bestimmten Filterbandbreite, auch bekannt unter dem Begriff Bandpass. (Quelle: <http://de.wikipedia.org/wiki/Mittenfrequenz>)

- Um Verwechslung zu vermeiden soll der Impuls für ein bestimmtes Gefahrensignal ein distinktives Muster haben
- Nachhallzeiten mit möglicher Wirkungsminderung sind zu beachten.

Aus psychologischer Sicht wichtig zu beachten (Malter & Guski, 2001, S. 23):

- unterhalb von 200 ms nimmt die absolute Hörschwelle mit fallender Signaldauer zu
- oberhalb von 200 bis 500 ms Dauer verschwindet dieser Effekt, und die absolute Hörschwelle wird von der Darbietungsdauer unabhängig

Damit verschiedene Gefahrensignale gut unterscheidbar sind, gibt Patterson nach vielen Experimenten folgende Empfehlung (vgl. Malter & Guski, 2001, S. 102):

- Warnsignale sollten aus fünf oder mehreren kurzen Impulsen mit einer Zeitdauer zwischen 100 ms und 150 ms bestehen.
- Ein solcher Impuls stellt den Baustein für das komplette Gefahrensignal dar und ist als ein Ton definiert, der innerhalb einer Amplitudenkurve liegt, der einen Onset, einen Offset und eine bestimmte Dauer hat.
- Dieser Impuls kann mehrmals mit Pausenintervallen wiederholt werden.
- Um ein Erschrecken zu vermeiden sollen Onset und Offset 20 ms – 30 ms lang sein.
- Zwischen dem Abspielen zweier grundlegender Muster sollen 4 bis 8 s liegen.

4.2.4 Dringlichkeit

Der Begriff der Dringlichkeit bezeichnet den Grad der Akutheit einer Gefahr bzw. die Unmittelbarkeit, mit der Gegenmassnahmen ergriffen werden müssen, um die Gefährdung auszuschliessen (Malter & Guski, 2001, S. 12). In der Literatur wird unterschieden zwischen wahrgenommener und situativer Dringlichkeit (Malter & Guski, 2001, S. 12f):

Wahrgenommene Dringlichkeit:

- soll diejenige Akutheit beschreiben, die auf Grund der akustischen Parameter des Signals (z. B. durch hohe Wiederholrate) situationsunabhängig nahe gelegt wird.

Situative Dringlichkeit:

- soll diejenige Akutheit beschreiben, die die Hörer in einer bestimmten Situation mit dem Signal assoziieren gelernt haben.

Beide Dringlichkeiten können stark auseinander klaffen. Die wahrgenommene Dringlichkeit wird beeinflusst durch die Struktur und anderen Merkmale der Anzeige (Höhere Frequenz, schnellere Folge von Tönen). Wenn die wahrgenommene Dringlichkeit des Warnsignals erhöht wird, steigt die Reaktionsgeschwindigkeit (Edworthy & Stanton, 1995).

Empfehlungen zur Dringlichkeit des Signals:

- Signale mit Frequenzschwankungen bedeuten „gefährliche Situation“.
- Signale mit Segmenten konstanter Frequenz oder Folge gleicher und ungleicher Segmente: Verhältnis der Länge mind. 1:3
- Ein hochfrequenter Ton wird mit grösserer Dringlichkeit assoziiert.

Aus psychologischer Sicht wichtig zu beachten (Edworthy, 1994, zit. nach Malter & Guski, 2001, S. 89):

- Je kürzer der Abstand zwischen den Impulsen, umso dringlicher erscheint das Signal.
- Die Pausenintervalle zwischen den Impulsen sollen nach Dringlichkeit zwischen 150 ms (sehr dringlich) und 300 ms (nicht dringend) schwanken.
- Ein Wechsel der Abstände hin zu kürzeren Abständen erhöht den Dringlichkeitseindruck:
 - vier Grundimpulse in einem Burst wirken dringlicher als zwei;
 - zwei wirken dringlicher als einer.
- Ein zufälliger Wechsel der Tonhöhen der einzelnen Pulse erhöht den Dringlichkeitseindruck im Gegensatz zu einem regelmässigen „Hoch und Runter“
- Je grösser die Distanz zwischen höchster und niedrigster Tonhöhe, um so dringlicher der Eindruck
- Eine atonale Melodie des Signals hat den grössten Dringlichkeitseindruck.

4.2.5 Gestaltung von Sprachsignalen

Von **Sprachverständlichkeit** spricht man bei der Kommunikation und auch bei der Beschallung von Räumen. In der Kommunikation ist die Verständlichkeit durch Codierungsverfahren, Bandbreiten, Abtastraten, Auflösungen, Verzögerungszeiten, Bitfehlerraten, Echos und Jitter geprägt, wohingegen in der Akustik die Sprachqualität in beschallten Räumen durch die Raumform, Raumgrösse, durch Reflexionen, Absorptionen, Hintergrundgeräusche, Abstrahlcharakteristika der Lautsprecher, Position der Absorber und des Zuhörers beeinflusst wird.

Was die Beschallung von Räumen betrifft, so ist die Nachhallzeit ein wesentlicher Faktor, der die Hörsamkeit entscheidend beeinträchtigt. Je kürzer die Nachhallzeit desto besser die Sprachverständlichkeit in einem Raum. Bei langer Nachhallzeit kann der Nachhall die folgende Silbe beeinträchtigen und damit die Sprachverständlichkeit verschlechtern.

Für die Bewertung von beschallten Räumen gibt es mehrere maschinelle und statische Verfahren. Dazu gehören der Speech Transmission Index (STI), Rapid Speech Transmission (RASTI), Speech Intelligibility Index (SII), der Articulation Index (AI) und ALCons.

(<http://www.itwissen.info/definition/lexikon/Sprachuebertragungsindex-STI-speech-transmission-index.html>)

Der **Speech Transmission Index**, kurz auch STI genannt, ist ein Messverfahren für den Verständlichkeitsgrad. Der STI beruht auf der Annahme, dass für eine gute Sprachverständlichkeit Modulationen des Sprachsignals erhalten bleiben müssen.

Der STI wird deshalb aus der Modulationsübertragungsfunktion berechnet. Er berücksichtigt als einzige Berechnungsmethode den Nachhall, die Störgeräusche, die Raumreflexionen und die Richtcharakteristik der Schallquelle. Aus insgesamt 98 Einzelmessungen, bei denen mit unterschiedlichen Modulationsfrequenzen die jeweilige Abnahme des Amplitudenmodulationsgrades (→ Modulationsreduktion) ermittelt wird, wird der STI durch entsprechende Gewichtung/Mittelung STI der Ergebnisse errechnet.

Die Werte des *Speech Transmission Index (STI)* gehen von 0 (völlig unverständlich) bis 1 (bestens verständlich). (http://de.wikipedia.org/wiki/Speech_Transmission_Index)

Bei öffentlichen Ansagen ist jeweils messtechnisch zu bestimmen, wie hoch die Sprachverständlichkeit ist und wie hoch sie entsprechend der jeweiligen Anforderungen sein sollte. Für Warnungen und Sicherheitshinweise ist demzufolge ein höherer STI zu fordern als bei ausschliesslicher Kundeninformation.

Für öffentliche Ansagen (Warnungen, Ankündigungen) gilt: Sprachsignale müssen kurz, eindeutig und verständlich formuliert sein.

Bei Ansagen per Mikrofon sind folgende Aspekte zu berücksichtigen (Forschungsbericht Fb 1074 „Maschinennormung und Ergonomie“, Anhang 9, Anforderungskatalog 4 „Anforderungen an (Maschinen-) Elemente zur Informationsaufnahme“, 2006, S. 12ff):

Mikrofon:

- Frequenzgang
- Unterdrückung von Nebengeräuschen
- Spektrum der Nebengeräusche im Sprechbereich

Verstärker:

- Frequenzgang
- Nicht-lineare Verzerrung
- Einstellung der Empfindlichkeit von Mikrofon und Lautsprecher

Lautsprecher:

- Akustischer Ausgangspegel
- Frequenzgang
- Ausgangsrichtungen
- Mehrkanalausgabe
- Kommunikationssystem für Personen (Wechselsprechanlage, Telefon, mobiles System)

Umgebung:

- Akustische Übertragung zum Hörer
- Störgeräusche oberhalb eines bestimmten Pegels beeinflussen den Stimmaufwand (Lombard-Effekt⁸)

Empfänger:

- Ausreichende Sprech- und Hörfähigkeit
- Verwendete Sprache muss vertraut sein, um Nachricht richtig zu verstehen

Der Sprachpegel am Ort des Sprechers ($L_{s,A,1m}$) kann dem Sprachpegel am Ort des Hörers ($L_{s,A,L}$) angenähert werden:

- $L_{s,A,L} = L_{s,A,1m} - 20 \log(r/r_0)$... r Abstand Sprecher/Hörer und $r_0 = 1m$)
- Eine Verdopplung des Abstand bewirkt Abnahme des Sprachpegels um 6 dB (gilt nur für Abstand < 2 m und wenn Nachhallzeit unter 2 s; bei 500 Hz gilt Abstand 8 m)

Eine Verbesserung des Signal – Geräuschabstandes von 4 dB bis 5 dB ist bei Nicht-Muttersprachlern erforderlich.

Aus den Anforderungen an die Sprachkommunikation ergeben sich Schalldruckpegel der Störgeräusche. Für unterschiedliche Anforderungen und Situationen werden folgende Beispiele angeführt (Forschungsbericht Fb 1074 „Maschinennormung und Ergonomie“, Anhang 9, Anforderungskatalog 4 „Anforderungen an (Maschinen-) Elemente zur Informationsaufnahme“, 2006, S. 12ff):

- Bei **hohen Anforderungen** (einwandfreie, sehr genaue Sprachverständlichkeit, 98% Einsilbenverständlichkeit, 100 % Satzverständlichkeit, entspannter/normaler Sprechaufwand) und einer Entfernung des Empfängers von der Signalquelle von zwei bis vier Metern sollte der A-bewertete Schalldruckpegel des Störgeräusches 30 bis 40 dB nicht überschreiten.
- Bei **weniger hohen Anforderungen** (gute Sprachverständlichkeit, 90 % Einsilbenverständlichkeit, 99 % Satzverständlichkeit, normaler/angehobener Sprechaufwand) und einer Entfernung des Empfängers von der Signalquelle von ein bis zwei Metern sollte der A-bewertete Schalldruckpegel des Störgeräusches 45 bis 55 dB nicht überschreiten.
- Bei **geringeren Anforderungen** (befriedigende Sprachverständlichkeit, 80% Einsilbenverständlichkeit, 97 % Satzverständlichkeit, angehobener Sprechaufwand) und einer Entfernung des Empfängers von der Signalquelle von ein bis zwei Meter sollte der A-bewertete Schalldruckpegel des Störgeräusches 55 bis 65 dB nicht überschreiten. Diese Anforderung ist nur für kurze Sprachmitteilungen zweckmässig.

⁸ Der **Lombard-Effekt** bezeichnet den Zusammenhang zwischen der Lautstärke der Stimme eines Sprechers und dem Umgebungsgeräusch. Wegen des Bedürfnisses, sich bei hohem Umgebungsgeräuschpegel dem Gesprächspartner trotzdem verständlich zu machen, erhöht ein Sprecher unwillkürlich die Lautstärke seiner Stimme [...] Doch nicht nur bei einer eingeschränkten sozialen Rückkopplungsschleife wird der Sprecher lauter, sondern auch, wenn seine eigene Rückkopplung beispielsweise durch das Tragen von Ohrenstöpseln behindert wird. Dabei erhöhen sich gleichzeitig die Wortdauer und die Aussprachefrequenzen deutlich (Quelle: <http://de.wikipedia.org/wiki/Lombard-Effekt>).

4.2.6 Weitere Anforderungen und Gestaltungsmerkmale

Weitere Anforderungen an die Interpretation von Anzeigen:

- Die Anzahl der Anzeigen, die der Rezipient zu interpretieren hat, sollte auf ein Minimum beschränkt werden.
- Anzeigen, die den Empfänger erschrecken oder einen hochgradigen Alarmzustand verursachen, müssen auf das Anzeigen von Systemzuständen extremer Gefahr beschränkt bleiben.
- Für sicherheitsbezogene oder dringliche Aufgaben kann der gleichzeitige Einsatz von akustischen und optischen Anzeigen bevorzugt werden.
- Der Einsatz akustischer Anzeigen empfiehlt sich dann, wenn der Nutzer visuell ausgelastet ist, wenn die Nachricht einfach und kurz ist und wenn sich der Empfänger umher bewegen muss.
- Die Merkmale eines Gefahrensignals einer ortsbeweglichen Signalquelle müssen unabhängig von der Geschwindigkeit oder Bewegungsrichtung der Signalquelle erkennbar sein.

4.2.7 Normen und Richtlinien⁹

Folgende Normen sind für die Gestaltung akustischer Warnsignale relevant:

- DIN EN 457 Sicherheit von Maschinen; Akustische Gefahrensignale; Allgemeine Anforderungen; Gestaltung und Prüfung, 1992
- DIN EN 894-2 Sicherheit von Maschinen; Ergonomische Anforderungen an die Gestaltung von Anzeigen und Stellteilen; Teil 2: Anzeigen, 1997
- DIN EN 981 Sicherheit von Maschinen - System akustischer und optischer Gefahrensignale und Informationssignale, 1997
- DIN ISO 7731 Entwurf Ergonomie - Gefahrensignale für öffentliche Bereiche und Arbeitsstätten - Akustische Gefahrensignale, 2002
- DIN 33404-3 Gefahrensignale für Arbeitsstätten; Akustische Gefahrensignale; Einheitliches Notsignal; Sicherheitstechnische Anforderungen, Prüfung; 1982
- DIN EN 61310-1/ VDE 0113-1 Sicherheit von Maschinen - Anzeigen, Kennzeichen und Bedienen - Teil 1: Anforderungen an sichtbare, hörbare und tastbare Signale, 1996
- Forschungsbericht Fb 1074 „Maschinennormung und Ergonomie“, Anhang 9, Anforderungskatalog 4 „Anforderungen an (Maschinen-) Elemente zur Informationsaufnahme“, 2006

⁹ Es erfolgt hier in der Regel der Bezug auf die Deutsche Industrienorm DIN, analoge Richtlinien finden sich aber auch in der Schweizerischen Normen-Vereinigung SNV.

4.3 Optische Gefahrensignale

Optische Gefahrensignale müssen:

- sicherstellen, dass jede Person im Signalempfangsbereich das Signal empfangen, unterscheiden und darauf wie festgelegt reagieren kann
- unter allen möglichen Lichtbedingungen deutlich gesehen werden können
- deutlich von anderen Lichtern oder Lichtsignalen zu unterscheiden sein
- eine bestimmte Bedeutung innerhalb des Signalempfangsbereiches haben
- Vorrang vor allen optischen Signalen haben
- sich in unmittelbarer Nähe der angezeigten Gefahr befinden
- Blendung darf die Wirksamkeit des Gefahrensignals nicht mindern, das Gefahrensignal darf selbst keine Quelle der Blendung darstellen

Um sicherzustellen, dass optische Signale optimal gestaltet werden können, müssen bestimmte Parameter berücksichtigt werden (z.B. Leuchtdichte, Lichtfarbe, Anordnung), auf die im Folgenden eingegangen wird.

4.3.1 Leuchtdichte und Lichtfarbe

4.3.1.1 Leuchtdichte und Leuchtdichtekontrast

Die **Leuchtdichte** L (engl. *luminance*) ist das fotometrische Mass für das, was Menschen als Helligkeit wahrnehmen, also für die Lichtstärke pro Fläche.

- Eine Lichtquelle mit einer vorgegebenen Lichtstärke erscheint umso heller, je kleiner ihre Fläche ist. Die Leuchtdichte erfasst die Helligkeit von ausgedehnten, flächenhaften Lichtquellen; für die Beschreibung der Helligkeit von punktförmigen Lichtquellen dienen hingegen Lichtstrom und Beleuchtungsstärke.
- Leuchtflächen haben bei Tageslicht einen Sehwinkel von über $1'$ und bei Dunkelheit von $10'$, sonst gilt die Lichtquelle als punktförmig.
- Bei Leuchtflächen wird das Leuchtdichteverhältnis nicht durch den Beobachtungsabstand beeinflusst (es sei denn, das Transmissionsvermögen muss beachtet werden).

Empfehlungen zur Leuchtdichte bei Gefahrensignalen (Warnsignalen, Notsignalen):

- Die Leuchtdichte des *Notsignals* bei Leuchtflächen sollte ≥ 2 x Leuchtdichte des Warnsignals betragen.

- Die Leuchtdichte des *Warnsignals* bei Leuchtflächen sollte ≥ 5 x der Leuchtdichte des Hintergrundes betragen.
- Bei punktförmigen Strahlungsquellen ist die erforderliche Beleuchtungsstärke in Abhängigkeit vom Hintergrund festzulegen (vergleiche DIN EN 842).
- Störende Umgebungsfaktoren, zum Beispiel Nebel, sind zu beachten.

Aus psychologischer Sicht wichtig zu beachten:

- Eine Kennzeichnung durch Warn- und Sicherheitsfarben erhöht die Bereitschaft, auf mögliche Gefahren zu achten.
- Je besser Warn- und Sicherheitsfarben von der Umgebung abgesetzt sind, desto besser werden sie wahrgenommen.

Der **Leuchtdichtekontrast K** bezeichnet den Helligkeitsunterschied zwischen zwei Flächen. Bei hohem Beleuchtungsniveau wird derselbe Kontrast besser wahrgenommen als bei tiefem. Helle Schriften und Objekte auf dunklem Hintergrund sind besser wahrnehmbar als umgekehrt.

$$K = (L_o - L_s) / (L_o + L_s)$$

L_o Leuchtdichte des Objekte (cd/m^2)

L_s Leuchtdichte des Umfeldes (cd/m^2)

Helligkeitskontraste von Markierungen, Beschriftungen, Farb- oder Materialwechsel müssen der Funktion und Bedeutung der Information angemessen sein. Die Mindestkontrastwerte werden nach zwei Prioritätsstufen unterschieden:

Priorität 1: $K \geq 0.6$	Markierungen mit Warnfunktion und Beschriftungen z. B. Treppenmarkierung, Hindernisse, Raumbeschriftungen, etc.
Priorität 2: $K \geq 0.3$	Informationen zur Orientierung z. B. Eingangstüren, Lifttüren, Handlauf, etc.

Wichtige Informationen können zusätzlich zum Helligkeitskontrast durch einen Farbkontrast (s.u.) hervorgehoben werden. Der Helligkeitskontrast muss immer, unabhängig vom Farbkontrast, eingehalten werden, da sehbeeinträchtigte Personen oft auch ein gestörtes Farbempfinden haben.

Rot als Schriftfarbe ist zu vermeiden, da die Farbfehlsichtigkeit im Bereich der Rottöne sehr häufig ist.

4.3.1.2 Lichtfarbe und Farbkontrast

Die **Lichtfarbe** ist die spektrale Zusammensetzung von Licht, das von einer Lichtquelle emittiert wird. „Sichtbares“ Licht ruft einen Farbreiz hervor. Aus mehreren Farbanteilen zusammengesetztes Licht ist nötig, um Körperfarben wahrnehmen zu können (<http://de.wikipedia.org/wiki/Lichtfarbe>).

Als **Warnfarben** bezeichnet man die Farben Rot, Gelb und Orange in Kombination mit Schwarz, da sie als Signalfarben dem Menschen in der Regel besonders auffallen. Sie treten isoliert auf und in Kombination miteinander. Absperrbänder oder Anstriche vor Gefahrenquellen (Stufen, Baugruben) sind deshalb gelb-schwarz, ebenso wie die Schilder für Radioaktivität und Gefahrgut.

Die neben Gelb am häufigsten verwendete Warnfarbe ist Rot, da es eine der auffälligsten Farben ist. So ist zum Beispiel das Haltesignal von Verkehrsampeln rot ebenso wie Löschfahrzeuge der Feuerwehr Verbotsschilder haben einen roten Rand oder sind ganz in Rot gehalten wie das Stoppschild. Auch die Kombination aus Rot und Gelb, die Farbe Orange, wird als Warnfarbe verwendet, so haben viele Gefahrensymbole einen orangen Hintergrund (<http://de.wikipedia.org/wiki/Warnfarbe>).

Die nachfolgende Tabelle stellt die Warn- und Sicherheitsfarben mit ihrer Bedeutung und ihrem Zweck gegenüber.

Tab. 4. Schema der Farben von optischen Signalen DIN EN 981 (aus: Forschungsbericht Fb 1074 „Maschinennormung und Ergonomie“, Anhang 9, Anforderungskatalog 4 „Anforderungen an (Maschinen-) Elemente zur Informationsaufnahme“, 2006, Tab. 31, S. 66)

Farbe	Bedeutung	Zweck	Bemerkung
Rot	Gefahr Anormaler Zustand	Notfall Alarm Halt Verbot Ausfall	Rote Lichtblitze müssen für Not-Evakuierung verwendet werden
Gelb	Vorsicht	Aufmerksamkeit erforderlich Zustandsänderung Eingriff	
Blau	Anzeige der Notwendigkeit zwingend vorgeschriebenen Handelns	Handlung Schutz Besondere Aufmerksamkeit Sicherheitsrelevante Regelung oder Vorkehrung mit Priorität	Für Zwecke, die mit rot, gelb oder grün nicht eindeutig beschreibbar sind
Grün	Alles klar Normalzustand	Zum normalen Ablauf zurückkehren Weitermachen	Zur Überwachung eingeschalteter Geräte (normal)

Tab. 5. Kontrastfarben und Farben der Bildzeichen nach BGI 523 Bild 22-1 (aus: Forschungsbericht Fb 1074 „Maschinennormung und Ergonomie“, Anhang 9, Anforderungskatalog 4 „Anforderungen an (Maschinen-) Elemente zur Informationsaufnahme“, 2006, Tab. 35, S. 69)

	Gebots- und Verbotsszeichen	Warnzeichen	Rettungs-, Hinweis- und Zusatzzeichen
Form			
Farbe	Verbot	Vorsicht! Mögliche Gefahr	Gefahrlosigkeit Rettungsmittel
			Material zur Feuerbekämpfung
			
			
	Gebot		Hinweis oder Unterrichtung

Empfehlungen zur Lichtfarbe (Köther, Kurz, Seidel & Weber, 2001; Lange & Windel, 2002):

- Notsignal: rot
- Warnsignal: gelb oder rot je nach Dringlichkeit
- wenn gleichzeitig zu einem roten Notsignal ein rotes Warnsignal auftritt, muss das Notsignal gemäss DIN EN 842:
 - mindestens die doppelte Intensität des Warnsignals haben
 - blinken
 - Verdopplung in der gleichen Signaleinrichtung
 - nach Möglichkeit mit akustischen Signalen gekoppelt sein
- Verwendung hoher Farbsättigung für schnelle Erkennung
- Vermeidung extremer Farbkombinationen wie Komplementärfarben oder Kombinationen mit geringem Kontrast ($K \geq 0.6$).
- Markierungen mit je einer hellen und einer dunklen Komponente sind auch bei sich ändernden Lichtverhältnissen (Tag/Nacht) deutlich erkennbar.

Aus psychologischer Sicht wichtig zu beachten (Herczeg, 1994):

- Sparsame Verwendung von Farbe für die Codierung (vgl. VDI/VDE 3850-1) anstreben.
- Maximal fünf bedeutungstragende Farben verwenden.
- Farbe mit fester Bedeutung verbinden und konsistent einsetzen (vgl. VDI/VDE 3850-1).
- Farbe nicht zur Unterscheidung kleiner Darstellungen einsetzen.
- Beachtung der relativ langen Adaptionszeiten (Minuten) auf unterschiedliche Helligkeiten.

Weitere Empfehlungen (Köther, Kurz, Seidel & Weber, 2001; Lange & Windel, 2002):

- Rot und Blau nur für Flächen und nicht für Texte und dünne Linien einsetzen!
- Rot und Blau nach Möglichkeit nie gleichzeitig einsetzen, da das Auge nicht gleichzeitig beide Farben fokussieren kann!
- Warme Farben (Rot bis Orange) wirken näher und erregen mehr Aufmerksamkeit als kalte Farben (Grün bis Blau).
- Grosse farbige Objekte werden besser wahrgenommen als kleine.
- Farben sind besser geeignet, um globale Markierungen, wie farbig markierte Wörter, zu erkennen.
- Schwarz – Weiss ist besser geeignet, feine Strukturen (Muster, Zeichen) zu erkennen.

4.3.1.3 Farbliche Kennzeichnung von Hindernissen und Gefahrenbereichen

Eine Kennzeichnung von Hindernissen und Gefahrenbereichen muss durch schwarz-gelbe oder rot-weiße Streifen deutlich erkennbar und dauerhaft ausgeführt werden (BGV A8, Sicherheits- und Gesundheitsschutzkennzeichnung am Arbeitsplatz, 2002):



- Das Breitenverhältnis der gelben zu den schwarzen Streifen sollte 1 : 1 bis 1.5 : 1 betragen.
- Die Streifenbreite der schwarzen Streifen richtet sich nach den Massen des zu kennzeichnenden Objektes und ist so auszuführen, dass der Anteil der Sicherheitsfarbe „Gelb“ mindestens 50% der Gesamtfläche beträgt.
- Die Streifen sind in einem Neigungswinkel von etwa 45° anzuordnen.
- Rot-weiße Streifen sind sinngemäss auszuführen.

Beim Einsatz der Markierungen ist darüber hinaus zu berücksichtigen, dass für sehbeeinträchtigte Personen eine **schwarz-gelbe Markierung** aufgrund der hohen Absorptionsrate des roten Lichtes leichter erkennbar und damit **besser geeignet** ist.

4.3.2 Anordnung

Empfehlungen zur Anordnung von optischen Gefahrensignalen:

- Platzierung nahe der Gefahrenquelle
- direkt gegebene Signale möglichst im Gesichtsfeld platzieren, gruppiert nach
 - Wichtigkeit der Anzeige
 - Häufigkeit der Benutzung
 - Ablesefolge
- Auftreten von Blendung, Spiegelung, Abschattung vermeiden
- relative Position der Leuchte, wenn mehrere Signalleuchten in einer Signalrichtung angeordnet sind:
 - rotes Signal über gelbem Signal anordnen
 - zwei rote Signale horizontal anordnen (vergleiche auch DIN EN 981, DIN EN ISO 7731, DIN EN 842, DIN 33404-3)

Verschiedene Gefahrensignale müssen sich in mindestens zwei der folgenden Merkmale unterscheiden:

- Farbe des Signallichts: Warnsignal gelb/orange; Notsignal rot; Notsignal mindestens doppelte Intensität des Warnsignals
- Lage: der Natur der Gefahr entsprechen und ein sofortiges und konkretes Verstehen ermöglichen sowie zu treffende Sofortmassnahmen nahe legen
- Dauer: Verringerung der Signalstufe gemessen an der Gefahrenstufe nach Beseitigung oder Verringerung der Gefahr

4.3.3 Bildzeichen und Piktogramme

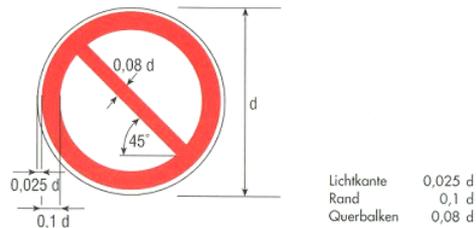
Bildzeichen (Piktogramme, Ideogramme, Ikonen entsprechend DIN ISO 9241-12) sind Symbole, die eine Information durch vereinfachte graphische Darstellung vermitteln.

- Je nach Einarbeitungsgrad und Häufigkeit der Benutzung kann ein Mensch etwa 20 Bildzeichen auf Anhieb unterscheiden.
- Bei guter Strukturierung und Zusammenfassung zu Zeichenfamilien können bis zu 50 Zeichen unterschieden werden.

Die nachfolgenden Abschnitte zu Gestaltung, Grösse und Erkennungsweiten von Sicherheitszeichen sind entnommen aus der Berufsgenossenschaftsverordnung BGV A8, Sicherheits- und Gesundheitsschutzkennzeichnung am Arbeitsplatz, 2002.

4.3.3.1 Gestaltung von Sicherheitszeichen

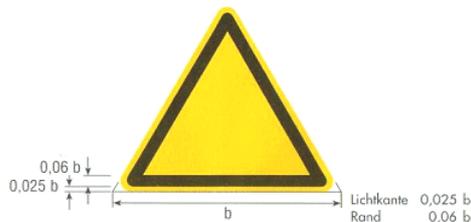
Verbotszeichen



- Form: kreisrund
Grundfläche: weiss
Bildzeichen: schwarz
Rand: rot
Querbalken: rot und 45° zur Waagerechten von links oben nach rechts unten geneigt

Der Anteil der Sicherheitsfarbe Rot an der Oberfläche des Zeichens muss mindestens 35% betragen. Der rote Querbalken darf durch ein Bildzeichen grundsätzlich nicht unterbrochen werden. Die Fläche des Zeichens wird durch die Lichtkante begrenzt.

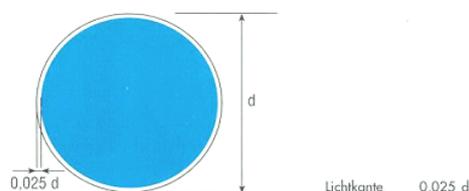
Warnzeichen



- Form: dreieckig, 60° Neigung, Spitze nach oben
Grundfläche: gelb
Bildzeichen: schwarz
Rand: schwarz

Der Anteil der Sicherheitsfarbe Gelb an der Oberfläche des Zeichens muss mindestens 50% betragen. Die Fläche des Zeichens wird durch die Lichtkante begrenzt.

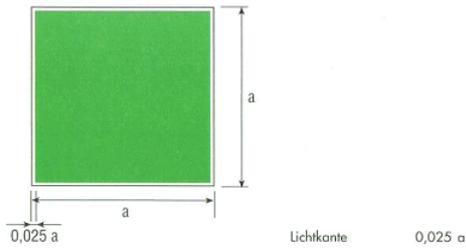
Gebotszeichen



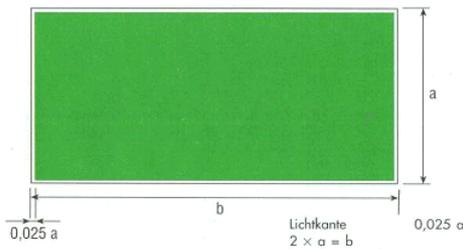
- Form: kreisrund
Grundfläche: blau
Bildzeichen: weiss

Der Anteil der Sicherheitsfarbe Blau an der Oberfläche des Zeichens muss mindestens 50% betragen.

Rettungszeichen



Form: quadratisch
 Grundfläche: grün
 Bildzeichen: weiss



Rechteckige Rettungszeichen können auch senkrecht stehen.

Form: rechteckig
 Grundfläche: grün
 Bildzeichen: weiss

Der Anteil der Sicherheitsfarbe Grün an der Oberfläche des Zeichens muss mindestens 50% betragen. Die Fläche des Zeichens wird durch die Lichtkante begrenzt.

Hinweiszeichen

Gestaltung wie bei den Rettungszeichen, jedoch Grundfläche blau und Schrift weiss.

4.3.3.2 Zeichengrössen

Für die Bemessung der Grösse eines Zeichens soll die Formel $h = E / Z$ angewendet werden.

h = Höhe des Sicherheitszeichens

Als Höhe h des Zeichens gilt bei Verbots- und Gebotszeichen das Mass d , bei Warnzeichen das Mass $0,817 \cdot b$ und bei Hinweis-, Rettungs-, Brandschutz- und Zusatzzeichen das Mass a .

E = Erkennungsweite

Z = Distanzfaktor

Der Distanzfaktor gilt für eine beleuchtete Zeichenfläche. Er beträgt für Verbots-, Warn- und Gebotszeichen $Z = 40$ und für Rettungs-, Brandschutz- und Zusatzzeichen $Z = 100$.

Für die Grösse eines leuchtenden Sicherheitszeichens (Leuchtzeichen) beträgt der Distanzfaktor für Verbots-, Warn- und Gebotszeichen $Z = 65$ und für Rettungs- und Brandschutzzeichen $Z = 200$.

4.3.3 Erkennungsweiten von Sicherheitszeichen und Schrifthöhen

Tab. 6. Erkennungsweiten von Sicherheitszeichen und Schrifthöhen handelsüblicher Schildergrößen

	Verbots- und Gebotszeichen	Warnzeichen	Rettungs- und Brandschutzzeichen; Hinweis- und Zusatzzeichen	Hinweis- und Zusatzzeichen
Erkennungsweite m	Durchmesser d mm	Seitenlänge b ¹⁾ mm	Seitenlänge a mm	Schrifthöhe h mm
1	50	50	12,5	4
2	50	100	25	8
3	100	100	50	10
4	100	200	50	14
5	200	200	50	17
6	200	200	100	20
8	200	400	100	27
9	400	400	100	30
10	400	400	100	34
12	400	400	200	40
14	400	600	200	47
16	400	600	200	54
17	600	600	200	57
19	600	600	200	64
21	600	900	300	70
24	600	900	300	80

¹⁾ Erkennungsweite ist auf die Höhe $h=0,817 \cdot b$ bezogen; das Mass „b“ gibt die Schildergröße an.

Empfehlungen für Bildzeichen und Piktogramme:

- Verwendung von möglichst bereits genormter bzw. in der Praxis verwendeter Zeichen
- Bildzeichen sind möglichst so zu gestalten, dass sie nach Möglichkeit der Alltagswelt des Benutzers entsprechen (durch Vertrautheit verbessern sich Lernen, Behalten und Erinnern)
- Unterstützung von Bildzeichen mit nicht intuitiver Erfassbarkeit durch Hilfetexte
- Gestaltung ist auf den angestrebten Anwendungsbereich und dessen Umgebungsbedingungen abzustimmen
- Bildzeichen auf das Wesentliche reduzieren
- Graphische Schlichtheit und Einfachheit anstreben, statt filigraner Darstellung

- Anzahl der Bilder gering halten
- Bildzeichen etwa in Augenhöhe und in Blickrichtung des Empfängers platzieren

- Bildzeichen nach einer nachvollziehbaren Logik zusammenstellen
- Bildzeichen, die in einem gemeinsamen Benutzungskontext stehen, müssen ein durchgängiges Erscheinungsbild aufweisen, (Zusammenfassung zu „Bildzeichenfamilien“)
- Bevor neues Zeichen entworfen wird, prüfen ob bereits eines existiert, das verwendet werden kann
- Neue Bildzeichen können zur Beschreibung von Funktionszusammenhängen durch Kombination bestehender Bildzeichen bzw. deren Teilen erstellt werden

Aus psychologischer Sicht wichtig zu beachten:

- Deutliche Unterscheidbarkeit verschiedener Zeichen sicherstellen.
- Berücksichtigung der kulturellen Randbedingungen bei internationalen Nutzerkreisen.

4.3.4 Blinken

Blinklichter steigern die Aufmerksamkeit und das Gefühl der Dringlichkeit. Sie erhöhen die Auffälligkeit von Objekten. Blinkende Lichter mit nur geringer Leuchtdichte werden eingesetzt, um das Entstehen von Nachbildern im Auge des Empfängers zu verhindern.

Empfehlungen zu Einsatz und Gestaltung von Blinklichtern:

- Blinkfrequenz von 2 bis 3 Hz empfohlen mit etwa gleichen AUS und AN Intervallen
- Man sollte bemüht sein, stroboskopische Effekte¹⁰ zu vermeiden (Minderung der Signalwirkung).
- Blinken sollte man verwenden:
 - um sofortiges Handeln zu veranlassen
 - zum Anzeigen des Unterschieds zwischen Soll- und Ist-Zustand
 - zum Anzeigen von Änderungen eines Zustandes
 - zur Aufmerksamkeitslenkung
- Blinken so sparsam wie möglich einsetzen
- Bei mehreren blinkenden Elemente müssen diese die gleiche Phasenlage besitzen

¹⁰ Als **Stroboskopischen Effekt** bezeichnet man den scheinbar verlangsamten oder umgekehrten Ablauf von periodischen Prozessen, die nur zu bestimmten, regelmässig aufeinanderfolgenden Zeitintervallen beobachtet werden, zum Beispiel mittels Lichtblitzen (Stroboskop) oder durch eine rotierende Scheibe mit Fenstern, die den Blick nur zeitweise freigeben. (Quelle: <http://de.wikipedia.org/wiki/Stroboskopeffekt>)

- Auffälligkeit hängt von Blinkfrequenz und Blinkhub (Leuchtdichteunterschied) ab
- Max. 2 unterschiedliche Blinkfrequenzen verwenden (Frequenzverhältnis 1:4, langsames Blinken zwischen 0,4 Hz und 0,7 Hz, schnelles Blinken zwischen 0,6 Hz und 2,8 Hz).

4.3.5 Normen und Richtlinien

Folgende Normen sind für die Gestaltung optischer Warnsignale relevant:

- DIN EN 842 Sicherheit von Maschinen - Optische Gefahrensignale – Allgemeine Anforderungen, Gestaltung und Prüfung, 1996
- DIN EN 894-2 Sicherheit von Maschinen; Ergonomische Anforderungen an die Gestaltung von Anzeigen und Stellteilen; Teil 2: Anzeigen, 1997
- DIN EN 981 Sicherheit von Maschinen - System akustischer und optischer Gefahrensignale und Informationssignale, 1997
- DIN EN ISO 7731 Entwurf Ergonomie - Gefahrensignale für öffentliche Bereiche und Arbeitsstätten - Akustische Gefahrensignale, 2002
- DIN 33404-3 Gefahrensignale für Arbeitsstätten; Akustische Gefahrensignale; Einheitliches Notsignal; Sicherheitstechnische Anforderungen, Prüfung; 1982
- DIN EN 61310-1 / VDE 0113-1 Sicherheit von Maschinen - Anzeigen, Kennzeichen und Bedienen - Teil 1: Anforderungen an sichtbare, hörbare und tastbare Signale, 1996
- DIN 67510-2: Langnachleuchtende Pigmente und Produkte: Messung von langnachleuchtenden Produkten am Ort der Anwendung, 2002
- DIN 67510-3: Langnachleuchtende Pigmente und Produkte: Bodennahes langnachleuchtendes Sicherheitsleitsystem, 2004
- DIN 67510-4: Langnachleuchtende Pigmente und Produkte: Produkte für langnachleuchtende Sicherheitsleitsysteme: Markierungen und Kennzeichnungen, 2008
- DIN EN ISO 10075-2: Ergonomische Grundlagen bezüglich psychischer Arbeitsbelastung: Gestaltungsgrundsätze, 2000
- DIN 1450: Schriften, Leserlichkeit, 1993
- DIN EN ISO 9241-12: Ergonomische Anforderungen für Bürotätigkeit mit Bildschirmgeräten - Teil 12: Informationsdarstellung, 2000
- Forschungsbericht Fb 1074 „Maschinennormung und Ergonomie“, Anhang 9, Anforderungskatalog 4 „Anforderungen an (Maschinen-) Elemente zur Informationsaufnahme“, 2006

4.4 Allgemeine Gestaltungsempfehlungen für akustische und optische Warn- und Sicherheitssignale

4.4.1 Kompatibilität zwischen Gefahrensignalisation, Situation und Handlungen

Wie in Kapitel 3 dargestellt braucht es für eine optimale Wirksamkeit eines Warn- oder Sicherheitssystems neben der Wahrnehmbarkeit auch die Erregung der Aufmerksamkeit beim Empfänger, eine Erkennung von Warnung und Gefahr, d.h. ein Wissen um die gefährliche Situation, die Bedeutung des Signals und die notwendige Handlung, und eine hinreichende Motivation, sich sicherheitsgerecht zu verhalten.

Für akustische Gefahrensignalisation gibt es inzwischen eine Reihe von empirischen Untersuchungen, die die Passung bestimmter Signale zu bestimmten Gefahrensituationen prüfen (vgl. dazu die Zusammenstellung in Malter & Guski, 2001). Hier sollen nur einige wichtige Erkenntnisse zusammengefasst werden.

Die wahrgenommene Gefährlichkeit einer signalisierten Gefahrensituation ist für folgende Signale am höchsten (Rangplatz 1 = grösste subjektive Gefährlichkeit; Bock et al., 1995, zit. nach Malter & Guski, 1995, S. 68ff):

Tab. 7. Rangreihe der wahrgenommenen Gefährlichkeit verschiedener akustischer Signale (modifiziert nach Malter & Guski, 2001, S. 67). Der Klangcharakter wird durch den Frequenzbereich F_b und die Grundfrequenz f_0 beschrieben. T kennzeichnet den zeitlichen Abstand der Impulsfolgen. Bei der Sirene wird die Dauer des Frequenzanstiegs oder –abfalls mit T_{an}/T_{ab} bezeichnet. Die mit * gekennzeichneten Signale (Sirene 1, 3 und 4) unterscheiden sich nicht signifikant voneinander bzgl. der wahrgenommenen Gefährlichkeit.

Rangplatz	Bezeichnung	Klang	Akustische Beschreibung	
			F_b	f_0
1	Typhon	Mehrfachklang	$F_b = 0.6 - 4$	$f_0 = 220 \text{ Hz}$
2	Sirene 2	Rechteckklang mit veränderlicher Grundfrequenz: $f_0 = 0.1 - 0.5 \text{ kHz}$ (frequenzmoduliert) Hz	f_0 abfallend	$T_{an} / T_{ab} = 0/1s$
3	Sirene 5	Rechteckklang mit veränderlicher Grundfrequenz: $f_0 = 0.1 - 0.5 \text{ kHz}$ (frequenzmoduliert) Hz	f_0 ansteigend und abfallend	$T_{an} / T_{ab} = 0.5/0.5s$
4*	Sirene 1	Rechteckklang mit veränderlicher Grundfrequenz: $f_0 = 0.1 - 0.5 \text{ kHz}$ (frequenzmoduliert) Hz	f_0 abfallend	$T_{an} / T_{ab} = 0/0.3s$
5*	Sirene 3	Rechteckklang mit veränderlicher Grundfrequenz: $f_0 = 0.1 - 0.5 \text{ kHz}$ (frequenzmoduliert) Hz	f_0 abfallend	$T_{an} / T_{ab} = 0/2s$
6*	Sirene 4	Rechteckklang mit veränderlicher Grundfrequenz: $f_0 = 0.1 - 0.5 \text{ kHz}$ (frequenzmoduliert) Hz	f_0 ansteigend	$T_{an} / T_{ab} = 1/0s$
...
20	Impuls 4	Hammerschlag	$F_b = 3 - 5$	$T = 0.25s$

Bezüglich der Handlungstendenz „Abwendungsverhalten“ ergab sich folgende Rangreihe (Platz 1 = stärkste Abwendungstendenz):

Tab. 8. Rangreihe der wahrgenommenen Gefährlichkeit verschiedener akustischer Signale (modifiziert nach Malter & Guski, 2001, S. 67). Der Klangcharakter wird durch den Frequenzbereich F_b und die Grundfrequenz f_0 beschrieben. Bei der Sirene wird die Dauer des Frequenzanstiegs oder –abfalls mit T_{an}/T_{ab} bezeichnet. Die mit * gekennzeichneten unterscheiden sich nicht signifikant voneinander bzgl. des ausgelösten Abwendungsverhaltens (heisst: Typhon, Sirene 3 und Dauerton-Sirene unterscheiden sich nicht voneinander; Sirene 5 und Sirene 1 unterscheiden sich nicht voneinander).

Rangplatz	Bezeichnung	Klang	Akustische Beschreibung	
			f_0	T_{an} / T_{ab}
1	Sirene 2	Rechteckklang mit veränderlicher Grundfrequenz: $f_0 = 0.1 - 0.5$ kHz (frequenzmoduliert) Hz	f_0 abfallend	$T_{an} / T_{ab} = 0/1s$
2*	Typhon	Mehrfachklang	$F_b = 0.6 - 4$	$f_0 = 220$ Hz
3*	Sirene 3	Rechteckklang mit veränderlicher Grundfrequenz: $f_0 = 0.1 - 0.5$ kHz (frequenzmoduliert) Hz	f_0 abfallend	$T_{an} / T_{ab} = 0/2s$
4*	Dauerton-Sirene	Motorbetriebene Sirene mit konstanter Frequenz	$F_b = 1 - 3$	$f_0 = 600$ Hz
5**	Sirene 5	Rechteckklang mit veränderlicher Grundfrequenz: $f_0 = 0.1 - 0.5$ kHz (frequenzmoduliert) Hz	f_0 ansteigend und abfallend	$T_{an} / T_{ab} = 0.5/0.5s$
6**	Sirene 1	Rechteckklang mit veränderlicher Grundfrequenz: $f_0 = 0.1 - 0.5$ kHz (frequenzmoduliert) Hz	f_0 abfallend	$T_{an} / T_{ab} = 0/0.3s$
...
20	Impuls 3	Hammerschlag	$F_b = 1 - 4$	$T = 0.25s$

Malter und Guski (2001, S. 74) folgern daraus:

Für Extreme Gefahrensituationen (Notsituationen) eignen sich in abnehmendem Masse die Signale „Typhon“, „Sirene 2“ und „Sirene 5“, da diese am bedrohlichsten und gefährlichsten klingen. [...] Für weniger extreme Situationen eignen sich die Signale „Sirene 1“, „Sirene 3“ und „Sirene 4“. Sie klingen überdurchschnittlich gefährlich und bedrohlich, jedoch in geringerer Masse als die für Notsituationen vorgeschlagenen Signale.

In einer Kultur vergleichenden Untersuchung mit japanischen und deutschen Versuchspersonen konnten Kuwano, Namba, Fastl und Schick (1997, zit. nach Malter & Guski, 2001) zeigen, dass insbesondere diejenigen Signale kulturübergreifend von allen Personen als besonders gefährlich beurteilt wurden, in denen zwei Frequenz-Komponenten einander abwechselten oder die frequenzmodulierte Komponenten enthielten. Ausserdem wurden Signale mit langsamem Pegel-Anstieg (und schnellem

Abfall) von allen Personen als „gefährlicher“ bewertet als Signale mit schnellem Anstieg und langsamem Abfall.

Empfehlung für die Verwendung verschiedener akustischer Signale:

Aus den Daten lassen sich praktische Schlussfolgerungen ziehen: So, wie Menschen mit Wörtern wie „gefährlich“ oder „bedrohlich“ unterschiedliche Situationen assoziieren, gilt dies in gleicher Weise auch für akustische Signale. Einige klingen deutlich „gefährlicher“ als andere und lösen eindeutige Handlungstendenzen im Sinne eines Abwendungsverhaltens aus. Bestimmte **Sirenen-Signale** scheinen ebenso wie **Typhon-Klänge** gut geeignet zu sein, um auf Gefahrensituationen aufmerksam zu machen und ein entsprechendes sicherheitsgerechtes Verhalten auszulösen.

Signale, in denen **zwei Frequenz-Komponenten** einander abwechseln oder die frequenzmodulierte Komponenten enthalten, sowie Signale mit **langsamem Pegel-Anstieg** (und schnellem Abfall) werden als „gefährlicher“ bewertet als Signale ohne Frequenzmodulation und solche mit schnellem Anstieg und langsamem Abfall.

Eine Passung für die Gefahrensignalisation auf Perrons wäre entsprechen zu prüfen.

4.4.2 Akustische oder optische Signalisation?

Um die Signaldichte möglichst gering zu halten und Lärm- und Lichtverschmutzung zu vermeiden, wird man – wo möglich – die Signalisation in nur einer Modalität vornehmen. Deathridge (1972) hat einige Situationsmerkmale zusammengetragen, die für die Entscheidung zwischen optischer oder akustischer Signalisation herangezogen werden können¹¹ (Tab. 9).

Dennoch ist zu bedenken, dass eine multimodale Signalisation aus psychologischer Sicht mehrere Vorzüge bietet:

- Multimodalität bietet eine höhere Redundanz und damit im Allgemeinen eine verbesserte Wahrnehmbarkeit.
- Im Allgemeinen erhöht Multimodalität die Reaktionsgeschwindigkeit der Personen (Edworthy, Stanton & Hellier, 1995, zit. nach Malter & Guski, 2001).
- Eine multimodale Signalisation ist in höherem Masse fail-safe.
- Eine multimodale Signalisation erleichtert die Wahrnehmbarkeit für sinnesbeeinträchtigte Personen und trägt damit den Anforderungen des BehiG sowie des TSI-PRM besser Rechnung.

¹¹ Diese Aspekte gelten jedoch nur für nicht-sinnesbeeinträchtigte Personen.

Tab. 9. Auswahlaspekte visueller und auditiver Anzeigen (Deathridge, 1972)

Akustische Signalisation, wenn	Optische Signalisation, wenn
die Botschaft einfach ist	die Botschaft komplex ist
die Botschaft kurz ist	die Botschaft lang ist
die Botschaft sich <i>nicht</i> auf ein späteres Ereignis bezieht	die Botschaft sich auf ein späteres Ereignis bezieht
die Botschaft sich auf ein unmittelbar bevorstehendes Ereignis bezieht	sich die Botschaft auf eine bestimmte Lokation im Raum bezieht
die Botschaft auf eine sofortige Reaktion abzielt	die Botschaft nicht auf eine sofortige Reaktion abzielt
das visuelle System überlastet ist	das akustische System überlastet ist
die Umgebung zu hell oder zu dunkel ist, so dass optische Signale schlecht wahrnehmbar sind	die Umgebung zu laut ist, so dass akustische Signale schlecht wahrnehmbar sind
sich die Personen sehr viel bewegen	sich die Personen nicht oder wenig bewegen

4.4.3 Modalität und Dringlichkeit

In der folgenden Tabelle 10 sind einige Charakteristika akustischer und optischer Signale dargestellt, die zur Vermittlung einer bestimmten Botschaft und Dringlichkeit notwendig sind (aus: Forschungsbericht Fb 1074 „Maschinennormung und Ergonomie“, Anhang 9, Anforderungskatalog 4 „Anforderungen an (Maschinen-) Elemente zur Informationsaufnahme“, 2006).

Zu beachten ist hierbei, dass insbesondere unter dem Gesichtspunkt der Vorgaben des BehiG sowie der Richtlinien des TSI-PRM ist eine multimodale Signalisation durchaus sinnvoll und angebracht ist.

Tab. 10 Signale für allgemeine Zwecke, nach dem Grad der Dringlichkeit aufgeführt nach DIN EN 981(aus: Forschungsbericht Fb 1074 „Maschinennormung und Ergonomie“, Anhang 9, Anforderungskatalog 4 „Anforderungen an (Maschinen-) Elemente zur Informationsaufnahme“, 2006, Tab. 3, S. 8)

Mitteilungskategorie	Akustisches Signal		Optisches Signal
	Verfügbares Merkmal für Phase AN	Zeitverlauf	
GEFAHR Dringende Massnahme zwecks Rettung oder Schutz	Gleitend Schallstöße Abwechselnd (2 oder 3 Frequenzstufen) Die Dringlichkeit kann durch schnellen Rhythmus, Dissonanz oder hochfrequenten Ton hervorgehoben werden	Fortlaufend oder abwechselnd AN / AUS Abwechselnd AN / AUS Jedes Gefahrensignal muss einen Zeitverlauf haben, der sich deutlich von der Not-Evakuierung unterscheidet	Rot
VORSICHT Bei Bedarf handeln	Nur ein Schall mit konstantem Spektrum, Mindestdauer 0.3 s	Abwechselnd AN / AUS Deutlich unterscheidbar von der Not-Evakuierung Höchstens zwei unterschiedliche AN-Segmente in einem Verlauf; das erste Segment ist lang	Gelb
GEBOT Notwendigkeit vorgeschriebener Massnahmen	2 oder 3 verschiedene Schalle, jeder mit konstantem Spektrum	Fortlaufend oder abwechselnd AN / AUS	Blau (siehe EN 60073)
DURCHSAGE / INFORMATION Öffentliche Anweisung	Zweitön-Gong	Hoch / Tief ohne Wiederholung (mit anschließender Anweisung)	Im Allgemeinen kein Lichtsignal Falls erforderlich: gelbe Doppelblitzlichte ohne Wiederholung
ALLES KLAR Gefahr vorüber	Schall mit konstantem Spektrum	Fortlaufend, mindestens 30 s Signal, das dem vorausgegangenen Warnsignal folgt	Grün
Anmerkung: Die Gleichzeitigkeit von Schall und Licht ist im Allgemeinen nicht erforderlich, kann jedoch die Wahrnehmung verbessern.			

4.4.4 Fazit

Generelle Gestaltungsempfehlungen für optische und akustische Sicherheits- und Gesundheitsschutzkennzeichen

Sicherheits- und Gesundheitsschutzkennzeichen sind so zu gestalten, dass:

- sie nicht übersehen werden
- sie die Aufmerksamkeit auf sich lenken
- sie mit anderen Zeichen nicht verwechselt werden können
- sie zum geeigneten Zeitpunkt ausgelöst werden
- der Sachverhalt eindeutig und leicht verständlich ist
- sie eindeutig sind und der Situation und der daraus resultierenden Handlung zugeordnet werden können
- Art und Anzahl der Signale die richtige Reaktion nicht verhindern (zu viele verschiedene Gefahrensignale schaffen Verwirrung und verfehlen ihren Zweck)
- Sinnes- und/oder Mobilitätsbeeinträchtigungen (im Sinne des BehiG sowie der Richtlinien des TSI-PRM) innerhalb der Zielgruppe eines Gefahrensignals berücksichtigt werden

Und nicht zuletzt:

- Warnungen sollten niemals als Ersatz für gute Praxis benutzt werden (Laroche, Tran Quoc, Hetu & McDuff, 1991, zit. nach Malter & Guski, 2001).
- Unfall- und Risikodaten können genutzt werden, um zu entscheiden, ob ein Warnsignal für einen bestimmten Zweck benötigt wird oder nicht.
- Benutzer-orientierte Methoden zur Entwicklung auditiver und optischer Warnsignale können dazu beitragen, dass Warnsignale leichter erlernt werden.

5 Bewertung ausgewählter Sicherheitssysteme bzgl. der psychologisch relevanten Aspekte

5.1 Auswahl der Sicherheitssysteme

Folgende Sicherheitssysteme sollen bezüglich ihrer psychologischen Eignung, ihrer Vor- und Nachteile im Kapitel 5 beurteilt werden:

Taktil / haptisch	Optisch / visuell	Akustisch
Absperrgitter	Bodenmarkierungen	Lautsprecherdurchsagen ¹²
	Warntafeln	Warntöne
	Lichtsignalisation	
	Opto-akustische Warnsysteme	
Visuell-taktile Sicherheitslinie		
Videoüberwachung		
Personal auf dem Perron		

Diese Systeme existieren bereits auf Perrons in der Schweiz. Zusätzlich werden einige weitere Sicherheitssysteme vorgestellt, die in der Schweiz nicht in Betrieb sind, für die aber einige Erfahrungen aus Verkehrsunternehmen anderer Länder vorliegen (siehe Abschnitte 5.3.9 – 5.3.11).

Die Sicherheitssysteme haben jeweils unterschiedliche Funktionen und wirken zu verschiedenen Zeitpunkten.

Allgemeine Funktionen von Sicherheitssystemen auf Perrons:

- Aufmerksamkeit bei den Passagieren erzeugen und auf die drohende Gefahr lenken (Warnen)
- Lenken des Bewegungsstroms der Passagiere
- (psychologisches) Abhalten der Passagiere vom Betreten des unsicheren Bereiches nahe der Perronkante
- (physisches) Schützen der Passagiere
- Erkennen gefährdeter Personen

¹² Auf die Beurteilung von Lautsprecherdurchsagen soll in diesem Bericht verzichtet werden, da ihre Bewertung in einer separaten Arbeit (BA Michelsen) vorgenommen wird.

Bei allen diesen Systemen ist zusätzlich immer auch ihre Eignung für physisch und psychisch beeinträchtigte Personen (entsprechend BehiG und TSI-PRM) sicherzustellen!

5.2 Bewertungskriterien

Um die Sicherheitssysteme beurteilen zu können, braucht es geeignete Kriterien. Nachfolgend werden ausschliesslich **psychologische** Kriterien zur Bewertung der Systeme herangezogen. Technische wie auch ökonomische Kriterien bleiben an dieser Stelle unberücksichtigt.

5.2.1 Allgemeine Bewertungskriterien

Kriterium	Erwünschte Ausprägung
Wahrnehmbarkeit (Salienz)	Das Sicherheitssystem hebt sich hinreichend ¹³ vom Hintergrund ab.
Erkennbarkeit	Das Sicherheitssystem ist als <i>Sicherheitssystem</i> erkennbar.
Verständlichkeit	Die Botschaft des Sicherheitssystems ist verständlich.
Motivation	Das Sicherheitssystem hat einen hinreichenden Aufforderungscharakter, d.h. es motiviert Personen zu sicherheitsgerechtem Verhalten.

5.2.2 Spezifische Bewertungskriterien

Kriterium	Erwünschte Ausprägung
Eignung für bestimmte Personengruppen	Das Sicherheitssystem ist geeignet für: <ul style="list-style-type: none"> - Kinder - Jugendliche - alte Menschen - Gruppen - Pendler - Menschen mit Sinneseinschränkungen und Mobilitätsbeeinträchtigungen (entsprechend BehiG und TSI-PRM)* - Analphabeten* - Ausländische Fahrgäste*
Eignung für spezifische personale Bedingungen	Das Sicherheitssystem ist geeignet für: <ul style="list-style-type: none"> - Fahrgäste, die abgelenkt sind - Fahrgäste, die unter Alkohol- oder Drogeneinfluss stehen

¹³ Das Mass für „hinreichend“ wird jeweils pro Modalität definiert (z.B. über Schalldruckpegeldifferenzen bei akustischen Warnsignalen).

Eignung für spezifische situative Bedingungen	Das Sicherheitssystem ist geeignet: <ul style="list-style-type: none"> - bei Grossanlässen - zur Rush Hour - an allen Wochentagen - an Wochenenden - nachts - bei Nebel, Schnee, starker Sonneneinstrahlung usw.
---	--

*) Die mit einem Stern gekennzeichneten Personengruppen werden im Folgenden nur am Rande berücksichtigt. Es werden aber jeweils Hinweise dazu gegeben, wo insbesondere bzgl. des BehiG spezifische Gestaltungsaspekte zu berücksichtigen sind

5.3 Beurteilung der Systeme

5.3.1 Visuell-taktile Sicherheitslinie



Abb. 5. Taktil-visuelle Sicherheitslinie

Funktion:

- Lenkung der Passagiere
- Vermittlung von Information an die Passagiere, wo der sichere Bereich beginnt
- Gewährleisten eines sicheren Abstandes der Passagiere zur Perronkante
- Orientierung für Sehingeschränkte und Blinde

	Pro	Contra
Wahrnehmbarkeit	Gut für Seheingeschränkte (Schulung)	Bei Schnee und fehlender Überdachung schlecht Abrieb durch Räumfahrzeuge und dann schlechte Wahrnehmbarkeit
Erkennbarkeit	Gut für Seheingeschränkte (Schulung)	
Verständlichkeit	Gut für Seheingeschränkte (Schulung)	Viele Passagiere kennen die Bedeutung der Linie nicht Besonders problematisch, wenn die Gestaltung nicht einheitlich ist (Abb. 6)
Motivation		Insbesondere bei schlechten baulichen Gegebenheiten (enge Passagen) und hohem Passagieraufkommen fraglich (Abb. 7)



Abb. 6. Uneinheitliche Gestaltung der visuell-taktilen Sicherheitslinie, hier mit roter Farbunterlegung



Abb. 7. Sicherheitslinie verstellt durch Koffer, Reinigungswagen usw.

Gestaltungshinweise:

- Sicherheitslinien sollten einheitlich gestaltet werden (keine unterschiedlichen farblichen Unterlegungen)
- Die Funktion und der Sinn der Linie sollten breiter kommuniziert werden (siehe Abschnitt 5.4 zu flankierenden Massnahmen)
- Es sollte sichergestellt werden (z.B. durch Kombination mit anderen Bodenmarkierungen), dass der sichere Bereich hinter der Linie nicht verstellt wird, insbesondere dann, wenn der Bereich sehr schmal ist
- Der Abstand zwischen der schrägen taktil-visuellen Linie und der durchgezogenen weissen Linie muss hinreichend gross sein, sonst wird die Linie – entsprechend der Gestaltgesetze der Wahrnehmung¹⁴ – als durchgezogen wahrgenommen (Gesetz der fortgesetzt durchgehenden Linie¹⁵, Gesetz der Kontinuität¹⁶) → Forderung der Behindertenverbände: mindestens 1 m



¹⁴ Ein Gestaltgesetz bezeichnet die Art des Zusammenschlusses von erlebten Teilen zu einer erlebten Ganzheit, oft neben einer Gruppe von einzelnen Gegebenheiten. „Der Zusammenschluss erfolgt *derart*, dass die entstehenden Ganzen in irgendeiner Weise vor anderen denkbaren Einteilungen *gestaltlich ausgezeichnet* sind“, und zwar u. a. so, „dass möglichst *einfache, einheitliche, ...geschlossene, ...symmetrische, ...gleichartige* Ganzgebilde entstehen“ (Metzger, 1954, S. 108 f).

¹⁵ Reize, die eine Fortsetzung vorangehender Reize zu sein scheinen, werden als zusammengehörig angesehen.

¹⁶ Linien werden immer so gesehen, als folgten sie dem einfachsten Weg. Kreuzen sich zwei Linien, so gehen wir nicht davon aus, dass der Verlauf der Linien an dieser Stelle einen Knick macht.

5.3.2 Warntafeln



Abb. 8. Warntafel

Warntafeln sind Tafeln und/oder Piktogramme zur Warnung vor schnellen Zugdurchfahrten und zur Kennzeichnung und Freihaltung des Gefahrenbereiches.

Funktion:

- Warnen der Passagiere
- Lenkung der Passagiere
- Kenntlichmachen und Freihalten des Gefahrenbereiches
- Gewährleisten eines sicheren Abstandes der Passagiere zur Perronkante

	Pro	Contra
Wahrnehmbarkeit		Hängt sehr stark von der Grösse und Platzierung ab Für Sehingeschränkte schlecht Bei schlechten Sichtbedingungen ungeeignet
Erkennbarkeit	Gut, da die Farben kulturell als Ge- und Verbotfarben gelernt sind	
Verständlichkeit	Gut, da die Botschaft zusätzlich sprachlich vermittelt wird	
Motivation	Gut, wenn die Tafel gut sichtbar ist und die baulichen Gegebenheiten das angemessene Verhalten nicht allzu sehr erschweren	Insbesondere bei schlechten baulichen Gegebenheiten (enge Passagen) und hohem Passagieraufkommen fraglich

Gestaltungshinweise:

- Tafel muss gross genug sein (siehe Abschnitte 4.3.3.2 und 4.3.3.3).
- Tafel sollte in Blickrichtung und ungefährer Augenhöhe der Passagiere angebracht sein.
- Die Lokalisation der Tafeln muss dem jeweiligen Ort und der Funktion angemessen sein.

- **Die optimale Grösse und Platzierung der Tafel sollten empirisch geprüft werden!**

5.3.3 Bodenmarkierungen

Bodenmarkierungen sind flächige Markierungen eines Gefahrenbereiches und zur Unterscheidung des Gefahren- vom Aufenthaltsbereich. Die Markierungen erfolgen durch den Einsatz von Farben (rot-weiss oder gelb oder durch Oberflächentexturen).

In der Schweiz gibt es eine Vielzahl von verwendeten Zeichen, Farben und Formen auf den Perrons. Die Gestaltung ist weder bzgl. Farbe, Anordnung noch Platzierung einheitlich. Alle hier berücksichtigten Markierungen haben jedoch folgende – einheitliche – Funktionen:

Funktion:

- Lenkung der Passagiere
- Abhalten der Passagiere vom Betreten des unsicheren Bereiches nahe der Perronkante
- Gewährleisten eines sicheren Abstandes der Passagiere zur Perronkante

Im Folgenden sollen zwei gängige Bodenmarkierungen beurteilt werden:

- rot-weiße Schraffuren zur Kennzeichnung von Bereichen, in denen sich Passagiere nicht aufhalten sollen (wie z.B. auf den RBS-Perrons in Bern Hbf)
- gelbe Kreuze, die auf einigen Bahnhöfen den unsicheren Bereich nahe der Perronkante jenseits der weissen Sicherheitslinie markieren, insbesondere bei sehr schmalen Passagen aufgrund von Treppen oder Rampen (z.B. im Bahnhof Zürich Oerlikon)

Auf eine Darstellung und Beurteilung der weissen durchgezogenen Sicherheitslinie soll an dieser Stelle verzichtet werden. Sie ist ausführlich dargestellt im BAV-Bericht „Distances sur les quais: Zone de danger – Zone sûr“ (Keusen, 2010).

5.3.3.1 Rot-weiße Markierungen



Abb. 9. Rot-weiße Bodenmarkierung, wie sie von der RBS im Bahnhof Bern verwendet werden

	Pro	Contra
Wahrnehmbarkeit	Gut bei ausreichenden Wahrnehmungsbedingungen	Bei Nacht, bei Schnee und fehlender Überdachung schlecht Für Sehingeschränkte schlecht
Erkennbarkeit	Gut, da die Farben kulturell als Warn- und Verbotfarben gelernt sind	
Verständlichkeit	Gut, insbesondere wenn die Botschaft zusätzlich sprachlich vermittelt wird	
Motivation		Insbesondere bei schlechten baulichen Gegebenheiten (enge Passagen) und hohem Passagieraufkommen fraglich Gewöhnungseffekte bei fehlenden Sanktionen

5.3.3.2 Gelbe Markierungen



Abb. 10. Gelbe Kreuze auf dem Perronboden, die den Gefahrenbereich entlang der Treppen bzw. Rampen markieren

	Pro	Contra
Wahrnehmbarkeit	Gut bei ausreichenden Wahrnehmungsbedingungen	Bei Nacht, bei Schnee und fehlender Überdachung schlecht Für Sehingeschränkte schlecht
Erkennbarkeit	Erkennbarkeit als <i>Warn</i> -System vermutlich gut, da „gelb“ eine Standard-Warnfarbe ist	
Verständlichkeit		Unklar, wenn die Platzierung der gelben Kreuze missverständlich ist (Abb. 11) Missverständnisse können ausserdem dadurch entstehen, dass „gelb“ im Strassenverkehr für Fussgänger auch als eine Gebots-Farbe verwendet wird (z.B. beim „Zebrastrreifen“)
Motivation		Insbesondere bei schlechten baulichen Gegebenheiten (enge Passagen) und hohem Passagieraufkommen fraglich Gewöhnungseffekte bei fehlenden Sanktionen

Gelbe Bodenmarkierungen

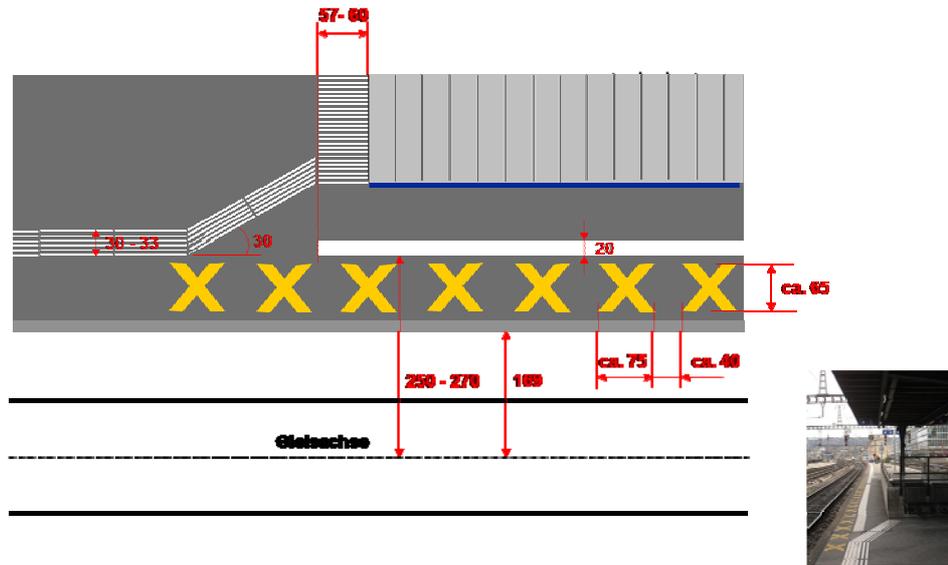


Abb. 11. Ungünstige Platzierung der gelben Markierungen, da die gelben Kreuze nur entlang der engen Passage der Treppe verwendet werden, aber auch jenseits der Treppen verhindert werden soll, dass sich Passagiere nahe der Perronkante bewegen

Abb. 12, Abb. 13 und Abb. 14 zeigen mögliche Gestaltungsvarianten für rot-weiße bzw. gelbe Bodenmarkierungen.

Rot-weiße Bodenmarkierungen

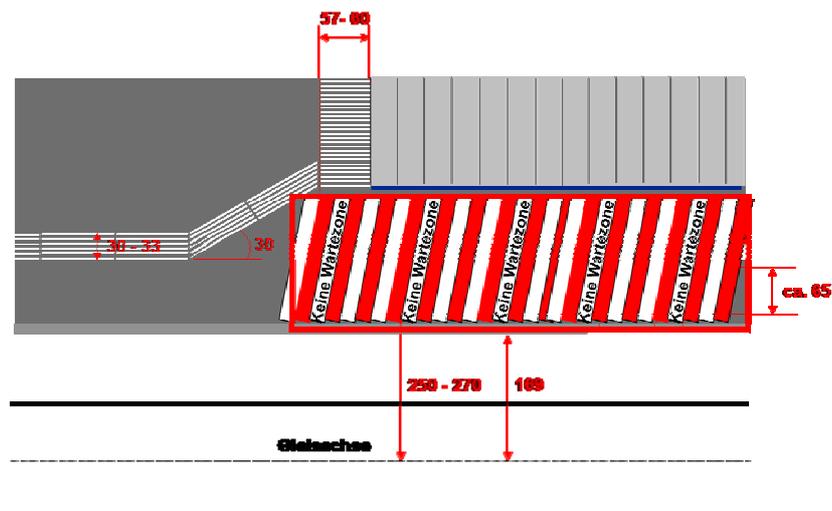


Abb. 12. Mögliche Bodenmarkierung mit rot-weißer Schraffur (analog wäre auch eine schwarz-gelbe Schraffur möglich) zur Kennzeichnung des Bereiches, in dem Passagiere nicht warten sollen

Gelbe Bodenmarkierungen

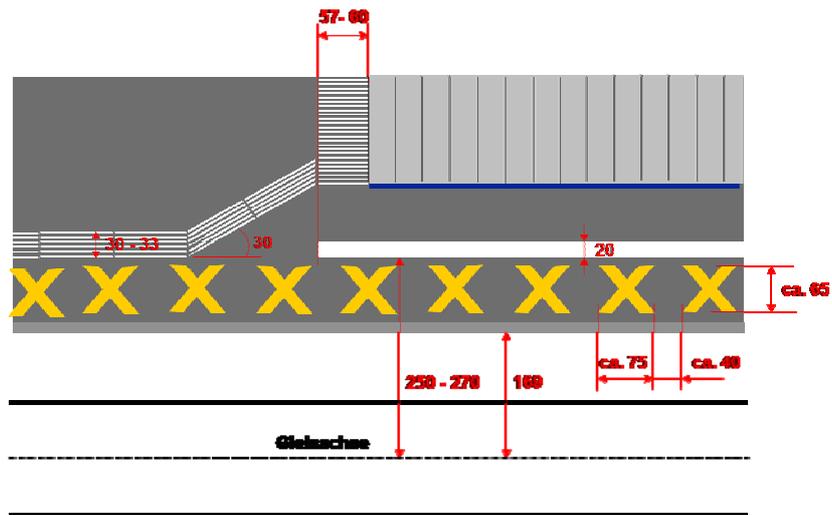


Abb. 13. Mögliche Bodenmarkierung mit gelben Kreuzen, die über die gesamte Perronlänge den unsicheren Bereich markieren, in dem sich Passagiere möglichst nicht aufhalten sollen



Abb. Xa.

Bodenmarkierungen

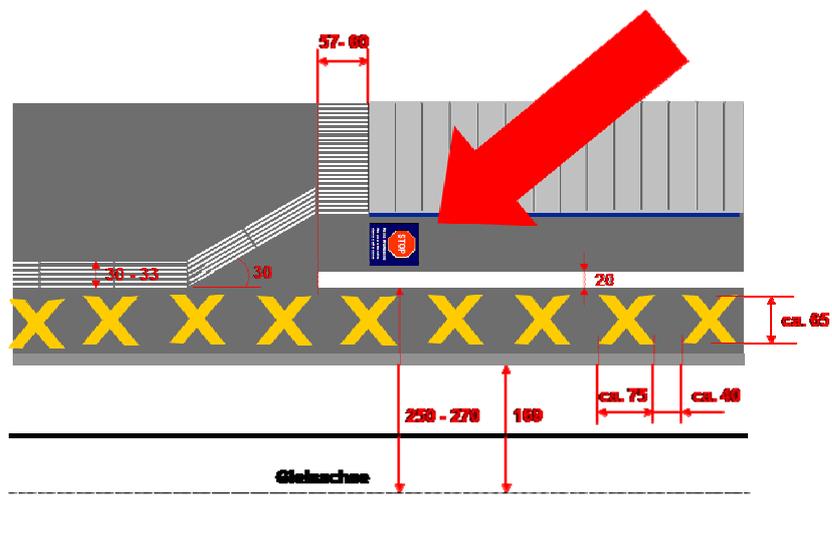


Abb. 14a. und 14b. Dieses Symbol (Abb. 14a) könnte auf dem Perronboden platziert werden, nahe der Treppen (Abb. 14b), wo die schmale Passage zur Perronkante beginnt und man das Warten von Passagieren verhindern will (in ähnlicher Form ist eine solche Bodenmarkierung bereits realisiert in Bremgarten West bei der BDWM)

Generelle Gestaltungshinweise für alle Bodenmarkierungen:

- Markierungen müssen eindeutig sein! Dies wird erreicht durch:
 - eindeutige Farbgebung (rot-weiss ist psychologisch eindeutiger als gelb, aber gelb-schwarz ist bzgl. des Kontrastes besser von Sehbeeinträchtigten zu erkennen)
 - eindeutige Platzierung
 - zusätzliche Verwendung von bekannten Symbolen oder sprachliche Unterlegung
- Dazu die Gestaltungshinweise in Abschnitt 4.3 berücksichtigen
- Minimal-Kontraste ($K > 0.4 - 0.6$) gewährleisten!
- Sinnes- und mobilitätsbeeinträchtigte Personen berücksichtigen!

- **Gestaltungsvorschläge sollten empirisch geprüft werden!**

5.3.4 Lichtsignalisation

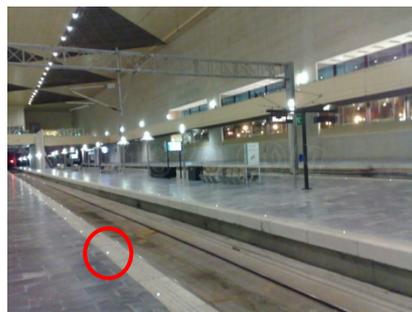


Abb. 15. In den Boden nahe der Perronkante eingelassene Blinklichter

Solche Blinklichter werden z.B. im Bahnhof Bern-Wankdorf verwendet.

Funktion:

- Warnung der Passagiere und Aufmerksamkeitslenkung auf eine drohende Gefahr
- Abhalten der Passagiere vom Betreten des unsicheren Bereiches nahe der Perronkante
- Gewährleisten eines sicheren Abstandes der Passagiere zur Perronkante

	Pro	Contra
Wahrnehmbarkeit	Für Hörbeeinträchtigte u.U. geeignet	Bei hoher Grundhelligkeit schlecht Für Seheingeschränkte schlecht Nur geeignet, wenn Passagiere hinreichend aufmerksam sind, d.h. ungeeignet bei abgelenkten oder alkoholisierten Passagieren Nicht fail-safe
Erkennbarkeit		Fraglich
Verständlichkeit		Fraglich
Motivation	Gut, wenn Ereignisbezogenheit gewährleistet ist (Konditionierung!)	Kinder könnten sich von blinkenden Lichtern im Boden noch angezogen fühlen

Gestaltungshinweise:

- Lichtsignalisation sollte immer ereignisbezogen erfolgen (Konditionierung!), wie z.B. in Wankdorf, wo in den Boden an der Perronkante eingelassene Blinklichter max. 30 s vor Einfahrt des Zuges blinken
- Bzgl. Leuchtdichte, Farbe, Helligkeits- und Farbkontrasten, Blinkfrequenz usw. Gestaltungsempfehlungen in Abschnitt 4.3 beachten
- Kopplung mit akustischem Warnsignal ist sinnvoll, um genügend Aufmerksamkeit zu erzeugen und um auch seheingeschränkte Personen zu erreichen (siehe dazu auch die Abschnitte 4.4.2 und 4.4.3)
- Sinnvoll, wenn selten gewarnt werden muss (bei häufigen Warnungen Gewöhnungseffekte)

5.3.5 Akustische Warnsignale

5.3.5.1 Zyklische Signale

Hierbei handelt es sich um sich periodisch wiederholende akustische Signale (meist Lautsprecherdurchsagen) zur Warnung vor allgemeinen Gefahren auf dem Perron, wie z.B. schnellen Zugdurchfahrten. Ein Beispiel für eine solche zyklische Durchsage bei der DB ist die Durchsage: „Achtung, Zugbetrieb! Halten Sie Abstand von der Bahnsteigkante und betreten Sie den gekennzeichneten Bereich erst nach Halt des Zuges!“

Funktion:

- Warnung der Passagiere vor allgemeinen Gefahren auf dem Perron
- Aufrechterhaltung einer generellen Grundaufmerksamkeit der Passagiere
- Abhalten der Passagiere vom Betreten des unsicheren Bereiches nahe der Perronkante
- Gewährleisten eines sicheren Abstandes der Passagiere zur Perronkante

	Pro	Contra
Wahrnehmbarkeit	Gut geeignet für Sehbeeinträchtigte	Bei hohem Lärmpegel auf dem Perron ungeeignet Für Hörbeeinträchtigte schlecht Gewöhnungseffekte bei hoher Durchsagefrequenz
Erkennbarkeit	Gut geeignet für Sehbeeinträchtigte	Bei hohem Lärmpegel auf dem Perron ungeeignet
Verständlichkeit	Gut, da genaue Verhaltensanweisungen gegeben werden können	Problematisch für Hörbeeinträchtigte und bei fehlenden Sprachkenntnissen
Motivation		Wenig motivierend, da kein konkreter Ereignisbezug Gewöhnungseffekte

5.3.5.2 Zuggenaue Signale

Zuggenaue akustische Signale (Warntöne oder Lautsprecherdurchsagen), die bezogen auf eine konkrete Gefährdung zeitnah die Passagiere warnen. Z.B. „Achtung am Gleis/Bahnsteig (Bezeichnung) ein Zug fährt durch/ein. Ich wiederhole - Achtung am Gleis/Bahnsteig (Bezeichnung) ein Zug fährt durch/ein.“

Funktion:

- Warnung der Passagiere vor einer unmittelbar bevorstehenden Gefahr (ein- oder durchfahrender Zug)
- Unmittelbare Aktivierung der Aufmerksamkeit der Passagiere (Orientierungsreaktion)
- Abhalten der Passagiere vom Betreten des unsicheren Bereiches nahe der Perronkante
- Gewährleisten eines sicheren Abstandes der Passagiere zur Perronkante

	Pro	Contra
Wahrnehmbarkeit	Gut geeignet für Sehbeeinträchtigte	Bei hohem Lärmpegel auf dem Perron ungeeignet Für Hörbeeinträchtigte schlecht
Erkennbarkeit	Gut geeignet für Sehbeeinträchtigte	Bei hohem Lärmpegel auf dem Perron ungeeignet
Verständlichkeit	Gut, da genaue Verhaltensanweisungen gegeben werden können	Problematisch für Hörbeeinträchtigte und bei fehlenden Sprachkenntnissen
Motivation	Gut, da die Warnung ereignisbezogen erfolgt (Konditionierung!)	Fraglich, wenn keine Verhaltensanweisungen gegeben werden Gewöhnungseffekte bei Pendlern

Generelle Gestaltungshinweise für akustische Warnsignale:

- Wahrnehmbarkeit der Signale und ihre Unterscheidbarkeit von Stör- und Hintergrundgeräuschen muss gewährleistet sein
 - Lautstärke
 - Verständlichkeit usw.
- Dazu sind Gestaltungsempfehlungen hinsichtlich Schalldruckpegel, Frequenz, Zeitverlauf, Dauer und Dringlichkeit zu beachten (siehe Abschnitt 4.2)
- Züggenaue Durchsagen sind vermutlich geeigneter als zyklische (Erwartungsbildung, Konditionierung!)
- **Dies sollte jedoch empirisch geprüft werden!**
- *Warnhinweise* akustisch unterscheidbar machen von anderer Kundeninformation, z.B. durch Typhon-Signal oder Signale, in denen zwei Frequenz-Komponenten einander abwechseln oder die frequenzmodulierte Komponenten enthalten
- Ggf. Kopplung mit optischem Warnsignal, um alle sinnesbeeinträchtigten Personen ebenfalls zu erreichen

Aus psychologischer Sicht wichtig zu beachten:

- Solche Signale auswählen, die erwünschte Handlungstendenzen auslösen (Abwendungsreaktion, siehe Abschnitt 4.4.1), ohne den Passagier unnötig zu erschrecken
- „Persönliche“ Durchsagen sind vermutlich geeigneter als unpersönliche (zur empirischen Prüfung siehe BA Michelsen)
- Wann immer möglich, das akustische Warnsignal mit einer konkreten Verhaltensanweisung koppeln!

5.3.6 Absperrungen



Abb. 16. Absperrungen an der Perronkante

Hierbei handelt es sich um längsseitige Absperrungen mit offenen Durchgängen zwischen dem Aufenthalts- und dem Gefahrenbereich.

Funktion:

- Abhalten der Passagiere vom Betreten des unsicheren Bereiches nahe der Perronkante
- Schutz der Passagiere
- Gewährleisten eines sicheren Abstandes der Passagiere zur Perronkante

	Pro	Contra
Wahrnehmbarkeit	Sehr gut, da unabhängig von äusseren Wahrnehmungsbedingungen	
Erkennbarkeit	Sehr gut	
Verständlichkeit	Seht gut	Kinder und Jugendliche könnten zum Klettern verleitet werden
Motivation	Irrelevant, weil Passagiere nicht zum sicherheitsgerechten Verhalten motiviert werden müssen, sondern sicherheitsgefährdendes Verhalten unterbunden wird	Bei hohem Passagieraufkommen und hoher Zugfrequenz dann ungeeignet, wenn dadurch der Passagierstrom behindert wird

Gestaltungshinweise:

- Nur dort sinnvoll, wo keine zusätzliche Behinderung des Passagierflusses entsteht
- Ausreichende Höhe realisieren, ggf. farblich (rot-weiss) markieren
- Ggf. nicht permanente Absperrgitter nutzen, wenn Gefährdung nur zu bestimmten Zeitpunkten (z.B. bei Anlässen) besteht

5.3.7 Personal auf dem Perron

(Zusätzliches) Personal auf den Perrons (z.B. bei Grossanlässen, wie Fussballmatches in Wankdorf oder an Winterwochenenden auf dem Bahnhof Visp) soll die Sicherheit der Passagiere erhöhen, vor möglichen Gefahren warnen und vor Gefährdungen schützen. Insofern wird „Personal auf dem Perron“ als nicht-technische Sicherheitsmassnahme hier mit behandelt.

Funktion:

- Warnung der Passagiere
- Lenkung der Passagiere
- Abhalten der Passagiere vom Betreten des unsicheren Bereiches nahe der Perronkante
- Erkennen von gefährdeten Personen
- Gewährleisten eines sicheren Abstandes der Passagiere zur Perronkante

	Pro	Contra
Wahrnehmbarkeit	Personal kann auf dem Perron umhergehen und sich an besonders kritischen Punkten positionieren	Personal muss auf dem Perron anwesend sein (Kosten!) Eingeschränkter Wahrnehmungsbereich des Personals
Erkennbarkeit	Gut, weil sich das Bahnpersonal durch Uniformen von Passagieren abhebt	
Verständlichkeit	Gut, weil klare Verhaltensanweisungen gegeben werden können	
Motivation	Gut, wenn klare Verhaltensanweisungen gegeben und sicherheitsgefährdende Verhaltensweisen sanktioniert werden	Wirkung fraglich bei alkoholisierten Personen

Einsatzhinweise:

- Sinnvoll, wenn sich die Risikofaktoren auf bestimmte Zeiträume begrenzen lassen (bei Grossanlässen, zu bestimmten Uhrzeiten...)
- Personal muss geschult werden im Umgang mit Passagieren, die sicherheitsgefährdendes Verhalten zeigen (Sanktionierung muss geklärt werden)

5.3.8 Videoüberwachung



Abb. 17. Videoüberwachungskamera

Funktion:

- Erkennen von gefährdeten Personen
- Alarmierung, wenn die Videoüberwachung mit optischen oder akustischen Warnsignalen gekoppelt wird
- „Lenkung durch Abschreckung“
- Abhalten der Passagiere vom Betreten des unsicheren Bereiches nahe der Perronkante
- Gewährleisten eines sicheren Abstandes der Passagiere zur Perronkante

5.3.8.1 „Konventionelle“ Videoüberwachung

Bei einer zentralen Videoüberwachung werden Bahnsteige und bestimmte Bahnhofsbereiche mit mehreren Videokameras ausgestattet und zentral von einer Leitstelle überwacht. Teilweise werden die Videokameras erst bei Auslösen von auf den Bahnsteigen vorhandenen Notrufsäulen zugeschaltet, wobei dann die Mitarbeiter in der Leitzentrale audiovisuell mit dem betreffenden Bahnsteig verbunden sind und über eine Lautsprecheranlage Einfluss auf die Situation nehmen können. Die installierten Videokameras überstreichen, insbesondere bei Perrons mit kleinen Krümmungsradien, einen grösseren Bahnsteigbereich.

	Pro	Contra
Wahrnehmbarkeit	Personal muss nicht auf dem Perron sein	Sehr stark abhängig von der Platzierung Aufmerksamkeit des Personals am Überwachungsmonitor notwendig
Erkennbarkeit		Nur bei guter Platzierung Eingeschränkter Überwachungsbe- reich
Verständlichkeit	Gut, wenn das System im Bedarfsfall konkrete Verhaltensanweisungen gibt (automatisch oder durch Personal)	System selbst warnt nicht, muss dann vom Bahnpersonal oder einem automatischen System übernommen werden
Motivation	Gut, wenn das System wahrgenommen wird, wenn es im Bedarfsfall konkrete Verhaltensanweisungen gibt (automatisch) und wenn Sanktionen auf sicherheitsgefährdendes Verhalten erfolgen (Konditionierung!)	System selbst greift nicht ein, muss dann vom Bahnpersonal übernommen werden „Abschreckungswirkung“ fraglich insbesondere bei <ul style="list-style-type: none"> • Pendlern • Personen unter Alkohol- und Drogeneinfluss • abgelenkten Personen

5.3.8.2 Digitale, „intelligente“ Videoüberwachung

Die heute existierenden „intelligenten“ Videoüberwachungssysteme können mit Hilfe von Videobewegungssensoren grosse Bereiche einsehen, Veränderungen im Videobild erkennen und – ausgestattet mit der entsprechenden Software – Entscheidungen treffen. Zudem sind die Systeme in der Lage, auf der Basis von Modellen und unabhängig von der Aufmerksamkeit des Personals, Personen mit Videokameras automatisch zu identifizieren. Neben der Anzahl der im Bild sichtbaren Personen werden auch deren Position und Bewegungen ermittelt.

Diese digitalen Videosysteme können bei der Überwachung von ausgewählten Bahnhöfen und Bahnsteigbereichen eingesetzt werden. Bei Überschreiten eines definierten Bereiches, z.B. der weissen Sicherheitslinie entlang der Perronkante, durch Personen erfolgt automatisch die Übertragung der Videobilder des betreffenden Perrons zu den Monitoren in der Leitzentrale. Gleichzeitig werden die Personen durch das Videosystem erfasst, das in der Folge deren Position bestimmen und ihre weiteren Bewegungen verfolgen kann.

Der Leitzentrale ist es dann möglich, die betreffende(n) Person(en) gezielt anzusprechen oder andere Massnahmen einzuleiten. Es ist ebenfalls denkbar, dass in der Software des digitalen Videosystems ein Entscheidungsalgorithmus implementiert ist, der bei einer Gefahrensituation ein definiertes Signal auslöst (z.B. optische oder akustische Warnsignale). Im Bedarfsfall können Mitarbeiter des Verkehrsunternehmens, Mitarbeiter von Sicherheitsfirmen oder anderes Personal über Funk zum betreffenden Perron beordert werden.

Ein Einsatz solcher automatisierter Warnungen ist allerdings problematisch bei all jenen Perrons, wo aufgrund sehr ungünstiger baulicher Gegebenheiten (z.B. sehr enge Passagen neben Rampen und Treppen) die Sicherheitslinie permanent übertreten wird und z.T. übertreten werden muss, um andere Passagiere überholen zu können. Hier würden „Daueralarme“ sicher ihre angezielte Wirkung verfehlen.

	Pro	Contra
Wahrnehmbarkeit	Personal muss nicht auf dem Perron sein Keine Aufmerksamkeit des Personals am Überwachungsmonitor notwendig, da automatische Erkennung	Sehr stark abhängig von der Platzierung
Erkennbarkeit	Digitale Systeme sind geeignet, entsprechend definierte Bereiche zu überwachen und Personen im Gefahrenbereich zu erkennen und zu verfolgen	Nur bei guter Platzierung Eingeschränkter Überwachungsbe- reich
Verständlichkeit	Gut, wenn das System im Bedarfsfall konkrete Verhaltensanweisungen gibt (automatisch oder durch Personal)	System selbst warnt nicht, muss dann vom Bahnpersonal oder einem automatischen System übernommen werden
Motivation	Gut, wenn das System wahrgenommen wird, wenn es im Bedarfsfall konkrete Verhaltensanweisungen gibt (automatisch) und wenn Sanktionen auf sicherheitsgefährdendes Verhalten erfolgen (Konditionierung!)	System selbst greift nicht ein, muss dann vom Bahnpersonal übernommen werden „Abschreckungswirkung“ fraglich insbesondere bei <ul style="list-style-type: none"> • Pendlern • Personen unter Alkohol- und Drogeneinfluss • abgelenkten Personen

Gestaltungshinweise:

- Videoüberwachung sollte für Passagiere gut sichtbar platziert werden
- Wenn möglich, Kombination mit personalisierten Durchsagen (wenn Passagiere im Gefahrenbereich stehen, dann Durchsage wie etwa: „Gleis X: Bitte hinter die weiße Linie zurücktreten!“)

5.3.9 Lichtgitter und Lichtschranken



Abb. 18. Schematische Darstellung eines Lichtgitters

Mit Hilfe von Lichtgittern bzw. –schranken ist die Sicherung bestimmter Bereiche von Bahnanlagen gegen das Betreten von unbefugten Personen möglich.

Optoelektronische Lichtgitter können z.B. an Tunnelleingängen installiert werden, um das Betreten des Tunnels durch unberechtigte Personen anzuzeigen. Das System besteht aus Lichtsender und Lichtempfänger sowie einem Netzteil mit Auswerteeinheit. Sender und Empfänger können in geeigneten Profilen untergebracht werden. Die Reichweite der Lichtgitter kann bis zu 60 m betragen (Ansprechzeit ≤ 20 ms), bei einer Anzahl von 2 bis 6 Strahlen¹⁷.

Lichtschranken eignen sich auch zur Überwachung eines definierten Sicherheitsraumes parallel zur Perronkante. Sie können mit der Sicherheitslinie entlang der Bahnsteigkante kombiniert werden. Beim Betreten des Gefahrenbereiches jenseits der Sicherheitslinie würde die Lichtschranke ein Signal auslösen, und es würde eine akustische Warnung z.B. in Form einer Lautsprecherdurchsage erfolgen. Den Herstellerinformationen ist zu entnehmen, dass solche Sicherheits-Lichtschranken bis zu einer Reichweite von ca. 70 m eingesetzt werden können bei einer Ansprechzeit von ≤ 22 ms¹⁸.

Ein Einsatz solcher Systeme scheint allerdings problematisch bei all jenen Perrons, wo aufgrund sehr ungünstiger baulicher Gegebenheiten (z.B. sehr enge Passagen neben Rampen und Treppen) die Sicherheitslinie permanent übertreten wird und z.T. übertreten werden muss, um andere Passagiere überholen zu können. Hier würden „Daueralarme“ sicher ihre angezielte Wirkung verfehlen.

Funktion:

- Schutz von Personen
- Entdecken von Personen, die sich im Gefahrenbereich
- Gewährleisten eines sicheren Abstandes der Passagiere zur Perronkante
- Alarmierung, wenn das System mit optischen und/oder akustischen Warnsignalen gekoppelt ist

¹⁷ Leutze electronic Informationsmaterial (<http://www.leuze.de/>)

¹⁸ Erwin Sick GmbH Informationsmaterial (<http://www.sick.com/de/de-de/home/Search/Seiten/results.aspx?k=Lichtschranken>)

- Intervention, wenn das Betreten der Gleisplatten mit der Aktivierung der Notsignalanlage gekoppelt ist

	Pro	Contra
Wahrnehmbarkeit	Personal muss nicht auf dem Perron sein Keine Aufmerksamkeit des Personals am Überwachungsmonitor notwendig, da automatische Erkennung Detektion von Personen im Gefahrenbereich erfolgt zeitlich früher als bei anderen Sicherheitssystemen (z.B. Gleisplatten)	Bei gekrümmten Perrons schwierig realisierbar Schwer realisierbar über die gesamte Perronlänge bei langen Perrons Zuverlässigkeit des Systems bzgl. Fehlalarme u.U. eingeschränkt Problematisch auf baulich sehr engen Perrons, wo die Sicherheitslinie sehr häufig übertreten wird
Erkennbarkeit	Systeme sind geeignet, entsprechend definierte Bereiche zu überwachen und Personen im Gefahrenbereich zu erkennen Es können auch Suizidenten erkannt werden	Missbrauchsanfälligkeit
Verständlichkeit	Gut, wenn das System im Bedarfsfall konkrete Verhaltensanweisungen gibt (automatisch oder durch Personal)	
Motivation	Gut, wenn das System im Bedarfsfall konkrete Verhaltensanweisungen gibt (automatisch) und wenn Sanktionen auf sicherheitsgefährdendes Verhalten erfolgen (Konditionierung!)	System selbst greift nicht aktiv ein, muss dann vom Bahnpersonal vorgenommen oder es muss eine Warnung von einem automatischen System ausgelöst werden Wirkung fraglich insbesondere bei <ul style="list-style-type: none"> • Pendlern • Personen unter Alkohol- und Drogeneinfluss • sehr häufigen Alarmen

Gestaltungshinweise:

- System ist sicher nicht geeignet bei all jenen Perrons, wo aufgrund sehr ungünstiger baulicher Gegebenheiten (z.B. sehr enge Passagen neben Rampen und Treppen) die Sicherheitslinie permanent übertreten
- Hier würden „Daueralarme“ sicher ihre angezielte Wirkung verfehlen
- Einsatz könnte sinnvoll sein an Bahnsteigen, wo wenig Personal zur Verfügung steht und das Passagieraufkommen nicht allzu hoch ist
- Wenn möglich, Kombination mit personalisierten Durchsagen (wenn Passagier im Gefahrenbereich steht, dann z.B. Durchsage: „Gleis X: Bitte hinter die weiße Linie zurücktreten!“)

5.3.10 Infrarotstrahler



Abb. 19. Infrarotstrahler

Infrarotstrahler werden beispielsweise auf Bahnsteigen automatisch betriebener Nahverkehrssysteme zur Detektion und Ortung von Personen und grösseren Gegenständen im Gleiskörper eingesetzt. D.h. sie treten erst dann in Kraft, wenn eine Person willentlich oder unwillentlich ins Gleis gelangt ist. Die von den Infrarotstrahlern gesendeten Lichtstrahlen mit Wellenlängen im infraroten Bereich sind dabei für das menschliche Auge nicht sichtbar.

Infrarotstrahler werden in Querrichtung zum Gleis und/oder in horizontaler Lage (bei geraden Perrons) unter dem Bahnsteigniveau angeordnet. Die Funktion des Systems wird durch die Fahrzeuge nicht beeinträchtigt, da die durch die Fahrzeuge unterbrochenen Infrarotstrahlen automatisch erkannt werden.

Ein Nachteil dieses Systems besteht darin, dass es systembedingt erst dann in Funktion tritt, wenn sich die Person bereits im Gleis befindet, es hat also eher Schutz- als Präventionsfunktion. Die Zuverlässigkeit des Systems bzgl. Fehlalarme hängt davon ab, wie gut Störeinflüsse (z.B. ins Gleis geworfener Abfall, Zeitungen usw.) herausgefiltert werden können.

Die in Betrieb befindlichen Systeme (z.B. in Lyon) reagieren auf Objekte mit Durchmessern von 15 – 30 cm, die mindestens zwei Strahlen unterbrechen. Wird ein entsprechender Gegenstand im Gleis erkannt, wird der entsprechende Zug zwangsgebremst. Ausserdem erfolgen das Unterbrechen der Antriebsenergiezufuhr und die Zwangsbremmung aller Züge, die sich auf der entsprechenden Strecke befinden. Diese Massnahme umfasst zwei bis vier Zwischenstationen (Luca, 1994). Das System wird darüber hinaus mit weiteren Massnahmen kombiniert:

- Sicherung des Zuganges zu den Tunneln bzw. Gleisanlagen durch verschlossene Türen
- Notschalter auf den Bahnsteigen, die bei Betätigung die Antriebsenergiezufuhr unterbrechen
- Funkgeräte auf den Bahnsteigen, die im Gefahrenfall von den Fahrgästen genutzt werden können, um eine Verbindung zur Streckenzentrale herstellen zu können
- Überwachung der Bahnsteige und der Gleisanlagen durch Videokameras, die mit der Streckenzentrale verbunden sind

Funktion:

- Schutz von Personen
- Entdecken von Personen und grösseren Gegenständen, die unbefugt ins Gleis gelangt sind
- Alarmierung, wenn das System mit optischen und/oder akustischen Warnsignalen gekoppelt ist
- Intervention, wenn das System mit der Aktivierung der Notsignalanlage gekoppelt ist

	Pro	Contra
Wahrnehmbarkeit	Personal muss nicht auf dem Perron sein Keine Aufmerksamkeit des Personals am Überwachungsmonitor notwendig, da automatische Erkennung Gut geeignet auch für gekrümmte Perrons	System tritt erst dann in Funktion, wenn sich die Person bereits im Gleis befindet Zuverlässigkeit des Systems bzgl. Fehlalarme u.U. eingeschränkt Detektion von Personen im Gefahrenbereich erfolgt zeitlich erst später als bei anderen Sicherheitssystemen (z.B. Lichtgittern)
Erkennbarkeit	Systeme sind geeignet, entsprechend definierte Bereiche zu überwachen und Personen im Gleis zu erkennen Es können auch Suizidenten erkannt werden	
Verständlichkeit	Abhängig von der Verständlichkeit der ausgelösten optischen oder akustischen Warnung	Abhängig von der Verständlichkeit der ausgelösten optischen oder akustischen Warnung
Motivation	Abhängig von der Verständlichkeit der ausgelösten optischen oder akustischen Warnung	Abhängig von der Verständlichkeit der ausgelösten optischen oder akustischen Warnung

5.3.11 Gleisplatten

Auch bei den Gleisplatten handelt es sich um ein System, das der Entdeckung von Personen dient, die bereits ins Gleis gelangt sind. Sie detektieren solche Gegenstände (und eben Personen), die ein Gewicht von ≥ 5 kg aufweisen. Bei diesem technischen Schutzsystem werden zwei Meter lange Drucksensorplatten verwendet, die im Gleisbett zwischen den Schienen angeordnet sind. Die Verbindung der Platten erfolgt über ein Kabel, in dem bei Vibrationen kapazitive und piezoelektrische Veränderungen verursacht werden. In das Gleis gelangte Personen oder Gegenstände werden dadurch erkannt. Über eine Verbindung mit der stationsseitigen Nothalteinrichtung wird das betroffene Gleis für den Zugverkehr gesperrt; es kann erst nach einer Überprüfung vor Ort wieder freigegeben werden (Parkinson, 1989).

Die bisherigen Erfahrungen mit dem System, z.B. bei der Sky-Train-Metro in Vancouver, haben gezeigt, dass das Überwachungssystem gut funktioniert und bei Betreten der Gleisanlagen durch unbefugte Personen eine rechtzeitige Notbremsung der sich annähernden Züge ausgelöst werden kann.

Die ursprüngliche Funktionsweise musste aber moduliert werden, da es zu häufigen Fehlalarmen kam. Zudem haben beispielsweise Suizidenten das Bahnsteigüberwachungssystem und die Alarmeinrichtungen an den Enden der Bahnsteige unterlaufen, indem sie seitlich der Gleisanlagen den Bahnsteigbereich verliessen.

Aufgrund dieser Erfahrungen wurde ein zusätzliches Fahrbahn-Überwachungssystem installiert, das aus mehreren Infrarotstrahlern besteht, die an den Bahnsteigenden quer zu den Gleisen angeordnet sind. Das System wird zur Detektion von Personen verwendet und funktioniert auch bei Vorbeifahrt eines Zuges (Parkinson, 1992).

Da das System bisher nur bei schotterlosem Oberbau eingesetzt wird, ist zu prüfen, ob eine ausreichende Kompatibilität zur konventionellen Oberbauweise mit Schotter besteht bzw. ob die Schnittstelle „schotterloser Oberbau im Bahnsteigbereich mit Gleisplatten – konventionelle Bauweise mit Schwellen und Schotter“ bei den übrigen Streckenabschnitten ohne grösseren technischen Aufwand realisierbar ist.

Funktion:

- Schutz von Personen
- Entdecken von Personen und grösseren Gegenständen, die unbefugt ins Gleis gelangt sind
- Alarmierung, wenn das System mit optischen und/oder akustischen Warnsignalen gekoppelt ist
- Intervention, wenn das Betreten der Gleisplatten mit der Aktivierung der Notsignalanlage gekoppelt ist

	Pro	Contra
Wahrnehmbarkeit	Personal muss nicht auf dem Peron sein Keine Aufmerksamkeit des Personals am Überwachungsmonitor notwendig, da automatische Erkennung	System tritt erst dann in Funktion, wenn sich die Person bereits im Gleis befindet Zuverlässigkeit des Systems bzgl. Fehlalarme u.U. eingeschränkt Detektion von Personen im Gefahren Bereich erfolgt zeitlich erst später als bei anderen Sicherheitssystemen (z.B. Lichtgittern)
Erkennbarkeit	Systeme sind geeignet, entsprechend definierte Bereiche zu überwachen und Personen im Gleis zu erkennen Es können auch Suizidenten erkannt werden	
Verständlichkeit	Abhängig von der Verständlichkeit der ausgelösten optischen oder akustischen Warnung	Abhängig von der Verständlichkeit der ausgelösten optischen oder akustischen Warnung
Motivation	Abhängig von der Verständlichkeit der ausgelösten optischen oder akustischen Warnung	Abhängig von der Verständlichkeit der ausgelösten optischen oder akustischen Warnung

5.4 Fazit

Die Gefahren auf dem Perron, die z.B. durch einen schnell vorbeifahrenden Zug verursacht werden, sind für Menschen nicht unbedingt sofort ersichtlich, ebenso wenig wie der Bereich auf dem Perron, in dem die Gefahr wirksam wird. Auch sind nicht alle Funktionen und Bedeutungen aller Sicherheitssysteme für Passagiere klar erkennbar (z.B. die Bedeutung der verschiedenen Bodenmarkierungen).

Zwar kann man davon ausgehen, dass Passagiere ein nahes Herantreten an die Perronkante zumindest potenziell als „gefährlich“ beurteilen, das heisst aber nicht, dass sie es nicht dennoch tun. Hier spielen Phänomene des unrealistischen Optimismus und der illusionären Kontrolle (siehe Abschnitte 3.6.1.1 und 3.6.1.2) sicher eine grosse Rolle.

Um die Sicherheit auf Perrons zu erhöhen, müssen demzufolge mehrere Ziele verfolgt werden:

1. Die potenziellen Gefahren auf einem Perron müssen den Passagieren verständlich kommuniziert werden.
2. Die Funktion der Sicherheitssysteme und das erwünschte sicherheitsgerechte Verhalten müssen den Passagieren verständlich und nachvollziehbar vermittelt werden.
3. Die Sicherheitssysteme müssen Passagiere in ausreichendem Masse schützen.

Ziel 1 und Ziel 2 benötigen neben der technischen Infrastruktur flankierende Massnahmen, wie eine Information und ggf. sogar eine Schulung der Passagiere. Hier ist zu prüfen, welche Kommunikationskanäle dafür wie genutzt werden können (Tagespresse, Werbespots in Radio und Fernsehen ähnlich denen der SUVA usw.).

Ziele solcher flankierender Massnahmen sollten sein:

- eine „risk awareness“ der Passagiere auf dem Perron zu erzeugen, d.h. das Wissen um und das Bewusstsein für die potenziellen Gefahren auf dem Perron
- Wissen zu vermitteln über die Gefahren und die entsprechenden Gefahrenbereiche auf dem Perron
- Wissen zu vermitteln über angemessenes und sicherheitsgerechtes Verhalten auf dem Perron
- Motivation erzeugen für dieses sicherheitsgerechte Verhalten

Ebenso ist zu prüfen, ob nicht bereits bei Kindern und Jugendlichen in Schulen ähnlich der Verkehrserziehung Kampagnen lanciert werden können zum sicheren Verhalten auf Perrons.

Das Potenzial solcher Massnahmen ist sicher nicht gering, wobei es parallel zur Entwicklung solcher Schulungen und Kommunikationskonzepte auch Überlegungen zur Evaluation der Wirksamkeit sowie zur Sicherstellung der Nachhaltigkeit der Massnahmen braucht.

Zur Erreichung des dritten Ziels, dem ausreichenden Schutz der Passagiere, sind einige technische Systeme (und personelle Konzepte) hier beurteilt worden. Die hier vorgestellten Sicherheitssysteme erfüllen jeweils unterschiedliche Funktionen bzgl. der Sicherheit der Passagiere. Die wichtigsten Funktionen dabei sind:

- Aufmerksamkeit erzeugen und lenken (Warnen)
- Bewegungsströme lenken
- Abhalten von Passagieren
- Schützen von Passagieren
- Erkennen von gefährdeten Passagieren

Einzelne Systeme decken in der Regel mehrere, aber meist nicht alle dieser Funktionen ab (Tab. 11).

Tab. 11. Primäre Funktionen verschiedener Sicherheitssysteme

	Aufmerksam- keit erzeugen und lenken	Bewegungs- strom lenken	Abhalten der Passagiere	Schützen der Passagiere	Erkennen gefährdeter Personen
Visuell-taktile Sicherheitslinie		x	x		x
Warntafeln	x	x	x		
Boden- markierungen	(x)	x	x		
Licht- signalisation	x		x		
Akustische Warnsysteme	x				
Absperrungen		x	x	x	
Personal		(x)	x		x
Videoüberwa- chung			x		x
Lichtgitter			x	x	x
Infrarot- strahler				x	x
Gleisplatten				x	x

Alle Sicherheitssysteme haben aus psychologischer Sicht sowohl Vor- als auch Nachteile.

Ein einzelnes Sicherheitssystem kann nicht alle Funktionen erfüllen, muss es auch nicht.

Sinnvoll sind aber **Kombinationen von Sicherheitssystemen so, dass möglichst viele Funktionen auf dem Perron durch verschiedene Systeme abgedeckt** werden.

Kombinationen von Sicherheitssystemen sind sinnvoll:

- um die Nachteile des einen Systems mit den Vorteilen eines anderen Systems zu kompensieren
- um möglichst viele verschiedene Sicherheitsfunktionen zu realisieren
- um alle sinnesbeeinträchtigten Personen zu erreichen

Folgende Kombinationen von Sicherheitssystemen wären denkbar (Tab. 12):

Tab. 12. Mögliche Kombinationen von Sicherheitssystemen

	Visuell-taktile Sicherheitslinie	Warn-tafeln	Boden-markierung	Licht-signal	Akustische Warnung	Absper-rung	Personal	Video	Licht-Schranke	Infrarot-strahler	Gleismat-ten
K0	x	x									
K1	x	x	x								
K2	x	x		x	x		x	x			
K3	x	x		x	x						
K4	x	x				x			(ggf. x)		
K5	x	x						x			
K6	x	x		(x)	(x)	x		x	(ggf. x)	(ggf. x)	
...	x	x									

Beispiele für mögliche Kombinationen (K) von Systemen:

- K0 Minimalstandard, der auf allen Perrons sichergestellt werden sollte, ausreichend aber nur ist für Perrons ohne Risikopotenzial (siehe Kapitel 6)
- K1 bei Perrons mit ungünstigen baulichen Gegebenheiten (z.B. sehr engen Passagen neben Treppen und Rampen)
- K2 bei Perrons mit zeitlich begrenztem hohem Passagieraufkommen, z.B. bei Grossanlässen
- K3 bei Perrons mit sehr schnell durchfahrenden Zügen und hohem Passagieraufkommen
- K4 bei Perrons, wo das Durchlaufen der Passagiere zusätzlich das Passagieraufkommen auf dem Perron erhöht und deshalb verhindert werden soll oder wo man bei unterirdischen Perrons das Hineinlaufen der Passagiere in den Tunnel verhindern will (z.B. in ZH Kloten oder in Zürich Hauptbahnhof)
- K5 bei Perrons ohne und mit nur geringem Personalbestand
- K6 bei Perrons, die unterirdisch liegen und wo zusätzlich der Tunneleingang abgesperrt bzw. videoüberwacht werden muss (z.B. ZH Kloten)

Die jeweiligen Kombinationen müssen dabei an die Gegebenheiten des Perrons angepasst werden und dem Gefährdungspotenzial (d.h. dem geschätzten Risiko) des Perrons angepasst werden (siehe nachfolgendes Kapitel 6). Es erscheint nicht sinnvoll, auf allen Perrons – unabhängig von Passagierzahlen, Durchfahrtgeschwindigkeiten und baulichen Gegebenheiten – eine Maximalzahl an möglichen Systemen zu realisieren. Dies ist nicht nur aus Kostengründen nicht sinnvoll, sondern führt auch aus psychologischen Gründen eher zu negativen Effekten, wie z.B. risikoreicherem Verhalten der Passagiere (Risikohomöostase, siehe Abschnitt 3.6.2) und/oder Gewöhnungseffekten.

Eine Minimalausstattung aller Perrons mit der weissen taktil-visuellen Sicherheitslinie sowie gut gestalteten und angemessen platzierten Warntafeln (siehe Abschnitt 4.3.3) erscheint aus mehreren Gründen sinnvoll:

- die Sicherheitslinie erfüllt mindestens potenziell bereits die Funktionen „Bewegungsstrom lenken“, „Abhalten von Passagieren“ und „Erkennen gefährdeter Personen“
- in Kombination mit den Warntafeln, die „warnen“ und über das angemessene sicherheitsgerechte Verhalten informieren sind damit die meisten relevanten Funktionen abgedeckt
- zusätzlich stellt die Linie eine Orientierung für sehbeeinträchtigte Personen dar
- die Kombination beider Systeme führt ihrerseits zu keiner Erhöhung von Risiken (wie das z.B. bei Absperrungen der Fall sein könnte aufgrund der Gefahr des Herumkletterns oder bei akustischen Warnsystemen durch ein Erschrecken und eine unangemessene Schreckreaktion der Passagiere)

Um diese Funktionen aber erfüllen zu können, müssen die Passagiere die Bedeutung der Warntafeln und der Sicherheitslinie und ihre Implikationen kennen, was ggf. mit flankierenden Massnahmen s.o. sichergestellt werden muss.

Bei Perrons mit sehr hohem Passagieraufkommen und/oder sehr ungünstigen baulichen Gegebenheiten (z.B. sehr enge Passagen neben den Rampen und Treppen) reichen diese beiden Systeme selbstverständlich nicht aus, weil hier die Passagiere sehr häufig – oft auch gezwungener Massen – die Linie übertreten. Hier wäre eine geeignete Kombination mit optischen und/oder akustischen Warnsystemen zu prüfen.

6 Risikoprofile einzelner Bahnhöfe aus psychologischer Sicht

Wie bereits im vorangegangenen Kapitel dargestellt, müssen die Sicherheitssysteme den Gegebenheiten der jeweiligen Perrons entsprechen. Das Ausmass, in dem ein Perron mit Sicherheitssystemen ausgestattet werden muss, sollte sich an dessen Risikopotenzial orientieren. Dementsprechend wird es – je nach Risikopotenzial – eine unterschiedliche Ausstattung der Perrons geben müssen.

Um dieses Risikopotenzial zu quantifizieren, sind die SBB dabei, ein Risikobewertungs-Tool zu entwickeln (Schlatter, Reichen & Heller, 2010), das unter Einbezug verschiedener baulicher, fahrtechnischer und anderer infrastruktureller Faktoren das Gefährdungspotenzial einzelner Perrons zu bestimmen gestattet.

Das in einem ersten Schritt vorgeschlagene Tool sei hier nur kurz mit seiner Berechnungsvorschrift erwähnt, nähere Erläuterungen dazu finden sich bei Schlatter, Reichen und Heller (2010).

Risikobewertungs-Tool der SBB (Schlatter, Reichen & Heller, 2010):

Version $V_0 = ((5x VP15) + (2x VP67)) * VP67 / VP15 * (\text{Perronlänge, max } 300 * 3) * \text{Korrekturfaktor Engpässe}$

Version $V_1 = ((5x VP15) + (2x VP67)) * VP67 * \text{Vitesse} / VP15 * (\text{Perronlänge, max } 300 * 3) * \text{Korrekturfaktor Engpässe}$

Version $V_2 = ((5x VP15) + (2x VP67)) * VP67 * \text{Vitesse}^2 / VP15 * (\text{Perronlänge, max } 300 * 3) * \text{Korrekturfaktor Engpässe}$

Wert von VP15 abgeleitet (Zahlenbasis nicht vorhanden)

Wert ist ein Annahme (Perronbreiten sind nicht bekannt)

Wert aus Perrontool abgeleitet (Engpässe neben Bauten)

Die Frage, der im folgenden Kapitel nachgegangen werden soll, ist die nach den psychologischen Risikofaktoren, welche u.U. zusätzlich zu den baulichen und fahrtechnischen Faktoren wirken (können) und die bei der Auswahl und/oder Gestaltung von Sicherheitssystemen auf den Perrons zu beachten (und ggf. in das Risikobewertungs-Instrument zu integrieren) sind.

Zu diesem Zweck wurden im Folgenden sechs sehr unterschiedliche Bahnhöfe ausgewählt und nach bestimmten Kriterien beurteilt. Aus diesen Erkenntnissen wurden einige Schlussfolgerungen für die Gestaltung der Sicherheitssysteme und die Risikobewertung abgeleitet.

6.1 Auswahl der Bahnhöfe

Folgende Bahnhöfe mit verschiedenen Risikofaktoren resp. verschiedenen Risikoprofilen wurden für die Analyse ausgewählt:

- Aarau
- Olten
- Lyss
- ZH Oerlikon
- Visp
- Bern Wankdorf

6.2 Bewertungskriterien

Bauliche Gegebenheiten:

- Perronlänge und –breite
- Länge der Perronüberdachung
- Vorhandensein schmaler Passagen (z.B. bei Rampen und Treppen)
- Übersichtlichkeit des Perrons

Fahrtechnische Gegebenheiten:

- Anzahl Züge pro Perronkante
- V_{\max} der durchfahrenden Züge (aufgrund der mit höherer V_{\max} geringer werdenden Reaktionszeit für die Passagiere)
- Anzahl Passagiere pro Tag

Infrastrukturelle Gegebenheiten:

- Nähe von Stadien o.ä.
- Nähe von Schulen o.ä.
- „Eventbahnhof“ ja/nein
- Sonstige infrastrukturelle Besonderheiten

6.3 Darstellung der Risikoprofile

Im Folgenden sind für die einzelnen Bahnhöfe insbesondere die Charakteristika aufgeführt, die aus Sicherheitsperspektive relevant sind und in der Regel Risiko erhöhend wirken.

Aarau:

- Hohe Lokalfrequenz
- Hohe V_{\max} (160km/h)
- Schnell durchfahrende Züge kurz vor einfahrendem Zug (viele wartende Passagiere) → Gleis 2/3
- Hinreichend breiter Perron (Risiko minimierend)

Olten:

- Hohe Lokal- und Umsteigefrequenz
- V_{\max} 90km/h
- Schnell durchfahrende Züge kurz vor einfahrendem Zug (viele wartende Passagiere)
- Gleis 8/9 viele gleichzeitig einfahrende Züge (hohes Passagier-aufkommen auf dem Perron)
- Gleis 12: Perron sehr schmal, wird als Durchgangsweg genutzt, viele schnelle durchfahrende Züge (v.a. Cargo)
- Gleis 2/3 Perron schmal und gekrümmt, schlecht einsehbar (Passagiere treten nahe an die Perronkante, um nach dem Zug Ausschau zu halten)

Lyss:

- Fern- und Regionalverkehr, Umsteigebahnhof
- Hohe Zugfrequenz, hohes Passagieraufkommen
- V_{\max} : 105 (Kurve Seite Bern) - 110 km/h v.a. Güterzüge
- Oft zwei gleichzeitig einfahrende Züge (Hauptgleise 2/3)
- Perron relativ schmal (6 m), überdachte Wartezone relativ kurz (90 m)
- Am Rampenende noch 25 m überdacht, am Treppenende noch 25 m überdacht
- ➔ Wenn da kein Passagier stehen soll, fallen von 90 überdachten Metern schon 40 m weg

- Länge Rampe: 32 m, Länge Treppe: 8 m
- Abstand Perronkante – Geländer: 1,50 m (1,80 m auf der anderen Seite)
- Abstand Perronkante – Sicherheitslinie: 75 cm (95 cm auf der anderen Seite)
- Abstand Wartehäuschen – Perronkante: 2 m
- ➔ alles sehr eng

ZH Oerlikon:

- S-Bahnknoten + Fernverkehr
- Viel Lokalverkehr und Umsteigeverkehr
- Sehr hohe Zugfrequenz
- Viele gleichzeitig einfahrende Züge
- Sehr hohes Passagieraufkommen, v.a. zu Stosszeiten
- V_{\max} : 115 km/h
- Perronbreite: 7 m
- sehr lange, schmale Passagen auf den Perrons (Treppen, Rampen)

Visp:

- Hohe Lokalfrequenz
- Saisonale Schwankungen (Wintersport)
- Hohe V_{\max} (160km/h)
- Schnell durchfahrende Züge kurz vor einfahrendem Zug (viele wartende Passagiere)
- Hinreichend breiter Perron (8 m), ausser bei den Treppen
- Kurze Überdachung (105 m bei 430 m Perronlänge)
- Abstand Perronkante – Geländer: 2,50 m

Bern Wankdorf

- Hohe Frequenz der Züge
- Nähe Stadion und BEA-Gelände
- Schule und SBB-Gebäude in der Nähe (SBB-Hauptsitz geplant)
- „Eventbahnhof“
- V_{\max} : Gleis 3 – 5: 80 km/h; Gleis 1: 100 km/h
- Kurze Perrons (Passagiere verteilen sich nicht)
- Perron 3 / 4 (Ri. Thun): 3,5m breit, gekrümmt, Züge kann man erst spät sehen wg. vieler Hindernisse
- Kein guter Passagierfluss; Fahrplantaafeln, Wartehäuschen ... alles nahe der Treppen → Stau
- Zu steile Treppen
- Nach den Matches häufig viele Kinder und viele Betrunkene

Aus den Analysen lassen sich folgende Risikoprofile ableiten:

Risikotyp 0:

- Keine Risikofaktoren vorhanden → ein solcher Bahnhof wurde an dieser Stelle nicht in die Analysen einbezogen (entsprechend müsste es sich um Bahnhöfe handeln, die entsprechend des Risikobewertungs-Tools der SBB jenseits der ersten 20 – 30% der risikoreichsten Bahnhöfe liegen)

Risikotyp I:

- Ein Risikofaktor vorhanden (z.B. ungünstige fahrtechnische oder ungünstige bauliche Gegebenheiten) → z.B. Aarau

Risikotyp II:

- Kombination aus zwei Risikofaktoren → z.B. Olten, Lyss

Risikotyp III:

- Kombination aus mehr als zwei Risikofaktoren (z.B. ungünstige bauliche und ungünstige fahrtechnische und ungünstige infrastrukturelle Gegebenheiten) → z.B. ZH Oerlikon, Wankdorf, Visp

Insbesondere bei **Risikotyp III** braucht es eine Mehrfachsicherung durch verschiedene Systeme, die ggf. auch noch mit weiteren Massnahmen kombiniert werden müssen, wie z.B. in Bern Wankdorf, wo bei Grossanlässen eine Geschwindigkeitstiefhaltung (Abbremsen auf 30km/h) der Züge vorgenommen wird, zusätzliches Personal auf dem Perron eingesetzt und z.T. Absperrgitter verwendet werden.

Cross-Check mit Risikobewertungstool der SBB:

Beim Vergleich mit den Daten, die sich aus dem Risikobewertungs-Tool der SBB ergeben, zeigt sich ein hohes Mass an Übereinstimmung bzgl. der Risikofaktoren der ausgewählten Bahnhöfe.

Mit Ausnahme des Bahnhofes Lyss finden sich alle anderen Bahnhöfe auch unter den vorn Platzierten nach den Berechnungen der SBB. Folgende Bahnhöfe befinden sich (unter Annahme von ca. 2000 Bahnhöfen in der Schweiz) unter den 2% mit dem höchsten Risiko (die Anmerkungen zu den Bahnhöfen sind einer persönlichen Mitteilung von A. Heller entnommen):

Olten

- Im Tool in allen Berechnungen in den „Ersten Fünf“
- Durch Experten in der Umfrage als kritische Situation gemeldet
- 2003 - 2009 drei Personenunfälle (= Maximalwert)
- Bahnhof im „Knotensystem“ B21 als „Vollknoten“ definiert (= grosse Massierung von Umsteigefrequenzen)

Zürich Oerlikon

- Im Tool in jeder Berechnung innerhalb der „Ersten Zehn“
- Spezielle Situation durch Enge stellen
- Von Lokführern als „kritisch“ gemeldeter Bahnhof
- 2003 - 2009 zwei Personenunfälle

Visp

- „Touristenbahnhof“
- An Spitzentagen sehr hohe Auslastung mit nicht „reisegewöhnten“ Kunden
- Hohe Geschwindigkeiten
- Im Tool an Spitzentagen Platzierung in den Top16
- Bahnhof der Romandie
- Verschiedene EVU
- Von Experten als „kritisch“ gemeldeter Bahnhof

Unter den ersten 30 Bahnhöfen findet sich ausserdem der Bahnhof **Aarau**, unter den ersten 40 der Bahnhof Bern Wankdorf

Bern Wankdorf

- Eventbahnhof
- hohe Zugsdichte
- grosse Geschwindigkeiten

6.4 Konsequenzen für die Gestaltung der Sicherheitssysteme

Fasst man die Erkenntnisse aus den vorangegangenen Kapiteln zusammen, wird deutlich, dass es nicht die „Patentlösung“ für Sicherheitssysteme auf Perrons gibt. Vielmehr muss perron-spezifisch geprüft werden, welches System bzw. welche Kombination welcher Sub-Systeme unter den gegebenen baulichen, fahrtechnischen, infrastrukturellen und Nutzerkreis-bezogenen Aspekten angemessen sind. Minimalanforderungen sollten die – einheitlich zu gestaltende! – weisse taktill-visuelle Sicherheitslinie sowie gut gestaltete, hinreichend grosse und optimal platzierte Warntafeln (siehe Abschnitt 4.3.3) sein.

Die vielleicht wichtigste Erkenntnis jedoch bleibt:

Sicherheit auf dem Perron ist in allererster Linie eine Frage der angemessenen baulichen Gestaltung von Bahnsteig, Bahnhof und des infrastrukturellen Umfeldes! Die beste Prävention von unsicheren Handlungen und unsicheren Zuständen besteht in einer angemessenen baulichen Gestaltung der Perrons! Und selbst das beste Sicherheitssystem kann eine ungenügende Perronarchitektur (z.B. sehr lange und sehr schmale Passagen) nur eingeschränkt kompensieren!

Bei der Gestaltung und beim Einsatz der Systeme auf den Perrons sollte man berücksichtigen:

- die Funktion (en) der Sicherheitssysteme resp. die Einschränkungen ihrer Funktionalität
- ihre Vor- und Nachteile aus technischer, ökonomischer und psychologischer Sicht
- ggf. Risiken, die durch die Sicherheitssysteme neu erzeugt werden (z.B. bei Absperrungen aufgrund der Gefahr des Herumkletterns oder bei akustischen Warnsystemen durch ein Erschrecken und eine unangemessene Schreckreaktion der Passagiere)
- die Charakteristika und Risikoprofile der jeweiligen Bahnhöfe resp. Perrons

Bei Perrons mit hohem Gefährdungspotenzial sollten die Sicherheitssysteme:

- redundant sein (d.h. bzgl. einer Modalität mehrere Systeme, wie z.B. weisse Linie + Bodenmarkierungen + Warntafeln)
- mit ereignisbezogenen Warnungen (d.h. z.B. zuggenaue Warnungen) ausgestattet sein
- multimodal (mehrere Sinneskanäle ansprechend, d.h. z.B. optisch + akustisch + taktill) sein

Unter Berücksichtigung der vorliegenden Erkenntnisse wären beispielsweise für die sechs betrachteten Bahnhöfe folgende Kombinationen von Sicherheitssystemen vorstellbar (Tab. 13):

Tab. 13. Mögliche Kombinationen von Sicherheitssystemen für die sechs analysierten Bahnhöfe

	Visuell-taktile Sicherheitslinie	Warn-tafeln	Boden-markierung	Licht-signal	Akustische Warnung	Absper-rung	Personal	Video	Licht-Schranke	Infrarot-strahler	Gleismat-ten
Lyss	X	X	X								
Wankdorf	X	X		X ¹⁹	X ²⁰		X ²¹	X ²²			
Visp	X	X	X	X ²³	X ²⁴		X ²⁵	X			
Aarau	X	X		X	X						
Olten	X	X				X ²⁶					
Oerlikon	X	X	X				X	X			

Diese und weitere mögliche Kombinationen sind mit den beteiligten Partnern (Aufsichtsbehörde, Eigentümer, Betreiber und Nutzer) zu diskutieren und bzgl. ihrer Wirksamkeit empirisch zu überprüfen!

¹⁹ bei Grossanlässen

²⁰ bei Grossanlässen

²¹ bei Grossanlässen

²² bei Grossanlässen

²³ an Wochenenden im Winter

²⁴ an Wochenenden im Winter

²⁵ an Wochenenden im Winter

²⁶ am Ende von Perron 12 in Olten, um das Durchlaufen der Passagiere zu verhindern

6.5 Integration psychologischer Aspekte in ein Instrument zur Risikobewertung

Aus psychologischer Sicht erscheint es sinnvoll, neben den infrastrukturellen, baulichen und fahrtechnischen Gegebenheiten einige psychologische Aspekte zu berücksichtigen, die das sicherheitsgerechte Verhalten von Personen auf Perrons fördern oder aber auch mindern oder behindern können.

Folgende sicherheitsförderliche Faktoren (Plus-Faktoren) sind hier relevant:

- Gute Wahrnehmbarkeit von Sicherheitssystemen
- Gute Erkennbarkeit von Sicherheitssystemen
- Gute Verständlichkeit von Sicherheitssystemen
- Hoher Motivationscharakter von Sicherheitssystemen
- Angemessene bauliche Gestaltung (z.B. ausreichend lange Perronüberdachung, möglichst kurze Wege usw.)

Folgende sicherheitsminimierende Faktoren (Minus-Faktoren) wurden identifiziert:

- Ungeeignete, d.h. schlecht sichtbare, schlecht erkennbare oder unverständliche Sicherheitssysteme (z.B. abgekratzte oder zerstörte Warntafeln)
- Unkomfortable bauliche Gegebenheiten (z.B. kurze Perronüberdachung)
- Lange Umwege
- Kurze Anschlusszeiten

Bei den Minus-Faktoren handelt es sich häufig um sogenannten „Versuchungs-Faktoren“, die die Auftretenswahrscheinlichkeit nicht sicherheitsgerechten Verhaltens erhöhen. Erzwingen beispielsweise die baulichen Gegebenheiten lange (Um-)Wege z.B. zu einer Haltestelle des Postautos am Bahnhof, steigt die Wahrscheinlichkeit, dass Personen in grosser Eile z.B. über die Gleisanlagen laufen. Gleiches gilt bei der unmittelbaren Nähe von Schulen oder Berufsschulen, die bei ungünstiger baulicher Gestaltung solche „Versuchungs-Faktoren“ darstellen können.

Aus den Erkenntnissen der Architekturpsychologie, der Stadtplanung und auch der Physik (Helbing, 1997) weiss man, dass sich Personen oft nicht an vorgeschriebene Wege halten, sondern dann eigene Wege („Trampelpfade“) kreieren, wenn sie die Strecke damit abkürzen können. Dies entspricht einem Ökonomieprinzip des Verhaltens, das stabil wirksam ist und entweder in einer Mensch-zentrierten Planung, wann immer es geht, berücksichtigt wird oder mit massiven Barrieren unterbunden werden muss.

Durch die Integration der o.g. psychologischen Plus- und Minus-Faktoren würden auch Aspekte des näheren Umfeldes eines Bahnhofes berücksichtigt. Es wäre zu überlegen, inwieweit sich diese Faktoren als Korrekturfaktoren noch in das bestehende Tool integrieren lassen, um eine auch psychologisch angemessene Risikobewertung vorzunehmen.

Aber auch an dieser Stelle wird nochmals deutlich, dass Sicherheit auf dem Perron in allererster Linie eine Frage der angemessenen baulichen Gestaltung von Bahnsteig, Bahnhof und des infrastrukturellen Umfeldes ist. Der möglichst frühe Einbezug solcher Sicherheitsaspekte in die bauliche Planung und Ausführung von Bahnhöfen ist daher mehr als wünschenswert.

7 Zusammenfassung und Ausblick

Fazit:

Sicherheit auf dem Perron ist in allererster Linie eine Frage der angemessenen baulichen Gestaltung von Bahnsteig, Bahnhof und des infrastrukturellen Umfeldes:

- Die beste Prävention von unsicheren Handlungen und unsicheren Zuständen besteht in einer angemessenen baulichen Gestaltung der Perrons!
- Und selbst das beste Sicherheitssystem kann eine ungenügende Perronarchitektur (z.B. sehr lange und sehr schmale Passagen) nur eingeschränkt kompensieren!
- Der möglichst frühe Einbezug sicherheitsrelevanter Aspekte in die Planung, Konzeption (und auch die Genehmigung) von Bauprojekten ist deshalb anzustreben.
- Wo möglich, sollten bauliche Gegebenheiten auch nachträglich verbessert werden.

Bei der Gestaltung und beim Einsatz der Systeme auf den Perrons sollte man berücksichtigen:

- die Funktion (en) der Sicherheitssysteme resp. die Einschränkungen ihrer Funktionalität
- ihre Vor- und Nachteile aus technischer, ökonomischer und psychologischer Sicht
- ggf. Risiken, die durch die Sicherheitssysteme neu erzeugt werden
- die Charakteristika und Risikoprofile der jeweiligen Bahnhöfe resp. Perrons

Die eingesetzten Sicherheitssysteme sind nach den etablierten wissenschaftliche und technischen Standards hinsichtlich Funktion und Einsatz zu konzipieren:

- Die relevanten Normen und Standards sind in Kapitel 4 dargestellt.
- Die Funktion und Wirksamkeit der Systeme ist, wann immer möglich, empirisch zu prüfen.

Die Richtlinien und Vorgaben des BehiG und des TSI-PRM sind möglichst frühzeitig in die Planung und Gestaltung der Sicherheitssysteme einzubeziehen.

- Je später der Einbezug, desto höher sind in der Regel die notwendigen Umrüstkosten.

Die Wirksamkeit der Sicherheitssysteme sollte durch flankierende Massnahmen unterstützt werden

- Informationskampagnen für Passagiere,
- Kommunikation über Medien
- ggf. Schulungen usw.

Die flankierenden Massnahmen sollen

- eine „risk awareness“ der Passagiere auf dem Perron erzeugen, d.h. das Wissen um und das Bewusstsein für die potenziellen Gefahren und die entsprechenden Gefahrenbereiche auf dem Perron vermitteln
- Wissen vermitteln über angemessenes und sicherheitsgerechtes Verhalten auf dem Perron
- Motivation erzeugen für dieses sicherheitsgerechte Verhalten

Für diese flankierenden Massnahmen braucht es darüber hinaus

- ein Konzept, das allgemeine und zielgruppenspezifische Inhalte sowie eine zielgruppenspezifische didaktische Aufbereitung enthält,
- ebenso wie Überlegungen zur Evaluation der Wirksamkeit der Massnahmen und ein
- Nachhaltigkeitskonzept, um Gewöhnungstendenzen vorzubeugen

Ausblick:

Der vorliegende Bericht fasst die wichtigsten Erkenntnisse aus der psychologischen und ingenieurwissenschaftlichen Literatur zu Einsatz und Gestaltung von Sicherheitssystemen auf Perrons zusammen.

Es erfolgte jedoch keine **empirische Prüfung** der vorgeschlagenen Massnahmen oder Gestaltungsempfehlungen. Es erscheint deshalb unbedingt sinnvoll, einzelne dieser Gestaltungsvorschläge empirisch zu prüfen.

Insbesondere die **Gestaltung sehr häufig eingesetzter Sicherheitssysteme**, wie z.B. der Warntafeln, der Bodenmarkierungen oder der Lautsprecherdurchsagen, sollten theoriegeleitet, systematisch und methodisch fundiert getestet werden, um eine optimale Wirksamkeit sicher zu stellen.

Darüber hinaus braucht es ein **Konzept für flankierende Massnahmen** (Schulungen, Informationskampagnen u.ä.) einschliesslich dazu zu entwickelnder Evaluations- und Nachhaltigkeitsüberlegungen.

Der möglichst **frühe Einbezug sicherheitsrelevanter Aspekte** (auch bezüglich der Passagiere mit Beeinträchtigungen) in die Planung, Konzeption (und auch die Genehmigung) von Bauprojekten im Bereich Bahn ist sich die effektivste Methoden, um künftig ein möglichst hohes Sicherheitsniveau im Schweizer Schienenverkehr zu gewährleisten.

8 Literatur

Aronson, E., Wilson, T.D. & Akert, R.M. (2004). Sozialpsychologie. 4., aktualisierte Auflage. München: Pearson.

Aschenbrenner, K., Biehl, B., & Wurm, G. (1992). Mehr Verkehrssicherheit durch bessere Technik? Felduntersuchungen zur Risikokompensation am Beispiel des Antiblockiersystems. In: Bericht zum Forschungsprojekt 8323; Bundesanstalt für Strassenwesen, Bergisch Gladbach.

BGV A8, Sicherheits- und Gesundheitsschutzkennzeichnung am Arbeitsplatz (2002).(online) verfügbar unter http://www.arbeitssicherheit.de/arbeitssicherheit/html/modules/bgva/bgv_a/a8.pdf

Bullinger, H.-J. (1994). Ergonomie. Produkt- und Arbeitsplatzgestaltung. Stuttgart: Teubner.

Carver, C. S., & Scheier, M. F. (1981). Attention and self-regulation: A control theory approach to human behavior. New York: Springer-Verlag.

Coppens, N.M. (1986). Cognitive characteristics als predictors of children's understanding of safety and prevention. *Journal of Pedatric Psychology*, 11, 189-202.

Dabbs, J.M., & Stokes, N.A. (1975). Beauty is power: The use of space on the sidewalk. *Sociometry*, Vol. 38, No. 4, S. 551-557.

Deathridge, B.H. (1972). Auditory and other sensory forms of information processing. In H.P. Van Cott and R. G. Kincade (Eds.). *Human engineering guide to equipment design*. Washington DC: American Institutes for Research.

Deutsches Institut für Normung e.V. (2004). DIN-Taschenbuch 353 – Ergonomie von Computer-Hardware. Empfehlungen für die Entwicklung, Auswahl und betriebliche Anwendung. Berlin: Beuth (CD-ROM).

Deutsches Institut für Normung e.V. (2004). DIN-Taschenbuch 354 – Software-Ergonomie Empfehlungen für die Programmierung und Auswahl von Software. Berlin: Beuth.

Engeln, A., & Schlag, B. (2001). Abschlussbericht zum Forschungsprojekt ANBINDUNG – Anforderungen Älterer an eine benutzergerechte Verknüpfung individueller und gemeinschaftlich genutzter Verkehrsmittel. Schriftenreihe des Bundesministeriums für Familie, Senioren, Frauen und Jugend. Stuttgart: Verlag W. Kohlhammer.

Färber, B., & Färber, B. (2004). Mehr Verkehrssicherheit durch intelligente Steuerung von Telematik-Systemen? In B. Schlag (Hrsg.). *Verkehrspsychologie: Mobilität – Sicherheit – Fahrerassistenz* (S. 317-333). Lengerich: Pabst Science Publishers.

Forschungsbericht Fb 1074 „Maschinennormung und Ergonomie“, Anhang 9, Anforderungskatalog 4 „Anforderungen an (Maschinen-) Elemente zur Informationsaufnahme“ (2006). Dortmund / Berlin: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin.

Frieling, E., & Sonntag, K. (1999). Lehrbuch Arbeitspsychologie. 2. vollständig überarbeitete und erweiterte Auflage. Bern: Huber.

Goffman, E. (1971). Relations in public: Microstudies in the public order. New York: Basic Books.

Green, D.M., & Swets, J.A. (1966). Signal Detection Theory and Psychophysics. New York: Wiley.
Hacker, W. (1998). Arbeitspsychologie. Bern: Verlag Hans Huber.

Hayes, R.L. (1982): A review of adolescent identity formation: Implications for education. *Adolescence*, 17, 153 - 165.

Helbing, D. (1997). Verkehrsdynamik – Neue physikalische Modellierungskonzept. Berlin / Heidelberg: Springer.

Helbing, D. (2004). Sicherheit in Fussgängergruppen bei Massenveranstaltungen. Freyer, W. and Gross, S. (Eds.): Sicherheit in Tourismus und Verkehr. FIT, Dresden. (online) verfügbar unter: <http://www.age-info.de/PDF/SicherheitHelbing.pdf> (März 2010).

Helbing, D., Farkas, I., Molnar, P., & Vicsek, T. (2002). Simulation of pedestrian crowds in normal and evacuation situations. In M. Schreckenberg and S. D. Sharma (eds.) *Pedestrian and Evacuation Dynamics*. Berlin: Springer.

Helbing, D., Molnar, P., Farkas, I., & Bolay, K. (2001). Self-organizing pedestrian movement. *Environment and Planning B: Planning and Design*, Volume 28, S. 361-383.

Herkner, W. (2001). Sozialpsychologie. Bern: Verlag Hans Huber.

Herczeg, M. (2004). Software-Ergonomie. Grundlagen der Mensch-Maschine-Kommunikation. München: Oldenbourg.

Hoedemaeker, M., & Brookhuis, K.A. (1998). Behavioural adaptation to driving with an adaptive cruise control (ACC). In: *Transportation Research Part F*, vol. 1F, nr. 2, S. 95-106.

Hoogendorn, S. P., & Bovy, P. H. L. (2006). Experiments and theory of self-organization in pedestrian flow. In: *Transport Research Board annual meeting*. Washington DC: National Academy Press.

Hoogendorn, S. P., & Bovy, P. H. L. (2002). Normative pedestrian behaviour theory and modelling. In: Taylor, M. *Transportation for the 21st century*. Elsevier.

Jones, R. T., Kadzin, A. E., & Haney, J. I. (1981). Social validation and training of emergency skills for potential injury prevention and life saving. *Journal of Applied Behavior Analysis* 1981, 14, S. 249 – 260.

Jungermann, H., & Bender, R. (1990). Information über Risiken am Arbeitsplatz: Unrealistischer Optimismus im Arbeitsbereich. In C. Hoyos. Psychologie der Arbeitssicherheit, 5. Workshop 1989. Heidelberg: Asanger.

Jungermann, H. & Slovic, P. (1993). Charakteristika individueller Risikowahrnehmung. In: Bayerische Rück. (1993). Risiko ist ein Konstrukt (S. 90-107). München: Knesebeck.

Kern, P. (1992). Ergonomie. Seminarunterlagen, Universität Stuttgart, Institut für Arbeitswissenschaft und Technologiemanagement (IAT).

Keusen, N. (2010). Distances sur les quais: Zone de danger – Zone zûr“. Interner BAV-Bericht.

Klebersberg, D. (1977). Das Modell der subjektiven und objektiven Sicherheit. Schweizerische Zeitschrift für Psychologie, 36, 285-294.

Köther, R., Kurz, B., Seidel, U., & Weber, F. (2001). Betriebsstättenplanung und Ergonomie - Planung von Arbeitssystemen. München: Carl Hanser Verlag.

Kocsis, E. (2008). Alkohol, Drogen und Medikamente im Strassenverkehr. Frastanz: Stiftung Maria Ebene (Hrsg.). (online) verfügbar unter : http://www.mariaebene.at/download/Alkoholkonsum_strassenverkehr.pdf (März 2010).

Lange, W., & Windel, A. (2002). Kleine ergonomische Datensammlung. Köln: TÜV Media GmbH.

Langer, E.J., & Roth, J. (1975). Heads I win tails it's chance: The illusion of control as a function of the sequence of outcomes in a purely chance task. Journal of Personality and Social Psychology, 34, S. 191-198.

Limbourg, M. (1997). Gefahrenkognition und Präventionsverständnis von 3- bis 15-jährigen Kindern. In: Kindersicherheit: Was wirkt? Sicher leben. Wien. (online) verfügbar unter: <http://www.uni-due.de/~qpd402/alt/texte/ml/Gefahrenerkennung.html> (Februar 2010).

Limbourg, M. (1995). Entwicklungspsychologische Voraussetzungen für das sicherheitsorientierte Verhalten von Kindern. In: Kindersicherheit: Was wirkt? Sicher leben. Wien. (online) verfügbar unter: <http://www.uni-due.de/~qpd402/alt/texte/ml/Wien94Entwicklung.html> (Februar 2010).

Luca, E. (1994). Automatischer Betrieb auf breiter Spur. Der Nahverkehr, 4, S. 67-72.

Malter, B., & Guski, R. (2001). Gestaltung von Gefahrensignalen. Dortmund: Schriftenreihe der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin.

Metzger, W. (1954). Psychologie. Die Entwicklung ihrer Grundannahmen seit der Einführung des Experiments. Darmstadt: Steinkopf.

Munker, H. (2001). Von allen Sinnen - Das Gehör. Arbeit und Gesundheit.

- Osgood, C. E. (1971). A personal diary. *Journal of Social Issues*, 27(1971), S. 5-64.
- Parkinson, T. (1992). Hohe Fahrgastzahlen im SkyTrain. *Der Nahverkehr*, 2, S. 66-72.
- Parkinson, T. (1989). Die Sky-Train-Metro in Vancouver. *Der Nahverkehr*, 3, S. 50-64.
- Poche, C., Brouwer, R., & Swearingen, M. (1981). Teaching selfprotection to young children. *Journal of Applied Behavior Analysis* 1981, 14, S. 169 – 176.
- Raitel, J. (1999). *Unfallursache: Jugendliches Risikoverhalten*. Weinheim: Juventa Verlag.
- Reason, J. (1986). Recurrent errors in process environments: some implications for the design of intelligent decision support systems. In: E. Hollnagel, G. Mancini, & D.D. Woods (Eds.). *Intelligent decision support in process environments*, S. 255 - 270. Berlin: Springer.
- Reason, J. (1994). *Menschliches Versagen*. Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag.
- Renn, O. (1993). Risikoabschätzung. In H. Schütz, & P. M. Wiedemann (Hrsg.). (1993). *Technik kontrovers*, S. 181 - 185. Frankfurt: IMK Verlag.
- Rosenbaum, M. S., Creedon, D. L., & Drabman, R. S. (1981). Training Preschool Children to Identify Emergency Situations and Make Emergency Phone Calls. *Behavior Therapy* 1981, 12, S. 425 – 435.
- Schlag, B. (Hrsg.). (2008). *Leistungsfähigkeit und Mobilität im Alter*. Köln: TÜV Media GmbH.
- Schlag, B., & Engeln, A. (2005). Abbau von Mobilitätsbarrieren zugunsten älterer Verkehrsteilnehmer. In: W. Echterhoff (Hrsg.). *Mobilität älterer Menschen*. TÜV Verlag GmbH.
- Schlag, B., & Richter, S. (2004). Psychologische Bedingungen der Unfallentstehung bei Kindern und Jugendlichen. In: B. Schlag (Hrsg.). *Verkehrspsychologie. Mobilität – Sicherheit – Fahrerassistenz*. Lengerich: Pabst Science Publishers.
- Schlatter, H., Reichen, D., & Heller, A. (2010). Gefahren bei Ein- und Durchfahrten auf den Bahnhöfen. Mathematische Priorisierung des Gefahrenpotentials beim Aufenthalt auf Perrons - «Perronformel». SBB-internes Papier.
- Schmidtke, H. (1993). *Ergonomie*. München: Carl Hauser Verlag.
- Schumacher, J., & Hammelstein, P. (2003). Sensation Seeking und gesundheitsbezogenes Risikoverhalten - Eine Betrachtung aus gesundheitspsychologischer Sicht. In Roth, M., & Hammelstein, P. (Hg.). *Sensation Seeking - Konzeption, Diagnostik, Anwendung*. Göttingen: Hogrefe, S. 138-161.
- Schwarzer, R. (1997). *Gesundheitspsychologie*. Göttingen: Hogrefe Verlag.

Seifke-Krenke, I. (1989): Gesundheitsbezogenes Verhalten und Krankheitsbewältigung. Zeitschrift für Sozialisationsforschung, 4, 247 - 263.

Stanton N.A., & Pinto M. (2000). Behavioural compensation by drivers of a simulator when using a vision enhancement system. Ergonomics, 43(9), 1359-1370.

Weidmann, U. (1993). Transporttechnik der Fussgänger. Zürich: ETH-Zürich, Schriftenreihe IVT-Berichte.

Weinstein, N. D. (1989). Optimistic biases about personal risks. Science, 246, 1232-1233.

Wickens, C.D. (2008). Multiple resources and mental workload. Human Factors and Ergonomics Society. (online) verfügbar unter :
http://www.ise.ncsu.edu/nsf_itr/794B/papers/Wickens_2008_HF_MRT.pdf (März 2010).

Wilde, G.J.S. (1986). Beyond the concept of risk homeostasis: Suggestions for research and applications towards the prevention of accidents and life-style-related disease. Accident Analysis and Prevention, 18, S. 377-401.

Zipf, G. K. (1949). Human Behavior and the Principle of Least Effort. An Introduction to Human Ecology. Cambridge, Mass: Addison-Wesley Press.

Zuckermann, M. (1994). Behavioral expressions and biosocial bases of sensation seeking. Cambridge: Cambridge University Press.