

2 Basistechnologien für weiterentwickelte persönliche Schutzausrüstung

2.1 Zu den Grundlagen persönlicher Schutzausrüstung (PSA)

2.1.1 Motivation und Betrachtungen zum Arbeitsschutz

Während seiner Tätigkeit setzt sich ein Arbeiter mit manuellen Tätigkeiten stets auch Gefahren aus, die aus seiner Umgebung und seiner Tätigkeit resultieren. Viele dieser Gefahren bleiben ohne Auswirkungen und entwickeln sich nicht zu solchen Situationen weiter, in denen Arbeiter gefährdet werden oder einen Unfall erleiden. Neben der individuellen Erfahrung des Arbeiters tragen organisatorische Maßnahmen und besonders das Tragen persönlicher Schutzausrüstungen zu diesem für den Arbeiter glücklichen Umstand bei. Persönliche Schutzausrüstung ist hierbei jede Ausrüstung, „die dazu bestimmt ist, von den Beschäftigten benutzt oder getragen zu werden, um sich gegen eine Gefährdung für ihre Sicherheit und Gesundheit zu schützen, sowie jede mit demselben Ziel verwendete und mit der persönlichen Schutzausrüstung verbundene Zusatzausrüstung.“ [PBV96, S. 1]

Eine Momentaufnahme der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA) aus dem Jahr 2008 [OSHA08, S. 20f] zeigt jedoch, dass trotz der verschiedenen Maßnahmen zum Schutz der Arbeiter eine nicht unerhebliche Anzahl von Arbeitsunfällen zu Verletzungen, Arbeitsausfällen und im schlimmsten Falle sogar zum Tode führt. Die von der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin verzeichneten Zahlen der Arbeitsunfälle in den Jahren von 1960 bis 2008 weisen zwar eine sinkende Tendenz auf. Dennoch geschehen trotz aller Verbesserungen der technischen und organisatorischen Schutzmaßnahmen jährlich noch mehr als 1 Mio. Arbeitsunfälle, von denen mehr als 700 tödlich verlaufen. Werden diese Zahlen auf die jeweiligen Branchen bezogen, in denen die Arbeitsunfälle geschehen, zeigen sich deutliche Unterschiede. So scheinen die Arbeiter in der Holz- und Holzverarbeitenden Industrie sowie in der Baubranche besonders gefährdet zu sein, wohingegen die allgemein als Hochrisikobranche betrachtete Chemiebranche durch eine geringe Zahl von Unfällen auffällt.

Insbesondere unter dem Aspekt der stetig älter werdenden Gesellschaft und des damit einhergehenden steigenden Durchschnittsalters der Belegschaften ist die Betrachtung der durchschnittlichen Dauer der Arbeitsunfähigkeit nach einem Arbeitsunfall bezogen auf das jeweilige Lebensalter von besonderem Interesse. Allgemein scheint die Aussage zuzutreffen, dass mit höherem Alter auch eine höhere Dauer der Arbeitsunfähigkeit nach Unfallereignissen einhergeht [OSHA08, S. 36]. Eine weitere Verringerung der Unfallzahlen durch eine Verbesserung des Arbeitsschutzes scheint schon aus diesem Grunde angeraten.

Auch die Europäische Union unterstützt Sicherheitsstrategien und Gesundheitsschutz am Arbeitsplatz mit Richtlinien und Direktiven. In [vdB09, S.59 f] findet sich in Bezug auf das verwandte Forschungsfeld Ambient Assisted Living eine Übersicht zu europäischen Aktivitäten. Die Europäische Agentur für Sicherheit und Gesundheitsschutz am Arbeitsplatz zeigt auf [OSHA10], dass allein in der EU jedes Jahr über 100.000 Todesfälle registriert werden, die entweder auf Arbeitsunfälle (5.720) oder Berufskrankheiten (159.500) zurückzuführen sind. Die letztere Zahl zeigt das hohe Potenzial für eine Prävention von Berufskrankheiten, das zum Beispiel durch Health Monitoring in Verbindung mit PSA realisiert werden kann. Darüber hinaus kann unter Umständen der Prozess des aktiven Alterns und Erhaltung der Arbeitskraft im Beruf durch mobile Schutzassistenzsysteme im Sinne des optimierten Arbeitsumfeldes unterstützt werden [vdB09, S.52].

Internationale Aktivitäten werden darüber hinaus in der ILO (International Labour Organisation) verfolgt. Die ILO-Konvention 155 [ILO81] dokumentiert das internationale Interesse an übergreifenden Gesetzen und Strategien zum Thema Arbeitsschutz und Arbeitssicherheit.

2.1.2 Untersuchungen zum Bedarf von PSA in ausgewählten Anwenderzielgruppen

Während die alltägliche Kleidung lediglich geringe Schutzfunktionen besitzt, ist insbesondere PSA hochgradig auf die jeweiligen Risiken der verschiedenen Arbeitsplätze abgestimmt. Nicht nur, aber auch wegen der schützenden Eigenschaften der spezifischen textilen Materialien kann sich der Mensch sicher in Umgebungen bewegen, die er ansonsten nur für sehr kurze Zeiten oder gar nicht betreten könnte, ohne sich selbst zu schädigen.

Tatsächlich bestimmen Vorschriften (siehe Abbildung 1) das Tragen von PSA. Dies gilt für die Auswahl der richtigen PSA, die ausreichende Bereitstellung und die richtige Benutzung von PSA.

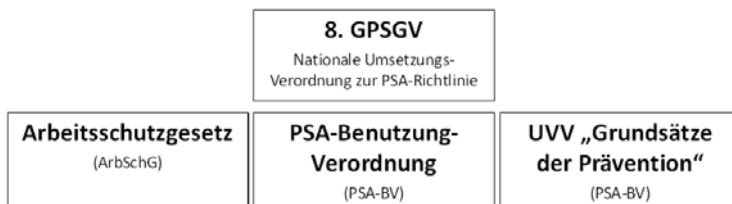


Abbildung 1: PSA-spezifische Vorschriften, nach [FAP06, S. 3]

Die zu beachtenden Sachverhalte sind in mehreren Vorschriften enthalten: das Arbeitsschutzgesetz [ASG96], die PSA-Benutzungsverordnung [PBV96], die Achte Verordnung zum Geräte- und Produktsicherheitsgesetz [AGP92] sowie die Unfallverhütungsvorschrift „Grundsätze der Prävention“ [HVBG04] mit der erläuternden BG-Regel BGR A1 [HVBG05]. Darüber hinaus ist eine Berufsgenossenschaftliche-Information BGI 515 vom Fachausschuss Persönliche Schutzausrüstungen PSA veröffentlicht [FAP06], die die anzuwendenden Vorschriften in ihrer fachlichen Gesamtheit für Fachleute und Praktiker anschaulich und verständlich darstellt. Fehler in der Praxis sollen vermieden und Rechtssicherheit für die Betroffenen gefördert werden.

Von Bedeutung für die Anwendung und Weiterentwicklung von PSA ist außerdem der 1992 gegründete Herstellerverbund Persönliche Schutzausrüstung (IVPS)¹.

Persönliche Schutzausrüstungen, d.h. personenbezogene Ausrüstungsgegenstände wie Kopfschutz, Fußschutz, Atemschutz, Augen- oder Gesichtsschutz, Körperschutz usw. müssen vom Vorgesetzten den Mitarbeitern zur Verfügung gestellt werden,

- wenn sie zur Vermeidung von Unfall- und Gesundheitsgefahren erforderlich sind,
- weil Sicherheit durch betriebstechnische Maßnahmen nicht zu erreichen ist.

¹ Interessenverbund Persönliche Schutzausrüstung e.V., c/o Dr. Peter Bohn, www.ivps.de, zuletzt geprüft am 20.01.2012

Ein Hauptcharakteristikum konventioneller PSA ist deren Passivität. Die Schutzfunktionen werden erst dann wirksam, wenn eine Gefährdung eintritt und den Körper beziehungsweise dessen umgebende Hülle schädigt. In einer Umfrage [NN10b] zeigte sich, dass eine deutliche Unzufriedenheit der Anwender mit der Schutzwirkung von ausgewählter PSA besteht. Beim Handschutz äußerten 31,3 Prozent der Befragten diese Unzufriedenheit.

Um diese Ausgangssituation zu erhärten und gleichzeitig zu differenzieren, wurde in einer eigenen Anwenderbefragung die Einstellung von PSA-Anwendern zu neuen Funktionserweiterungen abgefragt und ausgewertet². Insgesamt wurden 23 Personen im Zeitraum von Januar bis Juni 2010 befragt. Die befragten Personen sind Anwender aus den Branchen Feuerwehr (9), Forstwirtschaft (7) und Andere (7). Grundlage für die Befragung war ein Fragebogen³ mit vier Bewertungskategorien, der auch online zur Verfügung stand. Die Befragung beansprucht keine statistische Erheblichkeit, kann aber qualitativ Tendenzen deutlich machen.

Häufig blieben die Aussagen eher unentschieden, was z.T. daran liegen mag, dass kein konkretes Anwendungsbeispiel mitgeliefert wurde. Echter dringender Bedarf konnte nicht zwingend eruiert werden. Vor allem die Verbesserung der Schutzwirkung der Bekleidung wurde eher unentschieden bewertet. Offensichtlich sind PSA sicherheitstechnisch bereits sehr hoch entwickelt. Etwas deutlicher präsentieren sich einige Nebenaspekte, die auch in der Ausarbeitung der vorliegenden Arbeit noch eine Rolle spielen werden: Im Hinblick auf wünschenswerte Funktionen zukünftiger PSA betonen vor allem Feuerwehrleute, dass Notsituationen erkannt und sichtbar gemacht werden sollen (Abbildung 2 oben). Bei der Entwicklung des intelligenten Feuerwehrhandschuhs (Kap. 5.2) bestätigte sich dies insofern, als dass die Abbildung von Notsituationen zielführende Maxime des dort angelegten Schutzfunktionskonzeptes war. Eine zweite wichtige Zielstellung ist die Verbesserung von PSA im Hinblick auf ein effektives Arbeiten (Abbildung 2 mittig). Hier scheint noch Optimierungsbedarf zu bestehen. Betrachtet man beispielsweise die Isolationswirkung von Schnittschutzbekleidung (vgl. Kap. 3.3.1), ist dieser Punkt sicherlich sinnfällig. Übereinstimmend damit zeigt sich beispielsweise bei einer Befragung österreichischer Anwender zur

² Im Folgenden auch kurz „Anwenderbefragung PSA“ genannt.

³ siehe Anhang A4: Fragebogen „SmartPSA-Studie“

PSA-Nutzung [NN10b], dass 22,1 Prozent der Befragten Probleme bei der Anwendung oder Behinderung durch PSA sehen.

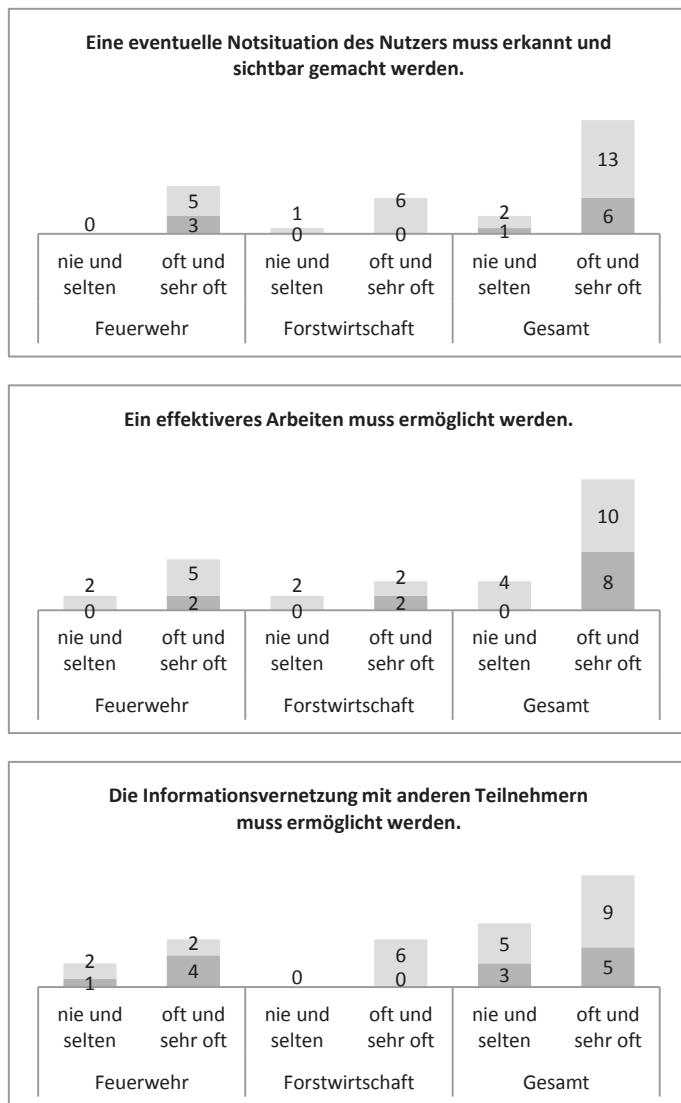


Abbildung 2: Anwenderbefragung PSA. Welche neuen Ziele wären Ihnen in Verbindung mit einer verbesserten PSA wichtig? (n=23)

Ein gewisser Bedarf an Informationsvernetzung (Abbildung 2 unten) zeigt in die Richtung neuer PSA-Ansätze, wie sie in der vorliegenden Arbeit diskutiert werden.

Die genannten Defizite und Bedarfe aufgreifend, soll die Ergänzung von PSA mit Elektronik und Software die Passivität von PSA überwinden und dazu beitragen, dass beispielsweise eine Früherkennung von Gefahrensituationen erreicht wird [NN10a]. Auch können Notfallsituationen über eine Vernetzung der PSA-Systeme schneller und sicherer signalisiert werden. Ohne an dieser Stelle bereits zu vertiefen, zeigt Abbildung 3 prinzipiell erforderliche Technikdomänen für diese Zielstellungen.

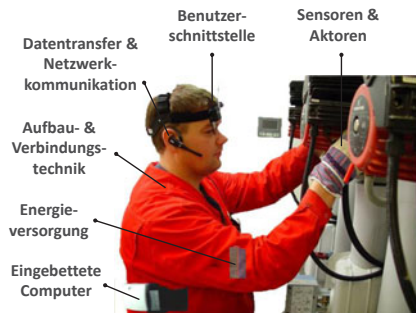


Abbildung 3: Technikdomänen zur Erzielung aktiver Funktionserweiterungen von persönlicher Schutzausrüstung [Bildquelle: TZI]

Die Nutzung der technischen Möglichkeiten der IuK-Technologien, Mikrosystemtechnik, Smart Clothes und Wearable Computing bietet die Chance, dass eine neue Generation persönlicher Schutzausrüstungen auf verschiedene Weise eine aktive Rolle übernehmen kann:

- PSA kann den Anwender auf schädigende Einflüsse aus der Umgebung hinweisen, bevor diese eine Gefährdung für den Arbeiter darstellen (Prävention).
- PSA kann den Anwender in stark belastenden Arbeitssituationen darauf hinweisen, dass sein körperlicher Zustand in einen gefährdenden Bereich driftet oder im Bedarfsfall eine Notfallmeldung generieren (Monitoring).
- PSA kann im Gefahrenfall zusätzliche Schutzmechanismen aufbauen, so dass eine Schädigung des Anwenders verhindert wird (Intervention).

Eingebettete Computer (siehe Kap. 2.2) erhalten die Funktion der Schaltzentrale, in der die gemessenen Daten ausgewertet und an Empfänger adressiert und weitergeleitet werden. Die Empfänger sind Aktuatoren, die Schutzfunktionen übernehmen, aber auch beispielsweise eine Leitstelle, die Notrufe empfängt. Ein tragbarer Computer bringt die notwendige Flexibilität und Rechenkapazität mit und kann heute kostengünstig gefertigt werden.

Ein aktueller technischer Bericht des Deutschen Institutes für Normung [DIN11, S. 18-19] bestätigt in Bezug auf intelligente Textilien für Arbeitsschutzanwendungen die oben genannten Eigenschaften von PSA mit erweiterter Funktionalität und weist darauf hin, dass die Kommunikation mit dem Träger und externen Beobachtern ein grundlegendes Merkmal dieser Systeme ist.

Aktuelle Entwicklungen zu den aufgezeigten PSA-Trends finden sich in der Fachwelt wieder [NN10], [Obe10]. Am Beispiel Schnittschutzbekleidung (Abbildung 4) soll die Interventionsfunktion der intelligenten Schutzbekleidung verdeutlicht werden. Bisher tritt die textile Funktion der Schutzausrüstung erst in Aktion, wenn die laufende Säge mit der Schnittschutzhose in Berührung kommt. Nachdem die Säge den Oberstoff durchdrungen hat, wickeln sich die langen und reißfesten Fasern der integrierten Schnittschutzlagen um den Antrieb der Säge und blockieren diese. In jedem Fall ist das Textil der Schnittschutzhose zerstört und kann nach einem Unfall nicht weiter verwendet werden. In vielen Fällen bleibt auch der Arbeiter nicht vollkommen unverletzt.

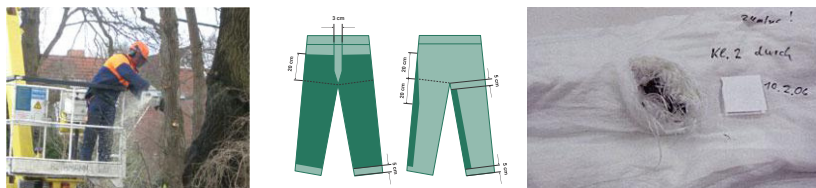


Abbildung 4: Schnittschutzbekleidung mit passivem textilen Schutz als Beispiel für persönliche Schutzausrüstung, links: Arbeit mit PSA [Bildquelle: TZI]; mittig: Anordnung der Schnittschutzlagen⁴; rechts: zerstörte Schnittschutzlagen ©Hartfiel, KWF [HaJ06])

⁴ Norm DIN EN 381/5 „Schutzbekleidung für die Benutzer von handgeführten Kettensägen Teil 5 Anforderungen an Beinschutz“

Eine „intelligente“ Schnittschutzhose könnte die Kettensäge schon stoppen, bevor diese in Kontakt mit der Hose selbst tritt [Rup10]. Die Vorteile eines solchen Verhaltens sind offensichtlich:

- Die Schnittschutzhose wird nicht verletzt. Sie kann auch weiterhin genutzt und muss nicht ausgetauscht werden.
- Der Arbeiter wird nicht verletzt und erleidet somit weder körperlichen Schaden, noch entstehen unfallbedingte Ausfallzeiten.

Um Missverständnissen vorzubeugen, sei darauf hingewiesen, dass die technische Maßnahme „Intelligente Schutzbekleidung“ nicht die auf organisatorische und persönliche Belange abzielenden Bemühungen für ein sicherheitsgerechtes Arbeiten obsolet machen. Es wird auch weiterhin gelten, dass Arbeitssicherheit eine Leistung ist, die durch Aktivitäten der Betriebsleitung, der Vorgesetzten und der Beschäftigten selbst fortwährend erbracht werden muss und damit den Unfällen gegenüber präventiv wirkt.

Möglichkeiten und Grenzen des Einsatzes mobiler Assistenzsysteme werden im Bereich der Gesundheitswirtschaft derzeit stark diskutiert [VDE11]. Um beispielsweise die fachlich adäquate Betreuung und Pflege eines Kranken durch Laien zu ermöglichen, werden zunehmend technische Assistenzsysteme entwickelt, die pflegende Familienangehörige mit geeigneten Informationen und praktischen Kommunikationshilfen unterstützen.

Analog wird die technische Neugestaltung der PSA für Berufsgruppen wie Feuerwehr und Forstarbeit Handlungserweiterungen und Ermächtigungen für den Anwender hervorbringen, die Fragen und Unsicherheiten aufwerfen. Auch wenn bestimmte Anforderungen, beispielsweise Fragen der Verfügbarkeit der Technik, aus anderen Bereichen übertragen werden können, fehlen für die spezifischen Schutzanforderungen Erfahrungen im Umgang mit mobilen Assistenzsystemen und sind in der Praxis wenig erforscht.

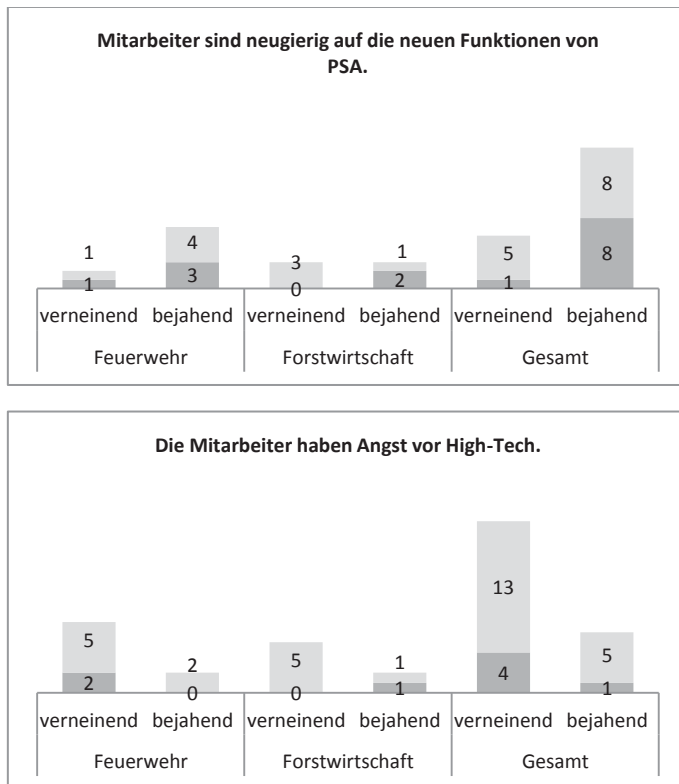


Abbildung 5: Anwenderbefragung PSA. Bitte bewerten Sie folgende Aussagen! (n=23)

In der Anwenderbefragung PSA zeigt sich aber, dass die beiden Zielgruppen neuen Entwicklungen aufgeschlossen gegenüberstehen (Abbildung 5). Die Neugier überwiegt. Die Feuerwehr mit technisch versiertem und auf Technik angewiesenem Personal zeigt sich voran sehr aufgeschlossen.

2.2 Der Trend zu eingebetteten Systemen mobiler Computer

2.2.1 *Intelligente Objekte – vernetzte, kontextsensitive und eingebettete Computer*

Ambient Intelligence ist ein von der Information Society Technology Advisory Group (ISTAG) der EU geprägter und im Weiteren gefestigter Begriff [Aar03]. Miteinander kommunizierende Sensor-Aktor-Knoten bilden ein Netzwerk. Dies ist dergestalt in der Lage, die Daten, die es aus der realen Umwelt aufnimmt, zu analysieren und flexibel darauf zu reagieren. Im Deutschen ist für diese Sensor-Aktor-Knoten der Begriff Intelligente Objekte, d.h. autark interagierende Miniaturcomputer, geprägt worden [Aca09, S. 9]. Diese Objekte passen sich den individuellen Bedürfnissen der Nutzer an und können sich weitergehend vernetzen.

Von der Deutschen Akademie der Technikwissenschaften (acatech)⁵ wurde eine grundlegende Untersuchung zu Intelligenten Objekten und ihren Wirkzusammenhängen durchgeführt. Es heißt dort [Her09b, S. 9] umschreibend: „Von einem Intelligenten Objekt kann die Rede sein, wenn mindestens ein Prozessor und ein Programm vorhanden sind, gegebenenfalls im Weiteren ein Speicher. Zu Prozessor und Programm treten bei komplexeren Intelligenten Objekten noch Sensoren und immer häufiger auch Übertragungsstrecken hinzu, also eine Vernetzung der Objekte mit anderen Objekten und eine Einbindung in soziotechnische Systeme.“

Intelligente-Objekte-Umgebungen subsumieren eine Vielzahl von Computing-Konzepten, wie beispielsweise das Wearable Computing (siehe Kap. 2.2.3) und das Ubiquitous Computing, das auf der zunehmenden Vernetztheit von nicht mehr wenigen, sondern zahlreichen Computing-Entitäten beruht [Mat03, S. 18-20]. Dominierende Einflussfaktoren für die Entwicklung dieser Computing-Entitäten sind die zunehmende Leistungsfähigkeit und Miniaturisierung der Hardwarekomponenten sowie Fortschritte in der Softwaretechnologie. Rechenleistung, repräsentiert durch Mikroprozessoren, wird kontinuierlich günstiger und kleiner, so dass mikrosystemtechnische Objekte mit sensorischen und aktorischen Fähigkeiten zukünftig in sehr viele Gegenstände inkorporiert werden können [Mat03, S. 20-26]. Ein praktisches Beispiel findet sich im nachfolgenden Kasten beschrieben (Abbildung 6).

⁵ <http://www.acatech.de>, zuletzt geprüft am 25.01.2012

Mobile Schutzassistentz

Grundlagen, Entwurfsmethodik, Gestaltanforderungen

Breckenfelder, C.

2013, XXII, 215 S. 100 Abb., 7 Abb. in Farbe., Softcover

ISBN: 978-3-658-01127-7