

**Abschlussbericht zum Verbundprojekt:
Semipermeable Anzüge für Einsatzkräfte (SAFE)**

—

**Teilvorhaben: Grundlegende Untersuchungen zur
Integration der Systemkomponenten in die
Schutzbekleidung**

Zuwendungs-
empfänger: Kärcher Futuretech GmbH

Förderkennzeichen: 13N9809

vorgelegt von: Kärcher Futuretech GmbH
Dipl.-Ing. (FH) Manuela Bräuning
Dr. phil.-nat. Markus Hellmuth
Dipl. Ing. ; MBA Theodor Tumbrink

Projekt- und
Berichtszeitraum: 01.05.2008-31.12.2011

Berichtsdatum: 30.April 2012

Theodor Tumbrink – Leiter Produktmanagement

Klaus Flad – Prokurist

Inhalt

1	Kurzdarstellung	1
1.1	Aufgabenstellung	1
1.2	Voraussetzungen	3
1.3	Planung und Ablauf.....	3
1.4	Wissenschaftlicher und technischer Stand bei Projektbeginn	9
1.5	Zusammenarbeit.....	13
2	Ausführliche Darstellung.....	16
2.1	Verwendung der Zuwendung und Ergebnisse.....	16
2.1.1	Personalkosten	16
2.1.2	Materialkosten.....	16
2.1.3	FE-Fremdleistungskosten.....	17
2.1.4	Reisekosten.....	17
2.1.5	Gesamtkosten.....	17
2.2	Zahlenmäßiger Nachweis der wichtigsten Positionen.....	17
2.3	Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeiten	18
2.4	Nutzen und Verwertbarkeit	18
2.5	Bekannt gewordene Entwicklungen aus ähnlichen Bereichen während des Forschungsvorhabens	20
2.6	Veröffentlichungen	20
3	Literaturverzeichnis	21

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1-1: Schematische Darstellung der Anzüge SAFE 1- SAFE 3+	4
Abbildung 1-2: Schematische Darstellung des Lagenaufbaus SAFE 1.....	5
Abbildung 1-3: Schematische Darstellung des Lagenaufbaus SAFE 2.....	5
Abbildung 1-4: Schematische Darstellung des Lagenaufbaus SAFE 3 und SAFE 3+.....	6
Abbildung 1-5: Übersicht über die Elektronikintegration.....	6
Abbildung 1-6: Untersuchungsbasis	7
Abbildung 1-7: Produktentstehungsprozess.....	8
Abbildung 1-8: Unterscheidung von ABC-Schutzbekleidung	9
Abbildung 1-9: Schematischer Aufbau eines permeablen ABC-Schutzsystems	10

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1-1: Aufgaben der Konsortialpartner	14
Tabelle 1-2: Aufgaben der Unterauftragnehmer	15
Tabelle 2-1: Kostenübersicht	16
Tabelle 2-2: Verwendung Finanzmittel wichtigste Positionen	17

1 Kurzdarstellung

1.1 Aufgabenstellung

Das Programm „Forschung für zivile Sicherheit- Schutzsysteme für Sicherheits- und Rettungskräfte“ wurde am 24. Januar 2007 als Bestandteil der Hightech-Strategie für Deutschland vom Bundesministerium für Bildung und Forschung, ins Leben gerufen.

Das Ziel des BMBF bestand darin, innovative Sicherheitslösungen zu fördern, die die Leistungsfähigkeit und den Schutz der Rettungs- und Sicherheitskräfte, sowie der Bürger insgesamt deutlich verbessern.

Das Förderprogramm umfasst die drei Bereiche „Smart Clothes“, „Navigation und Ortung“, sowie „Robotik“ mit dem gemeinsamen Ziel das Risiko für Ersthelfer im Einsatz auf ein Minimum zu reduzieren. Das im Folgenden beschriebene Forschungsvorhaben SAFE (das Akronym SAFE steht für „Semipermeable Anzüge Für Einsatzkräfte“) wird hier dem Bereich Smart Clothes zugeordnet.

Unter dem Begriff „Sicherheits- und Rettungskräfte“ wird derjenige Personenkreis zusammengefasst, der im Krisenfall als professionelle Hilfe zuerst an der Einsatzstelle eintrifft. Hierbei handelt es sich beispielsweise um Mitarbeiter von Feuerwehren (Berufs-, Werks- und freiwillige Feuerwehren), der Polizei, des technischen Hilfswerkes, des Rettungsdienstes oder auch des Katastrophenschutzes.

In aller Regel werden die Einsatzkräfte am Einsatzort zunächst unbekanntem Gefahren ausgesetzt. Die bei der Feuerwehr am Häufigsten anzutreffenden Szenarien umfassen Hitze- und Rauchentwicklung und damit eine mit Schadstoffen belastete Arbeitsumgebung.

Die Hauptaufgabe der Einsatzkräfte vor Ort besteht darin, den vorgefundenen Krisenfall schnellstmöglich und mit geringem Gefahrenpotential unter Kontrolle zu bringen. Für einen schnellen, effektiven und erfolgreichen Einsatz ist es von enormer Bedeutung, dass die Einsatzkraft eine hochleistungsfähige persönliche Schutzausrüstung trägt, auf die sie sich in jedem Fall verlassen kann.

Diesen Anforderungen wird weder die heutige Feuerweherschutz- noch die heutige ABC-Schutzbekleidung umfassend gerecht. Da bei allen Einsätzen der Selbstschutz der Einsatzkraft höchste Priorität haben sollte, hatte das Projekt SAFE das Ziel durch die Integration einer adsorptiven Schicht in eine Feuerweherschutzbekleidung die Schutzleistung der Schutzbekleidung zu erhöhen.

Die Einsatzbedingungen bei der Feuerwehr lassen jedoch einen Einsatz des klassischen Adsorbentmaterials Aktivkohle nicht zu. Ihr Leistungsspektrum umfasst nicht alle relevanten technischen Industriechemikalien und ist für den erforderlichen Temperatureinsatzbereich ungeeignet. Weitere Nachteile der eingesetzten Aktivkohleadsorber ist die unzureichende Regenerations-/Waschbeständigkeit, die hohe Wärmeleitfähigkeit und Brennbarkeit. Aufgrund dieser negativen Eigenschaften konnten sich permeable ABC-Schutzanzüge mit Aktivkohlefilter im Zivilschutzbereich bisher nicht etablieren.

1 Kurzdarstellung

Neben der Verbesserung der Schutzleistung sollte die Optimierung des Tragekomforts im Fokus der Entwicklung stehen, da der Tragekomfort sich wesentlich auf die Akzeptanz, sowie die physische und psychische Leistungsfähigkeit der Träger auswirkt.

Der thermophysiologische Tragekomfort sollte unter anderem durch die Verwendung einer neuen Funktionsschicht verbessert werden. Um die physische Belastung der Einsatzkräfte weiter zu reduzieren sollte das Gewicht der Schutzausrüstung ebenfalls optimiert werden.

Ziel des Forschungsvorhabens SAFE war demnach die Entwicklung einer neuen Generation von persönlicher textiler Schutzausrüstung, die die wesentlichen Elemente einer optimalen Schutzausrüstung in einem einzigen System vereinigt. Im Detail sind dies die folgenden Punkte:

- Deutlich gesteigerte Schutzleistung durch Verwendung eines optimierten Adsorbermaterials mit hoher Schutzleistung gegenüber biologischen und chemischen Kampf- und Gefahrstoffen, sowie gegenüber toxischen Industriechemikalien.
- Design- und Schnitterstellung nach neuesten ergonomischen Erkenntnissen, sowie Integration von Sensorik zur Vitalparameterüberwachung, zur Ortung und zur Erfassung von Umweltparametern
- Einbindung von Kommunikationskomponenten in das Bekleidungssystem, um der Einsatzkraft in einem Kommunikationsnetzwerk die Vernetzung mit Kollegen und der Einsatzleitung zu ermöglichen
- Steigerung der Einsatzfähigkeit und Einsatzdauer durch hohen Tragekomfort
- Erleichterung der Pflege und Dekontamination der Schutzausrüstung bei gleichzeitiger Erhöhung der Lebensdauer der Schutzkleidung durch den Einsatz optimierter textiler Flächen.

Zur Umsetzung dieser Ziele wurden die folgenden Aufgaben durch die Kärcher Futuretech GmbH bearbeitet:

- Auswahl, Prüfung und Beschaffung der einzelnen Materialien. Diese umfassen neben Futter- und Oberstoffen, das Laminat, sowie alle Zubehörkomponenten. Die Prüfung der textiltechnischen Eigenschaften erfolgt durch akkreditierte Prüfinstitute z.B. die Hohensteiner Institute (FIH) oder das Sächsische Textilforschungsinstitut (STFI). Die Schutzleistungsprüfungen erfolgen innerhalb des Konsortiums bei den Partnern WIS und BBK.
- Definition der Schnittstellen zu Telemetriekomponenten und Erarbeitung des Integrationskonzepts zur Optimierung des Schutzes von Menschen, der Personenrettung und der Einsatzsteuerung.
- Optimierung des Anzugsdesigns anhand der Anforderungsprofile der Endanwender
- Herstellung der Prototypen und der Erstserie
- Erstellung technischer Unterlagen und Dokumentation der Entwicklung
- Begleitung der Tragetests, sowie Prüfung und Umsetzung der vorgeschlagenen Optimierungen

1.2 Voraussetzungen

Kärcher und später die Kärcher Futuretech GmbH sind seit Anfang der neunziger Jahre im Bereich spezieller Schutzbekleidung aktiv. Für den ABC-Schutzbereich wurden hierzu zwei innovative Technologien eingesetzt, die im Bereich der permeablen ABC-Schutzbekleidung zeitweise ein Alleinstellungsmerkmal darstellten.

Bis zum Jahr 2001 wurde durch die Kärcher Futuretech GmbH zudem Feuerwehrsutzbekleidung unter dem Namen Fireguard™ produziert und vermarktet. Kärcher Futuretech war zu Beginn der Vermarktung der erste Hersteller, der Schutzbekleidung entsprechend der neuen Norm EN 469 anbieten konnte. Die EN 469 legt auf Grundlage der EU-Richtlinie 89/686/EWG die Rahmenparameter für die Beschaffenheit von Schutzkleidung für die Feuerwehr zur Brandbekämpfung fest. In dieser Norm werden Leistungsanforderungen definiert, die die zertifizierte Schutzbekleidung erfüllen muss.

Bei der Kärcher Fireguard™ Schutzbekleidung handelte es sich um innovative Produkte, die im Markt einen hervorragenden Ruf genossen. Auf Grund der angespannten Wettbewerbssituation und Fokussierung auf die Kernkompetenzen wurde 2001 entschieden sich aus dem Bereich der Feuerwehrsutzbekleidung zurückzuziehen und sich auf den Bereich der permeablen ABC-Schutzbekleidung zu fokussieren. Auch in diesem Bereich hatte Kärcher bereits durch die Verwendung innovativer Materialien Maßstäbe gesetzt.

Das Forschungsprojekt SAFE stellte durch die Verknüpfung der beiden Bereiche „Permeable ABC-Schutzbekleidung“ und „Feuerwehrsutzbekleidung“ einen neuen interessanten Lösungsansatz in Aussicht. Auf Basis dieses Projektes sollte erneut ein innovatives Produkt für das Marktsegment „Zivilschutz“ entwickelt werden.

1.3 Planung und Ablauf

Die Kärcher Futuretech GmbH übernahm innerhalb des Konsortiums die Aufgaben des Systemintegrators und koordinierte die Beschaffung der einzelnen Materialien, deren geeignete Zusammenstellung, die Entwicklung der unterschiedlichen Anzugstypen, deren Herstellung, der Integration von Elektronik und Telemetriekomponenten des Konsortialpartners ATS und schließlich die Optimierung der unterschiedlichen Schutzanzüge auf Basis der Versuchsergebnisse des Konsortialpartners BAuA.

Im Kapitel 1.5 ist die genaue Verknüpfung zwischen den Projektpartnern und deren Funktion innerhalb des Projekts dargestellt.

Der ursprüngliche Zeitplan innerhalb des Projekts sah zunächst die Festlegung der Grundstruktur des Adsorberlaminats vor. Hierzu sollte durch die HSU eine industriell verarbeitbare Menge funktionalisierten Adsorbers hergestellt werden. Dieser sollte im nächsten Schritt durch die Firma Freudenberg auf einen textilen Träger aufgebracht werden. Das so entstandene Adsorberlaminat sollte dann in Prototypen eingesetzt werden.

Parallel hierzu erfolgte die Auswahl und Beschaffung von Mustermetragern der Oberstoffe. Für diesen Arbeitsschritt war ursprünglich ein Zeitraum von drei bis sechs Monaten veranschlagt. Für die Tests inklusive Anfertigung der Versuchsmuster wurde ein Zeitbedarf von neun bis zwölf Monaten ab Verfügbarkeit des Adsorberlaminats einkalkuliert.

1 Kurzdarstellung

Aus dem konzipierten Lagenaufbau sollten ein Overall und ein zweiteiliger Anzug konstruiert werden. Im Laufe des Projektes zeigte sich, dass mit einem identischen Materialaufbau die stark differierenden Anforderungen der unterschiedlichen Endanwender nicht zu erfüllen gewesen wären. Daher wurde entschieden die Materialauswahl zu überdenken und den Endanwendern angepasste Anzugsvarianten zu realisieren.

So kam es dazu, dass anstatt der geplanten zwei Anzugsvarianten vier Anzugsvarianten realisiert werden sollten. Diese sind in der untenstehenden Entwicklungsübersicht mit SAFE 1, SAFE 2, SAFE 3 und SAFE 3+ bezeichnet.

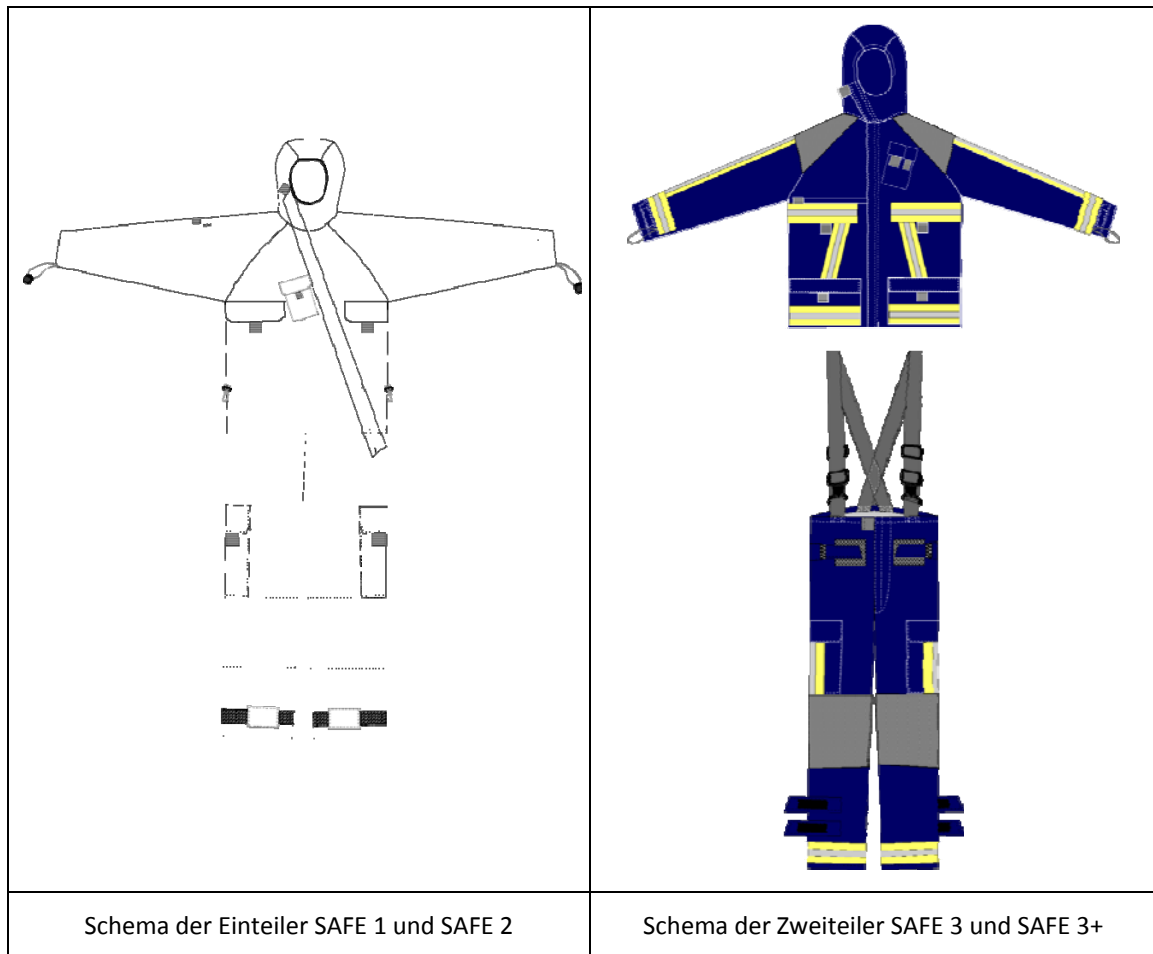


Abbildung 1-1: Schematische Darstellung der Anzüge SAFE 1- SAFE 3+

Der Anzugstyp SAFE 1 besteht aus einem permeablen System und ist für den Endanwender BBK konzipiert. Die Anzugstypen SAFE 2, SAFE 3, sowie SAFE 3+ sind für die Feuerwehr konzipiert.

1 Kurzdarstellung

Die folgende Abbildung zeigt den Lagenaufbau des SAFE 1 Anzuges.

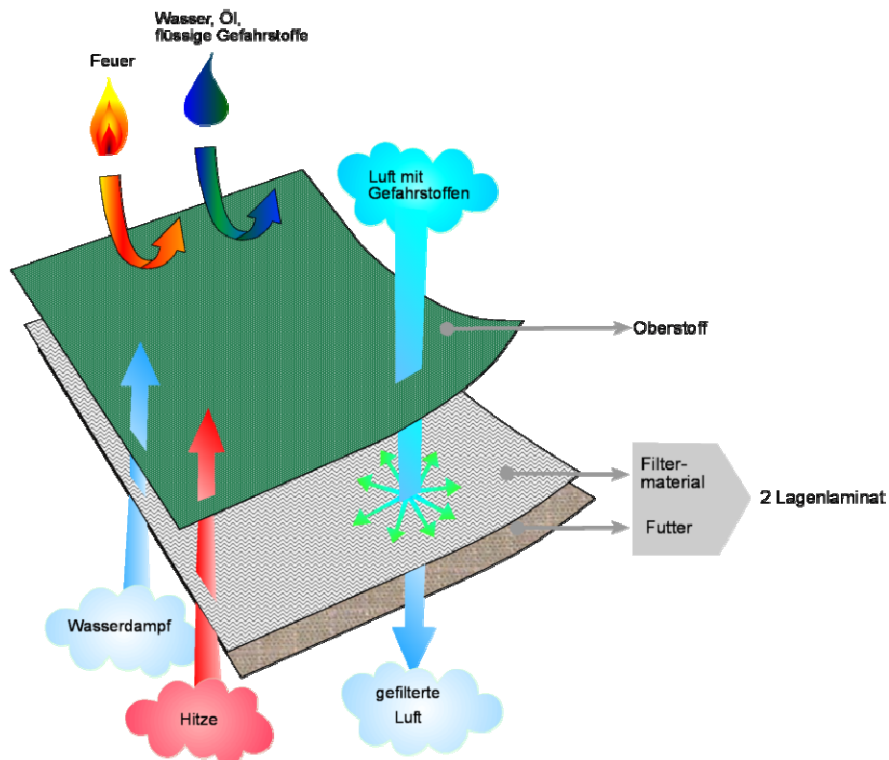


Abbildung 1-2: Schematische Darstellung des Lagenaufbaus SAFE 1

Der Anzugstyp SAFE 2 ist für ein neues Einsatzszenario der Feuerwehr konstruiert, das die Innenraumbrandbekämpfung nicht einschließt. Er konnte daher auch durch ein permeables System dargestellt werden. Die nächste Abbildung zeigt hierfür den Lagenaufbau.

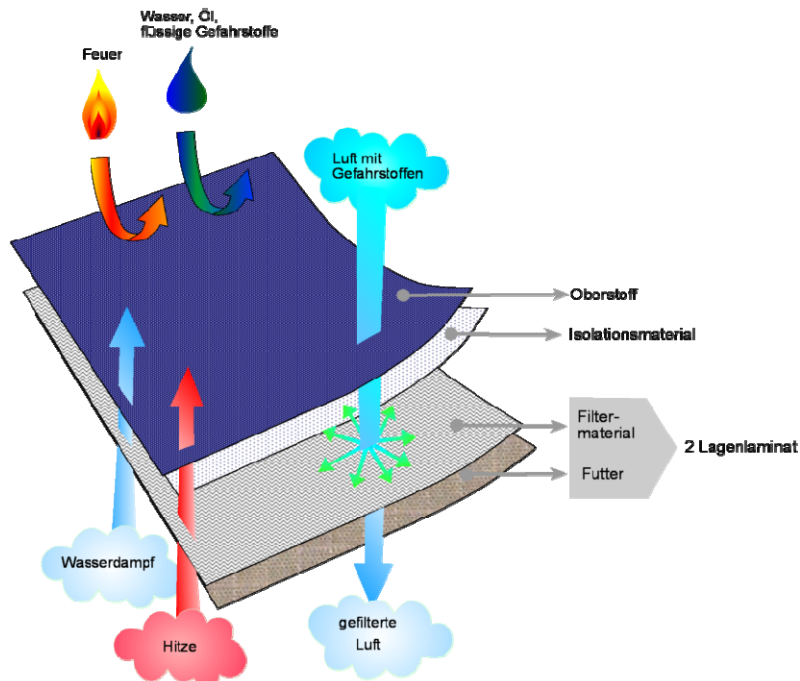


Abbildung 1-3: Schematische Darstellung des Lagenaufbaus SAFE 2

1 Kurzdarstellung

Der Anzugstyp SAFE 3 hingegen ist für den „klassischen“ Brandeinsatz der Feuerwehr konzipiert. Aus diesem Grund kann hier kein permeables Material, sondern nur ein semipermeables Material verwendet werden. Die Entscheidung diesen Anzugstyp mit einem völlig neuen Materialaufbau zu realisieren fiel erst während des laufenden Projekts im Dezember 2009.

Die folgende Abbildung zeigt den Lagenaufbau des SAFE 3 und SAFE 3+ Anzuges.

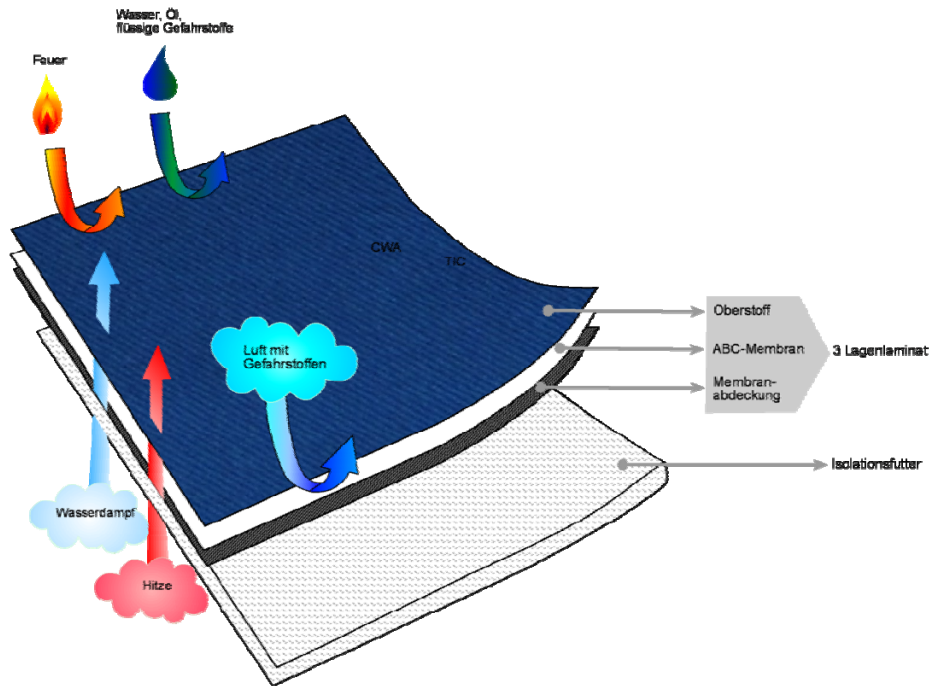
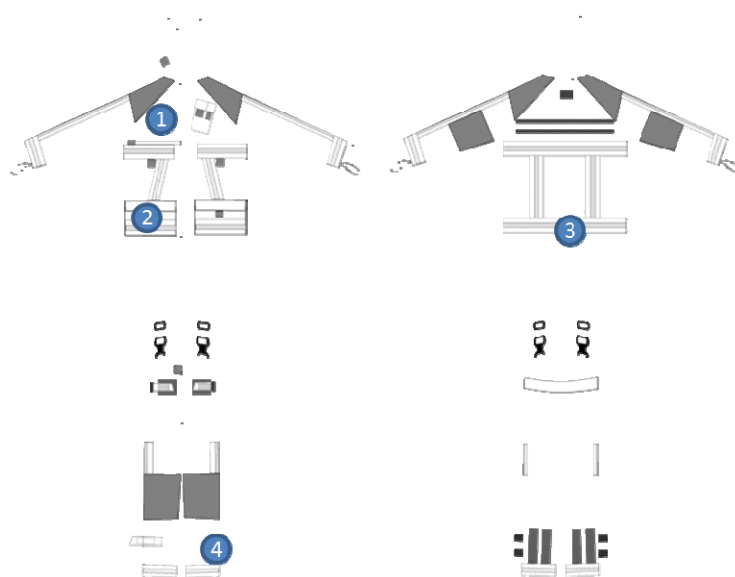


Abbildung 1-4: Schematische Darstellung des Lagenaufbaus SAFE 3 und SAFE 3+

Der Anzugstyp SAFE 3+ unterscheidet sich durch die integrierten Elektronikkomponenten vom Anzugstyp SAFE 3. Die folgende Abbildung zeigt die Integration der unterschiedlichen Komponenten.



Inhalt der Taschen:

- 1) Baugruppe mit CO-Sensor, DGPS, Temperatur & Luftfeuchtigkeitssensor
- 2) zentrale Steuereinheit im Anzug incl. Akku und Akkuüberwachung
- 3) Sensorbaugruppe mit Gyroskop- und Beschleunigungssensoren
- 4) Baugruppe mit Schrittsensor, ISM, Beschleunigungssensor

Abbildung 1-5: Übersicht über die Elektronikintegration

1 Kurzdarstellung

Auf Grund dieser späten Entscheidung und durch Lieferverzug der unterschiedlichen Komponenten kam es zu zeitlichen Engpässen.

Es erfolgte eine Auswertung des Vergleichs zwischen eingeführter Bekleidung und den neuen Modellen, sowie dem Einfluss des Materials bei gleicher Schnittführung bei unterschiedlichen Nutzergruppen.



Overgarment des BBK der Firma Blücher (hier: orange) und Safeguard™ ABC-Schutzbekleidung aus dem Hause Kärcher Futuretech (hier: schwarz)



SAFE 1 Prototypen



SAFE 1 Prototypen



SAFE 2 Prototypen



Feuerwehrsutzbekleidung nach HUPF



SAFE 3 Prototypen

Abbildung 1-6: Untersuchungsbasis

1 Kurzdarstellung

Die folgende Abbildung gibt einen Überblick über den Produktentstehungsprozess während des Projektes.

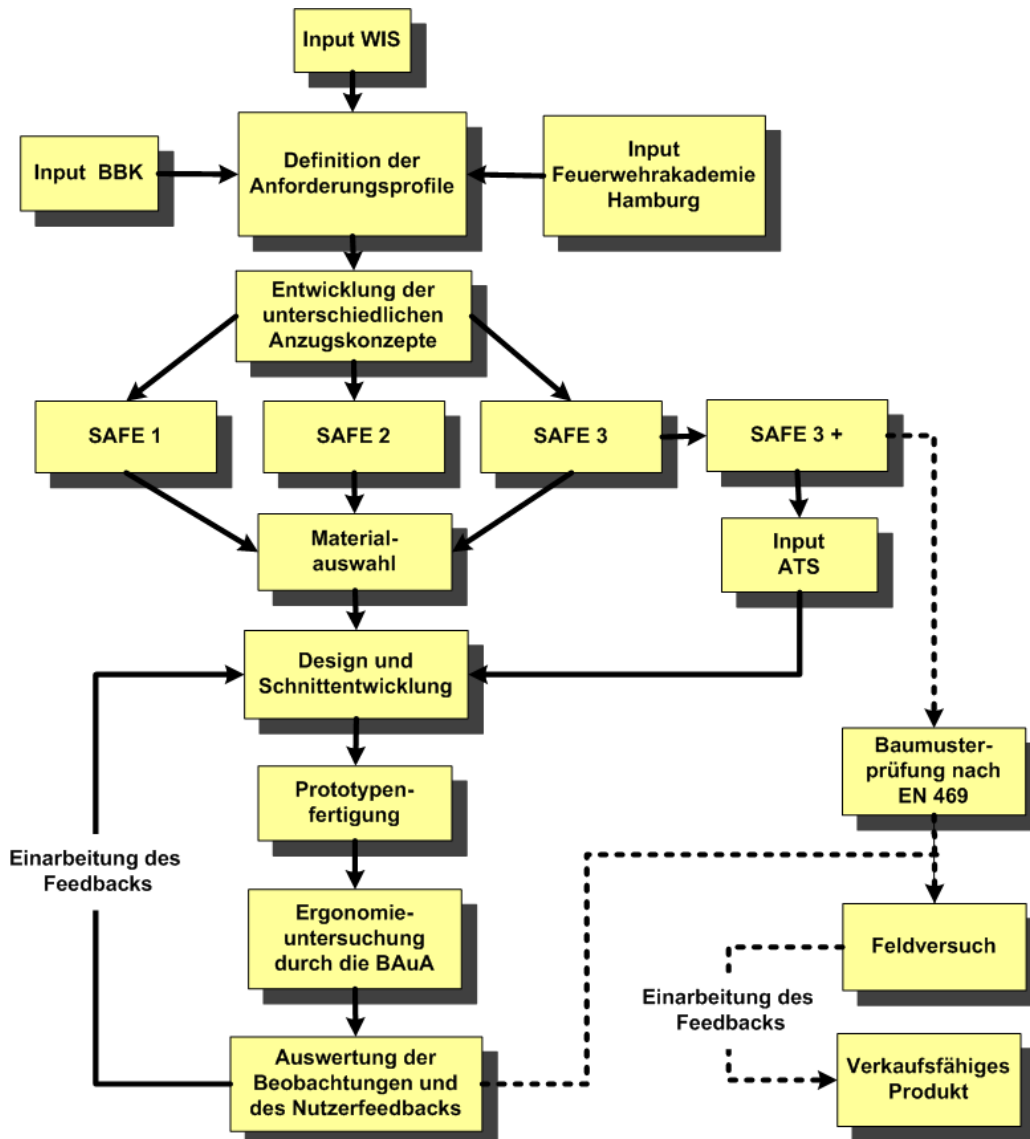


Abbildung 1-7: Produktentstehungsprozess

1.4 Wissenschaftlicher und technischer Stand bei Projektbeginn

In Bezug auf den Stand der Technik stellen Normen, Richtlinien, Verordnungen etc. eine zuverlässige Grundlage dar, da sie in regelmäßigen Abständen durch fachspezifische Gremien aktualisiert und erneut veröffentlicht werden. So regelt zum Beispiel die Richtlinie 89/686/EWG die Bedingungen für das Inverkehrbringen und den freien Verkehr von persönlicher Schutzausrüstung in der europäischen Gemeinschaft. Außerdem legt sie „...die grundlegenden Sicherheitsanforderungen, die die PSA erfüllen müssen, um die Gesundheit der Benutzer zu schützen und deren Sicherheit zu gewährleisten...“, fest. „...Damit die Übereinstimmung mit den grundlegenden Anforderungen leichter nachgewiesen werden kann, müssen auf europäischer Ebene harmonisierte Normen insbesondere für die Gestaltung, die Herstellung, die Spezifikationen und die Methoden für die Erprobung der persönlichen Schutz-ausrüstungen verfügbar sein, bei deren Einhaltung eine Übereinstimmung mit den grundlegenden Anforderungen angenommen werden kann...“ (1) Um die Übereinstimmung mit den geforderten Normen zu beweisen, kann je nach Produktbereich eine EG-Baumusterprüfung erforderlich sein.

Im Bereich der Schutzbekleidung stellt die DIN EN 340 die grundlegenden Anforderungen an eine große Bandbreite unterschiedlicher Schutzbekleidungstypen dar. Als Beispiel sei hier das Größenbezeichnungssystem oder die Kennzeichnungspflicht genannt. (74)

Bei Bekleidung zum Schutz gegenüber technischen Industriechemikalien und chemischen Gefahrstoffen sind grundsätzlich impermeable, semipermeable und permeable Systeme zu unterscheiden.



Abbildung 1-8: Unterscheidung von ABC-Schutzbekleidung

1 Kurzdarstellung

Zu Beginn des Projektes waren bei permeablen ABC-Schutzanzügen Filterlamine mit Adsorbentien auf Aktivkohlebasis Stand der Technik. Die Aktivkohle wird hierbei in Form von Fasern oder Partikeln, die auf einem Trägermaterial fixiert sind, eingesetzt.

Permeable Anzugssysteme werden durch die partielle Verbindung einer Kombination aus Filterlaminat und Oberstoff realisiert. Der Oberstoff bietet hierbei Schutz vor mechanischen Einflüssen, Flüssigkeitsspritzern und Flammeinwirkung. Die zweite Lage aus einem Adsorberlaminat hingegen bietet Schutz vor Gefahrstoffen im gasförmigen Zustand.

Permeable ABC-Schutzbekleidung wird nach heutigem Stand der Technik als sogenanntes Bipack System aufgebaut. Dieses sieht wie folgt aus:

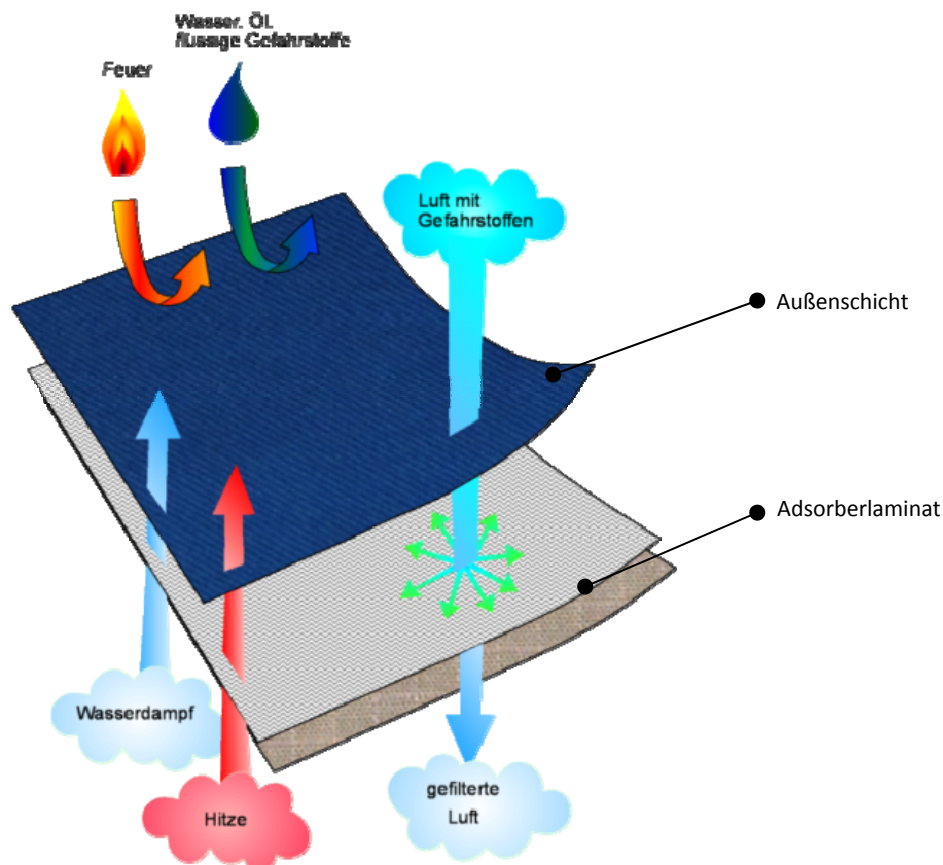


Abbildung 1-9: Schematischer Aufbau eines permeablen ABC-Schutzsystems

Als Oberstoffe werden wasser- und ölabweisend ausgerüstete Gewebe aus Baumwolle, synthetischen Fasern (Polyester, Polyamid, Modacryl, Viscose, Aramide) oder in entsprechenden Mischungen (Baumwolle / Synthetikfasern) eingesetzt.

Das Adsorberlaminat setzt sich zusammen aus einem Adsorberträgermaterial, einer adsorbierenden Schicht und einem Futterstoff. Diese Lagen werden durch Punktverklebung zusammengefügt bzw. laminiert. Als Futterstoff werden Gewebe, Gewirke oder Gestricke aus Baumwolle, synthetischen Fasern (Polyester, Polyamid) oder aus entsprechenden Mischungen (Baumwolle / Synthetikfasern) verwendet.

Als Adsorbentyp ist Aktivkohle Stand der Technik. Aktivkohle besteht in Form von Kugel oder Partikeln, die auf einen Träger aufgebracht werden oder liegt als Faser vor, die zu Geweben oder Gestricken verarbeitet werden und danach laminiert werden.

1 Kurzdarstellung

Der Lagenaufbau des Schutzanzuges ist somit entscheidend für die Schutzleistung gegenüber chemischen Schadstoffen. Außerdem beeinflusst er die tragephysiologischen Eigenschaften des Anzuges wesentlich.

Mit neuartigen leistungsstärkeren Adsorbentien auf Basis anorganischer Substanzen, die beständiger, einfacher regenerierbar, nicht brennbar und kostengünstiger sind, sowie verbesserte Wärmeisolationseigenschaften aufweisen, sollten die wesentlichen Anforderungen an ABC-Schutzanzüge für den Zivilschutz erfüllt werden. Im Rahmen des vorliegenden Projektes sollten diese neuartigen Adsorbentien erstmalig in Funktionsmustern einer neuen Generation an Schutzanzügen Anwendung finden.

Zum Einsatz pulverförmiger Materialien mit hoher adsorbierender Wirkung in Schutzanzügen ist die Grundvoraussetzung, dass diese dauerhaft auf einem Trägerstoff fixiert werden können. Hier liegt die Herausforderung darin, dass das Bindersystem die Leistungsfähigkeit der Adsorbentien nicht schädigt.

Diese Filtermaterialien sollten für ein gegebenes Flächengewicht eine Vielzahl unterschiedlicher chemischer Substanzen adsorbieren können. Im Vergleich mit den gegenwärtig eingesetzten Aktivkohlefiltern sollte zumindest eine vergleichbare, besser jedoch eine deutlich gesteigerte Schutzwirkung realisiert werden. Zusätzlich sollen die neu entwickelten Filtermaterialien erheblich mehr Pflegezyklen überstehen und sich optimalerweise leicht dekontaminieren lassen. Die derzeit beim BBK eingeführten Systeme auf Aktivkohlebasis müssen spätestens nach 6 Pflegezyklen ohne Kontamination oder direkt nach einer Kontamination ausgetauscht werden.

Neben permeabler Schutzbekleidung gibt es noch semipermeable und impermeable Systeme. Je nach Einsatzszenario kommt jeweils eines dieser Systeme zum Einsatz.

Die meist als Einweganzug konzipierten impermeablen Systeme bieten eine hohe Schutzleistung, der thermophysiologische Komfort ist allerdings gering und die Einsatz- bzw. Tragedauer eingeschränkt.

Für impermeable, wasserdampfdurchlässige Schutzbekleidung werden als Materialien beispielsweise polymerbeschichtete Spinnvliese eingesetzt. Sie können mit Maske und Atemschutzfilter oder umluftunabhängigen Atemschutz getragen werden. Bei stärkeren mechanischen Beanspruchungen werden Chemikalienvollschutzanzüge, die den kompletten Körper umhüllen, verwendet. Diese bestehen zum Beispiel aus gasdichten, elastomerbeschichteten Geweben und werden mit umluftunabhängigen Atemschutzgeräten getragen. Chemikalienschutzanzüge haben die höchste Schutzleistung gegenüber chemischen Gefahrstoffen. Sie schränken jedoch den Tragekomfort und die Bewegungsfreiheit stark ein. Ein weiterer Nachteil ist, dass sie selten in hitzebeständiger Form geliefert werden. Laut BGR 189 (Ausgabe 2007) ist die Tragedauer auf max. 30 min zu begrenzen.

Semipermeable Systeme beruhen in der Regel auf einer Membrantechnologie und sind wasserdampfdurchlässig. Sie bilden einen Kompromiss zwischen hoher Schutzleistung und eingeschränktem Tragekomfort.

1 Kurzdarstellung

Permeable Schutzbekleidungssysteme sind hingegen luft- und wasserdampfdurchlässig und zeichnen sich dadurch durch einen hohen Tragekomfort, sowie eine deutlich längere, maximale Einsatz- bzw. Tragedauer aus. Einsatzszenarien von bis zu 24 Stunden mit entsprechender Schutzleistung sind vorgesehen. Die Permeabilität der Systeme bedingt einen Kompromiss in dem Ausmaß der Schutzleistung gegenüber chemischen Schadstoffen. Priorität hatte in der Vergangenheit der Schutz gegenüber chemischen Kampfstoffen in flüssigem oder gasförmigem Zustand und weniger gegenüber technischen Industriechemikalien.

Neben den verwendeten Materialien spielt für die Schutzleistung das Design der Bekleidung eine wesentliche Rolle. Grundsätzlich gibt es zweiteilige Anzüge bestehend aus Jacke und Hose oder einteilige Anzüge (Overall).

Um die Schutzausrüstung zu komplettieren und ein abgeschlossenes Schutzsystem zu bilden, werden die Anzüge in Kombination mit entsprechenden Schutzhandschuhen, Schutzüberschuhen und einer Maske bzw. einem umluftunabhängigen Atemschutzgerät getragen. Die Übergänge zwischen den einzelnen Komponenten werden entsprechend abgedichtet.

Die Integration von Sensor-, Telemetrie und Kommunikationskomponenten in Schutzanzugssysteme zur Erfassung und Übermittlung von Vitalparametern und Standortdaten kommt derzeit nur bei Spezialeinsatzkräften zum Einsatz (z.B. Programm der Bundeswehr: "Infanterist der Zukunft"). Die Rechtslage zur Erfassung persönlicher Daten im Arbeitsumfeld ist noch nicht abschließend geklärt.

Im Anhang ist die während des Projektes erarbeitete Literaturliste enthalten.

1.5 Zusammenarbeit

Die folgende Tabelle stellt kurz die einzelnen Konsortialpartner und deren Aufgaben im Forschungsvorhaben SAFE dar:

Konsortialpartner	Hauptaufgabe
 <p>Helmut-Schmidt-Universität Hamburg (HSU)</p>	<p>Erforschung und Herstellung der optimierten mineralischen Adsorbentsien</p>
 <p>Freudenberg Forschungsdienste KG, Weinheim</p>	<p>Verarbeitung der Adsorbentsien der HSU in einen textilen Filter</p>
 <p>ATS Elektronik GmbH, Wunstorf</p>	<p>Erforschung und Bereitstellung der Sensorik und Telemetrikomponenten</p>
 <p>Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe</p> <p>Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (BBK), Bonn</p>	<p>Endanwender und zuständig für Prüfung der Schutzleistung gegenüber toxischen Industriechemikalien</p>
 <p>Wehrwissenschaftliches Institut für Schutztechnologien – ABC-Schutz (WIS), Munster</p>	<p>Endanwender und zuständig für Prüfung der Schutzleistung gegenüber chemischen Kampfstoffen</p>

1 Kurzdarstellung




Konsortialpartner	Hauptaufgabe
 <p>Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin</p> <p>Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA), Dortmund</p>	<p>Untersuchung der Ergonomie und Gebrauchstauglichkeit der Schutzbekleidung</p>
 <p>Feuerwehrakademie Hamburg (ehemals Landesfeuerweherschule)</p>	<p>Endanwender und zuständig für den Praxistest/Feldtest der Anzüge</p>
 <p>FUTURETECH Kärcher Group</p>	<p>Systemintegration, Beschaffung von erforderlichen Materialien, deren geeignete Zusammenstellung, Entwicklung/Fertigung unterschiedlicher Anzugstypen, Integration von Elektronik, Optimierung der unterschiedlichen Schutzanzüge auf Basis von Versuchsergebnissen</p>

Tabelle 1-1: Aufgaben der Konsortialpartner

Innerhalb des Konsortiums wurden verschiedene Arbeitsgruppen gebildet:

1. Anzugsgruppe:
Die Anzugsgruppe setzt sich aus Mitarbeitern des BBKs, des WIS, der Feuerwehrakademie, der BAuA und KFT zusammen.
2. Prüfgruppe:
Die Prüfgruppe wird aus Mitarbeiter der HSU, des BBKs, des WIS und KFT gebildet.
3. Elektronikgruppe:
Die Elektronikgruppe setzt sich aus Mitarbeitern der Firma ATS, der BAuA und KFT zusammen.

Um ein bestmögliches Produkt zu gestalten wurden die anfallenden Aufgaben von Kärcher Futuretech zum Teil an hoch spezialisierten Unterauftragnehmer vergeben. Im Folgenden sind diese entsprechend ihrer Aufgaben aufgelistet:

Unterauftragnehmer der Kärcher Futuretech GmbH	Aufgabe
 <p>Institut für Textil- und Verfahrenstechnik Denkendorf (ITV)</p>	<p>Optimierung der Wasser- und Ölabweisenden Eigenschaften der Oberstoffs</p>

1 Kurzdarstellung

Unterauftragnehmer der Kärcher Futuretech GmbH	Aufgabe
 F.A. Kümpers GmbH	Herstellung und Ausrüstung des Oberstoffes
 Ibenatextilwerke GmbH	Herstellung und Ausrüstung des Futterstoffes und des Isolationsfutters
 Eschler Textil GmbH	Hersteller des Abstandstextils
 Ploucquet Textiles Zittau GmbH	Beschichtung des Abstandstextils
 GE Energy	Herstellung der Membran, des 2-Lagen- ABC-Schutzlaminates, sowie des Nahtabdichtbandes
 Transtextil GmbH	Transformation des 2-Lagen-ABC-Schutzlaminates in ein 3-Lagen-ABC-Schutzlaminat
 Hochschule Albstadt-Sigmaringen	Schnittentwicklung- und Passformoptimierung
 Paul Kübler Bekleidungswerke GmbH	Konfektion der Prototypen

Tabelle 1-2: Aufgaben der Unterauftragnehmer

2 Ausführliche Darstellung

2.1 Verwendung der Zuwendung und Ergebnisse

Das Projekt hatte eine Laufzeit von dreieinhalb Jahren (01.05.2008 bis 31.12.2011) und der Arbeitsanteil der Kärcher Futuretech GmbH hatte einen Gesamtumfang von 520 000 Euro mit einer 50 % Förderquote.

Die Kosten gliedern sich wie folgt auf:

Kostenart	Plan-Summe
Personalkosten	254.100,00 €
Material	134.000,00 €
FE-Fremdleistungen	119.000,00 €
Reisekosten	15.000,00 €
Gesamt	522.100,00 €

Tabelle 2-1: Kostenübersicht

2.1.1 Personalkosten

Die Personalkosten verteilen sich auf die folgenden Kapazitäten

- Ingenieure im Bereich Bekleidungs- und Textiltechnik
- Toxikologen / Berater für ABC-Schutz
- Projektleitung

Die Entwicklung eines neuen Bekleidungssystems ist ein komplexes Aufgabengebiet, das nur durch die interdisziplinäre Zusammenarbeit hochspezialisierter Fachkräfte aus unterschiedlichen Fachrichtungen, realisiert werden konnte.

2.1.2 Materialkosten

Die Materialkosten verteilen sich auf die folgenden Positionen:

- Oberstoff für die unterschiedlichen Anzugsvarianten
- Funktionsschichten (ABC-Laminat, Adsorbierschichten, textile Träger)
- Weitere Materialien für die Konfektion

Die Entwicklung unterschiedlicher Anzugsvarianten erforderte die Entwicklung unterschiedlicher Materialkombinationen, die den Anforderung der Endanwender gerecht werden. Die Materialien mussten vor ihrem Einsatz in der Konfektion auf ihre Eignung hin überprüft werden, um die vorgegebenen Parameter entsprechend zu erfüllen. In einigen Fällen wurde daraufhin eine Materialalternative untersucht und beschafft.

2.1.3 FE-Fremdleistungskosten

Die FE- Fremdleistungskosten verteilen sich auf die folgenden Positionen:

- Entwicklung neuer textiler Flächen
- Untersuchungen zur Materialoptimierung
- Untersuchung zur Schnittoptimierung und Integration der Elektronikkomponenten
- Fertigungskosten für Prototypen

Die neuartigen Anforderungen an das textile Schutzsystem erforderten die Entwicklung neuer Materialien. Diese wurden gemeinsam mit Fachfirmen und Instituten, die auf das jeweilige Fachgebiet spezialisiert sind, entwickelt und in konfektionierbares Material umgesetzt.

Die Entwicklung und Konfektion von Prototypen, insbesondere wenn neue textile Materialien eingesetzt werden sollen, erfordert spezielle fachliche und technische Voraussetzungen. Diese wurden im Rahmen des Projektes von entsprechend hochqualifizierten Unternehmen übernommen.

Als Ergebnis dieser Arbeiten konnten Prototypen der drei unterschiedlichen Anzugsvarianten getestet werden.

2.1.4 Reisekosten

Die Reisekosten verteilen sich auf die folgenden Positionen:

- Abstimmungsgespräche mit Konsortialpartnern
- Abstimmungsgespräche mit Unterauftragnehmern und Lieferanten
- Besuche von Fachmessen und Symposien

2.1.5 Gesamtkosten

Detaillierte Auskünfte zu den einzelnen Positionen entnehmen sie bitte dem Verwertungsplan.

2.2 Zahlenmäßiger Nachweis der wichtigsten Positionen

Zu den wichtigsten Positionen gehören neben den Personalkosten die folgenden Positionen:

Kostenart	Verwendete Summe
Materialneuentwicklung	53.000 Euro
Materialoptimierung	30.000 Euro
Schnittoptimierung	22.000 Euro
Prototypenfertigung	50 000 Euro

Tabelle 2-2: Verwendung Finanzmittel wichtigste Positionen

2.3 Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeiten

Wie Eingangs schon dargestellt gibt es bei der Schutzbekleidung von Feuerwehren und im Katastrophenschutz eine Fähigkeitslücke. Die derzeit am Markt verfügbare Schutzbekleidung für diesen Bereich bietet keinen oder nur unzureichend Schutz vor Gefahrstoffen. Um dem Einsatzpersonal ausreichend Schutz bieten zu können muss in diesem speziellen Bereich eine neue Schutzbekleidungsgeneration entwickelt werden.

Daher waren in diesem speziellen Bereich Forschungsaktivitäten notwendig die einen deutlich höheren Aufwand mit sich brachten, als dies bei textilen Neuentwicklungen üblich ist. Da es sich nicht nur um die Anpassung bzw. Entwicklung eines Bekleidungsstückes, sondern um ein gesamtes System handelt, wurden die Arbeitspakete auf mehrere hochspezialisierte Projektpartner verteilt. Diese Verteilung ermöglichte erst die Umsetzung eines derartigen Projektes innerhalb eines relativ kurzen Zeitraumes.

Bei dem zuvor beschriebenen Teilvorhaben der Fa. Kärcher Futuretech zur Systemintegration handelt es sich um ein sehr umfangreiches Projekt, das sich nur im Verbund mit Partnerunternehmen und Instituten umsetzen lässt. Ohne die Expertise und Fachkenntnisse der Partner im Verbund wäre das wissenschaftlich-technische Risiko dieses Projektes für Kärcher Futuretech nicht tragbar gewesen. Ein Forschungsvorhaben in dieser Größenordnung stellt für Kärcher Futuretech ein erhebliches finanzielles Risiko dar, da auch ein eventuelles Scheitern des Projektes im Vorfeld mit einkalkuliert werden musste. Die angestrebte Förderquote von 50% reduziert die Risiken erheblich und wurde von Kärcher Futuretech als maßgeblich für die Durchführung des Teilvorhabens gesehen.

2.4 Nutzen und Verwertbarkeit

Nach Abschluss der Forschungstätigkeiten war die Umsetzung in ein serienreifes Produkt geplant. Dazu waren die folgenden Voraussetzungen erforderlich:

- Entwicklung eines neuen Adsorbers mit deutlich besseren Kenndaten als Aktivkohle
- Möglichkeit zur grosstechnischen Produktion des neuen Adsorbers mit den geforderten Eigenschaften
- Produktion des Adsorbervlieses im industriellen Maßstab mit Erfüllung der technischen Anforderungen
- Serienreife Herstellung der Sensor-, Telemetrie- und Kommunikationskomponenten (der Firma ATS) und deren industriell realisierbare Integration in die Schutzbekleidung.

Mit den von Kärcher Futuretech modifizierten Futter- und Oberstoffen, sowie den neu erarbeiteten, speziellen Erkenntnissen aus der Trageversuchen und Ergonomieuntersuchungen der Endanwender im Konsortium sollten die oben genannten Komponenten zunächst zu einem Prototyp und später zu einem Serienprodukt zusammengeführt werden.

2 Ausführliche Darstellung

Im Anschluss war mit einer Etablierung der neuen Schutzanzüge im Bereich der Rettungs- und Sicherheitskräfte im Zeitraum von rund zwei Jahren geplant worden. Erfahrungsgemäß wären in diesem Zeitraum umfangreiche Schulungen der potentiellen Anwender und Informationsveranstaltungen notwendig gewesen, um dieses neue Produkt entsprechend des überarbeiteten Tragekonzepts vorzustellen.

Leider war es während der Projektlaufzeit nicht möglich die oben genannten Voraussetzungen zu erfüllen. Weder der Adsorber noch die Kombination des neuen Adsorbers mit entsprechenden textilen Trägermaterialien konnte während der Projektlaufzeit die in sie gesetzten Erwartungen erfüllen.

Der alternative Ansatz innerhalb dieses Projektes semipermeable Membranen zu verwenden, die im Gegensatz zu bisher in Feuerwehrbekleidung eingesetzten Membranmaterialien Schutzleistung gegenüber einigen Chemikalien aufweisen, erwies sich zum heutigen Zeitpunkt leider ebenfalls als nicht praxistauglich. Das vom Hersteller offerierte Prototypenmaterial lies sich zum Zeitpunkt des Projektes nicht zu einem verwendbaren Anzug verarbeiten.

Die Integration von Telemetriekomponenten und Sensoren für die Ermittlung von Vitalparametern in diese spezielle Oberbekleidung erwies sich auch als ausgesprochen schwierig. Die Sensoren für Vitalparameter benötigen direkten Kontakt zur Körperoberfläche während die Sensoren für Umweltparameter direkten Kontakt zur „Außenwelt“ benötigen. Erschwerend kommt hinzu, dass die Komponenten so verbaut werden mussten, dass sie zum Beispiel aus der Umgebungsluft die Temperatur, sowie die CO- Konzentration detektieren können, andererseits aber vor Feuchtigkeit geschützt sind und die Kabelführung so gestaltet ist, dass keine mit Schadstoffen belastete Umgebungsluft ins Anzuginnere eindringen kann.

Die gesamte Integration ist mit dem derzeitigem technischen Stand und den für Schutzbekleidung geforderten geringen Toleranzen nicht zu einer praxistauglichen Lösung zu vereinbaren. Problematisch ist auch, dass die Nutzungskonzepte der Endanwender neuen Bekleidungskonzepten, die unter anderem mit dieser Art von Datenerfassung notwendig wird, nicht aufgeschlossen gegenüber stehen.

Im Bereich Ergonomie können jedoch aufbauend auf den geschaffenen Erkenntnissen der Trageversuche mit der neuen Schutzbekleidung weitere Verbesserungen im Bereich Schutzbekleidung vorgenommen werden. Zahlreiche Untersuchungen der BAuA und der Nutzergruppen haben wertvolle Informationen über praxisgerechte Schutzbekleidung geliefert. Diese Informationen können zukünftig bei der Wahl der Materialien, der Schnittgestaltung, der Umsetzung von Detaillösungen in der Konfektion wie beispielsweise der Anordnung von Taschen und bei der Einarbeitung besonderer Leistungsmerkmale Berücksichtigung finden. Dadurch kann für die Nutzergruppen eine deutlich ergonomischere, komfortablere und auch sichere Schutzbekleidung geschaffen werden.

Die gesamten Arbeitspakete der Kärcher Futuretech GmbH wurden im Rahmen der Masterthesis von Manuela Bräuning an der Hochschule Albstadt-Sigmaringen im Fachbereich Textil- und Bekleidungsmanagement ausgewertet.

2.5 Bekannt gewordene Entwicklungen aus ähnlichen Bereichen während des Forschungsvorhabens

Während der Projektlaufzeit sind keine ähnlichen Forschungsarbeiten im Bereich permeabler ABC-Schutzbekleidung mit neuer Filtertechnologie bekannt geworden. Im Bereich Telemetrie und Sensorik gab es ein Parallelprojekt, das ebenfalls BMBF gefördert wurde. Der Name des Projektes lautet *SenseProCloth* und das Ziel lag hier darin eine systemintegrierte, sensorische Schutzbekleidung zu gestalten, die eine kontinuierliche Erfassung und den Transfer von Vital- und Zustandsparameter, sowie Aktivitäten, Umgebungsbedingungen unter Verwendung der vorhandenen Infrastruktur ermöglichte. Innerhalb des *SenseProCloth* Projektes wurde das gesamte Bekleidungssystem – von der Unterwäsche bis zum Anzug – für die Integration der Sensorik- und Telemetriekomponenten genutzt. Dieser Ansatz wurde im Rahmen des SAFE Projektes, aufgrund der von den Nutzergruppen vorgegebenen Nutzungskonzepte, nicht weiter verfolgt.

Weitere Projekte, die sich mit der Integration von Elektronik und Sensorik in Schutzbekleidung beschäftigten sind zum Beispiel der „Feuerwehrmann der Zukunft“ des Unternehmens EADS oder der Smart Suit des Instituts für Textiltechnik der RWTH Aachen.

2.6 Veröffentlichungen

Das Projekt wurde im Rahmen von internationalen Ausstellungen unter Verweis auf den Projektträger präsentiert.

Die Fa. Kärcher Futuretech präsentierte das Projekt im Rahmen eines CBRN-Symposiums in Munster als Poster und Flyer (5th International *Symposium on CBRN-Decontamination International Munster Munster* 13.05.2009 -15.05.2009). Bei diesem Symposium waren Fachleute aus dem Bereich ABC-Schutz aus verschiedenen Ländern präsent die sich für neue Konzepte bei Schutzbekleidungen interessierten. Das Poster dieser Veranstaltung sowie der Flyer sind dem Anhang beigelegt.

Eine weitere Veranstaltung auf der dieses Projekt von Kärcher Futuretech präsentiert wurde war die Interschutz in Leipzig (07. – 12. Juni 2010). Das Projekt wurde im Rahmen einer Power Point Präsentation, eines Anzugprototypen und eines Flyer am Messestand von Kärcher Futuretech vorgestellt. Auf dieser Messe waren Rettungskräfte aus dem Zivil und Katastrophenschutz aus verschiedenen Ländern präsent. Diese Messe gilt als einer der größten Messen für den Bereich Zivil- und Katastrophenschutz.

3 Literaturverzeichnis

- 1 **Europäische Union.** Richtlinie 89/686/EWG des Rates vom 21. Dezember 1989 zur Angleichung der Rechtsvorschriften der Mitgliedstaaten für persönliche Schutzausrüstungen. *Amtsblatt der Europäischen Union - EUR-Lex.* [Online] 21. Dezember 1989. [Zitat vom: 6. Februar 2011.] <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:31989L0686:DE:HTML>.
- 2 **Bräuning, Manuela.** Das Forschungsvorhaben SAFE aus Sicht des Systemintegrators Kärcher Futuretech, 2011, nicht öffentlich zugänglich
- 3 **Deutscher Fachverlag GmbH.** *Technical Textiles 2011 - Innovations - Trends- Markets.* Frankfurt : Deutscher Fachverlag GmbH, 2011. 978-3-86641-240-8.
- 4 **Hofer, Alfons.** *Stoffe 2 – Gewebe, Bindung, Maschenstoffe.* Frankfurt am Main : Deutscher Fachverlag, 2004. 9783871507991.
- 5 *Stoffe 1 – Rohstoffe: Fasern, Garne und Effekte.* Frankfurt am Main : Deutscher Fachverlag, 2000. 978-3871506710.
- 6 **Denninger, Fabia und etc.** *Lexikon Technische Textilien.* [Hrsg.] Fabia Denninger. Frankfurt am Main : Deutscher Fachverlag, 2009. ISBN 978-3-86641-093-0.
- 7 **Kießling, Alois und Matthes, Max.** *Textil-Fachwörterbuch.* Berlin : Fachverlag Schiele & Schoen, 1993. 978-3794905461.
- 8 **Loy, Walter.** *Chemiefasern für technische Textilprodukte.* Frankfurt am Main : Deutscher Fachverlag GmbH, 2008. 978-3-86641-197-5.
- 9 **Schierbaum, Wilfried.** *Bekleidungs-Lexikon.* 3.erweiterte Auflage. Berlin : Schiele & Schön, 1993. S. 440. ISBN-10: 3794905636.
- 10 **Wünsch, Ines.** *Lexikon Wirkerei und Strickerei.* Frankfurt am Main : Deutscher Fachverlag GmbH, 2008. ISBN 978-3-87150-909-4.
- 11 **Albrecht, Wilhelm, Fuchs, Himar und Kittelmann, Walter.** *Vliesstoffe - Rohstoffe, Herstellung, Anwendung, Eigenschaften, Prüfung.* Weinheim : WILEY-VCH, 2000. ISBN-13: 978-3527295357.
- 12 **Seibert, Johann und Stephan, Dirk.** Was muss Feuerwehrsutzhkleidung können? *BrandSchutz - Deutsche Feuerwehr-Zeitung.* 04 2007.
- 13 **Rogan, Cath und Winfield, Gwyn.** Does this jacket go with these trousers? [Hrsg.] Falcon Communications Limited. *CBRNeWorld.* Summer 2010, 2010, S. 72-76.
- 14 **3M Deutschland GmbH Safety Division.** *Aktiver Schutz für ihren Einsatz.* Neuss : 3M Deutschland GmbH Safety Division, 2010.

- 15 **Waldinger, Dr. Claudia und Pelzl, Tim.** Wahrnehmbarkeit von Feuerwehrschtzkleidung - ein Beitrag des Fachausschusses Persönliche Schutzausrüstung. *sicher ist sicher - Arbeitsschutz aktuell*. 2009, 2.
- 16 **Eichendorf, Dr. Walter.** Rundschreiben DGUV . [Hrsg.] Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV). *DIN EN 469 „Schutzkleidung für die Feuerwehr“*. [Rundschreiben]. Berlin : s.n., 22. 10 2008. Bd. Prävention 371/2008.
- 17 **Landesfeuerweherschule Baden-Württemberg.** *Persönliche Schutzausrüstung (PSA) - Hinweise für die Feuerwehren in Baden-Württemberg*. s.l. : Innenministerium Baden-Württemberg;Unfallkasse Baden-Württemberg, 2009.
- 18 **Ausschuss Feuerwehrangelegenheiten, Katastrophenschutz und zivile Verteidigung (AFKzV).** *Feuerwehr-Dienstvorschrift FwDV 500 „Einheiten im ABC-Einsatz“*. 2004.
- 19 **Kemper, Hans.** *Fachwissen Feuerwehr: Grundlagen des ABC-Einsatzes*. Landsberg/Lech : ecomed SICHERHEIT, Verlagsgruppe Hüthig Jehle Rehm GmbH, 2006. 978-3-609-62115-9.
- 20 **Freiwillige Feuerwehr Pflugdorf-Stadl e.V.** *Freiwillige Feuerwehr Pflugdorf-Stadl. Gefahren der Einsatzstelle*. [Online] 24. Juni 2006. [Zitat vom: 30. April 2011.] http://www.feuerwehr-pflugdorf-stadl.be/z_downloads_ppt/Gefahren_der_Einsatzstelle.pdf.
- 21 **Feuerweherschule der Stadt Köln; Amt für Feuerschutz, Rettungsdienst und Bevölkerungsschutz.** *Lehrunterlage Gefahren an der Einsatzstelle*. 2003.
- 22 *EN 469: Schutzkleidung für die Feuerwehr-Leistungsanforderungen für Schutzkleidung für die Brandbekämpfung* . Februar 2007.
- 23 *DIN EN 13921: Persönliche Schutzausrüstung - Ergonomische Grundsätze*. August 2007.
- 24 **Huss Medien GmbH.** *Feuerwehr - Retten - Löschen- Bergen*. Sonderdruck, 2010.
- 25 **Berufsgenossenschaftliche Vorschrift für Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit. BGV A8 - Sicherheits- und Gesundheitsschutzkennzeichnung am Arbeitsplatz. s.l. : Berufsgenossenschaft der Gas-, Fernwärme- und Wasserwirtschaft, 2002.**
- 26 **Bundesamt für Bevölkerungsschutz der Schweiz (BABS).** *Ausbildung im ABC-Schutz: Chef ABC-Schutz - Biologie*. Spiez : Bundesamt für Bevölkerungsschutz der Schweiz (BABS), 2006.
- 27 **Dekant, Wolfgang und Vamvakas, Spiros.** *Toxikologie- eine Einführung für Chemiker, Biologen und Pharmazeuten*. Heidelberg : Elsevier GmbH, Spektrum Akademischer Verlag, Verlagsbereich Biologie, Chemie und Geowissenschaften, 2005. 978-3827414526.
- 28 **Joachim Burbiel, Norbert Engelhard, Sonja Grigoleit, Harald John, Joachim Schulze.** *Gefahrenpotentiale von chemischen Kampfstoffen und toxischen*

3 Literaturverzeichnis

- Industriechemikalien - das Punktesystem. *Gefahren und Warnung - Drei Beiträge - Schriften der Schutzkommission*. Bonn : Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe, 2009, Bd. 1.
- 29 **Töpfer, Hans-Joachim.** *Handbuch ABC-Abwehr*. Winnenden : Kärcher Futuretech GmbH, 2000.
- 30 **Ellison, D. Hank.** *Handbook of chemical and biological warfare agents*. Boca Raton : CRC Press LLC, 2000. ISBN 0-8493-2803-9.
- 31 **Martinetz, Dieter.** *Vom Giftpfeil zum Chemiewaffenverbot: zur Geschichte der chemischen Kampfmittel*. Frankfurt am Main : Verlag Harri Detusch, 1996. ISBN 3-8171-1402-8.
- 32 **Kostadinov, It. Col Rostislav, Kanev, Kamen Prof. und Katzarov, Col.Prof Krum.** Beeing civil. [Hrsg.] Falcon Communications Limited. *CBRNeWorld*. Summer 2010, 2010, S. 77-80.
- 33 **Moschner, Carsten.** Der Pumpeffekt bei Reinraumbekleidung als mögliches Kontaminationsrisiko. *REINRAUMTECHNIK*. 2002, Bd. 3, S. 2-7.
- 34 **Medema, Jan.** *Basic Principles of Chemical Defense - How to Protect from Chemical and Biological Agent Attacks*. 2010.
- 35 **Putz, Staff Sgt. Christie.** U.S. Department of health & human services. *Moving through the MOPP levels*. [Online] 2010. [Zitat vom: 1. August 2011.] http://www.remm.nlm.gov/militarypercutaneous_ppe.htm.
- 36 **Fatah, Dr. Alim A., et al., et al.** *Guide for the Selection of Personal Protective Equipment for Emergency First Responders*. Washington : national Institute of Justice, Office of Science and Technology, 2002. NIJ Guide 102-00.
- 37 **Das, Apurba und Alagirusamy, R.** *Science in Clothing Comfort*. New Dehli : Woodheas Publishing India Pvt. Ltd., 2010. ISBN 13: 978-81-908001-5-0.
- 38 **Bhat, Dr. Prabhakar und Bhonde, H. U.** Comfortable Clothing for Defense Personnel in Hot Climatic Conditions - A Challenge. *Fibre2Fashion*. [Online] [Zitat vom: 05. 11 2011.] <http://www.fibre2fashion.com/industry-article/technology-industry-article/comfortable-clothing-for-defense-personnel/comfortable-clothing-for-defense-personnel1.asp>.
- 39 **Johnson, Steve.** Professionalism In CBRN. [Hrsg.] Falcon Communications Limited. *CBRNeWorld*. Summer 2010, 2010, S. 28-30.
- 40 *DIN EN 340: 2003 - Schutzkleidung - Allgemeine Anforderungen*. März 2003.
- 41 **U.S. Department of Labor- Occupational Safety & Health Administration.** General description and discussion of the levels of protection and protective gear. [Online] U.S. Department of Labor- Occupational Safety & Health Administration. [Zitat vom: 12. März 2011.]

3 Literaturverzeichnis

- http://www.osha.gov/pls/oshaweb/owadisp.show_document?p_table=STANDARDS&p_id=9767. 1910.120 App B.
- 42 **Winfield, Gwyn.** Survival of the fittest. [Hrsg.] Falcon Communications Limited. *CBRNeWorld*. Summer 2010, 2010, S. 68-71.
- 43 **Vereinigung zur Förderung des Deutschen Brandschutzes e.V.** *Richtlinie zur Bewertung von Schadstoffkonzentrationen im Feuerwehreinsatz*. s.l. : vfdb, 2005.
- 44 **Helmut Schmidt Universität Hamburg, Feuerwehrrakademie Hamburg.** *Befragung von Feuerwehrleuten hinsichtlich Beurteilung/Zustimmung zur: Einführung eines neuen Schutzanzuges*. Hamburg : nicht veröffentlicht, 2009.
- 45 **Drägerwerk AG & Co. KGaA.** Dräger HPS 4300 | Kopfschutz | Personenschutz ausrüstung | Produkte & Dienstleistungen. [Online] 2011. [Zitat vom: 03. 12 2011.]
http://www.draeger.com/DE/de/products/personal_protection/head/cre_hps_4300.jsp?showBackButton=true.
- 46 **Mecheels, Jürgen.** *Körper-Klima-Kleidung: Wie funktioniert unsere Kleidung*. Berlin : Schuele & Schön, 1998.
- 47 *DIN EN ISO 6385:Grundsätze der Ergonomie für die Gestaltung von Arbeitssystemen*. Mai 2004.
- 48 **M. Adler, H.-J.Hermann, M. Koldehoff, V.Meusrem S.Scheuer, H.Müller-Arnecke, A. Windel, T. Bleyer.** *Ergonomiekompandium. Anwendung Ergonomischer Regeln und Prüfung der Gebrauchstauglichkeit von Produkten*. 1.Auflage. Dortmund : Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, 2010. ISBN 978-3-88261-118-2.
- 49 **Pendzich, Marie.** *Gebrauchstauglichkeit von Feuerwehrrschutzbekleidung - Spezifikation und Analyse von Nutzungskontext und Anforderungskriterien*. Dortmund : nicht veröffentlicht, 2010.
- 50 **Lüssenheide, Björn.** *Atemschutzunfaelle.eu*. [Online] *Atemschutzunfaelle.eu*. [Zitat vom: 07. 11 2011.]
<http://www.atemschutzunfaelle.de/ausbildung/seitenkriechgang.html>.
- 51 **Bleyer, Tobias, Pendzich, Marie und Hold, Ullrich.** *Versuchsdokumentation SAFE*. Dortmund : unveröffentlicht, 2011.
- 52 **Spindeldreier, Uwe.** Neue Kleidung für große Hitze. [Hrsg.] Presse- und Informationsamt der Bundesregierung. *Deutschland aktuell*. 2011, 2/2011.

Berichtsblatt

1. ISBN oder ISSN	2. Berichtsart (Schlussbericht oder Veröffentlichung) Abschlussbericht	
3. Titel Semipermeable Anzüge für Einsatzkräfte (SAFE) Teilvorhaben: Grundlegende Untersuchungen zur Integration der Systemkomponenten in die Schutzbekleidung		
4. Autor(en) [Name(n), Vorname(n)] Dipl.-Ing. (FH) Manuela Bräuning Dr. phil.-nat. Markus Hellmuth Dipl. Ing. ; MBA Theodor Tumbrink	5. Abschlussdatum des Vorhabens 31.12.2011	6. Veröffentlichungsdatum
	7. Form der Publikation	
	8. Durchführende Institution(en) (Name, Adresse) Kärcher Futuretech GmbH Alfred-Schefenacker-Strasse 1 71409 Schwaikheim Deutschland	
12. Fördernde Institution (Name, Adresse) Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) 53170 Bonn		9. Ber. Nr. Durchführende Institution
		10. Förderkennzeichen 13N9809
		11. Seitenzahl 28
13. Literaturangaben 52		14. Tabellen 4
		15. Abbildungen 9
		16. Zusätzliche Angaben
17. Vorgelegt bei (Titel, Ort, Datum)		
18. Kurzfassung Im Rahmen des Projektes SAFE wurden Untersuchungen zur Möglichkeiten der Integration von neuentwickelten Adsorbern und semipermeablen Membranen zur Steigerung der Schutzleistung von Feuerwehrsutzbekleidung gemacht. Parallel wurde während der Projektlaufzeit an der Integration von Elektronik zur Erfassung von Vitalparametern und Umweltsensorik zur Erhöhung der Sicherheit in einen Feuerwehrsutzanzug während des Einsatzes gearbeitet. Im Bereich des Tragekomforts und der Ergonomie spezieller Schutzbekleidung sind innerhalb des Projektes neue Erkenntnisse gewonnen worden, die im Bereich Schutzbekleidung bei zukünftigen Projekten für weitere Verbesserungen sorgen können. Zahlreiche Untersuchungen der BAuA und Nutzergruppen haben wertvolle Informationen über praxisgerechte Schutzbekleidung und die unterschiedlichen Tragekonzepte geliefert. Diese Informationen können zukünftig bei der Wahl von Materialien, der Schnittführung, sowie bei der Einarbeitung besonderer Leistungsmerkmale Berücksichtigung finden. Durch diese Informationen kann für die Nutzergruppen eine deutlich ergonomischere, komfortablere und auch sichere Schutzbekleidung geschaffen werden. Die beiden Lösungsansätze über innovative Materialien oder Technik die Sicherheit zu verbessern, konnte während der Projektlaufzeit leider nicht zu einer praktikablen, marktfähigen Lösung gebracht werden. Dies war innerhalb der Projektlaufzeit aufgrund technischer Limitierungen nicht möglich.		
19. Schlagwörter Schutzbekleidung, CBRN, ABC, Feuerwehr, Ergonomie, Adsorber, Telemetrie, persönliche Schutzausrüstung, PSA, Tragekomfort		
20. Verlag	21. Preis	

Document Control Sheet

1. ISBN or ISSN	2. type of document (e.g. report, publication) final report
3. title Semipermeable Anzüge für Einsatzkräfte (SAFE) Teilvorhaben: Grundlegende Untersuchungen zur Integration der Systemkomponenten in die Schutzbekleidung	
4. author(s) (family name, first name(s)) Dipl.-Ing. (FH) Manuela Bräuning Dr. phil.-nat. Markus Hellmuth Dipl. Ing. ; MBA Theodor Tumbrink	5. end of project 31.12.2011
	6. publication date
	7. form of publication
8. performing organization(s) (name, address) Kärcher Futuretech GmbH Alfred-Schefenacker-Strasse 1 71409 Schwaikheim Germany	9. originator's report no.
	10. reference no. 13N9809
	11. no. of pages 28
12. sponsoring agency (name, address) Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) 53170 Bonn	13. no. of references 52
	14. no. of tables 4
	15. no. of figures 9
16. supplementary notes	
17. presented at (title, place, date)	
18. abstract As part of the project SAFE studies on opportunities to integrate the newly developed adsorbers and semi-permeable membranes into fire-fighter protective clothing were made to improve their protective performance. During the project period we worked in parallel on the integration of electronic and sensor components into the protective garment to record vital signs and environmental data to improve safety during missions. Within the project new information is generated in the field of comfort and ergonomics of special protective clothing, which can provide further improvements in protective clothing for future projects. Numerous studies of the BAuA and user groups have provided valuable information on practical protective clothing and different carrying concepts. This information can be taken into account in the future for choice of materials, patterns, and for the incorporation of special technical features. This information allows the creation of far more ergonomic, comfortable and safe protective clothing. The two approaches to improve protective clothing by innovative materials or security technology could not be accommodated during the project period. Unfortunately no market feasible solution could be created. This was not possible within the project period due to technical limitations.	
19. keywords Protective clothing, CBRN, NBC, fire –fighters, ergonomics, adsorber, telemetry, personal protective equipment, clothing comfort	
20. publisher	21. price