

# SensProCloth

Systemintegrierte sensorische Schutzkleidung für Feuerwehr und  
Katastrophenschutz

(Laufzeit 01.07.2008 bis 31.12.2011)

Teilprojekt der Hubert Schmitz GmbH (S-GARD®):

Grundlegende Untersuchungen zur sensorischen Oberbekleidung für  
persönliche Schutzausrüstung

FKZ: 13N9904

**Schlussbericht 31.12.2011**

## Inhaltsverzeichnis

<b>1. Kurzdarstellung .....</b>	<b>4</b>
1.1. Aufgabenstellung.....	4
1.2. Voraussetzungen, unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde .....	4
1.3. Planung und Ablauf des Vorhabens .....	5
1.4. Wissenschaftlicher und technischer Stand .....	6
1.4.1. Leistungsstufen der Materialaufbauten .....	6
1.4.2. Isolation Flamme Xf-Wert.....	7
1.4.3. Isolation Strahlung Xf-Wert .....	7
1.4.4. Wasserdichtigkeit Y-Wert.....	7
1.4.5. Wasserdampfdurchgangswiderstand Z-Wert .....	7
1.5. Zusammenarbeit mit anderen Stellen.....	8
<b>2. Eingehende Darstellung .....</b>	<b>8</b>
2.1. Verwendung der Zuwendungen und erzielte Ergebnisse im Einzelnen.....	8
2.1.1. Arbeitspaket 1.1 bis 1.3.....	8
2.1.2. Arbeitspaket 3.1 .....	9
2.1.3. Arbeitspaket 5.1 bis 5.7 .....	9
2.1.3.1. Textile Kabel .....	10
2.1.3.2. Kabelführung .....	10
2.1.3.3. Kabel zwischen Oberstoff und Membrane .....	11
2.1.3.4. Kabel zwischen Membrane/Isolation und Futterstoff .....	11
2.1.3.5. Verbindung von LED und Kabel.....	11
2.1.3.6. Anordnung der Sensoren/Kabelführung in der Jacke .....	12
2.1.3.7. Position der Zentraleinheit .....	12
2.1.3.8. Kabelführung in der Jacke .....	12
2.1.3.9. Kabelführung zwischen Oberstoff und Membrane .....	13
2.1.3.10. Kabelführung zwischen Membrane/Isolation und Futterstoff .....	13
2.1.3.11. Kabelverbindung zwischen T-Shirt und Überjacke .....	13
2.1.3.12. Antennen für die Ortung.....	14
2.1.4. Arbeitspaket 6.1 bis 6.4.....	14
2.1.4.1. Prüfung der Wasserdichtigkeit .....	14

## Inhaltsverzeichnis

2.1.4.2. Wasserdichtigkeit Kabelführung zwischen Oberstoff und Membrane .....	14
2.1.4.3. Wasserdichtigkeit Kabelführung zwischen Membrane/Isolation und Futterstoff .....	15
2.1.4.4. Prüfung der Isolation.....	15
2.1.4.5. Isolation Kabelführung zwischen Oberstoff und Membrane.....	15
2.1.4.6. Isolation Kabelführung zwischen Membrane/Isolation und Futterstoff .....	16
2.1.4.7. Einfluss der Kabelführung auf die Wasserdichtigkeit und Isolation.....	16
2.1.4.7.1. Wasserdichtigkeit.....	16
2.1.4.7.2. Isolation/Thermoman-Test .....	16
2.1.4.8. Auswertung der Tests .....	16
2.1.5. Arbeitspaket 7.1 bis 7.3.....	17
2.1.5.1. Redesign.....	17
2.1.5.2. Herstellung der Testmuster.....	17
2.1.5.3. Auswertung der Risikoanalyse.....	17
2.1.6. Arbeitspaket 8.1 bis 7.3.....	17
2.1.6.1. Testen der Testmuster.....	17
2.1.6.2. Aufbau und Durchführung eines Risikomanagements.....	18
2.1.6.3. Dokumentation / Veröffentlichung.....	18
2.2. Wichtigste Positionen im Zahlenmäßigen Nachweis .....	18
2.3. Notwendigkeit und Angemessenheit der gelisteten Arbeiten.....	19
2.4. Voraussichtlicher Nutzen.....	19
2.5. Bekanntgewordener Fortschritt auf dem Gebiet des Vorhabens bei anderen .....	20
2.6. Erfolgte oder geplante Veröffentlichung der Ergebnisse .....	20

## **1. Kurzdarstellung**

### **1.1. Aufgabenstellung**

Bei dem Projekt SensProCloth war das Ziel des Vorhabens die Entwicklung einer systemintegrierten sensorischen Arbeits- und Schutzbekleidung mit einem zum Teil textilintegrierten Erfassungs- und Kommunikationssystem mit Ortung zur Einsatzunterstützung und Einleitung von Hilfs- und Rettungsmaßnahmen für Feuerwehr und Katastrophenschutz sowie mit anforderungsgerecht angepasster Sensorik, Signalisierung, Elektronik, Energieversorgung und ihrer Vernetzung bis hin zur Einsatzleitstelle.

Dazu musste die Bekleidung mit speziell angepasster und textilintegrierter Elektronik und Energieversorgung ausgestattet werden. Die Erfassung der Vitalparameter erfolgte mittels eines T-Shirts, das unter der eigentlichen Schutzbekleidung getragen, aber mit der Schutzjacke elektronisch verbunden wird. Diese Aufgabenstellung des T-Shirts lag im Verantwortungsbereich eines anderen Projektpartners.

In die Schutzjacke waren die von den Projektpartnern im Rahmen des Forschungsprojektes entwickelte Komponenten zu integrieren. Dabei musste die Einhaltung der Schutzbekleidungsnorm EN 469 sowie praxisgerechte Anwendungsmöglichkeiten in Hinblick auf Pflegeeigenschaften und Tragekomfort berücksichtigt werden.

### **1.2. Voraussetzung, unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde**

Bei einer modernen Feuerweherschutzbekleidung handelt es sich nicht nur um Bekleidung für die reine Brandbekämpfung. Vielmehr ist die Schutzbekleidung heute auf das breite Aufgabenspektrum der Feuerwehrangehörigen ausgerichtet. Sie ist neben einer Flammeschutzbekleidung auch eine Wetter- und Warnschutzbekleidung. Den Feuerwehren in den einzelnen EU-Mitgliedsländern sind unterschiedliche Aufgaben zugewiesen. Ebenso weisen die klimatischen Bedingungen sowie die Infrastruktur Unterschiede auf. Aus diesem Grund können mit der EN 469 verschiedene Bekleidungskonzepte mit verschiedenen Leistungsstufen realisiert werden.

### 1.3. Planung und Ablauf des Vorhabens

S-GARD war an folgenden Arbeitspaketen beteiligt:

- AP 1.1 Konzeption; produktorientierte Anforderungsliste (Klärung von Gefährdungsszenarien), Festlegung der zu überwachenden Parameter)
- AP 1.2 Vorauswahl, Funktionstests Sensorik Gasanalyse Umgebung
- AP 1.3 Vorauswahl, Funktionstests Sensorik Umgebungstemperatur
- AP 3.1 Vorauswahl, Funktionstest Body Electronic Controller, Zustandsüberwachung Einsatzkraft
- AP 5.1 Konzeption des Gesamtsystems, Abstimmung der elektronischen Komponenten, elektrischen Verbindungen, Signalüberwachung
- AP 5.2 Entwicklung zu Textilintegration Umgebungssensorik, Video und Funkbauteile (Antenne)
- AP 5.3 Erstmustererstellung Schutzjacke mit Umgebungssensorik
- AP 5.4 Entwicklung und Textilintegration Zustandsüberwachung Einsatzkraft (Körpersensorik)
- AP 5.5 Funktionsmusterherstellung Körpersensorik-Bekleidung (Unterhemd)
- AP 5.6 Entwicklung zu Textilintegration Controller in Jacke
- AP 5.7 Textilintegration von Funk- und Ortungskomponenten
- AP 6.1 Entwicklung und Anpassung der kombinierten elektrotechnischen und textilen Aufbau- und Verbindungstechniken
- AP 6.2 Testen der Erstmuster auf Funktionserfüllung
- AP 6.3 Testen der Erstmuster auf Haltbarkeit und Zuverlässigkeit
- AP 6.4 Auswertung der Tests
- AP 7.1 Redesign für Testmuster
- AP 7.2 Herstellung von Testmustern Schutzkleidung
- AP 7.3 Auswertung der Risikoanalyse, zustandsrelevante Fragestellungen
- AP 8.1 Testen der Testmuster (Realistische Einsatzszenarien, Wiederaufbereitung (Reinigung/Waschen))
- AP 8.2 Aufbau und Durchführung eines Risikomanagements
- AP 8.3 Dokumentation, Veröffentlichung

## 1.4. Wissenschaftlicher und technischer Stand

Moderne Feuerwehrsutzkleidung orientiert sich im Wesentlichen an der EN 469:2005. Die EN 469 „legt die Mindestleistungsanforderungen an Schutzkleidung fest, die bei Brandbekämpfung und damit verbundenen Tätigkeiten wie z. B. Rettungsarbeiten bzw. Hilfeleistung bei Katastrophen getragen werden soll. Diese Bekleidung bietet keinen hinreichenden Schutz für Gefahrstoffeinsätze. In dieser Europäischen Norm werden die allgemeinen Ausführungen der Kleidung, die grundlegenden Leistungsstufen der verwendeten Materialien sowie die bei der Bestimmung dieser Leistungsstufen anzuwendenden Prüfverfahren aufgeführt. Die erforderlichen Leistungsstufen können durch Verwendung eines oder mehrerer Kleidungsstücke erreicht werden. Diese Europäische Norm deckt zwar auch Gefährdungen durch zufällige Spritzer von flüssigen Chemikalien oder brennbaren Flüssigkeiten ab, umfasst jedoch nicht spezielle Kleidung, die in anderen hochgefährdeten Einsatzbereichen, z. B. reflektierende Schutzkleidung gegen Wärmestrahlung, Verwendung finden. Dieses Dokument umfasst auch nicht den Schutz von Kopf, Händen und Füßen oder den Schutz vor anderen Gefährdungen, z. B. chemischen, biologischen, elektrischen und Strahlungsgefährdungen. Für entsprechende PSA existieren andere Europäische Normen.“

(Quelle: EN 469:2005 + A1:2006 + AC: 2006 (D), Beuth Verlag GmbH, 10772 Berlin)

In Deutschland und den meisten Mitteleuropäischen Ländern werden in der Regel jeweils die höchsten Leistungsstufen nach EN 469 gefordert. Demnach sollte eine mit Elektronik ausgestattete Schutzkleidung auch den jeweils höchsten Anforderungen nach EN 469 entsprechen.

### 1.4.1. Leistungsstufen der Materialaufbauten

Wie vorstehend erwähnt, lässt die EN 469 verschiedene Leistungsstufen zu, die entsprechend einer Gefahrenanalyse zu wählen sind. Diese Leistungsstufen gliedern sich in Xf, Xr, Y und Z. Darüber hinaus beinhaltet die EN 469 noch weitere Prüfkriterien. Es ist aber davon auszugehen, dass die Integration der Elektronikkomponenten keinen Einfluss auf die Ergebnisse hat.

#### **1.4.2. Isolation Flamme Xf-Wert**

Dabei wird das Isolationsvermögen der Materialzusammenstellung nach DIN EN 367 geprüft. Bei diesem Prüfaufbau wird ein Metallkalometer durch den Materialaufbau um 24 bzw. 12 °C mit einer Flamme erwärmt. Die dazu benötigte Zeit, gemessen in Sekunden ergibt den HTI (heat transfer index) –Wert an.

#### **1.4.3. Isolation Strahlung Xr-Wert**

Dabei wird das Isolationsvermögen der Materialzusammenstellung nach EN ISO 6942 bei einer Wärmestromdichte von 40 kW/m<sup>2</sup> geprüft. Bei diesem Prüfaufbau wird ein Metallkalometer durch den Materialaufbau 24 bzw. 12 °C mit einer Strahlungsquelle erwärmt. Die dazu benötigte Zeit, gemessen in Sekunden ergibt den RHTI (radiation heat transfer index) –Wert an.

#### **1.4.4. Wasserdichtigkeit Y-Wert**

Der Widerstand gegen Eindringen von Wasser wird nach DIN EN 20811 geprüft. Dabei werden auch 2 Leistungsstufen ermittelt.

#### **1.4.5. Wasserdampfdurchgangswiderstand Z-Wert**

Mit einer Prüfung nach EN 31092 wird ermittelt, wie viel Wasserdampf (hier Körperschweiß) durch den Materialaufbau von innen nach außen dringen kann um somit Rückschlüsse auf den Tragekomfort ziehen zu können. Je geringer der Wert (Widerstand), je besser ist der Wasserdampftransfer.

Bei der Integration der elektronischen Komponenten in die Schutzkleidung musste erforscht werden, inwieweit es möglich ist, dies ohne Einschränkungen der Schutzwirkung und des Tragekomforts sicherzustellen.

## **1.5. Zusammenarbeit mit anderen Stellen**

Im Projektzeitraum wurde mit allen Projektpartner zusammengearbeitet. Die Entwicklung der sensorischen Unterbekleidung lag bei der Firma Kanz. Die Entwicklung der textilen Kabel wurde in Kooperation mit dem ITV Denkendorf durchgeführt.

Zusätzlich wurden die Laboratorien der Firma W.L. Gore in Putzbrunn (Regenturmtest) und die der Firma DuPont in Genf (Thermoman-Test) in Anspruch genommen.

## **2. Eingehende Darstellung**

### **2.1. Verwendung der Zuwendung und erzielte Ergebnisse im Einzelnen**

Die von S-GARD in den Arbeitspaketen (siehe Punkt 1.3) erarbeiteten Ergebnisse werden nachfolgend aufgeführt und den vorgegebenen Zielen gegenübergestellt. Dabei werden die Arbeiten der einzelnen Arbeitspakete zusammengefasst.

#### **2.1.1. Arbeitspakete 1.1 bis 1.3**

Der Materialaufbau einer multifunktionalen Feuerwehrschutzkleidung besteht in der Regel aus mehreren Materialschichten: Aus einem schwerentflammaren Obergewebe, einer Membrane, die Wassereintritt in die Jacke verhindert, aber Wasserdampf von innen nach außen durchlässt (atmungsaktiv), einer Isolationsschicht und einem Futtergewebe. Beim Projekt SensProCloth wurde ein moderner Lagenaufbau gewählt, bei dem nach dem Außenmaterial eine Membrane mit Abstandhalter eingebaut wurde. Dieses sogenannte AIRLOCK System der Firma W. L. GORE & Associates GmbH verbindet damit Membranschicht und Isolation in einem. Die Abstandhalter schließen zur Isolation benötigte Luft zum Futtergewebe ein. Ein solcher Lagenaufbau zeichnet sich durch den hohen Tragekomfort aus.

Dieser 3-lagige Aufbau eignet sich gegenüber einem 4-lagigen Aufbau, bei dem zur Membrane (ohne Abstandhalter) noch eine textile Isolation eingearbeitet werden muss, besonders gut für die Versuchsreihen, da dieser 3 lagige Aufbau äußerst robust ist und eine sehr hohe Verarbeitungssicherheit aufweist.



Bei der Wahl des Bekleidungsmodells wurde im Konsortium entschieden, ein gängiges, in Deutschland übliches Modell als Grundlage für die Versuchszwecke zu verwenden. Es wurde ein Modell ausgewählt, dass der EN 469 mit den jeweils höchsten Leistungsstufen und der HuPF, der Herstellungs- und Prüfbeschreibung für eine universelle Feuerwehrschutzkleidung, entspricht. Die HuPF ist eine Beschreibung für Feuerwehrschutzkleidung, die auf die Risikobeurteilung der deutschen Feuerwehren ausgerichtet ist.

Bei allen vier Prüfkriterien gibt es zwei Leistungsstufen, 1 oder 2. Dabei erzielt jeweils die Leistungsstufe 2 die besseren Werte. Die in Deutschland in der Regel verwendete Feuerwehrschutzkleidung entspricht den Leistungsstufen Xf2, Xr2, Y2, Z2. Aus diesem Grund wurde auch diese Parameter bei den Untersuchungen zugrunde gelegt.

Aufgrund der technischen Gegebenheiten im Prüfaufbau bei der Isolation nach EN 367 bzw. EN ISO 6942 konnten die einzelnen elektronischen Komponenten in Zusammenhang mit den Materiallagen nicht getestet werden. Hier wurden die notwendigen Untersuchungen auf einem Thermoman durchgeführt (siehe auch 2.1.4.4).

Das gleiche gilt für die Y- und Z-Werte. Die Wasserdichtigkeit wurde auf einem sogenannten Regenturmtest nachgewiesen (siehe auch 2.1.4.1). Bei Wasserdampfdurchgangswiderstand kann ohne Zweifel davon ausgegangen werden, dass die kleinen, in die Bekleidung eingebauten Sensoren, keinen signifikanten Einfluss auf den Wasserdampftransport haben.

### **2.1.2. Arbeitspaket 3.1**

Die Zustandsüberwachung erfolgt durch ein T-Shirt, das nicht Forschungsgegenstand von S-GARD war. Die Mitarbeit hier beschränkte sich auf die Erarbeitung von Verbindungsmöglichkeit zur Überjacke.

### **2.1.3. Arbeitspaket 5.1 bis 5.7**

Von der Arbeitsgruppe wurden folgende Komponenten festgelegt:

- Akustische Signalgeber in Kopfnähe
- Optische Signalgeber an Schultern und Ärmel

- Thermometer im Brustbereich
- Antennen im Oberarmbereich
- Elektronikzentraleinheit mit Energieversorgung

Die einzelnen Komponenten müssen innerhalb der Schutzjacke durch Kabel verbunden werden.

### **2.1.3.1. Textile Kabel**

Um den Tragekomfort nicht negativ zu beeinflussen, wurden mehrere Versuche unternommen, Kabel auf Textilbasis zu entwickeln. Dabei wurden bei ITV Denkendorf Bänder aus verschiedenen Materialien zusammen mit leitfähigen Spezialgarnen verwebt. Dabei stellte sich heraus, dass die Bänder aus Aramid-Filamentgarnen die besten Eigenschaften aufweisen. Sie lassen sich aufgrund der glatten Oberfläche sehr gut zwischen die Gewebelagen der Bekleidung einbauen. Nach einigen Versuchen stellte sich dabei heraus, dass der Tragekomfort nicht beeinflusst wird, wenn man Mehrlängen von 10% bei der Kabelführung berücksichtigt.

### **2.1.3.2. Kabelführungen**

Nachdem die Machbarkeit von textilen Kabelführungen zu den elektronischen Komponenten erforscht und erarbeitet wurde, sind die entsprechenden Resultate im Jahr 2010 an verschiedenen Demonstrationsmustern umgesetzt worden.

Die Elektronikkomponenten (Sensoren, Antennen, optische und akustische Signalgeber) werden von außen am Obergewebe angebracht und mit textilen Kabeln miteinander verbunden. Diese Kabel werden in der Bekleidung zwischen die Materialschichten geführt und durchstoßen diese.

Bei der Konstruktion wurde besonders das Augenmerk darauf gerichtet, dass die mit der Feuerwehrkleidung erzielten bzw. garantierten Schutzeigenschaften nicht oder nur unwesentlich negativ beeinträchtigt werden.

Deshalb wurden in zwei Versuchsreihen verschiedene konfektionelle Lösungen erarbeitet.

### **2.1.3.3. Kabel zwischen Oberstoff und Membrane**

Variante 1: Die Kabel verlaufen zwischen Oberstoff und Membrane/Isolation. Hierbei sind als Vorteile die einfachere Konfektion und die bessere Wasserdichtigkeit zu nennen. Nachteilig könnte sich hierbei aber auswirken, dass im Falle einer Hitzebeaufschlagung die Kabel weniger geschützt direkt unter dem Oberstoff verlaufen.

Dabei wurden auch zuerst Versuche unternommen das Kabel in Kanälen, die direkt auf die Membrane geschweißt wurden, zu führen.

Dies hatte aber den Nachteil, dass die Bekleidung zu steif wurde und die Kabelbänder im Kanal festsitzen. Auf die grundsätzlichen Kanäle wurde dann verzichtet.

### **2.1.3.4. Kabel zwischen Membrane/Isolation und Futterstoff**

Variante 2: Die Kabel werden zwischen Membrane/Isolation und Futterstoff geführt. Dadurch sind die Kabel zwar besser vor Hitze und Nässe geschützt; jedoch muss die Membrane/Isolation zu jedem außenliegenden Elektronikteil durchstoßen werden, was konfektionell sehr aufwendig zu lösen ist und unter Umständen zur Wasserundichtigkeit führen kann.

### **2.1.3.5. Verbindung von LED und Kabel**

Die LED leuchten und das Thermometer wurden vom ITV Denkendorf mit den Kabeln angeschlossen und dann zusammen mit einem Abschnitt des Obergewebes mit Silikon vergossen.

Es wurden vorab zwei Jackenärmel mit beiden Varianten der Kabelführung (hinter oder vor der Membrane), versehen mit optischen Signalgebern, erstellt und 10 Waschzyklen bei 60°C unterzogen. Anschließend war die Elektronik-Komponente voll funktionstüchtig.

### **2.1.3.6. Anordnung der Sensoren/Kabelführung in der Jacke**

Feuerwehrschutzkleidung wird im Einsatz immer mit anderer PSA (Persönliche Schutzausrüstung) verwendet, wie Kopfhaube, Helm, Atemschutzgerät, Handschuhe etc. Ebenso wird ein Funkgerät mitgeführt.

Bei der Positionierung und dem Einbau der Elektronikelemente musste dieser Umstand berücksichtigt werden.

Besonders ist darauf zu achten, dass die optischen und akustischen Signalgeber und die Temperaturfühler so positioniert werden, dass sie von dem umfangreichen zusätzlichen Equipment nicht abgedeckt werden und voll funktionstüchtig bleiben.

### **2.1.3.7. Position der Zentraleinheit**

Ein besonderes Augenmerk wurde dabei auf die Position der zentralen Elektronik und Versorgungseinheit gelegt, an der alle Kabel zusammengeführt werden. In der Versuchsphase bestand diese Versorgungseinheit noch aus drei separaten Gehäusen. Zur Findung der optimalen Position wurde extra eine Jacke erstellt, in der viele Taschen eingebracht wurden. Die Feuerwehr Stuttgart hatte dann unter vollständiger Ausrüstung nach der richtigen Position gesucht.

Als optimale Position für eine Zentraleinheit hat sich der linke untere Frontbereich der Jacke herausgestellt.

### **2.1.3.8. Kabelführung in der Jacke**

Auch hier wurden die bereits unter 2.1.3.3. und 2.1.3.4. beschriebenen Varianten der Kabelführung untersucht.

Die Antennen zur Ortung lagen erst im letzten Drittel der Forschungsphase vor und konnten deshalb hier bei den bekleidungsphysiologischen Untersuchungen nicht berücksichtigt werden (siehe Punkt 2.1.3.12.).

### 2.1.3.9. Kabelführung zwischen Oberstoff und Membrane

#### Vorteil:

- Futter und Membrane/Isolation durchbricht man nur einmal
- Wenig Probleme bei Wasserdichtigkeit
- Einfache Konfektion

#### Nachteil:

- Kabel liegen direkt hinter dem Oberstoff
- Welchen Einfluss hat das auf die Isolation?
- Wie beständig sind die Kabelbänder bei Hitzebelastung?

### 2.1.3.10. Kabelführung zwischen Membrane/Isolation und Futterstoff

#### Vorteil:

- Kabelbänder liegen geschützt hinter Isolation und Membrane

#### Nachteil:

- Zu jedem Elektronik-Teil/Sensor muss die Membrane durchtrennt werden
- Schwierige Konfektion
- Wie sieht es mit der Wasserdichtigkeit aus?
- Wie sieht es mit dem Isolationsvermögen aus?

Inwieweit diese zwei Varianten die Eigenschaften der Schutzkleidung beeinflussen, wurde im Juni 2010 mit Regenturm- und Thermoman-Test am gesamten Bekleidungsteil untersucht.

### 2.1.3.11. Kabelverbindung zwischen T-Shirt und Überjacke

Die Vitalparameter wurden in einem T-Shirt, das unter der Überjacke direkt auf der Haut getragen wird, erfasst. In diesem T-Shirt befand sich eine Depottasche, in der genügend Kabel mit einem Stecker aufgenommen wurde. In der Überjacke verläuft von der Zentraleinheit ein Kabel ebenfalls mit ausreichender Länge. Beide Kabel wurden mit einem Stecksystem verbunden. Verschiedene Versuche hatten gezeigt, dass dieses System den

Tragekomfort in keiner Weise beeinflusste und bei Extrembewegungen eine stabile Verbindung gewährleistet wurde.

#### **2.1.3.12. Antennen für die Ortung**

Die in die Bekleidung einzubauenden Antennen standen erst im letzten Drittel des Forschungszeitraumes zur Verfügung. Diese wurden auf den Oberärmeln der Jacke in speziell entwickelten Taschen untergebracht. In zwei Versuchsreihen wurde eine Position herausgearbeitet, bei der die Bewegungsfreiheit so gut wie nicht beeinflusst wurde. Die Verkabelung wurde auch hier direkt unter dem Obergewebe mit „normalem“ Kabel vorgenommen. Der Anschluss an den bis hier entwickelten textilen Kabelstrang war aus zeitlichen und technischen Gründen nicht mehr möglich. Die Kabel verlaufen von den jeweiligen Ärmeln direkt zur Zentraleinheit, wo diese gemeinsam mit dem textilen Kabel die Membrane durchstoßen.

#### **2.1.4. Arbeitspaket 6.1 bis 6.4**

##### **2.1.4.1. Prüfung der Wasserdichtigkeit**

Am 22.09.2010 wurden zwei Jacken mit den jeweils verschiedenen Varianten nach 5 Laborwäschen auf einem Regenturmtest bei der Firma W. L. GORE & Associates GmbH in Putzbrunn getestet. Dabei stellte sich heraus, dass die Variante 1 wasserdicht war und die Variante 2 (erwartungsgemäß) eine leichte Undichtigkeit am Ärmel aufweist. Aber bei beiden Jacken kam es zu keiner Beeinträchtigung in der Stromversorgung bzw. der Funktionsweise der Elektronikkomponenten.

##### **2.1.4.2. Wasserdichtigkeit Kabelführung zwischen Oberstoff und Membrane**

Ergebnis: Wasserdicht

### **2.1.4.3. Wasserdichtigkeit Kabelführung zwischen Membrane/Isolation und Futterstoff**

Ergebnis: Undichtigkeit im Ärmelbereich.

### **2.1.4.4. Prüfung der Isolation**

Am 28.09.2010 wurden die beiden Feuerwehrüberjacken (mit dazu passender Feuerwehrüberhose) gemäß einem Prüfverfahren für eine vollständige Feuerwehrschutzkleidung bei der Firma DUPONT in der Schweiz getestet. Es entspricht der in der EN 469 Anhang E beschriebenen Prüfverfahren für eine vollständige Bekleidung. Dieses Prüfverfahren charakterisiert den thermischen Schutz von Kleidungsstücken auf der Grundlage von Messungen des Wärmeübergangs auf eine lebensgroße Prüfpuppe, die der Laborsimulation einer Stichflamme mit gesteuerter Wärmestromdichte, -dauer und Flammenverteilung ausgesetzt wird. Wärmeübertragungsmessungen werden verwendet, um die vorhergesagten Brandverletzungen der Haut, die durch die Explosion hervorgerufen werden, zu berechnen.

Die Schutzkleidung wird auf der Prüfpuppe, auf deren Oberfläche 126 Wärmesensoren installiert sind, 8 Sekunden mit  $84\text{kW/m}^2$  beflammt.

Die Sensoren liefern als Ergebnis eine vorausgesagte Fläche der Prüfpuppe mit Verbrennungen zweiten und dritten Grades. Die Aufzeichnungsdauer beträgt insgesamt 60 Sekunden.

### **2.1.4.5. Isolation Kabelführung zwischen Oberstoff und Membrane**

Bei der Variante 1 (Kabel zwischen Oberstoffe und Membrane/Isolation) werden im gesamten Bekleidungsbereich (einschließlich Hose) 0 % Verbrennungen 3. Grades und 4 % Verbrennungen 2. Grades gemessen.

Die Funktionstüchtigkeit der Elektronik war auch nach der Beflammung noch gegeben.

#### **2.1.4.6. Kabelführung zwischen Membrane/Isolation und Futterstoff**

Bei der Variante 2 (Kabel zwischen Membrane/Isolation und Futter) wurden dagegen 0% Verbrennungen 3.Grades und 0% Verbrennungen 2. Grades festgestellt.

Die Funktionstüchtigkeit der Elektronik war auch nach der Beflammung noch gegeben.

#### **2.1.4.7. Einfluss der Kabelführung auf die Wasserdichtigkeit und Isolation**

##### **2.1.4.7.1. Wasserdichtigkeit**

Im Regenturmtest zeigte sich, dass der Einbau der Kabel zwischen Membrane/Isolation und Futter aufgrund der Durchbrüche durch die Membrane zu Undichtigkeiten geführt hat. Hier könnte, besonders bei einer Prüfung in Anlehnung an die EN 20811 unter Druck, wenn überhaupt, höchstens die Leistungsstufe 1 erreicht werden.

Bei der zweiten Variante, die Kabel direkt hinter dem Obergewebe zu führen, durchstößt man nur an einer Stelle im unteren Jackensaum die Membrane. Eine Undichtigkeit an dieser Stelle unter Druck könnte vernachlässigt werden. Auf dem Regenturmtest war bei dieser Variante die Bekleidung wasserdicht.

##### **2.1.4.7.2. Isolation / Thermoman-Test**

Die in beiden Varianten erreichten Werte sind im Vergleich mit im Markt befindlicher Feuerwehrschutzkleidung als sehr gut zu bezeichnen. Vergleiche mit Thermoman-Tests von Bekleidungssteilen in gleichem konfektionellen Design und gleichem Materialaufbau zeigten, dass die integrierten Kabel und Elektronikkomponenten bei Variante 1 keinen negativen Einfluss auf das Isolationsverhalten haben. Bei der Variante 2 waren die Werte zwar schlechter, aber im Vergleich mit anderen am Markt erhältlichen Produkten sind die Werte immer noch als sehr gut zu bewerten.

#### **2.1.4.8. Auswertung der Tests**

Für die im Projektverlauf weiter produzierten Überjacken werden die Kabel direkt hinter dem Obergewebe geführt, da der Einfluss auf die Isolation als akzeptabel zu bezeichnen ist, aber die einfachere konfektionelle Bearbeitung für die Produktion von weitere Prototypen von



Vorteil war. Es ist in jedem Fall davon auszugehen, dass damit die Leistungsstufen nach EN 469 Xf2, Xr2; Y2 und Z2 erreicht bzw. eingehalten werden.

### **2.1.5. Arbeitspakete 7.1 bis 7.3**

#### **2.1.5.1. Redesign**

Für die Konstruktion und der Fertigung von 8 Prototypen, die für die Tests des Gesamtsystems erforderlich wurden, musste das Grundmodell der Überjacke in einigen Punkten leicht modifiziert werden. Dabei flossen alle Ergebnisse aus den vorangegangenen Testreihen in die Prototypen mit ein.

#### **2.1.5.2. Herstellung der Testmuster**

Es wurden im Laufe der Projektzeit insgesamt 8 Prototypen für Testreihen produziert.

#### **2.1.5.3. Auswertung der Risikoanalyse**

In Hinblick auf die sicherheitstechnischen Auswirkungen der Integration der Elektronik wurde im gesamten Forschungsvorhaben seitens S-GARD immer auf die Einhaltung der Schutzwirkung geachtet, bzw. wurden anhand der Tests positiv bestätigt. Im weiter zu führenden Prozess zu einem markfähigen Produkt müssten hier aber noch weitergehende Untersuchungen vorgenommen werden.

### **2.1.6. Arbeitspakete 8.1 bis 8.3**

#### **2.1.6.1 Testen der Testmuster**

Neben den Bekleidungstest auf der Beflammungspuppe und auf dem Regenturmtest wurden die Bekleidungsteile in verschiedenen Versuchsreihen von Feuerwehrmännern getestet. In Bezug auf die Schutzwirkung sind hier die positiv verlaufenden Versuche im Brandcontainer und die bei den Abschlussdemonstrationen aufzuführen.

### **2.1.6.2. Aufbau und Durchführung eines Risikomanagement**

Bei der Konzeption des Gesamtsystems wurde berücksichtigt, dass die mit elektronischen Bauteilen ausgestattete Schutzkleidung die Einsatzkraft nicht behindert oder gefährdet. Ebenso wurde in verschiedenen Szenarien demonstriert, dass das Gesamtsystem verlässliche Ergebnisse bezüglich der Sicherheit der Einsatzkräfte wiedergibt. Die Schutzkleidung betreffend wurde davon ausgegangen, dass das sensorische T-Shirt im Tagesdienst auf der Wache getragen wird, im Fall der Alarmierung die Schutzjacke im Fahrzeug angelegt wird und das Gesamtsystem parallel mit Anlegen der kompletten Schutzausrüstung einsatzbereit ist. Eine eindeutige, individuelle Zuordnung und Identifizierung der einzelnen Rettungskraft im Einsatzgeschehen konnte sichergestellt werden.

### **2.1.6.3. Dokumentation / Veröffentlichung**

Hier wird auf Punkt 2.6 verwiesen.

## **2.2. Wichtigste Positionen im Zahlenmäßigen Nachweis**

Die im Voraus kalkulierten Einzelpositionen wurden soweit wie möglich eingehalten. Aufgrund der vielen Einzelversuche bei der Konfektion und der Erhöhung der erforderlichen Prototypen (8 Demonstratoren) für die Untersuchungen im Gesamtsystem wurden die Materialkosten Pos. 0813 um 5.790,00 EUR überschritten

Die Position vorkalkulierter Lohnkosten (Pos. 0837) wurde um 4.164,14 EUR unterschritten, dafür hatte sich die angesetzte Summe für Leistungen Dritter (Pos. 0823) um 1.000,00 EUR erhöht.

Bei den Reisekosten (Pos. 0838) wurde das eingeplante Budget um 657,11 EUR überschritten.

### 2.3. Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeiten

Die Aufgabengestellungen im Projekt SensProCloth waren äußerst komplex. Bei den erfolgten Untersuchungen und Experimenten wurde stets von praxisrealistischen Szenarien ausgegangen.

Aufgrund der interdisziplinären Zusammenarbeit der Projektpartner aus den verschiedensten Bereichen konnte die Machbarkeit eines Gesamtsystems im Bereich der systemintegrierten, sensorischen Schutzkleidung für Feuerwehr und Katastrophenschutz nachgewiesen werden.

Die erforschten Ergebnisse werden in jedem Fall die Grundlage für weitergehende Forschungsarbeiten sein. Die gewonnenen Erkenntnisse sind schon im jetzigen Zustand bei der Weiterentwicklung zu marktfähigen Produkten von großer Bedeutung.

Alleine hätten alle Projektpartner die Aufgabenstellungen nicht lösen können. Auch wären die finanziellen Möglichkeiten besonders für kleine und mittelständische Unternehmen nicht tragbar gewesen.

### 2.4. Voraussichtlicher Nutzen

Die im Projekt SensProCloth von S-GARD erworbenen Erkenntnisse können zum jetzigen Zeitpunkt nur begrenzt kommerziell umgesetzt werden, da im Gesamtsystem noch erheblicher Forschungsbedarf besteht und wir als Bekleidungshersteller auf eine weitere Kooperation der Projektpartner aus Forschung und der Elektronikbranche angewiesen sind.

Unabhängig davon besteht weiterer Forschungsbedarf im Bereich der textilen Kabel, der Integration der Elektronikkomponenten sowie grundsätzlicher Untersuchungen im Bereich der Fertigungstechnologie. Inwieweit dies ohne ein weiteres Forschungsprojekt umgesetzt werden kann, ist noch nicht abzusehen. Die rein auf dem Gebiet der Bekleidungstechnologie erarbeiteten Ergebnisse können aber auch in anderen Projekten genutzt werden.

Die bei der Erarbeitung von funktionstüchtigen Durchbrüchen durch die Nässesperre gemachten Erkenntnisse führten zu einer Gebrauchsmusteranmeldung (DDGM. Gebrauchsmuster 20 2012 100 905.6).

## 2.5. Bekanntgewordener Fortschritt auf dem Gebiet des Vorhabens bei anderen

- keine -

## 2.6. Erfolgte oder geplanten Veröffentlichung der Ergebnisse

Die im Rahmen des Projektverlaufes erreichten Ergebnisse wurden seitens der Hubert Schmitz GmbH im November 2009 und 2011 auf der internationalen Messe für Arbeitsmedizin und Arbeitssicherheit (A+A) in Düsseldorf und im Juni 2010 auf der Interschutz in Hannover vorgestellt.

Heinsberg, den 28. Juni 2012



Bruno Schmitz  
(Geschäftsführer)