

**Einsatzunterstützungssystem für Feuerwehren zur  
Gefahrenbekämpfung an Bord von Seeschiffen**



S-GARD Schutzkleidung, Hubert Schmitz GmbH Heinsberg

Teilvorhaben: Bekleidungssystem zur Einsatzunterstützung

# Inhaltsverzeichnis

<b>1. Teil 1 Kurzdarstellung.....</b>	<b>3</b>
1.1. Aufgabenstellung.....	3
1.2. Voraussetzungen, unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde.....	3
1.3. Planung und Ablauf des Vorhabens.....	4
1.4. Wissenschaftlicher und technischer Stand .....	4
1.5. Zusammenarbeit mit anderen Stellen .....	4
<b>2. Teil 2 Eingehende Darstellung .....</b>	<b>5</b>
2.1. Analyse des Nutzungskontexts / Identifizierung der Anforderungen ..	5
2.2. Technologien zur Gefahrenbekämpfung.....	8
2.3. Vorbereitung und Durchführung von Evaluierungen/Untersuchungen in Einsatzszenarien.....	17
2.4. Erzielte Ergebnisse.....	21
2.5. Zahlenmäßiger Nachweis .....	21
2.6. Angemessenheit der geleisteten Arbeit.....	22
2.7. Verwertung der Ergebnisse.....	22
2.8. Veröffentlichungen.....	23

# 1. Teil 1 Kurzdarstellung

## 1.1. Aufgabenstellung

Die Aufgabestellung für S-GARD im Rahmen des Verbundprojektes EFAS – Teilvorhaben: Bekleidungssystem zur Einsatzunterstützung – war die Entwicklung einer komfortablen, waschbaren und vor allem normgerechten Schutzbekleidung für Feuerwehrleute bei der Gefahrenbekämpfung auf Seeschiffen im Hafen. In diese Schutzkleidung, wird die gesamte Sensorik und Elektronik zur Erfassung und Weitergabe von Warnungen, Alarmmeldungen, Temperatur- und Positionsdaten integriert, ohne Verringerung oder Verlust des Schutzniveaus. Neben einem möglichst hohen Schutz gegen Strahlungshitze wurde dabei ein besonderes Augenmerk auf die Ergonomie und Anwenderfreundlichkeit in der Benutzung gelegt.

## 1.2. Voraussetzungen, unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde

S-GARD ist als Anbieter hochwertiger Schutzkleidung für Feuerwehr und andere spezielle Einsatzgebiete seit vielen Jahren im Markt etabliert und verfügt über entsprechende Marktkenntnisse und Erfahrung im Bereich Smart-Textiles aufgrund vorangegangener Forschungsprojekte. Die S-GARD anvertrauten EFAS Projekte wurden im Unternehmen in Heinsberg in den Abteilungen: Entwicklung, Schnittgestaltung und Musterkonfektion erarbeitet. Zudem wurde die Bekleidung extern mit den Projektpartnern in der Brandsimulationsanlage und auf Schiffen erprobt.

### **1.3. Planung und Ablauf des Vorhabens**

Das Projekt EFAS war zunächst auf drei Jahre angelegt und wurde aufgrund der umfangreichen Aufgaben um drei Monate verlängert. Folgende Unternehmen und Institutionen waren am Projekt beteiligt:

- S-GARD Hubert Schmitz GmbH in 52525 Heinsberg
- ATS Elektronik GmbH in 51515 Wunstorf
- Institut für Sicherheitstechnik/Schiffsicherheit e.V. in 18119 Rostock
- DITV in 73770 Denkendorf
- MARSIG GmbH in 18069 Rostock
- Fraunhofer FKIE in 53343 in Wachtenberg als Projektkoordinator

### **1.4. Wissenschaftlicher und technischer Stand**

Bei der bis lang im Markt eingesetzten Feuerwehrkleidung für Schiffsbrandbekämpfung handelt es sich um einfache, normale Feuerwehrsutzhkleidung oder um spezielle Hitzeschutzkleidung. Beide Bekleidungsarten werden den speziellen Anforderungen, die durch das Forschungsvorhaben EFAS gestellt wurden, nicht gerecht. Die konventionelle, aluminisierte gem. EN ISO 11612 Hitzeschutzkleidung ist zu schwer und bietet wenig Bewegungsmöglichkeit. Die normale Feuerwehrbekleidung gem. EN 469, die auf Schiffen zum Einsatz kommt, genügt den Anforderungen an Schutz vor Strahlungshitze nicht. Die Integration der elektronischen Komponenten stellen zudem individuelle, besonderen Anforderungen dar.

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

S-GARD hat im Rahmen des EFAS Projekts neben den Projektpartner mit dem ÖTI -Institut für Ökologie, Technik und Innovation GmbH 1050 Wien zusammengearbeitet, um im Rahmen der Materialauswahl Isolationswerte bestimmen zu können.

## 2. Teil 2 Eingehende Darstellung

### 2.1. Analyse des Nutzungskontexts / Identifizierung der Anforderungen

Im Rahmen des Arbeitspakets 1 – *Analyse des Nutzungskontexts / Identifizierung der Anforderungen* – wurden von S-GARD die folgenden Teil-Arbeitspakete bearbeitet:

- AP 1.4 Analyse der Aufgaben / Identifizierung der textilen und bekleidungstechnischen Anforderungen
- AP 1.5.1 Konzeption zur Integration von Sensorik, Elektronik und Kommunikation
- AP 1.5.2 Allgemeine Konzeption der Bekleidungstechnik

Diese Analyse diente dazu, die Einsatzarten und speziellen marinen Umgebungsbedingungen und Einsatzstrategien bzw. Verfahrensweisen der hafennahen Land-Feuerwehren und Havariekommandos kennenzulernen und diese dann in eine konkrete Entwicklungsstrategie der Schutzbekleidung sowie der zu integrierenden Sensorik zu überführen.

Das spezielle Umfeld „Schiff“ konnte bei einem Workshop mit der Feuerwehr Wilhelmshafen auf einem Schulschiff bzw. einer Schiffsbrand-Bekämpfungsanlage eingehend kennengelernt werden.



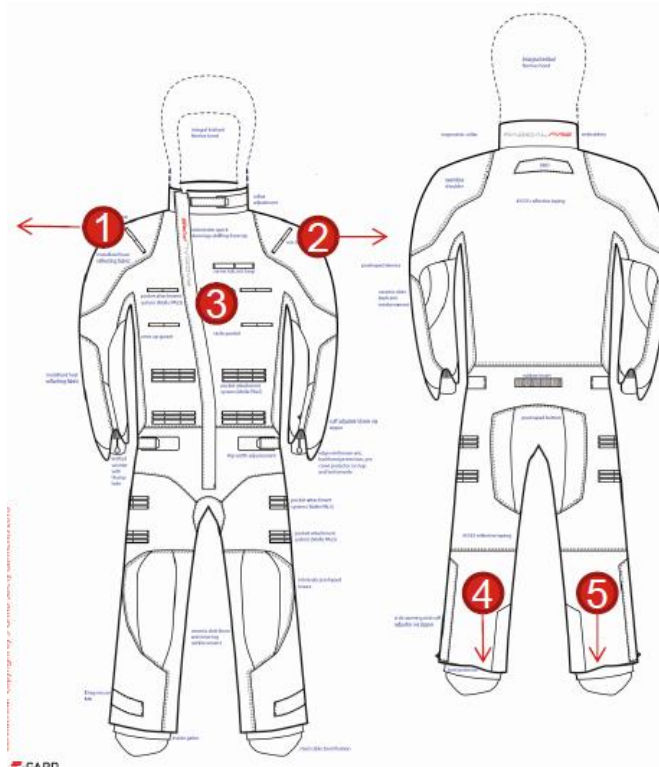
Die Einsatzbedingungen bei der Brand- und Gefahrenbekämpfung auf Schiffen zeichnen sich durch charakteristische Unterschiede gegenüber der klassischen, strukturellen Brandbekämpfung in und an Gebäuden aus.

Hier muss insbesondere hervorgehoben werden, dass das Umfeld des Einsatzes zu großen Teilen aus metallischen Aufbauten besteht, was zu einer sehr starken Strahlungs- und Kontakthitze führt. Die Einsätze auf Schiffen finden häufig unter räumlich sehr beengten Verhältnissen statt. Darüber hinaus ist die Navigation im Inneren von Schiffen teils äußerst komplex, und die Wegführung nicht immer eindeutig.

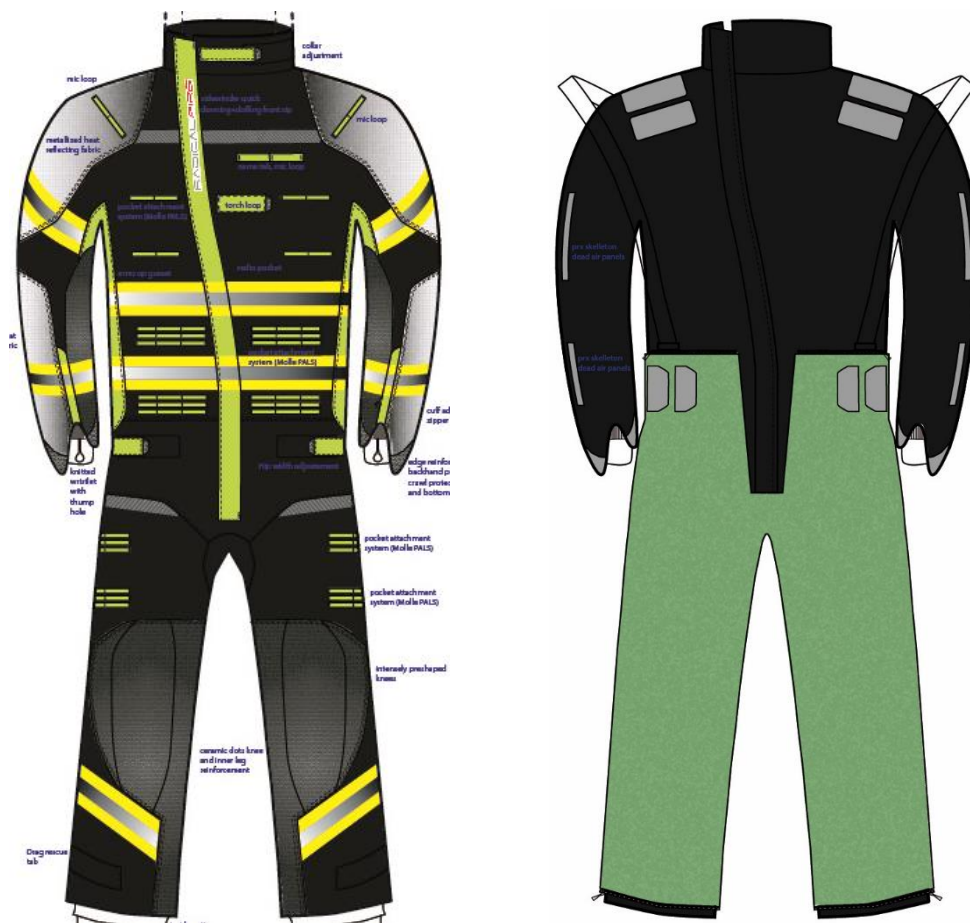
Alle diese Ergebnisse der Analyse spiegeln sich in der späteren Demonstratorentwicklung wieder.

Bereits zu diesem Zeitpunkt wurden die grundsätzlich möglichen Positionen für die geplante Sensorik analysiert, um den Einsatzbedingungen gerecht zu werden. Als geeignete Sensorpositionen, auch bei in Schiffen typischem Gelände wie engen Gängen und Leitern, wurden identifiziert:

- 1 Schulter rechts
- 2 Schulter links
- 3 Brust zentral
- 4 Linkes Bein
- 5 Rechtes Bein



Das Schutzkleidungssystem wurde in der Außenschicht als einteiliges Bekleidungsstück konzipiert, um ein Einströmen von Wärme zwischen Jacke und Hose bei der Fortbewegung in den beengten Verhältnissen im Schiffsinnen zu verhindern. Darüber hinaus wurde geplant, die hohe Strahlungshitze in besonders exponierten Bereichen wie den Schultern durch hitzereflektierende Materialien entgegen zu wirken, und Bereiche mit hoher Wahrscheinlichkeit zu Umgebungskontakt mit entsprechender Dämpfung zu versehen..



## 2.2. Technologien zur Gefahrenbekämpfung

Im Rahmen des Arbeitspakets 2 – *Technologien zur Gefahrenbekämpfung* – wurden von S-GARD die folgenden Teil-Arbeitspakete bearbeitet:

- AP 2.3 Lagedarstellungssystem nach ISO 9241:210 für die Einsatzleitung
  - AP 2.3.9 Integration der Ortungssensorik in Textil und Einsatzkleidung für die Einsatzkräfte
  
- AP 2.7 Sensorik und Melde-Aktoren für die Einsatzkleidung für Trupps
  - AP 2.7.1 Analyse bisheriger Sensorsysteme für Einsatzkleidung
  - AP 2.7.5 Entwicklung von Versuchsaufbauten
  
- AP 2.8 Integration der Sensoren in die textile Struktur
  
- AP 2.9 Entwicklung Bekleidungssystem
  - AP 2.9.1 Spezifizierung und Entwicklung des Bekleidungssystems
  - AP 2.9.2 Einbringen des textilen Bussystems in das Bekleidungssystem
  - AP 2.9.4 Tests/Überprüfung des Bekleidungssystems und seiner Komponenten auf Einhaltung Normen/Vorschriften
  
- AP 2.10 Aufbau Gesamtsystem
  - AP 2.10.2 Aufbau Gesamtsystem Hardware und Bekleidung
  - AP 2.10.3 Test Gesamtsystem Hardware und Bekleidung
  - AP 2.10.4 Verbesserung Gesamtsystem Hardware und Bekleidung



Die Integration der Elektronik und Sensorik erfolgte mittels textiler Kabel, an welche die von DITF vergossenen Sensoren angeschlossen, und mit Nomex-Oberstoff ummantelt wurden. Die Fertigung des vollständigen Strangs erfolgte dann durch ATS.



Abbildung: Sensorstränge

Um die sichere Führung der textilen Kabel zwischen den Schichten der Bekleidung sicherzustellen, und die Sensorik gegen Zug zu entlasten, wurden Kabelkanäle und Zug-Schlaufen in die Kleidung integriert.

Erforderliche Durchtrittsstellen in der wasserdichten Membrane der Kleidung wurden überlappend, abgedeckt verarbeitet und wasserdicht abgetaped.

Für Steuerelektronik und Stromversorgung befinden sich geeignete Aufnahmetaschen im Inneren des Schutzkleidungssystems.



Um sicherzustellen, dass durch die in das Schutzkleidungssystem integrierte Sensorik keine Gefahr für die Einsatzkräfte ausgeht, wurden die Komponenten den gleichen Tests unterzogen die für Materialien für Feuerwehrsutckleidung nach EN 469 gefordert werden.

Nach 5 Minuten im Ofen bei 180°C blieben die getesteten Sensoren unverändert funktionstüchtig. Bei einer direkten Beflammung der Sensoren für 10 Sekunden kam es teils zu Ausfällen der Sensorik. Ein Brennen, Schmelzen oder Abtropfen, das eine Gefahr darstellen könnte, trat jedoch nicht auf.



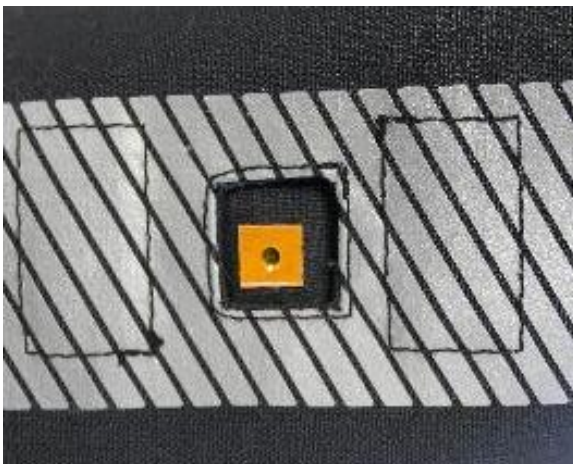
Abbildung: Ein Sensor nach 5 Minuten bei 180°C



Abbildung: Ein ausgefallener Sensor nach 10 Sekunden direkter Beflammung

Da die Kabelführung der Sensorik geschützt zwischen den Lagen der Schutzkleidung verläuft, bedarf es Durchbrüche im Oberstoff des Schutzkleidungssystems, um die Datenaufnahme in der Umwelt zu ermöglichen.

Diese wurden durch Verstärzen des Obermaterials realisiert, sodass die in identisches Material eingepackte Sensoren mittels Haken- und Flauschband reversibel hinter den Öffnungen fixiert werden können. Hierdurch ist sowohl eine sichere Positionierung während der Einsätze, als auch ein einfaches, werkzeugloses Entfernen für Pflege und Wartung möglich.



Um schnell und flexibel auf verschiedene Einsatzszenarien zu reagieren, und bestmögliche Isolationswerte zu erreichen, wurde das Schutzkleidungssystem nach dem Layering-Prinzip konzipiert.

Hierdurch entsteht ein zweiteiliges Schutzkleidungssystem, bestehend aus einer flammhemmenden Softshelljacke, die von den Einsatzkräften als Dienstjacke getragen wird, und einem Coverall, der für den Einsatz übergezogen wird.

Hierdurch lässt sich bei der Überbekleidung im Oberkörperbereich Material und Gewicht sparen, und es werden gleichzeitig bessere Isolationswerte erreicht.

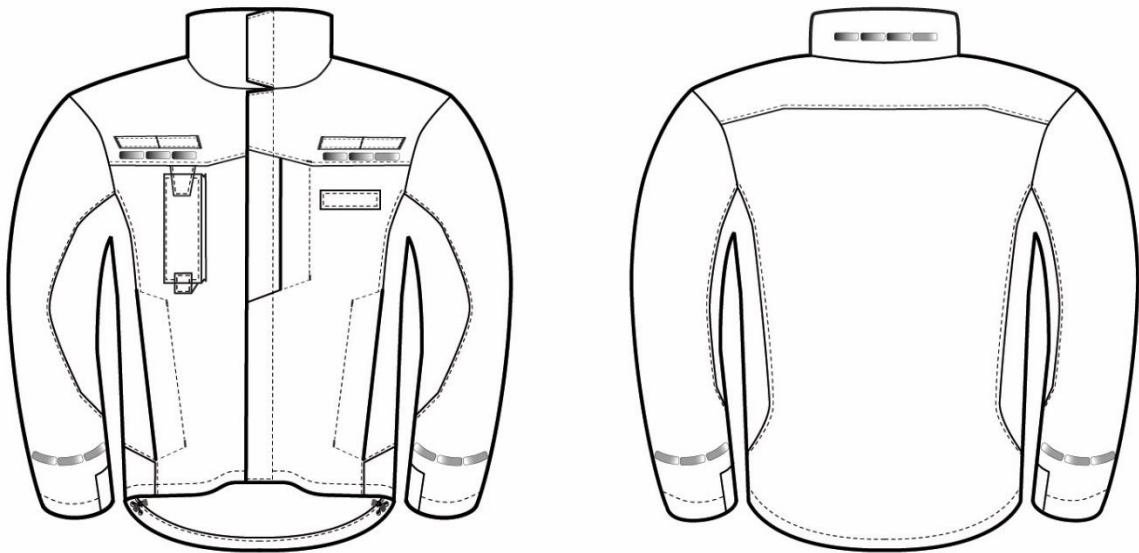


Abbildung: Entwurf Softshelljacke

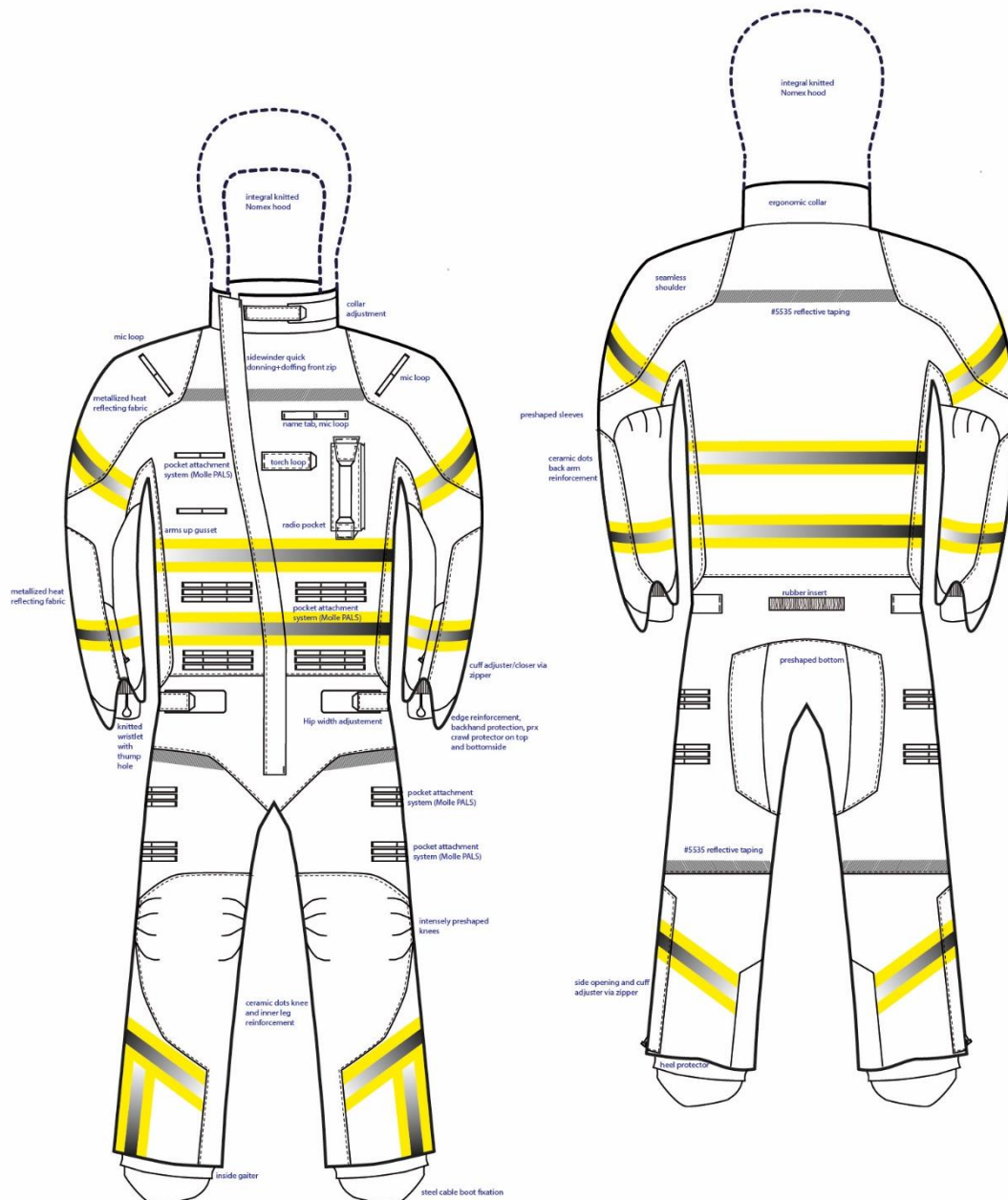


Abbildung: Entwurf Coverall

Durch das Layeringkonzept des Schutzkleidungssystems ergeben sich unterschiedliche Isolationszonen innerhalb der Kleidung. Diese unterschiedlichen Zonen wurden auf die thermischen Isolationsanforderungen der EN 469 – *Schutzkleidung für die Brandbekämpfung* – überprüft. Diese Prüfung beinhaltet insbesondere den Wärmeübergang Flamme nach EN ISO 9151, sowie den Wärmeübergang Strahlung nach EN ISO 6942.

**Bestimmung des Wärmeübergangs**

## Wärmeübergang Flamme EN ISO 9151

- Aufbau im Oberkörper

<b>Wärme- übergangszahl</b>	<b>Erreicht</b>	<b>Vorgabe EN 469</b>
$HTI_{24}$	22,8s	$\geq 13,0s$
$HTI_{24} - HTI_{12}$	8,0s	$\geq 4,0s$

- Aufbau im Unterkörper:

<b>Wärme- übergangszahl</b>	<b>Erreicht</b>	<b>Vorgabe EN 469</b>
$HTI_{24}$	21,8s	$\geq 13,0s$
$HTI_{24} - HTI_{12}$	5,9s	$\geq 4,0s$

## Wärmeübergang Flamme EN ISO 9151

- Aufbau im Oberkörper

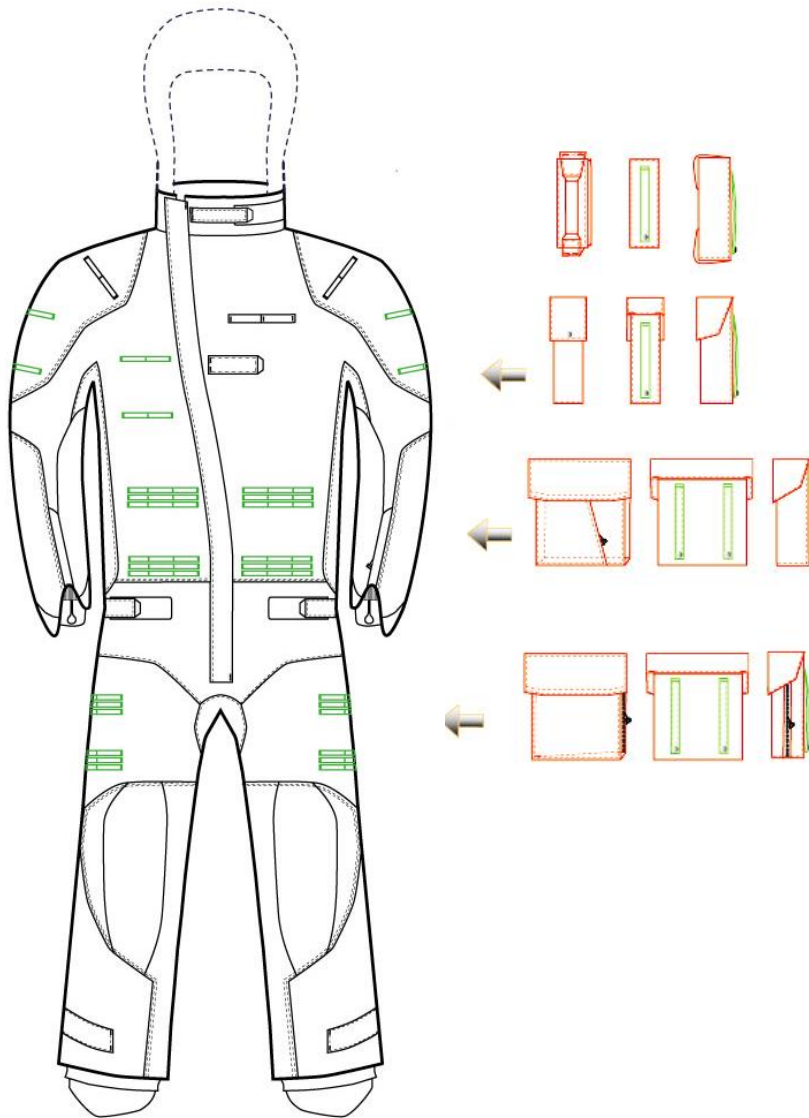
<b>Wärme- übergangszahl</b>	<b>Erreicht</b>	<b>Vorgabe EN 469</b>
$HTI_{24}$	22,8s	$\geq 13,0s$
$HTI_{24} - HTI_{12}$	8,0s	$\geq 4,0s$

- Aufbau im Unterkörper:

<b>Wärme- übergangszahl</b>	<b>Erreicht</b>	<b>Vorgabe EN 469</b>
$HTI_{24}$	21,8s	$\geq 13,0s$
$HTI_{24} - HTI_{12}$	5,9s	$\geq 4,0s$

Alle ermittelten Werte übertreffen die Normanforderungen bei Weitem.

Um es den Einsatzkräften zu ermöglichen die Schutzkleidung weiter an die Bedürfnisse unterschiedlicher Einsatzszenarien anzupassen, wurde für das Schutzkleidungssystem ein frei konfigurierbares, modulares Taschensystem entwickelt.



Dieses System ermöglicht die dauerhafte, feste Platzierung unterschiedlicher Taschen für Werkzeug, Funkgeräte oder auch Verbandsmaterial. Im Bedarfsfall lassen sich Taschen aber auch kurzfristig, werkzeuglos entfernen, was besonders an räumlich sehr beengten Einsatzorten von Vorteil sein kann.

Entsprechend der Übereinstimmung der Testergebnisse mit den dokumentierten Anforderungen der Konzeption, wurden die Demonstratoren gefertigt.





### 2.3. Vorbereitung und Durchführung von Evaluierungen / Untersuchungen in Einsatzszenarien

Im Rahmen zweier Praxistests wurde das Komplettsystem im Brandcontainer der Feuerwehr Wilhelmshaven vor der Abschlussevaluation getestet.

Bei einem ersten Testlauf am 12.09.2018 wurden in Zusammenarbeit mit ATS und der Feuerwehr Wilhelmshafen das Sensor- und das Schutzkleidungssystem unter kontrollierten Brandbedingungen getestet. Die Datenübertragung fand in dieser frühen Projektphase via Bluetooth statt.

Die erforderlichen Messdaten konnten von ATS erfolgreich erhoben, und für die weitere Systemoptimierung genutzt werden.



Die Rückmeldung der Probanden zum Tragekomfort des Schutzkleidungssystems wurde genutzt, um die finale Demonstrator Generation weiter zu verbessern.

Neben den bekleidungstechnischen Anpassungen zur Verbesserung der Passform des Schutzkleidungssystems, wurden die finalen Demonstratoren darüber hinaus in zwei unterschiedlichen Farbwegen gestaltet, um eine einfache und schnelle, optische Unterscheidung unterschiedlicher Einsatztrupps zu ermöglichen.



Ein zweiter Testlauf im Brandcontainer der Feuerwehr Wilhelmshaven wurde am 18.06.2019 in Zusammenarbeit mit FKIE, Marsig, ATS und der Feuerwehr Wilhelmshaven durchgeführt.

Der Fokus dieses Testlaufs lag bereits auf dem Einsatz des Gesamtsystems, inklusive der Datenübertragung mittels LTE an den Einsatzleitwagen in das dort eingerichtete Einsatzunterstützungs- und Lagedarstellungssystem.



Die Daten wurden durch die Projektpartner erfolgreich erhoben.

Die Passformänderungen des Bekleidungssystems gegenüber der vorherigen Demonstrator Generation wurden von den Probanden als Verbesserung beurteilt.

Die Endevaluation des Gesamtsystems fand schließlich vom 22.-24.09.2019 in Rostock auf dem Museumsschiff „Dresden“ statt. Hierfür wurden im Vorfeld unterschiedliche Testszenarien, federführend durch FKIE und ISV nach Abstimmung mit dem Konsortium statt.

Demonstratoren wurden entsprechend vervielfältigt, um zwei Einsatztrupps bestehend aus je zwei Einsatzkräften mit dem voll funktionsfähigen Gesamtsystem auszustatten.



Durch S-GARD wurde im Rahmen der Evaluation eine Befragung der Probanden zu den bekleidungsphysiologischen Eigenschaften des Schutzkleidungssystems durchgeführt. Hierbei wurde insbesondere auch ein Fokus auf feuerwehrtypische Bewegungsformen wie Knien, Kriechen, Treppe steigen und Überkopfarbeit gelegt.

Die Rückmeldung der Probanden ergab, dass das Schutzkleidungssystem ein für Feuerwehrsutzkleidung ungewöhnlich hohes Maß an Bewegungsfreiheit bietet. Alle Bewegungen konnten ohne Einschränkungen durchgeführt werden. Einzig die im Kniebereich eingesetzten Dämpfungselemente scheinen abhängig von der Körpergröße

unterschiedlich gut zu funktionieren. Diese Anmerkung wurde aufgenommen, um das System für die Weiterentwicklung zur Marktreife dahingehend zu optimieren.

## 2.4. Erzielte Ergebnisse

Im Rahmen des Forschungsprojekts EFAS konnten eine Vielzahl von Erkenntnissen gewonnen werden. Eines der Hauptziele von S-GARD war die Entwicklung eines an die besonderen Anforderungen der Schiffsbrandbekämpfung angepasstes Schutzbekleidungssystem, sowie die Integration der entwickelten Sensorik und Assistenzsystem in das textile Produkt.

Dieses Ziel wurde erfolgreich erreicht. Alle entwickelten Technologien lassen sich in S-GARD Schutzbekleidungsprodukte übertragen. Kritisch zu betrachten, und daher bedarf es weiterer Entwicklungsarbeit, ist die Integration der elektronischen Bauteile in Serienreife Schutzkleidung, da hierfür beim Anwender weitere Infrastruktur erforderlich ist, und alle Komponenten standardmäßig und voll funktionsfähig in hoher Stückzahl verfügbar sein müssen. Dieser Punkt bedarf weiterer interdisziplinärer Zusammenarbeit, die S-GARD auf dem Weg zur Schutzbekleidung der Zukunft auch plant.

Ein Konzept für ein Schutzbekleidungssystem, abgestimmt auf die Schiffsbrandbekämpfung, vorerst ohne elektronische Komponenten, wird bei S-GARD zurzeit auf Marktfähigkeit überprüft.

## 2.5. Zahlenmäßiger Nachweis

Das Vorhaben konnte nahezu im geplanten Kostenrahmen durchgeführt werden. Die abweichenden Mehrkosten von 4.767,46 € wurden von S-GARD getragen.

Die nachstehend aufgeführten Mittel standen dem Zuwendungsempfänger für die Durchführung des Projektes zur Verfügung:

Kostenart	Material	Personalkosten	Reisekosten	Abschreibungen	Gesamt
Budget in €	23.000,00	300.905,00	3.500,00	0,00	327.405,00
Istkosten in €	23.164,11	304.252,02	4.756,33	0,00	332.172,46

Die Finanzierung erfolgte durch Eigenmittel in Höhe von 135.729,46 € sowie durch Bundesmittel in Höhe von 196.443,00 €

## **2.6. Angemessenheit der geleisteten Arbeit**

Der Verlauf der Arbeit im Teilprojekt folgte der im Projektantrag formulierten Planung. Die Koordinierung und Abstimmung der Arbeiten im Verbund erfolgte durch den Verbundkoordinator.

Die im Arbeitsplan formulierten Aufgaben wurden erfolgreich bearbeitet und die geplanten Meilensteine wurden erreicht.

Die Arbeitsergebnisse wurden zu den vorgesehenen Terminen in schriftlichen Zwischenberichten kommuniziert. Die zur Verfügung stehenden Mittel wurden sparsam und nur im erforderlichen Umfang eingesetzt. Die einzelnen Budgetansätze wurden in wesentlichen Teilen eingehalten bzw. es erfolgte eine Umwidmung innerhalb der Gesamtvorkalkulation. Das Gesamtbudget wurde nicht überschritten.

## **2.7. Verwertung der Ergebnisse**

Grundsätzlich lassen sich bei der Durchführung des Teilprojektes vier verschiedene Arten von Ergebnissen unterscheiden:

- a. Neues Know-how – sowohl bekleidungstechnisch, als auch hinsichtlich der interdisziplinären Arbeit, und der Integration von Elektronik in Schutzkleidung
- b. Verwertung/Weiterentwicklung des entwickelten Systems
- c. Neue Produkte
- d. Folgeaktivitäten

## 2.8. Veröffentlichungen

Das Design des Schutzkleidungssystems wurde als Geschmacksmuster beim europäischen Patentamt eingereicht.

Veröffentlichungen zum Projekt fanden zu Marketingzwecken im S-GARD Katalog und Pressemitteilungen zu Messen statt, auf denen Demonstratoren ausgestellt wurden.

Heinsberg, den 29.05.2020

---

Jonas Kuschnir

Produktmanager

---

Bruno Schmitz

Geschäftsführer