



SÄCHSISCHES
TEXTIL
FORSCHUNGS
INSTITUT e.V.



Sächsisches Textilforschungsinstitut e.V. (STFI)

An-Institut der Technischen Universität Chemnitz



ZUSE-GEMEINSCHAFT
FORSCHUNG, DIE ANKOMMT.





SÄCHSISCHES
TEXTIL
FORSCHUNGS
INSTITUT e.V.



Neues Schutzkleidungsmaterial für Arbeiten mit handgehaltenen Ultrahochdruck-Wasserstrahlanlagen

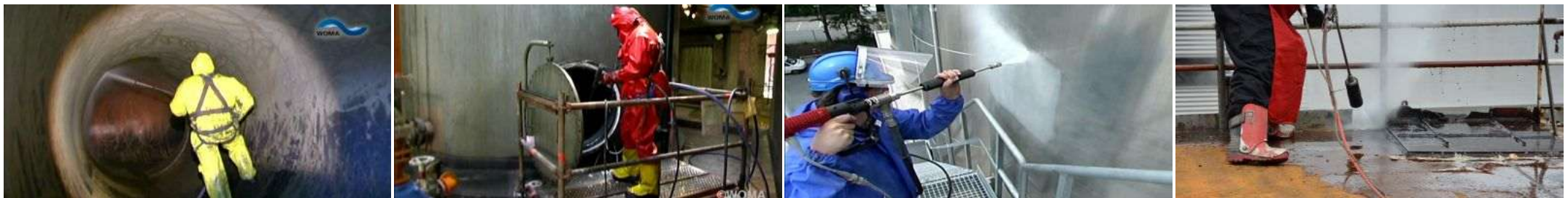
Referent: Yvette Dietzel

Institute: Sächsisches Textilforschungsinstitut e.V. (STFI)



- Motivation
- Vorgehensweise
 - Festlegung des Anforderungsprofils an die Protektoren für Arbeiten mit handgehaltenen Ultrahochdruck-Wasserstrahlgeräten
 - Auswahl metallischer Bleche und eines Gestricks als Trägermaterials
 - Prüfung und Bewertung der Schutzwirkung gegenüber den Hochdruck- und Ultrahochdruck-Wasserstrahlen
- Ergebnisse – Schutzwirkung der Protektorstrukturen gegenüber den Hochdruck- und Ultrahochdruck-Wasserstrahlen
- Schlussfolgerungen

- In vielen Anwendungen ersetzen handgeführte Wasserstrahlsysteme als kostengünstige und umweltschonende Alternative das Sandstrahlen.
- Außerdem bietet die Wasserstrahltechnik neue Lösungen zum Reinigen von Oberflächen in schwierigen oder begrenzten Räumen, wo die Nutzung des Sandstrahlens praktisch nicht möglich ist.
- Beim Wasserstrahlen muss der Arbeiter eine Lanze oder Spritzpistole von Hand bedienen, die mit Drücken bis 3000 bar operieren:
 - Hochdruck-Wasserstrahlen (HD): 680 – 1700 bar,
 - Ultrahochdruck-Wasserstrahlen (UHD): > 1700 bar



Source: https://www.woma-group.com/de_de/branchen-anwendungen/anwendungen/entlacken-von-schiffuempfen-und-bojen/

Einsatzgebiete von handgehaltenen Hochdruck- und Ultra-Hochdruck- Wasserstrahlen

- Entlackung/Abtrag von Farbschichten, Beschichtungen, Korrosionsschutzsystemen,
- Reinigung von Werkstattböden (Öl-, Harz-, Fettverschmutzungen),
- Entfernung von Gummiabrieb,
- Anlagen- und Teilereinigung in Industriebetrieben,
- Behälter-, Tank- und Containerreinigung,
- Betonsanierung,
- Wärmetauscherreinigung,
- Reinigung und Sanierung von Hafenanlagen, Reinigung von Containern, Lagern, Schiffsbearbeitung



Schutzkleidungssysteme auf dem Markt

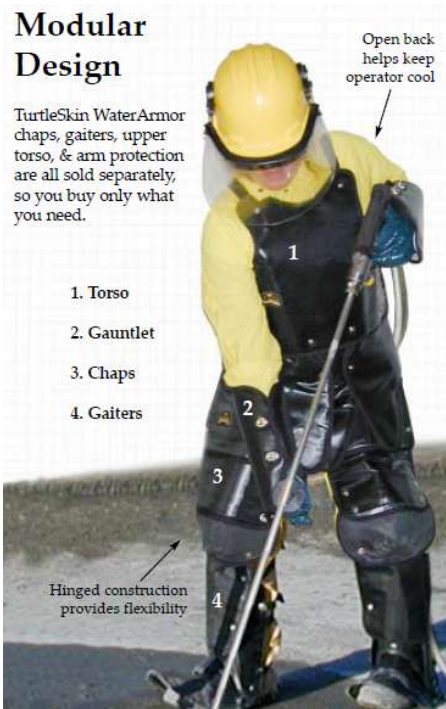
- **TurtleSkin® WaterArmor**, Warwick Mills, Inc., USA
hergestellt aus 100 % KEVLAR® Gewebe, bietet partiellen Schutz gegenüber Drücken bis 2800 bar (Punktstrahldüse)
- Schutzkleidungssystem von **TST SWEDEN AB**, Schweden
hergestellt aus 100 % DYNEEMA® Gewebe, bietet partiellen Schutz gegenüber Drücken bis 3000 bar (Punktstrahldüse)
- **DEHNcare® WJP**, DEHN SE, Deutschland
bietet einen Vollschutz gegenüber Drücken bis 1000 bar für eine Flachstrahldüse

Keines der Schutzkleidungssysteme bietet ausreichend Schutz vor Ultrahochdruck-Wasserstrahlen > 1200 bar (insbesondere gegenüber Punktstrahldüsen).

Schutzkleidungssysteme auf dem Markt

Modular Design

TurtleSkin WaterArmor chaps, gaiters, upper torso, & arm protection are all sold separately, so you buy only what you need.



Source: <https://www.turtleskin.com/collections/waterarmor>



Ausgewählte Kombinationen zum attraktiven Preis

1 SIGMA KOMPLETTSET
Bietet sehr guten Schutz. Alles, was Sie benötigen, um geschützt und trocken zu bleiben. Ausrüstung optional. Das Sigma-Set besteht aus: Weste und Overall mit integriertem Handschutz.

Einzel-/Reaktionsklasse*	Größe	Art.-Nr.
1028	S-3XL	51920047
2028	S-3XL	51920048

*Schutzstufe - siehe Reaktionsklasse auf der rechten Seite.

2 DELTA KOMPLETTSET
Bietet sehr guten Schutz und vollen Komfort. Das Delta-Set besteht aus: Weste, Hose und Handschutz.

Einzel-/Reaktionsklasse*	Größe	Art.-Nr.
1028	S-3XL	51910047
2028	S-3XL	51910048

*Schutzstufe - siehe Reaktionsklasse auf der rechten Seite.

3 GAMMA KOMPLETTSET
Bietet umfangreichen Schutz und hohen Komfort. Das Gamma-Set besteht aus: Hose und Jacke mit integriertem Handschutz.

Einzel-/Reaktionsklasse*	Größe	Art.-Nr.
1028	S-3XL	51930047
2028	S-3XL	51930048

*Schutzstufe - siehe Reaktionsklasse auf der rechten Seite.

Der Handschutz ist in den Sets nicht enthalten. Siehe Seite 12.

Source: <https://tst-sweden.com/products/eliteoperator/>



Source: <https://www.dehn.de/de/water-jet-protection-schutzanzug-hochdruckwasserstrahl-dehn-care-wjp>

Eigene erste Tests mit handgehaltenen Wasserstrahllanzen

TST-Hose – 2100 bar (Punktstrahler, Kaltwasser)		TST-Hose – 800 bar (Punktstrahler, Kaltwasser)	
Vorderseite	Rückseite	Vorderseite	Rückseite
			
		 Beschussplastilin: Schnitt des Wasserstrahls: 2 mm	 Beschussplastilin: Schnitt des Wasserstrahls: 2 – 15 mm Fasereintrag in die Wunde

Kosten für die Behandlung von Unfällen (BG Bau) ^[1]:

- Füße: 845 – 2.584 EUR
- Kopf: 1.846 EUR
- Arm: 4.402 EUR
- Körper/Bauch: 8.708 EUR
- Unterschenkel: 4.683 EUR
- Oberschenkel: 47.967 – 100.112 EUR
- Hand: 10.033 – 82.290 EUR
- Durchschnittliche medizin. Kosten: ca. 560.000 EUR

^[1] Claudia Waldinger: Schutzkleidung für Hochdruckstrahl-Arbeiten. In : *BauPortal* 2 (2018) 130, S. 46–48

^[2] <http://docs.healthandsafetyhub.co.uk/GBM/Alerts/serious-hand-injury-from-high-pressure-washer.pdf>

^[3] Bradly Bussewitz, Scott Littrell, Karl Fulkert: High-pressure Water Injection of the Foot with Associated Subcutaneous Emphysema: A Case Report. In : *The Journal of Foot and Ankle Surgery*, Volume 49, Issue 4, July–August 2010, <https://doi.org/10.1053/j.jfas.2010.03.004>



- Entwicklung eines geeigneten Schutzkleidungssystems für den partiellen Schutz gegenüber Hochdruck- und Ultrahochdruck-Wasserstrahlen beim Arbeiten mit handgeführten Lanzen:
 - Entwicklung von **Protektoren** (Knie- und Schienbeinschützer, Gamaschen, Schürzen),
 - Basierend auf **Metallplättchenstrukturen**,
 - Mit einer **schuppenartigen Struktur**,
 - Die beim Einsatz von **Rundstrahldüsen** einen wirksamen Schutz gegenüber Drücken von mindestens **1550 bar** bieten,
- Entwicklung einer Technologie zur Plättchenfixierung auf einem textilen Träger, insbesondere einer automatischen Zuführung der Plättchen auf einer Knopfannähmaschine

Modifizierter Knopfannähsautomat



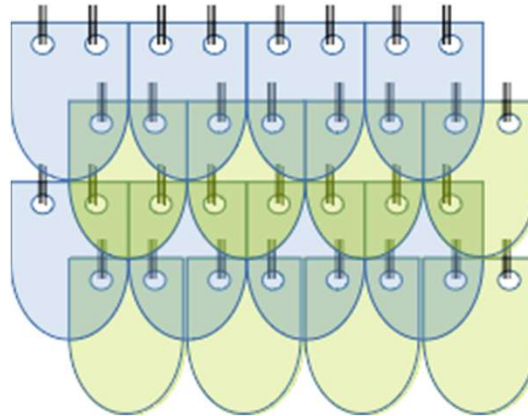
- 1 Beintaster
- 2 Magazin
- 3 Transferarm mit Saugkopf
- 4 Nähstelle mit Laserpositionierung und Greifer
- 5 Fußpedal
- 6 Display
- 7 Garnspulen

Magazin für die Vorpositionierung der Metallplättchen

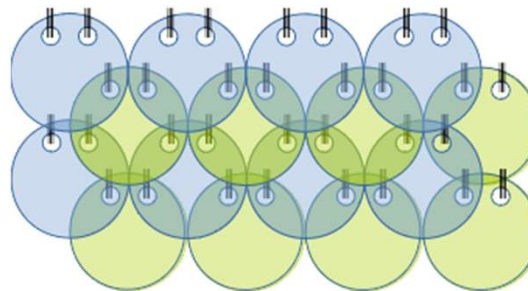
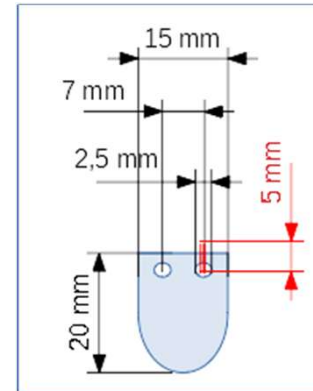


Schuppengleiche Plättchenstruktur

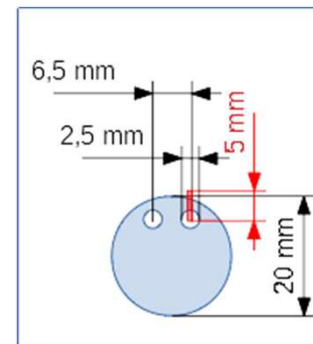
- 100%ige Abdeckung eines sehr dichten Gestricks,
- Die Auswahl der Metallplättchen umfasst:
 - Größe und Form der Schuppen,
 - Dicke der Metallplättchen (Edelstahl 1.4310, Aluminium Al Mg Si1 / EN AW-6082), wirkt sich auf die Flächenmasse und das Schutzniveau aus (0,3 mm oder 0,5 mm Dicke),
- Anordnung der Plättchen (Überlappungsgrad)



Form 1.1 (oval)



Form 2.1 (rund)

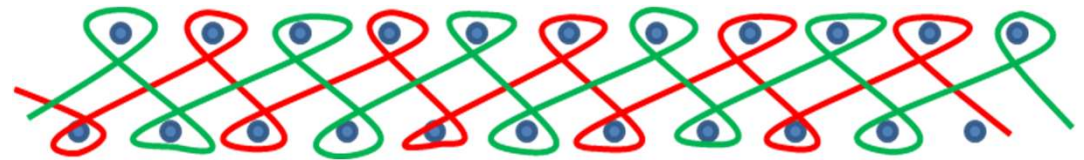


Berechnung der Masse der Protektoren in Abhängigkeit von Form und Größe der Plättchen und der Dicke der Edelstahlbleche

	Mustergröße							
	Plättchengröße		250 mm x 250 mm			400 mm x 400 mm		
Plättchenform	Länge	Breite	Zahl der Plättchen	Masse Stahl (0,3 mm)	Masse Stahl (0,5 mm)	Zahl der Plättchen	Masse Stahl (0,3 mm)	Masse Stahl (0,5 mm)
	[mm]	[mm]	[Stk.]	[kg]	[kg]	[Stk.]	[kg]	[kg]
Rechteckige Form	15	10	962	0,342	0,570	2462	0,875	1,458
	20	15	463	0,329	0,549	1185	0,843	1,404
Runde Form	15	15	641	0,268	0,447	1231	0,515	0,859
	20	20	347	0,259	0,431	667	0,496	0,827
Ovale Form	15	10	962	0,268	0,447	1846	0,515	0,859
	20	15	463	0,259	0,431	889	0,496	0,827

Auswahl des Gestricks als Trägermaterial für die Protektoren

- Hochdichtes Gestrick aus texturiertem Polyestergarn (DIOLEN[®], dtex 334/72x1; TWD Fibres Service GmbH, Deggendorf/Germany) ^[4],
- Protektorstrukturen wurden mit einem wasserfesten, hochabriebfesten CORDURA[®]-Gewebe abgedeckt.



Interlock-Bindung (RRG: Rechts/Rechts/Gekreuzt)

^[4] Dietzel, Y. Textiles Schutzkleidungsmaterial und Konzept für eine Prüfmethode gegen die Risiken beim Arbeiten mit handgeführten Hochdruck- und Ultrahochdruck-Wasserstrahlern, Sächsisches Textilforschungsinstitut e.V. (STFI). Chemnitz 2018, BMWi-Schlussbericht, Reg. Nr. MF 090129

Schutzlevel und Testparameter für Schutzkleidung gegenüber Hochdruck-Wasserstrahlen bis zu 250 N Rückstoßkraft, basierend auf der Norm DIN 19430:2021-05 "Schutzkleidung – Kleidung zum Schutz gegen Hochdruckwasserstrahl – Anforderungen und Testmethoden"

Düse	Flachstrahldüse			Rotationsstrahldüse				Punktstrahldüse			
Leistungsstufe	F ₁₅₀ 200	F ₁₅₀ 500	F ₁₅₀ 1000	R ₁₅₀ 200	...	R ₁₅₀ 2000	R ₁₅₀ 3000	P ₁₅₀ 200	P ₁₅₀ 500	...	P ₁₅₀ 2500
Druck [bar]	200	500	1000	200	...	2000	3000	200	500	...	2500
Volumenstrom [l/min]	52,5	32,0	23,6	53,7	...	17,9	13,0	51,0	31,5	...	15,3
Düsendurchmesser [mm]	2,9	1,8	1,3	2 x 2	...	0,65 x 2	0,5 x 2	2,4	1,5	...	0,7
Strahlabstand [mm]	75 ± 3,75										
Verfahrgeschwindigkeit [m/s]	0,5 ± 0,025										

Hammelmann GmbH, Oelde

Testroboter zur Ermittlung der Widerstandsfähigkeit der Protektormaterialien gegenüber den Ultrahochdruck-Wasserstrahlen in Anlehnung an DIN 19430



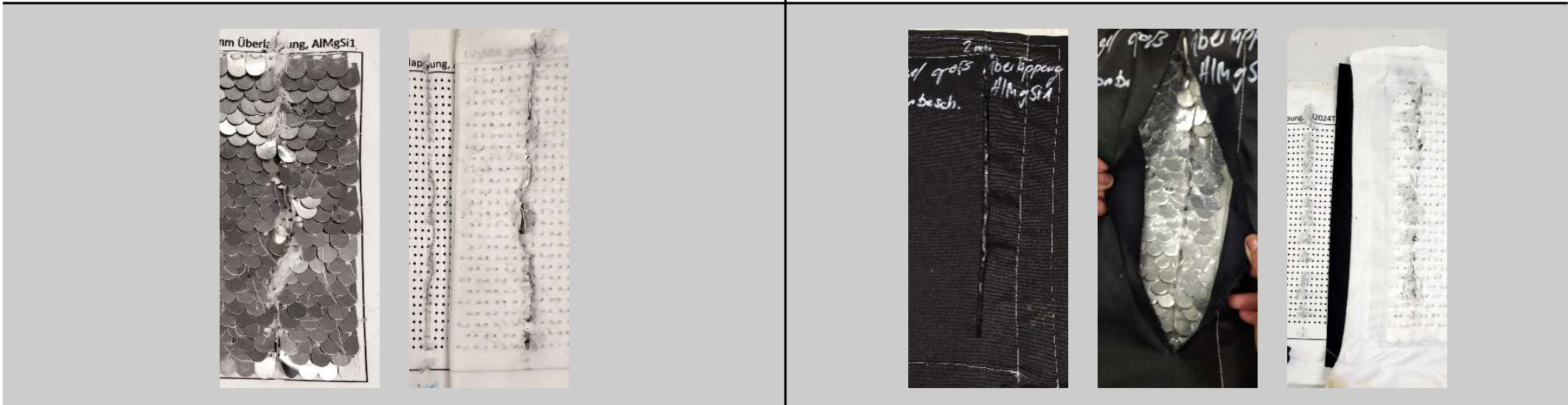
Widerstandsfähigkeit der Protektormaterialien gegenüber den Ultrahochdruck-Wasserstrahlen

- Die Schutzwirkung der Plättchenstrukturen variiert in Abhängigkeit:
 - Der Metalllegierung,
 - Der Metallplättchenform und
 - Der Prüfparameter.
- Runde Plättchen weisen eine geringere Schutzwirkung auf als ovale Plättchen.

Widerstandsfähigkeit der Protektormaterialien gegenüber den Ultrahochdruck-Wasserstrahlen

V1: Ovale Aluminiumplättchen; mit einer zweiten Gestrücklage als zusätzliche Schutzschicht; Punktstrahldüse; 2000 bar

V8: Ovale Aluminiumplättchen; mit einer zweiten Gestrücklage als zusätzliche Schutzschicht; Silikonbeschichtung + wasserfeste Abdeckung; Punktstrahldüse; 2000 bar



⇒ Schnitt durch die zusätzliche Schutzschicht

⇒ Schnitt durch die zusätzliche Schutzschicht

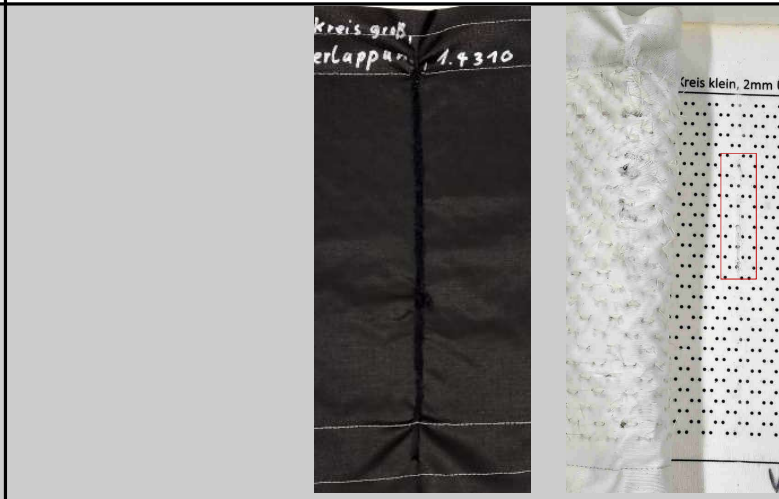
Widerstandsfähigkeit der Protektormaterialien gegenüber den Ultrahochdruck-Wasserstrahlen

V17: Ovale Aluminiumplättchen + wasserfeste Abdeckung;
Punktstrahldüse; 500 bar



- ⇒ Plättchen sind nur verbogen,
- ⇒ Kein Schnitt durch die zusätzliche Schutzschicht, nur kleine von den Plättchen durchgedrückte Stellen

V19: Runde Edelstahlplättchen ; mit einer zweiten Gestricklage als zusätzliche Schutzschicht + wasserfeste Abdeckung; Punktstrahldüse; 500 bar



- ⇒ Naht von 2 Plättchen zerschnitten. Plättchen wurden zur Seite gedrückt und fallen durch partiell aus der Struktur raus
- ⇒ Kleiner Schnitt in der zusätzlichen Schutzschicht

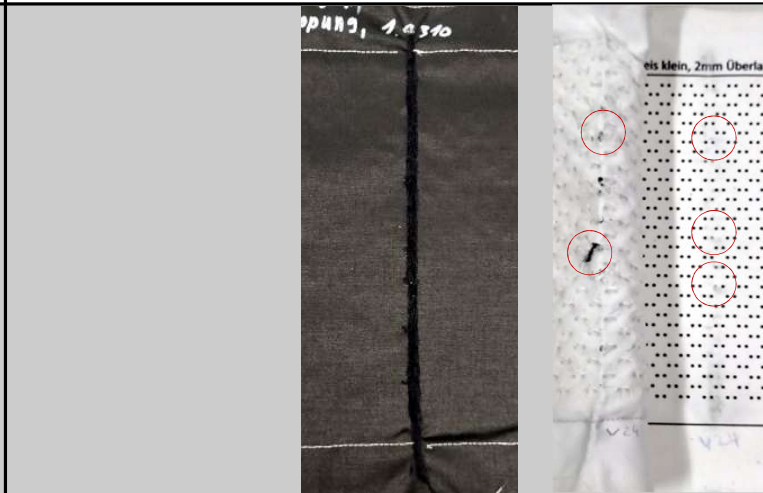
Widerstandsfähigkeit der Protektormaterialien gegenüber den Ultrahochdruck-Wasserstrahlen

V23: Ovale Aluminiumplättchen + wasserfeste Abdeckung;
Flachstrahldüse; 1000 bar



⇒ Kein Schnitt durch die zusätzliche Schutzschicht

V24: Runde Edelstahlplättchen ; mit einer zweiten Gestrücklage als zusätzliche Schutzschicht + wasserfeste Abdeckung; Flachstrahldüse; 1000 bar



⇒ Partieller Schnitt durch das Trägergestrick der Plättchenstruktur (Plättchen drücken durch das Gestrück durch)

Widerstandsfähigkeit der Protektormaterialien gegenüber den Ultrahochdruck-Wasserstrahlen

V26: Ovale Aluminiumplättchen; ; mit einer zweiten Gestrücklage als zusätzliche Schutzschicht + wasserfeste Abdeckung; Rotationsstrahldüse; 1000 bar



⇒ Kein Schnitt durch die zusätzliche Schutzschicht

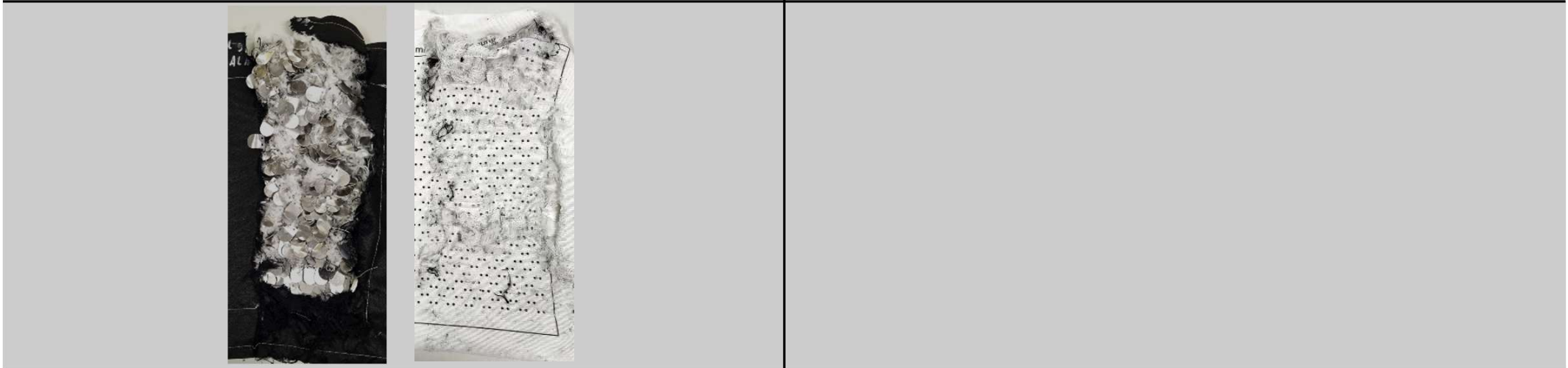
V27: Runde Edelstahlplättchen ; mit einer zweiten Gestrücklage als zusätzliche Schutzschicht + wasserfeste Abdeckung; Rotationsstrahldüse; 1000 bar



⇒ Kein Schnitt durch die zusätzliche Schutzschicht

Widerstandsfähigkeit der Protektormaterialien gegenüber den Ultrahochdruck-Wasserstrahlen

V28: Ovale Aluminiumplättchen; mit einer zweiten Gestricklage als zusätzliche Schutzschicht + wasserfeste Abdeckung; Rotationsstrahldüse; 2000 bar

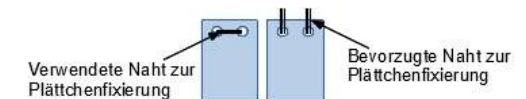
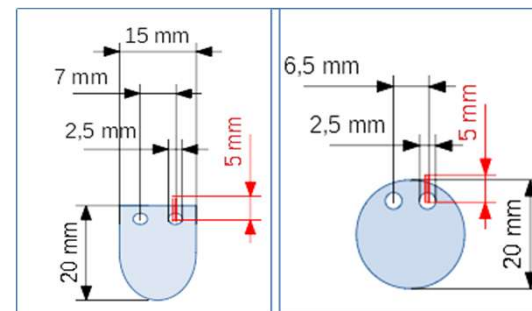
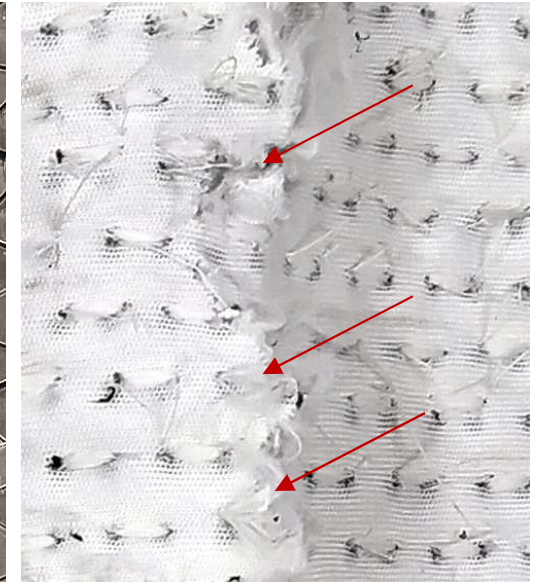
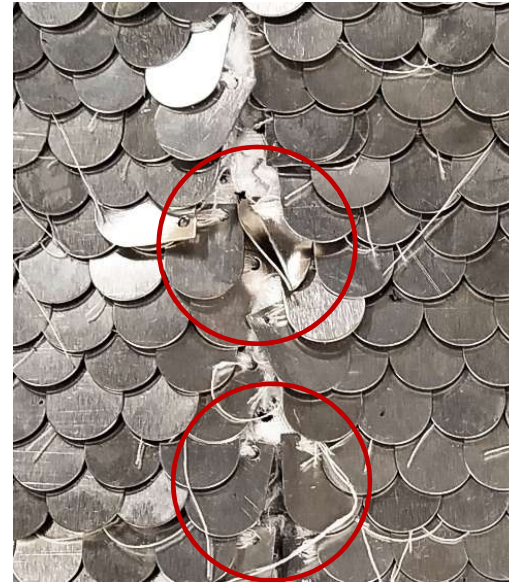


- ⇒ Plättchen sind völlig durcheinandergewirbelt
- ⇒ Zusätzliche Schutzschicht ist an vielen Stellen durchgeschnitten

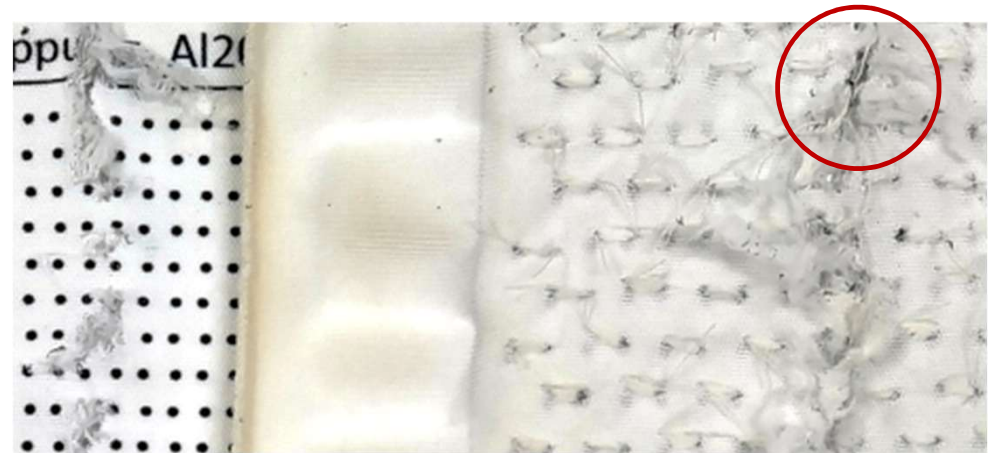
Ergebnisse – Tests in Anlehnung an DIN 19430



- Wenn der Wasserstrahl, insbesondere bei der Rundstrahldüse, direkt über die Naht der Plättchen fährt, wird die Naht zerschnitten. Die Plättchen werden zur Seite geschoben und fallen teilweise aus der Struktur heraus.
- Das Ergebnis ist ein fast gerader Schnitt der Trägerstruktur.
- Erkenntnis, die Plättchen müssen senkrecht angenäht werden.



- Die scharfen Ecken der ovalen Plättchen durchstechen und schneiden die Gestrickstruktur.
- Die scharfen Ecken müssen durch abgerundete „Ecken“ ersetzt werden.



- Eine zusätzliche Beschichtung der Plättchen mit einem dünnen und flexiblen Polymerfilm kann die Plättchen besser fixieren.
- Geeignet sind PVC- oder Silikonkautschukbeschichtungen, die mit einer Breitschlitzdüse appliziert werden können.



- Die ovalen Plättchenstrukturen können eine Schutzwirkung gegenüber Hochdruck-Wasserstrahlen mit Drücken bieten bis:
 - Punktstrahldüse bis zu 500 bar,
 - Rotationsstrahldüse bis 1000 bar,
 - Flachstrahldüse bis 1000 bar,
- Für die Zukunft sollten etwas größere Plättchen verwendet werden, um den Abdeckungsgrad der Plättchen zu erhöhen.
 - Eine geringe Verschiebung der Plättchen würde nicht mehr zur Zerstörung der Trägerstruktur führen, aber die Flexibilität der Struktur verringern.
 - Auch die Anzahl der aufzubringenden Plättchen würde sich reduzieren → geringere Produktionskosten.
- Es sollte ein vollautomatisches Verfahren zum Aufnähen/Aufsticken der Plättchen entwickelt werden.

Wir danken dem Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz für die Förderung des Forschungsprojektes (Reg.-Nr. 49MF190118) innerhalb des Förderprogramms "FuE-Förderung gemeinnütziger externer Industrieforschungseinrichtungen – Innovationskompetenz (INNO-KOM),

Modul: Marktorientierte Forschung und Entwicklung (MF)".
Der Abschlussbericht kann im STFI ausgeliehen werden.

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

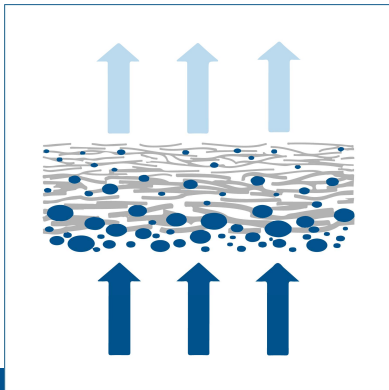




Impressum

17. Symposium TEXTILE FILTER

11.-12. März 2025
Chemnitz



**SÄCHSISCHES
TEXTILFORSCHUNGS
INSTITUT e.V.**

Name: Dr.-Ing. Yvette Dietzel
Funktion: Forschungsleitung

Email: yvette.dietzel@stfi.de
Telefon: +49 371 52 74 - 223



Sächsisches Textilforschungsinstitut e.V. (STFI)
An-Institut der Technischen Universität Chemnitz

Annaberger Straße 240
09125 Chemnitz

Vorstandsvorsitzender:
Geschäftsführender Direktor:

Dipl.-Ing.-Ök. Andreas Berthel
Dr. Heike Illing-Günther

Web: www.stfi.de



Follow us

Der Inhalt dieser Präsentation gehört dem Sächsischen Textilforschungsinstitut e.V. (STFI). Das STFI übernimmt keine Verantwortung oder Haftung für eventuelle Schäden, die aus der Weitergabe und/oder Nutzung der Informationen aus dieser Präsentation entstehen. Das unerlaubte Kopieren oder Veröffentlichen des Inhaltes dieser Präsentation verstößt gegen das Urheberrecht.