

Abschlussbericht UMSICHT Projekt

Zuwendungsempfänger:
CHT R. Beitzlich GMBH

Förderkennzeichen: **03X0091K**

Vorhabensbezeichnung:

„Abschätzung der Umweltgefährdung durch Silber-Nanomaterialien – vom chemischen Partikel bis zum technischen Produkt – UMSICHT“

Laufzeit des Vorhabens: **01. Mai 2010 bis 30. April 2013**

Berichtszeitraum: **Gesamtzeitraum**

1. Kurze Darstellung

1.1 Aufgabenstellung des Projekts

1. Abschätzung der Auswirkungen von partikulären Silberprodukten auf die Umwelt / das Ökosystem
2. Verbesserung der Nachweisgrenze bei der Silberanalytik auf Textilien
3. Entwicklung verbesserter Bindersysteme für noch bessere Beständigkeit und damit Ressourcenschonung
4. Möglicherweise Anpassung von iSys AG in Partikelgröße oder Emulgator-System.

1.2 Voraussetzungen unter denen das Projekt geführt wurde

Der Markt für antimikrobielle Textilien ist nach wie vor ein Wachstumsmarkt und für die CHT bereits heute von wirtschaftlicher Bedeutung. Ziel war und ist es in Zeiten kontroverser Diskussionen zu Nano und Silber, unseren Kunden fundierte Kenntnisse zu Risiken und Nutzen neuer Materialien liefern zu können.

Umsatzentwicklung 2011 bis September 2013

Umsatz T€	2011	2012	2013/09
iSys AG	556	772	325
iSys SYN (Binder)	-	-	60
iSys MTX (Binder)	331	250	175

Wegen der immer noch anhaltenden Diskussionen um Silber wurde mit iSys ZNP (Ag-frei auf Zn-Pyrithion-Basis) 2013 ein neues Biozid auf den Markt gebracht, um das Sortiment mit einem Alternativprodukt zu erweitern. Des Weiteren konnte die Wirksamkeitslücke von Silber bei schwefelhaltigen Fasern wie Viskose und Wolle geschlossen werden.

1.3 Planung und Ablauf des Vorhabens

Das Teilvorhaben der CHT lag im Bereich der angegebenen Planung.
Die Ziele des Vorhabens innerhalb des angegebenen Kostenzeitraumes wurden erreicht.

1.4 Wissenschaftlicher und technischer Stand

Der DaNa-Datenverbund ist für CHT ein hilfreiches Tool.

Abschlussbericht UMSICHT Projekt

Zuwendungsempfänger:

CHT R. Beitlich GMBH

Förderkennzeichen:

03X0091K

Die wissenschaftlichen Untersuchungen gelten als belastbare Belege, auch bei unseren Kunden.

1.5 Verwendete Fachliteratur

Eine ausführliche Liste ist in der Dropbox unter dem Ordner Literatur angegeben.

1.6 Zusammenarbeit mit anderen Stellen

In folgenden Projekten mit ähnlichen Fragestellungen, war die CHT als Partner beteiligt:

- TechnoTox – Entwicklung nanotechnologisch funktionalisierter Textilien durch den Ausschluss toxikologischer Risiken

Dieses vom Land Baden-Württemberg geförderte Projekt beschäftigte sich ebenfalls mit Untersuchungen der Toxizität von Nano-Abrieb von Textilien.

- AgTEX – Entwicklung eines Verfahrens zur Elimination von Nanosilber aus Industrieabwasser

Das Abwasserprojekt, u.a. mit HSR Rapperswil und EAWAG, untersuchte die Silberelimination durch Fällung / Flockung.

- Meetings UMSICHT
 - Kickoff Meeting zu UMSICHT am 10.06.10 in Bremen
 - Meeting der Industriepartner am 06.08.10 in Hohenstein
 - Nanoforum am 15.12.10 in Denkendorf.
 - Treffen der Industriepartner am 09.02.2011 in Marburg
 - Gesamt-Meeting vom 10.02. bis 11.02.11 in Marburg
 - Clustertreffen zu NanoCare und NanoNature am 10. und 11.05.12 in Frankfurt
 - Treffen der Industriepartner am 19.09.11 in der CHT in Tübingen
 - Gesamtmeeting am 28. und 29.09.11 in Hannover
 - Nanoforum am 14.12.11 in Hohenstein
 - Treffen der Industriepartner am 29.02.12 bei RAS in Regensburg
 - Gesamtmeeting am 12.03.12 bei der DECHEMA in Frankfurt
 - Clustertreffen zu NanoCare und NanoNature am 13. und 14.03.12
 - Treffen der Industriepartner am 11.09.12 bei OMPG in Rudolstadt
 - Gesamtmeeting am 28. und 29.09.12 bei der TU in Dresden
 - Clustertreffen zu NanoCare und NanoNature am 14. und 15.01.13 in Frankfurt
 - Treffen der Industriepartner am 07.03.13 beim Bremer Umweltinstitut in Bremen
 - Gesamtmeeting am 14. und 15.03.13 beim UBA in Berlin

Einige Partner haben eine kostenneutrale Verlängerung beantragt und auch die Genehmigung erhalten, so dass der endgültige Projektabschluss mit den Berichten erst Anfang 2014 vorliegen wird.

Abschlussbericht UMSICHT Projekt

Zuwendungsempfänger:

CHT R. Beitlich GMBH

Förderkennzeichen:

03X0091K

2 Darstellung des Projektverlaufs

2.1 Erzielte Ergebnisse

Mikrowellenaufschluss und ICP-Messung

Mit RAS-Referenzmaterial (10 +/- 0,5 % Ag) wurden eine Vielzahl an Messungen zur Messunsicherheit durchgeführt, ebenso mit iSys Ag mit der aktuellen Rezeptur und mit Silber ausgerüsteter Ware.

Die statistischen Auswertungen wurden mit der Software "Validat" durchgeführt. Für eine belastbare Berechnung ist eine Kalibrierung mit mindestens 6 Standardkonzentrationen notwendig. Beim Abgleich zeigte sich, dass die vom ICP-OES-Messgerät berechneten Werte "positiv manipuliert" sind, um bessere Nachweisgrenzen vorzutäuschen. Dieser Sachverhalt konnte uns vom Gerätehersteller bestätigt werden.

Die Wiederfindung bei Ag+ ist recht gut, aber bei Ag° relativ gering (max. 60 %). Hier waren zu Projektbeginn die Messungen ohne Aufschluss mit ca. 80 % Wiederfindung sogar besser gewesen.

Als derzeit beste Methode hat sich in der CHT der Aufschluss mit HNO₃ + HCl + HF etabliert.

Zur Ermittlung der Gesamt-Messunsicherheit und der Robustheit wurden Mehrfachbestimmungen an derselben Stelle des Textils durchgeführt. Die Berechnungen mit Validat ergaben für ausgerüstete Baumwolle gute Resultate für Wiederfindung, Präzision und Robustheit.

Mit PES-Ware zeigten sich sehr große Streuungen bei der Wiederfindung von 10 bis 100 %.

Statistische Ergebnisse mit dem Druckaufschluss CEM Mars5

%	Wiederfindung	Präzision	Robustheit
Baumwolle	97	0,8	0,3
Polyester	10 - 100	n. b.	n. b.

Neues Aufschlusssystem

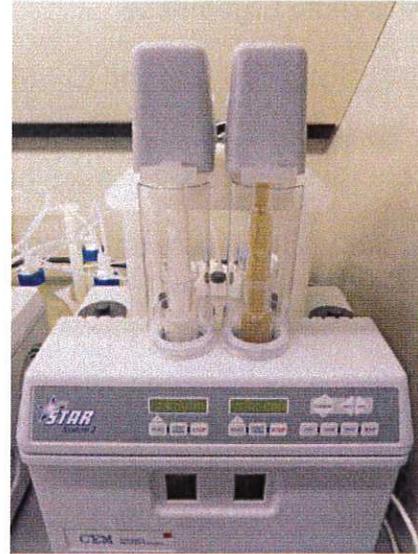
Das neue, drucklose Aufschlusssystem von CEM Star_{plus} ist seit August 2010 in Betrieb. Es können parallel und gleichzeitig individuell regelbar 6 Proben aufgeschlossen werden. Die Textilproben werden kleingeschnitten vorgelegt und anschließend werden konzentrierten Säuren von oben in das Reaktionsgefäß per Dosierpumpe zugetropft. Für jede Säure wird eine separate Pumpe benötigt.

Es hatte zunächst einige Probleme mit den Dosierpumpen für die automatische Säuredosierung gegeben. Die Dosierleistung war nicht konstant und reproduzierbar. Über die Hälfte der Pumpen musste ausgetauscht werden. Nachdem alle defekten Pumpen erneuert und in der Gesamtheit kalibriert wurden, war die Funktion des Gerätes gewährleistet.

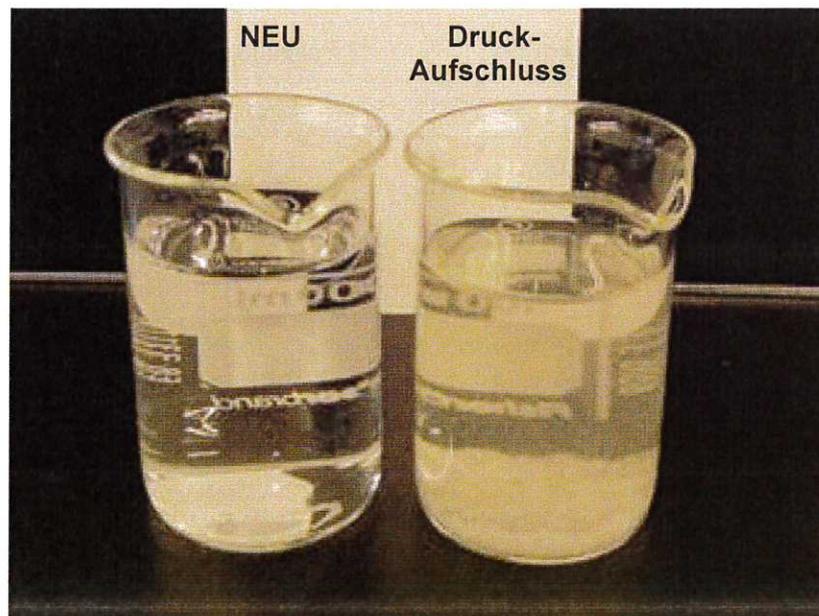
Abschlussbericht UMSICHT Projekt

Zuwendungsempfänger:
CHT R. Beitzlich GMBH

Förderkennzeichen:
03X0091K



Es konnte bereits in ersten Optimierungsversuchen ein vollständiger Aufschluss ohne Trübung, speziell auch bei kritischen Fasern wie PES, erreicht werden:



Zuwendungsempfänger:

CHT R. Beitlich GMBH

Förderkennzeichen:

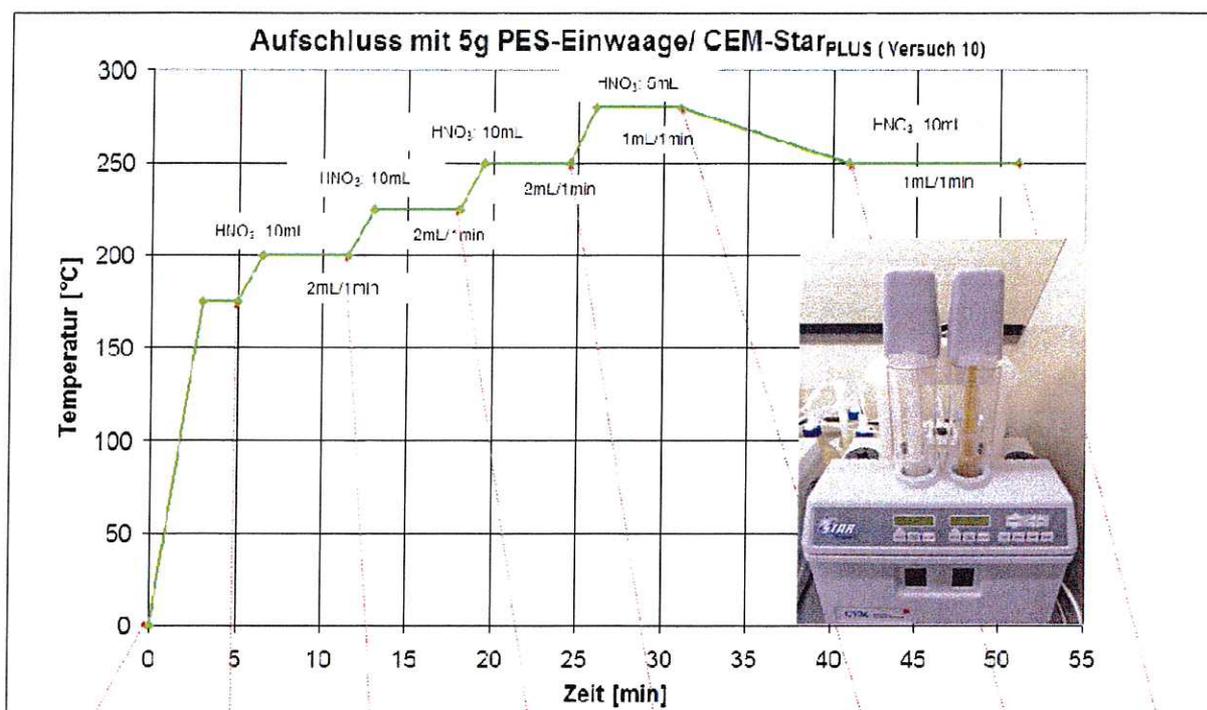
03X0091K

Optimierung der Nachweisgrenze

Parallel wurden Messreihen zur Maximierung der Einsatzmenge an Textil bei gleichzeitig vollständigem Aufschluss mit dem Ziel 1 g Einwaage durchgeführt, ausgehend von max. 200 mg beim Mikrowellenaufschluss.

Entsprechende Methoden wurden schnell entwickelt und standen zur Verfügung. Eine weitere Optimierung mit einer Erhöhung der Einwaage bis zu 5 g PES-Ware folgte. Ca. 3 g Einwaage erwiesen sich als praktikable Obergrenze für die "Routine". Es erfolgten die Anpassungen von Säuremenge, Temperatur, Zeit.

Für die anschließende Messung am ICP-OES musste eine Matrixanpassung durchgeführt werden, da Säureart und Säuremengen erheblichen Einfluss auf das Messsignal haben.



Die Wiederfindung beim RAS-Referenzmaterial war schon deutlich robuster und betrug nun 80 bis 90%.

Es wurden verschiedene Aufschlusslösungen / -kombinationen (HNO₃, HNO₃ + HCl, HNO₃ + HCl + HF, H₂SO₄ + HNO₃, Königswasser, umgekehrter Königswasser) mit unterschiedlichen Waren, Produkten, Wässern durchgeführt und zunächst visuell (klar, trüb, vollständig etc.) beurteilt.

Die Königswasser-Aufschlussvarianten ergaben generell keine guten Aufschlüsse. Im offenen System muss prinzipiell mit H₂SO₄ gearbeitet werden, um die höheren Temperaturen realisieren zu können.

Abschlussbericht UMSICHT Projekt

Zuwendungsempfänger:

CHT R. Beitlich GMBH

Förderkennzeichen:

03X0091K

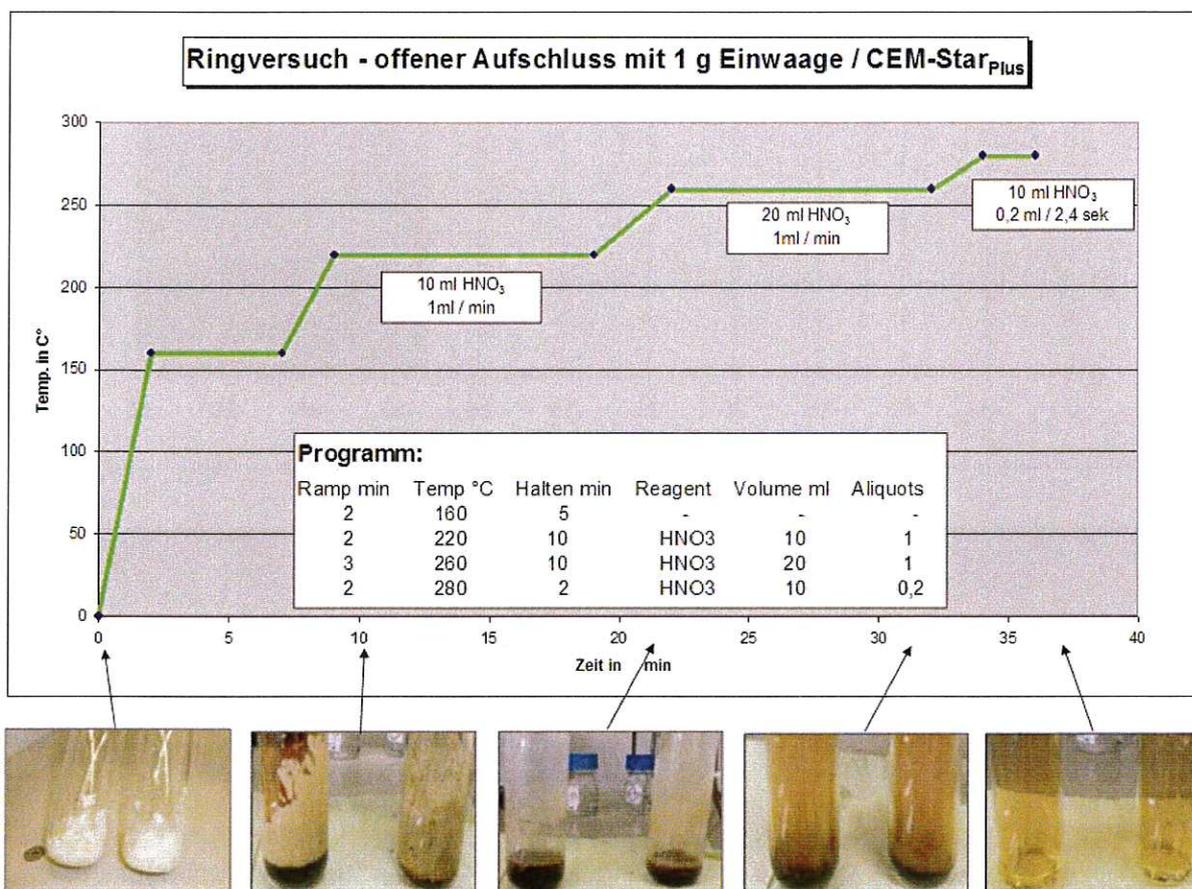
Statistische Ergebnisse mit dem offenen Aufschluss CEM Star_{Plus}

%	Wiederfindung	Präzision	Robustheit
Baumwolle	102	0,6	0,2
Polyester	97	3,0	1,0

Die Bestimmungsgrenzen konnten nach weiterer Optimierung von ursprünglich 2 mg/kg auf 0,2 mg/kg gesenkt werden, somit Zielerreichung!

Ringversuch

Ein Ringversuch mit verschiedenen Projektpartnern wurde organisiert und durchgeführt. Von HIT wurden 2 Muster ausgerüstet (nur AgPure (100 mg/kg Ag) auf Baumwolle und Polyester. Auf BW wurden von allen Partnern Werte von ca. 80 bis 105 mg/kg Ag ermittelt. Auf PES lagen die Resultate im Bereich von 115 bis 155 mg/kg Ag. Es ist davon auszugehen, dass die PES-Ware von HIT mit zu hoher Auflage ausgerüstet wurde.



Mit dem offenen Aufschluss wurden sowohl bei BW als auch PES um ca. 15% niedrigere Ergebnisse gefunden, wie beim Mikrowellenaufschluss. Die sehr geringen Auflagen (vermutlich durch Reste auf den Foulard Walzen o.ä.) konnten nur von CHT mit dem offenen Aufschlussystem (deutlich höhere Einwaagen und damit geringerer Verdünnungsfaktor) reproduzierbar bestimmt werden.

Zuwendungsempfänger:

CHT R. Beitlich GMBH

Förderkennzeichen:

03X0091K

Die Aufschlussvariante von RAS wurde nachgestellt: 3 h mit HNO_3 am Rückfluss, ohne Absaugung und dafür längerem Luftkühler, um Säureverlust und eindampfen bis zur Trockene zu verhindern. Die Resultate des Ringversuchs wurden mit einbezogen und die Ergebnisse von RAS konnten reproduziert werden.

Die Berechnungen mit Validat ergaben sowohl für ausgerüstete Baumwolle als auch PES gute Resultate für Wiederfindung, Präzision und Robustheit.

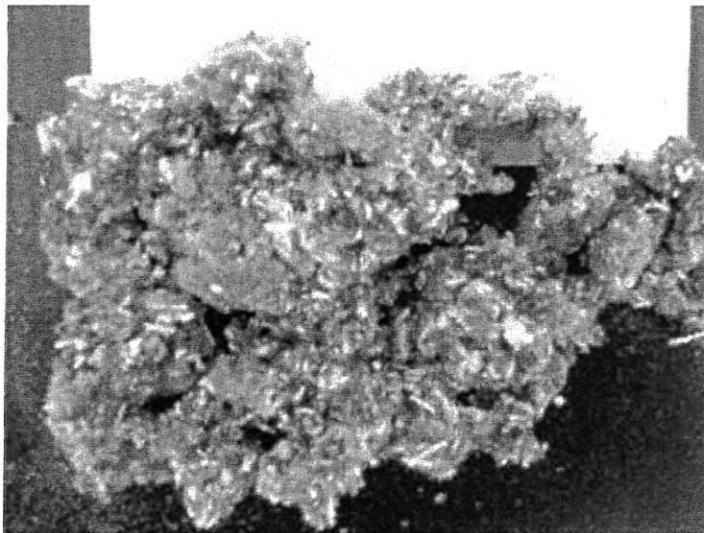
Probenzerkleinerung

Eine gute Probenhomogenisierung, d.h. die genaue Entnahme eines Aliquoten, ist die Grundlage für ein gutes Analysenergebnis. Auf Textilien ist, bedingt durch die Art der Applikationsprozesse, immer mit einer gewissen Ungleichmäßigkeit zu rechnen. Um dem entgegen zu wirken sollten Geräte zur Probenvorbereitung evaluiert werden.

Eine Schneidmühle (Fa. Fritsch) zur Probenzerkleinerung wurde in der CHT intensiv getestet. Sie zeigte sich jedoch letztlich für Textilproben als nicht geeignet. Zum einen lag die minimale Einsatzmenge bei mehreren hundert Gramm, zum anderen kam es zum Schmelzen der Synthesefasern, bedingt durch die entstehende Wärme.

Schließlich stellte sich die notwendige Reinigungsprozedur als inakzeptabel heraus, weshalb dieser Ansatz wieder verworfen wurde.

Auch Aktenvernichter oder CD-Schredder konnten keine Lösung bringen.



Ag-Titrode

Versuche mit einer für Testzwecke zur Verfügung gestellten Ionensensitiven Ag-Elektrode von Metrohm wurden durchgeführt. Es galt die Einsetzbarkeit für eine Nachweisgrenze < 1 mg/L zu überprüfen.

Mit der Ag-Titrode werden nur freie Ag-Ionen erfasst. Die Robustheit des Verfahrens war relativ schlecht. Sehr starke Matrixeffekte waren erkennbar. Versuche über eine Aufstockung ans Ziel zu gelangen verliefen ebenfalls negativ. Die Versuche wurden daraufhin abgebrochen und die Elektrode an Metrohm zurückgeschickt.

Die eigenen Erfahrungen wurden von anderen Projektpartnern bestätigt.

Abschlussbericht UMSICHT Projekt

Zuwendungsempfänger:

CHT R. Beitlich GMBH

Förderkennzeichen:

03X0091K

Ökotoxikologische Prüfungen

Belebtschlammtoxizitätstests und Daphnientoxizitätstests von Ag-Pure und iSys Ag sowie AgNO₃ wurden in der CHT durchgeführt. Eine Ag-Begleitanalytik war speziell beim Daphnientest, wo die Konzentrationen im untersten Messbereich liegen, nicht machbar. Einige weitere Ergebnisse der zuständigen Projektpartner wurden auf dem Gesamttreffen vorgestellt. Die Resultate decken sich im Großen mit unseren bisherigen Erfahrungen. Auch wurde die extrem schwierige Ag-Begleitanalytik mit Wiederfindungsraten von lediglich 2 bis 50 % angesprochen und spiegelt somit auch unser Bild wieder. Aufgrund der sehr schwierigen Ag-Begleitanalytik schienen weitere Abbaustests von Seiten der CHT nicht notwendig bzw. sinnvoll.

Allgemeines

Die CHT-Mengen an Silber wurden für die Gefährdungs- und Risikoabschätzung in die DropBox gestellt.

Die Partikelgrößenverteilung von iSys AG hat sich als Optimum in Bezug auf Waschbeständigkeit und antimikrobieller Wirkung erwiesen.

2.2 Voraussichtlicher Nutzen, insbesondere Verwertbarkeit der Ergebnisse

Durch die Projektarbeit hat sich unsere Analytik im Hinblick auf Aufschlussverfahren, Bestimmungsgrenze, Wiederfindung, Robustheit deutlich verfeinert.

Mit einhergehend ist eine bessere Betreuung unserer Kunden möglich. Es resultieren optimierte Rezepturempfehlungen. Die technische Anwendung und Wirksamkeit der Ausrüstung vom Textil mit Silber sind besser kontrollierbar.

Durch Produkt- bzw. Anwendungsoptimierung und die deutlich verbesserte Analytik sind niedrigere Einsatzmengen möglich. Neben einer Ressourcenschonung erreichen wir so eine gesteigerte Kundenzufriedenheit.

Mit diesen wissenschaftlich fundierten, objektiven Studien können wir bei unseren Kunden auf die positiven Ergebnisse des Projektes hinweisen und damit unsere Vermarktung unterstützen.

Auch erhoffen wir uns durch das Projekt eine Akzeptanzsteigerung bei unseren Kunden für den sinnvollen Einsatz der Nanotechnologie.

Unsere aktuellen Umsätze wollen wir mindestens halten und mittelfristig steigern.

Umsatzentwicklung 2011 bis September 2013

Umsatz T€	2011	2012	2013/09
iSys AG	556	772	325
iSys SYN (Binder)	-	-	60
iSys MTX (Binder)	331	250	175

Zuwendungsempfänger:
CHT R. Beitzlich GMBH

Förderkennzeichen:
03X0091K

am 13. und 14.03.12 in Frankfurt

„Vom Additiv Nanosilber bis zum Textilprodukt“
 „Anwendungen von iSys AG“

UMSICHT Vom Additiv Nanosilber bis zum fertigen Textilprodukt
 Freddy Conzelmann (CHT), Stefan Gierling (HIT), Frank Melster (OMPG), Julia Zach (ras), Edlth Claßen (HIT), Stefanie Koch (HIT)

BEZEMA rent a scientist @ beitzlichweggen **HOHENSTEIN** **OMPG**

Allgemeines
 Zur Herstellung von mit Nanosilber funktionalisierten Textilien stehen verschiedene Verfahren zur Verfügung, von denen zur Zeit nur zwei kommerziell verwendet werden. Integration der Nanosilberpartikel in die Faser während der Fasersynthese

<p>Vorteile der Fasersynthese</p> <ul style="list-style-type: none"> hohe mechanische Beständigkeit sehr gute Waschpermanenz bei cellulosischen Syntheseelementen auch im Faserinneren liegende Partikel zugänglich nur geringe farbliche Beeinträchtigung der Fasern 	<p>Nachteile der Fasersynthese</p> <ul style="list-style-type: none"> Herstellung von Masterbatches Bearbeitung der Fibrologen der Fasern bei Syntheseelementen aus Thermoplasten nur Partikel an der Faseroberfläche zugänglich 	<p>Vorteile der nachträglichen Applikation</p> <ul style="list-style-type: none"> Ausstattung von Naturfasern Herstellung von kleinen Chargen skalierfähig möglich für die verschiedensten Faserarten (PES, PA) stehen optimierte Bindersysteme zur Verfügung geringere Applikatormenge 	<p>Nachteile der nachträglichen Applikation</p> <ul style="list-style-type: none"> vergleichsweise schlechtere mechanische Beständigkeit vergleichsweise schlechtere Waschpermanenz deutliche farbliche Beeinträchtigung des Textils
--	--	---	--

Dotierung der Textilfasern
 Synthese der bioaktiven Fasern erfolgt über das Oxidationsverfahren (Lyocell-Process)

Nachträgliche Applikation von Textiloberflächen
 Foulardverfahren: Ein festes Flächenobjekt wird beliebig von einer Applikationsflotte bestrahlt und von 2 Walzen abgegraben.
 Coatingverfahren: Auf die Substratoberfläche wird ebenfalls eine Applikationsflotte aufgetragen und durch ein Rollen auf definierte Schichtdicken abgezogen.

Einarbeitung von Nanosilber in PET-Mikrofaser

Anwendungen von iSys AG
 Innovation mit System
 iSys SYN - neuartiger organisch-organischer Binder
 iSys AG - Silberchlorid basierte Komponente
 Ein starkes Team für antimikrobielle Ausrüstung mit hoher Permanenz

Verbundpartner

Anwendungen von iSys AG

Innovation mit System

iSys SYN - neuartiger organisch-organischer Binder

iSys AG - Silberchlorid basierte Komponente

Ein starkes Team für antimikrobielle Ausrüstung mit hoher Permanenz

vileda Sin Gots Bayeta Escurrevaj Sin Diorea
 vileda Sin Gots
 vileda Sin Gots

Abschlussbericht UMSICHT Projekt

Zuwendungsempfänger:

CHT R. Beitlich GMBH

Förderkennzeichen:

03X0091K

am 14. und 15.01.13 in Frankfurt

„Untersuchungen zur Freisetzung von Ag-Nanopartikeln aus Textilien während des Gebrauchs (Teil 2)“

UMSICHT
HOHENSTEIN • CHT • OMPG

Untersuchungen zur Freisetzung von Ag-Nanopartikeln aus Textilien während des Gebrauchs (Teil 2)
E. Claßen (HIT), F. Conzelmann (CHT), F. Meister (OMPG), A. Hämmerle (HIT), J. Beringer (HIT)

Textilien mit Silbernanopartikeln (Ag-NP) unterliegen unterschiedlichen Belastungen während des Gebrauchs, insbesondere durch die Waschlagerung. Während des Waschens können durch Chemie (Waschmittel), Mechanik (Trommelgröße, Trommeltyp, Maschinenstellung), Zeit (Dauer des Wasch- und Spülprogramms) Veränderungen des Textils verursacht werden. Industrielle und Haushaltswaschverfahren zeigen dabei unterschiedlich starke Auswirkungen auf das Textil in Abhängigkeit von der Höhe der Waschtrommel, des Pflanzverhältnisses und der Dauer des Waschprogramms. Auf diesem Poster werden erste Ergebnisse aus Untersuchungen zur möglichen Freisetzung von Textilien mit hohen Ag-NP-Dosierungen durch Waschen vorgestellt; zuerst lauten Untersuchungen von Textilien mit geringen Ag-NP-Konzentrationen.

Silbernanopartikel (Ag-NP) in der Faser

Integration von Ag-NP in cellulosische Fasern

- Zusatz vor Addition, wie üblich Silbernanopartikel (Ag-NP)
- Herstellung von Ag-NP dotierten Fasern im Aizerull-Verfahren
- Ag-NP verankern die Abbauprozesse in Lyocell-Spinnlösungen
- Lyocell-Spinnlösungen bis zu einem Gehalt an Ag-NP von 300 ppm (entspricht 8000 ppm in der Faser) stabilisierbar
- höhere Konzentrationen an Ag-NP führen zu Beschleimen
- effektive Stabilisierung mit NaOH, NH₄OH oder GPE möglich

Waschverfahren

- Industriewäsche
- Waschversuch DIN EN ISO 105-C12
- Temperatur 75±2°C
- Labornachverfahren im Labormaß
- Bestand: Seifenwasser (50mg/l ml)
- Einzelstapel-Begleitgewebe
- Baumwolle (BVI) der ISO 159-PC2
- Polyester (PES) der ISO 105-P04
- 2x Stahlkugeln (mechanische Belastung)
- Füllverhältnis 15:1
- Trocknung: 60°C im Trockenschrank (ca. 3 h)

3 Waschzyklen nach der Wäsche

1.) Im festen Material:
Aufschlußmethode: rückloser Säureaustausch
Analyseverfahren: ICP-MS

2.) Im Waschwasser und Spülwasser:
keine Ag-NP detektierbar mit UV-VIS-Spektroskopie (0,4-100nm)

hohe Waschpermanenz der mit Ag-NP dotierten cellulosischen Fasern

Silbernanopartikel (Ag-NP) auf der Faser

Applikation auf PES-Gewebe

Nanosilber: AgPure (Dispersion von kolloidalem Silberpartikeln in Wasser, 15nm, (P&A))
Textil: 100% Polyester (Lauffähigkeit)
Behandlung: Foulardprozess, nach Seifen-Applikation
Konzentration: 100 ppm und 250ppm Ag-NP
Badensystem: topdown (CHT & Seiden)
Kondensation bei 150°C, 30 Sekunden
Waschbehandlung: 1.) DIN EN ISO 105-C06
2.) DIN EN ISO 105-C12
Nachweisverfahren: UV-VIS Spektroskopie (P&A Elmer)

Wachstests mit Polyester 250ppm Hauswäsche (60°C)

Industriewäsche (70°C)

Wachstests (70°C und Spülwasser (P))

Wachstests (70°C und Spülwasser (B))

bei hohen Ag-NP-Konzentration (z.B. 250ppm) auf dem Textil werden durch Haushalts- und Industriewäsche Ag-NP ausgewaschen und hauptsächlich im Waschwasser nachgewiesen

Zusammenfassung:

- die Freisetzung von Ag-NP aus Textilien ist davon abhängig wie die Ag-NP in oder auf die Faser gebracht werden
- es wird eine sehr hohe Waschpermanenz bei der Integration von Ag-NP in cellulosische Fasern nach dem Aizerull-Prozess erreicht
- die Waschpermanenz bei mit hohen Ag-NP Konzentrationen ausgetesteten Textilien ist geringer
- Ag-NP befinden sich nach Freisetzung vor allem im Waschwasser und können auch nach drei bis vier Wäschen nachgewiesen werden

Verbundpartner

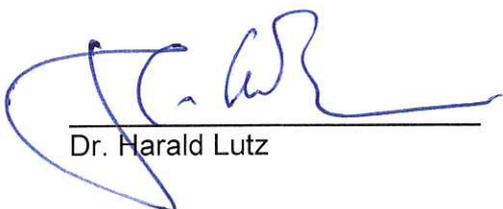
Bundesministerium für Bildung und Forschung

3 Erfolgskontrollbericht

Siehe Anlage

Tübingen, den 24.10.2013

CHT R. Beitlich GMBH


Dr. Harald Lutz


Freddy Conzelmann