Lebenszyklusbetrachtungen von Nanomaterialien mit Fokus auf das Thema Abfall

Fallbeispiel pro.Glass® Barrier 401

Dr. Rolf Danzebrink

3. FachDialog – Nanotechnologien und Abfall
28.-29.10.2014

nanogate
A world of new surfaces

Agenda

- Kurze Vorstellung Nanogate AG
- Fallbeispiel pro.Glass® Barrier 401
- Öko-Institut: Nano-Nachhaltigkeitscheck
- NanoSustain
- Zusammenfassung

Leistungsstarke Unternehmensgruppe

Nanogate AG

Strategie / Management / Finanzen / Materialentwicklung und -produktion / Forschungskooperationen / Services

Eurogard	GfO	Plastic-Design	Nanogate Glazing Systems	Vogler	Nanogate Industrial Solutions	Nanogate Textile & Care Systems
100%	>75% + Option	>75% + Option	100%	100%	100%	100%
Nglaze-Oberflächen 2D	Nglaze-Oberflächen 3D	Nglaze-Komponenten 3D	Nglaze-Komponenten 2D	Dekorative Oberflächen (multifunkt.)	Metall- und sonstige Oberflächen	Funktionale Textilien / DIY-Systeme

nglaze®

nergy®

nanogate
A world of new surfaces

Nanogate – The High-Performance-Group

Positionierung

- International führendes, integriertes Systemhaus für Hochleistungs-oberflächen
- Etablierter Innovations-partner für die Branchen Automobil/Transport, Maschinen-/Anlagenbau, Gebäude/Interieur und Sport/Freizeit

Performance

- Aktuell mehr als 500 Mitarbeiter und Wachstumsraten von jährlich ~30 Prozent
- Starke Auftragsbasis und gute Visibilität des Geschäfts
- Breite und stabile Kundenbasis: Mehrere hundert Anwendungen in der Serienfertigung

Perspektiven

- Zukünftiger internationaler Markt im Milliardenbereich
- Strategische Wachstumsfelder: Advanced Metals und Advanced Polymers
- Cleantech-Anwendungen und umweltfreundliche Lösungen+Prozesse als Wachstumstreiber

Unsere Vision: Touch us every day®

Advanced

Base

nanogate
A world of new surfaces

Integriertes Systemhaus für Hochleistungsoberflächen

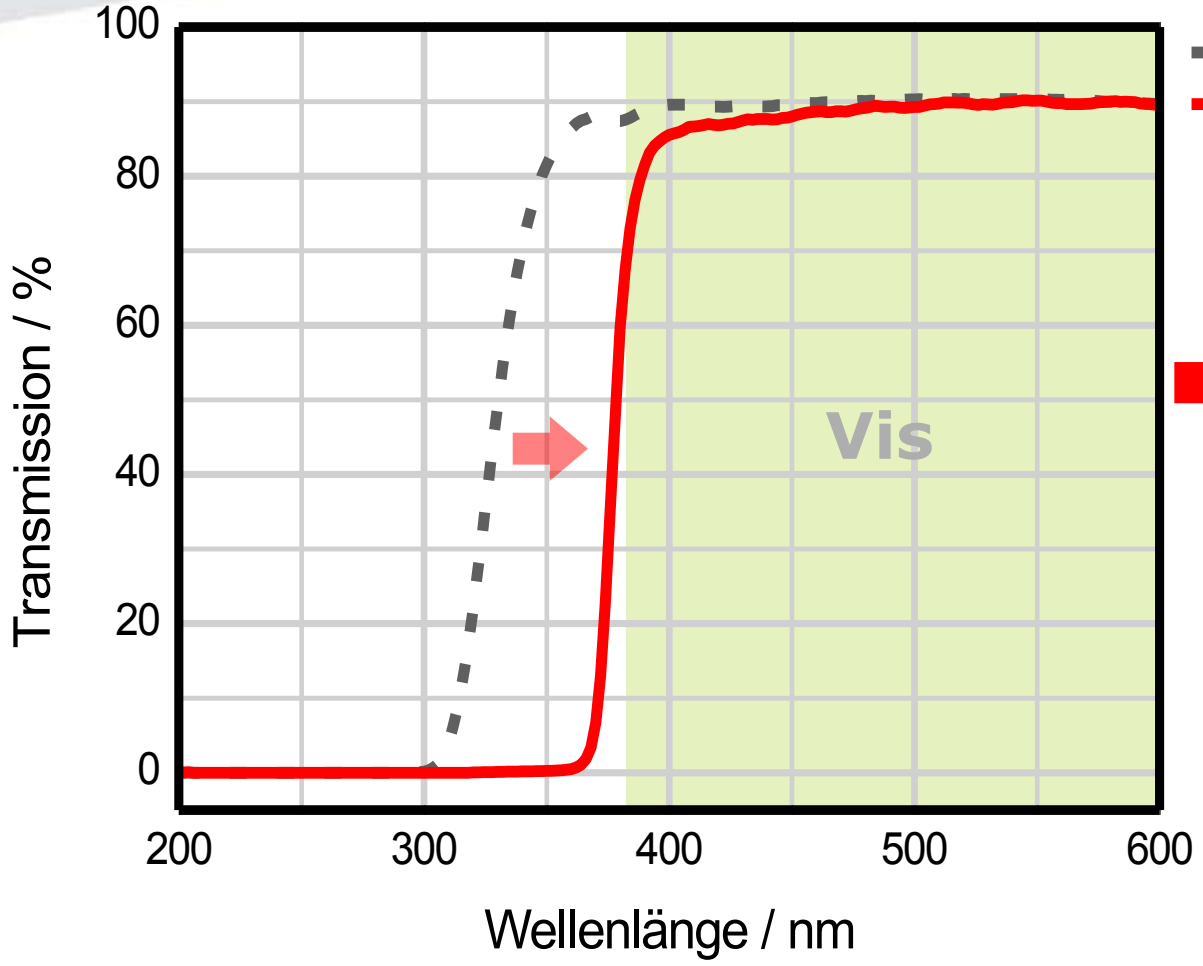
Fallbeispiel: System pro.Glass® Barrier 401

Überblick

- Lösemittelbasiertes 1K-Lacksystem zur Beschichtung von Glas
- UV-Abschirmung von ca. 93%
- Thermisch härtend
- Applizierbar durch Tauchen
- Nach Aushärtung abriebfest und optisch neutral
- Lösemittel- und Hydrolysebeständig
- Hoch transparent
- UV-langzeitstabil

Eigenschaften der Schicht

Transmission



Floatglas unbeschichtet

pro.Glass Barrier 401

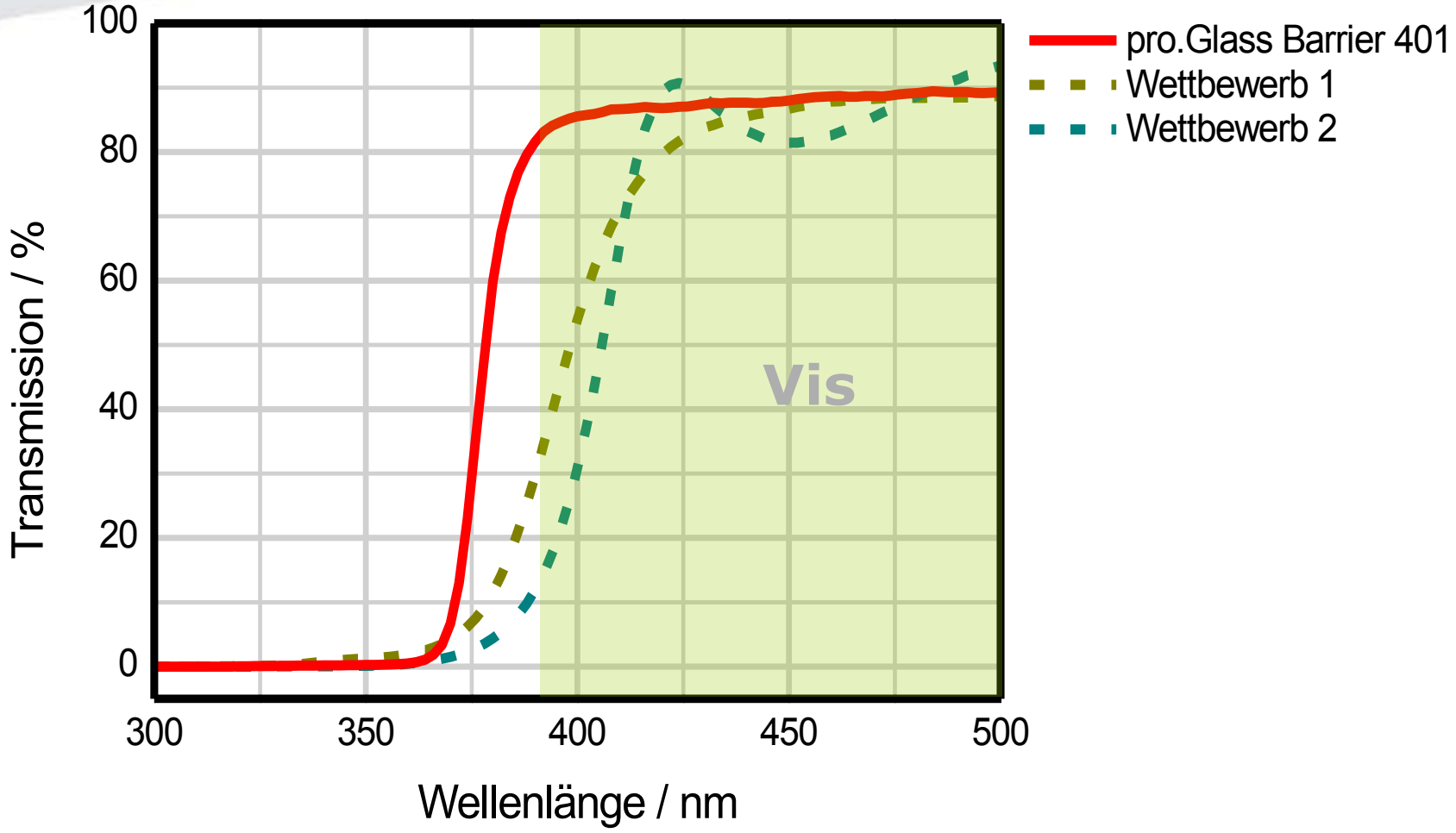
UV Absorption: 93%

(200 – 380 nm)

nanogate
A world of new surfaces

Eigenschaften der Schicht

Transmission im Vergleich

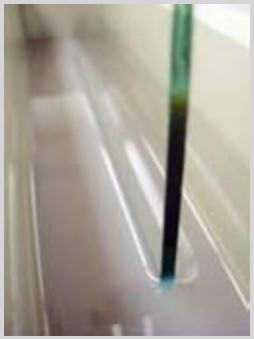


nanogate
A world of new surfaces

pro.Glass® Barrier 401

Verarbeitungsstufen

1	2	3	4	5
Synthese	Applikation	Zuschnitt	Gebrauch	Entsorgung



nanogate
A world of new surfaces

Eigenschaften des Lacksystems

Verarbeitung / Härtung

Vor Applikation Reinigung mit pro.Glass® Clean 301 empfohlen

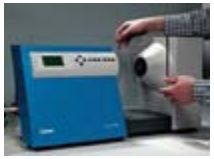
Beschichtungsparameter (Glassubstrat)
Thermische Härtung bei 200°C während 30 min

Methode	Schichtdickenbereich	Parameter
Tauchen	1 … 2 µm	4 … 16 mm/s 5 min Ablüften
Rakelauftrag	2 µm	12 µm Spiralrakel (manuelle Applikation)
Fluten	1,5 … 2,5 µm	90° Ablaufwinkel (manuelle Applikation)

nanogate
A world of new surfaces

Eigenschaften der Schicht

Schichtdicke (Profilometer)	~ 2 µm
Trübung (BYK Hazegard, beidseitig beschichtet)	< 0,3%
Haftung auf Glas (Gitterschnitt / Tape-Test nach DIN 53151)	Gt/TT 0/0
Bleistifthärte (Wolff-Wilborn)	> 8H
Färbung (im Vergleich zu unbeschichtetem Glas)	Δ E*ab 1-1,3



nanogate
A world of new surfaces

pro.Glass® Barrier 401

Anwendungsbeispiele

Industrielle Beleuchtung

Museums-verglasung

pro.Glass®
Barrier 401

Architektur

Vitrinen-verglasung

nanogate
A world of new surfaces

Öko-Institut: Nano-Nachhaltigkeitscheck

Nano-NachhaltigkeitsCheck

Integrierte Nachhaltigkeitsbewertung und strategische Optimierung von Nanoprodukten

Umwelt Bundes Amt

BASF

14 Schlüsselindikatoren des Nano-NachhaltigkeitsCheck

Umwelt- und Klimaschutz
- CO_2-Fußabdruck ("Product Carbon Footprint")
- Energieeffizienz
- Recyclingfähigkeit

Arbeits- und Gesundheitsschutz
- Exposition am Arbeitsplatz
- Risikoabschätzung für Mensch und Umwelt
- Störfallaspekte

Nutzenaspekte
- Gebrauchsnutzen
- Symbolischer Nutzen
- Gesellschaftlicher Nutzen

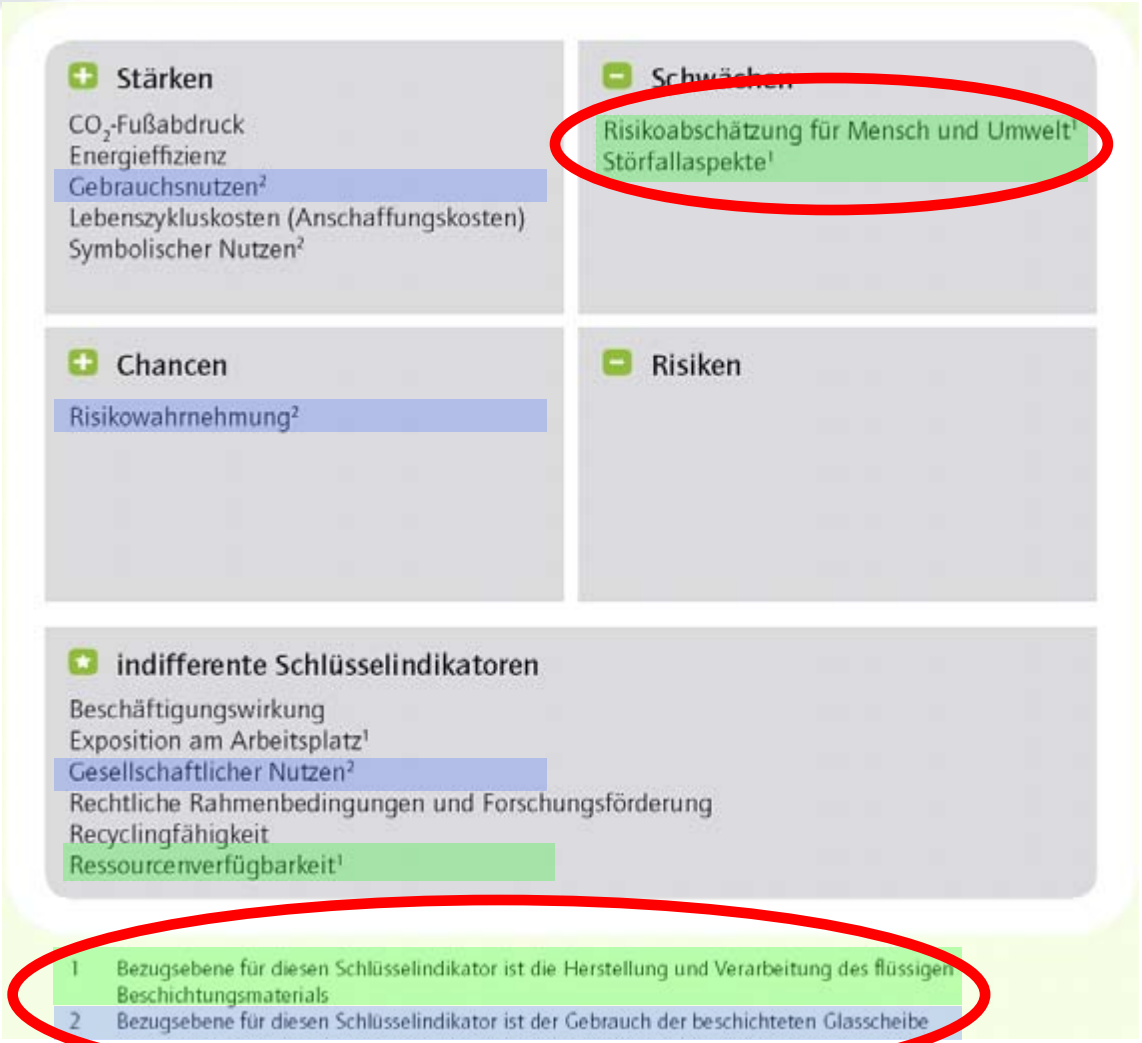
Sozio-ökonomische Aspekte
- Beschäftigungswirkung
- Lebenszykluskosten
- Rechtliche Rahmenbedingungen und Forschungsförderung
- Ressourcenverfügbarkeit
- Risikowahrnehmung

Thematisierung von Umwelt- bzw. Abfall-fragestellungen

nanogate
A world of new surfaces

Ergebnisse Nano-Nachhaltigkeitscheck

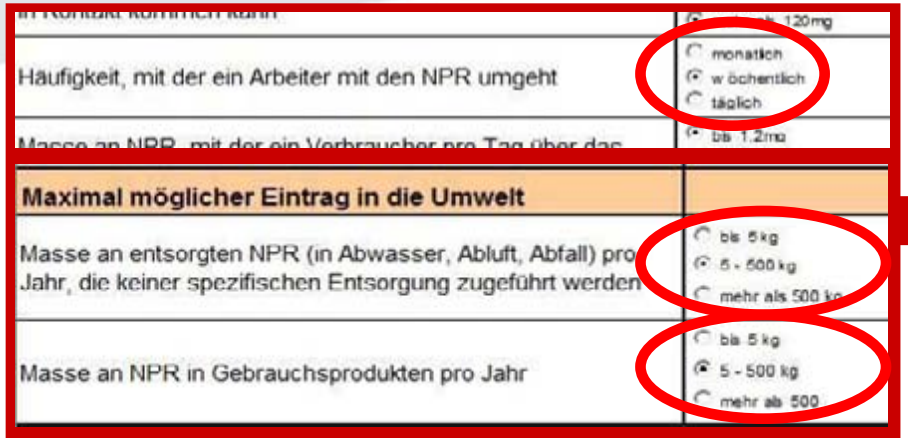
Nano-SWOT-Matrix pro.Glass® Barrier 401



nanogate
A world of new surfaces

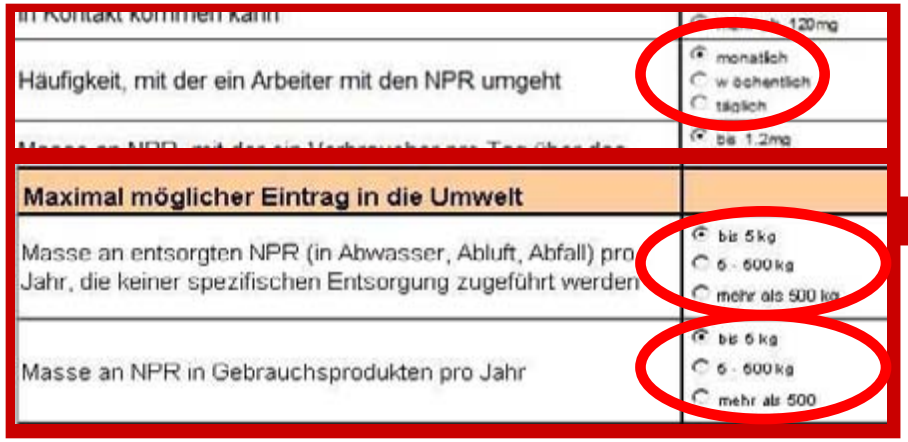
Umgang mit dem Instrument

Beispiel: Risikoabschätzung



Vorsorgebedarf	V = N * (W * E + S)	
...für Arbeitnehmer:	V_A	26
	V_A^{WC}	30
...für Verbraucher:	V_V	6
...für die Umwelt:	V_U^P	28
	$V_U^{G,spez}$	28
	V_U^G	28

Schwäche



Stärke

Vorsorgebedarf	V = N * (W * E + S)	
...für Arbeitnehmer:	V_A	8
	V_A^{WC}	12
...für Verbraucher:	V_V	6
...für die Umwelt:	V_U^P	8
	$V_U^{G,spez}$	8
	V_U^G	8

nanogate
A world of new surfaces

Nano-Nachhaltigkeitscheck

Fazit und Denkanstöße

!

- Schlüsselindikatoren decken breites Feld von Aspekten ab
- Objektive, (halb-)quantitative Bewertung der wesentlichen Aspekte eines Nanoproduktes möglich
- Praktikable Tools mit durchdachtem, praxisnahem Inhalt
- Hoher Informationsgewinn

?

- Bezugsebenen der Schlüsselindikatoren unterschiedlich
- Bestimmte Indikatoren lassen Spielraum bei der Bewertung zu
- Geringes Risiko = Stärke ?
- Fehlende Kontrollinstanz („Gütesiegel"?)

NanoSustain

- Entwicklung innovativer nachhaltiger Lösungen für nanotechnologiebasierte Produkte speziell für deren Gebrauchsphase sowie deren Nachgebrauchsphase

- Adressierte Fragen
  - Ausmaß der Exposition von Gesellschaft und Umwelt mit Nanomaterialien und dazugehörigen Produkten
  - Entwicklung von Methoden zur Integration von Risikoaspekten in den Innovationsprozess
  - Umweltwirkungen im Anwendungskontext entlang des gesamten Lebenswegs
    → Verbleib von Nanomaterialien nach deren Gebrauchsphase

- Konsortium aus 12 Partnern aus acht europäischen Ländern

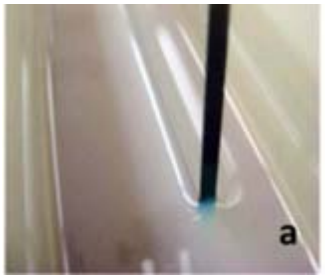
NanoSustain
www.nanosustain.eu
SEVENTH FRAMEWORK PROGRAMME

nanogate
A world of new surfaces

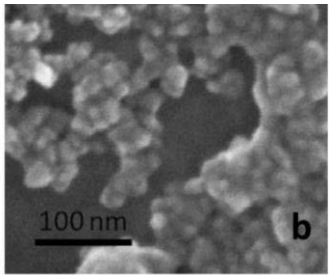
NanoSustain

Untersuchtes Nanogate-Produkt:
pro.Glass Barrier 401

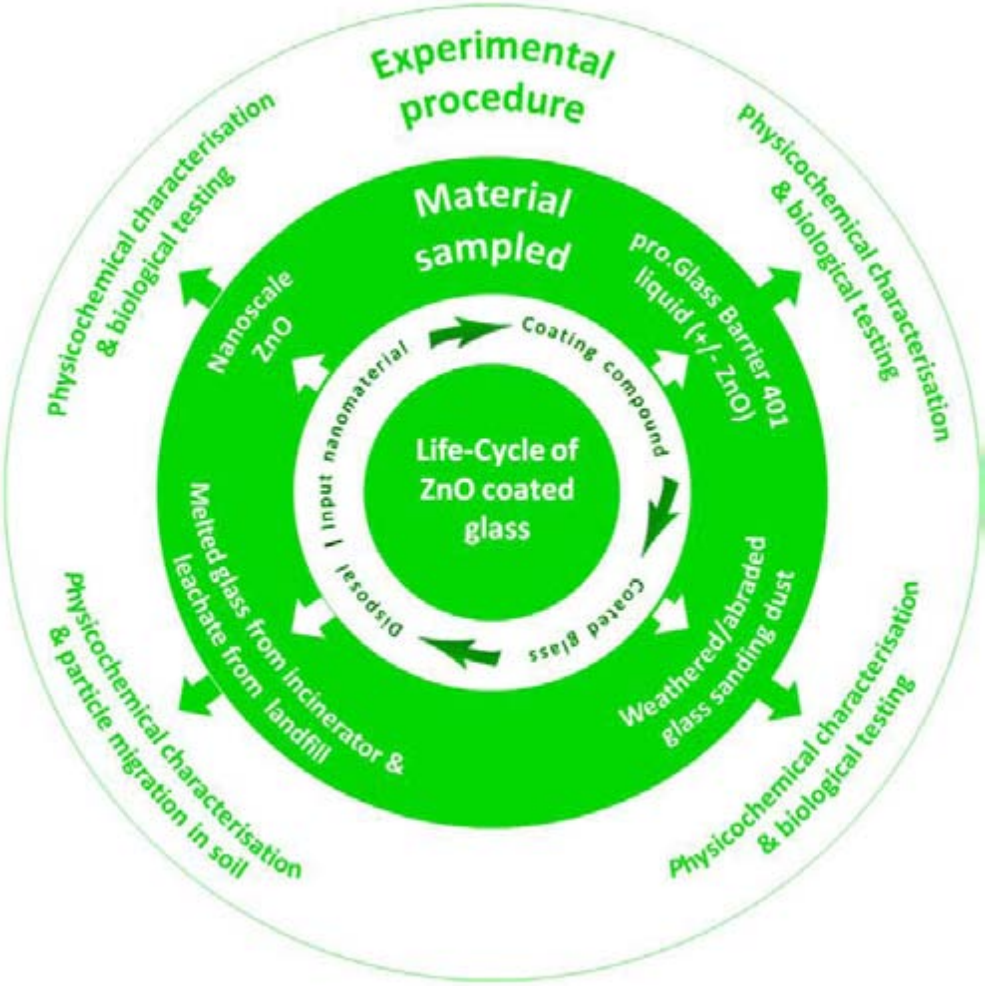
→ Nano-Zinkoxid haltiges Beschichtungsmaterial für Glasoberflächen



Beschichtungs-prozess



REM-Aufnahme von Nano-ZnO



NanoSustain
www.nanosustain.eu

nanogate
A world of new surfaces

pro.Glass Barrier 401

Ergebnisse

- Die Partikelgröße hat keinen Einfluss auf die Toxizität von Zinkoxid.
- Eine nanopartikelhaltige und -freie Beschichtung liefern eine gleiche Partikelgrößenverteilung des Staubes beim Bearbeitungsprozess (Schleifen).
- Eine Freibewitterung setzt keine nanopartikulären Stäube frei.
- Beim Recycling von Glas (Schmelzprozess) entstehen keine freien ZnO-Nanopartikel.

Recycling von beschichtetem Glas
Quelle: VTT

NanoSustain
www.nanosustain.eu
SEVENTH FRAMEWORK PROGRAMME

nanogate
A world of new surfaces

Zuschnitt, Gebrauch, Entsorgung

Ergebnisse

- Wird die umgegebende Matrix der Nanopartikel verändert, kann das zur Auflösung der Partikel führen →Leaching (speziell ZnO)

- Gefunden wurde, dass die Auflösung der Nanopartikel schneller erfolgt als bei Mikropartikeln

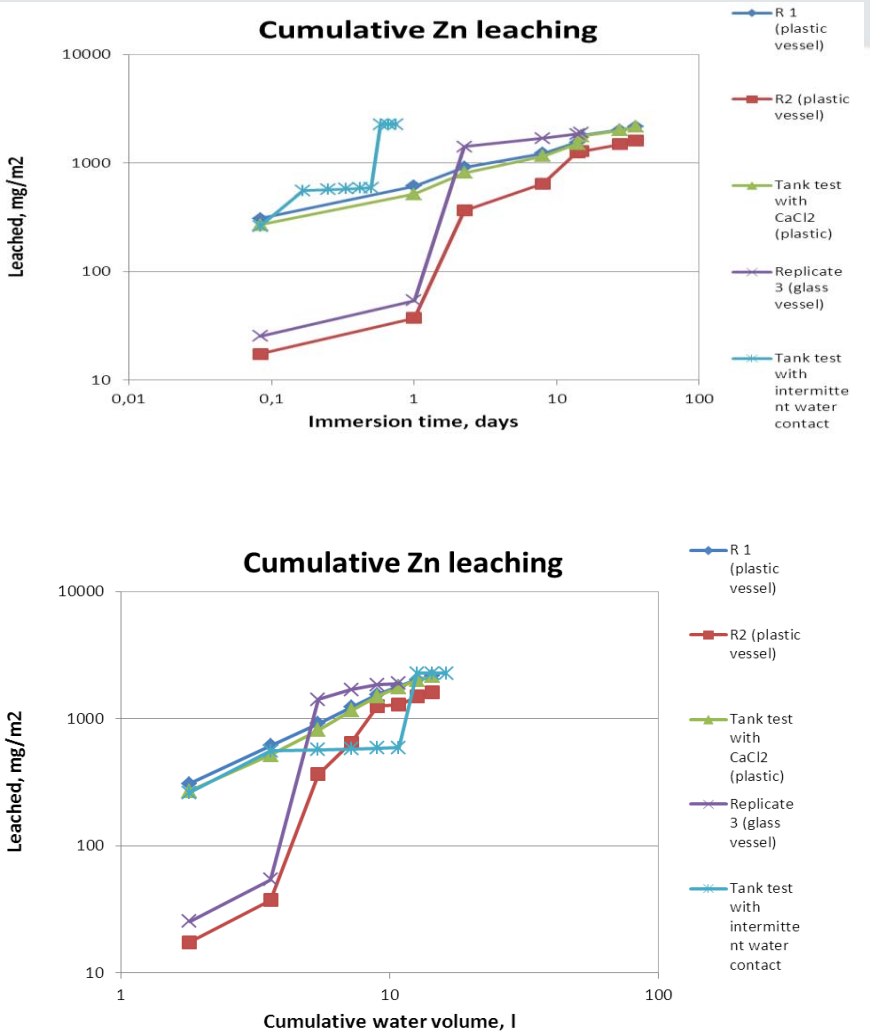


Figure 1: **Cumulative release of Zn in five tank test runs, four performed with continuous water contact (CEN/TS 15863) and one with intermittent water contact (EN 16105).**

Keine direkte nanospezifische Problemstellung in Bezug zum Abfall

nanogate
A world of new surfaces

Eigenschaften des Beschichtungsmittels

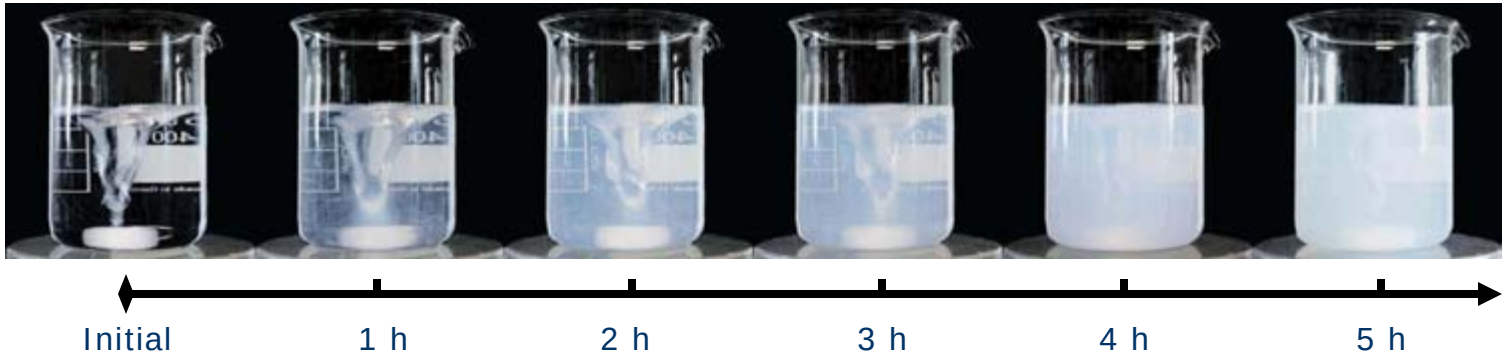
Zubereitung modifizierter Nanomaterialien
Hauptlösemittel: Ethanol

Feststoffgehalt	16 %
Flammpunkt	16 °C
Dichte (20°C)	0,92 g/cm³
Viskosität (20°C)	4 mPas
VOC-Gehalt	624 g/l

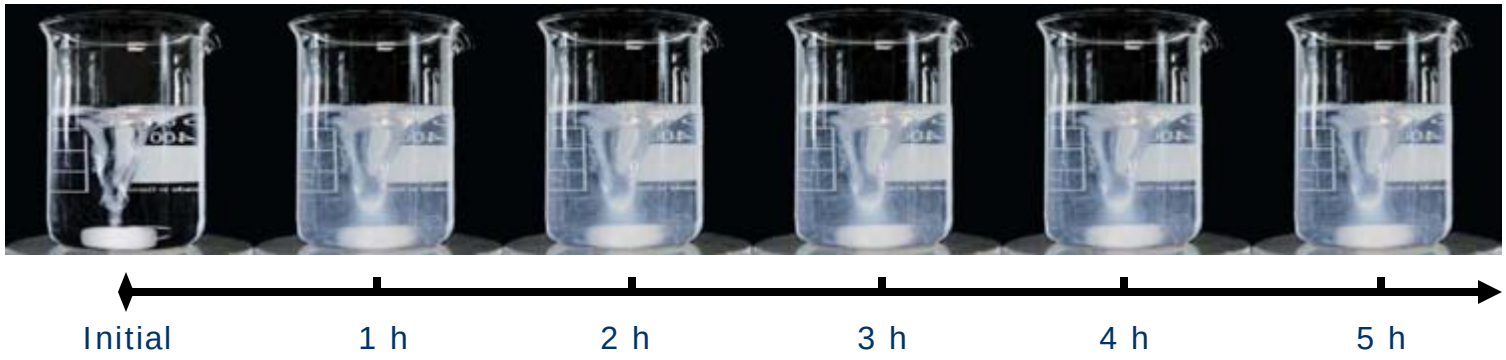
Stabilisierung von kleinen Teilchen

Unterdrückung des Partikelwachstums

Ohne Oberflächenmodifikation → Instabile Dispersion, ungeeignete Produkte

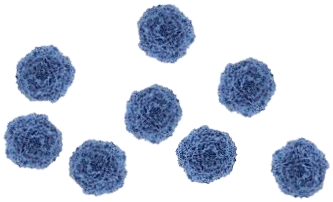


Mit Oberflächenmodifikation → Stabile Dispersion, stabile Produkte



nanogate
A world of new surfaces

Stabilisierung kleiner Partikel



Kleine Partikel

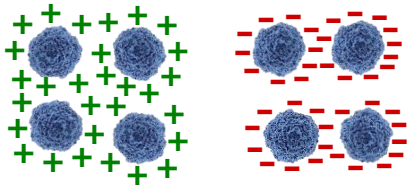
→ Hohe Neigung zur Agglomeration aufgrund hoher Oberflächenenergie

→ Viel Aufwand

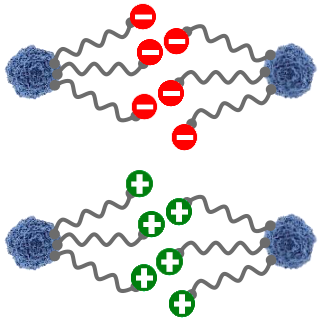
elektrostatisch

elektrosterisch

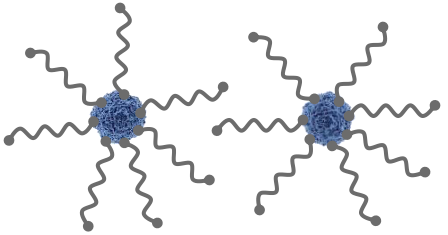
sterisch



- Säuren, Laugen
- Metallionen



- Polyelektrolyte
- Polare Moleküle



- Unpolare Moleküle mit Ankergruppen

nanogate
A world of new surfaces

Bekanntmachung BekGS 527

Der AGS wird die BekGS 527 regelmäßig an den Stand der Erkenntnisse anpassen. Hinweise aus der Praxis insbesondere zur Gefährdungsbeurteilung, Schutzmaßnahmen nach dem Stand der Technik und Wirksamkeitsprüfung sind erwünscht an: AGS-Geschäftsführung, BAuA, Postfach 170202, 44061 Dortmund oder E-mail ags@baua.bund.de

Ausgabe: Mai 2013

GMBl 2013 S. 498-511 [Nr. 25]

Bekanntmachungen zu Gefahrstoffen	**Hergestellte Nanomaterialien**	**BekGS 527**

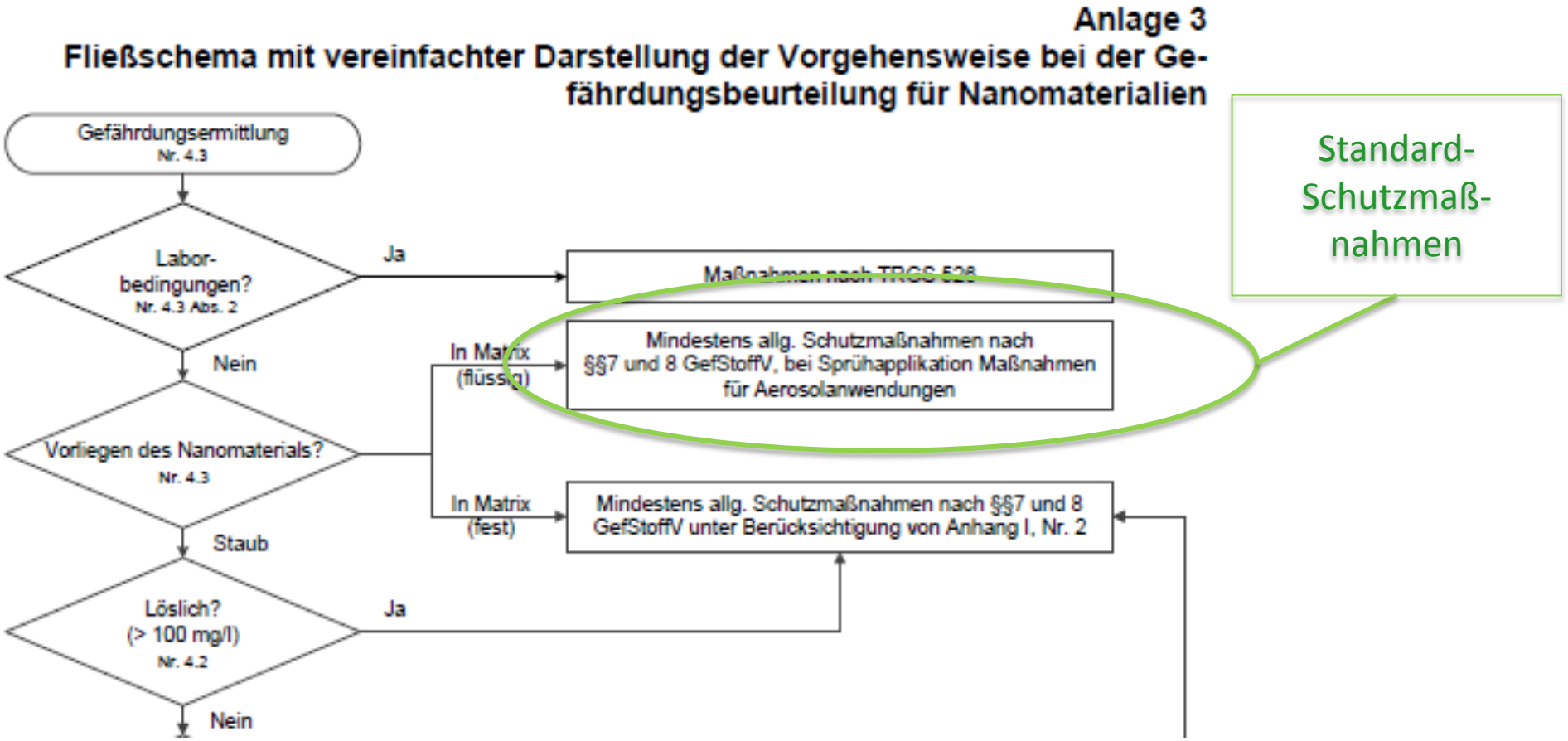
Die Bekanntmachungen zu Gefahrstoffen geben den Stand der Technik, Arbeitsmedizin und Arbeitshygiene sowie sonstige gesicherte wissenschaftliche Erkenntnisse für Tätigkeiten mit Gefahrstoffen, einschließlich deren Einstufung und Kennzeichnung, wieder. Sie werden vom

Ausschuss für Gefahrstoffe (AGS)

ermittelt bzw. angepasst und vom Bundesministerium für Arbeit und Soziales im Gemeinsamen Ministerialblatt (GMBl) bekannt gegeben.

nanogate
A world of new surfaces

Anlage 3 der Bekannmachung 527



nanogate
A world of new surfaces

Flüssiges Beschichtungsmaterial

Entsorgung

Dicke der Beschichtung: 1-2 µm beidseitig
Feststoff: 16 Gew.-%

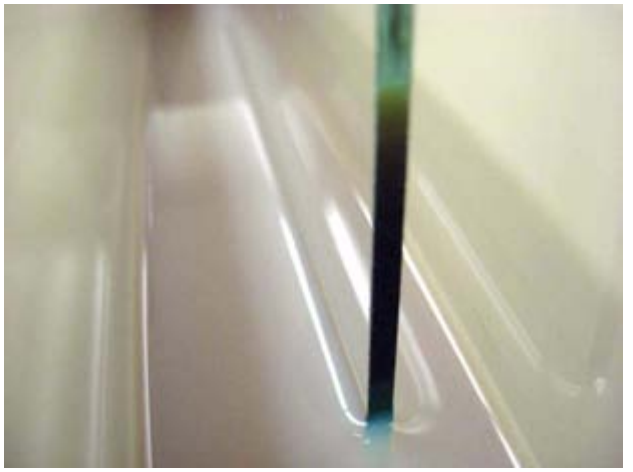
Anteil Nanopartikel in Beschichtungslösung: ca. 5 Gew.-%
Anteil Nanopartikel in fester Schicht: ca. 30 Gew.-%

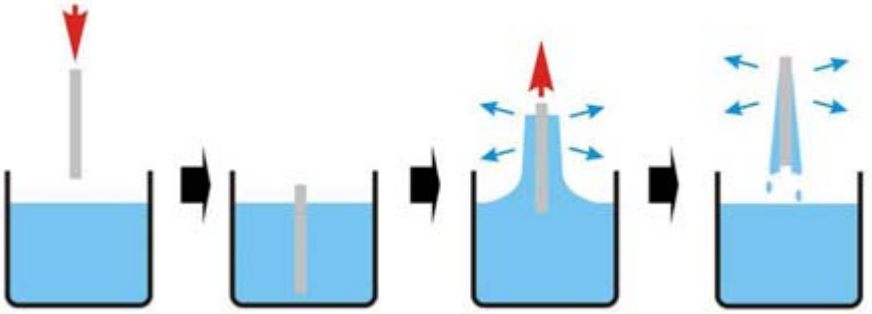
Verbrauch Beschichtungslösung: ca. 40 ml/m2

Küvettenfüllung: ca. 200 kg

Maximal möglicher Abfall

Enthalten 10 kg Nanopartikel





Quelle: http://de.wikipedia.org/wiki/Sol-Gel-Schicht

nanogate
A world of new surfaces

pro.Glass Barrier 401

Ergebnisse

- In Salzkonzentrationen agglomerieren die Partikel
- Eine nachträgliche Zerkleinerung der Partikel war nicht möglich (Ultraschall zu max. 200 nm großen Partikeln)
- Änderung zu sauren bzw. sehr basischen pH-Werten führt zur Auflösung der Partikel

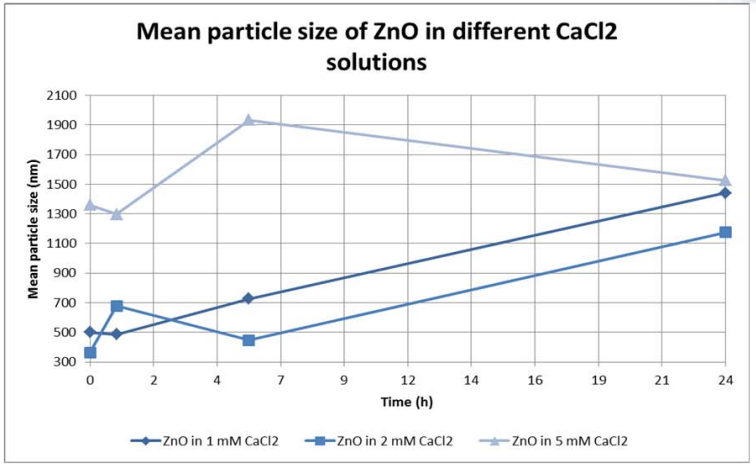


Figure 1: Mean particle size of (nano) ZnO in different $CaCl_2$ solutions during 24 hours.

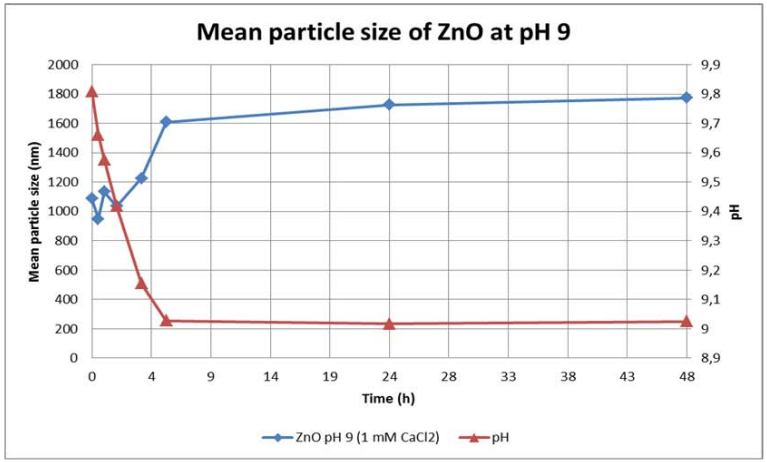


Figure 1: Mean particle of nano sized ZnO at different times and pH of the solution.

NanoSustain
www.nanosustain.eu
SEVENTH FRAMEWORK PROGRAMME
nanogate
A world of new surfaces

Zusammenfassung

- Nanopartikel sind schwierig zu isolieren und neigen zur Agglomeration bei Veränderung der Umgebung.
- Ausgehärtete Beschichtungen geben keine Nanopartikel ab.
- Flüssige Beschichtungsstoffe benötigen keine speziellen Entsorgungsmethoden.
- Jedes Nanomaterial ist im Hinblick auf Leaching bei der Deponierung wie andere Materialien spezifisch zu bewerten.

nanogate

A world of new surfaces

ENTREPRENEUR DES JAHRES® FINALIST

STEP AWARD Spirit to expand

Deloitte. 2011 Technology Fast 50 Deutschland

Deloitte. 2006 Technology Fast 50 Deutschland

StartUp Deutscher Gründerpreis

Ausgewählt im Land der Ideen

Saarland empowering nano

nanoSAFE Safe production and use of nanomaterials

forumnano

Deutschland Land der Ideen

ZERTIFIKAT

ZERTIFIKAT