

Abschlussbericht

Entwicklung eines styrolreduzierten Gelcoats in Kombination mit GFK sowie eines emissionsreduzierten Applikationsverfahrens für den Sanitärbereich

- Phase 1-

DBU-Aktenzeichen: 30203



formatherm Kunststoff GmbH

Scheidentaler Straße 15 in 69427 Mudau

Telefon +49 (0)6284-9218-0
Fax +49 (0)6284-9218-20
Internet: www.formatherm.de

Abschlussbericht über das von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt geförderte
Entwicklungsprojekt, AZ 30203
von
formatherm Kunststoff GmbH, Dieter Bubeck

Mudau, 26.05.2014

Beteiligte Partner:

formatherm Kunststoff GmbH

Scheidentaler Straße 15
69427 Mudau

Telefon +49 6284-9218-0
Fax +49 6284-9218-20
Internet: www.formatherm.de

BÜFA Composite Systems GmbH & Co. KG

Hohe Looge 2-8
26180 Rastede

Telefon +49 4402 975-0
Telefax +49 4402 975-300
Internet: <http://www.buefa.de>

Projektkennblatt
der
Deutschen Bundesstiftung Umwelt



Az	30203	Referat	21/2	Fördersumme	112.400 €
Antragstitel		Entwicklung eines neuen styrolreduzierten Gelcoats in Kombination mit GFK sowie eines emissionsreduzierten Applikationsverfahrens für den Sanitärbereich – Phase 1			
Stichworte					
Laufzeit		Projektbeginn		Projektende	
18 Monate		29.08.2012		28.02.2014	
Projektphase(n)					
1/2					
Zwischenberichte:		Kurzbericht zum		Zwischenbericht zum	
		31.01.2013		30.06.2013	
Bewilligungsempfänger		Formatherm Kunststoff GmbH Scheidentaler Strasse 15 69427 Mudau			Tel 06284 / 9218-11 Fax 06284 / 9218-20
					Projektleitung Dieter Bubeck (Geschäftsführer)
					Bearbeiter Dieter Bubeck
Kooperationspartner		BÜFA Composite Systems GmbH & Co. KG			

Zielsetzung und Anlass des Vorhabens

Zur Verbesserung der Material- und Energieeffizienz, sowie zur Reduzierung der Umweltbelastungen, bei der Herstellung von verstärkten Kunststoffteilen ist im Rahmen des beantragten Projektes die Entwicklung eines styrolreduzierten Gelcoats in Verbindung mit einem emissionsreduzierten Applikationsverfahren geplant.

Im Rahmen des Umweltprojektes soll das heutige Fertigungsverfahren für Acrylwannen auf umweltfreundliche Verfahrensprozesse umgestellt werden. Neben den Umweltaspekten soll auch die wirtschaftliche Seite betrachtet werden. Die heutigen Fertigungsschritte bestehen einerseits aus einem Tiefziehprozess (hoher Energieaufwand) und andererseits aus einem GFK-Applikationsprozess (hohe Lösemittlemissionen) zur Verstärkung der tiefgezogenen Wannen.

Durch die Neuentwicklung eines lösemittelfreien Gelcoatsystems unter Einsatz neuer Applikationsverfahren wird der energieaufwendige Tiefziehprozess ersetzt. Neben den umweltentlasteten neuen Fertigungsverfahren gibt es auch marktwirtschaftliche Aspekte. Durch neue Formen- und Farbgestaltungen gibt es in der Designauslegung der Produkte neue Möglichkeiten, die im bisherigen Verfahren technisch nicht darstellbar waren. Daraus entwickelt sich im Markt eine positive Nachfrage nach diesen Produkten und Verfahren. Durch die Verbreitung und Vermarktung der neuen lösemittelfreien und –reduzierten Systeme wird ein entscheidender Beitrag zur Umweltentlastung bei getragen. Neben diesen Effekten ist auch durch den Austausch des energieintensiven Tiefziehverfahrens eine erhebliche Einsparung des bisherigen Strombedarfes möglich.

Darstellung der Arbeitsschritte und der angewandten Methoden

Die Projektarbeiten konzentrierten sich im Wesentlichen auf folgende Kernbereiche:

- Entwicklung eines neuen styrolreduzierten Gelcoats
- Entwicklung eines neuen emissionsreduzierten Applikationsverfahrens

Die Inhalte und Ergebnisse der Phasen sind im Projektabschlussbericht dargestellt. Die Bearbeitung des Projektes erfolgte durch ein Projektteam, das interdisziplinär aus Mitarbeitern der am Prozess beteiligten Fachabteilungen zusammengesetzt war. Die Terminplanung und –steuerung erfolgte unter Anwendung der üblichen Methoden des Projektmanagements.

Ergebnisse und Diskussion

In Phase 1 des Projektes wurde die Styrolemission reduziert, in dem mehrere Gelcoat-Modifizierungen durchgeführt wurden. Dabei wurde sowohl der Styrolanteil verringert, aber auch eine spezielle Additivierung entwickelt. Durch die Neuentwicklung wird eine neue, styrolfreie Technologie entstehen. Durch die Entwicklung des styrolfreien Gelcoatsystems sollen bei der Herstellung von Kunststoffteilen Energie und umweltfeindliche Stoffe eingespart und die Wirtschaftlichkeit verbessert werden. Es entfallen zum einen die Energieaufwände der Tiefzieh Anlagen, sowie deren Investitionen und die dadurch verwendeten Aluminiumformen. Zum anderen soll der Einsatz von Chemikalien (Styrol, Aceton) reduziert werden, einhergehend mit einer Verminderung von Emissionen und Schadstoffbelastungen am Arbeitsplatz.

Folgende Ergebnisse wurden erreicht:

- Ausgangssituation waren Gelcoats mit 45% Styrolanteil
- Im ersten Schritt wurde ein Gelcoat mit einem Styrolanteil von 36% entwickelt. Diese Formulierung wurde in ausgiebigen Versuchen nach Verarbeitung und Produktqualität getestet mit dem Ergebnis, dass dieser Gelcoat kommerziell verwertbar ist.
- Im zweiten Schritt wurde ein Gelcoat einem Styrolanteil von 26 % entwickelt. Dies bedeutet eine weitere Reduzierung um 10%.
- Reduzierung des Acetonverbrauchs um 33% im Vergleich zu den Altsystemen

Öffentlichkeitsarbeit und Präsentation

Die Ergebnisse des Projektes werden durch Fachartikel, Messen, Präsentation bei Kunden und den bestehenden Kundenstamm öffentlich gemacht. Zielbranche ist der Sanitärbereich.

Fazit

Die positiven Erfahrungen und Resonanzen (Feedback Markt) aus Phase 1 bestärken uns die Ziele in Phase 2 erreichen zu können.

Die Zielvorgaben für Phase 2 sind:

- Entwicklung eines styrolfreien Gelcoats
- Reduzierung des Acetonverbrauchs um 100 % durch Einsatz alternativer Materialien

Das Ziel von Phase 2 ist die vollständige Reduktion bzw. Vermeidung von Styrolemissionen. Allerdings kann die Styrolemission nur dann komplett ausgeschlossen werden, wenn der UP-Gelcoat kein Styrol enthält. Hier kommen unterschiedliche Reaktivverdünner in Frage bzw. sogar eine komplett neue Harzbasis.

Die Reaktivverdünner sind weiterhin notwendig, damit die Verarbeitbarkeit und im Anschluss die vollständige Polymerisation gewährleistet werden kann, da ein reines UP-Harz nicht ohne Reaktivverdünner bzw. Copolymer polymerisiert werden kann. Alternativstoffe sollten aber die Endproduktqualität nicht beeinträchtigen, die für die Sanitäranwendung relevant ist.

I. INHALTSVERZEICHNIS

1	Zusammenfassung	9
2	Einleitung	10
3	Hauptteil	13
3.1	Zielsetzung und Aufgabenstellung	13
3.2	Projektverlauf von Phase 1 des Projektes.....	14
3.2.1	Gelcoatentwicklung	14
3.2.2	Entwicklung eines emissionsreduzierten Applikationsverfahrens für den Sanitärbereich	15
3.3	Projektergebnisse Phase 1	20
3.4	Umweltrelevanz.....	21
3.5	Maßnahmen zur Verbreitung der Vorhabensergebnisse.....	23
4	Fazit und Ausblick für Phase 2	25
5	Literaturverzeichnis	26

II. VERZEICHNIS DER BILDER, ZEICHNUNGEN, GRAFIKEN

Abbildung 1: Einbau der Aluminiumform in der Tiefziehmaschine	10
Abbildung 2: Säubern der Acrylplatten.....	10
Abbildung 3: Einlegen des Zuschnitts in die Tiefziehmaschine.....	11
Abbildung 4: Ober- und Unterheizung wird über eingelegter Acrylplatte positioniert	11
Abbildung 5: links Tiefziehprozess; rechts tiefgezogenes Produkt	12
Abbildung 6: links Entformung; rechts entformtes Produkt	12
Abbildung 7: Styrolemission während einer Applikation der Gelcoats.	14
Abbildung 8: Funktionswanne bestehend aus 8 Einzelteilen aus Gelcoat	20
Abbildung 9: Tauchbeckenprototyp mit der neuen Gelcoatapplikation	24

III. VERZEICHNIS DER TABELLEN

Tabelle 1: Ergebnisse der Versuchsreihen	18
Tabelle 2: Auszug aus Versuchstabellen und deren Ergebnisse	19
Tabelle 3: Umweltentlastungen auf Jahresbasis 5.000 Wannen	23

1 Zusammenfassung

Ziel des Gesamtvorhabens ist die Entwicklung einer neuen Verfahrenstechnologie zur umweltfreundlichen Herstellung von Sanitär- und weiteren Konsumerprodukten auf Basis eines styrolfreien Gelcoat. Mit diesem Verfahren soll mittelfristig das energieaufwendige Tiefziehverfahren abgelöst werden können. Neben der Verfahrensänderung wird parallel auch an einer umweltfreundlichen Lösung an dem bisher eingesetzten Verstärkungssystem (Glasfaser verstärkter Kunststoff- GFK) gearbeitet.

Um einen möglichst umweltfreundlichen Prozess zu erhalten, wird im Rahmen des Vorhabens ein neues Verfahren zur Herstellung von Sanitärprodukten auf Basis eines lösemittelfreien Systems entwickelt. Neben dem Sanitärbereich können mit diesem Verfahren weitere Märkte umweltfreundlicher erschlossen werden. Diese sind z. B. Bootsbau, Kunststoffe in der Raumgestaltung (Küchen, Büro, etc.) oder industrielle Maschinenabdeckungen.

In Phase 1 des Projektes wurde die Styrolemission reduziert, in dem mehrere Gelcoat-Modifizierungen durchgeführt wurden. Dabei wurde sowohl der Styrolanteil verringert, aber auch eine spezielle Additivierung entwickelt. Durch die Neuentwicklung wird eine neue, styrolfreie Technologie entstehen, die keine Gefahr für Menschen und Umwelt darstellt. Durch die Entwicklung des styrolfreien Gelcoatsystems sollen bei der Herstellung von Kunststoffteilen Energie und umweltfeindliche Stoffe eingespart und die Wirtschaftlichkeit verbessert werden. Es entfallen zum einen die Energieaufwände der Tiefziehanlagen, sowie deren Investitionen und die dadurch verwendeten Aluminiumformen. Zum anderen soll der Einsatz von Chemikalien (Styrol, Aceton) reduziert werden, einhergehend mit einer Verminderung von Emissionen und Schadstoffbelastungen am Arbeitsplatz.

Folgende Ergebnisse wurden erreicht:

- Ausgangssituation waren Gelcoats mit 45% Styrolanteil
- Im ersten Schritt wurde ein Gelcoat mit einem Styrolanteil von 36% entwickelt. Diese Formulierung wurde in ausgiebigen Versuchen nach Verarbeitung und Produktqualität getestet mit dem Ergebnis, dass dieser Gelcoat kommerziell verwertbar ist.
- Im zweiten Schritt wurde ein Gelcoat einem Styrolanteil von 26 % entwickelt. Dies bedeutet eine weitere Reduzierung um 10%.
- Reduzierung des Acetonverbrauchs um 33% im Vergleich zu den Altsystemen

Die Ergebnisse des Vorhabens wurden auf internationalen und nationalen Messen vorgestellt. Insbesondere die erweiterten Designmöglichkeiten bei der Definition von Produkten, wie beispielsweise schärfere Konturen und kleinere Radien sind auf großes Interesse im Markt gestoßen. Die positiven Erfahrungen und Resonanzen (Feedback Markt) aus Phase 1 bestärken uns die Ziele in Phase 2 erreichen zu können. Die Zielvorgaben für Phase 2 sind die Entwicklung eines styrolfreien Gelcoats, sowie die Reduzierung des Acetonverbrauchs um 100 % durch Einsatz alternativer Materialien.

Es wird erwartet, dass nach Abschluss der Entwicklung und anschließenden Vermarktung für die beteiligten Unternehmen ein neuer attraktiver Marktbereich erschlossen wird und gleichzeitig ein wertvoller Beitrag zur Schonung der Umwelt und Einsparung von Energie in den Oberflächentechniken geleistet werden wird.

Projektbeteiligte:

- formatherm Kunststoff GmbH
- BÜFA Composite Systems GmbH & Co. KG

Förderung durch die Deutsche Bundesstiftung Umwelt (DBU),
Entwicklungsprojekt AZ 30203 – 21/2

2 Einleitung

Mit Stand heute werden bei formatherm und anderen Herstellern von Sanitärprodukten die Sanitärprodukte (Badewannen und Duschwannen) mit einer Tiefziehmaschine vakuumverformt und anschließend GFK verstärkt.

Dieser aktuelle Fertigungsprozess stellt sich wie folgt dar:

Das dafür verwendete Material ist ein Acrylzuschnitt in unterschiedlichen Formaten und Stärken (4 bis 5 mm). Diese Zuschnitte werden beim Materiallieferant unter sehr hohem Energieaufwand in einem aufwendigen Polymerisationsverfahren hergestellt.

Der Fertigungsprozess einer Badewanne beginnt mit dem Vorbereiten der Tiefziehmaschine und dem Einbau einer Aluminiumtiefziehform (Bild 1). Die Form wird mit einem angeschlossenen Temperiergerät auf eine Temperatur von ca. 90 °C gebracht (Energiebedarf ca. 12 kWh). Vorab wird die Form mit einem Teflonspray eingesprüht. Um eine gute Gleitfähigkeit zu erhalten, wird dies während der Fertigung des Öfteren durchgeführt.



Abbildung 1: Einbau der Aluminiumform in der Tiefziehmaschine

Für den Einbau und Anschluss der Form (Rüsten) müssen ca. 180 Minuten Arbeitszeit eingerechnet werden. Darin sind 60 Minuten Aufheizzeit enthalten (Energiebedarf ca. 190 kWh). Im Anschluss werden die zu verformenden Acrylplatten für die Fertigung (gesäubert) vorbereitet. (Bild 2). Dazu werden die einzelnen Platten mit einem Reinigungsmittel abgerieben.



Abbildung 2: Säubern der Acrylplatten

Danach wird der Zuschnitt in die Maschine eingelegt (Bild 3).



Abbildung 3: Einlegen des Zuschnitts in die Tiefziehmaschine

Der Zuschnitt wird über einen Spannrahmen fixiert und die Ober- und Unterheizung fährt über die Platte. Jetzt beginnt der Aufheizprozess des Halbzeugs. Die Heizstrahler bringen den Acrylzuschnitt auf eine Temperatur von ca. 170°-200°C (Energieverbrauch ca. 25 kWh; Dauer ca. 8 Minuten). Nach Erreichung dieser Temperatur fahren die Heizschlitten zurück und mit Druckluft wird das Material vorgeblasen und gestreckt (Bild 4).



Abbildung 4: Ober- und Unterheizung wird über eingelegter Acrylplatte positioniert

Danach beginnt nach Anlegen des Vakuums der eigentliche Tiefziehprozess. Durch das entstehende Vakuum in der Tiefziehform legt sich das temperierte Material an die Aluminiumform (Bild 5).

Das Gewicht pro Form beträgt ca. 500kg Aluminium. Die Herstellung von Aluminium ist sehr energieaufwendig. Allein für die Schmelzflusselektrolyse zur Gewinnung eines Kilogrammes Aluminium werden je nach Errichtungsdatum und Modernität der Anlage zwischen ca. 13 und 17 kWh elektrische Energie benötigt, was im vorliegenden Fall ca. 6.500 kWh und 8.500 kWh bedeutet¹.

¹ Matthias Dienhart: Ganzheitliche Bilanzierung der Energiebereitstellung für die Aluminiumherstellung. Dissertation an der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule Aachen, Juni 2003, S. 7.



Abbildung 5: links Tiefziehprozess; rechts tiefgezogenes Produkt

Nach einer Abkühlphase mit Unterstützung von integrierten Lüftern an der Maschine (27 kWh) wird das Teil (Badewanne) entformt und abgelegt (Bild 6).



Abbildung 6: links Entformung; rechts entformtes Produkt

Somit ist der energieaufwendige Herstellungsprozess des Tiefziehens abgeschlossen. Die Wanne geht im Anschluss zur Weiterbearbeitung (GFK verstärken und besäumen). Der Gesamtenergiebedarf für die Herstellung einer Badewanne liegt bei ca. 33,5 kWh. Der heutige Investitionsbedarf für eine Tiefziehmaschine incl. Infrastruktur beträgt bis zu 1 Mio. €.

Stand der Technik

Zum derzeitigen Zeitpunkt gibt es bereits Firmen in Europa die sich mit dem Verfahren der Gelcoatverarbeitung im Sanitärbereich beschäftigen.

Dort kommen jedoch noch die herkömmlichen konventionellen Gelcoatsysteme mit hohem Lösemittelanteil zum Einsatz. Der Anteil dieser gefertigten Produkte im Gesamtmarkt ist noch sehr klein.

Wir versprechen uns beim Einsatz von lösemittelfreien Systemen eine größere Verbreitung dieses Verfahrens im Bereich der Sanitärindustrie. Das bisherige energieaufwendige Tiefziehverfahren kann somit zukünftig ersetzt werden.

3 Hauptteil

3.1 Zielsetzung und Aufgabenstellung

Ziel des Gesamtvorhabens ist die Entwicklung einer neuen Verfahrenstechnologie zur umweltfreundlichen Herstellung von Sanitär- und weiteren Konsumerprodukten auf Basis eines styrolfreien Gelcoat.

Mit diesem Verfahren soll mittelfristig das energieaufwendige Tiefziehverfahren abgelöst werden können. Neben der Verfahrensänderung wird parallel auch an einer umweltfreundlichen Lösung an dem bisher eingesetzten Verstärkungssystem (Glasfaser verstärkter Kunststoff- GFK) gearbeitet. Diese Verstärkungen auf der Basis von Polyesterharz unter Verwendung von Styrol als Lösemittel sind mit heutigem Stand sehr umweltfeindlich. Durch den Einsatz von umweltfreundlichen Alternativstoffen soll das Styrol ersetzt werden.

Somit ergibt sich eine Gesamtentlastung von umweltschädlichen Stoffen. Darüber hinaus ist der wirtschaftliche Faktor im Hinblick auf steigende Energiekosten ebenfalls ein wichtiger Punkt.

Um einen möglichst umweltfreundlichen Prozess zu erhalten, wird im Rahmen des Vorhabens ein neues Verfahren zur Herstellung von Sanitärprodukten auf Basis eines lösemittelfreien Systems entwickelt. Neben dem Sanitärbereich können mit diesem Verfahren weitere Märkte umweltfreundlicher erschlossen werden. Diese sind z. B. Bootsbau, Kunststoffe in der Raumgestaltung (Küchen, Büro, etc.) oder industrielle Maschinenabdeckungen.

Das Projekt gliedert sich in 2 Entwicklungsphasen:

1. In der abgeschlossenen Entwicklungsphase 1, auf die sich dieser Bericht bezieht (Laufzeit 29.08.2012 bis 28.02.2014), wurde ein styrolreduzierter Gelcoat in Verbindung mit einem emissionsreduzierten Applikationsverfahren entwickelt.
2. In Entwicklungsphase 2 (24 Entwicklungsmonate) soll aufbauend auf Phase 1 ein styrolfreier Gelcoat mit einem entsprechenden Applikationsverfahren entwickelt werden.

Für Phase 1 wurden folgende Zielvorgaben gemacht:

- Entwicklung eines styrolreduzierten von heute 45% bis auf 30 % in der Formulierung und 50 % in der Verarbeitungsemission
- Reduzierung des Acetonverbrauchs um 30 %

3.2 Projektverlauf von Phase 1 des Projektes

3.2.1 Gelcoatentwicklung

In Phase 1 des Projektes wurde die Styrolemission reduziert, indem mehrere Gelcoat-Modifizierungen durchgeführt wurden. Dabei wurde sowohl der Styrolanteil verringert, aber auch eine spezielle Additivierung entwickelt.

Bisherige Standardgelcoats haben einen Styrolanteil von 45%. Im Zuge des Gelcoat-Projekts Phase 1 wurden folgende Ergebnisse erreicht:

Step 1:

Entwicklung eines Gelcoats mit einem Styrolanteil von 36%. Diese Formulierung wurde in ausgiebigen Versuchen nach Verarbeitung und Produktqualität getestet mit dem Ergebnis, dass dieser Gelcoat (Interne Bezeichnung „iso-NPG“) kommerziell verwertbar ist. Hierbei wurde eine angepasste Additivierung verwendet, die die Styrolemission nach der Applikation und während des Aushärtungsprozesses verringert. Der verwendete Gelcoat hat keine Einschränkungen hinsichtlich Verarbeitungsprozess und Produktqualität gegenüber bisherigen Gelcoats.

Step 2:

In einem weiteren Schritt wurde ein Gelcoat (Interne Bezeichnung „Neogel Eco“) mit einem Styrolanteil von 26 % entwickelt. Dies bedeutet eine weitere Reduzierung um 10%. Ein unter Laborbedingungen durchgeführter Vergleich der Styrolemission des bisherigen Gelcoats gegen den neu entwickelten Gelcoat zeigt die Abbildung 7. Die Abbildung zeigt die Styrolemission während einer Applikation des Gelcoats. Die Styrolemission in der Einheit ppm ist die den Neogel Eco deutlich geringer im Vergleich mit iso-NPG Gelcoat

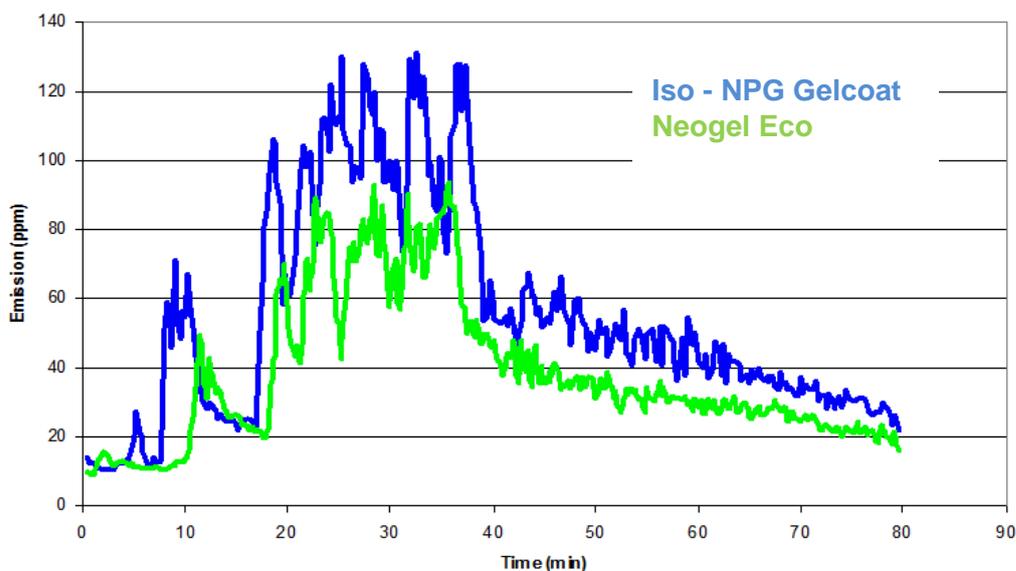


Abbildung 7: Styrolemission während einer Applikation der Gelcoats.

Der Gelcoat „Neogel Eco“ lässt sich unter Laborbedingungen nahezu gleichwertig zu den bisher verwendeten Produkten applizieren, bedarf aber einer sehr sorgfältigen Verarbeitung, die unter Fertigungsbedingungen weiter ausgetestet werden müssen.

Im Labor verarbeitet zeigt der neu entwickelte Gelcoat ähnliche Eigenschaften wie der verwendete Gelcoat mit 36% Styrolanteil, allerdings mit zusätzlich verbesserter Bewitterungseigenschaft, die zu langlebigeren Produkten führt.

Durch die Verringerung des Styrolanteils auf 26 % wurde das Ziel von Phase 1 vollständig erreicht. Dieser Entwicklungsstand wurde unter Anwendungsbedingungen bei formatherm ausgiebig getestet und ausgewertet.

Während der verschiedenen Tests wurde deutlich, dass hier die Emissionen und Lösemitelanteile nochmals deutlich verringert werden können. Dies soll in Phase 2 erforscht und entsprechend umgesetzt werden.

3.2.2 Entwicklung eines emissionsreduzierten Applikationsverfahrens für den Sanitärbereich

Um die Emission während der Applikation zu verringern wurden bei formatherm zusätzlich emissionsärmere Verarbeitungskonzepte entwickelt und eingesetzt.

Nach den Definitionen der einzelnen beeinflussbaren Parameter wurde ein detaillierter Vorgehensplan zur Erreichung der Ziele formuliert. Zu den Parametern zählen neben den verschiedenen Düsenstellungen gleichfalls die Mischungsverhältnisse der einzelnen Materialkomponenten eine wichtige Rolle. In einem umfangreichen Versuchsprogramm wurde dies durchgeführt und abschließend bewertet.

Es wurde eine geeignete Applikationstechnik, die styrolreduzierte Systeme verarbeiten kann entwickelt. Zur Applikationstechnik gehören neben der Konzeption und Anwendung unterschiedlicher Spritzdüsen auch die einzelnen Verarbeitungsparameter der Applikationsanlage. Wichtige Parameter dazu sind die Druckeinstellungen der Gelcoatapplikation, die Luftsteuerung und die Einstellung der notwendigen Härtermenge.

Beschreibung der Prozessfolge mit entsprechenden Materialaufbauten innerhalb einer Versuchsabwicklung:

- 1. Vorbereitung der Arbeitsform (Positivform) auf der das Produkt hergestellt wird**
Nach gründlicher Reinigung der Form wird ein Trennmittel (z.B. Wachs) gleichmäßig in mehreren Schichten aufgebracht. Wichtig dabei ist, dass nach diesem Vorgang die Form in einen hochglänzenden und staubfreien Zustand gebracht wird.
- 2. Aufbringen des Gelcoats mit einer Applikationsanlage (Gelcoatanlage, Becherpistole)**
Über mehrere Spritzgänge wird der Gelcoat mit einer Schichtdicke von 0,4-1,2 mm auf die Form appliziert. Danach bleibt die Form ca. 60 Minuten zum Ablüften / Antrocknen stehen.
- 3. Aufbringen einer Zwischenschicht 0,4-1,2 mm Barriercoat**
Nach dem Ablüften wird mit der gleichen Anlage ein Barriercoat aufgebracht.

Hier handelt es sich um eine zusätzliche Sperrschicht zwischen Gelcoatbeschichtung und anschließend aufgebrachtener GFK-Verstärkung. Diese Sperrschicht verhindert den sogenannten Faserprint (Durchschlagen der Glasfaser auf der Sichtseite des Gelcoats). Des Weiteren entsteht eine zusätzliche Sperrschicht, die das Durchdiffundieren von flüssigen Medien (z.B. Wasser, Reinigungsmittel) zur Vermeidung des Ablösens und Zerstörens der GFK-Schicht verhindert.

4. Aufbringen der GFK-Verstärkung 4-5 mm

Nach Ablüftung des Barrierecoats (ca. 60 Minuten) wird die Verstärkung appliziert. Dies geschieht ebenfalls in mehreren Schichten.

Die GFK-Verstärkung ist auf Basis eines Polyesterharzes aufgebaut und enthält bis zu 25 % Füllstoffe und 25 % Glasrovinganteile.

Wichtig bei diesem Arbeitsgang ist das Entlüften der aufgetragenen Verstärkung, um Hohlstellen zu vermeiden. Dies wird mit dem gleichmäßigen Überwalzen (Handroller) der aufgetragenen Schicht erreicht.

5. Entformung des Bauteils

Nach mehreren Stunden (abhängig vom Bauteil) wird das Teil entformt.

Das jetzt ausgehärtete Teil wird von der Form abgenommen und zur Weiterbearbeitung vorbereitet. Bei der Entformung ist das verwendete Trennmittel von großer Bedeutung. Dies hängt auch sehr stark von den Geometrien des Bauteiles ab.

Das Trennmittel nimmt sehr stark Einfluss auf das Verlaufsverhalten des Gelcoats, sowie bereits erwähnt, auf die Entformung.

Weitere relevanten Einflussfaktoren für den Fertigungsprozess

1. Polyconpistole

Bei der Polyconpistole handelt es sich um eine Fließbecherpistole die besonders für Kleinserien, Prototypen, Versuche geeignet ist. Hier hat man eine sehr große Auswahl an verschiedenen Düsen. Die Pistole wird mit Druckluft betrieben in dem durch den entstehenden Sog der Becherbehälter entleert wird. Der Nachteil dieser Applikation liegt in der nicht zu steuernden Druckluft.

2. Gelcoatanlage

Die Gelcoatanlage, die mit einer zusätzlichen Pumpe ausgestattet ist, wird für die Prototypenfertigung eingesetzt. Der Vorteil liegt in der einstellbaren Fördermenge und durch die zusätzliche Stützluft einstellbaren Spritzbildern. Dies führt zu einer hohen Prozesssicherheit.

3. Applikationsdüsen

Die Art der Düse spielt bei der Verteilung des zu applizierenden Materials eine entscheidende Rolle. Folgende Kriterien/Düsenauslegungen müssen berücksichtigt werden:

- Düsengeometrie die den Spritzwinkel und das Spritzbild beeinflusst

- Unterschiedliche Düsenbohrungen

- Stützluft für die Prozesssicherheit

- Systemdruck hinsichtlich Fördermenge

4. Zusatzstoffe (Beschleuniger, Härter, Füllstoff)

Der prozentuale Anteil des Beschleunigers im Gesamtsystem bestimmt die Topfzeit des Materials und somit die Verarbeitungsmöglichkeiten.

Über den Härterzusatz wird die Wärmeentwicklung und der Aushärtungsgrad eingestellt, der für die anschließende Produktqualität ein wichtiger Parameter ist. Das trifft auch für den Anteil an Füllstoffen zu, die darüber hinaus den Materialschrumpf des Systems beeinflussen.

5. Trennmittel

Bei der Vorbereitung der Form ist das zu verwendende Trennmittel von großer Bedeutung. In Abhängigkeit der herzustellenden Teilegeometrie des Bauteils muss ein entsprechend abgestimmtes Trennmittel eingesetzt werden. Neben einer problemlosen Entformung, ohne das Bauteil in irgendeiner Form zu beschädigen, ist bei der Applikation des Gelcoats darauf zu achten, dass das Trennmittel beim Trocknungsverlauf die Bildung einer sogenannten „Elefantenhaut“ verhindert. Wichtig dabei ist, dass die Gelcoatoberfläche homogen und gleichmäßig auf dem Bauteil aufgebracht ist.

Beschreibung der Versuchsreihen

Es wurden eine Anzahl von Versuchen mit unterschiedlichen Spritzeinstellungen, Anlagenparametern und Gelcoatformulierungen getestet. Die Einstellungen der Anlagenparametern unter Berücksichtigung der entsprechenden Materialformulierung ist im

Verfahrensprozess sehr aufwendig. Dazu waren sehr viele Tests notwendig, um die zielführenden Parameter zu erreichen.

Ein weiteres großes Problem zeigte sich in der Auswahl des Trennmittels, was entscheidend bei der Entformung und Erreichung von guten Oberflächenqualitäten des späteren Produktes ist. Des Weiteren sind die räumlichen Bedingungen im Bezug auf Raumtemperatur und Belüftung ein wichtiger Faktor (Zu- und Abluft). All diese Versuche und Analysen unter Betrachtung der Produktqualität verursachten einen hohen Zeit- und Materialaufwand. In der Folgezeit müssen weitere Optimierungen im Prozess erreicht werden, um die Umweltfreundlichkeit und Wirtschaftlichkeit dieses Verfahrens noch weiter zu verbessern.

In der Abbildung 15 aufgeführten Versuchsreihe wurden die einzelnen Rezepturformulierungen getestet und hinsichtlich Ergebnisse beurteilt.

Versuchsreihe Gelcoatwanne

Spritzpistole

Versuchsnummer	Polycon	Düsen Nr.	Ansätze				Schichtdicken GC in 0,1 mm	Schichtdicken BC in 0,1 mm
			Gelcoat	Barriercat	Härter in Gew. %	Harzsystem		
1		5	1,5/2,0/2,5	1,5/2,0/2,5	0,15/0,2/0,25	5/10/15/20/25	1,5/2,0/2,5	4/6/8/10/12
2		6	1,5/2,0/2,5	1,5/2,0/2,5	0,15/0,2/0,25	5/10/15/20/25	1,5/2,0/2,5	4/6/8/10/12
3		7	1,5/2,0/2,5	1,5/2,0/2,5	0,15/0,2/0,25	5/10/15/20/25	1,5/2,0/2,5	4/6/8/10/12
4		8	1,5/2,0/2,5	1,5/2,0/2,5	0,15/0,2/0,25	5/10/15/20/25	1,5/2,0/2,5	4/6/8/10/12
5		9	1,5/2,0/2,5	1,5/2,0/2,5	0,15/0,2/0,25	5/10/15/20/25	1,5/2,0/2,5	4/6/8/10/12
6	GSU Unison EM	221-25	1,5/2,0/2,5	1,5/2,0/2,5	0,15/0,2/0,25	5/10/15/20/25	1,5/2,0/2,5	4/6/8/10
7	GSU Unison EM	2109-40	1,5/2,0/2,5	1,5/2,0/2,5	0,15/0,2/0,25	5/10/15/20/25	1,5/2,0/2,5	4/6/8/10

Gute Ergebnisse bei den Versuchsnummern 1 und 2. Nicht wirtschaftlich, Ausbringung zu gering weil Becherpistole. Oberfläche gut, Unterfläche gut

Gute Ergebnisse bei den Versuchsnummern 4 und 5. Wirtschaftlich etwas besser. Ausbringung o. k. Oberfläche gut, aber Unterfläche zu rauh. Luftenschlüsse zwischen BC und Glasverstärkung.

Sehr gute Ergebnisse bei den Versuchen 6 und 7. Wobei Versuch Nr. 6 alle Kriterien erfüllte. Qualitativ hochwertige Ober und Unterseite. Wirtschaftlichkeit, geringer Overspray, keine Wolkenbildung des Gelcoats und des Barriercats beim spritzen.

Tabelle 1: Ergebnisse der Versuchsreihen

Im Einzelnen wurden die eingesetzten Spritzanlagen mit den entsprechenden Düseneinstellungen miteinander verglichen. Des Weiteren hat man verschiedene Rezeptureinstellungen bei den Gelcoats, Barriercoats und Harzformulierungen vorgenommen. Anhand der unterschiedlich applizierten Schichtdicken konnte man die Einzelergebnisse der Systeme beurteilen.

Folgend ein Beispiel zum besseren Verständnis aus der Tabelle zur Versuchsnummer 1: Zum Einsatz kam die Versuchsspritzpistole Polycon (Fließbecherpistole) mit dem Düsentyp Nr. 5. Die einzeln getesteten Härtergewichtsprozentage in der Gelcoatformulierung lagen bei 1,5; 2,0 und 2,5 %. Alle Testeinstellungen wurden mit unterschiedlichen Schichtdicken (0,4-1,2 mm) appliziert. Das gleiche Testverfahren (Härter und Schichtdicken) wurde bei dem Aufbringen des Barriercoats angewendet.

Nach dem Beschichten von Gel- und Barriercoat wurde die Testwanne mit GFK verstärkt. Dabei wurden verschiedene Harzformulierungen getestet. Die Einflussparameter liegen in der Zugabe von Beschleuniger, Füllstoff und Härter. Die unterschiedlichen Parametereinstellungen ergaben verschiedene Erkenntnisse und Ergebnisse.

Die Barriercoatschicht verhindert das Durchschlagen der Glasfasern aus der GFK-Beschichtung bis zum Gelcoat (optischer Aspekt).

Nach Durchführung sämtlicher Versuche hat man die besten Ergebnisse bei Versuchsnummer 6 erhalten. Dabei wurde neben der Verarbeitbarkeit die Oberflächenqualität, Overspraymengen, Trocknungsvorgang und Wirtschaftlichkeit geprüft.

Die einzelnen Testläufe verursachten durch die hohe Komplexität einen sehr hohen Aufwand.

Spritzpistole Polycon/Düsennummer 5/Gelcoat Härter

Versuchsnr.	Gelcoat Härter	Barriercoat Härter	Harzbeschl.	Füllstoff Harz	Harz Härter	Schichtd. Gelc.	Schichtd.Barrierc.
	Gew. %	Gew. %	Gew. %	Gew. %	Gew. %	0,1 mm	0,1 mm
1	1,50	1,50	0,15	5,00	1,50	4,00	4,00
2	2,00	1,50	0,15	5,00	1,50	4,00	4,00
3	2,50	1,50	0,15	5,00	1,50	4,00	4,00
4	1,50	2,00	0,15	5,00	1,50	4,00	4,00
5	2,00	2,00	0,15	5,00	1,50	4,00	4,00
6	2,50	2,00	0,15	5,00	1,50	4,00	4,00
7	1,50	2,50	0,15	5,00	1,50	4,00	4,00
8	2,00	2,50	0,15	5,00	1,50	4,00	4,00
9	2,50	2,50	0,15	5,00	1,50	4,00	4,00
10	1,50	1,50	0,15	5,00	1,50	6,00	4,00
11	2,00	1,50	0,15	5,00	1,50	6,00	4,00
12	2,50	1,50	0,15	5,00	1,50	6,00	4,00
13	1,50	2,00	0,15	5,00	1,50	6,00	4,00
14	2,00	2,00	0,15	5,00	1,50	6,00	4,00
15	2,50	2,00	0,15	5,00	1,50	6,00	4,00
16	1,50	2,50	0,15	5,00	1,50	6,00	4,00
17	2,00	2,50	0,15	5,00	1,50	6,00	4,00
18	2,50	2,50	0,15	5,00	1,50	6,00	4,00
19	1,50	1,50	0,15	5,00	1,50	8,00	4,00
20	2,00	1,50	0,15	5,00	1,50	8,00	4,00
21	2,50	1,50	0,15	5,00	1,50	8,00	4,00
22	1,50	2,00	0,15	5,00	1,50	8,00	4,00
23	2,00	2,00	0,15	5,00	1,50	8,00	4,00
24	2,50	2,00	0,15	5,00	1,50	8,00	4,00
25	1,50	2,50	0,15	5,00	1,50	8,00	4,00
26	2,00	2,50	0,15	5,00	1,50	8,00	4,00
27	2,50	2,50	0,15	5,00	1,50	8,00	4,00
28	1,50	1,50	0,15	5,00	1,50	10,00	4,00
29	2,00	1,50	0,15	5,00	1,50	10,00	4,00
30	2,50	1,50	0,15	5,00	1,50	10,00	4,00
31	1,50	2,00	0,15	5,00	1,50	10,00	4,00
32	2,00	2,00	0,15	5,00	1,50	10,00	4,00
33	2,50	2,00	0,15	5,00	1,50	10,00	4,00
34	1,50	2,50	0,15	5,00	1,50	10,00	4,00
35	2,00	2,50	0,15	5,00	1,50	10,00	4,00
36	2,50	2,50	0,15	5,00	1,50	10,00	4,00
37	1,50	1,50	0,15	5,00	1,50	12,00	4,00
38	2,00	1,50	0,15	5,00	1,50	12,00	4,00
39	2,50	1,50	0,15	5,00	1,50	12,00	4,00
40	1,50	2,00	0,15	5,00	1,50	12,00	4,00
41	2,00	2,00	0,15	5,00	1,50	12,00	4,00
42	2,50	2,00	0,15	5,00	1,50	12,00	4,00
43	1,50	2,50	0,15	5,00	1,50	12,00	4,00
44	2,00	2,50	0,15	5,00	1,50	12,00	4,00
45	2,50	2,50	0,15	5,00	1,50	12,00	4,00

Tabelle 2: Auszug aus Versuchstabellen und deren Ergebnisse

Erläuterung zu den durchgeführten Versuchen und deren Bewertung

Die zahlreichen Querversuche waren notwendig, um den zukünftigen Verarbeitungsprozess zu definieren. Dabei spielten neben der Wirtschaftlichkeit das Verarbeitungsfahren und deren Qualitätsanforderungen eine große Rolle. Im Bereich der Applikationstechnik stellten wir große Abweichungen und Einflussfaktoren hinsichtlich Auslegung der Düsengeometrie fest.

Die ersten Versuche wurden ausschließlich mit der Fließbecherpistole durchgeführt. Der Vorteil liegt in der Verarbeitung von Kleinmengen und die Verwendung von verschiedenen Düsengeometrien die handelsüblich zu beschaffen sind.

Zum Abschluss dieser Versuche konnte man ableiten in welche Richtung mit der Gelcoat-anlage weitere Versuche durchzuführen sind. Letztendlich hat sich nach der Durchführung sämtlicher Versuche die entsprechende Materialzusammensetzung mit dem besten Ferti-gungsverfahren ergeben.

Anschließend wurde dieses Konzept in der Vorserienphase einer Produkthanwendung umgesetzt und für die Serienfertigung angewendet. Die ersten Endprodukte wurden bereits erfolgreich kommerziell verwertet und ein Anschlussprojekt in die Wege geleitet.

3.3 Projektergebnisse Phase 1

Das Projektziel, die Entwicklung eines styrolreduzierten Gelcoats, wurde erreicht. Zusammenfassend für die Phase 1 wurden die Ziele für ein vorläufiges Produkt (Abbildung 17), dass kommerziell vermarktet werden kann, erreicht. Die nachfolgende Wanne wird bei formatherm mit dem aktuell entwickelten, styrolreduzierten Gelcoat (iso-NPG) gefertigt und steht dem Markt zur Verfügung. Die ersten Wannen wurden bereits erfolgreich verkauft.



Abbildung 8: Funktionswanne bestehend aus 8 Einzelteilen aus Gelcoat

3.4 Umweltrelevanz

Styrol ist eine farblose (manchmal auch gelbliche), leicht flüchtige Flüssigkeit mit einem süßen, beißenden Geruch. Es hat einen Siedepunkt von ungefähr 145 °C und einen Dampfdruck von 10 hPa bei 20 °C. Die Geruchsschwelle liegt sehr niedrig, sodass Styrol schon in einer Konzentration von 0,15 ppm (parts per million) bzw. 0,64 mg/m³ wahrgenommen wird. Obwohl Styrol natürlicherweise in vielen Lebensmitteln wie z. B. Erdbeeren, Bohnen, Nüssen, Bier, Wein, Kaffeebohnen und Zimt in geringen Konzentrationen enthalten ist, kommen die meisten Menschen nie direkt damit in Kontakt. Anders liegen die Verhältnisse in Produktionsbereichen, in denen Styrol hergestellt oder verarbeitet wird. In den europäischen Ländern gelten zum Schutz der Arbeiter strenge Bestimmungen. Der AGW-Wert für Styrol ist in den meisten Fällen auf 20 bis 50 ppm begrenzt. In hohen Konzentrationen kann Styrol die Gesundheit gefährden.

Bei der Verarbeitung ungesättigter Polyesterharze verflüchtigt sich ein Teil des Styrols. Die während des Verarbeitungsprozesses auftretende Emission nennt man dynamische Emission. Beginnt das Harz auszuhärten, kann immer noch Styrol entweichen, allerdings in vermindertem Umfang. Man bezeichnet dies als statische Emission. Das Ausmaß der Styrolemission hängt von vielen Faktoren ab, von denen einige im Folgenden besprochen werden sollen.

Einfluss des Verarbeitungsverfahrens

Die verschiedenen Verarbeitungsverfahren weisen unterschiedliche Styrolemissionsraten auf. Offene Verfahren weisen generell höhere Emissionswerte auf als geschlossene Verfahren, da ein Teil des Styrols während der Laminierung ungehindert in die Umgebung entweichen kann. Allerdings gibt es zwischen verschiedenen offenen Verfahren deutliche Unterschiede. Dies liegt daran, dass sich das Styrol über die Oberfläche des Laminats verflüchtigt. Wird das Harz während der Verarbeitung, wie beim Auftragen eines Gelcoats mit der Spritzpistole, in dünnen Schichten aufgebracht oder fein zerstäubt, kann viel Styrol entweichen. Ist die Oberfläche des Harzes bezogen auf die verarbeitete Menge dagegen klein, treten kleinere Emissionsraten auf. Das Faserspritzverfahren ist mit hohen Styrolemissionen verbunden: Hier wird das Harz in relativ feine Tröpfchen zerstäubt, besitzt also eine sehr große (spezifische) Oberfläche. Bei modernen Verfahren werden Tröpfchen mit größerem Durchmesser erzeugt, um die Emissionswerte zu reduzieren. Eine relativ hohe Styrolmenge entweicht auch beim Auftragen des Laminats mittels einer Rolle, weil die Oberfläche des Harzes ständig erneuert wird. Sobald sich das Harz verfestigt und auszuhärten beginnt, geht auch hier die Emission zurück.

Einfluss der Aushärtungsgeschwindigkeit

Aus der Oberfläche eines Laminats entweicht Styrol, solange das Harz flüssig ist. Zur Verarbeitung des Harzes ist eine gewisse Gelierzeit natürlich notwendig, idealerweise endet sie jedoch mit Abschluss der Laminierarbeit. Beginnt das Harz sich zu verfestigen, gehen die Styrolemissionen schnell zurück. Es ist also wichtig, Gelierzeit und Aushärtungsgeschwindigkeit so genau wie möglich durch die Auswahl des richtigen Härters einzustellen.

Einfluss der Umgebungstemperatur

Mit der Umgebungstemperatur steigt auch der Dampfdruck einer Flüssigkeit, daher kann bei höheren Temperaturen mehr Styrol aus der Oberfläche austreten. Die Gelierzeit des Harzes ist dagegen nahezu temperaturunabhängig, da sie die Verarbeitungszeit bestimmt. Höhere Umgebungstemperaturen resultieren daher in der Regel in einer höheren Styrolemission.

Das in dem Projekt zu entwickelnde Verfahren bietet der Sanitärindustrie aufgrund der deutlichen Energieeinsparungen die Möglichkeit und den Anreiz vom Tiefziehen Abstand zu nehmen.

Styrol in Gelcoats

Marktübliche Gelcoats, basierend auf ungesättigten Polyesterharzen (UP) beinhalten bis zu 45 % Styrol, welches als Reaktivverdünner in der Polymerisationsreaktion mit eingebunden wird. Bei der Applikation, speziell bei der Spritzverarbeitung, werden bis zu 8-10 % Styrol verdampft und über die Absaugung oder Raumluft als Umweltbelastung emittiert. Auch die Mitarbeiter müssen dann in Styroldämpfen arbeiten, was ggf. die Gesundheit beeinträchtigen kann. Eine Verringerung der Emission ist bei diesen Systemen nur über eine sehr aufwendige Abgasaufbereitung möglich.

Energiebilanz / Umweltentlastungen im Detail

Das Ziel von Phase 1 war eine Entwicklung eines witterungsstabilen Polyestergelcoats, der styrolfrei ist. Dieser Gelcoat soll aber die Vorteile des jetzigen Produktes wie einfache Verarbeitung, Zweikomponenten-System bewahren. Styrol steht seit längerer Zeit unter Diskussion der Umweltbehörden. In den USA wurde das Produkt bereits als eine mögliche Ursache für Krebsentwicklung bei Menschen eingestuft. Während der Applikation der jetzigen Produkte verdampft ein Teil des Styrols und wird in einen umfangreichen Prozess gefiltert und kann im weiteren Schritt in Styrolnachverbrennungsanlagen verbrannt werden. In vielen Anwendungen wird aber das verdampfte Styrol in die Atmosphäre emittiert.

Als Beispielrechnung: Bei BÜFA wird etwa 5.000.000 kg Gelcoats im Jahr hergestellt. Durch die Annahme, dass bei der Verarbeitung bis zu 10% der Styrolmenge (im Schnitt im BÜFA Gelcoat 35%) emittiert wird, können wir von einer Umweltbelastung von 175.000 kg Styrol sprechen. Bei einer Umstellung aller Gelcoats auf die neue Technologie kann diese Emission vermieden werden.

Durch die Entwicklung des styrolfreien Gelcoatsystems sollen bei der Herstellung von Kunststoffteilen Energie und umweltfeindliche Stoffe eingespart und die Wirtschaftlichkeit verbessert werden. Es entfallen zum einen die Energieaufwände der Tiefziehmaschinen, sowie deren Investitionen und die dadurch verwendeten Aluminiumformen. Zum anderen soll der Einsatz von Chemikalien (Styrol, Aceton) reduziert werden, einhergehend mit einer Verminderung von Emissionen und Schadstoffbelastungen am Arbeitsplatz.

Ein weiterer Aspekt bezogen auf das Gesamtsystem ist die GFK Verstärkung. Diese basiert auf Polyesterharz mit Styrol als Lösemittel. Diese GFK Verstärkung wird Stand heute bei den Tiefziehprodukten sowie auch bei den heutigen Gelcoatprodukten eingesetzt.

Durch den Einsatz von Füllstoffen kann der Styrolanteil entscheidend gesenkt werden. Zukünftige Entwicklungen gehen in die Richtung das Styrol als Lösemittel komplett zu ersetzen.

Parameter	Alt Tiefziehen	Alt - Systeme	Styrol-reduzierte Systeme – Ergebnis Phase 1	Styrol-freie Systeme – Ziel Phase 2
Energieeinsparung:				
Energieverbrauch Prozessschritt Tiefziehen pro Wanne	33,5 kWh			entfällt
Energieverbrauch Tiefziehen auf Basis 5000 Teile	167.500 kWh			-167.500 kWh (103.180 kg CO2)
Wirtschaftlich 16 Cent pro kWh in €	26.800			0
Einsparung umweltschädlicher Chemikalien				
Ø Gelcoatanteil pro Wanne 5kg		25.000 kg		
Styrol im Gelcoat		45 % = 11.250 kg	26% = -6.500 kg	0% = -11.250 kg
Aceton		3.000 kg	-1.000 kg	-3.000 kg
Ø Styrolhaltiger Polyesterharzanteil im GFK pro Wanne	15,6 kg	78.000 kg	-23.000 kg	-78.000 kg
Styrol im Polyesterharz		32.760 kg	-10.760 kg	-32.760 kg
Weitere Kosteneinsparungen				
Formkosten in € pro Form	20-35 T€			3-5T€
Wirtschaftlich 16 Cent pro kWh	26.800 €			- 26.800 €

Tabelle 3: Umweltentlastungen auf Jahresbasis 5.000 Wannern

3.5 Maßnahmen zur Verbreitung der Vorhabensergebnisse

Die Ergebnisse des Vorhabens wurden auf internationalen und nationalen Messen vorgestellt.

Insbesondere die erweiterten Designmöglichkeiten bei der Definition von Produkten, wie beispielsweise schärfere Konturen und kleinere Radien (s. Prototyp Tauchbecken), sind auf großes Interesse im Markt gestoßen. Der Prototyp des Tauchbeckens wurde 2014 auf der FIBO vorgestellt. Die Resonanz war sehr hoch. Weitere Messeauftritte (Dubai) und Publikationen sind bereits in Planung.



Abbildung 9: Tauchbeckenprototyp mit der neuen Gelcoatapplikation

4 Fazit und Ausblick für Phase 2

Die positiven Erfahrungen und Resonanzen (Feedback Markt) aus Phase 1 bestärken uns die Ziele in Phase 2 erreichen zu können.

Die Zielvorgaben für Phase 2 sind:

- Entwicklung eines styrolfreien Gelcoats
- Reduzierung des Acetonverbrauchs um 100 % durch Einsatz alternativer Materialien

Das Ziel von Phase 2 ist die vollständige Reduktion bzw. Vermeidung von Styrolemissionen. Allerdings kann die Styrolemission nur dann komplett ausgeschlossen werden, wenn der UP-Gelcoat kein Styrol enthält. Hier kommen unterschiedliche Reaktivverdünner in Frage bzw. sogar eine komplett neue Harzbasis.

Die Reaktivverdünner sind weiterhin notwendig, damit die Verarbeitbarkeit und im Anschluss die vollständige Polymerisation gewährleistet werden kann, da ein reines UP-Harz nicht ohne Reaktivverdünner bzw. Copolymer polymerisiert werden kann. Alternativstoffe sollten aber die Endproduktqualität nicht beeinträchtigen, die für die Sanitäranwendung relevant ist.

5 Literaturverzeichnis

Jürgen H. Aurer, Ab Kaspar, „Ungesättigte Polyesterharze“ Verlag Moderne Industrie, Landsberg/Lech, 2003

Materialien der Firma „BÜFA Reaktionsharze“, GmbH & Co. KG, 26180 Rastede, Deutschland