



**Abschlussbericht zum Vorhaben:**

Errichtung einer Fiberpipe-Schleuderrohranlage

Nka3 - 003120

**Fördernehmer/-in:**

Fiberpipe GFK Vertriebsgesellschaft mbH

**Umweltbereich**

(Ressourceneffizienz, Klimaschutz)

**Laufzeit des Vorhabens**

13.11.2015 – 31.10.2017

**Autoren**

Alexander Bamberger, Kerstin Klotzbach

Daniela Derißen, Marcus Lodde

Gefördert aus Mitteln des Bundesministeriums für Umwelt,  
Naturschutz und Reaktorsicherheit

Berichts-Kennblatt

<b>Aktenzeichen UBA</b>	<b>Vorhaben-Nr.</b> Nka3 - 003120
<b>Titel des Vorhabens / Report Title</b> „Errichtung einer Fiberpipeline-Schleuderröhrenanlage“, ‘Construction of a Fiberpipeline centrifugal pipe system’	
<b>Autor(en), Name(n), Vorname(n)</b> Alexander Bamberger, Fiberpipeline GFK Vertriebsgesellschaft mbH Daniela Derißen, Marcus Lodde, prisma consult GmbH / Effizienz-Agentur NRW, Duisburg	<b>Vorhabensbeginn</b> 13.11.2015 <b>Vorhabensende (Abschlussdatum):</b> 31.10.2017
<b>Fördernehmer / -in (Name, Anschrift)</b> Fiberpipeline GFK Vertriebsgesellschaft mbH Flämischer Ring 21 52222 Stolberg	<b>Veröffentlichungsdatum</b> 09.03.2018
	<b>Seitenzahl</b> 33
Gefördert im Rahmen des Umweltinnovationsprogramms des Bundesumweltministeriums	
<b>Kurzfassung / Summary</b> Die Fiberpipeline GFK Vertriebsgesellschaft mbH fertigt maßgeschneiderte und an spezielle Kundenforderungen angepasste Röhren aus glasfaserverstärktem Kunststoff. Durch die Realisierung einer weltweit einzigartigen Schleudertechnologie in einem geschlossenen Prozess können Röhren nachweislich deutlich energie- und ressourceneffizienter hergestellt werden.  Die Ergebnisse des Vorhabens wurden in einem dreimonatigen Messprogramm verifiziert. Die positiven Umwelteffekte liegen in der  <ul style="list-style-type: none"> <li>• Reduktion des Stromverbrauches um <span style="float: right;">79.490 kWh/a</span> und einer damit verbundenen CO<sub>2</sub>-Einsparung von 17,24 t/a</li> <li>• Reduktion des Harzeinsatz<sup>1</sup> um <span style="float: right;">3.150,00 kg/a sowie</span></li> <li>• Reduktion des Acetoneinsatzes um <span style="float: right;">2.574,35 kg/a</span></li> </ul> Der ursprünglich budgetierte Investitionsansatz in Höhe von 339.600,00 € wurde für das Projekt durch die tatsächlichen Kosten in Höhe von 349.851,19 € leicht überschritten. Die statische Berechnung der Amortisationszeit für die innovative Technik beträgt unter Berücksichtigung der Förderung 1,5 Jahre.  Mit der erfolgreichen Inbetriebnahme der innovativen Fertigungslinie von GFK-Röhren im Schleuderverfahren in einem geschlossenen Prozess ist der erstmalige großtechnische Einsatz dieser Technik in der Bundesrepublik Deutschland realisiert worden.	

<sup>1</sup> Bezogen auf Röhren Durchmesser DN 100.

Fiberpipe GFK Vertriebsgesellschaft mbH manufactures made-to-order glass-reinforced plastic pipes adapted to customer requirements. The use of centrifugal casting technology in a closed process - a world-wide first - makes pipe manufacture significantly more energy-efficient and resource-efficient.

The results of the project were verified in a three-month measuring programme. The positive environmental impacts are

- Reduction in electricity consumption by 79,490 kWh/a  
and an associated CO<sub>2</sub> saving of 17.24 t/a
- Reduction in resin use by 3,150.00 kg/a,
- Reduction in acetone use by 2,574.35 kg/a

The project investment of € 339,600.00 originally budgeted was slightly exceeded by the actual costs, amounting to € 349,851.19. Taking into account the funding, the static calculation of the amortisation period for the innovative technology is 1.5 years.

The bringing into operation of the innovative production line manufacturing GRP pipes using centrifugal casting in a closed process represents the first commercial use of this technology in the Federal Republic of Germany.

**Schlagwörter / Keywords**

GFK-Schleuderrohre (**G**lasfaserverstärkte **K**unststoffe), Wickelrohre, Schleuderverfahren, geschlossener Prozess, Epoxidharzmatrix

GRP centrifugal pipes (Glass Reinforced Plastic), winding tubes, centrifugal casting, closed process, epoxy resin matrix

**Anzahl der gelieferten Berichte**

**Papierform: 7**

**Elektronischer Datenträger: 1**

**Sonstige Medien**

EFA-Loseblattsammlung und Veröffentlichung im Internet geplant auf der Homepage: [www.ressourceneffizienz.de](http://www.ressourceneffizienz.de)

## **Kurzfassung**

### **Ausgangssituation**

Die Fiberpipe GFK Vertriebsgesellschaft mbH wurde 2003 in Draschwitz, Sachsen-Anhalt, gegründet. Mit Vergrößerung des Lagers erfolgte bereits 2004 der Umzug nach Zeitz. Im Jahr 2005 wurde das Vertriebsbüro West in Stolberg/Rheinland gegründet, 2008 erfolgte die Zusammenlegung von Lager und Verwaltung am Standort Stolberg/Rheinland. Die Produkte der Fiberpipe GFK Vertriebsgesellschaft mbH finden ihre hauptsächliche Anwendung

- in der chemischen Industrie,
- im Schiffbau und
- im Kraftwerksbau.

Seit der Firmengründung konnten über 350 Kunden gewonnen werden, dabei liegt die Auftragsgröße zwischen 20 Euro und 3,3 Mio. Euro. Die Kunden und Projekte sind dabei weltweit verteilt.

### **Ziel des Vorhabens**

Fiberpipe plante die Fertigung von GFK-Rohren im Schleuderverfahren in einem geschlossenen Prozess und ist nach erfolgreicher Umsetzung der erste Anbieter, der GFK-Rohre nach diesem Verfahren und ohne Styrol-Expositionen herstellt und somit nicht den Auflagen des BImSchG (Styrol, Harz) unterliegt.

GFK-Rohre bestehen aus glasfaserverstärkten Kunststoffen. Ihr Einsatzbereich ist aufgrund der höheren Belastbarkeit sehr vielfältig. GFK-Rohre kommen überall dort als Druckleitungen zum Einsatz, wo es außer einem korrosiven Medium zu erhöhten Temperaturen kommt. Durch die geringe Wärmeausdehnung und die hohen Festigkeiten ist das System ausgesprochen verlegefreundlich.

Beim Wickeln werden die mit Harz getränkten Glasfasern von außen auf eine Form gewickelt. Hier ist es möglich, durch den Vorschub den Wickelwinkel anzupassen.

Beim Schleudern werden die Glasfasergelege Innen in die Form eingelegt und dann mit Harz benetzt. Hier wird durch die Art des Geleges der Wickelwinkel vorgegeben.

Wickelrohre sind einfacher herzustellen, sie sind dabei jedoch in ihrer Qualität heterogener. Dies betrifft sowohl die Werkstoffgüte als auch die Oberflächenqualität der Außenflächen und damit auch die Maßhaltigkeit der Außendurchmesser. Beim Wickeln von Rohren aus Polyester oder Vinylesterharzen sind Styrolemissionen nicht zu vermeiden. Die Problematik der Styrolexposition ist am besten durch Oberflächenminimierung zu lösen, was durch die Schleudertechnologie im geschlossenen Prozess erreicht wird.

Mit dem neuen Verfahren sollen täglich 36 m Rohre (6 Rohre a 6 m) gefertigt werden. Bei ca. 250 Produktionstagen im Jahr sollen somit 9.000 m Rohr per anno produziert werden.

## Technische Lösung

Der Prozess gestaltet sich wie folgt:

- Schleuderform vorbereiten
- Glas zuschneiden
- Glas und Trennfolie auf den Hilfsdorn wickeln
- Form auf die Anlage montieren und ausrichten
- Anschleudern und entnahme des Hilfsdorns
- Form stirnseitig verschließen, Vakuum ziehen, Harz dosieren
- Schleudern
- Form entnehmen und fertiges Rohr herausziehen

Die nachfolgende Abbildung 1 stellt den Aufstellungsplan dar und wird nachstehend kurz erläutert.

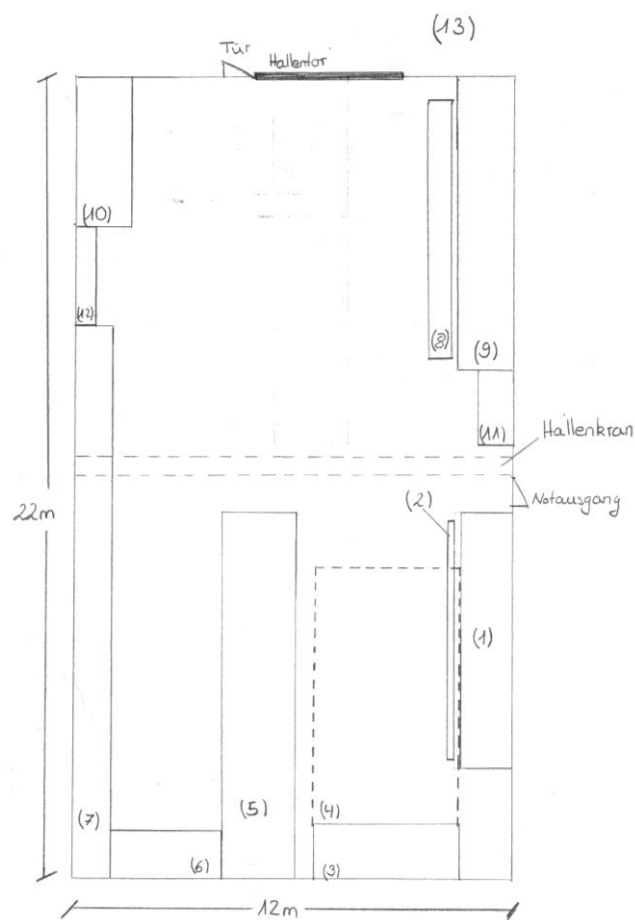


Abbildung 1: Aufstellungsplan

Die Produktionskomponenten aus dem Aufstellungsplan sind nachfolgend aufgeführt:

- 1) Formlager (Schwerlast-Regalsystem)
- 2) Bestückungstisch
- 3) Glaslager (Regalsystem)
- 4) Wickelfläche

- 5) Schleudieranlage mit entsprechender Einhausung
- 6) Misch- und Dosierstation, Vakuum-Aggregat (Gefahrstoffregal/Wanne)
- 7) Ausziehvorrichtung
- 8) Transportgestell
- 9) Temperofen
- 10) Gefahrstofflager beheizt (aktuell benötigte Mengen)
- 11) Arbeitsvorbereitung
- 12) Werkbank / Regalsystem (Kleinteile)
- 13) Regalsystem zur Lagerung der Produkte

Chemielager/Chemiecontainer zu Lagerung der Rohstoffe

### Technische und ökonomische Ergebnisse sowie ökologische Vorteile

Die technische Konzeption der GFK-Schleuderrohranlage konnte inhaltlich plangemäß aufgrund der im Vorfeld durchgeführten Forschungsprojekte umgesetzt werden.

Der Erfolg des Vorhabens lag im persönlichen Einsatz unserer Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter begründet und wurde durch das Vertrauen unserer Partner gestärkt. Die Leistungsfähigkeit der Anlage entspricht den Planungen, und wir können pro Schicht 6–8 Rohre produzieren. Die Oberflächengüte und Gleichmäßigkeit der produzierten Rohre hat sich seit der Inbetriebnahme der Anlage durch kontinuierliche Verbesserungen und Optimierungen der Abläufe und Prozesse nochmals deutlich verbessert.

Bei der Durchführung des Messprogrammes wurde deutlich, dass sich bei Antragstellung bezüglich des Materialeinsatzes Harz bei Rohren mit Durchmesser DN<sup>2</sup> 100 bei allen Technologien der Materialverbrauch um 10.000 kg/a zu niedrig angegeben wurde. Dementsprechend wurden die Harzverbräuche in der Tabelle 1 angepasst. Der Strom- und Acetonverbrauch wurde über alle Rohrdurchmesser auf das Jahr hochgerechnet.

	Wickel-Technologie	Schleudertechnologie (NOV, Sand Springs, USA)	Innovative Schleudertechnologie Bei Antragstellung	Innovative Schleudertechnologie Messprogramm	Unterschreitung Prognose
Stromverbrauch in kWh/a	210.000	252.000	50.000	30.510	- 19.490
CO <sub>2</sub> -Emissionen <sup>1</sup> in t/a	117,25	142,38	28,25	17,24	- 11,01
Harz in kg/a Korrigiert Messprogramm	18.000	17.600	17.460	14.850	- 2.610
Aceton in kg/a	2.600	1.300	104	25,65	- 78,35

<sup>1</sup> 565 g/KWh CO<sub>2</sub> dt. Strommix

Tabelle 1: Erreichte Umwelteffekte (Messprogramm)

Die Messergebnisse bezogen auf den Energie-, Harz- und Acetoneinsatz liegen deutlich unterhalb der bei Antragstellung erwarteten Werten.

Bei einer Harzeinsparung von 11.025 €, einer Energiekosteneinsparung von 19.744 €/a und einer Acetoneinsparung von 10.297,40 € ergibt sich bei statischer Berechnung unter Berücksichtigung der Förderung ein Kapitalrückfluss nach 1,5 Jahren.

<sup>2</sup> Nennweite (Abkürzung NW, oder DN von französisch diamètre nominal) bezeichnet den inneren Durchmesser eines Rohres.

Die tatsächlichen Kosten für das Vorhaben betragen 349.851,19 € und haben die geplanten Kosten um 10.251,19 € überschritten.

## **Übertragbarkeit / Maßnahmen zur Verbreitung der Projektergebnisse**

Der Modellcharakter ist darin begründet, dass das Anlagenkonzept auf Mitbewerber, die GFK Schleuderrohr herstellen möchten, übertragen werden kann. Produktspezifische Anlagenmodifikationen müssen im Einzelfall vom jeweiligen Anwender entwickelt und angepasst werden.

Die branchenspezifische Kommunikation dieses erfolgreichen Vorhabens soll zum einen über unsere Kunden erfolgen. Wir beabsichtigen auch Beiträge innerhalb der AVK-Industrievereinigung Verstärkte Kunststoffe e.V. und in der AKV-TV. Zudem werden wir unser Vorhaben in der Loseblattsammlung der Effizienz-Agentur NRW veröffentlichen.

## **Summary**

### **Initial situation**

The company Fiberspipe GFK Vertriebsgesellschaft mbH was founded in 2003 in Draschwitz, Saxony-Anhalt. When the storage facility was enlarged in 2004, the company relocated to Zeitz. In 2005, the sales office West was founded in Stolberg, Rhineland, and in 2008 the warehouse and administration were amalgamated at the Stolberg, Rhineland site. The products manufactured by Fiberspipe GFK Vertriebsgesellschaft mbH are mainly used

- in the chemicals industry,
- in shipbuilding and
- in power plant construction.

Since the company was founded, it has acquired more than 350 customers, with order sizes ranging from €20 to €3.3 million. The company has customers and projects all over the world.

### **Project aim**

Fiberspipe proposed to manufacture GRP pipes by centrifugal casting in a closed process and, after successfully implementing this project, is the first supplier to manufacture GRP pipes using this process and without styrene exposure; the process is therefore not subject to the provisions of the Federal Emission Control Act (BImSchG) (styrene, resin).

GRP pipes are made from **g**lass **r**einforced **p**lastics. Due to their superior strength, they can be used in a wide range of applications. GRP pipes can be used as pressure pipelines in any circumstances where a corrosive medium and high temperatures are involved. Thanks to the minimal thermal expansion and high rigidity, the system is extremely easy to lay.

In the winding process, the resin-impregnated glass fibres are wound onto a mould from the outside. The winding angle can be adjusted by altering the feed rate.

In the centrifuging process, the fibreglass mats are laid inside the mould and then moistened with resin. The winding angle is set depending on the type of mat.

Winding tubes are easier to produce, but they are more variable in their quality. This affects both the material quality and the external surface quality, and thus also the dimensional accuracy of the external diameter. When tubes are wound using polyester or vinyl ester resins, styrene

emissions are inevitable. The problem of styrene exposure can best be resolved by minimising the surface - this is achieved using centrifugal technology in a closed process.

The new process will produce 36 m of pipes (6 pipes at 6 m each) per day. With approx. 250 production days per year, this means 9,000 m of pipes are produced each year.

### Technical solution

The process is structured as follows:

- Prepare centrifugal mould
- Cut the glass to size
- Wind glass and release film onto the mandrel
- Mount and align mould on the system
- Centrifuging and removal of the mandrel
- Mould is closed on the face side, create a vacuum, meter out resin
- Centrifuge
- Remove the mould and extract the finished pipe

Figure 2 below shows the layout plan and is then discussed briefly.

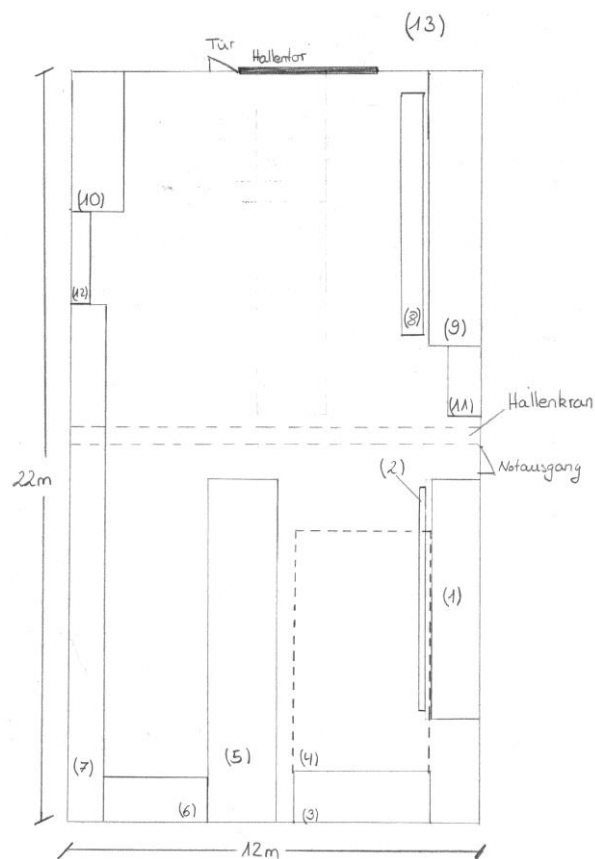


Figure 2: Layout plan

The production components from the layout plan are listed below:

- 1) Mould storage (heavy load shelving system)
- 2) Assembly workbench
- 3) Glass storage (shelving system)



- 4) Winding surface
- 5) Centrifugal system with appropriate housing
- 6) Mixing and metering station, vacuum unit (hazardous materials shelving / tank)
- 7) Extractor
- 8) Transport cradle
- 9) Annealing furnace
- 10) Hazardous materials warehouse, heated (quantities currently required)
- 11) Work preparation
- 12) Workbench / shelving system (small parts)
- 13) Shelving system for storage of the products

Chemicals storage / chemicals container for storage of raw materials

### Results from a technical and economic perspective and the environmental benefit

The technical concept of the GRP centrifugal pipe system was implemented according to plan on the basis of the research projects carried out in advance.

The success of the project was down to the individual efforts of our employees, and was strengthened by the confidence of our partners. The system performance is in line with the planning, and we can produce 6-8 tubes per shift. The surface quality and uniformity of the pipes produced has improved even further since the system was put into operation, thanks to continuous improvements and optimisation of the sequences and processes.

During the monitoring programme, it became clear that, with regard to the use of the resin, for all technologies the material usage quantity specified was out by a shortfall of 10,000 kg/a in pipes with diameter DN<sup>3</sup> 100 when the application was submitted. The resin consumption levels in Table 2 have been adjusted accordingly. The electricity and acetone consumption was extrapolated for the year across all pipe diameters.

	Winding technology	Centrifuge technology (NOV, Sand Springs, USA)	Innovative centrifuge technology On application	Innovative centrifuge technology Measuring programme	Shortfall from forecast
Electricity consumption in kWh/a	210,000	252,000	50,000	30,510	-19,490
CO <sub>2</sub> emissions <sup>1</sup> in t/a	117.25	142.38	28.25	17.24	-11.01
Resin in kg/a Adjusted Measuring programme	18,000	17,600	17,460	14,850	-2,610
Acetone in kg/a	2,600	1,300	104	25.65	-78.35

<sup>1</sup> 565 g/KWh CO<sub>2</sub> German electricity mix

Table 2: Environmental effects achieved (measuring programme)

The measurement results relating to use of energy, resin and acetone are considerably lower than the values expected at the time of application.

<sup>3</sup> Nominal diameter (abbreviated ND, or DN from the French diamètre nominal) denotes the internal diameter of a pipe.

At a resin saving of €11,025, an energy costs saving of €19,744 p/a and an acetone saving of €10,297.40, a static calculation taking into account the funding results in a cash return after 1.5 years.

The actual costs for the project were €349,851.19, exceeding the planned costs by €10,251.19.

### **Transferability / measures to distribute the project's results**

The character of the process as a model is based on the fact that the system concept can be transferred to competitors who want to manufacture GRP centrifugal pipes. Product-specific system modifications must be developed and adapted by the relevant user in individual cases.

The sector-specific communication of this successful project will be done on the one hand via our customers. We also propose to circulate information within the AVK, Industrievereinigung Verstärkte Kunststoffe e.V. (German Federation of Reinforced Plastics) and on AVK TV. In addition, we will publish our project in the loose-leaf collection of the Effizienz-Agentur NRW.

## Inhaltsverzeichnis

Kurzfassung.....	4
Summary .....	7
Abbildungsverzeichnis.....	12
Tabellenverzeichnis.....	13
1. Einleitung.....	14
1.1 Kurzbeschreibung des Unternehmens.....	14
1.2 Ausgangssituation .....	14
2. Vorhabensumsetzung.....	15
2.1 Ziel des Vorhabens.....	15
2.2 Darstellung der technischen Lösung (Auslegung und Leistungsdaten) ..	18
2.3 Darstellung der Umsetzung des Vorhabens .....	21
2.4 Behördliche Anforderungen (Genehmigungen) .....	25
2.5 Erfassung und Aufbereitung der Betriebsdaten .....	25
3. Ergebnisse.....	25
3.1 Bewertung der Vorhabensdurchführung.....	25
3.2 Durchführung und Ergebnisse des Messprogramms.....	26
3.3 Umweltbilanz .....	29
3.4 Wirtschaftlichkeitsanalyse.....	30
3.5 Technischer Vergleich zu konventionellem Verfahren .....	31
4. Empfehlungen.....	32
4.1 Erfahrungen aus der Praxiseinführung .....	32
4.2 Modellcharakter .....	32
4.3 Zusammenfassung .....	32

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Aufstellungsplan .....	5
Figure 2: Layout plan .....	8
Abbildung 3: Produktion Wickelrohr bei Asut Fiberglass, Mersin, Türkei.....	15
Abbildung 4: Durchlaufofen beim Wickelverfahren .....	17
Abbildung 5: Wickelkamm .....	18
Abbildung 6: Ausziehvorrichtung .....	19
Abbildung 7: Aufstellungsplan .....	19
Abbildung 8: Grundstück ohne Grasnarbe (22.08.2016) .....	22
Abbildung 9: Fertigstellung Halle (02.02.2017).....	22
Abbildung 10: Aufgebaute Schleuderrohranlage (10.02.2017).....	23
Abbildung 11: Innenansicht eines Epoxid-Rohres (24.04..2017).....	24
Abbildung 12: Epoxid-Rohre (24.04.2017) .....	24
Abbildung 13: Laufende Produktion (30.08.2017) .....	24

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Erreichte Umwelteffekte (Messprogramm).....	6
Table 2: Environmental effects achieved (measuring programme).....	9
Tabelle 3: Umwelteffekte .....	16
Tabelle 4: Projektplan .....	21
Tabelle 5: Messergebnisse vom 01.06.2017 bis 30.08.2017 .....	26
Tabelle 6: Energieverbräuche im Messzeitraum.....	27
Tabelle 7: Auflistung der Rohrformate und Rohrdurchmesser im Messprogramm	27
Tabelle 8: Spezifische Harzverbräuche je Rohrformat .....	28
Tabelle 9: Spezifische Messergebnisse bezogen auf 293 Rohre mit einer Gesamtlänge von 1.765,43 m. ....	28
Tabelle 10: Spezifische Messergebnisse bezogen auf eine Produktionsmenge von 9.000 m Rohr DN 100 .....	29
Tabelle 11: Erreichte Umwelteffekte (Messprogramm).....	29
Tabelle 12: Tatsächliche Einsparungen nach Durchführung des Messprogramms.....	30
Tabelle 13: Statische Amortisationsrechnung mit/ohne Förderung .....	31

## 1. Einleitung

### 1.1 Kurzbeschreibung des Unternehmens

Die Fiberpipe GFK Vertriebsgesellschaft mbH wurde 2003 in Draschwitz, Sachsen-Anhalt gegründet. Mit Vergrößerung des Lagers erfolgte bereits 2004 der Umzug nach Zeitz. Im Jahr 2005 wurde das Vertriebsbüro West in Stolberg/Rheinland gegründet, 2008 erfolgte die Zusammenlegung von Lager und Verwaltung am Standort Stolberg/Rheinland. Die Produkte der Fiberpipe GFK Vertriebsgesellschaft mbH finden ihre hauptsächliche Anwendung

- in der chemischen Industrie,
- im Schiffbau und
- im Kraftwerksbau.

Seit der Firmengründung konnten über 350 Kunden gewonnen werden, dabei liegt die Auftragsgröße zwischen 20 Euro und 3,3 Mio. Euro. Die Kunden und Projekte sind dabei weltweit verteilt.

Als Vertriebsgesellschaft bestand der ursprüngliche Anspruch im Handel mit GFK Rohren.. Inzwischen ist das Unternehmen jedoch ein Exklusivlieferant für GFK-Schleuderrohre entwickelt, konstruiert und montiert vollständige Systeme. Daher steht das Wort „Vertriebsgesellschaft“ für die direkte Kundennähe des Unternehmens.

Im Rahmen des geplanten Projektes soll die bisherige firmeneigene technologische Kompetenz auf Fertigungskompetenzen in Stolberg erweitert werden, um dort eigene Wertschöpfungsketten aufzubauen.

Fiberpipe steht für den leistungsfähigen Mittelstand, für deutsches Engineering, verfahrenstechnisches Wissen, präzise Projektsteuerung und Produkte von hoher Güte. Unsere Spezialisten analysieren im Vorfeld die besonderen Anforderungen, erstellen Projektpläne sowie Lasten- und Pflichtenhefte. Sämtliche ingenieurtechnischen Dienstleistungen kommen bei Fiberpipe aus einer Hand. Für optimale Projektabläufe fertigen wir sämtliche Komponenten vor und minimieren somit die Montagezeit. Unsere Rohrleitungen fertigen wir selbstverständlich nach anerkannten ISO-Standards, sodass sämtliche Rohre mit bereits bestehenden Systemen kompatibel sind. Wir bieten die gesamte Bandbreite an GFK-Rohrsystemen, verarbeiten alle Arten von Harz und fertigen bzw liefern sowohl Wickel- als auch Schleuderrohre.

### 1.2 Ausgangssituation

Technologisch und fertigungsbezogen lassen sich GFK-Rohre in Wickelrohre und Schleuderrohre unterscheiden. Wickelrohre sind vergleichsweise einfach herzustellen, wobei die Ergebnisse jedoch von heterogener Qualität sind. Dies betrifft sowohl die Werkstoffgüte - somit Zugfestigkeit als auch Elastizität – als auch die Oberflächenqualität der Außenflächen und damit auch die Maßhaltigkeit der Außendurchmesser. Beim Wickeln von Rohren aus Polyester oder Vinylesterharzen sind Styrolemissionen unvermeidbar.

Nachstehende Abbildung 3 soll die die Produktion für Wickelrohre veranschaulichen. Bei der ausführlichen Beschreibung der Umweltschutzwirkung werden wir auf die einzelnen Anlagenkomponenten nochmals gezielt eingehen. Beim Wickel ist es systembedingt, dass an allen Fertigungsstationen offene Oberflächen vorliegen. Aus diesen Oberflächen ergeben sich durch Verdampfen/Verdunsten Belastungen für Mensch und Umwelt. Diese Belastungen wollten wir vermeiden.



Abbildung 3: Produktion Wickelrohr bei Asut Fiberglass, Mersin, Türkei

Zusätzlich ist der Reinigungsaufwand bzw. der Acetonverbrauch sehr hoch, da alle mit dem flüssigen Harz in Verbindung kommenden Komponenten gereinigt werden müssen.

Der einzige Hersteller für Druckrohre aus glasfaserverstärkten Kunststoffen im Schleuderverfahren ist die ehemalige Fibercast (heute ein Teil der NOV) in Sand Springs, Oklahoma, USA. Seit 2003 vertreibt Fiberglass die Produkte dieses Herstellers in Deutschland. Allerdings fallen verfahrensbedingt im Rahmen der Herstellung bei Fibercast die Styrol-Expositionen an, die wir künftig mit unserem Herstellverfahren deutlich reduzieren werden können. Da die USA Fertigung mit offenen Formen arbeitet und dort die Emissionen an der inneren Oberfläche entstehen.

## 2. Vorhabensumsetzung

### 2.1 Ziel des Vorhabens

Fiberglass plante die Fertigung von GFK-Rohren im Schleuderverfahren in einem geschlossenen Prozess und ist nach erfolgreicher Umsetzung der erste Anbieter, der GFK-Rohre nach diesem Verfahren und ohne Styrol-Expositionen herstellt und somit nicht den Auflagen des BImSchG (Styrol, Harz) unterliegt.

GFK-Rohre bestehen aus glasfaserverstärkten Kunststoffen. Ihr Einsatzbereich ist aufgrund der höheren Belastbarkeit sehr vielfältig. GFK Rohre kommen überall dort als Druckleitungen zum Einsatz, wo es außer einem korrosiven Medium zu erhöhten Temperaturen kommt. Durch die geringe Wärmeausdehnung und die hohen Festigkeiten ist das System ausgesprochen verlegefreundlich.

Beim Wickeln werden die mit Harz getränkten Glasfasern von außen auf eine Form gewickelt. Hier ist es möglich durch den Vorschub den Wickelwinkel anzupassen.

Beim Schleudern werden die Glasfasergelege innen in die Form eingelegt und dann mit Harz benetzt. Hier wird durch die Art des Geleges der Wickelwinkel vorgegeben.

Wickelrohre sind einfacher herzustellen, sie sind dabei jedoch in ihrer Qualität heterogener. Dies betrifft sowohl die Werkstoffgüte als auch die Oberflächenqualität der Außenflächen und damit auch die Maßhaltigkeit der Außendurchmesser. Beim Wickeln von Rohren aus Polyester oder Vinylesterharzen sind Styrolemmissionen nicht zu vermeiden. Die Problematik der Styrolexposition ist am besten durch Oberflächenminimierung zu lösen, was durch die Schleudertechnologie im geschlossenen Prozess erreicht wird. Mit dem neuen Verfahren sollen täglich 36 m Rohre (6 Rohre a 6 m) gefertigt werden. Bei ca. 250 Produktionstagen im Jahr sollen somit 9.000 m Rohr per anno produziert werden.

Bei Durchführung und Konkretisierung des Messprogrammes wurde deutlich, dass bei Antragstellung bezüglich des Materialeinsatzes Harz bei allen Technologien der Materialverbrauch bei Antragstellung um 10.000 kg/a zu niedrig angegeben wurde.

Daher sind in der nachfolgenden Tabelle 3 die bei Antragstellung prognostizierten Verbräuche an Harz und die um 10.000 kg/a korrigierten Verbräuche dargestellt.

	Wickeltechnologie (Asut, Türkei)	Mersin, (NOV, Sand Springs, USA)	Schleudertechnologie (NOV, Sand Springs, USA)	Innovative Schleudertechnologie (Fiberpipe, Stolberg)
Stromverbrauch in kWh/a	210.000	252.000	50.000	
CO <sub>2</sub> - Emission <sup>1</sup> in t/a	117,25	142,38	28,25	
Harz in kg/a				
Antragstellung	8.000	7.600	7.460	
Messprogramm	18.000	17.600	17.460	
Styrol-Expositionen in kg/a	725	350	ca. 0	
Aceton in kg/a	2.600	1.300	104	

<sup>1</sup> 565 g/kWh CO<sub>2</sub> dt. Strommix

Tabelle 3: Umwelteffekte

Nachfolgend eine kurze Erläuterung zu den Umwelteffekten:

#### Stromverbrauch:

Die Neuheiten der innovativen Schleudertechnologie sind die höheren Dosiertemperaturen des Harzes und damit die hohe Reaktionskinetik und die geringe Viskosität, die Technik der Zentrifugation sowie die Verteilung des Harzes in der Form aufgrund der niedrigeren Viskosität. Dadurch sind auch die Drehzahlen während der Fertigung nur halb so hoch wie bei der Vergleichsschleuderanlage der Firma NOV, Sand Springs, USA. Wir nutzen die Reaktionskinetik der exothermen Reaktion komplett aus und müssen die Form mit Inhalt nur bis zur Starttemperatur erwärmen, den restlichen Temperaturanstieg erledigt die Reaktionswärme.

Die deutlich verbesserte Energieeffizienz wird somit im Prozess erzielt, da die Schleuderformen im Gegensatz zu den Wickelformen nicht abgekühlt werden müssen, um die Rohre aus der Form zu lösen.



Die zweite deutliche Energieeinsparung besteht darin, dass kein Durchlaufofen für das Tempern der Rohre benutzt werden muss. Durch die Ausnutzung der Reaktionswärme ist ein anschließendes Tempern der Rohre nicht nötig.



Abbildung 4: Durchlaufofen beim Wickelverfahren

#### Materialeinsatz (Harz):

Da bei der Wickeltechnik das flüssige Harz stets von der Form tropft bzw. bei schneller Rotation ausgeschleudert wird, muss Harz im Überschuß eingesetzt werden. Dies führt zu Verlusten von ca. 5–6%. Dies Verluste treten beim Schleudern nicht auf, da die exakt benötigte Menge Harz und Härter gemischt und zudosiert werden kann.

Die absolute Harzmenge variiert je nach Durchmesser und Druckstufe der Rohre. Dies führt folglich zu einem exponentiellen Anstieg des Harzverbrauchs bei wachsendem Durchmesser. Dies trifft auf sämtliche Herstellungsarten zu.

#### Vermeidung von Styrolemissionen:

Da es beim Schleudernverfahren keine freiliegende mit Harz benetzten äußeren Oberflächen gibt, kann kein Styrol freigesetzt werden. Beim Wickeln hingegen muss mit Styrolverlusten von ca. 5–7% gerechnet werden. Dies sind bei ca. 500 kg Harz mit 45% Styrolanteil ca. 11–16 kg Styrol pro Woche. Bei den geschlossenen Verfahren liegen die Verluste bei unter 1% und somit bei unter 2 kg pro Jahr und sind damit vernachlässigbar. Daraus ergibt sich eine jährliches Einsparung von 350–725 kg Styrol.

#### Einsparung von Aceton:

Bei dem innovative Schleuderverfahren in Stolberg sind die Verschmutzung von Anlagenkomponenten und somit der Reinigungsaufwand deutlich reduziert. Die einzigen Komponenten, die gereinigt werden müssen, sind die Mischgefäße und die ca. 0,7 m lange Zuleitung des Harzes zur Form inklusive der Düse. Die Reinigung ist nur bei der Düse sinnvoll und das hierzu benötigte Aceton beschränkt sich auf wenige Milliliter pro Anwendung. Bei etwa 1500 produzierten Rohren pro Jahr entspricht das in etwa 104 Litern Aceton.

Beim Wickelverfahren hingegen wird der gesamte Bereich unter sowie um die Form herum mit Harz verschmutzt, zusätzlich die Mischgefäße die Vorlagegefäße der Wickelkamm und andere Anlagenkomponenten, wie in Abbildung 5 zu erkennen ist. Diese müssen mit Aceton gereinigt werden, wozu etwa 50 kg pro Woche (2.600 kg/a) Aceton erforderlich sind.



Abbildung 5: Wickelkamm

Bei dem innovativen Schleuderverfahren ist die Verschmutzung von Anlagenkomponenten und somit der Reinigungsaufwand deutlich geringer als bei dem Wickelverfahren. Wir gehen aktuell von einer benötigten Menge von 2 kg pro Woche aus, woraus sich ein Einsparpotential von 2.496 kg pro Jahr ergibt.

## 2.2 Darstellung der technischen Lösung (Auslegung und Leistungsdaten)

Die innovative Schleudieranlage wurde am Standort Stolberg, Flämischer Ring 21, umgesetzt, dazu wurden

- ein Lagersystem für die verschiedenen Formen und Hilfsdorne,
- ein Lagersystem für das Harz und die Komponenten,
- ein Mischsystem für das Harz und die Komponenten,
- ein Lagersystem mit Zuschneidetisch für das Glas,
- die Formen,
- die Hilfsdorne,
- eine Auszugvorrichtung für die Rohre,
- ein Lagersystem für die Rohre,
- ein Ofen zum tempern der Rohre und
- verschiedenen Nebenaggregate wie Vakuumpumpen usw.

angeschafft.

Eine Versuchsschleudieranlage und die Ausziehvorrichtung (Abbildung 6) waren bereits vorhanden, mussten aber modifiziert und angepasst werden.



Abbildung 6: Ausziehvorrichtung

Die nachfolgende Abbildung 7, die den Aufstellungsplan skizziert, soll näher erläutert werden:

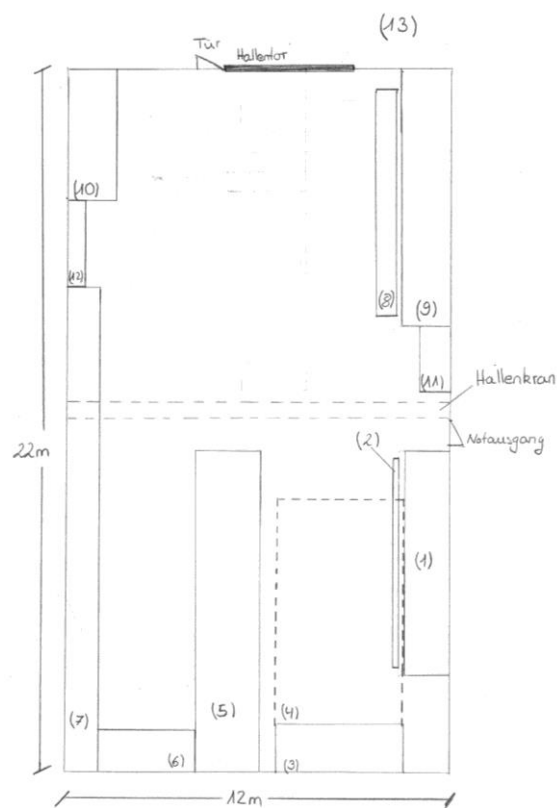


Abbildung 7: Aufstellungsplan

Die Komponenten aus dem Aufstellungsplan in Abbildung 7 werden nachfolgend aufgeführt:

- 1) Formenlager (Schwerlast-Regalsystem)
- 2) Bestückungstisch
- 3) Glaslager (Regalsystem)
- 4) Wickelfläche
- 5) Schleudieranlage mit entsprechender Einhausung

- 6) Misch- und Dosierstation, Vakuum-Aggregat (Gefahrstoffregal/Wanne)
- 7) Ausziehvorrichtung
- 8) Tempergestell
- 9) Temperofen
- 10) Gefahrstofflager beheizt (aktuell benötigte Mengen)
- 11) Arbeitsvorbereitung Werkbank / Regalsystem (Kleinteile)
- 12) Regalsystem zur Lagerung der Produkte  
Chemielager/Chemiecontainer zu Lagerung der Rohstoffe

- Die Schleuderform wird mit dem Kran aus dem Formenlager (1) entnommen und auf den fahrbaren Bestückungstisch (2) gelegt. Das Glas und die Trennfolie werden aus dem Glaslager (3) auf die Wickelfläche (4) abgerollt und zugeschnitten. Anschließend wird der Hilfsdorn aus dem Formenlager (1) genommen und auf das Glasgelege gelegt, um das Glas und die Trennfolie auf diesen aufzuwickeln. Im nächsten Schritt wird das Glas mit Hilfe des Hilfsdorns in die Form eingebracht.
- Mit dem Kran wird nun die Form auf die Schleuderanlage (5) gelegt und eingespannt. Die Form wird „angeschleudert“ und das Glas legt sich an die Außenwand. Der Hilfsdorn kann wieder entfernt werden und zurück ins Formenlager (1) gelegt werden. Nachdem die Form verschlossen wurde und das Vakuum aufgebracht wurde (Vakkumpumpe (6)), wird das Harz angemischt und dosiert (6). Nun wird der Schleudervorgang gestartet.
- Während des Schleuderprozesses kann die nächste Form auf dem Bestückungstisch (2) entsprechend der eben genannten Schritte vorbereitet werden. Nach dem Schleudervorgang kann die Form entnommen werden, auf die Ausziehvorrichtung (7) gelegt werden und auf die Entformungstemperatur abkühlen.
- Die bestückte Form kann nun in die Schleuderanlage (5) eingebracht werden und der Produktionsvorgang wie oben beschrieben durchgeführt werden. Während des laufenden Schleudervorgangs kann das bereits produzierte Rohr auf der Ausziehvorrichtung (7) entformt werden und in das Tempergestell (8) gelegt werden.
- Die Form wird anschließend gereinigt und in das Formenlager gelegt (1).
- Sobald das Tempergestell (8) gefüllt ist wird die komplette Charge im Temperofen (9) getempert.

In den genannten Arbeitsschritten sind keine vorbereitenden Arbeiten berücksichtigt.

### 2.3 Darstellung der Umsetzung des Vorhabens

Die nachfolgende Tabelle 4 beschreibt den Projektfahrplan für die Umsetzung des Projektes.

Projektmonat	2015							2016												2017									
	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	
<b>Bezeichnung</b>																													
Detailplanung																													
Angebote																													
Förderzusage																													
Vergabe Umbauleistungen																													
Bauzeit Umbau inkl. Planung																													
Bestellung Anlagenkomponenten																													
Lieferung Anlagenkomponenten																													
Aufbau																													
Umzug																													
Inbetriebnahme / Probetrieb																													
Zertifizierung der Produkte																													
<b>Dauerbetrieb</b>																													
<b>Erfolgskontrolle</b>																													

Tabelle 4: Projektplan

Die einzelnen Schritte im Projektablauf werden nachfolgend beschrieben und beziehen sich ausschließlich auf das Teilvorhaben (1), den Aufbau einer Schleuderrohranlage.

### 2.3.1 Bauphase

Nach Erhalt des Zuwendungsbescheides des Umweltinnovationsprogramms vom 20. November 2015 wurden die Planungen zum Vorhaben intensiviert. Die Fiberpipe-Schleuderrohranlage sollte an einem neuen Produktionsstandort errichtet werden, wozu ein Baugrundstück am Flämischen Ring (Flurstück 186) in 52222 Stolberg gefunden wurde.

Am 4. Juli 2016 wurde die Baugenehmigung für den neuen Standort Flämischer Ring 21, 52222 Stolberg erteilt und der erste Spatenstich Anfang August 2016 vorgenommen. Die Bauphase dauerte bis Februar 2017. Der Einzug in das fertige Gebäude erfolgte schließlich ab dem 6. Februar 2017. Anschließend wurden die Maschinen und Anlagen montiert und in Betrieb genommen. Der Baufortschritt wird mit nachfolgenden Bildern dargestellt.



Abbildung 8: Grundstück ohne Grasnarbe (22.08.2016)



Abbildung 9: Fertigstellung Halle (02.02.2017)





Abbildung 10: Aufgebaute Schleuderrohranlage (10.02.2017)

### 2.3.2 Produktprüfung

Nach dem Bau der Anlage wurde der Versuchsbetrieb aufgenommen und erste Prüfkörper hergestellt.

Es folgten Festigkeitsuntersuchungen am Zentrum für Leichtbau (ZFL) in Magdeburg inklusive der Produktzertifizierung nach AD Merkblatt HP 110 R bzw. DIN 16965. Die Berichte liegen vor und sind in der Anlage zu diesem Bericht beigefügt (vergl. Anhang 1).

Bereits Anfang 2016 erhielten wir von der Volkswagen AG einen Auftrag über eine Rohrlänge von insgesamt 1.000 m. Mit den Kunden K+S AG und Invent GmbH besteht bereits eine kontinuierliche und regelmäßige Geschäftsbeziehung.

### 2.3.3 Inbetriebnahme der neuen Produktionsanlage

Im Februar 2017 erfolgte der Umzug in die neue Produktionsstätte und der Aufbau der Schleuderrohranlage.

Ab dem 11.02.2017 bis Ende März 2017 erfolgte die Inbetriebnahme der Anlage. Der Probetrieb startet zum 01. April 2017. Ab Anlauf des Probetriebes bis Ende Juni wurde die Produktion von Epoxid-Rohren kontinuierlich ausgebaut und optimiert.

Nachfolgende Abbildungen 11 und 12 zeigen Epoxid-Rohre im Maß DN 250.



Abbildung 11: Innenansicht eines Epoxid-Rohres (24.04..2017)



Abbildung 12: Epoxid-Rohre (24.04.2017)

Abbildung 13 bildet einen Blick in den laufenden Produktionsbetrieb ab.



Abbildung 13: Laufende Produktion (30.08.2017)



## **2.4 Behördliche Anforderungen (Genehmigungen)**

Zur Errichtung der Anlage waren keine behördlichen Genehmigungen erforderlich.

Die Rohre wurden gemäß den Vorgaben der DIN 16965 bzw. AD Merkblatt HP 110R geprüft.

## **2.5 Erfassung und Aufbereitung der Betriebsdaten**

Die Erfassung der Betriebsdaten erfolgte durch ein dreimonatiges Messprogramm im Zeitraum von Juni bis August 2018.

Hierbei sollen folgende Parameter gemessen und ausgewertet werden:

- Der Verbrauch elektrischer Energie: Messung des Stromverbrauchs in festgelegten Intervallen.
- Der Einsatz an Harzgemisch (Harz-Härtergemisch), Glasfasern und PVA-Lack: Gewichtskontrolle des fertigen Produktes (Rohr) und Gegenüberstellung der eingesetzten Rohrmaterialien.
- Die Konzentration von Styrol in der Luft: mit einem Gasmessgeräte wird in Intervallen eine Messung des Styrolgehaltes erfolgen.<sup>4</sup>
- Der Aceton-Verbrauch soll über Rechnungsnachweise ermittelt werden.

Eine fortwährende Protokollierung von Materialstromdaten ist durch die Erfassung zu den Fertigungsaufträgen gewährleistet. Die Messungen für die neue Anlage wurden mit dem Dauerbetrieb am 01.06.2017 gestartet und sind am 31.08.2017 beendet worden.

Eine umfassende Beschreibung der Erfassung und Aufbereitung der Betriebsdaten (Messprogramm) findet in Kapitel 3.2 statt.

## **3. Ergebnisse**

### **3.1 Bewertung der Vorhabensdurchführung**

Die technische Konzeption der GFK-Schleuderrohranlage konnte inhaltlich plangemäß aufgrund der im Vorfeld durchgeführten Forschungsprojekte umgesetzt werden.

Der Erfolg des Vorhabens lag im persönlichen Einsatz unserer Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter begründet, und wurde durch das Vertrauen unserer Partner gestärkt. Die Leistungsfähigkeit der Anlagen entspricht den Planungen, und wir können pro Schicht 6–8 Rohre produzieren. Die Oberflächengüte und Gleichmäßigkeit der produzierten Rohre hat sich seit der Inbetriebnahme der Anlage durch kontinuierliche Verbesserungen der Abläufe und Prozesse nochmals deutlich verbessert. Die Produktion wurde auch in die Zertifizierung nach DIN ISO 9000:2015 aufgenommen.

Die bei der Planung des Vorhabens erkannten technischen Herausforderungen und Risiken waren beherrschbar. Zur Erreichung einer Wirtschaftlichkeit für unser Vorhaben war die gelungene Kundenakquise für unsere GFK-Rohre entscheidend.

---

<sup>4</sup> Die Konzentration von Styrol konnte im Messzeitraum nicht gemessen werden, weil keine Nachfrage nach styrolhaltigen Rohren bestand.

### 3.2 Durchführung und Ergebnisse des Messprogramms

Nachfolgende Tabelle 5 listet die Einzelergebnisse aus dem dreimonatigen Messprogramm auf.

Datum	pro- duzier- te Rohre	Meter Rohr	Verbrauch in kWh	Verbrauch Harz in kg	Verbrauch Glasfasern in kg	Verbrauch PVA-Lack in kg	Verbrauch Aceton in kg	Verbrauch kWh/Rohr	Verbrauch kWh/Meter	Verbrauch Harz in kg/Rohr	Verbrauch Harz in kg/Meter	Verbrauch Glasfasern in kg/Rohr	Verbrauch Glasfasern in kg/Meter
01.06.2017	5	30,2	94,80	88,04	105,04	0	0	18,96	3,13900662	17,6	2,9	21,0	3,5
02.06.2017	5	30,2	96,01	73,48	79,02	0	0	19,20	3,17897351	14,7	2,4	15,8	2,6
06.06.2017	5	30,2	116,30	58,92	56,99	0	0	23,26	3,85102649	11,8	2,0	11,4	1,9
07.06.2017	4	24,16	89,95	48,6	47,45	0	0	22,49	3,72317881	12,2	2,0	11,9	2,0
08.06.2017	4	24,16	94,34	48,6	47,45	0	0	23,59	3,90480132	12,2	2,0	11,9	2,0
09.06.2017	4	24,16	92,13	48,6	47,45	0	0	23,03	3,81320364	12,2	2,0	11,9	2,0
12.06.2017	6	36,24	120,07	72,9	71,17	0	0	20,01	3,31305188	12,2	2,0	11,9	2,0
13.06.2017	6	36,24	115,81	72,9	71,17	0	0	19,30	3,19550221	12,2	2,0	11,9	2,0
14.06.2017	6	36,24	114,03	72,9	72,17	0	0	19,01	3,14655077	12,2	2,0	12,0	2,0
16.06.2017	4	24,16	89,77	48,6	47,46	0	0	22,44	3,7156457	12,2	2,0	11,9	2,0
19.06.2017	6	36,24	115,20	72,9	71,17	0	0	19,20	3,17869757	12,2	2,0	11,9	2,0
20.06.2017	6	36,24	106,11	72,9	71,17	0	0	17,68	2,92789735	12,2	2,0	11,9	2,0
21.06.2017	6	36,24	103,08	70,2	55,94	0	0	17,18	2,84431567	11,7	1,9	9,3	1,5
22.06.2017	6	36,24	104,12	72,9	71,17	0	0	17,35	2,87295806	12,2	2,0	11,9	2,0
23.06.2017	6	35,35	111,99	68,41	60,71	0	0	18,66	3,1678925	11,4	1,9	10,1	1,7
26.06.2017	6	36,24	111,82	70,2	62,53	0	0	18,64	3,08556843	11,7	1,9	10,4	1,7
27.06.2017	6	36,24	117,29	70,2	62,53	0	0	19,55	3,23634106	11,7	1,9	10,4	1,7
28.06.2017	3	18,12	63,62	32,82	27,51	0	0	21,21	3,51103753	10,9	1,8	9,2	1,5
06.07.2017	5	30,2	98,00	68,1	58,2	0	0	19,60	3,24506623	13,6	2,3	11,6	1,9
07.07.2017	4	24,16	87,69	58,68	51,52	0	0	21,92	3,62959437	14,7	2,4	12,9	2,1
10.07.2017	4	23,25	80,81	46,77	38,1	0	0	20,20	3,47565591	11,7	2,0	9,5	1,6
11.07.2017	4	24,16	59,33	41,28	38,18	0	0	14,83	2,45575331	10,3	1,7	9,5	1,6
12.07.2017	4	24,16	71,03	41,28	38,18	0	0	17,76	2,94014901	10,3	1,7	9,5	1,6
13.07.2017	4	21,82	91,49	50,56	51,28	0	0	22,87	4,19275894	12,6	2,3	12,8	2,4
14.07.2017	4	24,16	89,52	55,92	56,71	0	0	22,38	3,70517384	14,0	2,3	14,2	2,3
17.07.2017	4	24,16	97,29	55,92	56,71	0	0	24,32	4,02706954	14,0	2,3	14,2	2,3
18.07.2017	4	24,16	85,59	56,29	57,09	0	0	21,40	3,5428394	14,1	2,3	14,3	2,4
19.07.2017	6	36,24	110,52	97,41	85,54	0	0	18,42	3,04953091	16,2	2,7	14,3	2,4
20.07.2017	6	36,24	113,90	69,26	57,09	0	0	18,98	3,14304636	11,5	1,9	9,5	1,6
21.07.2017	5	30,2	103,86	55,69	42,53	0	0	20,77	3,4392053	11,1	1,8	8,5	1,4
24.07.2017	6	36,24	121,49	68,81	56,71	0	0	20,25	3,3522351	11,5	1,9	9,5	1,6
25.07.2017	6	36,24	129,49	68,81	56,71	0	0	21,58	3,5732064	11,5	1,9	9,5	1,6
26.07.2017	6	36,21	123,91	68,81	56,71	0	0	20,65	3,42203811	11,5	1,9	9,5	1,6
27.07.2017	4	24,16	85,47	55,92	56,71	0	0	21,37	3,53766556	14,0	2,3	14,2	2,3
28.07.2017	4	24,16	87,56	55,92	56,71	0	0	21,89	3,62429636	14,0	2,3	14,2	2,3
31.07.2017	4	24,16	88,04	55,92	113,42	0	0	22,01	3,64391556	14,0	2,3	28,4	4,7
01.08.2017	5	30,2	92,81	69,9	70,89	0	0	18,56	3,07301325	14,0	2,3	14,2	2,3
02.08.2017	5	30,2	99,71	69,9	70,89	0	0	19,94	3,30152318	14,0	2,3	14,2	2,3
03.08.2017	4	24,16	85,21	55,92	56,71	0	0	21,30	3,52673841	14,0	2,3	14,2	2,3
04.08.2017	6	36,24	119,97	77,83	57,31	0	0	20,00	3,31051325	13,0	2,1	9,6	1,6
07.08.2017	6	36,24	119,28	77,83	85,5	0	0	19,88	3,29141832	13,0	2,1	14,3	2,4
08.08.2017	6	36,24	121,18	77,83	85,5	0	0	20,20	3,34384658	13,0	2,1	14,3	2,4
09.08.2017	6	36,24	118,24	77,83	85,5	0	0	19,71	3,26255519	13,0	2,1	14,3	2,4
10.08.2017	5	30,2	130,32	64,86	71,25	0	0	26,06	4,31519868	13,0	2,1	14,3	2,4
11.08.2017	6	36,24	122,33	90,8	99,75	0	0	20,39	3,37557947	15,1	2,5	16,6	2,8
14.08.2017	6	36,24	127,02	77,83	85,5	0	0	21,17	3,50485651	13,0	2,1	14,3	2,4
15.08.2017	6	36,24	118,71	77,83	85,5	0	0	19,78	3,27563466	13,0	2,1	14,3	2,4
16.08.2017	7	42,28	128,41	90,8	99,75	0	0	18,34	3,03710974	13,0	2,1	14,3	2,4
17.08.2017	6	36,12	115,89	77,66	85,32	0	0	19,32	3,20855482	12,9	2,2	14,2	2,4
18.08.2017	6	36,24	129,19	77,83	85,5	0	0	21,53	3,56481788	13,0	2,1	14,3	2,4
21.08.2017	6	36,24	126,24	77,83	85,5	0	0	21,04	3,48338852	13,0	2,1	14,3	2,4
22.08.2017	7	42,28	138,36	90,8	99,75	0	0	19,77	3,2723983	13,0	2,1	14,3	2,4
23.08.2017	6	36,24	117,22	77,83	85,5	0	0	19,54	3,23443709	13,0	2,1	14,3	2,4
24.08.2017	4	24,16	104,09	51,89	57,00	0	0	26,02	4,30827815	13,0	2,1	14,3	2,4
25.08.2017	4	24,16	86,74	51,89	57,00	0	0	21,69	3,59027318	13,0	2,1	14,3	2,4
28.08.2017	4	24,16	78,39	51,89	57,00	0	0	19,60	3,24470199	13,0	2,1	14,3	2,4
29.08.2017	4	24,16	82,86	51,89	57,00	0	0	20,72	3,42967715	13,0	2,1	14,3	2,4
<b>Gesamterg</b>	<b>293</b>	<b>1765,43</b>	<b>5943,55</b>	<b>3754,49</b>	<b>3779,82</b>		<b>5*</b>	<b>20,29</b>	<b>3,36663023</b>	<b>12,8</b>	<b>2,1</b>	<b>12,9</b>	<b>2,1</b>

Tabelle 5: Messergebnisse vom 01.06.2017 bis 30.08.2017

Im Durchführungszeitraumes des Messprogrammes wurden Rohre mit unterschiedlichen Durchmesern gefertigt und ausgewertet, da nicht genügend Rohre mit Durchmesser DN 100 für aussagefähige Ergebnisse nachgefragt wurden. Nachfolgend erfolgt die Bewertung der einzelnen Verbräuche.

#### Stromverbrauch:

Der Stromverbrauch ist für die Produktion der GFK-Schleuderrohre in festen Intervallen ermittelt und fortlaufend dokumentiert worden. Dazu wurden die monatlichen Energieverbräuche den monatlich produzierten Rohren (Anzahl und Länge in Meter) gegenübergestellt. Ein zuvor ermittelter permanenter Stromverbrauch für Heizungen, Notbeleuchtung, Server etc. In Höhe von ca. 2 kW pro Stunde ist berücksichtigt und abgezogen worden.

Monat	Gesamtstromverbrauch am Standort in kWh	Anzahl produzierte Rohre	Menge Rohr in m
Juni 2017	1.856,40	94	566,87
Juli 2017	1.725,00	84	504,08
August 2017	2.362,15	115	694,48
<b>Gesamtmenge:</b>	<b>5.943,55</b>	<b>293</b>	<b>1.765,43</b>

Tabelle 6: Energieverbräuche im Messzeitraum

#### Materialeinsatz:

Der Materialverbrauch an Harz-Härter-Gemisch, Glasfasern und PVA-Lack wurde qualitativ und mengenmäßig kontrolliert. Dazu wurden die In- und Outputmengen fortlaufend ausgewertet. Es wurden ausschließlich Rohre mit einer Epoxidharzmatrix hergestellt.

Im Zeitraum der Erfolgskontrolle vom 01.06.2017 bis 31.08.2017

- wurden ca. 3.754,49 kg Harz und
- wurden ca. 3.779,82 kg Glasfasern
- wurden ca. 5 kg Aceton
- wurden 0 kg PVA-Lack

verarbeitet.

Die nachfolgende Tabelle 7 zeigt die im Messprogramm gemessen Rohrformate und Durchmesser an.

Monat	Rohrformate und Anzahl der gefertigten Rohre nach Durchmesser	Anzahl produzierte Rohre	Menge Rohr in m
Juni 2017	49 Rohre DN 100 42 Rohre DN150 3 Rohre DN 300	94	566,87
Juli 2017	16 Rohre DN 100 51 Rohre DN 150 5 Rohre DN 200 12 Rohre DN 80	84	504,08
August 2017	115 Rohre DN150	115	694,48
<b>Gesamtmenge</b>		<b>293</b>	<b>1.765,43</b>

Tabelle 7: Auflistung der Rohrformate und Rohrdurchmesser im Messprogramm

Nachfolgende Tabelle 8 bildet die spezifischen Materialverbräuche je Rohrformat ab. Im Messzeitraum wurden insgesamt 1.765,43 m Rohr aus 3.754,49 kg Epoxidharz produziert. Diese setzen sich aus folgenden Rohrdurchmessern zusammen:

Durchmesser (DN)	Rohr in m	Harzverbrauch in kg	Spezifischer Harzverbrauch in kg je m/Rohr
100	391,69	644,95	1,65
150	1.252,97	2.840,72	2,27
200	30,20	99,91	3,31
300	18,12	90,50	4,99
80	72,45	78,42	1,08
<b>Gesamtmenge</b>	<b>1.765,43</b>	<b>3.754,50</b>	<b>2,13</b>

Tabelle 8: Spezifische Harzverbräuche je Rohrformat

Bei Hochrechnung des spezifischen Harzverbrauchs für den Rohrdurchmesser DN 100 auf eine Jahresmenge von 9.000 m Rohr ergibt sich ein Verbrauch von ca. 14.850 kg Harz<sup>5</sup>.

Styrol-Expositionen:

Während der Projektlaufzeit und Erfolgskontrolle wurden nur Rohre mit einer Epoxid-Matrix gefertigt und keine styrolhaltigen Rohre. Wir konnten keine Aufträge für styrolhaltige Rohre akquirieren und sehen auf absehbare Zeit für derartige Rohre keinen Markt. Somit können keine Aussagen zu möglichen Styrolexpositionen getroffen werden. Sollten entsprechende Rohre nachgefragt werden, würden umgehend Maßnahmen zur Einhaltung der immissionsrechtlichen Grenzwerte getroffen.

Acetonverbrauch: Der Verbrauch an Aceton wurde über Bestellungen ermittelt und betrug im Zeitraum der Erfolgskontrolle ca. 5 kg. Das Aceton wurde zu Reinigungsarbeiten eingesetzt, aber nicht für den originären Produktionsbetrieb verwendet. Da ein Verbrauch während des Messprogrammes stattfand, wird der Acetonverbrauch in die Umweltbilanz mit einbezogen.

Nachfolgende Tabelle 9 gibt den ungefähren Materialbedarf wieder. Im Messzeitraum von drei Monaten wurden 293 Rohre mit unterschiedlichen Durchmessern und einer Gesamtlänge von 1.765,43 m gefertigt.

	Gesamtverbrauch im dreimonatigen Messzeitraum
Strom	5.943,55 kWh
Epoxidharz	3.754,49 kg
Glasfasern	3.779,82 kg
PVA-Lack	0 kg
Aceton	*5 kg <sup>6</sup>

Tabelle 9: Spezifische Messergebnisse bezogen auf 293 Rohre mit einer Gesamtlänge von 1.765,43 m.

<sup>5</sup> Spezifischer Harzverbrauch von 1,65 kg je m/Rohr x 9.000 m/a = 14.850 kg/a.

<sup>6</sup> \*5 kg Acetonverbrauch wurde über Bestellscheine ermittelt; Aceton wurde nicht im originären Produktionsbetrieb, sondern für anfallende Reinigungsarbeiten eingesetzt.

### 3.3 Umweltbilanz

Nachfolgende Tabelle 10 listet die Umwelteffekte bei einer Produktionskapazität von 9.000 DN 100 m/a auf.

	Verbrauch bei 9.000 m
Stromverbrauch	30.510,00 kWh
Harz	18.900 kg
Glasfasern	19.800 kg
PVA-Lack	0 kg
Aceton	25,65 kg <sup>7</sup>
Styrol-Exposition <sup>8</sup>	Keine Angabe möglich

Tabelle 10: Spezifische Messergebnisse bezogen auf eine Produktionsmenge von 9.000 m Rohr DN 100

Bei der Durchführung des Messprogrammes wurde deutlich, dass sich bei Antragstellung bezüglich des Materialeinsatzes Harz bei Rohren mit Durchmesser DN 100 bei allen Technologien der Materialverbrauch um 10.000 kg/a zu niedrig angegeben wurde. Dementsprechend wurde der Bedarf an Epoxidharz in der nachfolgenden Tabelle 11 angepasst. Der Strom- und Acetonverbrauch wurde über alle Rohrdurchmesser auf das Jahr hochgerechnet.

	Wickel-Technologie (Asut Fiberglass Mersin)	Schleudertechnologie (NOV, Sands Spring)	Innovative Schleudertechnologie (Fiberpipe Stolberg)		Unterschreitung der Prognose
			Bei Antragstellung	Messungen Hochgerechnet auf die Jahresproduktion von 9000 m DN 100	
Stromverbrauch in kWh/a	210.000	252.000	50.000	30.510	- 19.490
CO <sub>2</sub> -Emissionen <sup>1</sup> in t/a	117,25	142,38	28,25	17,24	- 11,01
Harz in kg/a Korrigiert Messprogramm	18.000	17.600	17.460	14.850	-2.610
Aceton in kg/a	2.600	1.300	104	25,65	- 78,35

<sup>1</sup> 565 g/KWh CO<sub>2</sub> dt. Strommix

Tabelle 11: Erreichte Umwelteffekte (Messprogramm)

<sup>7</sup> \*Der Acetonverbrauch wurde über Bestellscheine ermittelt; Aceton wurde nicht im originären Produktionsbetrieb, sondern für anfallende Reinigungsarbeiten eingesetzt. Der Verbrauch wird aufgrund der Bestellmenge für die Hochrechnung angesetzt und hochgerechnet.

<sup>8</sup> Die Konzentration von Styrol konnte im Messzeitraum nicht gemessen werden, da keine Kundennachfrage nach styrolhaltigen Rohren bestand.

Die Messergebnisse bezogen auf den Energie-, Harz- und Acetoneinsatz liegen deutlich unter den bei Antragstellung erwarteten Werten.

### 3.4 Wirtschaftlichkeitsanalyse

Die ursprünglich geplanten Gesamtausgaben des Investitionsvorhabens wurden um 10.251,19 € überschritten und betragen 349.851,19 €. Die Mehrkosten sind aus zu niedrigen Kostenabschätzung bei Antragstellung zu erklären.

Der Kapitalrückfluss beträgt unter Berücksichtigung der besonderen Einsparungen für Rohre im Durchmesser DN 100 sowie des Zuschusses ca. 1,5 Jahre.

Einsparung aus Vergleich innovative Schleudertechnologie versus Wickeltechnologie (bezogen auf 9.000 m/a Rohrproduktion)			
Strom	geplante Einsparung p.a.	160.000 kWh	17.600,00 €
	tatsächliche Einsparung p.a.	179.490 kWh	19.744,08 €
Harz	geplante Einsparung p.a.	525,00 kg <sup>9</sup>	4.375,00 €
	Tatächlicher Einsparung p.a.	3.150,00 kg <sup>10</sup>	11.025,00 €
Aceton	geplante Einsparung p.a.	2.496,00 kg	9.984,00 €
	tatsächliche Einsparung p.a.	2.574,35 kg	10.297,40 €
Gesamteinsparung pro Jahr geplant			31.959,00 €
Gesamteinsparung pro Jahr tatsächlich			41.066,48 €

Tabelle 12: Tatsächliche Einsparungen nach Durchführung des Messprogramms

<sup>9</sup> 540 kg Harzeinsparung bezogen auf die Wickeltechnologie und 140 kg Harzeinsparung bezogen auf die Schleudertechnologie (USA), ( Ansatz laut Antragstellung)

<sup>10</sup> Tatsächliche Harzeinsparung 3.150 kg (bezogen auf Rohre DN 100): gem. Messprogramm 18.000 kg Harzverbrauch abzgl. 17.460 kg abgeschätzt bei Antragstellung = 540 kg Harzverbrauch; tatsächlich 17.460 kg abzgl. 14.850 kg = 2.610 kg + 540 kg = 3.150 kg).

## Amortisationsrechnung (Kapitalrückfluss-, Pay back Methode)

	Gesamtinvestition ohne Beihilfe	Gesamtinvestition mit Beihilfe	Bemerkung
<b>Anschaffungskosten [€]:</b>	349.851	349.851	
<b>Restwert [€]:</b>	0	0	
<b>Beihilfe [€]:</b>	0	101.880	
<b>Anschaffungskosten - Beihilfe [€]:</b>	349.851	247.971	
<b>Nutzungsdauer [a]:</b>	10	10	
<b>Kalkulatorischer Zins [%]:</b>	5	5	
<b>Kalkulatorische Abschreibung [€]:</b>	34.985	34.985	
<b>Energieeinsparung [€]:</b>	19.744	19.744	179.490 kWh/a x 0,11 €/kWh
<b>Saldo Instandhaltung [€]:</b>	10.000	10.000	Regelinstandhaltung Abluftanlage
<b>Saldo Material [€]:</b>	21.322	21.322	Harz, Aceton
<b>Kapitalkosten [€]:</b>	<b>-43.731</b>	<b>-41.184</b>	
<b>Saldo Sonstiges [€]:</b>	120.000	120.000	Mehrerlös durch eigene Produktion
<b>Jährliche Kosteneinsparung:</b>	127.335	129.882	
<b>Amortisationszeit [a]:</b>	<b>2,2</b>	<b>1,5</b>	

Tabelle 13: Statische Amortisationsrechnung mit/ohne Förderung

Die Einsparung von 10.000 € pro Jahr bei der Regelinstandhaltung der Abluftanlage und einen Mehrerlös durch die eigene Produktion von 120.000 € pro Jahr wurden bei Antragstellung in dieser Höhe abgeschätzt und haben sich bestätigt.

### 3.5 Technischer Vergleich zu konventionellem Verfahren

Mit unserem Vorhaben wurde die Umsetzung einer weltweit einzigartigen Schleudertechnologie in einem geschlossenen Prozess realisiert. Für die Umsetzung waren spezielle Maschinen- und Anlagentechnologien erforderlich.

Durch das innovative Verfahren wird der Strom- und Harzverbrauch gegenüber konventionellen am Markt vorhandenen Verfahren deutlich reduziert. Die Schleudertechnologie ist damit sowohl ökologisch als auch wirtschaftlich eine gute Alternative zur Wickeltechnologie. Nicht zuletzt vor dem Hintergrund, dass eine Wickelanlage auch vor dem Genehmigungshintergrund des BImSchG ganz anderen Anforderungen genügen muss als eine Schleuderanlage.

Grundsätzlich sieht die neue Schleudertechnologie vor, dass mittels eines Dorns/Einführhilfe Glasfasergewebe in ein Rohr (das den Außendurchmesser bestimmt) eingelegt wird. Anschließend wird ein spezifisches Kunststoff-Härter-Gemisch eingefüllt. Unter Ausnutzung der Fliehkräfte durch Rotation wird das Kunststoff-Härter-Gemisch in das Gewebe eingebracht und an die Außenwand gepresst. Ein spezifisches Temperatur- und Drehzahlregime führt zur Aushärtung des Kunststoff-Härter-Gemisches an der Außenwand. Das fertige Rohr kann entnommen werden.

Wesentlicher Punkt bei der Umsetzung ist die Viskosität des Harz-Härter-Gemischs, welches sich unter einem darauf abgestimmten Temperatur- und Drehzahlverlaufs homogen im Glasfasergewebe und an der Außenwand verteilt. Dabei sind Temperatur, Druck, Drehzahl, die Reaktionszeit der Polymerisation des 2-komponenten Harzes und die Viskosität entscheidend. Für den Prozess ist wesentlich, dass die Dosierung des Harz/Härtergemischs während des Fertigungsprozesses durch Unterdruck erfolgt. Die Fließeigenschaften des Kunstshares erfordern diese Maßnahme. Das Ausgasen würde zu Risiken für die Umwelt und das Personal führen. In dem geschlossenen Prozess werden jedoch sämtliche Anforderungen des Arbeits- und Umweltschutzes sicher erfüllt.

## **4. Empfehlungen**

### **4.1 Erfahrungen aus der Praxiseinführung**

Die innovative Schleuderrohranlage wurde von uns an einer Versuchsanlage (Prototyp) entwickelt und im Rahmen des dargestellten Vorhabens erstmalig großtechnisch umgesetzt und in Betrieb genommen.

Die Schwierigkeit bestand darin, die Prozessparameter aus der Versuchsanlage auf die erste großtechnische Anlage zu übertragen bzw. entsprechend anzupassen. Aufgrund der Erfahrung aus der Prototypenanlage und unseren fähigen und motivierten Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern ist uns dies gut gelungen.

Die Betriebserfahrung hat gezeigt, dass eine ca. 20 % längere Verweilzeit der Form auf der Schleudermaschine und ein langsames Abkühlen die Qualität signifikant verbessert. Damit sind die weiteren Verkürzung der Taktzeit physikalische Grenzen gesetzt worden.

Wir werden zeitnah das erfolgreiche Vorhaben und die erhaltene Förderung auf unsere Homepage darstellen. Die erzielten Umwelteffekte nutzen wir als Marketingargument in unseren Kundengesprächen und werden dies bei der Erstellung zukünftiger Broschüren und Werbeaussagen entsprechend einbinden. Die Industrievereinigung verstärkte Kunststoffe hat die Fiberpipeline für das Verfahren Ende 2016 mit dem Innovationspreis ausgezeichnet.

### **4.2 Modellcharakter**

Die Fiberpipeline GFK Vertriebsgesellschaft mbH ist der erste Anbieter, der GFK-Rohre im Schleuderverfahren mit signifikant reduzierten Styrol-Expositionen herstellen kann und nicht den Auflagen des BImSchG hinsichtlich der Styrolharzexpositionen unterliegt.

Als weitere Anwender dieser technischen Innovation kommen in Deutschland 5 weitere Produktionsstandorte unserer Marktbegleiter in Frage, in West-Europa umfasst das Potenzial insgesamt mehr als 35 Produktionsstandorte. Die Auszeichnung des Verfahrens mit dem Innovationspreis des AVK (Arbeitsgemeinschaft verstärkte Kunststoffe) im Jahr 2016 hat die Stärken des Verfahrens nochmals verdeutlicht.

Ein Ziel des AVK-Innovationspreises ist die Förderung neuer Produkte/Bauteile bzw. Anwendungen aus faserverstärkten Kunststoffen (FVK) sowie die Förderung neuer Verfahren bzw. Prozesse zur Herstellung dieser Faserverbund - Produkte. Die Jury würdigt mit diesem Preis die von der Fiberpipeline entwickelten Neuerungen zur Herstellung von GFK Rohren im Schleuderverfahren. Besonders die signifikanten Reduzierungen von Emissionen im Produktionsprozess setzten einen neuen Standard.

Durch die Herstellung der Rohre in einem geschlossenen Prozess (geschlossene Form) werden Emissionen von Monomeren unterbunden und der Schutz der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter sowie der Umwelt auf eine neue Stufe gehoben.

### **4.3 Zusammenfassung**

Die Ergebnisse des Vorhabens wurden über ein dreimonatiges Messprogramm ermittelt. Die Umwelteffekte ergeben sich aus der



- Reduktion des Stromverbrauches um 179.490 kWh/a  
und einer damit verbundenen CO<sub>2</sub>-Einsparung von 17,24 t/a
- Reduktion des Harzeinsatz<sup>11</sup> um 3.150,00 kg/a
- Reduktion des Acetoneinsatzes um 2.574,35 kg/a

Der ursprünglich budgetierte Investitionsansatz in Höhe von 339.600,00 € wurde für das Projekt durch die tatsächlichen Kosten in Höhe von 349.851,19 € leicht überschritten. Die statische Berechnung der Amortisationszeit für die innovative Technik beträgt unter Berücksichtigung der Förderung 1,5 Jahre.

Mit der erfolgreichen Inbetriebnahme der innovativen Fertigungslinie von GFK-Rohren im Schleuderverfahren in einem geschlossenen Prozess ist der erstmalige großtechnische Einsatz dieser Technik in der Bundesrepublik Deutschland realisiert worden.

---

<sup>11</sup> Bezogen auf Rohre Durchmesser DN 100.