

# **Entwicklung von Produkten und Technologieprototypen für die gesamtheitliche Flutlackierung zur Steigerung der Ökologie- und Ökonomieeffizienz bei der industriellen Holzbeschichtung**

**DBU AZ 19015**

Verfasser: Dr. Guido Hora  
Fraunhofer Institut für Holzforschung  
Wilhelm-Klauditz-Institut (WKI)  
Bienroder Weg 54e  
D-38108 Braunschweig

Projektbeginn: 01.06.2003

Projektende: 31.10.2005

Laufzeit: 29 Monate

Braunschweig, den 06.12.2005

## Inhaltsverzeichnis

	Seite
<b>1 Anlass und Zielsetzung des Berichtes</b>	<b>4</b>
<b>2 Darstellung der Arbeitsschritte und der angewandten Methoden</b>	<b>5</b>
<b>3 Ergebnisse</b>	<b>7</b>
<b>4 Diskussion</b>	<b>19</b>
<b>5 Öffentlichkeitsarbeit</b>	<b>23</b>
<b>6 Fazit</b>	<b>24</b>
<b>7 Literaturangaben</b>	<b>25</b>
<b>8 Anhang</b>	<b>26</b>

## Bild- und Tabellenverzeichnis

**Bild 1:** Viskositätsprüfung von Flowcoat Gebinden für den ersten großtechnischen Einsatz im Frühjahr 2004 im Anwenderzentrum in Konken; rechts: erstes 5l Gebinde einer farblosen Laborcharge

**Bild 2:** Prüfung der Elastizität eines flutfähigen Deckbeschichtungslabormusters (nussbaum) und Freilandbewitterung von ganzheitlich deckend-weiß gefluteten Holzfenstereckkanteln (L-joints) der zweiten Labormustergeneration (**Stand Februar 2004**)

**Bild 3:** Patentierte Miniaturflutanlage (Patent PST-Fall Nr.: 03F43731-WKI) nach dem Bau und während der Applikation eines lasierenden Flutlackes (nussbaum) auf ein Kiefernholznormbrett

**Bild 4:** Prototyp der neuen Flutanlage im Technikum der Firma Rhenocoll bei ersten konventionellen Flutversuchen im März 2004

**Bild 5:** Beschichtungskosten einer Fenstereinheit der Firmen A und B konventionell und mit 3- bzw. 4-maligem Flutauftrag

**Bild 6:** Teilnehmer beim Flow-Coat Anwenderdemonstrationstag am 25.06.2004 in Konken (Praktischer Teil)

**Bild 7:** Theoretischer Schulungsblock während des Anwenderdemonstrationstages am 25.06.2004 in Konken unter Mitwirkung von Dr. M. Hempel von der DBU

**Bild 8:** Anwenderspezifische Flutversuche mit einer nussbraunen lasierenden Lasur am 16./17.03.2005 bei der Firma PADO Elementebau GmbH, Braunschweig

**Diagramm:** Ablaufdiagramm für das Flutverfahren am Beispiel von Holzfenstern

**Tabelle:** Vergleich zwischen Lackabfall (nass), Energiebedarf, Auftragswirkungsgrad und Lösemittelabdunstung bei verschiedenen Beschichtungsvarianten basierend auf 8000 FE (FE= Fenstereinheiten = 1,69 m<sup>2</sup>)

## **Anlass und Zielsetzung des Projektes**

Zur Abfallreduzierung und -vermeidung bei der Verwendung von Lacken und Farben, wie Overspray, Lackschlämme, Abwässer und Abluft, müssen Produkte, Technologien und Prozesse identifiziert werden, bei denen ein hoher Recyclinganteil unter Wahrung der Qualität realisiert werden kann. Aufgrund legislativer europäischer Anforderungen werden bei den jeweiligen Recyclingprozessen die Anteile an wasserverdünnbaren Beschichtungssystemen bis zum Jahr 2007 europaweit stetig zunehmen. Insbesondere in der deutschen Holzindustrie ergeben sich für die Anwender derzeit nur bedingt zufriedenstellende lackiertechnologische Konzepte, die trotz Umstellung auf wasserverdünnbare Beschichtungssysteme weder eine Einhaltung der geforderten Grenzwerte aus der EU-Direktive noch eine optimale Abfallvermeidung vollständig sicherstellen können. Insbesondere bei der überwiegend angewendeten Spritztechnologie und fehlender technischer Voraussetzungen für ein umfassendes Lackrecycling ergibt sich immer noch ein erhebliches ökologisches und ökonomisches Einsparpotential durch Umstellung auf „alternative“ Beschichtungssysteme und -technologien. Die ganzheitliche Flutlackiertechnologie speziell für Holzaußenbauteile und -produkte, welche bereits vom Antragssteller Rhenocoll und dem Unterauftragnehmer WKI in der jüngsten Vergangenheit im Rahmen eines europäischen Forschungsprojektes in wesentlichen Grundzügen für die industrielle Weiterentwicklung erforscht wurde, stellt eine wichtige und relativ zügig umzusetzende Alternative einer umweltgerechten Lösung zur Emissionsminderung von organischen Lösemitteln für die deutschen Holzbeschichtungsbetriebe dar. Ein weiterer positiver Aspekt ist, dass die Flutlackierung bei der Anwendung als Imprägnierung, Grundierung und Zwischenbeschichtung auf Holzbauteilen schon eine hohe Marktverbreitung und –akzeptanz besitzt. Innerhalb des Projektes, welches partiell auf die im Rahmen des EU-Projektes generierten Erkenntnisse von geeigneten Produkt- und Technologieklassen und den bekannten Qualitäts- und Produktprüfungsergebnissen aufbaut, soll ein innovatives Beschichtungssystem mit einem speziell darauf abgestimmten Flutlackierprozess marktfähig entwickelt werden. Im Speziellen sollen bislang im Markt nicht vorhandene „ganzheitlich flutfähige“ semi-transparente und deckende Beschichtungssysteme für eine weite Spanne an Holzbauteilen formuliert und an einer „flexiblen“ Modellflutanlage potentiellen Anwendern in Deutschland im Rahmen einer intensiven Ergebnisverwertungsphase vorgeführt werden. Durch anwenderspezifische Schulungsblöcke, Demonstrationen und individuelle Beratungsangebote soll ein optimaler Verwertungsansatz innerhalb des Projektes geschaffen werden, der eine effiziente Umsetzung bei verschiedenen Anwenderkreisen ermöglicht. Aufgrund der hohen Erwartungshaltung seitens der potentiellen Anwender und durch den innovativen Projektcharakter des „ganzheitlichen“ Flutlackierungskonzeptes ist zu erwarten, dass die Projektverwertung auch im europäischen Umfeld auf erhebliches Interesse stoßen dürfte.

## Darstellung der Arbeitsschritte und der angewandten Methoden

Die Basis zum Erreichen der angestrebten Projektziele war durch Einbau und die Gewährleistung der **4** Meilensteine in dem Projektablauf gegeben. Die **Stufe A** des Projektes beinhaltet: Flutlackentwicklung – Optimierung - Prüfung – Laborversuche – Musterobjekte.

Die folgenden lacktechnischen Fragestellungen für das Bindemittel wurden bearbeitet:

- Überprüfung der Verträglichkeit mit geeigneten Pigmentpasten
- Überprüfung der Verträglichkeit mit geeigneten Konservierern
- Ermittlung geeigneter Koaleszenzmittel und Koaleszenzmittelkonzentrationen
- Ermittlung geeigneter Entschäumer und Entschäumerkonzentrationen

Zur Ermittlung von stabilen Rezepturaufbauten sind die folgenden Komponenten verifiziert worden:

- Bindemittel bzw. Bindemittelkombination
- Wasser
- Entschäumer bzw. Entschäumerkombination
- Koaleszenzmittel bzw. Koaleszenzmittelkombination
- Konservierer
- Pigmentpastenkombination

Des Weiteren erfolgte die Entwicklung von auf den an den Decklack angepassten Primerrezepturen unter Einbeziehung der folgenden Eigenschaften:

- Homogenität
- Entschäumung
- Sedimentation
- Aufrührbarkeit
- Lagerstabilität
- Verlauf
- Schleifbarkeit
- Trocken-, Nasshaftung von Flowcoat auf dem Primer
- Anquellverhalten
- Wasseraufnahme
- Reißdehnung/ Reißfestigkeit

Im Folgenden werden noch kurz die Arbeitspakete und Entwicklungsarbeiten der **Stufe A** kurz charakterisiert.

### ***Stufe A: Lackentwicklung – Optimierung- Prüfung – Laborversuche – Musterobjekte***

**Arbeitspaket A1.:** Auf Basis wasserverdünnbarer Dispersionen, die bereits in dem EU-CRAFT Projekt zum Einsatz kamen, wurde die Lackentwicklung schwerpunktmäßig bearbeitet. Insbesondere die Wirkweise der Schutzkolloide und Emulgatoren zur Stabilisierung der Dispersionen waren zu prüfen und zu optimieren. Dazu wurden 10 unterschiedliche Grunddispersionen von Rohstoffanbietern in Richtrezepturen des Antragsstellers miteinander verglichen. Zunächst war es erforderlich, diese neuen Grunddispersionen im Rahmen von

Bindemittelvorprüfungen hinsichtlich ihrer allgemeinen Anforderungen an eine flutfähige Holzdispersion durch Laborversuche zu untersuchen, dazu gehörten:

- Filmbildung
- Blockfestigkeit
- Elastizität
- Nasshaftung
- Wasseraufnahme

Ferner war experimentell zu ermitteln mit welchen Hilfsstoffen die Grunddispersionen kompatibel sind. Dieses erfolgt durch Festlegung geeigneter Koaleszenzmittel, Entschäumer und deren Konzentrationen und durch eine Verträglichkeitsprüfung mit geeigneten Pigmentpasten und Konservierern. Die Ergebnisse der Bindemittelvorprüfungen bildeten eine entscheidende Grundlage für die jeweiligen Richtrezepturen, die mit einer jeden Grunddispersion realisiert werden sollen.

In diesem Arbeitspaket wurden anschließend 10 (Grunddispersionen) x 5 (Richtrezepturen) x 5 (Pigmentierungsstufen) also insgesamt 250 neuartige Modellrezepturen in einem ersten Screeningschritt bewertet und analysiert. Dieses geschah wiederum auf der Grundlage der o.g. Prüfkriterien (Filmbildung, Blockfestigkeit etc.) und einer zusätzlichen Beurteilung von Rheologie, Ablaufverhalten und Lagerstabilität.

**Arbeitspaket A2:** Aus dem Screeningschritt des AP1, das insgesamt ca. 5 Monate in Anspruch nahm, wurden dann 2-3 Grunddispersionen und zunächst 3 Richtrezeptierungen für die weiteren Laborversuche ausgearbeitet, so dass damit ungefähr 20 Basisformulierungen für die anschließenden Laborflutversuche zur Verfügung standen. Die Applikationsversuche, bei denen ebenfalls noch Adaptierungsnotwendigkeiten insbesondere seitens der erforderlichen Additive bestanden, sollten sowohl an kleineren Holzmustern nach EN 927 als auch an Musterobjekten (Fenster, Türen, Gartenbänke etc.) durchgeführt werden. Entsprechende Musterobjekte wurden von der Firma Molter als Kooperationspartner zur Verfügung gestellt. Sämtliche Holzmuster aus verschiedenen Holzarten, wie Meranti, Kiefer, Fichte, Douglasie und Lärche, und in unterschiedlichen 3-D Ausführungen, wie finierte Holztafeln, profilierte und gerundete Kanteln und Fensterecken wurden vom Unterauftragnehmer Wilhelm-Klauditz-Institut (WKI) hergestellt. Die Gesamtzahl der Holztafeln betrug gut 400, wobei pro Holzart jeweils 5 Tafeln angefertigt werden, die Gesamtzahl der 2-D und 3-D Teile betrug ungefähr 50, wobei Banklatten als eine Einheit gezählt wurde.

**Arbeitspaket A3:** Das Fraunhofer WKI unterstützte in AP1 und AP2 durch technischen und wissenschaftlichen Input bei den Applikationsversuchen und führte die qualitätsrelevanten Prüfserien für den anvisierten Eignungsnachweis für Holzaußenbeschichtungen nach DIN EN 927 durch. Hierunter zählten: Blockfestigkeit, Reißdehnung / Elastizität, Nasshaftung, UV-Durchlässigkeit, Feuchteschutzwirkung, Außenbeständigkeitstests nach teilweise vom WKI entwickelten und in die nationale und internationale Normung eingebrachten Verfahren. Dabei wurden dann ungefähr 14 Formulierungen diesen umfangreichen Testserien unterzogen. Diese Testreihen dauerten incl. der natürlichen Bewitterung nach EN 927-3 jeweils ca. 15 Monate und deren Ergebnisse liegen daher tlw. erst nach offiziellem Abschluss des Projektes (Frühjahr 2006) vor. Die Hauptaktivität in der **Stufe A** umfasst die ersten 12

Projektmonate, wobei lacktechnische Entwicklungsarbeiten bis zum 24. Projektmonat durchgeführt werden mussten (siehe Stufe D). Übergreifend wurde die **Stufe B** begonnen und bearbeitet.

In der **Stufe B** wurden die folgenden Arbeitspakete durchgeführt: Festlegung von geeigneten Technologiekonzepten – Trocknung – Bau der Modelllaboranlage – Planung und Layout des Prototypen. Aufbauend auf Erkenntnissen der **Stufe A**, welche auch fundamentale Daten zu Realisierungsperspektiven für geeignete Anwendungsfelder und -bedingungen der ganzheitlichen Flutlackiertechnologie für Holz lieferte, wurden technologische Konzepte für Anwenderklassen entwickelt und unter Einbeziehung von erprobten industriellen Trocknungsverfahren beim Bau der Modellflutanlage berücksichtigt. Im Rahmen dieses Projektes wurde eine Miniaturflutanlage als eine konzeptionell angepasste Variante an die im Rahmen eines vorangehenden EU-CRAFT Projektes im Fraunhofer-Institut für Holzforschung WKI aufgestellten Anlage im Kleinformat entwickelt. Aufgrund der engen Verzahnung zwischen den notwendigen Lack- und Anlagenparametern wurden die Stufen A und B lediglich leicht zeitversetzt abgewickelt. Hierbei wurde berücksichtigt, dass sich unter gewissen Applikationsbedingungen beispielsweise infolge von speziellen Gerätekonfigurationen und/oder -einheiten bestehende Lackformulierungen eingesetzt werden können, bei denen lediglich geringe oder keine Anpassungen in der Formulierung bzw. Basisdispersion vorzunehmen sind.

In der **Stufe C** wird dann der Einbau dieses Prototypen in die neuen Räumlichkeiten der Firma Rhenocoll bei Kusel (Rheinland-Pfalz) vorgenommen, welches durch das Fraunhofer Institut für Holzforschung WKI wissenschaftlich-technisch begleitet wurde. Aufgrund der Verzögerungen bei der Genehmigung des Projektes seitens der DBU wurde diese Stufe bereits zu Projektbeginn parallel zu den Stufen A und B durchgeführt und konnte daher bereits nach 15 Projektmonaten fast abgeschlossen werden.

In der letzten **Stufe D**, die zur Verwertung und Verbreitung der generierten Innovationen abzielte, wurden Demonstrationsvorführungen gemeinsam mit kleinen und mittelständischen Lackverarbeitern durchgeführt. Dieses wurde technisch-wissenschaftlich in Form von Präsentationen, Workshops und individuellen Audits durch das Fraunhofer Institut für Holzforschung WKI begleitet. Gemeinsam mit die Lackiertechnologie anbietenden Unternehmen, die in dieser Projektphase dann mit einbezogen werden sollten, waren Beratungen und die Erstellung von individuellen Konzepten für teilnehmende Unternehmen vorgesehen, mit dem Ziel kostengünstige Umsetzungsperspektiven für die Anwender in ihren Betrieben anzubieten.

## **Ergebnisse**

### Stufe A – Lackentwicklung – Optimierung – Applikationsversuche und Prüfung

Als erster wichtiger Entwicklungsschritt waren die Vorversuche zur Bindemittleignung für Primer und Zwischen/Deckbeschichtung:

Mit 6 unterschiedlichen Grunddispersionen und 4 Alkydharzemulsionen wurden bei der Fa. Rhenocoll die folgenden Versuche durchgeführt:

- \* Überprüfung der Verträglichkeit mit geeigneten Pigmentpasten und Topfkonservierern.
- \* Ermittlung geeigneter Koaleszenzmittel und Koaleszenzmittelkonzentrationen
- \* Ermittlung geeigneter Entschäumer und Entschäumerkonzentrationen
- \* Prüfung der Nasshaftungseigenschaften, der Wasseraufnahme und der Elastizität (orientierend)

Nach diesen Versuchen haben sich 4 Dispersionen und 3 Emulsionen für die weiteren Versuche als geeignet erwiesen.

Mit diesen 7 Bindemitteln wurden auf der Basis von 5 unterschiedlichen Richtrezepturen und 4 unterschiedlichen Pigmentierungsstufen zunächst 140 Modellrezepturen erstellt. Im Gegensatz zu den im Antrag anvisierten 10 Bindemitteln und 5 Pigmentierungsstufen wurde aufgrund der höheren Zweckmäßigkeit diese Anpassung des Arbeitspaketes **AP1** in Absprache zwischen den beteiligten Projektpartnern vorgenommen.

Diese wurden in einem ersten Screeningschritt gemäß des Arbeitspaketes **AP1** im Zuge von entsprechenden Laborprüfungen nach den folgenden Kriterien bewertet:

- \* Homogenität
- \* Entschäumung
- \* Sedimentation
- \* Aufrührbarkeit
- \* Lagerstabilität
- \* Verlauf
- \* Schleifbarkeit
- \* Trocken-, Nasshaftung von Zwischen/Deckbeschichtung auf dem Primer
- \* Wasseraufnahme
- \* Blockfestigkeit/Reißdehnung (nicht bei den Grundierungen)

Die Arbeiten des AP1 wurden im Zeitraum **01.06.2003 -31.12.2003** abgewickelt. Im Gegensatz zum ursprünglichen Arbeitsplan wurden dann basierend auf den Erkenntnissen des **AP 1** im **AP 2** sechs Modellrezepturen (drei weiß pigmentierte und zwei unpigmentierte Decklacke, zwei Grundierungen in unterschiedlichen Pigmentierungsdichten) ausgewählt und in der kleinen Laborflutanlage (siehe unten – **Stufe B**) ersten anwendungstechnischen Tests unterzogen. In allen Fällen konnten gute bis sehr gute Entschäumungs- und Ablaufeigenschaften festgestellt werden. Diese Testserie des **AP 2** erfolgte im Zeitraum **01.10.2003 – 31.05.2004** und wird auch im zweiten Projektjahr vor der großtechnischen Anwendung im Technikum der Fa. Rhencoll in Konken bei Weiterentwicklungen eingesetzt. Hierbei hat sich gezeigt, dass die vom Fraunhofer WKI entwickelte und inzwischen patentierte Miniaturlaborflutanlage für orientierende anwendungstechnische Tests gute Hinweise über Ablaufverhalten, Deckfähigkeit, Schichtbildung, Gleichmäßigkeit liefern kann. Durch die orientierenden Flutversuche in der Miniaturflutanlage lassen sich insbesondere die Entschäumungseigenschaften prüfen und verbessern, was vor der Anfertigung von größeren Gebindemengen für die späteren großtechnischen Flutversuche von großem wirtschaftlichem und ökologischem Vorteil ist. Seitens des WKI wurden für die Fa. Rhenocoll ungefähr 100 Holzmuster überwiegend aus Kiefernholz auch als Fensterkanteln bzw. fertige kleine Fensterrahmen angefertigt. Ergänzt wurden diese durch weitere Referenzmuster (Banklatten, Türrohlinge, OSB-Platten, Paletten) von der Fa. Molter bzw. anderen Zulieferern. Eine ausreichende Versorgung mit Holzmustern war jederzeit gegeben.





**Bild 1:** Viskositätsprüfung von Flowcoat Gebinden für den ersten großtechnischen Einsatz im Frühjahr 2004 im Anwenderzentrum in Konken; rechts: erstes 5l Gebinde einer farblosen Laborcharge

Das Arbeitspaket **AP 3** wurde an 5 erweiterten Testmustern (Charge L-16872, Charge L-1798, Charge L-16906 und 2 Varianten Charge L-16908) das gesamte Qualitätstestprogramm nach DIN EN 927- Teile 2, 3, 5 und 6, Reißdehnung, Nasshaftung nach 2 Verfahren, UV-VIS Durchlässigkeit, Wasserdampfdurchlässigkeit nach DIN EN ISO 12572 durchgeführt und teilweise bereits abgeschlossen. An 6 weiteren Flutlackversionen (Chargen 16891-16896) wurde lediglich die Reißdehnung und UV-VIS Durchlässigkeit ermittelt, was für die Optimierung der Charge L-16906 zwingend erforderlich aber ausreichend war. Für den Beginn der 2. Projektphase sind noch 2 weitere Testmuster vorgesehen, die ebenfalls das komplette Qualitätstestprogramm durchlaufen sollen. Die Applikation der 5 erweiterten Testmuster erfolgte mit der in Stufe B entwickelten Modelllaborflutanlage (**B2/B3**).



**Bild 2:** Prüfung der Elastizität eines flutfähigen Deckbeschichtungslabormusters (nussbaum) und Freilandbewitterung von ganzheitlich deckend-weiß gefluteten Holzfenstereckkanteln (L-joints) der zweiten Labormustergeneration (**Stand Februar 2004**)

Im zweiten Projektabschnitt (**01.07.2004 – 31.07.2005**) galt es dann im Wesentlichen die Verlaufs- und Entschäumungseigenschaften der im ersten Projektabschnitt entwickelten Formulierungen zu optimieren. Basis für diese weiteren Entwicklungsarbeiten waren die teilweise noch nicht ganz zufriedenstellenden Ergebnisse des Demonstrationstages am 25.06.2004 in Konken bei der Fa. Rhenocoll (**Stufe D**). Hierzu war es notwendig noch einmal ausgehend von anderen Bindemitteln die Formulierungsarbeiten von Grund auf neu zu beginnen.

Mit zwei unterschiedlichen Grunddispersionen und einer Polyurethandispersion hat die Firma Rhenocoll die weiteren folgenden Versuche innerhalb von einigen Laborwochen durchgeführt:

- \* Überprüfung der Verträglichkeit mit geeigneten Pigmentpasten.
- \* Ermittlung geeigneter Koaleszenzmittel und Koaleszenzmittelkonzentrationen
- \* Ermittlung geeigneter Entschäumer und Entschäumerkonzentrationen
- \* Prüfung der Nasshaftungseigenschaften, der Wasseraufnahme und der Elastizität

Nach diesen Versuchen haben sich alle getesteten o.g. Bindemittel für weitere Versuche als geeignet erwiesen. Mit diesen drei Bindemitteln hat die Fa. Rhenocoll bislang auf der Basis von 3 unterschiedlichen Richtrezepturen und 4 unterschiedlichen Pigmentierungsstufen 24 neue Modellrezepturen erstellt.

Diese wurden in einem ersten Screeningschritt im Zeitraum **September 2004-März 2005** im Zuge von entsprechenden Laborprüfungen nach den folgenden Kriterien bewertet:

- \* Homogenität
- \* Entschäumung
- \* Sedimentation
- \* Aufrührbarkeit
- \* Lagerstabilität
- \* Verlauf
- \* Schleifbarkeit
- \* Trocken-, Nasshaftung von Zwischen/Deckbeschichtung auf dem Primer
- \* Wasseraufnahme
- \* Blockfestigkeit/Reißdehnung (nicht bei den Grundierungen)
- \* Überlackierbarkeit
- \* Kratzfestigkeit und
- \* Beständigkeit gegenüber haushaltsüblichen Reinigern

Nach diesen Versuchen wurden eine Grunddispersion und eine Polyurethandispersion für die weiteren Versuche ausgewählt. Diese wurden in 3 Richtrezepturen für die weiteren Flutversuche der Anwendungstechnischen Abteilung bei der Fa. Rhenocoll eingesetzt und bewertet. Zu den jeweils 3 lasierenden und 5 deckenden des ersten Projektabschnitts kamen somit noch insgesamt 3 weitere Beschichtungsaufbauten im zweiten Projektabschnitt hinzu. Diese wurden für die ergänzenden Eigenschaftsprüfungen, wie Verhalten in der natürlichen Bewitterung nach EN 927-3, Wasseraufnahme nach EN 927-5, Elastizität, Wasserdampfdurchlässigkeit, Nasshaftung, UV-VIS Durchlässigkeit u.a. ausgewählt. Die Ermittlung von physikalischen Eigenschaften, der Bewitterungsstabilität und der anderen normativen Prüfungen wurden vom Fraunhofer WKI durchgeführt. Diese Arbeiten erfolgten überwiegend komplementär zu den labortechnischen Untersuchungen der Fa. Rhenocoll, um ein zeitnahes Feedback zwischen erforderlichem Eigenschaftsprofil einerseits und kommerzialisierbare Formulierung andererseits zu gewährleisten. Die Prüfungen für 2 deckende weiße Systeme wurden im **Herbst 2004** komplett abgeschlossen. Die sich daraus ergebenden Modifikationen wurden dann im **3.Quartal 2004** in das komplette Prüfprogramm neu aufgenommen. Die Ergebnisse der noch vorhandenen gut 10 Beschichtungsaufbauten lagen dann nur **teilweise bis 31. Oktober 2005** vor. Die Firma Rhenocoll und das Fraunhofer WKI haben sich darauf verständigt, einige kleine Testreihen mit geringem Aufwand nach Projektschluss weiter durchzuführen. Eine Übersicht der verschiedenen Labortests und der resultierenden Gesamtergebnisse durch das Fraunhofer WKI ist dem **Anhang 1** zu entnehmen.

Zwei Rezepturen daraus wurden bei der abschließenden Flutvorführung bei der Fa. Pado am **17.03.2005** ausgewählt und präsentiert. Eine der Rezepturen (weißer Farbton) erwies sich allerdings in der künstlichen Bewitterung als nicht ausreichend alterungsbeständig und wurde

bis **Juli / August 2005** nachformuliert. Die Fa. PADO Elementebau hat somit zunächst nur in dem lasierenden Beschichtungsaufbauten eine Produktionsfreigabe bekommen können. Eine Freigabe für den deckend-weißen Beschichtungsaufbau kann erst nach Abschluss der ergänzenden Bewitterungstests erfolgen, was außerhalb der Projektlaufzeit im **Dezember 2005 / Januar 2006** zu erwarten wäre.

Insgesamt ist für die **Stufe A** festzustellen, dass die Entwicklungsarbeiten wesentlich zeit- und kostenintensiver waren, als ursprünglich geplant war. Dieses liegt überwiegend daran, dass einzelne Lackparameter von einigen Musterchargen hinsichtlich rheologischem Verhalten und Qualitätseigenschaften schwieriger einzustellen waren als zunächst geplant. Besonderes Augenmerk wurde auf die Elastizitäts- und Verlaufsoptimierung bei den Musterchargen gelegt, da hierdurch hinreichend gute Eigenschaftsprofile des Flutlackes zu erwarten sind.

#### Stufe B – Technologiekonzept – Bau der Modelllaboranlage – Screening Versuche – Planung und Lay-out des Prototypen

Die Modelllaboranlage sollte sich dadurch auszeichnen, dass bei Einsatz von geringem Flüssiglackmaterialbedarf flutfähige Untergründe in kleintechnischen Laborversuchen vor der konventionellen großtechnischen Entwicklungsstufe geflutet werden können. Die entwickelte und patentierte Miniaturflutanlage (Patent PST-Fall Nr.: 03F43731-WKI) löst die Aufgabe, bei notwendigen Entwicklungsarbeiten von neuen Flutlacken für flutfähige Untergründe mit geringen Gebindemengen von weniger als 5 l orientierende erweiterte Applikationsversuche im kleintechnischen Maßstab durchzuführen, ohne für alle experimentellen Laborgebinde die bislang erforderliche großtechnische Entwicklungsstufe mit Gebindemengen von minimal 60 l zwingend durchführen zu müssen.

Der Lösungsweg orientiert sich an der Identifikation von Anlagenparametern, welche bei konventionellen Flutanlagen identifiziert wurden und einen signifikanten Einfluss auf die Oberflächenqualität haben. Mögliche Parameter sind beispielsweise:

- Strömungsverhältnisse in den Leitungen und auf dem Bauteil (laminar / turbulent)
- Geschwindigkeit und Gleichmäßigkeit des Hängeförderers
- Pumpentyp
- Durchflussmengen und Düsengeometrie
- Rotation der Bauteile zum Ausgleich der Nassfilmschichtdicke
- Klimatisierung des gesamten Flutprozesses
- Klimatische Verhältnisse im Trockner

Aufbauend aus den wesentlichen Erkenntnissen wurde eine Miniaturflutanlage geplant, entworfen und gebaut. Diese Miniaturflutanlage ist so konzipiert, dass eine Variation der ermittelten Parameter einer konventionellen Flutanlage einfach realisierbar ist. Des Weiteren ist es mit der Miniaturflutanlage möglich, mit Gebindemengen von weniger als fünf Litern je nach Auslegung sogar weniger als 2 Liter kleinlabormaßstäbliche Flutversuche durchzuführen. Mit der Miniaturlaboranlage lassen sich Screening Versuche durchführen, bei denen die technischen Zusammenhänge von Anlagenparametern und der Beschichtungsqualität bei Flutrezepturen geklärt werden können. Aus diesen Zusammenhängen zwischen Anlagenparametern und Beschichtungsqualität lässt sich dann ein neuer großtechnischer Prototyp einer Flutanlage entwickeln, der die Übertragung der kleinmaßstäblichen Erkenntnisse auf eine großindustrielle Flutanlage ermöglicht.

Die Aufgabe wird gelöst, indem in einer ummantelten Aluminiumwanne mit senkrechten höhenverstell-, dreh- und schwenkbaren Flutstäben und Applikationsdüsenausgängen ausgestattet, die großtechnische Flutlackierung nachgestellt wird. Die Flutstäbe mit

Applikationsdüsenausgängen sind an einer Kolben- oder Membranpumpe mit Druckluftanschluss angeflanscht und überschüssiges Flutlackiermaterial wird durch eine trichterförmige Geometrie vollständig dem Kreislauf zugeführt. Durch diese Ausführung wird erreicht, dass der Pumpkreislauf konstant und ohne Leerlaufen geführt werden kann. Bei der Miniaturflutanlage handelt es sich um eine „Tischflutanlage“, die aufgrund ihrer geringen Dimensionen sehr mobil und sehr rationell einsetzbar ist.

Die Miniaturflutanlage beschreibt somit ein Verfahren, das sich durch folgende Vorteile gegenüber dem Stand der Technik auszeichnet:

- Kostengünstiges und Ressourcenschonendes kleintechnisches Verfahren, welches das großtechnische Flutverfahren simuliert.
- Kleintechnisches Verfahren für laborstabsmäßige Entwicklungsarbeiten für Flutlacke bei lackherstellenden und lackverarbeitenden Betrieben.
- Oberflächen vorrangig von Holzaußenbauteilen kleinformatiger Größe und Form können flutlackiert werden.
- Flexible und handliche „Tischflutanlage“, die auch bei praxisnahen vor Ort Versuchen einsetzbar ist.
- Hohe Betriebssicherheit, da vollautomatischer Pumpvorgang und semi-manuelle Probenaufgabe.
- Gute Reproduzierbarkeit zu großtechnischen Flutanlagen.

Durch die Anlehnung an die technischen Ausführungen von großtechnischen und industriellen Flutanlagen bei der Konzeption der Miniaturflutanlage lassen sich reale Abläufe bei der industriellen Flutlackierung gut simulieren und nachstellen. Da die Miniaturflutanlage mit wesentlich geringeren Nassmustersmengen als konventionelle Flutanlagen von weniger als 5 Litern auskommt, lassen sich bereits mit geringen Laboransätzen vollständige und praxistaugliche Flutprozesse nachstellen. Hierdurch werden in einem erheblichen Umfang Personalkosten, Materialkosten und Lackentsorgungskosten eingespart. Weiterhin sind mit der Miniaturflutanlage signifikante ökologische Vorteile verknüpft, die sich allein durch die wesentlich geringeren Lackentsorgungsmengen ableiten lassen.



**Bild 3:** Patentierte Miniaturflutanlage (Patent PST-Fall Nr.: 03F43731-WKI) nach dem Bau und während der Applikation eines lasierenden Flutlackes (nussbaum) auf ein Kiefernholznormbrett

Für die Entwicklungsarbeiten der **Stufen A** und **C** konnten mittels dieser Minilaborflutanlage die experimentellen Flutlackgebinde kleintechnisch so weiterentwickelt werden, dass größere Gebindemengen für flutfähige Substrate (z.B. Massivholz oder Holzwerkstoffe) für den großtechnischen industriellen Demotag am **25.06.2004** mit guten Erfolgsaussichten hergestellt werden konnten.

#### Stufe C- Bau eines Prototypen – Energiebetrachtung - Wirtschaftlichkeitsberechnung

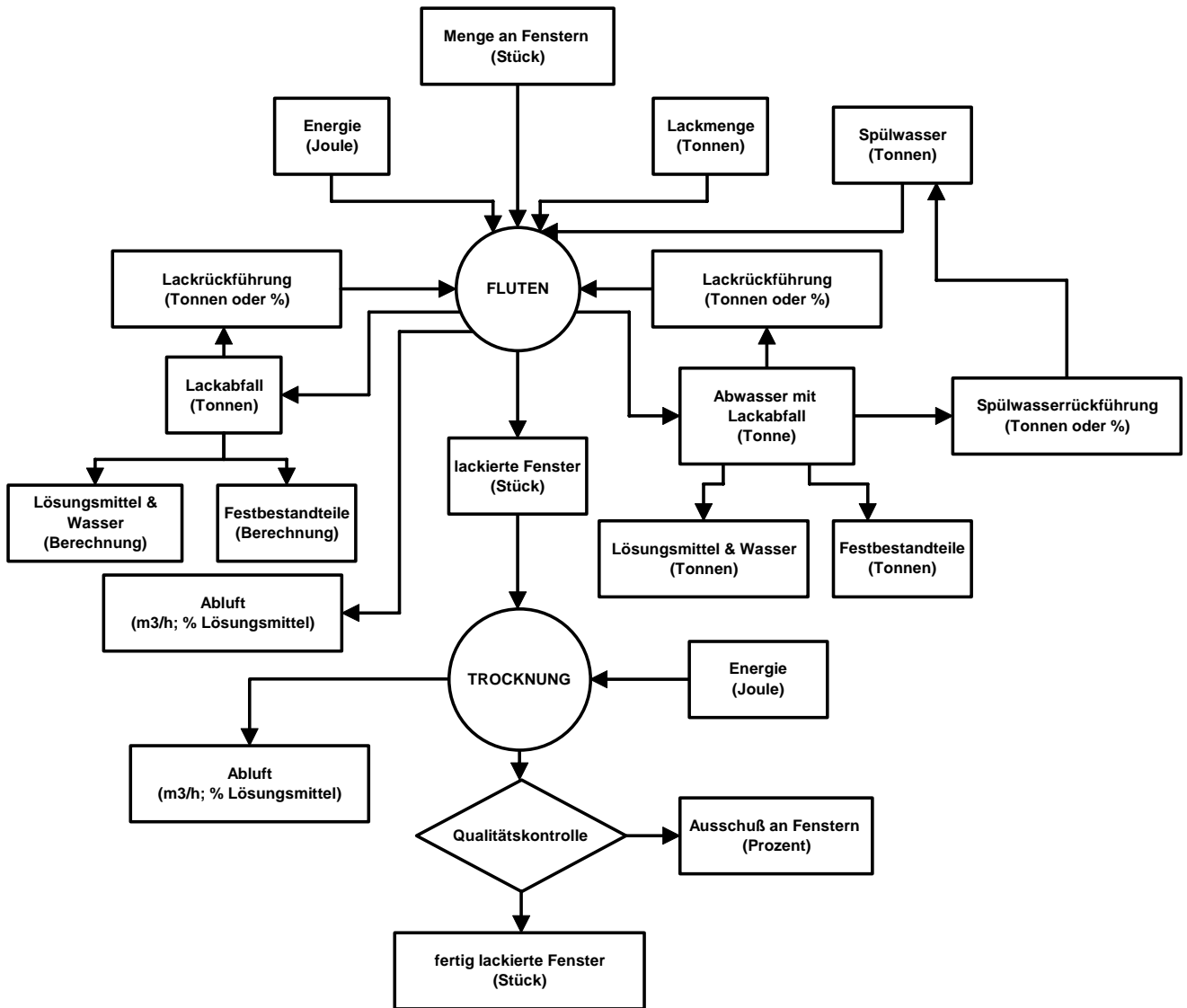
In der **Stufe C** wurde ein Prototyp einer innovativen Flutanlage inklusive einer Zwangstrocknung auf Basis der Ergebnisse der Stufe B im Technikum der Fa. Rhenocoll in Konken / Kusel in Betrieb genommen. Im Anschluss an den eigentlichen Bau des Prototypen wurde eine Übertragung von Resultaten aus den Laborversuchen der Stufen A und B auf einen industriellen Maßstab vorgenommen. Hierzu waren u.a. Anpassungen an Düsengeometrie, Spritzdruck, Verweilzeit der Bauteile in der Flutanlage, Ablaufverhalten sowie Abtropf- und Trockenzeit erforderlich. Diese Flutanlage wurde zunächst mit unterschiedlichen Beschichtungsmaterialien und Bauteilgeometrien in einer ersten Pilotphase auf ihre Eignung für die Stufe D erprobt und optimiert.



**Bild 4:** Prototyp der neuen Flutanlage im Technikum der Firma Rhenocoll bei ersten konventionellen Flutversuchen im März 2004

#### *Ökologische Bilanzierung der Flutlackierung anhand dessen Stoff- und Energieströme*

Die Bilanzierung von Stoff- und Energieströmen von Lackierprozessen ist ein wesentlicher Baustein für dessen ökologische Bewertung. Im nachstehenden Ablaufdiagramm ist dieser Prozess für das Flutverfahren skizziert.



**Diagramm:** Ablaufdiagramm für das Flutverfahren am Beispiel von Holzfenstern

Anhand der entsprechenden Ablaufdiagramme für das Spritz- und Tauchverfahren lassen sich dann die ökologischen Einsparpotenziale errechnen. In der nachstehenden Tabelle ist das kalkulierte ökonomische Einsparpotential, welches bei der Lackierung von Holzfenstern resultiert, dargestellt. Die Kalkulation steht unter der Annahme gleichbleibender Produktionseinheiten bei den industriellen Verarbeitern und geht damit bereits weit über die durch die europäische VOC Richtlinie geforderten Grenzwerte hinaus.

Eigenschaft	Variante 1 (Tauchen/Spritzen)	Variante 2 (Fluten/ Fluten/Spritzen)	Variante 3 (4 x Fluten)
Lackabfall (nass) [kg]	13100	13400	1700
Energiebedarf [kWh]	10500	19500	2600
Auftragswirkungsgrad [%]	56	54	87
Lösemittelabdunstung [kg]	1350	1270	280

**Tabelle:** Vergleich zwischen Lackabfall (nass), Energiebedarf, Auftragswirkungsgrad und Lösemittelabdunstung bei verschiedenen Beschichtungsvarianten basierend auf 8000 FE (FE= Fenstereinheiten = 1,69 m<sup>2</sup>)

Das Fraunhofer WKI hat dazu bei 2 industriellen Lackverarbeitern A und B, die sich bezüglich der Abmessungen (Größe und Form) an jährlich produzierten Holzfenstern gleichen aber sich in der Beschichtungstechnik deutlich unterscheiden, im Zuge einer Betriebsdatenerfassung den derzeitigen Ist-Zustand bei den Beschichtungskosten errechnet. Daraus lassen sich dann weitergehende Kalkulationen ableiten, welche den gesamtheitlichen Flutlackierprozess betrachtet. Weitergehend werden die möglichen Beschichtungskosten bei einem Schichtauftrag nur in Form des Applikationsverfahrens „Fluten“ kalkuliert. Ausgangsbasis für die Kalkulationen des Ist-Zustandes sind Gespräche mit den jeweiligen Produktionsleitern.

Die Parameter für die Beschichtungskosten:

<b>Teile</b>	: Anzahl der zu beschichtenden Teile
<b>Prozeßzeit</b>	: Dauer des jeweiligen Prozesses
<b>Wechsel</b>	: Anzahl der Vorgänge pro Zeitintervall
<b>Vorgänge pro Jahr</b>	: Anzahl der Vorgänge pro Jahr
<b>Lack in kg</b>	: Benötigte Lackmenge pro Jahr

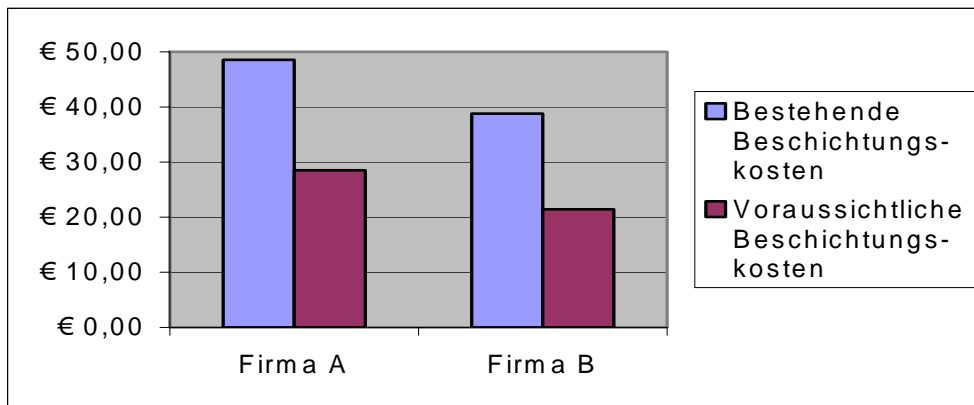
Die investitionsabhängigen Kosten pro Jahr setzen sich aus dem in den Beschichtungsanlagen gebundenem Kapital zusammen und werden auf 10 Jahre linear abgeschrieben. Die Hälfte des Kapitals wird zusätzlich jährlich mit 10 % verzinst.

Die durchschnittlichen Beschichtungskosten je Fenster der Firma A wurden mit ungefähr 49,00 € kalkuliert. Der Anteil des Beschichtungsprozesses an dem gesamten Herstellprozess einer Fenstereinheit beträgt bei dieser Firma ungefähr 24 %. Dieses Ergebnis deckt sich mit den eigenen Angaben der Firma aus der Umfrageaktion, bei der die Firma A der teuerste Beschichter war. Dies resultiert laut Aussage des Produktionsleiters aus einem breitgefächerten Angebot an Fenstern, das eine kostengünstige Massenfertigung nicht zulässt. Die durchschnittlichen Beschichtungskosten je Fenster der Firma B wurden zu ungefähr 39,00 € kalkuliert. Dies macht einen relativen Anteil an dem gesamten Herstellprozess einer Fenstereinheit von ca. 17 % aus. Dies deckt sich nicht mit den eigenen Angaben aus der Umfrageaktion, nach denen die Firma B der günstigste Beschichter mit ungefähr 17,00 € und einem relativen Anteil am Herstellprozess von 7 % war. Die Werte sind demnach fehlerhaft in den Fragebogen eingetragen worden. Die Firma B rechnet ihre Beschichtungskosten mit Hilfe von Maschinenminutensätzen ab, diese ergaben bei einer Durchsicht vor Ort Beschichtungskosten von 35,00 € pro Fenstereinheit.

Vergleicht man die derzeitigen Ist-Kosten bei der Beschichtung der beiden Firmen, so beschichtet Firma B die Fenstereinheit um ca. 10,00 € günstiger als Firma A. Zudem unterscheiden sich auch die relativen Kosten der Beschichtung am Gesamtherstellungsprozess einer Fenstereinheit der beiden Firmen um ungefähr 8 %. Der Hauptgrund für die Kostenersparnis ist in erster Linie in dem 3-Schichtaufbau der Firma B zu sehen. Dieser erspart einen für einen 4-Schichtaufbau wahrscheinlich notwendigen 2. Spritzvorgang, um einen Zwischenlack aufzutragen, und damit verbunden hohe Personal- und Materialkosten.

Inwieweit mit einer ganzheitlichen Flutlackiertechnologie (Flow-Coat Technology) die Beschichtungskosten reduziert werden können, soll am Beispiel der Firmen gezeigt werden, die sich zu einer Betriebsdatenerfassung bereiterklärt hatten. In beiden Fällen wird hier der komplette Beschichtungsprozess auf Basis eines 4-maligen Flutauftrags kalkuliert. Die

Betriebsdaten für die Flutanlagen stammen von der Anlagenfirma Polzer GmbH, Herborn, und wurden in einem persönlichen Gespräch mit dem Geschäftsführer der Firma ermittelt.



**Bild 5:** Beschichtungskosten einer Fenstereinheit der Firmen A und B konventionell und mit 3- bzw. 4-maligem Flutauftrag

Die Beispielkalkulation zeigt deutlich, dass im Einsatz der neuen Flow-Coat-Technologie Einsparungspotentiale im Bereich der Beschichtung möglich sind. So sinken die Kosten der Beschichtung einer Fenstereinheit bei der Firma A absolut gesehen von 48,50 € auf 28,50 €. Dies bedeutet eine Senkung der Beschichtungskosten um 41,3 %. Relativ gesehen reduziert sich der Anteil der Beschichtungskosten am gesamten Herstellprozess von ehemals 23,75 % auf nunmehr 15,45 %. Auch bei Firma B ließen sich trotz schon bestehender Fluttechnik Einsparungen erzielen. Absolut gesehen verringern sich die Kosten der Beschichtung einer Fenstereinheit von 38,80 € auf 21,40 €. Dies entspricht einer Reduzierung der Beschichtungskosten um 44,8 %. Der Anteil der Beschichtungskosten am gesamten Herstellprozess einer Fenstereinheit lässt sich somit von 16,43 % auf 9,79 % mindern (siehe Anhang 5 – Literaturstelle 4).

#### Stufe D - Demonstrationsvorführungen gemeinsam mit kleinen und mittelständischen Lackverarbeitern

Die Firma Rhenocoll und die beteiligten Kooperationspartner haben die neue Generation an Flutlacken bzw. an Anlagentechnik dann kleinen und mittelständischen Lackverarbeitern in einem Anwenderdemonstrationstag am **25.06.2004** mittels einer theoretischen und praktischen Seminarveranstaltung demonstriert. Dieses Arbeitspaket musste zunächst auf Deutschland beschränkt bleiben und konnte lediglich einmalig als Tagesseminar durch die Firma Rhenocoll angeboten werden. Diese ist vorrangig in der stark angespannten wirtschaftlichen Situation dieser Branche zwischen 2003-2005 zu sehen. Ebenfalls anders als bei der Projektplanung angenommen werden konnte, haben sich lediglich 2 Teilnehmer an einer weiteren Umsetzung in ihrem Betrieb als interessiert gezeigt.





**Bild 6:** Teilnehmer beim Flow-Coat Anwenderdemonstrationstag am 25.06.2004 in Konken (Praktischer Teil)

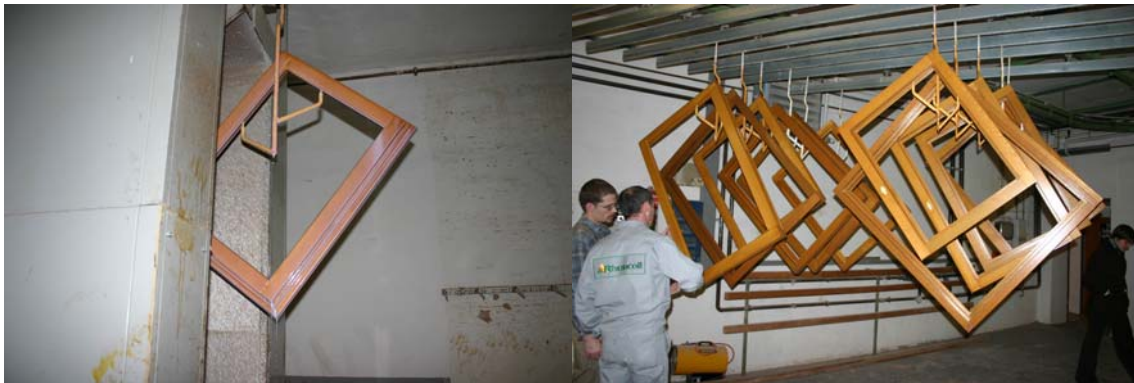
Diese Seminarveranstaltungen als Anwenderdemonstrationstag erfolgte in enger Zusammenarbeit mit der DBU. Um viele Teilnehmer zu erreichen, mussten diese Seminare kostengünstig gestaltet werden, was durch eine Projektförderung auch erzielbar war. Um möglichst viele Teilnehmer am 25.06.2004 nach Konken zu bekommen, wurde auf einen Kostenbeitrag verzichtet. Inhalte waren:

- Vermeidung von Lackabfällen bei der industriellen Flutlackierung von Holzbauteilen
- Einsatz von neuen Lacksystemen zur ganzheitlichen Flutlackierung
- Optimierung von Flutanlagen zur homogenen Flutlackierung von komplizierten 3-D Holzaußenbauteilen
- Qualitätssicherung von Flüssiglacken und von gefluteten Holzbauteilen durch Einhaltung normativer Anforderungen
- Ökonomische Vorteile der ganzheitlichen Flutlackierung gegenüber konventionellen Verfahren, wie Tauchen/ Spritzen bei der industriellen und handwerklichen Anwendung



**Bild 7:** Theoretischer Schulungsblock während des Anwenderdemonstrationstages am 25.06.2004 in Konken unter Mitwirkung von Dr. M. Hempel von der DBU

Die Fa. PADO Elementbau GmbH aus Braunschweig, einer von ungefähr 50 Teilnehmern beim Anwenderdemonstrationstag, hat sich dieser innovativen Technologie angenommen und für seine Produktion die potentiellen Chancen erkannt. PADO ist einer von gut 130 Mitgliedsbetrieben in Deutschland für qualitätsgeprüfte Fenster- und Fassadenelemente nach RAL. Nunmehr wurden gemeinsam mit Vertretern der Fa. Rhenocoll, dem Fraunhofer WKI und der DBU am 16.03. (Grundierungsvorgang) und am 17.03. 2005 (Zwischen- und Decklack) zwei ergänzende Anwendervorfürungen bei der Fa. PADO Elementbau GmbH durchgeführt. Ziel dieser Veranstaltung war es die Chancen dieser neuen Technologie durch das Fluten von kundenspezifischen Holzbauteilen (Fenster- und Türelementen) für die Fa. PADO Elementbau in einer ersten Pilotphase umzusetzen und die technischen Erfordernisse für die Produktion zu identifizieren. Die Fa. PADO Elementbau GmbH ist damit das erste Unternehmen in Deutschland, das diese Technologie versucht umzusetzen. Geschäftsführer Georg Ackermann ist in der Branche in Deutschland bekannt dafür, dass er neue Produkte, Prozesse und Ausführungsdetails bei der Holzfensterfertigung schnell erkennt und durchaus nicht das Risiko scheut frühzeitig neue Wege zu gehen. Innovationspotenziale im Handwerk sind durchaus vorhanden und mit der Fa. PADO Elementbau GmbH aus Braunschweig in dem Projekt „Ganzheitliches Fluten“ seit Frühjahr 2005 auch umgesetzt. Nach letztem Erkenntnisstand und einer weiteren anwenderangepassten Flutung am **01.11.2005** bei der Fa. PADO soll ab Herbst mit der Produktion von „ganzheitlich gefluteten“ Holzfenstern begonnen werden.



**Bild 8:** Anwenderspezifische Flutversuche mit einer nussbraunen lasierenden Lasur am 16./17.03.2005 bei der Firma PADO Elementebau GmbH, Braunschweig

## Diskussion

Die lacktechnischen Entwicklungsarbeiten der **Stufe A** haben einen längeren Zeitraum in Anspruch genommen als ursprünglich geplant war. Gründe dafür liegen überwiegend in der zunächst nicht absehbaren Kombinationsvielfalt für die verschiedenen Anwendungen und dem zur Verfügung stehenden Angebot an Bindemitteln und Additiven. Außerdem konnte nicht wie anfänglich angenommen auf den im Rahmen des EU-CRAFT Projektes entwickelten Produkten aufgebaut werden. Dieses liegt vorrangig darin begründet, dass diese Entwicklungen zum Zeitpunkt des Projektbeginns bereits mehr als 3 Jahre zurücklagen und daher einige Komponenten nicht mehr beschaffbar waren. Aber dann zeigten sich bei den ersten Screening Versuchen doch einige Bindemitteltypen als weniger geeignet gegenüber anderen. Aufgrund von vertraulichen Informationen, die auch die Versuchsplanauslegungen betreffen, können hier aber keine näheren Angaben über die geprüften Bindemittel-/Additivkombinationen gemacht werden, da hierin doch ein wesentlicher Erfolgsfaktor in den erreichten Projektzielen liegt. Die gute Zusammenarbeit zwischen der Fa. Rhenocoll einerseits und dem Fraunhofer WKI andererseits hat zu jedem Zeitpunkt sichergestellt, dass Laborrezepturen sofort aus dem weiteren Prüfprogramm herausgenommen wurden, sobald die festgelegten Prüferien negative Resultate hervorgebracht haben. Letztendlich blieben nur wenige Systeme übrig, die bei der Mehrzahl der erforderlichen Prüfungen mit guten Ergebnissen abgeschnitten haben. Die schlussendlich in der Stufe D zur Anwendung gekommenen Rezepturen stellen einen Kompromiss als „kleinsten“ möglichen Nenner dar, der sich auf Rezepturen konzentriert, die in den überwiegenden Eigenschaften positive Resultate liefern konnten. Wichtig bei der Bewertung dieser „positiven“ Kriterien ist letztendlich auch immer der Eindruck des Verarbeiters, der bei der Projektplanung zunächst nicht berücksichtigt wurde, d.h. zunächst wurden lediglich rezeptorische Parameter und Faktoren berücksichtigt. Allerdings ist für die Anwender solcher Beschichtungssysteme die Verarbeitbarkeit, die Haptik, Fülle, Deckfähigkeit und optische Erscheinung nach Trocknung ebenfalls ein entscheidendes Auswahlkriterium für ein ganzheitlich flutbares Beschichtungssystem. Alle diese mussten neben den qualitätsrelevanten Eigenschaften ebenfalls berücksichtigt werden, um den Anwender von der neuen Technologie zu überzeugen.

Nach dem Anwenderdemonstrationsworkshop am 25.06.2004 hat sich neben der Firma PADO Elementebau GmbH auch eine weitere Firma an dieser neuen Technologie interessiert

gezeigt. Daher erhielt das Fraunhofer WKI und die Firma Rhenocoll parallel am **28.06.2004** von der Fa. Perfonet Lochsysteme gelochte unbehandelte MDF Platten. Es sollte getestet werden, ob es möglich ist diese Platten mit dem Flutverfahren zu beschichten. Dem Auftraggeber erschien es dabei ausreichend, dass die Platten grundiert bzw. leicht weiß sind. Bis dahin wurden die Platten gespritzt, jedoch wurden die Ausstanzungen im Inneren der Platten nicht genügend beschichtet.

*Probenmaterial:*

Es wurden 3 verschiedene MDF Platten, mit unterschiedlichen Formen von Ausstanzungen, dem WKI zugesandt:

- 395 mm x 300 mm x 4 mm mit einer runden Lochung  $\varnothing$  20 mm
- 395 mm x 300 mm x 4 mm mit einer Ausstanzung 18 mm x 18 mm
- 300 mm x 200 mm x 4 mm mit einer L-förmigen Ausstanzung 14 mm x 14 mm

*Durchführung:*

Diese Platten wurden halbiert und von 1 bis 6 nummeriert. Als Grundierung wurde Rhenocryll TG 46 MF Kristallgrund und als Decklack wurde Flowcoat weiß VP 5071/2 verwendet. Es wurden bei unterschiedliche Beschichtungsaufbauten geflutet. Teilweise wurden die Proben kurz vorm beschichten befeuchtet um ein besseres Ablaufbild zu erzielen.

Platte 1) Rohgewicht = 115,96 g

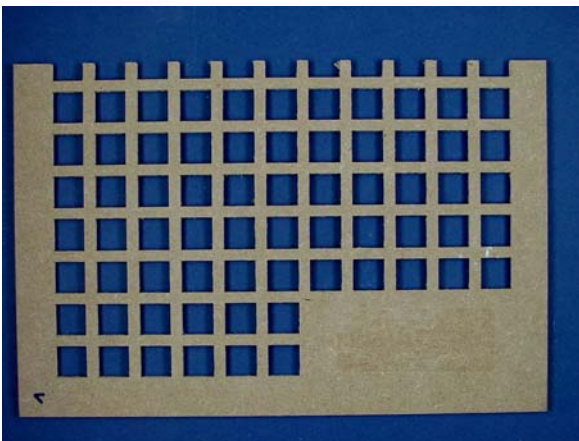
Platte 2) Rohgewicht = 103,80 g → befeuchtet → 3 x Decklack → Endgewicht = 149,45 g

Platte 3) Rohgewicht = 118,61 g → 1 x grundiert → 1 x Decklack → Endgewicht = 152,08 g

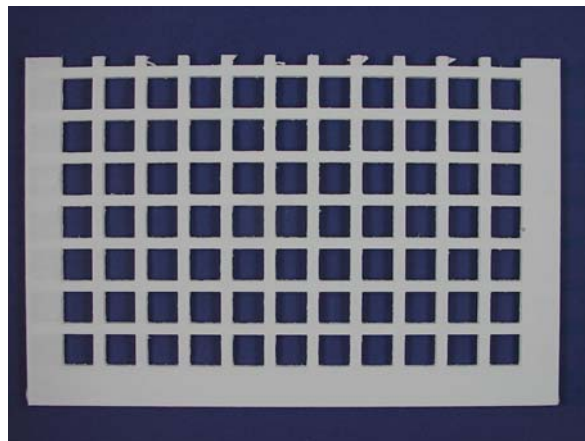
Platte 4) Rohgewicht = 105,52 g → befeuchtet → 1 x grundiert (Grundierung mit 1/3 Wasser) → Endgewicht = 123,33 g

Platte 5) Rohgewicht = 64,00 g → 1 x Decklack → Endgewicht = 68,35 g

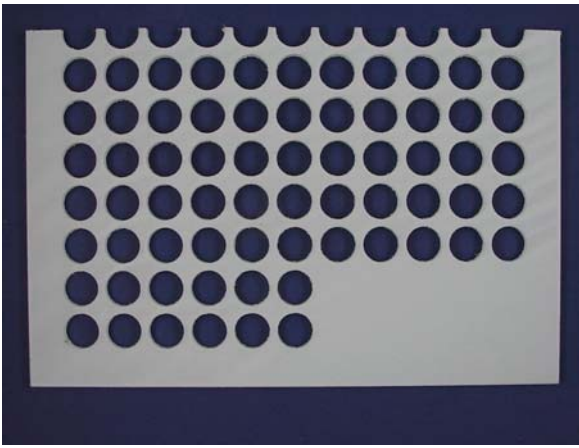
Platte 6) Rohgewicht = 63,46 g → befeuchtet → 1 x Decklack → Endgewicht = 67,72 g



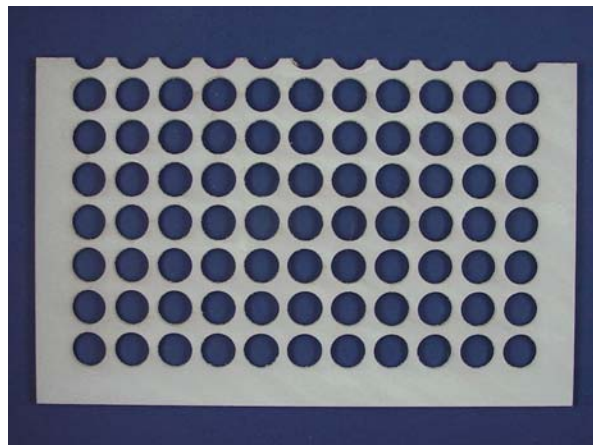
Platte 1.)



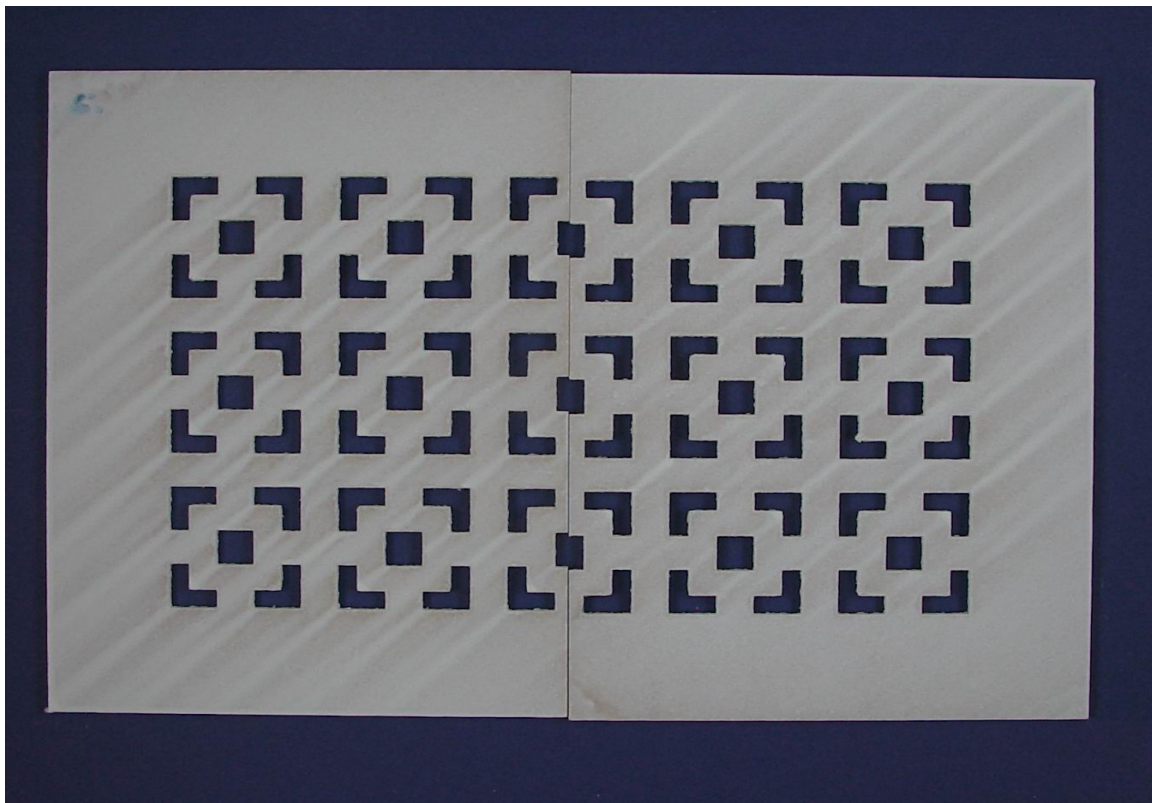
Platte 2.)



Platte 3.)



Platte 4.)



Platten 5.) und 6.)

### *Ergebnisse:*

Die Platten zeigen nach dem Fluten leichte Ablaufspuren. Die Oberflächenbeschaffenheit war sehr gut und die Ausstanzungen ausreichend gefüllt. Im Allgemeinen sind die Ergebnisse sehr zufriedenstellend. Durch leichte Umformulierungen der Flutbeschichtung und eine andere Wahl der Aufhängung beim Flutdurchgang lassen sich noch bessere Flutergebnisse erzielen. Dieses wurde zeitgleich auf der Großanlage bei Fa. Rhenocoll getestet und bessere Flutergebnisse erzielt.

### *Technisches Fazit:*

Mit dem Flutverfahren lassen sich auch komplexe Probengeometrien, wie Lochplatten optimal beschichten. Das Beschichtungssystem erreicht alle Bereiche.

Hiermit konnte gezeigt werden, dass auch andere Holz bzw. Holzwerkstoffgeometrien mit dem ganzheitlichen Flutverfahren mit zufriedenstellendem Ergebnis beschichtet werden können. Aus Kostengründen wurde dieses Verfahren allerdings bei der Firma Perfonet Lochsysteme nicht weiter verfolgt.

Auch die Patentanmeldung für die Miniaturflutanlage wurde gegen Ende der Projektlaufzeit nicht weiterverfolgt, da es eine große Anzahl an Einsprüchen gab, die nur mit hohem Zeitaufwand zu entkräften sind. Hier wurde der Fa. Range + Heine GmbH ggf. eine weitere Vermarktung dieser Anlage nahe gelegt. Aufgrund der kleinen Marktgröße und des auf die Entwicklung von Flutlacken beschränkten Anwendungsfeldes ist das Umsetzungspotenzial für eine Miniaturflutanlage als eher gering anzusehen. Das Fraunhofer WKI hat daher eine zweite Miniaturflutanlage für die Firma Rhenocoll gebaut, so dass dort sowie im Fraunhofer WKI zukünftig orientierende applikationstechnische Entwicklungsarbeiten mit Hilfe dieser Kleinanlage durchgeführt werden können. Der Prototyp der in Konken bei der Fa. Rhenocoll aufgebauten Flutanlage wurde unter Einbeziehung der Erkenntnisse der Miniaturflutanlage entwickelt und fertiggestellt. Dabei konnte sichergestellt werden, dass sich die applikationsbedingten Erkenntnisse bei Entwicklungsprodukten aus der Miniaturflutanlage weitestgehend auf den Prototypen der großindustriellen Flutanlage übertragen lassen. Der fehlende Einsatz der Gerätehersteller, der überwiegend in fehlenden direkten finanziellen Anreizen begründet war, wurde durch zusätzliche qualifizierte ingenieurwissenschaftliche Kapazitäten beim Fraunhofer WKI ausgeglichen.

Die im Projektantrag ursprünglich geplanten sechs Demonstrationsworkshops zur Verbreitung der Projektergebnisse, die als Bewilligungsaufgabe seitens der DBU vorgeschrieben waren, konnten aufgrund fehlender Bereitschaft nur tlw. in der geplanten Form durchgeführt werden. Allerdings wurde ein Workshop am **25.06.2004** mit fast 50 Teilnehmern im „großen“ Stil abgehalten. Diese Form der Workshops ließen sich allerdings nicht wiederholen. Termine im April und Juli 2005 mussten mangels Beteiligung kurzfristig abgesagt werden. Der Aufwand für jeweils 2 Anmeldungen hätte dem Nutzen nicht entgegengestanden. Stattdessen haben sich die federführenden Projektpartner auf eine fallgruppenspezifische Verbreitung der Ergebnisse mit geeigneten Partnern verständigt. Dieses fallgruppenspezifische Verbreitungskonzept wurde auf zwei sehr interessierte Anwenderunternehmen zunächst konzentriert (Fa. PERFONET Lochsysteme GmbH, Lahr/Baden und PADO Elementebau GmbH, Braunschweig). Gemeinsam mit der Fa. PERFONET GmbH wurden im Anwendungszentrum in Konken im **Juli / August 2004** Flutversuche an perforierten MDF Lochplatten basierend auf den Erkenntnissen der vorangegangenen kleintechnischen Flutversuche des Fraunhofer WKI durchgeführt. Hierbei wurden der Fa. PERFONET GmbH auch die Vorteile der Flutlackiertechnologie und individuelle Lösungskonzepte aufgezeigt. Bei diesen Versuchen wurde die 1. Generation an neuen Flutlacken eingesetzt. Zu den weiteren Unternehmen, denen diese neue Technologie individuell erläutert und vorgeführt wurden, zählten:

Tischlerei Nicolai Neumann  
Altenhagener Straße 1a  
D-32107 Bad Salzuflen  
Telefon: 05208-7736  
Beschichtung von Fenstern im Juni 2004

Kindt Klappladen

CH-8112 Otelfingen  
Telefon 0848-833080

Beschichtung von Klappläden im Rahmen der Flowcoat Vorführung bei Rhenocoll am  
25.06.2004

Lederbauer Fenster & Türen GmbH

A-4906 Eberschwang 81

Telefon 0043 (0)7753 2511-0

Beschichtung von Fenstern ebenfalls am 25.06.2004 in Konken.

Westeifel Werke gGmbH

Industriestraße 1

D-54595 Weinsheim

Beschichtung von Bänken ebenfalls am 25.06.2004 in Konken.

Im **Oktober / November 2004** wurden dann bei der Fa. PADO Elementebau GmbH betreut durch die Fa. Rhenocoll konzeptionelle Aspekte für die Umsetzung der ganzheitlichen Flutlackierung besprochen und erste orientierende Anwendungsversuche wiederum als fallgruppenspezifische Lösung mit einer zunächst auf die technischen Ansprüche der Fa. PADO abgestimmten 2. Generation einer Flutlackierbeschichtung durchgeführt. Dabei zeigte sich noch ein lackspezifischer Optimierungsbedarf, der in den folgenden Monaten umgesetzt wurde. Am **16. und 17.03.2005** konnte dann bei der PADO Elementebau GmbH eine weitere Demonstrationsvorführung mit der 3. Generation der Flutlacke an praxisnahen Elementen durchgeführt werden. Ergänzt wurden diese Versuche durch einen abschließenden produktionsnahen Flutvorgang mit einer nochmals verbesserten Flutlackierung der 4. Generation am **01.11.2005** bei der Fa. PADO Elementebau GmbH. Des Weiteren wurde am **04.05.2005** auf der LIGNA+ 2005 in Hannover auf dem Messestand der Firma Rhenocoll ein Expertengespräch zum Thema „Ganzheitliche Flutlackierung“ für interessierte Anwender angeboten. Diese Veranstaltung wurde als Ersatz für den abgesagten Workshop im April 2005 kurzfristig organisiert. Teilgenommen an diesem Expertengespräch haben neben wenigen grob interessierten Anwendern aber überwiegend „Wettbewerber“ der Firma Rhenocoll, die ebenfalls an einer Verbreitung der „ganzheitlichen Flutlackiertechnologie“ bei Holzfensterherstellern in Deutschland stark interessiert waren. So sind die vorgeschriebenen 6 Demonstrationsworkshops in etwas anderer Form seitens beider Projektpartner gemeinsam durchgeführt worden. Darüber haben sich beide Projektpartner bei diversen anderen Gelegenheiten individuell über das Projekt informiert. Nähere Informationen zu diesen Aktivitäten finden sich im nächsten Abschnitt.

## Öffentlichkeitsarbeit

Während des Berichtszeitraums bis 31.10.2005 wurde das Projekt durch einen gemeinsamen Vortrag zwischen dem Fraunhofer WKI und der Fa. Rhenocoll während des NHN Eröffnungssymposiums am **31.10.2003** in Göttingen und anlässlich des 12. Holztechnischen Kolloquiums am **02. und 03.03.2004** in Braunschweig vorgestellt. In der Ausgabe vom 08.04.2004 hat das Holzzentralblatt (HZB Nr. 28; S. 359) darüber berichtet, wobei die DBU als Projektförderer genannt wurde. Am **25.06.2004** (2. Phase) hat ein FLOWCOAT Demotag bei der Fa. Rhenocoll in Konken stattgefunden, wo neben den

Projektverantwortlichen auch die DBU vertreten durch Dr. M. Hempel anwesend war und das Projekt vorgestellt hat. Die Fachpresse war ebenfalls geladen und hat über das Projekt an verschiedenen Stellen berichtet. Ein Hauptbericht zu der Thematik wurde in der Ausgabe 4/2004 der Zeitschrift HOLZ auf den Seiten 26 bis 30 verfasst (siehe Anlage 2). Nach der Veranstaltung am 25.06.04 wurde bei 2 Teilnehmern eine konkrete Demonstration gemäß der Bewilligungsvorgaben der DBU (Phase C/D) vereinbart. Bei der Fa. Pado Elementebau in Braunschweig wurde daher am **17.03.2005** ein Anwenderworkshop durchgeführt. Dieser wurde von einer Redakteurin der Braunschweiger Zeitung begleitet und am 31.03.2005 wurde ebenfalls darüber berichtet (Anlage 3). Am **15.04.05** wurde abschließend in Konken bei der Fa. Rhenocoll ein weiteres Demonstrationsseminar durchgeführt. Des Weiteren erfolgte eine Präsentation des Projektes am **04.05.2005** anlässlich der LIGNA + 2005 in Hannover. Im Rahmen eines Expertengesprächs wurde auf den Messestand der Fa. Rhenocoll eingeladen und die beiden Mitarbeiter Dr. Guido Hora und Frau Sandra Hennecke (Fraunhofer WKI) standen gemeinsam mit Herrn Werner Zimmermann (Rhenocoll) für wissenschaftliche und technische Fachfragen dem interessierten Messepublikum zur Verfügung. Eine weitere Veranstaltung, die für den **04.07.2005** bei der Fa. Rhenocoll in Konken geplant war, musste leider mangels Beteiligung kurzfristig abgesagt werden. Projektabschließend wurde wiederum bei der Fa. PADO Elementebau GmbH am **01.11.2005** eine fallgruppenspezifische Demonstrationsflutung unter Anwesenheit der Regionalpresse (Braunschweiger Zeitung) durchgeführt. Am 08.11.2005 wurde darüber berichtet (siehe Anlage 4).

Weitere Informationen zum Projekt finden sich unter:

<http://www.ivf.ing.tu-bs.de/info/veranstaltungen/HTK/Programm.html>;

## Fazit

Die erste Projektphase der **Stufe A** hat die nach 12 Monaten von den Projektpartnern als Zielvorgaben vereinbarten Zwischenergebnisse geliefert und war somit erfolgreich, wobei sowohl die Fa. Rhenocoll als auch das Fraunhofer WKI das Engagement durch höheren Ressourceneinsatz in der ersten Projektphase leicht gesteigert haben. Das Fraunhofer WKI konnte dieses durch die zusätzliche Einstellung einer studentischen Hilfskraft mit lackwissenschaftlicher Ausbildung realisieren, was zu Projektbeginn nicht absehbar war. Dadurch war es möglich, nach Beendigung der ersten Projektphase deutlich mehr Formulierungen sowohl im lasierenden als auch im deckenden Bereich labormaßstäblich soweit positiv vorzubewerten, um diese für die darauf aufbauenden großtechnischen Versuche für den Beginn der 2. Projektphase mit guten Erfolgsaussichten planen zu können. Die Miniaturflutanlage hat für die rezeptorischen Entwicklungsarbeiten wichtige technische Hinweise liefern können und erlaubte die Anfertigung von kleineren Prüfkörpern für die zwingend erforderlichen Qualitätsprüfungen u.a. nach DIN EN 927. Diese Projektphasen waren erheblich arbeitsintensiver als zunächst geplant, es gab aber durch die hervorragende Kooperation zwischen der Fa. Rhenocoll und dem Fraunhofer WKI stetig einen im Projektrahmen liegenden Fortschritt.

Die Einbeziehung eines Geräteherstellers für die **Stufen B und C** des Projektes gestaltete sich als sehr problematisch. So musste die Fa. Eisenmann aufgrund signifikant fehlenden Engagements im Frühjahr 2005 gegen die Fa. Range + Heine ausgetauscht werden. Allerdings



hat sich auch Range + Heine sehr wenig in diesem Projekt engagiert. Wiederum wurden diese fehlenden Kompetenzen durch zusätzliches ingenieurwissenschaftliches Personal beim Fraunhofer WKI ausgeglichen. Durch diesen Sachverhalt kam es zu einer Verzögerung in den notwendigen gerätetechnischen Anpassungen und das Projekt wurde um 5 Monate kostenneutral verlängert, was zu einer Gesamtlaufzeit von 29 Monaten geführt hat. Mit erfolgter Umsetzung der Entwicklung bei einem Anwender in Deutschland (Fa. PADO Elementebau, Braunschweig) gemäß **Stufe D** im Zeitraum März-Oktober 2005 sind die vereinbarten Projektzielvorgaben schließlich erfolgreich erreicht worden. Sowohl die Fa. Rhenocoll als auch das Fraunhofer WKI haben ihr Engagement durch höheren Ressourceneinsatz in allen Projektphasen gesteigert. Die Miniaturflutanlage hat für die Entwicklung der Laborformulierungen wichtige technische Hinweise liefern können und erlaubt die Anfertigung von kleineren Prüfkörpern für die notwendigen Qualitätsprüfungen u.a. nach DIN EN 927. Die letztendlich 9. und 10. Versuchsreihe hat dann ab Juli 2004 erfolgversprechende labortechnische Rezepturen hervorgebracht, die in den Versuchsreihen 11 und 12 auf großtechnisches Niveau gebracht und erfolgreich zwischen März 2005 und Oktober 2005 bei der Fa. PADO Elementebau eingesetzt werden konnten. Die begleitenden qualitätsentscheidenden Bewitterungsversuche haben für die halbtransparenten Beschichtungsaufbauten sehr gute Ergebnisse geliefert, sodass ab November 2005 mit der Produktion von ganzheitlich gefluteten Holzfenstern bei der Fa. PADO Elementebau begonnen werden kann. Im Rahmen einer Betriebsdatenerfassung bei zwei repräsentativen Unternehmen zeigte sich, dass durch den Einsatz der ganzheitlichen Flow-Coat-Technologie Einsparungspotentiale im Bereich von 40 % möglich sind. Überdies hinaus lässt sich bei einem ca. 30% höheren Auftragswirkungsgrad, die Menge an Lackabfall, der Energiebedarf und die Lösemittelabdunstung signifikant absenken.

## Literaturangaben

[1] <http://www.fz-juelich.de/ptj/datapool/page/1137/Hora.pdf>;

[2] <http://www.kompetenznetz-holz.de/symposium/symposiumsmappe.pdf>

[3] „Neue Flutlackiertechnik für die Holzfensterindustrie“, Holzzentralblatt HZB Nr. 28; Seite 359; 2004

[4] Hora, G.: „Flutlackierung von Holzbauteilen – Ökologische und wirtschaftliche Alternative zu konventionellen Methoden?“; Zeitschrift HOLZ 4/2004, Seiten 26 bis 30

[5] Redaktion BM, „Fluten statt Spritzen“; BM 12/2004, Seite 62

[6] <http://www.fensterplatz.de/fenster/Fenster.nsf/0/f6290e2242e5d55bc1256ed3002afe9c>

[7] „Neues Lack-Verfahren für Holzfenster“; Braunschweiger Zeitung 31.03.2005, Wirtschaftseite

[8] „Damit der Lack nicht so schnell ab ist“; Braunschweiger Zeitung 08.11.2005; Beilage „Wissen aus Braunschweig – Forschung für Fenster “

## **Anhang**