



Steinbeis Transferzentrum R.T.M.
Am Saalehafen 1, 06118 Halle (Saale), Germany

Leiter: Dipl.-Kfm. Markus Klätte

Am Saalehafen 1
06118 Halle (Saale)
Fon: +49 (345) 95 95 234
Fax: +49 (721) 151 29 0216
E-Mail: info@steinbeis-rtm.com
www.steinbeis-rtm.com

Saalesparkasse, Halle (Saale)
Kto.-Nr. 389081368 (BLZ 800 537 62)
USt.-Ident-Nr. DE190606404
St.-Nr. 9710600540

Innovationsforum „netzwerk wachse“

Von Kunststoffabfällen zu Wachsen und Paraffinen

- Auszüge aus der Vorhabensbeschreibung -



Halle/Saale, 26.10.2009

Gliederung

I. Gesamtziel des Vorhabens	3
II. Stand der Wissenschaft und Technik	5
1. Allgemeines	5
2. Die Technologie des PARAK-Verfahrens	6
2.1 Allgemeine Informationen	6
2.2 Aspekte der Schmelzeherstellung	7
2.3 Qualitätsverbesserung der Schmelze	8
2.4 Bewertung der Wachse und Paraffine aus Abbauprozessen	8
2.5 Verwendung der Wachse und Paraffine	9
2.6 Bewertung der Flüssigprodukte	10
2.7 Vorläufige Patentsituation	11
2.8 Weitere Methoden zur alternativen Gewinnung von Wachsen und Paraffinen	11
3. Voraussetzungen beim Antragsteller und bisherige Arbeiten	12
III. Beschreibung des Arbeitsplans	13
IV. Verwertungsplan	15
V. Arbeitsteilung/Kooperation	17
VI. Notwendigkeit der Zuwendung	18

Anlagen

Aufarbeitung von Polyolefinabfällen zu Wachsen, Paraffinen und Flüssigprodukten (Übersicht)

Balkenplan - Arbeitsplanung

I. Gesamtziel des Vorhabens

Ausgangspunkt 1: Abfallwirtschaft und rohstoffliches Recycling von Kunststoffabfällen

Die aktuelle EU-Abfallrichtlinie orientiert auf den Vorrang der stofflichen vor der energetischen Verwertung von Abfällen. Mittlerweile werden in Deutschland über 96% der Kunststoffabfälle verwertet (2007), 51,8% energetisch, 44,5% bzw. 2,17 Mio. t stofflich¹. Nur 1,5% bzw. 70.000 t der erfaßten Kunststoffabfälle fallen unter rohstoffliches Recycling. D.h. über chemische Verfahren werden die Kunststoffe in ihre chemischen Ausgangsstoffe zerlegt, die dann als Basis für neue Polymersynthesen dienen.² Rohstoffliches Recycling von Kunststoffen wird vor allem dort angewendet, wo werkstoffliches Recycling durch bloße Sortierung, Trennung, Recompounding oder Regranulierung nicht möglich ist oder nicht zu den erforderlichen Reinheitsgraden führt. Der technologische Aufwand, so er überhaupt ingenieurtechnisch beherrscht wird, ist i.d.R. sehr hoch. Deshalb ist rohstoffliches Recycling nur dort wirtschaftlich sinnvoll, wo die Produkte bei gleicher Qualität günstiger als die Neuware aus Erdöl hergestellt werden können oder wo sogar gänzlich neue Produktgruppen möglich sind. Mit der langfristig abnehmenden Verfügbarkeit von Erdöl und einhergehender Preissteigerungen auf dem Erdölmarkt – bei gleichzeitig wachsender Nachfrage nach hochqualitativen Polymerprodukten – wird rohstoffliches Kunststoffrecycling daher zunehmend an Bedeutung erlangen.

Ausgangspunkt 2: Der gegenwärtige Rohstoffmarkt für die Wachs- und Paraffinherstellung

Eine besondere Herausforderung stellen die aktuellen Entwicklungstendenzen auf dem Wachs- und Paraffinmarkt dar. Bislang wird die überwiegende Menge aller Wachs- und Paraffinprodukte vorwiegend aus dem sogenannten Paraffingatsch (auch Erdölgatsch genannt) hergestellt – einem Nebenprodukt bei der Herstellung diverser Öle, Schmiermittel und –fette aus Erdöl. Der Markt von Erdöl und Erdölprodukten ist in den letzten Jahren von großen Veränderungen geprägt. Einerseits haben wir bis Mitte 2008 eine noch nie dagewesene Preiserhöhung erlebt, danach einen entsprechenden Absturz. Auf der anderen Seite wird wegen der Klimaeffekte die ungebremste Verbrennung der fossilen Rohstoffe im Allgemeinen und der Erdölprodukte Benzin und Diesel im Besonderen zunehmend kritisch gesehen.

Der hohe Erdölpreis war der erste Grund für erste Engpässe bei der Rohstoffversorgung in der Paraffinindustrie. Heute haben wir einen weit bedeutsameren Effekt: Die Cracktiefe bei der Verarbeitung von Erdöl ist gestiegen, so daß die Ausbeute bei der Herstellung der Diesel- und Benzinfraktionen in der Erdölraffination erhöht wurde. Hinzu kommt, dass die modernen Motoren

¹ Der Vollständigkeit halber: ca. 3,7% der zur Verwertung erfaßten Kunststoffabfälle gehen auf Deponien.

² www.bkv-gmbh.de/fileadmin/downloads/Broschueren/Consultic2007_Inhalt_Summary1.pdf, S. 8, FN 1

weniger Schmieröl benötigen und damit der Schmierölbedarf insgesamt verringert wird. Das Zweitprodukt Paraffingatsch fällt somit in immer geringeren Mengen an. Dies bedeutet eine Verknappung des Rohstoffes Paraffingatsch. Parallel dazu steigt seit über einem Jahr – gegen den Trend der meisten sonstigen Erdölprodukte – der Weltmarktpreis für Paraffingatsch; er liegt derzeit bei 700 €/t.

Ausgangspunkt 3: Das PARAK-Verfahren

Vor 15 Jahren wurde in Webau (Sachsen-Anhalt) im dortigen Paraffinwerk der Fa. Baufeld von Herrn Dr. Johann Utzig ein Verfahren zur Herstellung von Wachsen und Paraffinen aus Altkunststoffen entwickelt und vor 10 Jahren in einer 20.000 t-Demonstrationsanlage erfolgreich getestet. Das Projekt hatte die Vorhabensbezeichnung **„Entwicklung und Bau einer Demonstrationsanlage zur Aufbereitung von PE- und PP- Kunststoffen zu hochwertigen Paraffinen, Wachsen und Ölen“** und wurde vom BMBF gefördert.³ Mit dem PARAK-Verfahren („PARaffine Aus Kunststoffen“) wurde insbesondere hochverschmutzte DSD-Folie verarbeitet. Die Ausbeuten in dem zweistufigen Prozeß waren bei optimaler Fahrweise:

- ca. 50% Paraffine und Wachse
- ca. 40% schwefelfreie Öle
- ca. 5% Spaltgase und
- ca. 5% Rückstände, abhängig von den Verunreinigungen der Altkunststoffe.

(Wurde nur die erste Verfahrensstufe angewendet, konnte eine Wachsausbeute von etwa 90 - 95% erzielt werden.)

Damit konnte der Beweis erbracht werden, daß selbst aus sehr problematischem Kunststoffabfall auf alternativem Wege Erdölwachse durch Wachse aus Kunststoffabfällen zu substituieren sind.

Leider wurde die Technikumsanlage nicht weiter- sondern wieder abgebaut und das PARAK-Verfahren nicht in die Praxis überführt. Hauptgründe waren fehlende Investitionsmittel für die Errichtung einer zusätzlichen Fraktionierkolonne. Zudem existierten damals ungünstige Marktpreise sowohl beim Inputmaterial wie auch bei den Produkten.

Zielstellung

Das geplante Innovationsforums zielt mithin darauf, ein regionales Netzwerk von Unternehmen aufzubauen, das mittelfristig die vor rd. 10 Jahren abgebrochene technologische Entwicklung aufgreifen und fortführen kann. So sollen gebrauchte Kunststoffe nicht einfach nur in den bisherigen

³ Der ursprüngliche Projekttitel lautete „Entwicklung und Bau einer Demonstrationsanlage zur Aufbereitung von toxisch belasteten PE- und PP-Behältnissen zu hochwertigen Paraffinen, Wachsen und Ölen“ (BMBF, FKZ 01 ZH 957 A). Zunächst

Stoffkreislauf zurückgeführt werden. Die Herstellung von Wachsen und Paraffinen aus Erdöl soll durch ein neues rohstoffliches Verwertungsverfahren ähnlich dem PARAK-Verfahren – wenigstens teilweise – substituiert werden. Darüber hinaus sollen - unter Nutzung der besonderen Molekülstrukturen der einzelnen Polyolefintypen - die Möglichkeiten dieses Verfahrens zur gezielten Generierung gänzlich neuer, hochwertiger Produkte, wie Spezialparaffine und -wachse sowie spezielle Chemierohstoffe und Kraftstoffadditive, genauer untersucht und schließlich mit dem Aufbau entsprechender Produktionsanlagen genutzt werden. Aufgrund der veränderten Rahmen- und Marktbedingungen sowohl in der Abfallwirtschaft als auch in der Wachs- und Paraffinbranche ist der Erfolg eines derartig innovativen Projektes nicht nur möglich, sondern langfristig auch zwingend erforderlich.

Dieses Vorhaben an der Schnittstelle zwischen Recyclingwirtschaft und Hochtechnologie-Chemie ist damit geeignet, **zwei faktische Lücken** in den anderen mitteldeutschen Netzwerken der Chemiebranche⁴ ausfüllen zu können: **Kunststoffabfall als hochwertiger Rohstoff der Synthese-Chemie** sowie **Produkt- und Verfahrensinnovationen bei der Herstellung von Wachsen und Paraffinen**. Zudem wird das ständige Thema *Energieeffizienz* um die Komponente **Wärmespeicher** erweitert, da Wachse bzw. Paraffine hervorragende Wärmespeichermedien sind, die aufgrund der bislang hohen Preise aber für eine kommerzielle Nutzung nur bedingt nutzbar sind. Hinzu kommt, dass das im Verfahren gewinnbare Wachs aus der 1. Verarbeitungsstufe relativ hohe Arbeitstemperaturen bis zu etwa 130°C ermöglicht, die mit Erdölparaffinen nicht erreichbar sind. Vor diesem gesamten Hintergrund bahnen sich schon jetzt Kooperationen zwischen den Projektträgern bzw. geplanten Teilnehmern des Innovationsforums sowie zu anderen Chemie-Clustern an, z.B. mit *Polykum e.V. Schkopau*.

II. Stand der Wissenschaft und Technik

1. Allgemeines

Ca. 40% bzw. 1 Mio. t der erfaßten Kunststoffabfälle in Deutschland sind die Polyolefine PE-HD, PE-LD und PP.⁵ Sie lassen sich aufgrund ihrer Molekülstruktur hervorragend durch spezifische thermische Behandlung in kürzerkettige Spaltstücke zerlegen, deren Spektrum von Gasen über

sollte belastetes Kanistermaterial verwertet werden. Im Verlaufe des Projektes wurde jedoch die Materialbasis erweitert und damit die Vorhabensbezeichnung verändert.

⁴ Siehe z.B. „Innovative Kunststoffverarbeitung“, „Polymersysteme und Kunststofftechnik“ oder „ibi - Innovative Braunkohlen Integration“.

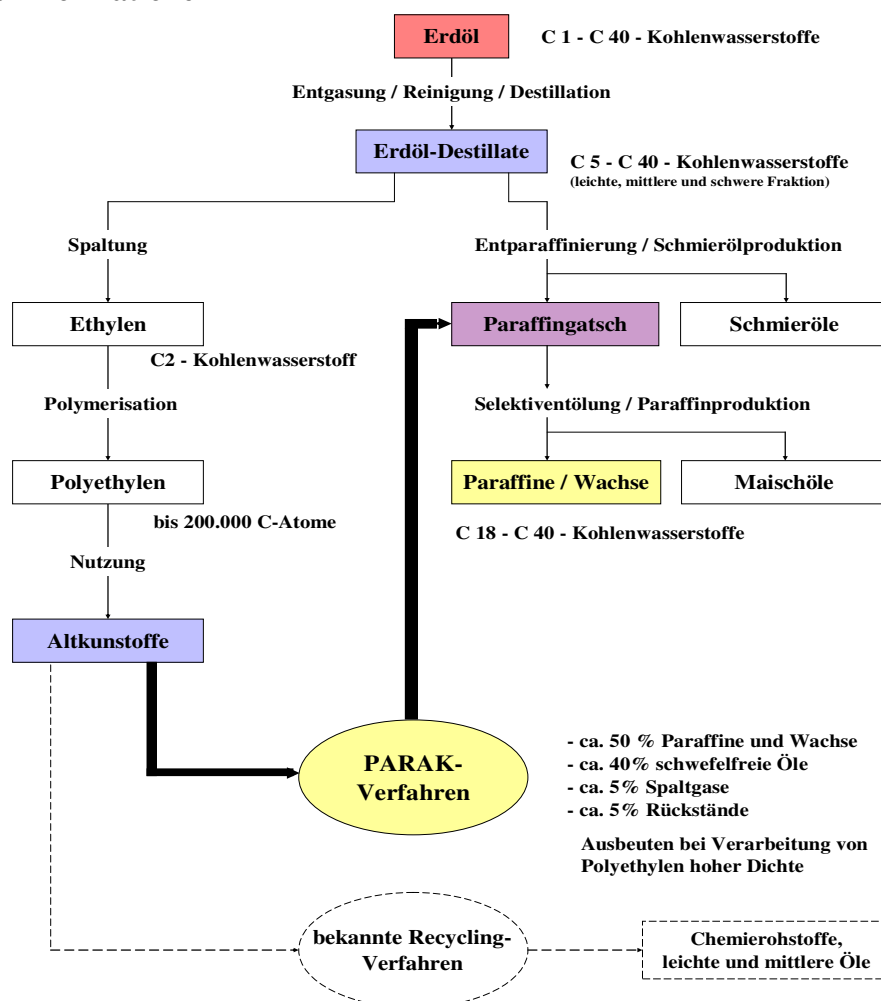
⁵ www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-l/3001.pdf, S. 14

Benzin, Leicht- und Schweröl bis zu Paraffinen und hochmolekularen Wachsen reicht. Durch die Wahl der Prozeßbedingungen (Spalttemperatur, Verweilzeit, Arbeitsdruck in der Spaltanlage, verwendete Katalysatoren usw.) und der eingesetzten Polyolefintypen läßt sich die Zusammensetzung der Endprodukte gezielt steuern. Die wenigen auf diesem Verfahrensprinzip arbeitenden Anlagen stellen über pyrolytische Crackung i.d.R. **gasförmige und flüssige** Produkte her – z.T. mit Problemen bei Produktqualität und Prozeßsicherheit.

Derzeit ist allerdings weltweit keine funktionierende Produktionsanlage bekannt, die auf diesem Weg zielgerichtet **feste** Produkte herstellt, also **Wachse und Paraffine** in marktrelevanten Mengen mit definierten Eigenschaften. (Als Nebenprodukte treten sie in äußerst schlechter Qualität allenfalls bei den katalytischen Niedertemperatur-Konvertierungsanlagen zur Verölung von Kunststoffabfällen auf.) Das PARAK-Verfahren ist das erste seiner Art, welches vom Ansatz her die Herstellung hochwertiger Wachse und Paraffine mit hoher Ausbeute ermöglicht.

2. Die Technologie des PARAK-Verfahrens

2.1 Allgemeine Informationen



Um hohe Produktqualitäten und Ausbeuten zu sichern, ist vorzugsweise aufbereitetes, d.h. vorgereinigtes und vorsortiertes Polyolefin-Abfallmaterial einzusetzen. Für das Netzwerk bedeutet das die unbedingte **Einbindung von qualifizierten Unternehmen des Kunststoffrecyclings** sowie die Qualifizierung der Aufbereitungstechnologien selbst. Da nur ein sehr geringer Anteil der existierenden Abfallströme aus sortenreinen Kunststofffraktionen besteht, ist der Reinigung und sortenorientierten Abfalltrennung hohes Augenmerk zu schenken. Deshalb soll sich ein Arbeitskreis des Innovationsforums gesondert mit den realen Abfallströmen und ihrer Aufbereitung für die Wachs- und Paraffinherstellung befassen. Eine hohe Trenntiefe zu erreichen, hat in dem Projekt-rahmen zudem einen doppelten Effekt: a) Sicherung der geforderten Produktqualität durch entsprechende Inputqualität, b) Abtrennung und separate Verwertung sortenreiner Kunststofffraktionen, die technisch der Paraffinherstellung abträglich sind und/oder - bei entsprechenden Reinheitsgraden - auf dem Markt einen höheren Erlös als die Produkte aus dem PARAK-Verfahren erzielen, z.B. bestimmte Polyamide, PET, PVC, PS- und ABS-Kunststoffe. Damit sind sowohl Kunststoffrecycling-Betriebe als auch Wachs-Produzenten und Anwender fachlich gefordert.

Die in der anschließenden **ersten Verfahrensstufe** („schonendes Cracken“) bei 360 – 400°C gewonnene Schmelze der Kunststoffabfälle führt bereits zu einem nutzbaren Produkt („U-Wachs“, nach seinem Erfinder Dr. Utzig). Dieses Wachs besitzt eine mittlere Molmasse von etwa 4.000 g/mol und liegt damit zwischen den Paraffinen und den Kunststoffen. Im Labor und im Technikum in Webau wurde eine Ausbeute bis zu 95% erreicht. Bei einem Einsatz von vorwiegend PE-HD-Material (geradkettige Molekülstruktur) können die höchsten Ausbeuten und die Gewinnung sehr hochwertiger, gut kristallisierender Normalparaffine gewährleistet werden. Gesichert sind bei diesem Temperaturbereich auch die Zerstörung des überwiegenden Anteils organischer Schadstoffe sowie die Zersetzung von eventuellem Rest-PVC im Inputmaterial. Die mit dem Abfall eingeschleppten Feststoffe bewirken einen gewissen Ascheanteil in der Schmelze, der durch entsprechende Aufbereitung der Abfälle minimiert werden kann.⁶ Der ganze Prozeß kann bei Bedarf aber auch so gefahren werden, daß der Anteil an leichteren Spaltprodukten (Gase, Öle) steigt. Hier werden die bereits existierenden Technologien zur Verölung von Kunststoffen tangiert.⁷ Fachleute und Praktiker aus diesem Bereich werden am Forum teilnehmen.

2.2 Aspekte der Schmelzeherstellung

Im Innovationsforum sollen zunächst elementare verfahrenstechnische Fragen zur Herstellung der Schmelze diskutiert werden (Inputvarianten; Temperaturführung; Art der Wärmezuführung;

⁶ Ungereinigte DSD-Folie führte in der Webauer Demonstrationsanlage zu einem Aschegehalt von etwa 2%.

⁷ z.B. www.nill-tech.de; www.clyviattec.com; www.logmed.de; www.gossler-envitec.de

Drücke; Materialeintrag und –austrag usw.). Die thermische Beständigkeit der Polyolefine nimmt in der Richtung PE-HD, PE-LD, PP deutlich ab. Werden sortenreine Abfälle eingesetzt, ist die Arbeitstemperatur entsprechend anzupassen. Gemische dieser Produkte bewegen sich zwischen den Werten für sortenreine Einsatzprodukte. Die Apparaturen einer künftigen Produktionsanlage sind so auszulegen, daß definierte Temperaturen - inputabhängig - gradgenau justiert und zugleich konstant aufrecht erhalten werden können. Von der exakten Steuerung hängen Ausbeute und Qualität der Schmelze ab. In diesem Zusammenhang sind Verfahrenskemiker sowie die Teilnehmer des Innovationsforums aus dem Chemieanlagenbau und aus relevanten Ingenieurbüros gefragt.

2.3 Qualitätsverbesserung der Schmelze

Die Schmelze umfaßt ein breites Spektrum an Kohlenwasserstoffen, das von minimalen Anteilen an flüssigen Paraffinen über zunehmende Anteile an Weichparaffinen, Hartparaffinen bis zu hochmolekularen Wachsen reicht. Zur Abtrennung der leichten Anteile bieten sich nach jetzigem Stand der Technik an: die destillative Nachbehandlung der Schmelze bei Temperaturen unterhalb des Crackbeginns oder Extraktion mittels Lösungsmitteln. Auf diese Weise wird das Molmassenspektrum der Schmelze eingengt, die Schmelzpunktbereiche der Produkte werden schmaler, ihre Schmelzpunkte erhöhen sich. Das Forum soll diese Lösungsansätze evaluieren bzw. Alternativen entwickeln. Sind Hartparaffine die Zielprodukte, ist analog zum PARAK–Verfahren eine **zweite Verfahrensstufe** erforderlich, bei der die Spaltung der Schmelze in Form einer Crackdestillation im Vakuum vorgenommen wird. Vor dem Einsatz in der Paraffinindustrie sind eine Fraktionierung der Spaltprodukte und eine branchenübliche Hydrierung zweckmäßig.

2.4 Bewertung der Wachse und Paraffine aus Abbauprozessen

Aus PO-Kunststoffen lassen sich Wachse und Paraffine mit ganz spezifischen Eigenschaften herstellen, **wie sie aus Erdölgatschen nicht gewinnbar sind**. So können aus PE-HD Paraffine mit fast ausschließlich geradkettiger Struktur (Normalparaffine) gewonnen werden, aus PP nur solche aus verzweigt-kettigen Individuen (Isoparaffine). Diese Produkte würden die auf dem Markt befindlichen Paraffinsortimente um neue, hochwertige Spezialitäten ergänzen.

Im technischen Maßstab wurden die Verfahrensstufen Aufbereitung der Abfälle, Herstellung der teilabgebauten Schmelze, Crackdestillation im Vakuum und Grobfraktionierung des Crackdestillates realisiert. Vorgesehen war noch die Verarbeitung der Paraffinfraktion in der damals in Webau betriebenen Selektiventölungsanlage.

Es zeigte sich, daß der Wirkungsgrad der vorhandenen Fraktionierkolonne nicht ausreichte, um ein geeignetes Einsatzmaterial für diese Anlage herzustellen. Die Paraffinfraktion enthielt noch deutliche Anteile an Produkten (sowohl zu kurz-kettige als auch zu lang-kettige), die nicht in diese

Fraktion gehörten. Dadurch traten Schwierigkeiten schon im Labor bei dem zur Selektiventölung gehörigen Filtrationsprozeß auf.

Wurde die Paraffinfraktion aus der Anlage aber im Labor sauber aufgetrennt, ließ sich die so gewonnene optimierte Paraffinfraktion ohne Probleme verarbeiten. Sowohl die Filtrationsgeschwindigkeit der sogenannten Maische als auch die Qualität des gewonnenen Paraffins waren einwandfrei. Damit wurde in einer ganzen Reihe von Versuchen forschungsseitig der Beweis erbracht, daß sich auch aus dem unsauberen Folienmaterial ein gutes Paraffin herstellen lässt.

Um diese Aussage zu den Möglichkeiten des PARAK-Verfahrens bestätigen zu können, wäre die Errichtung einer weiteren Fraktionierkolonne notwendig gewesen. Auf Grund des sich daraus ergebenden zusätzlichen Investitionsbedarfes wurde dieser Maßnahme von Seiten der Fa. Baufeld damals nicht zugestimmt. Das für die Selektiventölungsanlage erforderliche Einsatzmaterial stand damit nicht zur Verfügung, so daß für diese Stufe lediglich die positiven Laborergebnisse vorliegen.

2.5 Verwendung der Wachse und Paraffine

Im Innovationsforum sollte zunächst die Eignung der Produkte aus 1. und 2. Verarbeitungsstufe

- als Substitute für herkömmliche Wachse und Paraffine,
- als neue Produkte zur Erweiterung der Produktpalette der Wachs- und Paraffinbranche sowie
- (*aufgrund der besonderen Bedeutung*) als Wärmespeichermedium

diskutiert werden. Dazu sind vor allem Vertreter aus der Wachs- und Paraffinbranche sowie potentielle Produktanwender gefragt.

a) Verwendung in der Wachs-/Paraffin-Industrie:

Die Produkteigenschaften der verschiedenen U-Wachse hängen ebenfalls vom jeweiligen Kunststoffabfall ab. So ergibt PP ein extrem hartes Wachs, wie es derzeit kaum ein vergleichbares Produkt auf dem Markt geben dürfte, erst recht nicht zu den Herstellungskosten eines Abbauwachses aus Kunststoffen. Die speziellen Eigenschaften für das unverzweigte Produkt aus PE-HD und das teilweise verzweigte PE-LD müssen im Innovationsforum noch diskutiert werden.

b) Zusatz bei der Bitumenherstellung:

Hierzu liegen bei einigen Bitumenherstellern Erfahrungen und auch Forschungsergebnisse vor. Vom Bitumenwerk Webau ist bekannt, daß dort entsprechende Großversuche im Straßenbau durchgeführt wurden. Sasol Wax hat bereits entsprechende Bitumenzuschlagstoffe im Sortiment. Eine Einbeziehung von interessierten Bitumenherstellern im Innovationsforum wird daher angestrebt.

c) Beispiel Latentwärmespeicher:

Alternativ zu Salzen bzw. Salzhydraten sind Paraffine die bevorzugten Wärmespeichermedien.⁸ Für anspruchsvollere Aufgaben mit Schmelztemperaturen $> 100^{\circ}\text{C}$, wie sie z.B. für Sonnenkollektoren, für BHKW's oder sonstige Kraftwerks- und exotherme Anlagen am effektivsten wären, gibt es derzeit keine Latentwärmespeicher mit adäquaten Wärmespeichermedium auf der Basis von Erdölparaffinen. Die Fischer-Tropsch-Paraffine mit Schmelzpunkten bis 120°C sowie spezielle Polyolefinwachse aus der Polymerisation von Ethylen mit Schmelzpunkten bis ca. 140°C sind für eine Verwendung als Wärmespeichermedium in Groß-Latentwärmespeichern zu teuer, Kosten $1.400 - 1.600 \text{ €/t}$.⁹ Damit ist eine wirtschaftliche Betreibung derartiger Latentwärmespeicher schon vom Ansatz her problematisch, da auf 1.000 Auf- und Entladungen gerechnet allein die Materialkosten für das Wärmespeichermedium nach mit $2,5 - 3 \text{ C/kWh}$ zubuche schlagen würden.¹⁰ Hier können die U-Wachse eine Alternative sein, da ihre Herstellungskosten nach jetziger Schätzung nur $20 - 25\%$ betragen und diese Wachse zugleich Schmelzpunkte bis 130°C erreichen. Auf dieser Basis könnten Latentwärmespeicher-Container erstmalig wirtschaftlich bzw. Wärmespeicher für die verschiedensten Anwendungen überhaupt erst möglich werden.

2.6 Bewertung der Flüssigprodukte

Die verfahrenstechnisch insbesondere bei PP-Abfällen anfallenden Flüssigprodukte sind verzweigt-kettige Kohlenwasserstoffe, die entsprechend ihrer Siedelage gut als Zusatz zu Benzin oder Dieseldieselkraftstoffen geeignet sind. Ähnlich dem iso-Octan weisen sie i.d.R. höhere Oktanzahlen und damit höhere Klopfestigkeit auf als die entsprechenden geradkettigen Kohlenwasserstoffe. Es bietet sich somit die Herstellung von Spezialfraktionen des Benzin- und DK-Bereiches an, die als Klopfestigkeits- bzw. Cetanzahlverbesserer gehandelt werden können.

Es ist zudem davon auszugehen, daß verzweigt-kettige PP-Spaltprodukte niedrigere Stockpunkte aufweisen als herkömmliche Kraftstoffe und damit als alternative Stockpunktsenker in Dieseldieselkraftstoffen für Kälteregeonen und -zeiten verwendbar sind.

Im Innovationsforum sollen weitere Verwendungs- und Veredlungsmöglichkeiten aller Spaltprodukte im Hinblick auf die Möglichkeiten der mitteldeutschen Chemie-Region diskutiert werden. Hierbei sind insbesondere auch die Entwickler und Betreiber von Anlagen zur Kunststoffverölung einzubinden.

(Zusammenfassende Übersicht über die wichtigsten Elemente der Wertschöpfungskette s. Anlage 1)

⁸ s. www.lwsnet.info/Bericht/BMBF-Fkz-03SF0307A-G.pdf, S. 102, 111, 130. Nach diesem Forschungsbericht haben Salze bzw. Salzhydrate als Wärmespeichermedium Probleme mit der Zyklenstabilität, zu breite Temperaturfenster, erhebliche Korrosivität sowie schwer kalkulierbare Gesamtherstellungskosten.

⁹ z.B. VESTOWAX A 612 von Evonik (Schmelzpunkt $116 - 122^{\circ}\text{C}$, Viskosität bei $150^{\circ}\text{C} = < 60 \text{ mPa}\cdot\text{s}$)

¹⁰ bei einem Wärmeübertragungsverlust von nur 20%

2.7 Vorläufige Patentsituation (bezogen auf das technologische Kern-Verfahren)

a) Patente angemeldet über das Paraffinwerk Webau bzw. Baufeld-Öl

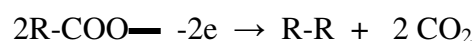
[nicht mehr relevant ...]

b) Patent in persönlicher Inhaberschaft von Dr. Utzig

„Wärmespeichermedien auf Kohlenwasserstoffbasis, bestehend aus Abbauprodukten von Polyolefinkunststoffen“, Offenlegungsschrift, DE 100001998, Anmeldetag 19.01.2000

2.8 Weitere Methoden zur alternativen Gewinnung von Wachsen und Paraffinen

Wachse und Paraffine lassen sich prinzipiell auch aus pflanzlichen oder tierischen Fetten gewinnen. Fast alle pflanzlichen und tierischen Fette sind Glycerinester, aus denen sich durch Fettspaltung mit Schwefelsäure Natronlauge oder enzymatisch langkettige Carbonsäuren abspalten lassen. Palmitinsäure $C_{15}H_{31}COOH$ und Stearinsäure $C_{17}H_{35}COOH$ sowie die entsprechenden ungesättigten Fettsäuren zählen zu den am häufigsten vorkommenden Fettsäuren in pflanzlichen und tierischen Fetten sowie in fetten Ölen. Diese Carbonsäuren lassen sich oxidativ kuppeln¹¹:



Palmitin- und Stearinsäure ergeben bei der anodischen Oxidation die n-Paraffine n-Triacontan und n-Tetratriacontan in Materialausbeuten von 88 bzw. 80%. Auf diese Weise ist Paraffin herstellbar, das bei Temperaturen oberhalb 60°C schmilzt. Möglich ist es auch, bei der Synthese von den Methylestern der Fettsäuren auszugehen, diese mit Natronlauge zu spalten und in methanolischer Lösung anodisch zu oxidieren. Dieses Paraffin wird bereits in der Produktion zur

¹¹ „R“ steht für organischen Rest, in diesem Fall $C_{15}H_{31}$ bzw. $C_{17}H_{35}$

Herstellung von Biobitumen genutzt. Für alle anderen Wachse und Paraffine existieren derzeit allenfalls theoretische Vorlaufforschungen, eine industrielle Praxis ist nicht bekannt. Vor dem Hintergrund der Krise der Biodieselhersteller im Zuge des Erdölpreisverfalls und der Mineralölsteuerprogression böte sich hier in einem Zeitraum von 5 – 10 Jahren eine Produktionsalternative, die allerdings noch erheblichen Entwicklungsvorlauf und dann umfangreiche Zusatzinvestitionen benötigt. Offene Fragen beziehen sich hier nicht nur auf rein technologische Prozesse, sondern vor allem im Hinblick auf die wirtschaftliche Konkurrenzfähigkeit der Produkte. Anwendungsfälle dürften sich daher vorerst auf die Lebensmittel- und die Pharmabranche beschränken.

Im Innovationsforum soll zu diesem technologischen Ausblick ein Impulsvortrag gehalten werden.

3. Voraussetzungen beim Antragsteller und bisherige Arbeiten

Das **Steinbeis Transferzentrum RTM** ist eines von 765 Steinbeis-Unternehmen (2008), nicht alle sind Transferzentren. Es wurde ein Gesamtumsatz von 124 Mio. Euro erzielt. Beteiligt an diesem Umsatz waren 1.383 Angestellte und 3.338 freie Mitarbeiter und 801 Professoren.¹²

Steinbeis RTM in Halle/Saale befaßt sich speziell mit **Ressourcen-Technologien**, was vom Programm her jede Technologie einschließt, die mit Ressourcen effizienter, neuartig oder schlichtweg besser umgeht. In der Praxis haben sich jedoch die Technologien zur Behandlung und Sortierung von Altkunststoffen sowie deren Verölung, die Vergasung von Biomasse, Klärschlamm und Ersatzbrennstoffen als Hauptgeschäftsfeld herausgestellt.¹³ Mit der Fa. *TLT Turbolaminare Trenntechnik Anlagenbau GmbH* aus Frankfurt/M. wird derzeit eine neue Trockentrenntechnologie für PS/ABS-Kunststoffgemische entwickelt. Als Beispiel für weitere Technologiekompetenzen von RTM sei genannt die Entwicklung einer neuartigen Brauchwasserbehandlungsanlage zur effektiven Reinigung von belastetem Brunnen- oder Brauchwasser, z.B. für Landwirtschaftsbetriebe. Dieses Projekt wurde gemeinsam mit der Fa. *EUT GmbH Eilenburg* realisiert, vom Land Sachsen gefördert und im Oktober 2009 erfolgreich abgeschlossen.

Neben technischer, Technologie- und Patentberatung sowie Gutachtertätigkeit befaßt sich Steinbeis RTM zudem mit Projektmanagement und betriebswirtschaftlicher Beratung, und zwar sowohl bei Investitions- als auch bei Entwicklungsvorhaben. Die Beratungstätigkeit wird i.d.R. über vertraglich gebundene Projektleiter auf Honorarbasis realisiert. Vorhabensbezogen werden Projektleiter im Bedarfsfall auch im Angestelltenverhältnis für Steinbeis tätig.

¹² s. www.stw.de

Die für das Innovationsforum „netzwerk wachse“ spezielle technologische Fachkompetenz soll über einen Beratervertrag mit den Herren Dr. Utzig und Prof. Dr. habil. Matschiner gebunden werden.

III. Beschreibung des Arbeitsplanes

Das Innovationsforum begreifen wir als einen mehrstufigen Prozeß:

1. Festigung und Verbreiterung der institutionellen Basis, d.h.

Detailliertere Abstimmung der Interessenlagen und möglichen Beiträge der vorhandenen Partner
Institutioneller und personeller Ausbau des Netzwerkes zur Verstärkung von Teilbereichen

2. Erarbeitung und Abstimmung von Arbeitsplänen zur Vorbereitung des Forums

Präzisierung der Arbeitsthemen und der offenen Fragen für das Innovationsforum

Abstimmung zur arbeitsteiligen Vorbereitung der Arbeitskreise

Entwurf eines Strukturplans des “netzwerkes wachse”

Vorbereitung von Diskussionsentwürfen unter anderem:

- zu theoretischen und praktischen Grundlagen der PARAK-Technologie,
- zu Aufgaben bei der Weiterentwicklung des PARAK-Verfahrens,
- zur qualitativ und quantitativ nachhaltigen Sicherung der Rohstoffbasis,
- zur Planung einer Technikumsanlage zur Herstellung von Wachsen und Paraffinen,
- zur Weiterverarbeitung, Veredlung bzw. Anwendung von Produkten,
- zum Musterbau eines Paraffin-Latentwärmespeichers auf Container-Basis,
- zu Entwicklungsperspektiven des Rohstoff- und des Absatzmarktes,
- zu betriebswirtschaftlichen Aspekten entlang der ganzen Wertschöpfungskette,
- zu schutzrechtlichen Aspekten bei der Entwicklung der einzelnen Technologien.

Im einzelnen sind folgende **Arbeitsschritte** vorgesehen:

1. Abstimmung mit den vorhandenen Netzwerkinteressenten über die weitere Kooperation und Aufgabenverteilung;
2. Gewinnung weiterer Netzwerkpartner;
3. systematische Klärung offener Fragen der relevanten Technologien und Märkte;
4. Fortführung der Patentrecherchen;

¹³ s. www.steinbeis-rtm.com, insbesondere die Betreuung von Entwicklungsvorhaben der Fa. Nill-Tech GmbH Holzgerlingen sowie der Fa. Logmed Cooperation GmbH Halle (mit Förderung der Deutschen Bundesstiftung Umwelt) zur Verölung von Kunststoffabfällen.

5. Akquise von möglichen Investoren für den Bau einer Produktionsanlage als künftiges Zentrum des Netzwerkes;
6. Netzwerkausbau/-pflege

Vorhabensbezogene Ressourcenplanung

...

IV. Verwertungsplan

Überlegungen zu einem Verwertungsplan können zum jetzigen Zeitpunkt nicht über das hinaus gehen, was unter dem Pkt. II.2 bereits entwickelt wurde. Wesentliche Erkenntnisse dazu werden als wichtige Ergebnisse des Innovationsforums erwartet. Insbesondere soll das Innovationsforum die folgenden (fundierten) **Hypothesen** prüfen und – im besten Falle – bestätigen:

1. Für alle Beteiligten an der Wertschöpfungskette bestehen **exzellente wirtschaftliche Erfolgsaussichten**:
 - a. Unternehmen des Kunststoffrecyclings realisieren eine höhere Wertschöpfung durch langfristige, von Konjunkturschwankungen weniger abhängige Lieferverträge für definierte Sortierqualitäten mit Preisen über denen von Ersatzbrennstoff bei ähnlichem Kostenaufwand;
 - b. Unternehmen des Anlagenbaus für Kunststoffabfall-Sortiertechnik erhalten neues Kundenpotential für ihre Anlagen und gleichzeitig Impulse für die Weiterentwicklung ihrer Technik;
 - c. Chemieanlagenbauer und mit ihnen kooperierende Lieferanten und Dienstleister können eine neue Technologie mit Alleinstellungsmerkmalen, gutem Exportpotenzial, nachhaltigem Bedarf und ständigen Möglichkeiten der Weiterentwicklung auf den Markt bringen;
 - d. Für Hersteller von Latentwärmespeichersystemen trifft dasselbe zu. Der Einsatz von Wärmespeichersystemen wird für die kommenden Jahrzehnte ein aufstrebender Markt sein. Latentwärmespeicher auf Basis der U-Wachse erfordern wesentlich

geringere Investitionskosten und haben damit die Möglichkeit, ein Massenprodukt zu werden.

- e. Betreiber von Verwertungsanlagen zur Herstellung von Wachsen, Paraffinen und weiteren Spezialprodukten können langfristig und zunehmend mehr zu Hauptlieferanten für die gesamte Wachs- und Paraffinbranche werden, solange Biowachse noch nicht marktfähig sind und all jene Einsatzbereiche abdecken können, die heute bereits mit Abbauwachsen möglich sind.
 - f. Anwender von Latentwärmespeichern können ihre Energiepotenziale wesentlich effektiver einsetzen, es geht wesentlich weniger Energie an die Umwelt verloren.
 - g. Spezialanbieter von Chemieprodukten erhalten die Möglichkeit, völlig neue Produkte aus dem Verwertungsprozeß zu genieren und auf den Markt zu bringen, z.B. bessere bzw. kostengünstigere Hartwachse, Kraftstoffadditive u.a.m.
2. Die **wissenschaftlich-technischen Erfolgsaussichten** für das Gesamtvorhaben sind aufgrund der weitgediehenen Entwicklungen beim PARAK-Verfahren sehr gut.
 3. Aufgrund der dargestellten Komplexität gibt es viele Ansatzpunkte für eine wissenschaftliche und wirtschaftliche Weiterentwicklung des gesamten Verwertungssystems sowie seiner einzelnen Elemente.

Insgesamt ist zum jetzigen Zeitpunkt die Verzahnung der Wirtschaftsunternehmen und Produzenten mit den entsprechenden Schnittstellen entlang der dargestellten Wertschöpfungskette klarer erkennbar. Eine wesentliche Herausforderung des Innovationsforums besteht unter anderem darin, die Möglichkeiten der Hochschulen und wissenschaftlichen Einrichtungen für die Qualifizierung des Netzwerkes und insbesondere für die Weiterentwicklung der involvierten Technologien zu erkunden und weit mehr zum Tragen zu bringen.

V. Arbeitsteilung/Kooperation

Geplante Arbeitskreise des Innovationsforums:

1. Evaluierung möglicher Verfahren zur Veredlung von Kunststoffabfällen zu Wachsen/Paraffinen unter besonderer Berücksichtigung des PARAK-Verfahrens (inkl. Schutzrechtaspekte)¹⁴ und vor dem Hintergrund der Alternative Biowachse
2. Sicherung der Rohstoffe für die Herstellung der U-Wachse
 - Welche existierenden Stoffströme aus dem Kunststoffrecycling sind für U-Wachse geeignet?
 - Ansprüche an die Sortierung und Aufbereitung ausreichend wertiger Polyolefin-Rohstoffe
 - abfallrechtliche Rahmenbedingungen.
3. Produkte und Produktgruppen aus U-Wachsen, Einsatzmöglichkeiten, Marktchancen
4. Anwendungsfall: U-Wachs als Wärmespeichermedium in Latentwärmespeichersystemen.

(U.U. werden die Arbeitskreise 1 und 3 noch zusammengelegt.)

Abschließendes Forum: Zusammenfassung, Ausblick; Entwurf eines Arbeitsprogramms für Pilotanlagen und Marktaufbereitung.

Netzwerkpartner (vorläufig):

1. **Steinbeis Transferzentrum R.T.M. Halle**, Projektkoordination, Begleitung sowie mittel- und langfristige Administration des Netzwerkes
2. **Martin-Luther-Universität Halle**, u.a.m. Dr. H. Rüttinger (FB Pharmazie) – Bio-Wachse
3. **FH Merseburg** (Prof. Dr. Jörg Kirbs, Prorektor für Forschung und Wissenstransfer)
4. **FH Anhalt** (Prof. Dr. habil. em. K. Gramlich, Ltr. AiF-Projekt „Latentwärmespeicher für Solarsysteme“)
5. **KKZ Kunststoffkompetenzzentrum Halle-Merseburg** (Dr. Mathias Zaha)
6. **Polykum e.V. Schkopau**, Fördergemeinschaft für Polymerentwicklung und Kunststofftechnik in Mitteldeutschland (Vorstand Dr. M. Busch)
7. **Romonta Bergwerks Holding AG**, Marktführer bei Herstellung, Veredlung und Vertrieb von Montanwachsen (Dipl.-Ing. Jörg Abraham, Ltr. FuE) – In ca. 15 Jahren geht die Montanwachskohle von Romonta zur Neige, so daß eine langfristige Marktneuorientierung unerlässlich ist. Romonta hat Know how und Patente bei der Wachsverarbeitung und exzellenten Marktzugang.
8. **EVH Energieversorgung Halle GmbH** (GF Prof. Dr. J. Krause) – Bau und Nutzung von Latentwärmespeichersystemen
9. **Stadtwirtschaft Halle** (GF Herr Lux) – Erfassung und Aufbereitung von Kunststoffabfällen

10. **Ulrich Hampel – Abfallmakler Braschwitz**
11. **Fiba Energieservice GmbH** (GF Th. Bilshausen) – Energiecontractor, Nutzung von Latentwärmespeichersystemen
12. **TLT Kunststoff-Recycling Anlagenbau GmbH**, Marktführer bei Anlagen zur Trennung von Kunststoffgemischen im Schwimm-Sink-Verfahren (Dipl.-Ing. W. Scholl, Ltr. Entwicklung)
13. **Sonotec Ultraschallsensorik Halle GmbH** (GF Dipl.-Ing. H.-J. Münch) – Lieferant für Anlagenbau, MSR-Technik, Erfahrungen bei der Qualitätssicherung in der Paraffinherstellung
14. **EDL Anlagenbau Gesellschaft mbH Leipzig**, Referenzen bei Entwicklung, Planung und Bau von Crack- und Destillationsanlagen (Dipl.-Ing. R. Ludwig, GF) – *Teilnahme noch offen*
15. **Dracosa AG Wolfen**, Entwicklung und Herstellung von Epoxiden und Polymeren aus Pflanzen (Prof. Dr. B. Adler)
16. **Dr.-Ing. Bernd Schmidt**, Merseburg – Engineering, Technologieentwicklung
17. **Wirtschaftsförderung der Stadt Halle** (Frau Dr. Sachse)
18. **GIZeF Gründer- und Innovationszentrum Freiberg und die Brand-Erbisdorf GmbH** – Entwicklung von Latentwärmespeichern auf Salzhydrid-Basis (Dr. F. Gehre)

VI. Notwendigkeit der Zuwendung

Das Steinbeis Transferzentrum RTM ist als Beratungsunternehmen Initiator des „netzwerkes wachse“, hat aber keinerlei produktionstechnischen oder finanziellen Hintergrund, um den Aufbau des Netzwerkes in einem überschaubaren Zeitraum und im erforderlichen Umfang (manpower) zu realisieren. Die sich bereits vor dem Vorhabensbeginn abzeichnende Komplexität der Aufgabe und des Netzwerkes bedarf zusätzlicher Unterstützung, um die Erfolgchancen wesentlich zu erhöhen.

Hinzu kommt der **Zeitfaktor**

1. aufgrund des möglichen Know-how-Verlustes, wenn Wissensträger in den Ruhestand gehen,
2. aufgrund der gegenwärtigen Marktsituation. Erst zu beginnen, wenn die Erdölpreise und die der Erdölprodukte wieder anziehen, bedeutet, auf erhebliche Mitnahmeeffekte zu verzichten, die gerade in der Startphase einer neuen Technologie für den Erfolg entscheidend sein können.

¹⁴ s.a. FN 3 und 7

In seiner Gründungsphase besitzt das Netzwerkwerk noch keine selbsttragenden Potenziale. Diesen Qualitätsstandard zu erreichen, wird durch die Unterstützung in Form einer Förderung des Innovationsforums – einschließlich des damit verbundenen Imagegewinns – eher möglich sein.

Anlage

Anlage 1: Aufarbeitung von Polyolefinabfällen zu Wachsen, Paraffinen und Flüssigprodukten (Übersicht)

