

Potsdam, den 24.03.2013

Sachbericht

Entwicklung und Erprobung einer Anlage
zur Rückgewinnung von Kurzfasern im Hanfaufschluss

Ident-Nr. : 16 07 60 87 04 22

Projektleiter: Dr. H.-J. Gusovius
Projektbearbeiter: Dr.-Ing. H. Schemel

Berichtszeitraum: 25.03.2010 – 24.03.2013
Projektzeitraum: 25.03.2010 – 24.03.2013

1. Einführung

Nach Bestätigung des vorzeitigen Maßnahmebeginns war der Projektstart am 25.03.2010 und beginnend mit dem Stand 31.12.2010 wurde in halbjährlichen Abständen über den Bearbeitungsstand berichtet. Dazu sind 4 Zwischenberichte mit der Darstellung der Aktivitäten und Ergebnisse vorgelegt worden, die zu den Stichtagen 31.12.2010, 30.06.2011, 21.12.2011 und 30.06.2012 erreicht wurden. Zum Zwischenstand am 31.12.2012 ist im Schreiben vom 01.02.2013 informiert worden, mit dem Verweis darauf, dass im Schlussbericht die Aktivitäten vom 30.06.12 bis zum Projektende mit abgerechnet werden. Entsprechend des Zeit- und Arbeitsplanes waren im letzten Projektabschnitt nachfolgende Arbeitspakete zu bearbeiten:

- AP 12: Funktions- und Einsatzerprobung- Optimierung (anteilig)
- AP 13 Erprobung der Gesamtanlage zur Faserrückgewinnung, -entstaubung und -aufbereitung
- AP 14 Überarbeiten der Gesamtanlage
- AP 15 Abschlussbericht

Wie schon im 3. Und 4. Zwischenbericht dargestellt wurde, konnten mit dem im Rahmen des Projektes eingebauten Siebfilter nach einigen Optimierungen im Abluftsystem zusätzlich Faser-Schäben- Gemische mit kleiner Partikelgröße aus dem Abluftstrom zuverlässig abgeschieden werden. Maßgeblichen Einfluss auf Struktur und Zusammensetzung dieses Gemisches haben jedoch die vorhergehenden technologischen Schritte, weil die Luft beim Faseraufschluss und in der Faserreinigung mit dem Faser- Schäben Gemisch befrachtet und diese Fracht in der Schäbenreinigung zu einem hohen Anteil wieder als gereinigte Schäben und weitere Fraktionen abgeschieden wird. Zur Analyse, gemeinsamen Erarbeitung von Lösungsvorschlägen, Nachbesserung und Erprobung an den vorgelagerten Prozessabschnitten gab es bis zum Projektende Handlungsbedarf und noch sind nicht alle notwendigen Maßnahmen abgeschlossen. Insofern ist davon auszugehen, dass sich Anteil und Zusammensetzung des Feinschäben- und Feinfasergemisches, das nach der Schäbenreinigung in der Abluft verbleibt und im Siebfilter teilweise aufgefangen wird, noch verändern können. Unter diesen Voraussetzungen machte es keinen Sinn, abschließend eine Technologie für die Trennung des Feinschäben-, Feinfasergemisches zu konfigurieren und zu installieren.

Mit dieser Einschränkung konnten die Arbeitspakete 12 bis 14 des letzten Projektabschnittes nicht im vollen Umfang bearbeitet werden. Bereits im 3. Zwischenbericht wurde über mit gleicher Begründung notwendig gewordene Reduzierungen des Leistungsumfanges ab Arbeitspaket 5 informiert. Der abgerechnete Stundenumfang und damit die Mittelinanspruchnahme wurden entsprechend verringert, obwohl zusätzliche Aktivitäten zur Optimierung, Mängelbeseitigung und Leistungssteigerung der Gesamtanlage auch in der letzten Projektetappe zusätzliche Kapazitäten in Anspruch nahmen.

Diese Aktivitäten waren nicht nur eine Voraussetzung für die spätere Erreichung der Projektziele sondern mussten in dieser Phase wegen größerer wirtschaftlicher Effekte oder aktueller Notwendigkeit Vorrang haben. Konkret war der Schwerpunkt der Arbeiten darauf gerichtet, anstehende Entscheidungen der VOFA-Geschäftsführung zu Maßnahmen an der Faser- und Schäbenreinigungslinie durch entsprechende Voruntersuchungen und daraus abgeleitete Vorschläge zu unterstützen. Diese betrafen:

- Weiterführung der Untersuchungen zur Verwertung von Strohbestandteilen, die an der Ballenaufgabe und vor dem Faserselektor mit den störenden Beimengungen abgeschieden, dort jetzt abgesaugt werden und unaufgeschlossen in die Schäbenreinigung gelangen.
- Prüfung der Einsetzbarkeit eines im ATB entwickelten Axialfraktionierers zur Effektivitätssteigerung der Schäbenreinigung auf der Basis von Reinigungsversuchen an Faser- Schäben-Gemischen aus der VOFA- Aufschlussanlage.
- Mitwirkung an der Lösungsfindung für die Erreichung eines vom Abnehmer der Fasern geforderten Längenspektrums bei gleichzeitiger Durchsatzsteigerung der Faserreinigung

Nach Auswertung der letzten Projektetappe wird im eigentlichen Sachbericht das erzielte Ergebnis mit den Projektzielen verglichen. Die Kooperationsleistungen des Leibniz-Institutes für Agrartechnik Potsdam-Bornim e.V. wurden dem Zuwendungsempfänger, der VOFA Vogtlandfaser GmbH & Co. KG für 2010, sowie für 2011 und 2012/13 (im reduzierten Umfang) auf der Grundlage des Angebotes vom 22.03.2010 und des tatsächlichen Aufwandes für das Projekt in Rechnung gestellt.

2. Ergebnisse im Projektzeitraum 01.07.12 bis 24.03.13

2.1 Verwertung von Strohbestandteilen, die vor dem Selektor mit Beimengungen abgeschieden werden

Im Ballenauflöser und vor dem Faserselektor werden Beimengungen (wie z.B. Steine) abgeschieden, um Schäden an nachfolgenden Maschinen zu vermeiden. Größere Mengen Strohbestandteile gelangen dabei mit in den Abgang, werden aber inzwischen abgesaugt und zusammen mit dem Schäben-Fasergemisch der Schäbenreinigung (Duvex) zugeführt.

Weil die abgesaugten Strohanteile nicht aufgeschlossen und zerkleinert sind, lassen sie sich nicht trennen und gelangen nun an den Trommelsieben der Schäbenreinigung in den Abgang. Schon im 4. Zwischenbericht war über einen ersten Test des Nachaufschlusses des gesamten Faser-Schäben-Gemisches mit einer Hammermühle berichtet worden. Die Nachbehandlung hatte einen guten Effekt, aber die versuchsweise Einbindung der Hammermühle in die Druckleitung des Fördergebläses ist für den ständigen Einsatz technisch sehraufwendig. Eine saugseitige Einbindung ist sinnvoller, es darf jedoch zu keiner Drosselung des Luftstromes kommen, die zu einer Reduzierung der Absaugleistung führt. Um das zu erproben, wurde die Hammermühle mit Unterstützung der Lufttechnikfirma Protect in die Absaugleitung für den Strohabgang am Ballenauflöser eingebunden und die Luftgeschwindigkeiten gemessen. Die angesaugte, mit dem Stroh beladene Luft trat radial in die Hammermühle ein, wurde in Drehrichtung des Rotors im Gehäuse der Hammermühle ca. 270° mitgeführt und radial über den Austrittsstutzen in das zentrale Absauggebläse der Schäbenreinigung gesaugt. Zerkleinerung und Nachaufschluss des Strohs waren gut. Der Saugstrom des Gebläses wurde trotz der zuvor auf maximale Größe veränderten Ein- und Ausgangsstutzen zu stark gedrosselt. Während in dem Absaugrohr mit einem Durchmesser von 200 mm vorher ein Luftgeschwindigkeit von 17-18 m/s zu verzeichnen war, wurde dieser nach Einbau der Hammermühle in die Leitung auf 13-14 m/s reduziert und ging bei eingeschalteter Hammermühle weiter auf 10-11 m/s zurück. Er reichte so nicht mehr aus, um die Strohteile aus dem Fremdstoffabgang zuverlässig abzusaugen. Selbst wenn nur der Strohabgang von Ballenauflöser und Faserselektor in der Hammermühle nachbehandelt werden soll und nicht das gesamte Gemisch, dass der Schäbenreinigung zugeführt wird, müsste gegenüber der Installation für den Test noch zusätzlich das Saugrohr des Selektors mit 250 mm Durchmesser angeschlossen werden. Ohne unzulässige Drosselung des Luftstroms ist das nur durch eine Querschnittserweiterung des Hammermühlengehäuses oder den Einsatz einer größeren Hammermühle realisierbar. Drosselung und Aufschlusseffekt einer besser angepassten Hammermühle müssen kalkuliert und im praktischen Versuch überprüft werden. Alternativ könnten die Strohanteile über einen Kondensator abgesaugt und erneut vor dem Faserselektor aufgegeben werden. Sie würden dann wie das übrige Hanfstroh von dem Selektor aufgeschlossen werden. Auf Nachaufschluss und Partikeleinkürzung des Faser-Schäben-Gemisches muss dann verzichtet werden.

2.2 Untersuchungen zur Trennung von Schäben-Faser-Gemischen aus der VOFA-Anlage in Läwitz mit dem Axialfraktionierer-2. Entwicklungsstufe-bei der Fa. Kranemann im Blücherhof

In der Hanfaufschlussanlage der VOFA in Läwitz werden aus dem Schäben-Faser-Gemisch, das beim Strohaufschluss und in der Faserreinigung anfällt, in 3 Duvex-Fraktionierern und 2 Trommelsieben die Schäben herausgetrennt und der Schäbenverpackung zugeführt. Als Nebenprodukte fallen Restfasern an sowie eine Feinschäben- und eine Grobschäbenfraktion.

Weil das Schäben-Fasergemisch nicht aufgeschlossene Strohteile sowie infolge des Selektoraufschlussprinzips übergroße Schäben enthält, werden große Strohteile und Grobschäben entweder in den Trommelsieben als Grobschäbenfraktion abgeschieden oder finden sich in der

Seite 3

Restfaserfraktion. Einerseits wird dadurch die Ausbeute guter Schäben verringert und andererseits die Verwertbarkeit der Restfasern eingeschränkt. Insgesamt wäre eine Verbesserung des Trenneffektes erstrebenswert.

Eine Alternative zur Verbesserung der Schäbenreinigung bei gleichzeitiger Senkung des maschinentechnischen und energetischen Aufwandes könnte der Einsatz eines im ATB entwickelten Axialfraktionierers sein. Im Rahmen einer Promotionsarbeit wurde der Fraktionierer weiterentwickelt (**Bild 1**) und stand in dieser 2. Entwicklungsstufe für einen grundsätzlichen Eignungstest mit Schäben-Faser-Gemisch aus Läwitz beim Hersteller, der Fa. Kranemann im Blücherhof, zur Verfügung. Dieser Eignungstest wurde am 14.01.2013 vorgenommen. Ein weiterer Versuch, bei dem auf Wunsch der VOFA vergleichsweise geprüft wurde, wie sich die Schäben-Faser-Gemische ohne und mit Nachbehandlung in der Hammermühle im Fraktionierer trennen lassen, wurde am 12.02.2013 durchgeführt. Die Proben dafür wurden in der VOFA-Anlage am 22.01.2013 von dem gleichen Hanfstroh gewonnen, mit dem in der Anlage Läwitz am selben Tage mit dem sonst üblichen Betriebsregime eine Analyse der Aufschluss- und Schäben-Reinigungsergebnisse erfolgt ist. Bei dem Eignungstest am 14.01.2013, bei dem Schäben-Faser-Gemische aus Läwitz ohne Nachaufschluss durch die Hammermühle im Fraktionierer getrennt wurden, waren unter der Siebfläche 20 Stück 30 cm breite Auffangbehälter aufgestellt (**Bild 2**), die es ermöglichten, Anteil und Zusammensetzung der abgesiebten Fraktionen im 30 cm-Abstand über die Länge des Fraktionierers aufzufangen und zu analysieren. Bei dem 2. Versuch am 12.02.2013 waren unter den jeweiligen Siebzonen schon die Auffangtrichter in der endgültigen Ausführung angebaut, so dass die Siebfraktionen je Siebzone (Staubsieb $l = 1,5\text{m}$, Schäbensieb $l = 3\text{m}$, Sieb für Mischfraktion $l = 1,5\text{m}$) aufgefangen wurden (**Bild 3**)

In Vorbereitung des Tests mit dem VOFA-Material waren schon mit verschiedenen Schäben-Faser-Gemischen anderer Herkunft günstige Drehzahlbereiche der geteilten Paddelwellen ermittelt worden. Ein Drehzahlverhältnis von 60 (vordere Welle) und 120 min^{-1} (hintere Welle) hatte sich als günstig erwiesen. Bei diesen Wellendrehzahlen war auch bei dem VOFA-Material die Schäbenausbeute etwa 2 % höher als bei dem 2. Versuch, bei dem die vordere Welle mit 80 min^{-1} drehte. Aus dem aufgegebenen Gemisch konnten damit 90,17 % gut gereinigte Schäben abgesiebt werden (**Bilder 4,5; Tabelle 1**). Die Massedurchsätze betragen im 1. Versuch 0,81 t/h und im 2. 0,67 t/h. In den Auffangbehältern unter dem Siebbereich für die Schäbenfraktion war eine leichte Zunahme des Anteils feiner Fasern zum Ende des Siebes hin zu erkennen, während die Schäben in den Behältern am Siebanfang keine sichtbaren Faseranteile enthielten.



Bild 1: Innenansicht des Fraktionierers (vom Ende gesehen)



Bild 2: Auffangkästen unter den Sieben und Faserfraktion am Ende



Bild 3: Ansicht des Fraktionierers mit Auffangtrichtern und Staubabsaugung

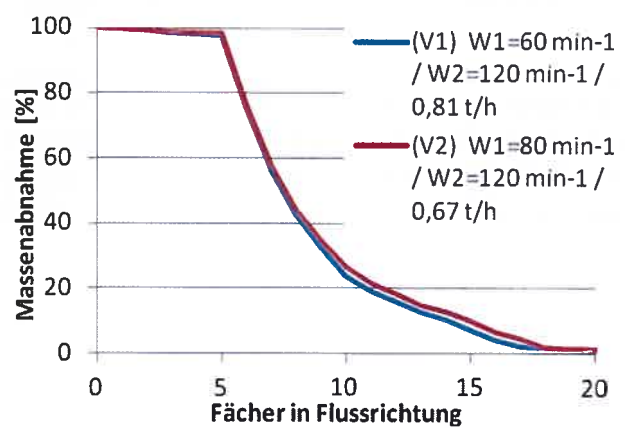
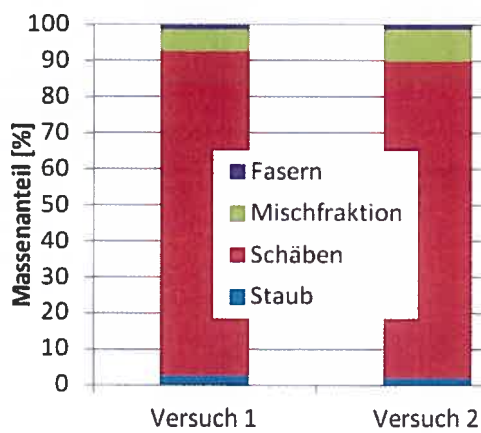


Bild 4: Massenanteile der Fraktionen,
Versuche am 14.01.2013

Bild 5: Abnahme der Gutmasse im
Fraktionierer in Flussrichtung

Tabelle 1: Massenanteile der Fraktionen
Versuche am 14.01.2013

Fraktion	Versuch 1 [%]	Versuch 2 [%]
Staub	2,44	1,68
Schäben	90,17	88,14
Mischfraktion	6,23	8,91
Fasern	1,16	1,27
Summe	100	100

Bei den Versuchen zum **Variantenvergleich am 12.02.2013** ist zunächst mit den im ersten Test festgestellten günstigeren Drehzahlen von 60 für die vordere Welle und 120 min⁻¹ für die hintere Welle gearbeitet worden (Versuche 1-3, **Bild 6, Tabelle 2**). Die Durchsätze wurden jedoch auf einen an die Auslegung des Fraktionierers besser angepassten Wert von ca. 2 t/h erhöht. Insbesondere wegen der kleineren Schäben in den Versuchen 1 und 2 infolge der Nachbearbeitung des Schäben-Faser-Gemisches in der Hammermühle (Kennzeichnung HM), sollte damit auf dem Schäbensieb eine dickere Schäbenauflage erzeugt werden, die das Aussieben von Feinfasern im hinteren Siebbereich verringert. Im Versuch 4 ist mit etwa dem halben Durchsatz von 0,91 t/h gearbeitet worden, der eher den Einsatzbedingungen bei der VOFA entsprechen würde.

Aus dem in der Hammermühle nachzerkleinerte Schäben-Faser-Gemisch ließ sich im Vergleich zum Tastversuch und im Vergleich zu Versuch 3 (beide mit unverändertem Gemisch aber sonst gleichen Verhältnissen) ein mindestens genau so großer Schäbenanteil heraustrennen. Dieser Anteil betrug auch bei diesem Gemisch über 90 % (90,36 und 90,35 %). Bei einem visuellen Vergleich mit derzeit bei der VOFA abgepackten Schäben waren auch höhere Faseranteile nicht erkennbar, bei allerdings gleichmäßigerer und feinerer Schäbenstruktur. Eine deutlich bessere Qualität wies jedoch die Faserfraktion auf, die aus dem mit der Hammermühle nachbearbeiteten Gemisch gewonnen wurde. In den Fasern befanden sich im Mittel 45 Masseprozent weniger Schäben und vor allen Dingen keine Grobschäben und Strohteile mehr (**Bilder 8 und 9**).

Eine schlechtere Schäbenqualität zeigte sich im Versuch 4 mit dem geringeren Durchsatz. Obwohl die Drehzahl der vorderen Welle verringert worden war, sind durch das Schäbensieb sichtlich mehr Feinfasern in die Schäbenfraktion gelangt. Für solche geringen Durchsätze wäre somit eine entsprechende Anpassung des Fraktionierers erforderlich.

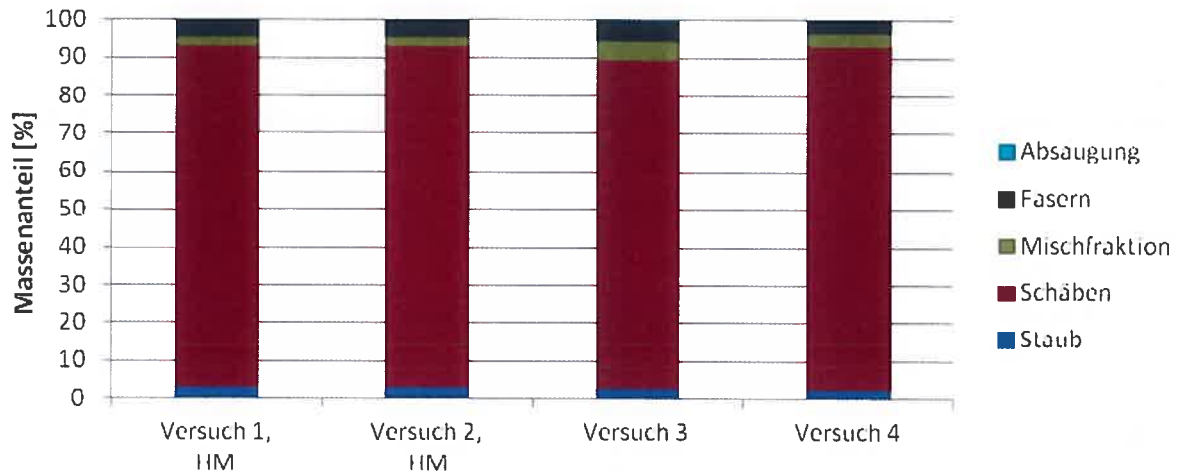


Bild 6: Massenanteile der Fraktionen, Versuche am 12.02.2013

Tabelle 2: Einstellungen und Massenanteile der Fraktionen in %, Versuche am 12.02.2013

Versuch	Versuch 1, HM	Versuch 2, HM	Versuch 3	Versuch 4
Drehzahl min-1	60/120	60/120	60/120	40/100
Durchsatz [t/h]	1,74	2,52	1,98	0,91
Staub	2,87	2,96	2,39	2,29
Schäben	90,36	90,35	87,07	90,93
Mischfraktion	2,41	2,27	5,30	3,55
Fasern	4,11	4,18	4,85	3,06
Absaugung	0,25	0,24	0,39	0,17



Bild 7: Schäben in der Faserfraktion
(Versuch 1, mit Hammermühle)



Bild 8: Schäben in der Faserfraktion
(Versuch 3, ohne Hammermühle)

Ein direkter Vergleich der Komponenten, die bei der Reinigung des Schäben-Faser-Gemisches von identischem Hanfstroh-Ausgangsmaterial in der VOFA-Anlage und beim Test im Axialfraktionierergewonnen wurden, kann nur teilweise vorgenommen werden. Einige Fraktionen, die im Axialfraktionierer abgetrennt werden, unterscheiden sich schon prinzipiell von denen, die in der VOFA-Schäbenreinigung, bestehend aus 3 Duvex und zwei Trommelsieben, anfallen (**Tabelle 3**).

Tabelle 3: Vergleich der Schäbenreinigung in der VOFA-Anlage mit der Reinigung im Axialfraktionierer

Axialfraktionierer	VOFA 22.01.2013		Fraktionierer V 3	
Fraktion	Masse	Anteil	Masse	Anteil
	[kg]	[%]	[kg]	[%]
Schäben	1567	81,87	85,03	87,07
Restfasern Duvex	97	5,07		
Feinschäben	90	4,70		
Grobschäben	22	1,15		
Schäben Damecosieb	48	2,51		
Fasergemisch Siebfilter	90	4,70		
Staub			2,33	2,39
Mischfraktion			5,18	5,3
Fasern			4,74	4,85
Staubabsaugung			0,38	0,39
Summe	1914	100	97,66	100

Was sofort ins Auge fällt, sind die Unterschiede in der Ausbeute der Hauptkomponente, den „guten“ Schäben. Während in der VOFA-Schäbenreinigung nur 81,87 % Schäben abgeschieden wurden, waren es im Axialfraktionierer 87,07 %, d.h. 5,2 % mehr.

Das Fasergemisch, das sich im Siebfilter fängt, entspringt nicht nur der Schäbenreinigung, sondern das Siebfilter wird von der Abluft der Gesamtanlage passiert. Dabei tritt auch der Staub aus der Gesamtanlage durch das Sieb hindurch und der Staub, der aus der Schäbenreinigung resultiert, konnte nicht gesondert erfasst werden, womit er in der Gesamtbilanz bei der VOFA fehlt.

Die Restfasern Duvex (5,07 %) können grob mit der Faserfraktion im Fraktionierer (4,74%) verglichen werden und haben etwa die gleiche Größenordnung. Bei Nachbehandlung des Faser-Schäben-Gemisches mit Hammermühle und Abscheidung im Fraktionierer war die Qualität dieser Fraktion besser, als in der VOFA-Anlage, die allerdings nur mit nicht nachbehandeltem Gemisch getestet werden konnte.

Beim Fraktionierer verblieb eine schwerer verwertbare Mischfraktion (5,3%), die somit kleiner ist, als die etwa äquivalenten Fraktionen Feinschäben, Grobschäben und Schäben Damecosieb ($\Sigma = 8,36\%$) der VOFA-Anlage. Zusammenfassend lässt sich einschätzen, dass ein Axialfraktionierer mit einem Anschlusswert von 5,6 KW die VOFA-Schäbenreinigung, die aus 5 Einzelmaschinen besteht und mehr als 20 KW Anschlusswert hat, bei besserer Reinigungsleistung und höherer Schäbenausbeute ersetzen kann. Es sind allerdings Investitionen von mindestens 60 T€ notwendig und es muss ein Fraktionierer konfiguriert werden, der auf den geringeren Durchsatz der VOFA-Anlage abgestimmt ist.

2.3 Verbesserung der Faserqualität und Durchsatzsteigerung der Aufschlussanlage

Beim Verkauf der VOFA-Fasern, die die größte Einnahmeposition darstellen, gab es zeitweise Probleme wegen zu großer Faserlängen. Eine Behebung dieses Qualitätsmangels erfordert technologische Veränderungen. Es sind mehrere Varianten diskutiert und geprüft worden:

- Austausch des Faserselektors gegen eine Hammermühle
- Einsatz einer Guillotine zur Einkürzung des Hanfstrohs vor dem Aufschluss
- Austausch des letzten Stufenreinigers gegen einen Feinöffner

Im Ergebnis der Prüfung, wird der größte Effekt bei geringstem Änderungsaufwand im Einsatz eines Feinöffners gesehen. Es wird vorgeschlagen, den Feinöffner statt des letzten Stufenreinigers am Ende der Faserreinigungslinie einzuordnen. Nach der Beschaffung einer solchen Maschine wären folgende Änderungen vorzunehmen:

- Demontage des letzten Stufenreinigers vor der Faserpresse
- Einbau eines Feinöffners mit integriertem Kondenser. Der Gutstrom wird mit Hilfe des zum Kondenser gehörenden Lüfters vom Ende des 2. Stufenreinigers abgesaugt und drucklos in den Füllschacht des Feinöffners abgegeben.
- Die gereinigten und eingekürzten Gutfasern müssen nach dem Öffner wieder über einen Kondensator aus dem Luftstrom abgeschieden und am besten direkt in den Füllschacht der Faserpresse abgegeben werden.
- Für Aufnahme und Abtransport in die Absaugung von unter dem Feinöffner anfallenden Schäben-Faser-Gemischen könnte das vorhandene Querförderband des letzten Stufenreinigers genutzt werden.
- Die Abluft der beiden zusätzlichen Kondenser von mindestens $5000 \text{ m}^3\text{h}^{-1}$ muss zur Vermeidung von Staubproblemen von der vorhandenen Absaugung aufgenommen werden können. Dieser Nachweis ist vom Lüftungstechniker vor dem Umbau zu führen.

Durch den vorgeschlagenen Umbau könnte nicht nur die Faserqualität verbessert werden, sondern die bisher nicht behobenen häufigen Verstopfungen an den Übergabestellen des letzten Stufenreinigers, die für ständig notwendige manuelle Eingriffe eine Arbeitskraft binden, würden vermieden. Das ist eine wichtige Voraussetzung für die erforderliche Durchsatzsteigerung der Faserlinie.

3. Vergleich der Ergebnisse mit den Projektzielen

Trotz späterer Inbetriebnahme der VOFA-Aufschlussanlage, als dem Projektantrag zu Grunde gelegt (Projektbeginn war am 25.03.2010 und der Probetrieb wurde im Mai 2011 aufgenommen), konnten die theoretischen Grundlagenforschung und die Grundlagenuntersuchungen im Labormaßstab zur Rückgewinnung von Kurzfasern aus dem Abluftstrom beim Hanfaufschluss nahezu planmäßig aufgenommen und durchgeführt werden. Grundlage für die Aktivitäten des ATB ist der Arbeits- und Zeitplan als Bestandteil des Leistungsangebotes vom 22.03.2010. Weil jedoch keine Faser-Schäben-Gemische aus dem Hanfaufschluss in der VOFA-Anlage generiert werden konnten, wie es für die anwendungsorientierte Grundlagenforschung erforderlich gewesen wäre, sind die ersten Untersuchungen mit Mustermaterial aus der Hanfaufschlussanlage in Groß-Halle und entsprechend aufbereiteten Materialien durchgeführt worden.

Im **Arbeitspaket (AP) 1** des ATB Arbeits- und Zeitplanes wurde die Ziel- und Aufgabenstellung unter Beachtung der Besonderheiten der VOFA- Aufschlussanlage und der Anpassungen, die noch in der Aufbauphase vorgenommen worden sind, präzisiert und die Entwicklungsaufgabe strukturiert. Entsprechend **AP 2** wurden die bekannten aerodynamischen Wirkprinzipie zur Trennung von vergleichbaren Gemischen kleiner Partikelgröße recherchiert und ihre Einsetzbarkeit für Hanf unter Berücksichtigung der Zusammensetzung und der Partikeleigenschaften von Hanfgemischen beurteilt.

Weiterhin sind die für die Bewertung relevanten Stoffparameter ermittelt und die Methoden zu ihrer Bestimmung ausgewählt worden.

Für die bekannten Wirkprinzipie zur Partikeltrennung sind ab **AP 3** Laborversuchseinrichtungen berechnet bzw. dimensioniert und für die Durchführung der Trennversuche aufgebaut worden bzw. die Versuchsdurchführung wurde mit einer Institution vereinbart, die entsprechende Voraussetzungen hat. Für Laborversuche im ATB wurden ein Zyklonversuchsstand, eine Versuchseinrichtung mit einem Schwebesichter und mit einem Querstromsichter installiert. Erprobungen am Zick-Zack-Sichter fanden an der TH Magdeburg statt. Für die Versuchseinrichtungen zur Durchführung von Laborversuchen war die weitestgehende Nutzung vorhandener Elemente aus dem Bestand des ATB oder aus anderen Projekten möglich. Dadurch konnte auf die Inanspruchnahme der geplanten Mittel in Höhe von 39.400 € für Entwicklung und Konstruktion einer Versuchseinrichtung zur vorwettbewerblichen Forschung verzichtet werden.

Die Beschaffung und Herstellung der Versuchsmaterialien als Stoffgemisch mit ausgewählten und differenzierten Stoffparametern und Funktionserprobungen an den Versuchsständen waren der Schwerpunkt im **AP 4**.

Auch das **AP 5**, das letzte im Jahr 2010, ist vollständig realisiert worden. Statt des im Antrag vorgesehenen Zyklons zur Abscheidung des Feinfaser-Feinschäben-Gemisches aus dem Luftstrom nach der Schäbenreinigung ist jedoch nach Abstimmung mit VOFA und Lüftungsprojektant ein Siebfilter eingebaut worden. Dieser Siebfilter bietet größere Sicherheiten bei Fehlern im Betriebsregime, weil er zuverlässig verhindert, dass Partikel ab einer bestimmten Größe in die Schlauchfilter gelangen. Das ist mit einem Zyklon bei Verstopfung der Austrittsöffnung nicht der Fall. Nachdem Probleme bei der Abreinigung des Siebvorfilters abgestellt werden konnten, hat er sich auch bewährt. Somit ist es jetzt möglich, ca. 4-5 % Feinfaser-Feinschäben-Gemisch, bezogen auf die aufgegebene Strohmasse aus der Abluft zu gewinnen, indem es von dem rotierenden Filtersieb abgesaugt, in einem Zyklon abgeschieden und zunächst in einem Bunker zwischengelagert wird. Im Jahr 2011 und auch noch 2012 wurden im Rahmen der **Arbeitspakete 6, 9 und 11** die Laboruntersuchungen zur Trennung von Feinfasern und Feinschäben zunächst mit Mustermaterialien und dann auch mit VOFA-Gemischen durchgeführt. Bei den Versuchen mit den Mustermaterialien zur Bestimmung der Schwebegeschwindigkeit zeigte sich, dass Feinschäben im hier interessierenden Bereich von 0,5 bis 2 mm eine Schwebegeschwindigkeit von 0,8 bis 1,6 ms⁻¹ haben. Problematisch für alle Trennverfahren mit Luftstrom erweist sich die nahezu identische Schwebegeschwindigkeit von Faserpartikeln mit vergleichbarer Geometrie. In allen Laborversuchseinrichtungen, die durchweg nach dem Funktionsprinzip der Trennung im Luftstrom arbeiten, konnten an Muster- und VOFA-Material folglich zwar Partikel nach unterschiedlichen Partikellängen klassiert werden, es gelang aber nicht zufriedenstellend Feinfasern und Feinschäben voneinander zu trennen. Die zusätzliche Einleitung von mechanischer Energie zur Trennung der Teilchen voneinander (Kombination von mechanischen und aerodynamischen Wirkprinzipien) kann an dieser Stelle auch nicht zielführend sein, weil Faser- und Schäbenpartikel vereinzelt vorlagen. Auf die Anwendung und Erprobung dieses Prinzips wurde daher verzichtet. Für völlig neue Funktionsprinzipie ließen sich im Rahmen dieses Projektes keine erfolgversprechenden Ansätze finden.

Eine abschließende Beurteilung der Trennbarkeit des Feinfaser-Feinschäben-Gemisches, das am Vorfilter der VOFA-Aufschlussanlage anfällt ist deshalb noch nicht möglich, weil sich Struktur und Zusammensetzung dieses Gemisches wegen notwendiger technologischer Änderungen an der Gesamtanlage noch verändern werden. In den letzten Zwischenberichten und im Punkt 2 wurde schon darauf verwiesen, dass noch Handlungsbedarf sowohl bei der Faserreinigung, als auch in der Schäbenreinigungslinie besteht.

In den **Arbeitspaketen 7 und 8** wurden gemeinsam mit der VOFA ab Juni 2011 verschiedenste Untersuchungen in der Anlage durchgeführt. Wegen der verspäteten Inbetriebnahme der Anlage wurde ein großer Teil dieser Arbeiten auch noch im Jahr 2012 durchgeführt. Zunächst wurden die

Funktionsfähigkeit der Anlagenteile, die erzeugten Aufschlusskomponenten sowie Ihre Anteile und Eigenschaften bestimmt. Dabei wurde auch festgestellt, dass es schwierig war, den zuvor berechneten wirtschaftlichen Durchsatz von mindestens 1,3 t Hanfstroh pro Stunde zu erreichen. Neben der Ermittlung und Beseitigung diverser Störquellen, war es besonders wichtig den Nachweis zu führen, dass der Faserselektor als Schlüsselmaschine in der Lage ist, Hanfstroh bei diesem Massestrom sauber aufzuschließen. Gelänge dieser Nachweis nicht, müsste eine im ATB entwickelte leistungsfähigere Hammermühle eingesetzt werden, mit grundlegenden Auswirkungen auf die gesamte Anlagentechnologie. Es konnte aber in Versuchen nachgewiesen werden, dass der Faserselektor bei gleichmäßiger Beschickung mindestens 2 t/h Hanfstroh aufschließen kann. Diese gleichmäßige Beaufschlagung war durch den Ballenauflöser nicht gewährleistet, konnte aber in Zusammenarbeit mit der Fa. Temafa mit einer wesentlich höheren Qualität hergestellt werden. Als weiterer Schwerpunkt stellten sich häufige Verstopfungen an den Übergabestellen in der Faserreinigung und in der Regel zu große Faserlängen heraus. Durch den im Punkt 2.3 beschriebenen Einsatz eines Feinöffners sollen beide Mängel abgestellt werden.

In der Luft der Absauganlage waren nach der Schäbenreinigung anfangs zu viel Faser- und Schäbenpartikel enthalten, von denen mehr als 8 % im Sieb des Vorfilters hängen blieben. Die Abreinigung des Siebfilters konnte diese Mengen nicht vom Sieb absaugen, weshalb sie sich im Siebvorraum ansammelten und selbst bei geringem Strohdurchsatz in Abständen von 30 – 180 Minuten von Hand beräumt werden mussten. Durch Analyse und Nachbesserung des Absaugsystems gelang es, einen größeren Anteil dieser Materialfracht bereits in der Schäbenreinigung abzuschneiden. Dadurch wurden Störungen im Vorfilter nahezu vollständig vermieden und der Feinfaser-, Feinschäben-Anteil um etwa die Hälfte reduziert. Gleichzeitig reduzierte sich damit auch der Anteil größerer Partikel in dem Gemisch.

Die Ergebnisse der Erprobung des Axialfraktionierers (vgl. Pkt. 2.2) lassen erwarten, dass durch seinen Einsatz gegenüber der jetzigen Schäbenreinigung eine schärfere Trennung des in der Faserreinigung anfallenden Faser-Schäben-Gemisches in eine Staub-, Schäben-, Misch- und Faserfraktion bei noch geringerer Abluftbelastung möglich sein wird.

Im **Arbeitspaket 10** war ab Dezember 2011 der Bau einer Versuchseinrichtung zur Kurzfaseraufbereitung, Ihre Vorerprobung im ATB im **AP 11** und Ihre Funktions- und Einsatzerprobung sowie Optimierung in der VOFA-Anlage im **AP 12** vorgesehen. Die Erprobung der Gesamtanlage und ihre Überarbeitung waren in den **Arbeitspaketen 13 und 14** von Oktober 2012 bis Februar 2013 angedacht.

Aus mehreren, teilweise bereits dargelegten Gründen war es nicht möglich bzw. sinnvoll, eine Anlage zur Gewinnung von Feinfasern aus dem Feinfaser-, Feinschäben-Gemisch zu konstruieren und zu bauen, das gegenwärtig im Siebfilter aus der Abluft abgeschieden wird:

- Wegen der angedachten und notwendigen Veränderungen an der Faser- und Schäbenreinigungslinie werden sich Anteil und Zusammensetzung des Gemisches noch nicht vollständig absehbar so verändern, dass es Auswirkungen auf die Anlagenkonfiguration geben wird, die noch nicht kalkulierbar sind.
- Mit einem Gemisch, wie es nach den wichtigsten Technologieänderungen vorliegenden könnte, war die Durchführung von Laborerprobungen zur Feinfasergewinnung bisher nicht möglich. Die Erprobung bekannter Wirkprinzipie zur Trennung kleiner Faser-, Schäben-Partikel als Mustergemisch bzw. von derzeit vorliegendem VOFA-Material hat noch kein zufriedenstellendes Trennergebnis gebracht.
- Für eine höherpreisige Verwertung der Feinfasern, die einen gewissen Aufwand für ihre Gewinnung aus dem Faser-Schäben-Gemisch rechtfertigt, gibt es derzeit trotz vielfältiger Bemühungen, z.B. in der Papierindustrie, keine Aussichten. Jedoch kann das Gemisch in der

PahrenAgrar GmbH Co KG als Einstreu zum Verrechnungspreis von 0,25 €/kg verwendet und damit Stroh im gleichen Wert substituiert werden.

- Investitionen in eine mit solchen Unwägbarkeiten behaftete Anlage zur Feinfasergewinnung, auch wenn eine Teilförderung der Abschreibungen erfolgt, machen gerade aus Sicht der VOFA gegenwärtig keinen Sinn. In einer Phase des Anlagenbetriebs, in der es schwierig ist Gewinne zu erwirtschaften, sind die Investitionen auf Maßnahmen zu konzentrieren, mit denen der größte wirtschaftliche Effekt erzielt werden kann. Das sind Maßnahmen zur Qualitäts- und damit Absatzsicherung der Hauptprodukte Fasern und Schäben und zur Schaffung von Voraussetzungen für die Durchsatzsteigerung auf über 1,3 t/h Hanfstroh.

Neben der dargestellten Weiterführung der Arbeiten an 2011 begonnenen Arbeitspaketen konzentrierten sich die Aktivitäten 2012/13 auf die Qualitätssicherung der Aufschlussprodukte und die Schwerpunktmaßnahmen zur Erhöhung der Wirtschaftlichkeit der VOFA- Hanfaufschlussanlage, wie in den Punkten 1 und 2 belegt.

Obwohl nicht alle Arbeitspakete aus den dargelegten Gründen im Projektzeitraum bearbeitet und folglich auch nicht alle bewilligten Mittel ausgeschöpft werden konnten, sollten die noch nicht erreichten Projektziele nach Vorliegen der Grundvoraussetzungen weiter verfolgt werden. Unter Berücksichtigung der erreichten Ergebnisse sollten nachfolgende Schwerpunkte weiter bearbeitet werden:

- Entwicklung und labormäßige Erprobung neuer Funktionsprinzipie für die Kurzfasergewinnung aus Schäben-Faser-Gemischen prinzipiell und aus den im Vorfilter der VOFA-Anlage nach Anpassung von Faser- und Schäbenlinieabgeschiedenen Gemischen im Besonderen.
- Prüfung der effektiven Verwertung von Kurzfasern für Anwendungen, die die Materialeigenschaften optimal nutzen und einen höheren Aufwand für die Fasergewinnung rechtfertigen.
- Anpassung der vorhandenen Schäben-Reinigungslinie an die veränderte Produktzusammensetzung oder Einsatz eines auf die Anlagenkapazität abgestimmten und optimierten Axialfraktionierers.
- Entwicklung, Bau, Funktionstest, Installation und Praxiserprobung einer Anlage zur Kurzfaseraufbereitung

Dr.-Ing. Hartmut Schemel
Bearbeiter