

# **Ganzheitliche Nutzung von Faserpflanzen im Rahmen der industriellen Umsetzung eines innovativen Verarbeitungsverfahrens**

Teilprojekt I: Wissenschaftlich-technische Studie zu notwendigen Voraussetzungen und  
Rahmenbedingungen der Anlagenindustrialisierung

FKZ: 22006207

Laufzeit: 01.11.2007 ... 30.04.2008 (31.05.2008)

## **ENDBERICHT**

*Revidierte Version zur Veröffentlichung*

LEIBNIZ-INSTITUT FÜR AGRARTECHNIK POTSDAM-BORNIM e.V.  
Ein Institut der Wissenschaftsgemeinschaft Gottfried Wilhelm Leibniz  
Abteilung Technik der Aufbereitung, Lagerung und Konservierung  
Max-Eyth-Allee 100  
14469 Potsdam  
Ansprechpartner: Prof. Dr.-Ing. habil. Christian Fürll  
Dr. Hans- Jörg Gusovius

Potsdam, im August 2008

**Inhaltsverzeichnis:**

TEIL A: ATB.....	3
I    Aufgaben innerhalb des Projektes .....	4
II   Stand der Wissenschaft und Technik (einschließlich alternative Lösungen, Informationsrecherchen) .....	5
III  Ergebnisse .....	6
III. 1 <i>Wissenschaftlich-technischer Stand, an dem angeknüpft wurde</i> .....	6
III. 2 <i>Darstellung der technologischen Grundlagen, Anlagentechnik</i> .....	8
III. 3 <i>Stoffströme und Logistik</i> .....	16
IV   Ausblick .....	20
TEIL B: Faserinstitut Bremen & Hochschule Bremen .....	24
TEIL C: nova-Institut GmbH .....	58
V    Schlussfolgerungen .....	88
VI   Erfolgsaussichten und beabsichtigte Verwertung der Ergebnisse.....	88
VII  Zusammenfassung.....	91
VIII Umsetzung des Arbeitsplanes .....	93
IX   Literatur.....	95

## **TEIL A: ATB**

Autoren:

Dr. H.-J. Gusovius

Dipl.-Ing. R. Pecenka

## I Aufgaben innerhalb des Projektes

Folgende Arbeitsziele waren für die Projektbearbeitung vorgesehen:

AP 100 Technisch - technologische Rahmenbedingungen für die Realisierung der deutlichen Senkung der notwendigen Investitionen und Reduzierung der Aufschlusskosten (**ATB**): Wie bereits dargestellt und in der Literatur mehrfach dokumentiert, konnten mit der am ATB entwickelten Aufschlusstechnologie während der Entwicklungs- und Pilotphase hervorragende Ergebnisse hinsichtlich erforderlicher Betriebsparameter und Faserqualitäten erreicht werden.

Dies betrifft vor allem:

- die Öffnung der Faserpflanzenballen,
- erste Ergebnisse zur Einkürzung und Dosierung des Strohs,
- den Primäraufschluss mittels der innovativen Aufschlussmaschine,
- die Reinigung der Fasern,
- die Aufbereitung der Schäben.

Maschinen und Geräte für die Verfeinerung und Finishreinigung sowie die transportwürdige Konfektionierung der Fasern stammen bisher im Wesentlichen aus dem Gebrauchtmrkt und entsprechen hinsichtlich der durch den Primäraufschluss realisierbaren Durchsatzleistungen nicht den notwendigen Anforderungen.

Im Rahmen der begleitenden wissenschaftlichen und technischen Entwicklungsarbeiten waren diejenigen Voraussetzungen und Rahmenbedingungen zu ermitteln, welche eine deutliche Reduzierung der Investitionen gegenüber den bisher bekannten Konzepten durch die Implementierung der innovativen Aufschlussmaschine nach Prallprinzip und der im Weiteren notwendigen Reinigungs- und Verfeinerungsstufen ermöglichen.

Dazu zählen im Wesentlichen:

- die Prozesse der Faseraufschlussverfahren selbst und ihre nachgelagerten Prozesse wie deren Komponenten, deren Auslegung und Kapazität sowie anlagenspezifische Kombinationen, die anlagennahe Zwischenlagerung der Fasern, die Nachreinigung und Zwischenlagerung der Schäben und sonstiger Stoffkomponenten, das Regime der Auslieferung der Fertigprodukte, aber auch ergonomische Bedingungen in ausgewiesenen Bedienerzonen der Anlagen.

Es war vorgesehen, ein schlüssiges Konzept zur Umsetzung der bisher im Technikummaßstab entwickelten Technologie in den industriellen Maßstab auszuarbeiten, durch das die bisherigen hervorragenden Betriebs- und Verarbeitungsleistungen übertragen werden können.

Da seitens der zukünftigen Betreiber ein umfassend innovatives Betriebskonzept einschließlich aller peripheren Prozesse und Abläufe vorgesehen ist, sollten im Weiteren je nach Zielstellung und vorliegenden Informationen die folgenden Aspekte berücksichtigt werden:

- vorgelagerte Prozesse wie Erntetechnologie, Konditionierung des Faserpflanzenstrohs, Verdichtung der Großballen, Qualitätsanforderungen an die Zwischenlagerung, Dimensionierung und Organisation von Losgrößen für die prozess- und produktorientierte Bevorratung sowie Anforderungen an ein Regime zur effektiven quasikontinuierlichen Rohstoffbereitstellung durch geeignete Logistikkonzepte bei gleichzeitiger reproduzierbarer Kontrolle / Bewertung der Qualität des Rohstoffs Flachs- und Hanfstroh.

AP 200 Analyse der potenziellen Wirtschaftlichkeit des neuen Faseraufschlusskonzeptes (Partner

**nova-Institut GmbH Hürth**):

Sind auch in den vergangenen Jahren vielfältige Untersuchungen und Erhebungen zum betriebs- und marktwirtschaftlichen Potential des Anlagenkonzeptes erfolgt, sollte sich nun im Zuge der industriellen Umsetzung erstmals die Möglichkeit der Bewertung unter Produktionsbedingungen und dem Vergleich zu den bekannten traditionellen Systemen ergeben. Besondere Bedeutung ist dabei den Entwicklungen zum Qualitätsmanagement, der Anlagensteuerung sowie der beabsichtigten alternativen Nutzungsstrategien der Nichtfaser- Produktströme beizumessen. Die innerhalb des AP 100 gewonnenen Roh- und Rahmendaten dienen nach gemeinsamer Vorevaluierung als wesentliche Eingangsdaten in diesem Abschnitt.

AP 300 Technische Analyse und Bewertung (Partner **Faserinstitut Bremen e.V. & Hochschule Bremen – Professur Biologische Werkstoffe**) :

Im Rahmen der geplanten Studie wurde im Modul „Technische Analyse und Bewertung“ eine unabhängige Bewertung des Anlagenkonzepts vorgenommen. Von entscheidender Wichtigkeit ist hierbei die Beurteilung der Faserqualität der Anlage in Abhängigkeit der eingesetzten Aggregate und des realisierten Durchsatzes.

## II **Stand der Wissenschaft und Technik (einschließlich alternative Lösungen, Informationsrecherchen)**

Seit der Wiederzulassung des Hanfanbaus sind in Deutschland die Bemühungen zur Etablierung faserbereitstellender Aufbereitungsanlagen intensiviert worden. Gab es bis zu dieser Zeit überwiegend Anlagen für die Erzeugung textiler Flachsfasern, wurden ab Mitte der 90er Jahre verstärkt Konzepte zur Erzeugung technischer Fasern aus Flachs und Hanf entwickelt und teilweise in Praxisanlagen umgesetzt. Dominierend waren dabei vor allem die Firmen Bahmer und Tema-fa aus Deutschland sowie das belgische Unternehmen Charle. Trotz vielfältiger Modifikationen erwiesen sich jedoch insbesondere die Bahmer-Anlagen (Pritzwalk, Voigtsdorf, Glauchau) bei geringen Durchsätzen und ungeeigneter Abstimmung der gewählten Einzelkomponenten als technisch nicht ausgereift und mussten u.a. aus diesen Gründen sukzessive ihren Betrieb einstellen.

Ausgewählte in Deutschland und Europa gegenwärtig bestehende Anlagenkonzepte wurden in einzelne Betrachtungsschwerpunkte (Technologie, Ökonomie, Faserqualität) des Projektes mit einbezogen.

In der überwiegenden Anzahl der Betriebe waren im Laufe der vergangenen Jahre ebenso vielfältige Modifizierungen und Anpassungen notwendig. Auch hier zeigte sich, dass Maschinen und Komponenten in ihrer ursprünglichen Konfiguration nicht den notwendigen Anforderungen der Praxis gerecht werden konnten.

Detaillierte Angaben zu den konkreten Produktionsbedingungen in diesen Betrieben sind in der Literatur bisher nur sehr unzureichend dokumentiert. Bekannte Informationen basieren im Wesentlichen auf ursprünglichen Angaben der Maschinenbauer und Anlagenbetreiber sowie allgemeiner betriebswirtschaftlicher Übersichten [PAULITZ ET AL. 2000; STEGER 2004]. Unbestritten ist jedoch, dass es in den vergangenen 10 Jahren mit keinem der bestehenden oder ehemaligen Konzepte in Deutschland gelungen ist, nachhaltig einen Strohdurchsatz von mehr als  $2 \text{ t h}^{-1}$  zu erreichen. Darüber hinaus wird hier aufgrund der technologischen Wirkprinzipien für die Erzeugung von hochqualitativen Fasern für den Einsatz in technischen Produkten ideal geröstetes Faserpflanzenstroh benötigt. Da dies aufgrund standörtlicher oder klimatischer Bedingungen nicht immer möglich ist, müssen zeitweilig auch nicht industriekompatible Qualitäten vermarktet werden.

Bereits seit dem Jahr 2000 ist in mehreren Studien und Erhebungen deutlich darauf hingewiesen worden, dass speziell unter den veränderten förderpolitischen Rahmenbedingungen (EU-Verordnungen zu Änderungen der Fruchtarten- bzw. Flächenprämierung) kontinuierlich Strohdurchsätze von mindestens  $2,5 \text{ t h}^{-1}$  GAZ erreicht werden sollten [PAULITZ ET AL. 2000, KARUS ET AL. 2000]. Entsprechende Leistungsdaten sind bisher nur aus den französischen bzw. niederländischen Anlagen bekannt, mit denen jedoch bei vergleichsweise hohem Energiebedarf lediglich grob aufgeschlossenes und stark schäbenhaltiges Fasermaterial für die Verwendung im Zellstoffmarkt erzeugt werden. Eine gleichzeitige Abtrennung von Fremdbestandteilen wie Schäben während des Entholzens im Prozessraum dieser Mühlen, wie es nach dem patentierten ATB-Verfahren erfolgt, ist aus technologischen Gründen dort nicht möglich.

Neuere Analysen gehen trotz stark veränderter Rahmenbedingungen (Hanf-Strohpreise, Energie- und Transportkosten) davon aus, dass ein dauerhaft tragfähiges Betriebskonzept auch bei Strohdurchsätzen von  $1,5 \dots 1,8 \text{ t h}^{-1}$  sowie entsprechender technischer Zuverlässigkeit/ Verfügbarkeit und einem guten Marketingkonzept möglich sei [CARUS ET AL. 2008].

### III Ergebnisse

#### III. 1 *Wissenschaftlich-technischer Stand, an dem angeknüpft wurde*

Bereits seit 1999 wurde im Rahmen eines interdisziplinären Vorhabens am Leibniz-Institut für Agrartechnik Potsdam-Bornim e.V. an der Entwicklung von Maschinen und Komponenten zur effektiven und qualitätsorientierten Bereitstellung von Naturfasern gearbeitet. Unterstützt durch die Förderung von zwei spezifischen Forschungsprojekten konnte eine produktionsnahe Pilotanlage am ATB installiert und bis 2006 umfangreich erprobt werden. Eine Vielzahl von Be-

richten und Veröffentlichungen zeigt, dass die wesentlichen Ziele für die Entwicklung einer effektiven Strohbereitstellung sowie -verarbeitung mit der neuartigen Aufschlussmaschine erreicht worden sind (siehe Anhang).

Einschließlich der genannten Anlagenteile und entsprechenden Zuführ-, Abscheide- und Dosiereinrichtung für Faserpflanzenstroh sowie weiterer Reinigungs-, Entstaubungs- und Klassiermaschinen für die Produkte wurde die am Standort des Institutes erprobte Anlagentechnik im Verlaufe des Jahres 2007 an ein Besitzerkonsortium nach Mecklenburg-Vorpommern veräußert. Die durch die Eigentümer gegründete Gesellschaft „Nordhanf GmbH“ wird die Anlage zukünftig betreiben sowie die notwendigen Änderungen bzw. Erweiterungen der technischen Ausstattung für eine kontinuierliche Weiterentwicklung herbeiführen.

Im Verlauf der Entwicklungs- und Erprobungsphase im Standort des Institutes konnte mit Hilfe der Anlage bezogen auf den Primäraufschluss in ihrer gegenwärtigen Konfiguration bis zu  $3 \text{ t h}^{-1}$  Faserstroh (in der störungsfreien Zeit) verarbeitet werden. Im Verlauf der damit verbundenen experimentellen Untersuchungen unter praxisnahen Bedingungen wurden verschiedenste Ausgangsqualitäten von Hanf, Flachs und Öllein zu Faserqualitäten verarbeitet, die den Einsatz in technischen Verwendungsbereichen (u.a. Fa. Flachhaus GmbH, Fa. BioFormTex GmbH) erlauben.

Die Forschungs- und Entwicklungsarbeiten konzentrierten sich im Wesentlichen auf folgende Prozessschritte bzw. dabei eingesetzte Maschinen (Abb. 1):

- Ballen öffnen und Stroh einkürzen: Guillotine
- Stroh dosieren: Kastenspeiser
- Entholzen (mit integrierter Schäbenabtrennung): Aufschlussmaschine
- Faser und Schäben trennen: Kammschüttel
- Kurzfasern trennen/Schäben fraktionieren: Reinigungs- und Fraktioniermaschine

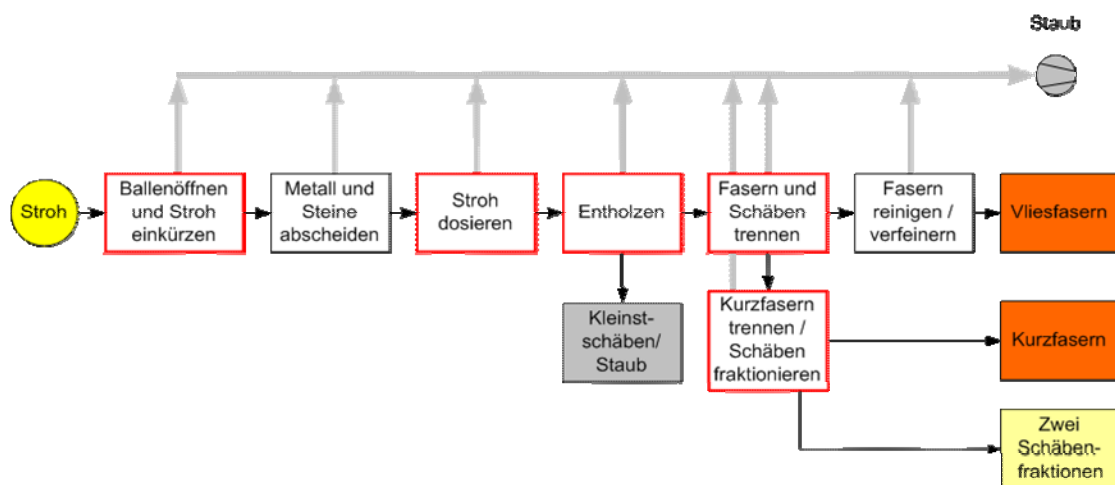


Abb. 1: Verfahrenstechnische Prozesse bei der Faserpflanzenverarbeitung nach ATB-Prinzip

### III. 2 Darstellung der technologischen Grundlagen, Anlagentechnik

Die darüber hinaus in der Pilotanlage sowie auch nach der Umsetzung zum Standort Groß Helle aufgestellten Maschinen und Aggregate stammen im Wesentlichen aus dem Gebrauchtmaschinenhandel und wurden ursprünglich in der Textilindustrie verwendet.

Im Rahmen des Projektes wurden alle vorhandenen Elemente der Verarbeitungsanlage einer weitergehenden Bestandsanalyse als Voraussetzung für die Ermittlung und Bewertung der ökonomischen sowie produktqualitätsbezogenen Parameter unterzogen. Die dargestellten Anlagenkomponenten entsprechen damit den ökonomischen Analysen für die Varianten „ATB-R“ bzw. „ATB-A“ (siehe Berichtsteil nova), allerdings mit Ausnahme der Kammschüttel.

Das Layout der Originalanlage erfordert aufgrund der vergleichsweise reduzierten Anzahl der einzelnen Elemente einen Netto-Flächenbedarf von weniger als 400 m<sup>2</sup>. Je nach vorhandenen oder zu schaffenden Flächen für die Bedienung der Anlage sowie den störungsfreien Betrieb (Fahrwege für Hub- und Ladefahrzeuge etc.) sowie erforderlichem Lagerraum für Rohstoffe und Produkte erweitert sich der Bedarf entsprechend.

Für die Aufstellung und Installation der ehemaligen Versuchs- und Pilotanlage in Groß Helle kann eine bereits vorhandene Stahlbeton-Halle genutzt werden, die vorrangig zum Zweck der Getreidelagerung errichtet und genutzt wurde (Abb. 2). Die zur Verfügung stehende Fläche wird sowohl für die Maschinen und Anlagenteile selbst, als auch für die vorläufige Lagerung der Produktströme (Schäben und Fasern) genutzt. Für die Schäbenreinigung und -verpackung soll kurzfristig eine eigene bauliche Lösung errichtet werden, ein weiterer Anbau dient als Standort für den Generator zur Stromversorgung der Verarbeitungsanlage.

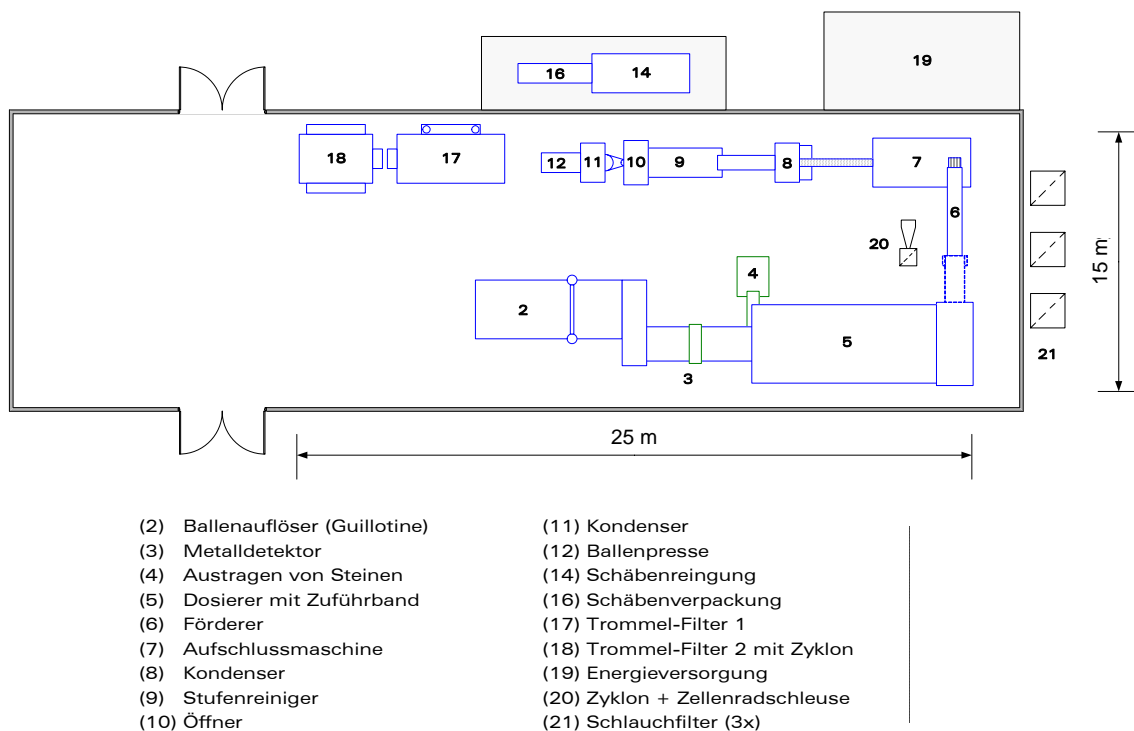


Abb. 2: Anlagenlayout des gegenwärtigen Betriebskonzeptes der Nordhanf GmbH

Die Prozesse der finalen Behandlung der Produkte (Schäben- und Faserverpackung) waren während der Pilotanlagenphase im ATB kein explizites Forschungsthema, weshalb es dafür keine Maschinen und Aggregate gab. Nach Umsetzung der Technik nach Groß Helle wurde zumindest für das Handling der Fasern eine halbautomatische Faserpresse als vorläufige Lösung angeschafft. Die Schäben sollen zunächst in loser Großabpackung (Bigpacks) oder mit Hilfe vergleichbarer Lösungen bevorratet und verkauft werden.

Im Folgenden werden die Daten der Maschinen und Aggregate über den Verlauf des Gutstromes durch die Anlage im Einzelnen dargestellt.

#### Ballen öffnen (schneiden) – Guillotine

Hersteller: Eigenleistung

- Für Quader- und Rundballen geeignet
- Schnittlänge einstellbar ab 50 mm
- Anschlussleistung 55 kW
- Leistung bis 4 t/h



Das Prinzip des Schneidens bzw. Auflöserns von Rund- und Quaderballen mittels einer Guillotine ist technisch zwar nicht neu, jedoch lag der Fokus der Forschungsarbeiten hier auf der qualitätsgerechten Zerkleinerung des Faserpflanzenstrohs zur Erzielung einer optimalen Arbeitsleistung und –qualität der Aufschlussmaschine. Die Auslegung der Maschine selbst sowie insbesondere die Konfiguration der Steuer- und Regelungstechnik erlaubt die Anpassung der Betriebsparameter auf einen definierten Vorschub zum Schneiden des Strohs auf Stängellängen von 100 ... 300 mm. Darüber hinaus erfolgte die Konstruktion und Auslegung auf eine mögliche Durchsatzsteigerung der Gesamtanlage (dann durch Einsatz einer größeren Aufschlussmaschine sowie Anpassung der Faserreinigung) auf bis zu 4 t h<sup>-1</sup> Faserpflanzenstroh.

Das Faserpflanzenstroh wird nach dem Exakt-Schnitt auf ein Abnahmebad übergeben und über zwei folgende Bandförderer zum nachfolgenden Kastenspeiser transportiert. Dadurch wird ein Auflösen des im Quader- oder Rundballen kompaktierten Strohs bewirkt. In den Übergabeprozess sind die Erkennung metallischer Fremdkörper durch eine Induktionsschleife sowie die provisorische Schwergutabscheidung (Steine) integriert.

### Stroh dosieren – Kastenspeiser

Hersteller: Eigenleistung

- Anschlussleistung, gesamt: 7,5 kW
- Leistung nach Auslegung und Input-Qualität: bis 4 t/h



Auch die notwendige Vergleichmäßigung des Gutstromes vor der Dosierung in die Aufschlussmaschine wird durch eine in Eigenleistung konstruierte und hergestellte technische Lösung realisiert. Ziel war vor allem die Auslegung auf eine mögliche Durchsatzsteigerung der Gesamtanlage.

### Primäraufschluss (mit integrierter Schäbenabtrennung) – Aufschlussmaschine

Hersteller: Eigenleistung (KGM)

- Massestrom: 2,5 ... 3,0 t/h
- Anschlussleistung: 75 kW



Die in der Pilotanlage bzw. nun am Standort Groß Helle installierte Aufschlussmaschine ist der eigentliche innovative Kern des gesamten Anlagenkonzeptes.

Folgende Ziele bzw. Ergebnisse sind mit der Entwicklung der Maschine verbunden:

- Verminderung der Anlageninvestitionen für den Faseraufschluss durch Nutzung leistungsfähiger Komponenten für den Primäraufschluss sowie dadurch realisierbare Vereinfachung nachfolgender Aufbereitungsschritte,
- Hohe Reinigungsleistung auch bei anspruchsvollen Rohstoffqualitäten (z.B. geringere Röste, Öllein)
- Einfachheit der Anlagen bei zuverlässiger Betriebsweise,
- Sicherung der Faserqualität.

Die Erteilung entsprechender Patente sowie die kooperative Anbindung des Unternehmens Kranemann Gartenmaschinenbau GmbH als exklusiver Lizenznehmer haben zur zielgerichteten Weiterentwicklung der verfahrenstechnischen Grundlagen beigetragen.

Etliche Veröffentlichungen geben detailliert Auskunft zu den erreichten Ergebnissen und Leistungsdaten (siehe Anhang 1).

Abscheiden der aus der Aufschlussmaschine abgetrennten Schäben aus dem Luftstrom – Zyklon mit Zellenradschleuse

Hersteller: Fa. Kreisel

- Volumenstrom: 4500 m<sup>3</sup>/h
- Nenndurchsatz: 0.5 t/h Staub-Schäbengemisch
- Anschlussleistung: 1.5 kW



Für die Abscheidung des Schäbenstromes, der direkt aus dem Aufbereitungsprozess in der Aufschlussmaschine (bis zu 30 % der abgetrennten Schäben) abgetrennt wird, kommt ein leistungsfähiger Zyklon mit kombinierter Zellenradschleuse zum Einsatz.

Die bisher eingesetzten Reinigungs- und Verfeinerungselemente sind im Gebrauchtmaschinenhandel erworben worden und dienten ursprünglich in der Textilindustrie. Bei entsprechend geringen Investitionskosten konnten unter Einschränkung der maximalen Durchsatzleistung (am Horizontalöffner max. 700 kg h<sup>-1</sup>) die wesentlichen Zielfunktionen einer sicheren Ausreinigung der Schäben aus dem Gutstrom sowie die Verfeinerung der resultierenden Gutfasern erreicht werden.

### Faser-Schäben-Gemisch reinigen und Fasern verfeinern – Stufenreiniger und Horizontal-öffner

Hersteller: Trützschler

- Nenndurchsatz: 2 t/h Faser-Schäbengemisch
- Anschlussleistung incl. Speisegerät: 8,5 kW
- Nenndurchsatz Öffner: 0,6 ... 0,7 t/h
- Anschlussleistung Öffner: 7.5 kW

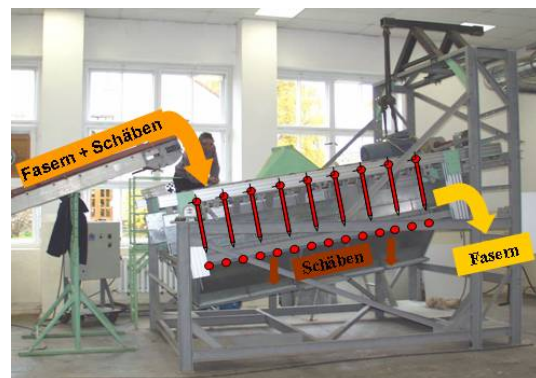


Insbesondere bei einer Steigerung des Strohinputs auf  $4 \text{ t h}^{-1}$  sind in diesem Bereich jedoch maschinentechnische Änderungen bzw. Ergänzungen notwendig, um die aus dem höheren Massestrom resultierende Menge des Faser-Schäben-Gemisches reinigen und verfeinern zu können. Eine besonders geeignete Optimierungsmöglichkeit besteht durch eine weitere innovative Lösung, die am ATB entwickelt wurde. So erlaubt eine an die Erfordernisse der modernen Faserproduktion angepasste und weiterentwickelte Kammschüttel eine deutliche Steigerung der Reinigungsleistung bei vergleichsweise niedrigen Anlagenkosten.

### Faser-Schäben-Gemisch reinigen – Kammschüttel (Optional bei Ersatz des Stufenreinigers zur Durchsatzsteigerung)

Hersteller: Eigenleistung

- Anschlussleistung: 3 kW
- Eingangsmassestrom: bis 1.5 t/h Faser/Schäbengemisch (55 M% Schäben)



Ein Faser-Schäben-Gemisch, wie es am Abgang der Aufschlussmaschine an die Reinigungseinrichtungen übergeben wird, kann bei einer hohen Durchsatzleistung auf vergleichsweise geringe Restschäbengehalte ausgereinigt werden [PEČENKA 2008]. Die Versuchsmaschine (siehe Abbildung) wird noch am Standort des Institutes für weitere Untersuchungen genutzt, jedoch ist die Umsetzung bereits vorhandener Konstruktionsunterlagen für eine Produktionsmaschine zum Einsatz in der Aufbereitungsanlage kurzfristig realisierbar.

Zur Abscheidung des Faser-Schäbengemisches aus dem abgehenden Gutstrom der Aufschlussmaschine sowie der gereinigten Fasern aus dem Abgang des Stufenreinigers kommen Kondensser zum Einsatz. Auch hierbei handelt es sich um gebrauchte Maschinen aus der Textilindustrie.

### Abscheiden des Faser-Schäbengemisches aus dem Luftstrom – Kondensser

Hersteller: Trützschler

Typ: LVSA

- Volumenstrom: 4000 m<sup>3</sup>/h
- Nenndurchsatz: 2 t/h Faser-Schäbengemisch
- Anschlussleistung: 5.0 kW

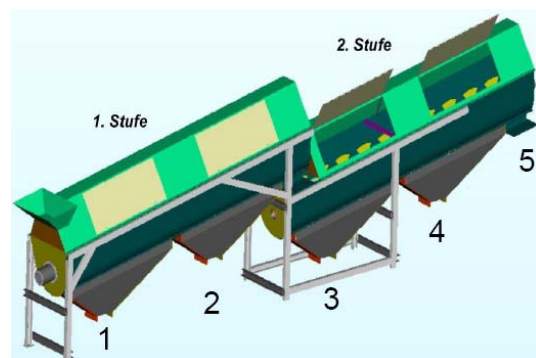


Ein weiterer wesentlicher Untersuchungsgegenstand während der Pilotanlagenphase in Potsdam-Bornim war die Nachreinigung und Vergütung des Schäbenstromes. An mehreren Prozessstufen der Gesamtanlage (Aufschlussmaschine, Speisegerät, Stufenreiniger, Horizontalöffner) werden unterschiedliche Mengen und Qualitäten von Schäben aus dem gesamten Gutstrom abgeschieden. Diese Partien mit Anteilen verschiedener Schäbengröße und Reinheitsgrade werden nach Maßgabe des späteren Verwendungszweckes einer ebenfalls am Institut entwickelten innovativen Reinigungs- und Klassiermaschine zugeführt.

### Reinigung und Klassierung von Schäben

Hersteller: Eigenleistung

- Fraktion 1: feine Schäben
- Fraktion 2: grobe Schäben
- Fraktion 3: Schäben und Kurzfasern
- Fraktion 4: Schäben und Kurzfasern
- Fraktion 5: gereinigte Kurzfasern



Aufgrund des laufenden Patentierungsprozesses können weitere Details bzw. Leistungsdaten nicht näher beschrieben werden.

Die Schäben werden gegenwärtig ausschließlich als lose Ware produziert, der Absatz und die Distribution sind über die Nutzung von Aufsattelcontainern (wenn realisierbar mit Verdichtungsoption) vorgesehen.

Die Anschaffung einer vollautomatischen Schäbenverpackung in Sackware kann die Wertschöpfung zwar deutlich erhöhen, muss aber in Abhängigkeit verfügbarer Investitionsmittel (bis zu 450.000 €) geplant werden.

Während der Pilotanlagenphase im Leibniz-Institut wurde das Handling der Fasern über die Nutzung einer alten Kleinpacken-Pressen realisiert. Für den Standort Groß Helle wurde durch den Betreiber eine Ballenpresse aus der Recyclingindustrie angeschafft. Trotz der notwendigen halbautomatischen Umreifung kann die Zielfunktion einer transportgerechten Kompaktierung der gegenwärtig pro Zeiteinheit produzierbaren Fasern sachgerecht erfüllt werden.

### Verdichten der Fasern (Ballenpresse)

Hersteller: HSM

- Typ: KP 88
- Presskraft 85 kN
- Stundenleistung bis zu 10 Ballen (@ 60 – 70 kg => 600 ... 700 kg/h)
- Ballenlänge ist variabel einstellbar
- halbautomatische Umreifung



Für die Abluftreinigung und Staubabscheidung wurden gleichermaßen Gebrauchsmaschinen angeschafft. Alle wesentlichen Funktionen können abgesichert werden.

### Vor- und Grobfilter

Hersteller: Trützschler

- Siebtrommelfilteranlage SFV/SFF 1
- Einschl. Zyklon ZSF
- 2 Staubluft-Ventilatoren SV 500



Unmittelbar an der Anlage befinden sich die Filteranlagen für die Vor- und Grobfilterung der Abluft der beiden Kondenser. Außerhalb der baulichen Hülle befinden sich die 3 Schlauchfilter für die Abluftreinigung der Komponenten Kastenspeiser, Zyklon/Zellenradschleuse (Aufschlussmaschine) sowie der Reinigungs- und Verfeinerungsstrecke.

Alle Anlagenteile mit Ausnahme der Ballenauflösung sind über folgende Rohrleitungen mit den beiden Filtersystemen verbunden:

- insgesamt ca. 25 m Rohrleitungen  $\varnothing$  500 mm zur Absaugung an den Kondensern
- insgesamt ca. 30 m Rohrleitungen  $\varnothing$  250 mm zur Absaugung an den Komponenten Kastenspeiser, Zyklon/Zellenradschleuse (Aufschlussmaschine) sowie der Reinigungs- und Verfeinerungsstrecke

### Feinfilter (Schlauchfilter)

Hersteller: ESR Bebra

- Dreiteilige Schlauch-Impulsfilteranlage Typ SPGT
- Anschlussleistung – je 2,2 kW
- Filterfläche: je 22 m<sup>2</sup>



Für die notwendige Bereitstellung der Elektroenergieversorgung wurde eine eigene Lösung geschaffen. Da der Direktanschluss des Standortes als netzferne Neu-Installation nur unter hohem (finanziellen) Aufwand zu realisieren wäre, kommt ein Dieselgenerator als Eigenversorgungs-lösung zum Einsatz.

### Energieversorgung (Dieselgenerator)

Hersteller: SKL Magdeburg

Elektrische Leistung: 330 KW



Es ist perspektivisch geplant, die anfallende Wärmeenergie als Prozesswärme in der Aufbereitungsanlage zu nutzen. Stroh- oder Faserpartien, die nicht den Anforderungen einer sachgerechten Lagerung und Verarbeitung entsprechenden, können dann z.B. nachgetrocknet werden.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass den Betreibern der ehemaligen ATB-Pilotanlage zum Trockenaufschluss von Bastfaserpflanzen, der Firma Nordhanf GmbH, eine leistungsfähige Technologie mit innovativen technischen Lösungen zur Verfügung steht.

Die wesentlichen Zielfunktionen von der Material-Annahme, Ballenauflösung über die Trennung des biologisch gewachsenen Faser-Schäbenverbundes und Reinigung des resultierendes

Stoffgemisches bis zur anforderungsgerechten Reinigung der beiden Produktströme können aus technischer Sicht erfüllt werden.

Der einfache Anlagenaufbau mit einer vergleichsweise geringen Anzahl von Einzelkomponenten, der im Wesentlichen aus der Nutzung des innovativen Aufschlusskonzeptes resultiert, hat bereits einen raschen Produktionsbeginn ermöglicht. Auch das bisher ungeübte Bedienpersonal hat sich mit der Funktionsweise vertraut gemacht. Erste Produktchargen für die Bemusterung bei potentiellen Kunden konnten bereitgestellt werden.

Eine geringere Komplexität von Anlagen, die im Wesentlichen durch eine niedrigere Anzahl von Einzelkomponenten bestimmt wird, hat darüber hinaus einen enormen Einfluss auf die Gesamtverfügbarkeit. Steigt die Anzahl der Maschinen und Aggregate, die für einen Verarbeitungs- oder Produktionsprozess erforderlich sind, geht in die Gesamtbetrachtung der Verfügbarkeit bzw. technischen Zuverlässigkeit die Kombination bzw. stoffstrombezogene Verkettung aller Einzelelemente ein. Dabei kann u.U. eine Anlage mit einer größeren Anzahl von Einzelkomponenten mit jeweils höherer Verfügbarkeitsrate insgesamt doch eine niedrigere Gesamtverfügbarkeit gegenüber dem entgegen gesetzten Fall aufweisen.

Unter der Maßgabe der notwendigen Weiterentwicklung zu einem industriellen Produktionsmaßstab sind jedoch weitere Anpassungen sowie Erweiterungen an einigen Prozessstufen vorzunehmen. Bereits kurzfristig sind darüber hinaus zusätzliche Maßnahmen zur Einhaltung der Arbeitsschutzbestimmungen zu ergreifen (siehe Kap. V).

### **III. 3 Stoffströme und Logistik**

Sowohl zur Darstellung des realisierten Betriebskonzeptes (Technik/Technologie und Ökonomie) als auch zur Planungen für zukünftige Szenarios sind die jeweils erforderlichen Eingangs- als auch die resultierenden Ausgangs-Masseströme zu bilanzieren und in die Gesamtbewertung mit einzubeziehen.

Von besonderem Interesse ist dabei die Ermittlung und Bewertung der entsprechenden Rahmenbedingungen für Konzepte, die eine deutliche Steigerung des durchzusetzenden Massestromes vorsehen. Den zu erwartenden ökonomischen Effekten des „Economy-of-Scale“ im Bereich der Aufschlusstechnik können somit die gleichermaßen steigenden Anforderungen an die Logistik aller Stoffströme gegenübergestellt werden.

Folgende Rahmendaten werden für eine Betrachtung der notwendigen Rohstoffversorgung herangezogen:

- Strohertrag t/ha 7
- Arbeitstage (pauschal nach FA) in der Verarbeitungsanlage d/a 240
- Schichtdauer h/d 16
- Betriebsstunden h/a 3.840
- Verfügbarkeit 0,8

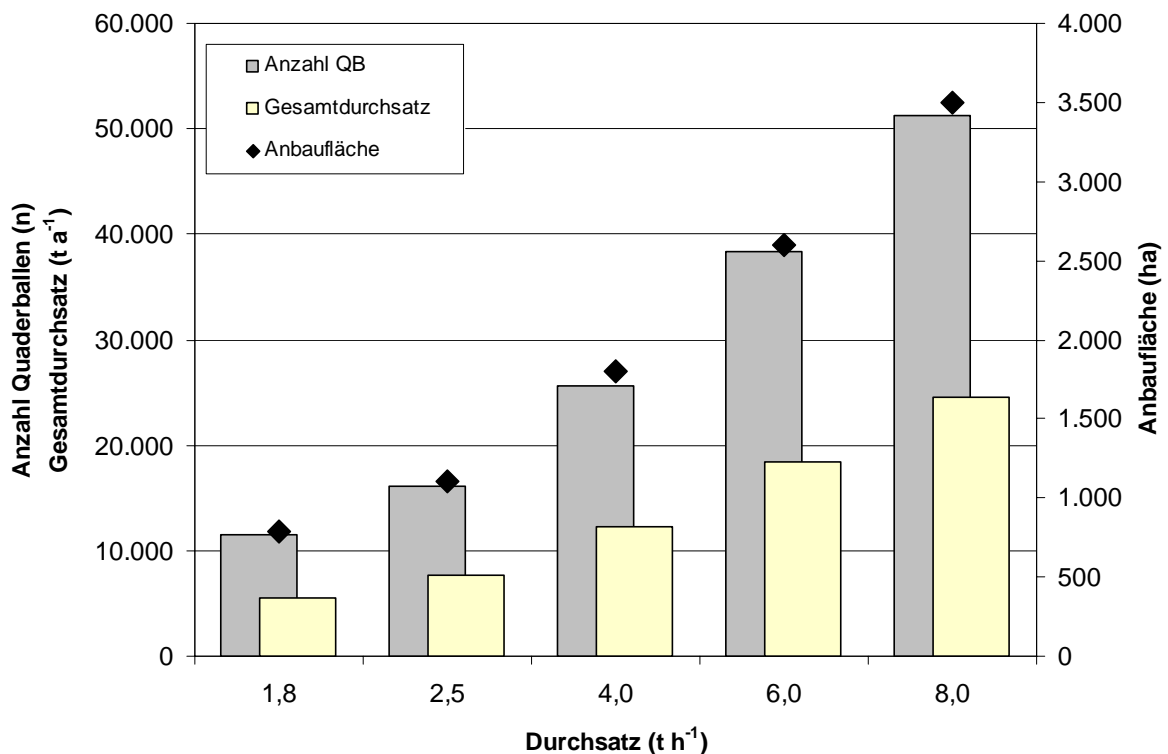


Abb. 3: Zur Auslastung einer Aufbereitungsanlage notwendige Anbauflächen bzw. Stoffströme (Hanfstroh gesamt bzw. Anzahl Quaderballen/QB; m = 480 kg)

Es wird deutlich, dass mit der Zunahme der Leistungsfähigkeit der Aufbereitungsanlage insbesondere auch die Anforderungen an die notwendige Rohstoffversorgung mit Faserpflanzenstroh exponentiell ansteigen (Abb. 3).

Die gegenwärtig gute Ertragslage im Bereich der pflanzlichen Erzeugung (insbesondere Getreide und Ölfrüchte) erfordert die Zahlung von im Vergleich der vergangenen Jahre sehr hohen Strohpreisen, um Landwirte einen mit anderen Kulturen gleichwertigen Deckungsbeitrag beim Anbau von z.B. Industriefaserhanf zu ermöglichen. Darüber hinaus wird nach den bisherigen Erfahrungen immer auch die Suche nach bereitwilligen Anbauern in einem sehr großen Einzugsgebiet notwendig sein, da einerseits die Bereitschaft als auch andererseits die standörtlichen Gegebenheiten (z.B. Boden, Klima, Flächenverfügbarkeit) in der näheren Umgebung einer Aufbereitungsanlage beschränkt bleiben.

Muss eine im Sinne des realisierbaren Strohdurchsatzes große bis sehr große Aufbereitungsanlage kontinuierlich mit Rohstoffen versorgt werden, steigen die Anforderungen sowie Aufwendungen einer effizienten Logistikplanung bei einer entsprechenden Anbaufläche und den damit verbundenen Transportentfernungen sowie Lagerflächen. Dabei sind gleichermaßen die entsprechend steigenden Kosten für diese beiden Verfahrensschritte zu kalkulieren.

Auf der Basis einer Vollkostenkalkulation sind Transporte mit landwirtschaftlicher Technik lediglich bis zu Entfernung von maximal 10 km sinnvoll. Verlängern sich die Transportwege z.B. aus oben genannten Gründen, sollten entsprechende LKW-Lösungen realisiert werden. Die zu berücksichtigen Aufwendungen belaufen sich je nach eingesetzter Technik auf mindestens 1,50 €/t transportiertes Stroh und können mit größeren Entfernungen auf über 10 €/t steigen (Abb. 4).

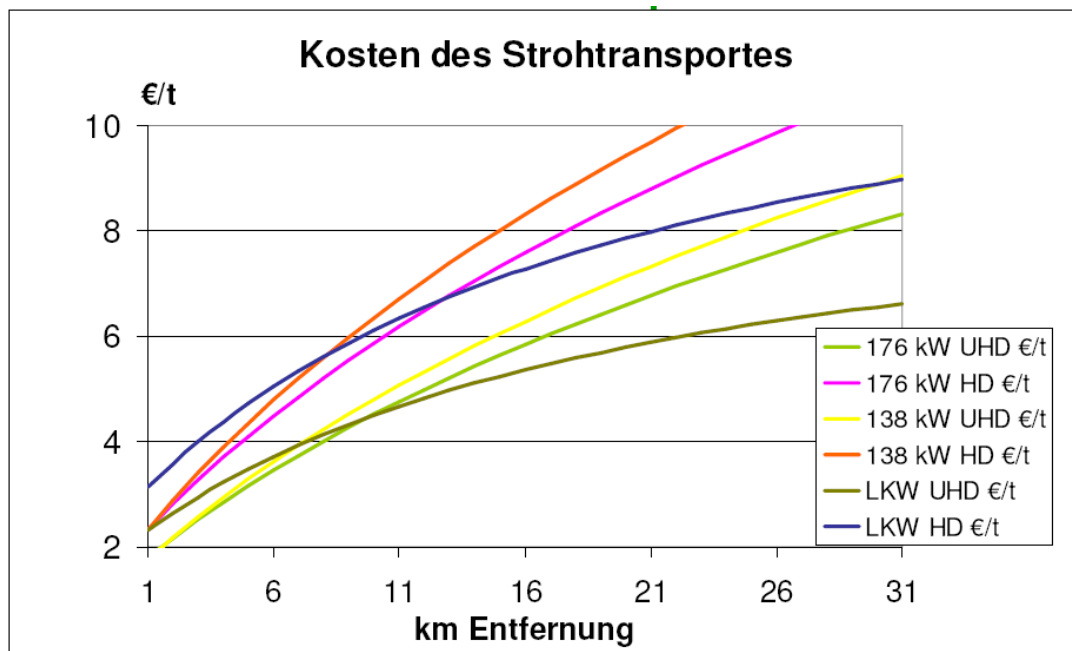


Abb. 4: Kosten unterschiedlicher Transportsysteme für (Getreide-)Stroh [Schindler 2007]

Der Strohbedarf einer 4 t-Anlage erfordert z.B. eine Anbaufläche von ca. 1.700 ha, wogegen es bei einem Strohdurchsatz von  $8 \text{ t h}^{-1}$  schon ca. 3.500 ha sind. Die mittleren Transportentfernungen (kalkulatorisch berechnet bei 5 % Anbau auf der verfügbaren AF) liegen dann bei 15 bzw. 25 km.

Die richtige Auswahl des Verdichtungsverfahrens (normal (HD) oder höher verdichtete Quader-Großballen (UHD); siehe Tab. 2) hat durch den damit realisierbaren Ausladungsgrad von Fahrzeugen ebenfalls einen wesentlichen Einfluss auf die Höhe der Transportkosten.

Gleichermaßen sind die anfallenden Lagerungskosten zu berücksichtigen, die mit der Menge des zu bevorratenden Strohs ebenfalls ansteigen (Tab. 2).

Tab. 2: Exemplarische Ermittlung von Kosten der Strohlagerung nach Lagerarten [Schindler 2007]

			Hallenlagerung		Feldrandlager	
Volumen umbaut/nutzbar	m <sup>3</sup>		10.100 / 7.400		7.400	
Grundstück	4,00	EUR/m <sup>2</sup>	12.200		12.200	
Gebäudehülle	23,00	EUR/m <sup>3</sup>	231.500			
Zufahrt	80,00	EUR/m	16.000			
Folie	0,65	EUR/m <sup>2</sup>			2.207	
Investitionsbedarf EUR	EUR insg.		259.700		14.407	
	pro m <sup>3</sup>		35,09		1,95	
			HD- Quader- Ballen	UHD- Quader- Ballen	HD- Quader- Ballen	UHD- Quader- Ballen
Verluste	%		1,0	1,0	9,0	9,0
Raumgewicht	kg/m <sup>3</sup>		140	190	140	190
Lagermenge	t		1.036	1.406	1.036	1.406
Lagerbetreuung	h/Jahr		26	26	35	35
Investitionsbedarf	EUR/t		251	185	14	10
<b>jährliche Kosten</b>	<b>EUR/t/J.</b>		<b>20,86</b>	<b>15,71</b>	<b>8,16</b>	<b>7,15</b>
Abschreibung Lager	EUR/t/J.		5,97	4,40	2,13	1,57
Zinsanspruch Lager	EUR/t/J.		10,61	7,82	0,83	0,61
sonstige Kosten	EUR/t/J.		2,87	2,11	0,58	0,43
Verluste	EUR/t/J.		0,36	0,35	3,48	3,42
Zinsen Umlaufkapital	EUR/t/J.		1,05	1,03	1,14	1,12

Auch im Rahmen der Bevorratung können die Kosten durch die Nutzung entsprechender höher verdichtender Ballenpressen gesenkt werden. Die Freilagerung von Faserhanfstroh wird gegenwärtig nicht praktiziert, da eine Erhaltung der Rohstoffqualität nicht gesichert werden kann. Die jedoch deutlich reduzierbare Kostenbelastung sollten unter den gegenwärtigen Rahmendingungen entsprechende Überlegungen bzw. Untersuchungen zu dieser Thematik unterstützen.

Zukünftige Entwicklungsperspektiven und Planungen für folgende Aspekte sind im Verlauf des Projektes ebenfalls diskutiert worden:

- vorgelagerte Prozesse wie Erntetechnologie, Konditionierung des Faserpflanzenstrohs, Verdichtung der Großballen,
- Qualitätsanforderungen an die Zwischenlagerung, Dimensionierung und Organisation von Losgrößen für die prozess- und produktorientierte Bevorratung,
- Anforderungen an ein Regime zur effektiven quasikontinuierlichen Rohstoffbereitstellung durch geeignete Logistikkonzepte bei gleichzeitiger reproduzierbarer Kontrolle
- Bewertung der Qualität des Rohstoffs Faserpflanzenstroh

Die Umsetzung der genannten Fragestellungen in einen konkreten Vorhaben- und Arbeitsplan muss aber folgenden Projekten überlassen bleiben.

#### IV Ausblick

Die Herstellung und kostengünstige Bereitstellung von Fasern mit definiertem Eigenschaftsbild ist für die Etablierung von einheimischen Naturfasern als Rohstoff für technische Anwendungen eine der notwendigen Voraussetzungen.

Dafür steht durch die Realisierung der am Leibniz-Institut für Agrartechnik entwickelten innovativen technischen Lösungen sowie deren Umsetzung in den Pilotanlagenmaßstab unter Ergänzung weiterer Komponenten von etablierten Herstellern eine weitere leistungsfähige Option zur Verfügung.

In der gegenwärtigen Ausbaustufe ist es dem jetzigen Betreiber möglich, bei einem realisierbaren Massestrom von bis zu  $2,5 \text{ t h}^{-1}$  (Hanfstroh; in der störungsfreien Zeit) erste Erfahrungen bei der Aufbereitung von Naturfaserrohstoffen zu sammeln und sich der weiterverarbeitenden Industrie als Lieferant qualitätsgerechter Naturfasern zu empfehlen.

Um perspektivisch jedoch einen ökonomisch stabilen Betrieb im Industriemaßstab erreichen zu können, sind kurz- bis mittelfristig weitere Anpassungen im Verfahrenskonzept, eine Erweiterung des realisierbaren Massestromes sowie die Ergänzung einzelner Komponenten bzw. technischer Einrichtungen umzusetzen.

Einige wesentliche Aufgaben umfassen dabei die Ergänzung bzw. Komplettierung von Komponenten, die den Arbeitsschutz sichern. Im Bereich der Rohstoffannahme und –übergabe zur Dosierungseinrichtung ist es notwendig, entsprechende zusätzliche Abluftkamine zu installieren und diese mit dem schon vorhandenen Abluftreinigungssystem zu verbinden. Näheres dazu beschreibt der ebenfalls Berichtsteil der HS Bremen/FIBRE unter Okt. 2.2.

#### Entstaubung

- ⇒ Ergänzung der Staubabsaugung an der Ballenauflösung sowie im Bereich der Materialübergabe zum Kastenspeiser



Ein technologisches Problem ist die Detektionssicherheit und Abscheideleistung für metallische und mineralische Fremdbestandteile. Im Rahmen der Pilotanlagenphase konnte zwar eine ausreichende Funktionssicherheit erreicht werden, diese ist jedoch für einen stabilen industriellen Produktionsmaßstab nicht ausreichend. Hier ist die Ermittlung und Implementierung völlig neuer Funktionsprinzipien notwendig, die mit der Art des Materialtransportes (mechanisch oder/und pneumatisch) in Zusammenhang zu bringen sind. Ein manuelles Eingreifen sollte aus Kostengründen (personelle Besetzung des Schichtbetriebes) vermieden werden.

### Steinabscheidung

- ⇒ Erhöhung der Detektionssicherheit und Abscheideleistung



In diesem Zusammenhang sind an verschiedenen Stellen ebenfalls notwendige Ergänzungen für die Einhaltung und Verbesserung der Arbeitssicherheit auffällig geworden.

Für die Abscheidung des Schäbenstrom, der bereits bei der primären Trennung des biologischen Faser-Schäben-Verbundes in der Aufschlussmaschine anfällt, kommt eine Kombination von Zyklon und Zellenradschleuse zum Einsatz. Der hier realisierbare Massestrom hat sich für den Gesamtprozess als Engpass erwiesen, wenn ein Stroh-Durchsatz von 1,8 ... 2,0 t h<sup>-1</sup> und die maximale Abscheideleistung des Primäraufschlusses überschritten werden.

### Abscheiden der aus der Aufschlussmaschine abgetrennten Schäben aus dem Luftstrom – Zyklon mit Zellenradschleuse

- ⇒ Erhöhung des Nenndurchsatzes von gegenwärtig 0.5 t/h Staub-Schäbengemisch



Ein weiterer, den Durchsatz begrenzender Prozessschritt ist die finale Aufbereitung der gereinigten Fasern durch den Horizontalöffner. Zwar ist die Leistungsfähigkeit für die gegenwärtig realisierte Basisvariante von 2,5 t h<sup>-1</sup> Strohinput gerade noch ausreichend, sie beinhaltet jedoch keine Reserveleistung. Daher ist auch hier entweder der Ersatz der vorhandenen Maschine durch ein leistungsstärkeres Modell oder die Ergänzung durch eine zweite Maschine vorzusehen. Beides sollte im Zusammenhang mit einer kurzfristig realisierbaren Nutzung eines leistungsstärkeren Kammschüttels anstelle des Stufenreinigers (siehe Kap. IV.2) geplant werden.

### Finishing der Fasern (Verfeinerung)

- ⇒ Erhöhung des realisierbaren Massestromes durch leistungstärkere Neumaschinen bzw. Ergänzung durch Parallelführung des Massestromes über zwei Maschinen



Weitere notwendige Maßnahmen umfassen die verbesserte Lösung des mechanisierten Handlings und Transportes der Produktströme an den Punkten ihres Anfalls. Dies ergibt sich ebenfalls aus der Notwendigkeit der Minimierung des Personalaufwandes und damit verbundenen Reduzierung der entsprechenden Kostenbelastung.

### Materialhandling und -transport

- ⇒ Mechanisierung des Handlings und Transportes der Produktströme an den Punkten ihres Anfalls



Die notwendigen Ergänzungen in der Basisvariante (Arbeitsschutz sowie Erweiterung Zyklon/Zellenradschleuse) sind in der ökonomischen Analyse (siehe Berichtsteil nova-Institut) bereits berücksichtigt.

Mithin liegt nun eine eingehende Sachstandsanalyse der vorhandenen technisch-technologischen Ausstattung der Aufbereitungslinie bzw. der einzelnen Komponenten sowie Untersuchungen zur damit realisierbaren Faserqualität vor.

Die ökonomische Analyse umfasst neben dem bestehenden auch ein durchsatzstärkeres Konzept (ATB-N). Nach den vorliegenden Ergebnissen und Erfahrungen während der Pilotanlagenphase am Standort des Institutes sind aus verfahrenstechnischer Sicht und bei Erweiterung der bisherigen Kapazitätsengpässe keine Einschränkungen bei der erforderlichen Erhöhung der Durchsatzleistung auf mind.  $4 \text{ t h}^{-1}$  zu erwarten.

In die Entwicklung eines Zukunftskonzeptes sollte aus Sicht der Betreiber darüber hinaus die Erweiterung und Anpassung der Anlagensteuerung eingebettet sein. Die Erhöhung des Automatisierungsgrades ermöglicht eine Reduzierung der notwendigen Personalaufwendungen. Da auch Naturfasern sich zunehmend als ein industrieller Rohstoff gegenüber anderen Ressourcen zu beweisen haben, ist die Entwicklung und Umsetzung eines entsprechenden Systems zur Qualitätssicherung notwendig. Die ersten bereits vorliegenden theoretische Überlegungen sowie experimentelle Ansätze aus dem Bereich der wissenschaftlichen Begleitung sollte bei der konzeptionellen Überarbeitung der Anlagensteuerung berücksichtigt und in Kombination damit ausgebaut und schließlich in die Praxisanlage implementiert werden. Der bisherige Pilotcharakter sowie die vergleichsweise kompakte Bauweise der Anlage mit wenigen Einzelmaschinen und Aggregaten würden nahezu ideale Voraussetzungen für die Entwicklung und Anwendungen von neuartigen Onlinemessmethoden sowie deren technische Einbettung in das Steuerungsregime bieten.

## **TEIL B: Faserinstitut Bremen & Hochschule Bremen**

Autoren:

Dipl.-Ing. R. Bäumer

Prof. Dr. J. Müssig

# FORSCHUNGSBERICHT

---

# FORSCHUNGSBERICHT

Technische Analyse und Bewertung  
- Hanffaseraufschlussanlage mit einer Entholzung mittels ATB-  
Aufschlussmaschine -

Im Rahmen des Projekts  
„Ganzheitliche Nutzung von Faserpflanzen im Rahmen der industriellen  
Umsetzung eines innovativen Verfahrens“

*Ralf Bäumer*

Faserinstitut Bremen e.V. – FIBRE – , Bremen

&

*Jörg Müssig*

Hochschule Bremen, Fachrichtung BIONIK, Professur Biologische Werkstoffe

Bremen, Juni 2008

# FORSCHUNGSBERICHT

---

## Inhaltsverzeichnis

1. Hintergrund zum Bericht.....	1
2. Anlagenkonzept ATB.....	2
2.1. Layout .....	2
2.2. Optimierungsoptionen .....	3
3. Stoffströme / Anlagenkonzept ATB .....	6
4. Fasercharakterisierung.....	14
4.1. Material & Methoden .....	14
4.2. Ergebnisse .....	22
4.3. Diskussion.....	29
5. Fasereigenschaften und Produktzuordnung.....	29
6. Diskussion im Expertenkreis .....	30
7. Verwendete Quellen .....	30

# FORSCHUNGSBERICHT

---

## 1. Hintergrund zum Bericht

Der vorliegende Bericht entstand auf der Basis diverser Treffen der Projektpartner, sowie mehrerer Treffen der Partner vom FIBRE und der Hochschule Bremen. Wesentliche Schwerpunkte des Berichts basieren auf

der Analyse und Diskussion der Fasercharakterisierung,

der Besichtigung und der Analyse der Anlage in Groß Helle (Besichtigung am 25. Februar 2008) sowie

dem Expertenworkshop im Rahmen des FNR-Projekts: Ganzheitliche Nutzung von Faserpflanzen im Rahmen der industriellen Umsetzung eines innovativen Verarbeitungsverfahrens am ATB in Potsdam Bornim vom 15. April 2008.

Zusätzlich zu dem vorliegenden Bericht wurde eine ausführliche Dokumentation der Workshop-Diskussionen angefertigt, die dem Gesamtbericht unter folgendem Titel beiliegt.

*Expertenworkshop im Rahmen des FNR-Projekts: Ganzheitliche Nutzung von Faserpflanzen im Rahmen der industriellen Umsetzung eines innovativen Verarbeitungsverfahrens ATB, Potsdam Bornim / 15. April 2008 in Potsdam*

*Technische Analyse und Bewertung  
- Hanffaseraufschlussanlage mit einer Entholzung mittels ATB-Aufschlussmaschine -*

*Diskussion zur Anlagenbesprechung*

*Jörg Müssig, Anatoli Pauls & Michael Carus*

Die im Bericht verwendeten Grafiken entstammen aus der Präsentation von Ralf Bäumer und Jörg Müssig anlässlich des Experten-Workshops vom 15. April 2008 am ATB. Zusätzlich zu einer kurzen Erklärung der Grafiken und Folien enthält der Bericht eine Beschreibung der Fasercharakteristika.

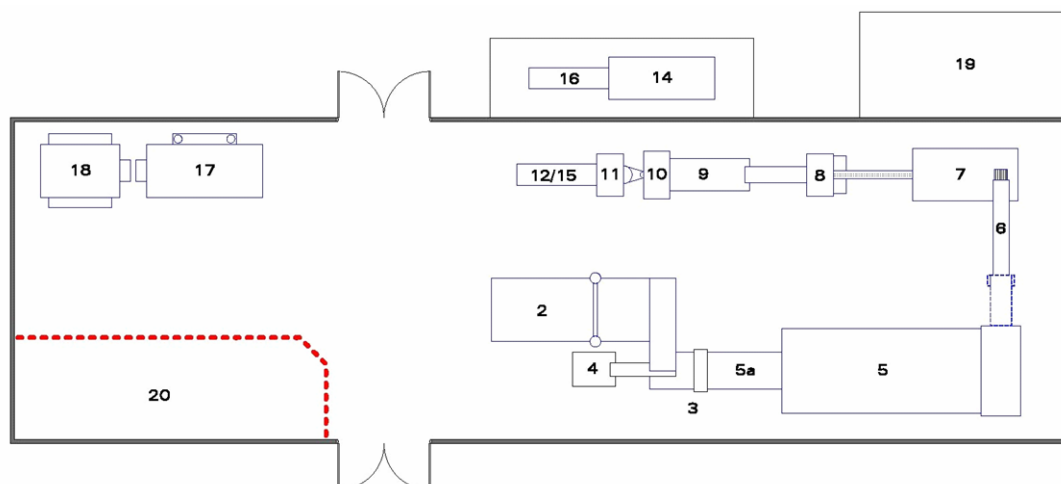
# FORSCHUNGSBERICHT

## 2. Anlagenkonzept ATB

Im Folgenden wird das Anlagenkonzept kurz vorgestellt und die im Rahmen der Besichtigung und der Analyse der Anlage in Groß Helle (Besichtigung am 25. Februar 2008) festgestellten Optimierungsoptionen genannt und diskutiert.

### 2.1. Layout

In Bild 1 ist das Layout der Hanffaseraufschlussanlage dargestellt, die Gegenstand der Betrachtung war. Die einzelnen Komponenten sind der Legende zu entnehmen.



- |                                 |                    |                           |
|---------------------------------|--------------------|---------------------------|
| (2) Ballenauflöser (Guillotine) | (3) Metалldetektor | (4) Austragen von Steinen |
| (5) Dosierer mit Zuführband     | (6) Steilförderer  | (7) Aufschlussmaschine    |
| (8) Kondenser                   | (9) Stufenreiniger | (10) Öffner               |
| (11) Kondenser                  | (12) Ballenpresse  | (14) Schäbenreinigung     |
| (16) Schäbenverpackung          | (17) Vorfilter     | (18) Feinfilter           |
| (19) Energieversorgung          |                    |                           |

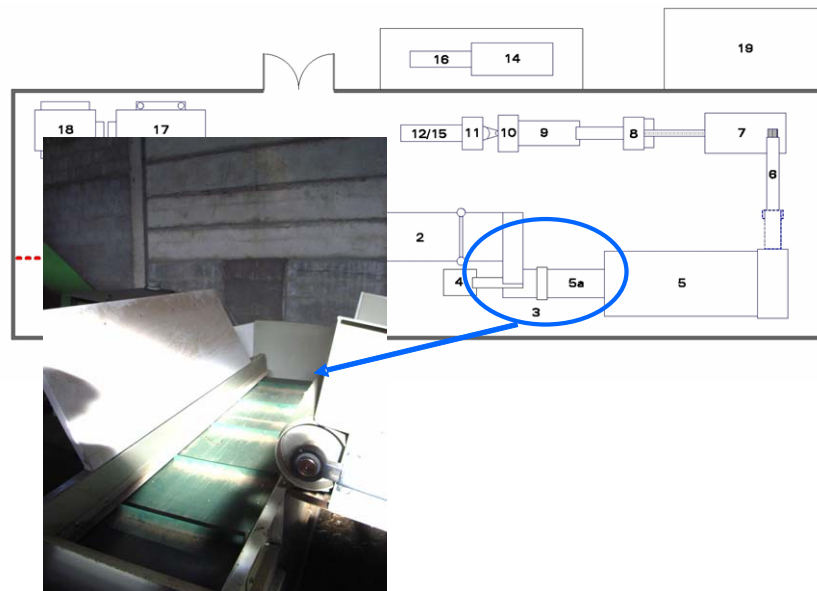
**Bild 1:** Layout der Hanffaseraufschlussanlage mit einer Entholzung mittels ATB-Aufschlussmaschine (Gusovius, 2007)

# FORSCHUNGSBERICHT

## 2.2. Optimierungsoptionen

Auf der Basis der Besichtigung der Anlage und der nachfolgenden Analysen wurden Optimierungsoptionen identifiziert. Im Folgenden sind die Optimierungen zusammengefasst. Die Art der Optimierung sowie die Position im Anlagenkonzept kann Bild 2 bis Bild 6 entnommen werden.

Während der Begehung der Anlage wurde an der im Bild 2 dargestellten Position eine Schachstelle identifiziert, an der im Anlagenbetrieb mit einer erhöhten Staubemission zu rechnen ist.

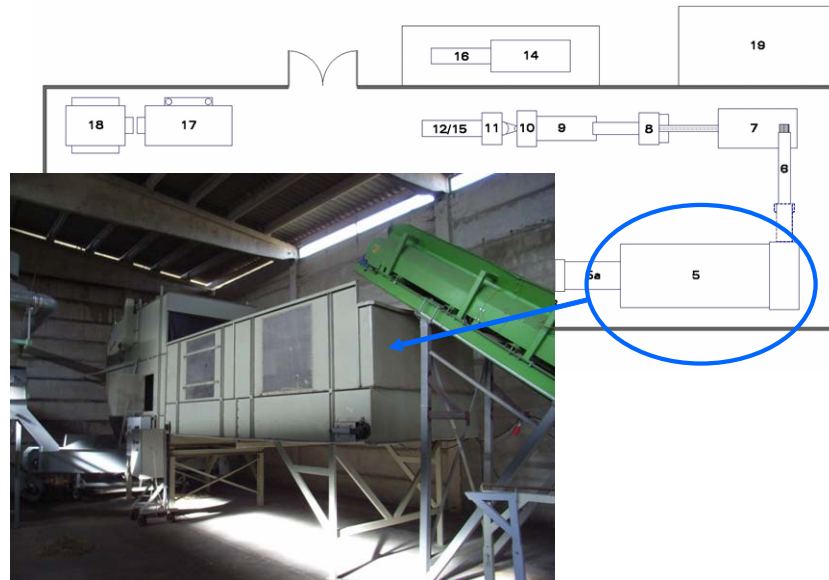


**Bild 2:** Optimierungsoptionen der Hanffaseraufschlussanlage; hier Staubabsaugung an der Position Übergabestelle vom Ballenauflöser (Guillotine) zum Dosierer mit Zuführband

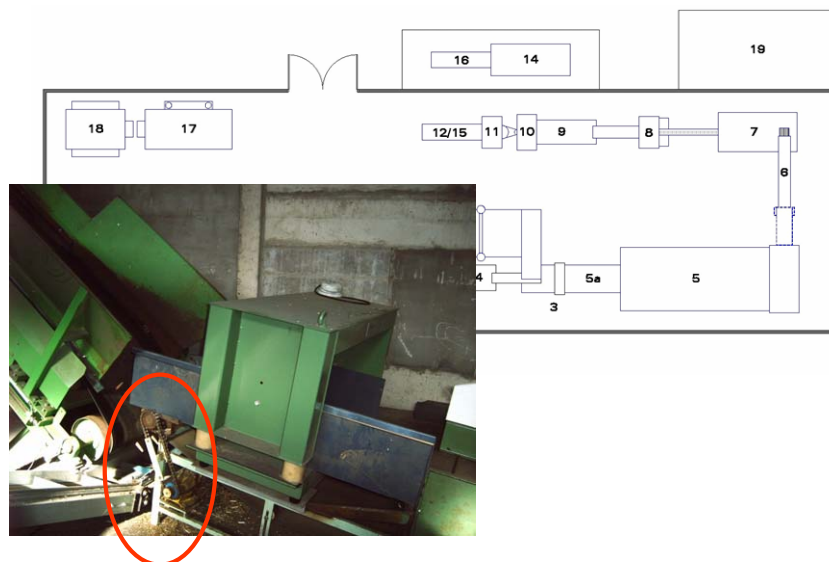
Bezüglich einer zu erweiternden Staubabsaugung wurde der Dosierer mit Zuführband identifiziert. In Bild 3 ist die Position im Anlagenplan dargestellt.

Die Anlage weist an einigen Stellen hinsichtlich der Arbeitssicherheit Optimierungsbedarf auf. Als Beispiel sei hier die nicht ausreichende Abdeckung drehender Teile genannt, wie im Bild 4 beispielhaft am Metalldetektor zu sehen ist.

# FORSCHUNGSBERICHT



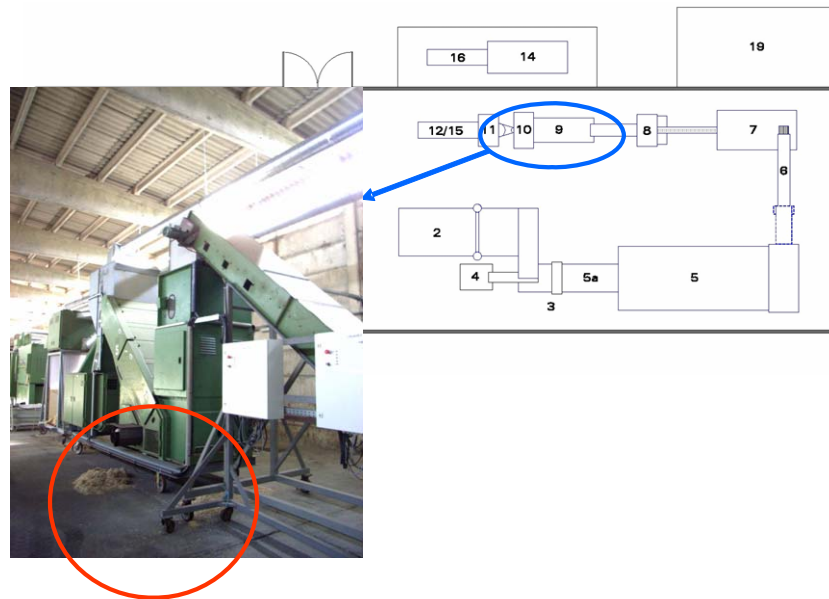
**Bild 3:** Optimierungsoptionen der Hanffaseraufschlussanlage; hier Staubabsaugung über dem Dosierer mit Zuführband



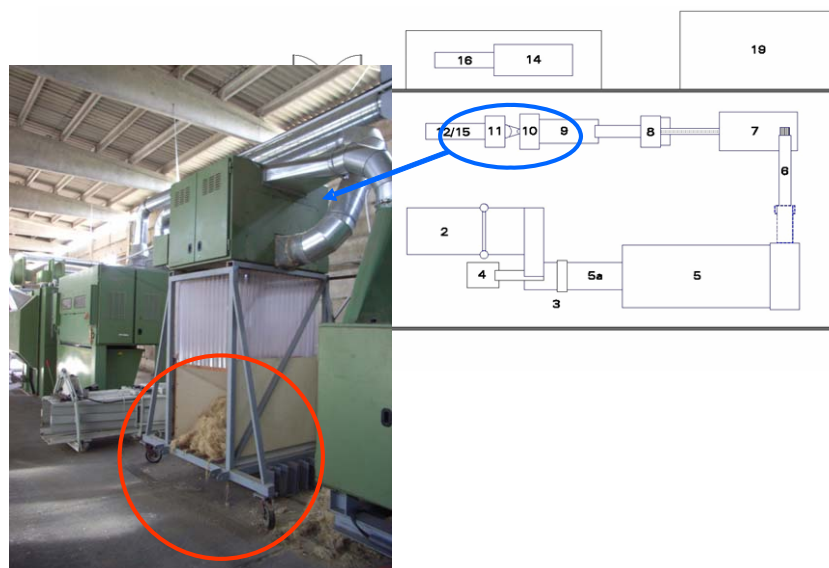
**Bild 4:** Optimierungsoptionen der Hanffaseraufschlussanlage; hier Arbeitssicherheitsdefizit am Metalldetektor

# FORSCHUNGSBERICHT

Weitere Schwachstellen wurden bezüglich des Schäbentransports und der Faserhandhabung identifiziert, die in Bild 5 und Bild 6 bezüglich der Position im Anlagenschema dargestellt sind.



**Bild 5:** Optimierungsoptionen der Hanffaseraufschlussanlage; hier Schäbentransport



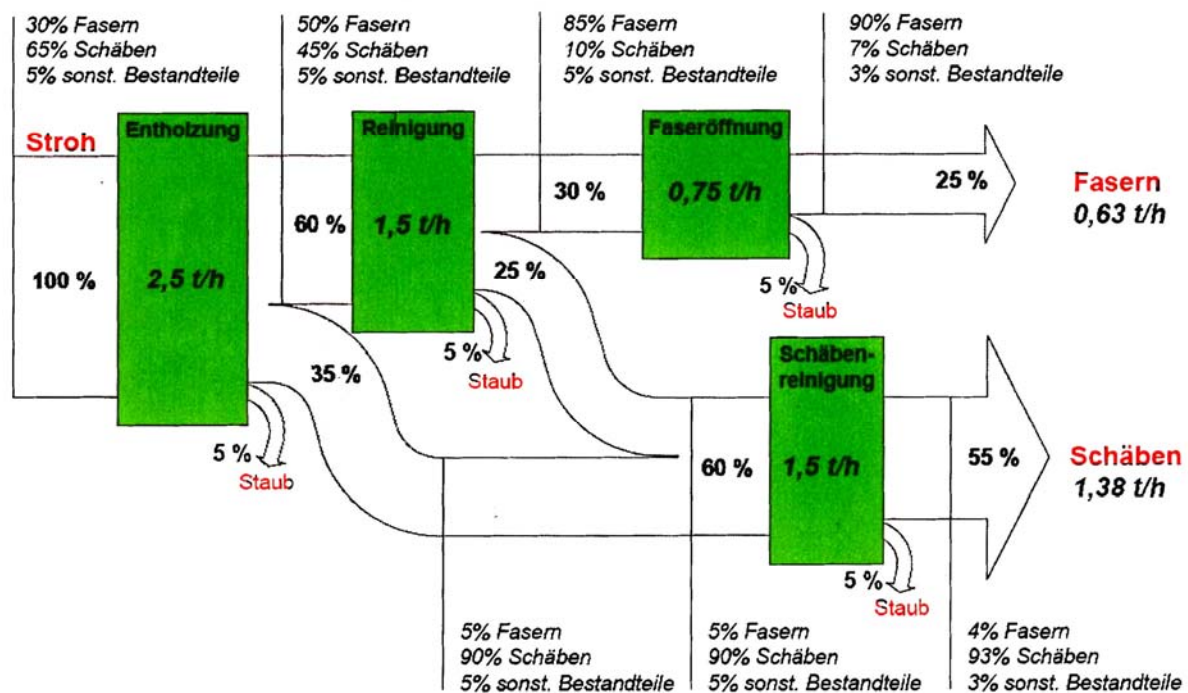
**Bild 6:** Optimierungsoptionen der Hanffaseraufschlussanlage; hier Faserhandhabung

# FORSCHUNGSBERICHT

Die Ergebnisse wurden im Rahmen des Workshops vorgestellt und mit den Experten diskutiert. Die notwendigen Änderungen wurden kalkulatorisch bewertet und sind in die Kalkulation der Anlagenkosten eingeflossen. Näheres hierzu findet sich im Teilbericht vom nova-Institut.

## 3. Stoffströme / Anlagenkonzept ATB

Zur Auswertung der Stoffströme und zur Identifikation möglicher Schwachstellen wurde das Anlagenkonzept auf der Basis der vom ATB zur Verfügung gestellten Daten analysiert. Die generellen Stoffströme der Anlage sind Bild 7 zu entnehmen.



**Bild 7:** Stoffströme in einer Hanffaseraufschlussanlage mit einer Entholzung mittels ATB-Aufschlussmaschine (Pecenka et al., 2002)

Im Folgenden wird die Analyse der Stoffströme für die Szenarien einer Durchsatzleistung von 1,8, 1,9 und 2,5 Tonnen pro Stunde vorgestellt. Die Gesamtübersichten sind in Bild 8 bis Bild 10 dargestellt.

# FORSCHUNGSBERICHT

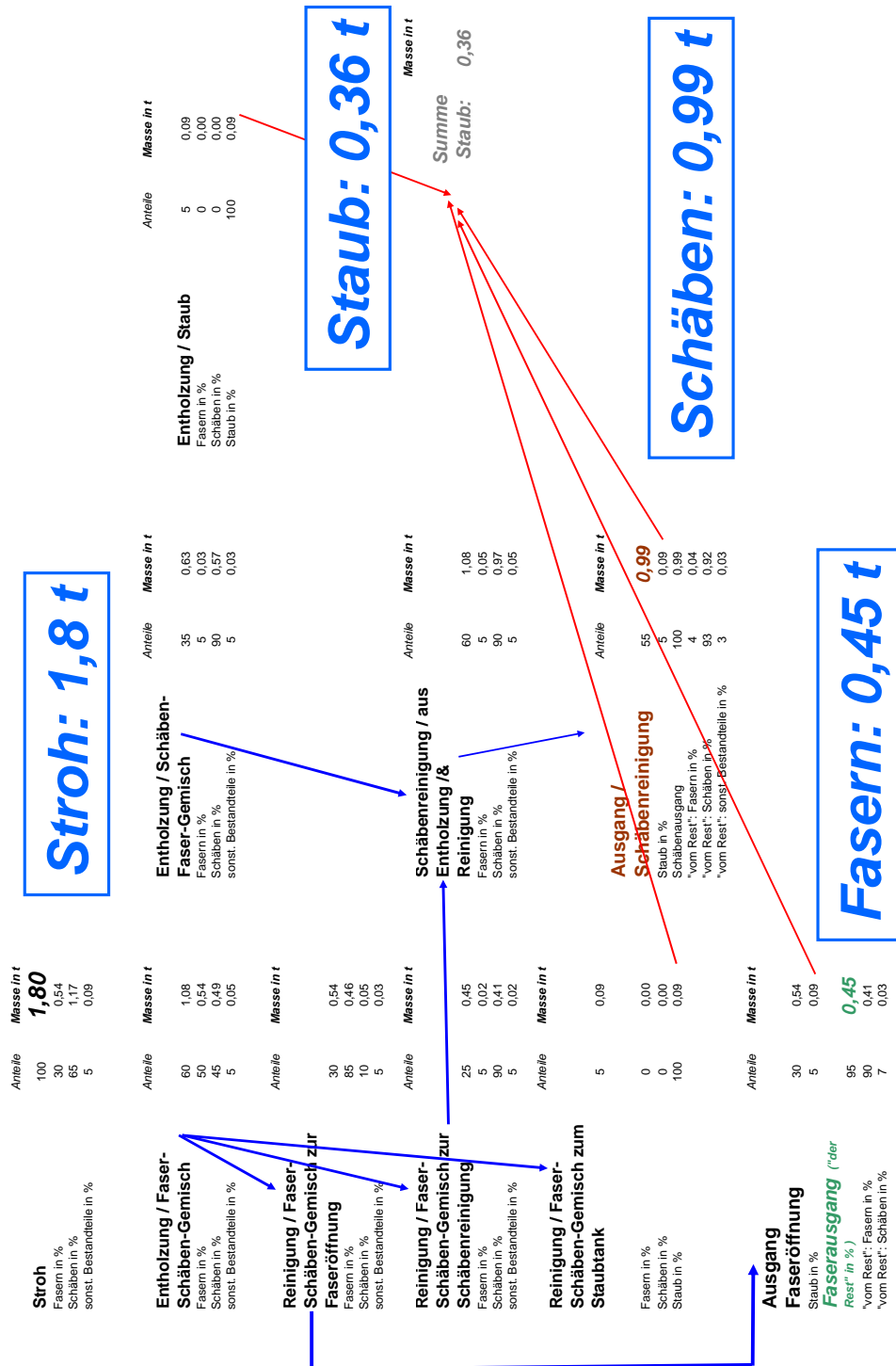


Bild 8: Übersicht der Stoffströme / ATB bei 1,8 t/h

# FORSCHUNGSBERICHT

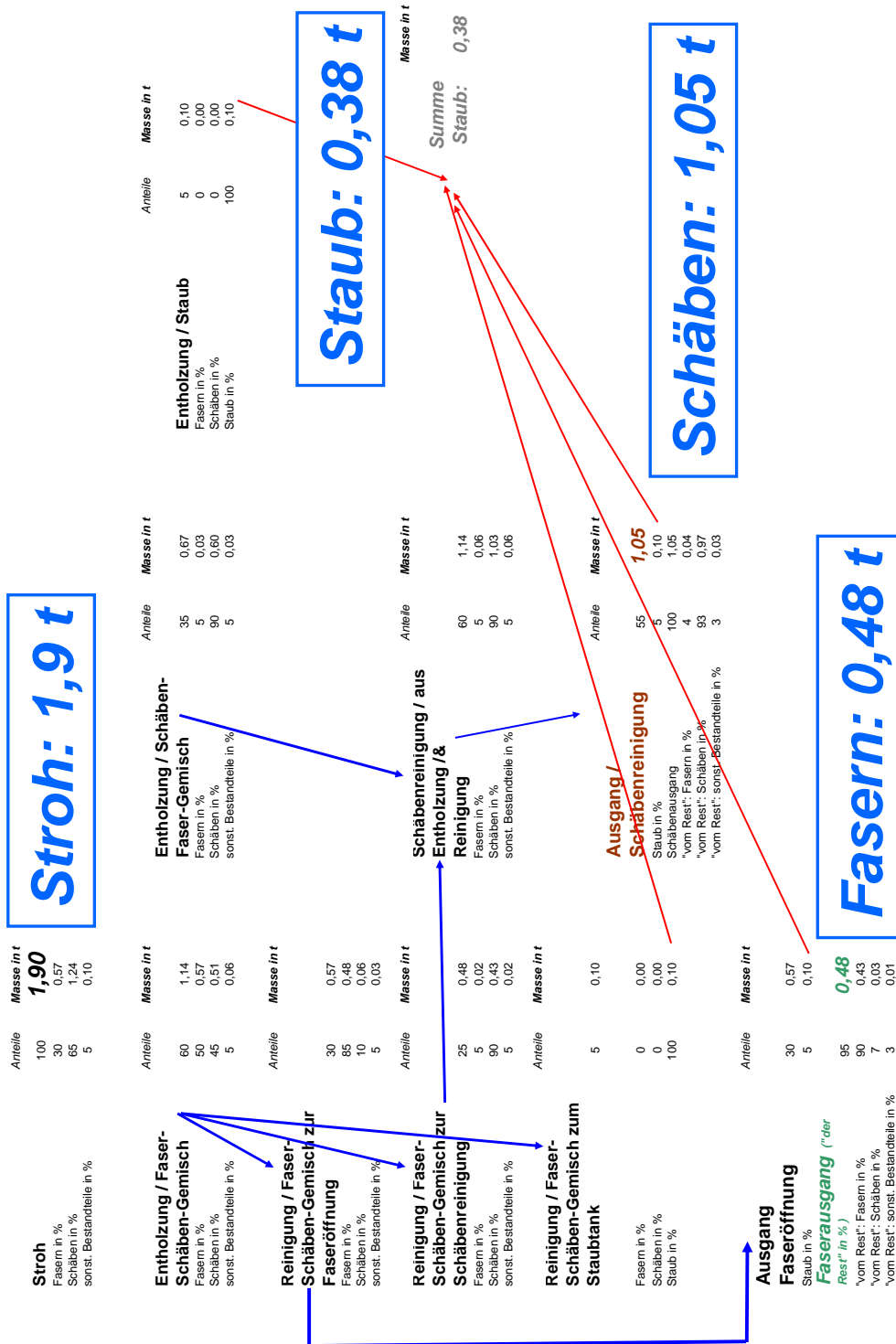


Bild 9: Übersicht der Stoffströme / ATB bei 1,9 t/h

# FORSCHUNGSBERICHT

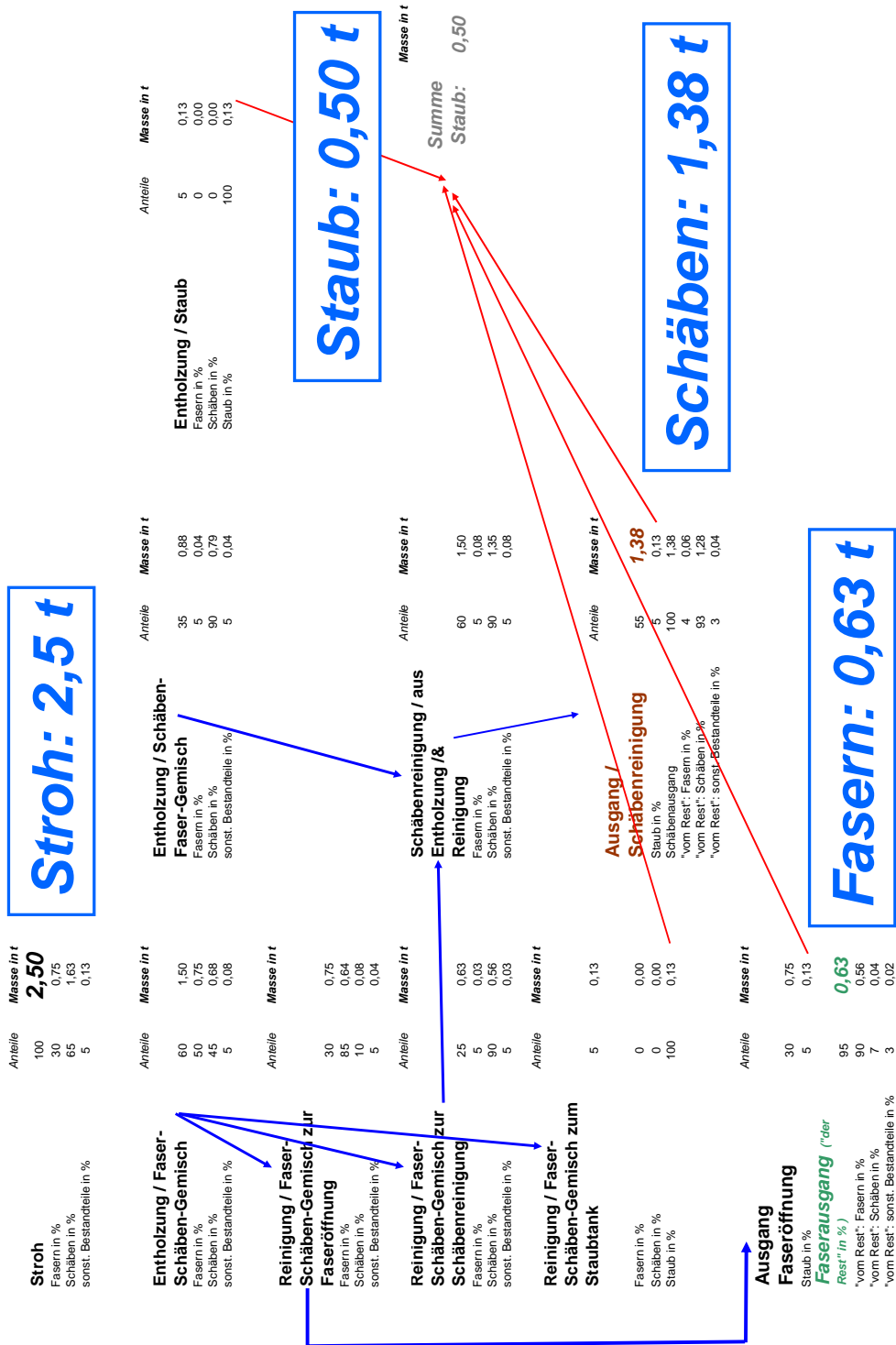
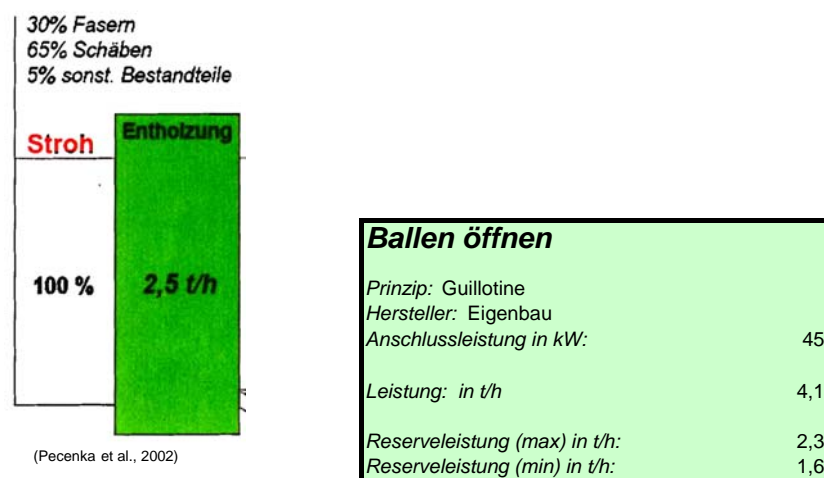


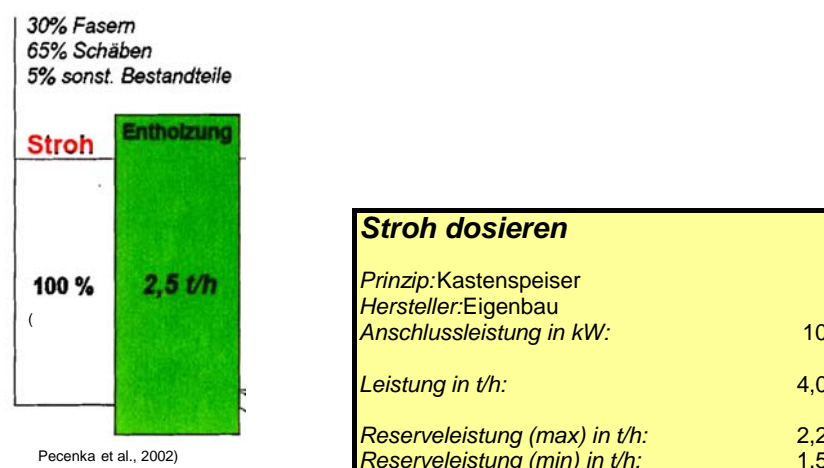
Bild 10: Übersicht der Stoffströme / ATB bei 2,5 t/h

# FORSCHUNGSBERICHT

Auf der Basis der Übersichten wurden mögliche Schwachstellen bezüglich der Durchsatzleistung identifiziert. Im Folgenden sind die Ergebnisse der Analyse grafisch und tabellarisch zusammengefasst. In Bild 11 bis Bild 18 sind die Ergebnisse zusammengestellt. In der zugehörigen Tabelle sind jeweils die maximalen und minimalen Durchsatzleistungen identifiziert. Für positive Zahlenwerte verfügt das Konzept über genügend Reserven. Negative Reserveleistungen identifizieren Problemstellen.

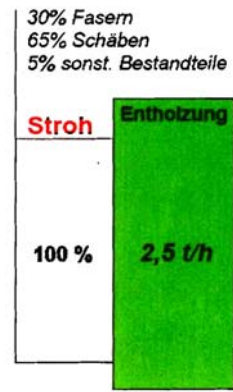


**Bild 11:** Stoffströme & Kapazitäten bei Strohleistungen: min. 1,8 t/h und max. 2,5 t/h für den Ballenöffner



**Bild 12:** Stoffströme & Kapazitäten bei Strohleistungen: min. 1,8 t/h und max. 2,5 t/h für die Strohdosierung

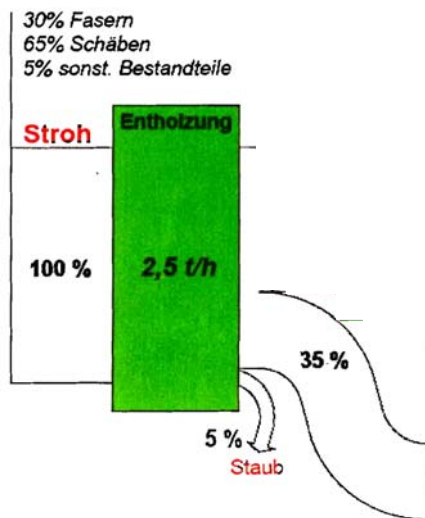
# FORSCHUNGSBERICHT



(Pecenka et al., 2002)

<b>Primäraufschluss</b>	
<i>Prinzip:</i> Aufschlussmaschine mit integrierter Schäbentrennung	
<i>Hersteller:</i> Eigenbau (KGM)	
<i>Anschlussleistung in kW:</i>	125
<i>Nennleistung in kW:</i>	75
<i>Verfügbarkeit in %:</i>	85
<i>Leistung (max) in t/h:</i>	3,0
<i>Leistung (min) in t/h:</i>	2,5
<i>Reserveleistung (max) in t/h:</i>	1,2
<i>Reserveleistung (min) in t/h:</i>	0,0

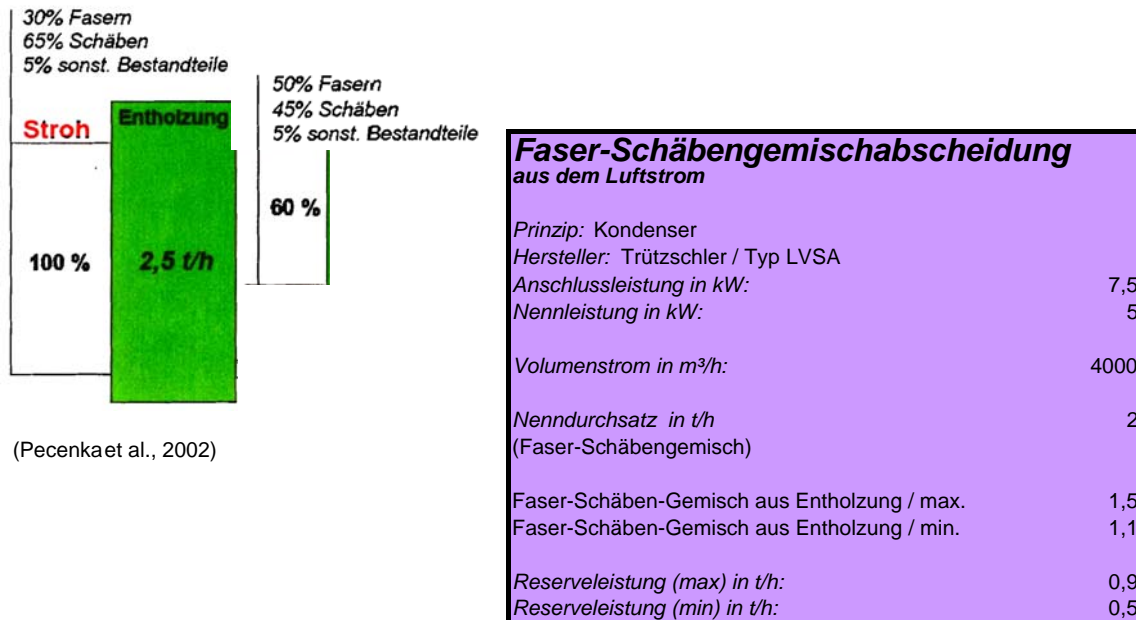
**Bild 13:** Stoffströme & Kapazitäten bei Strohleistungen: min. 1,8 t/h und max. 2,5 t/h für die Entholzung



<b>Schäbenabscheidung aus dem Luftstrom</b>	
<i>Prinzip:</i> Zyklon mit Zellenradschleuse	
<i>Hersteller:</i>	
<i>Anschlussleistung in kW:</i>	1,5
<i>Nennleistung in kW:</i>	1,1
<i>Volumenstrom in m<sup>3</sup>/h:</i>	4500
<i>Nenndurchsatz in t/h (Staub-Schäbengemisch)</i>	0,5
<i>Schäben-Faser-Gemisch aus Entholzung / max.</i>	0,88
<i>Schäben-Faser-Gemisch aus Entholzung / min.</i>	0,63
<i>Reserveleistung (max) in t/h:</i>	-0,13
<i>Reserveleistung (min) in t/h:</i>	-0,38

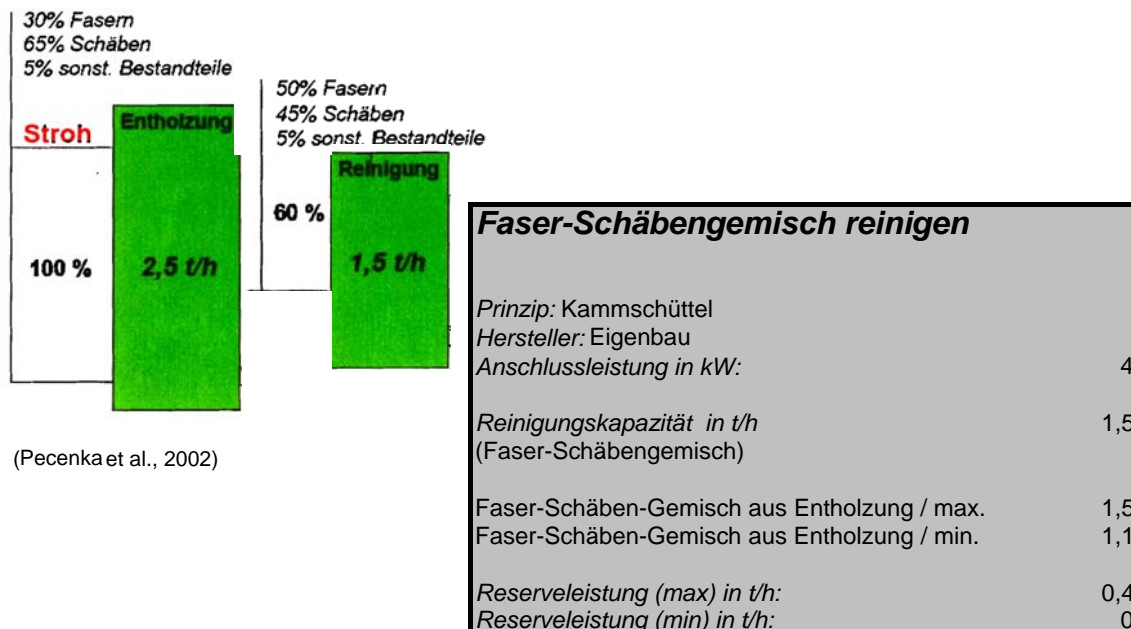
**Bild 14:** Stoffströme & Kapazitäten bei Strohleistungen: min. 1,8 t/h und max. 2,5 t/h für die Schäbenabscheidung

# FORSCHUNGSBERICHT



(Pecenka et al., 2002)

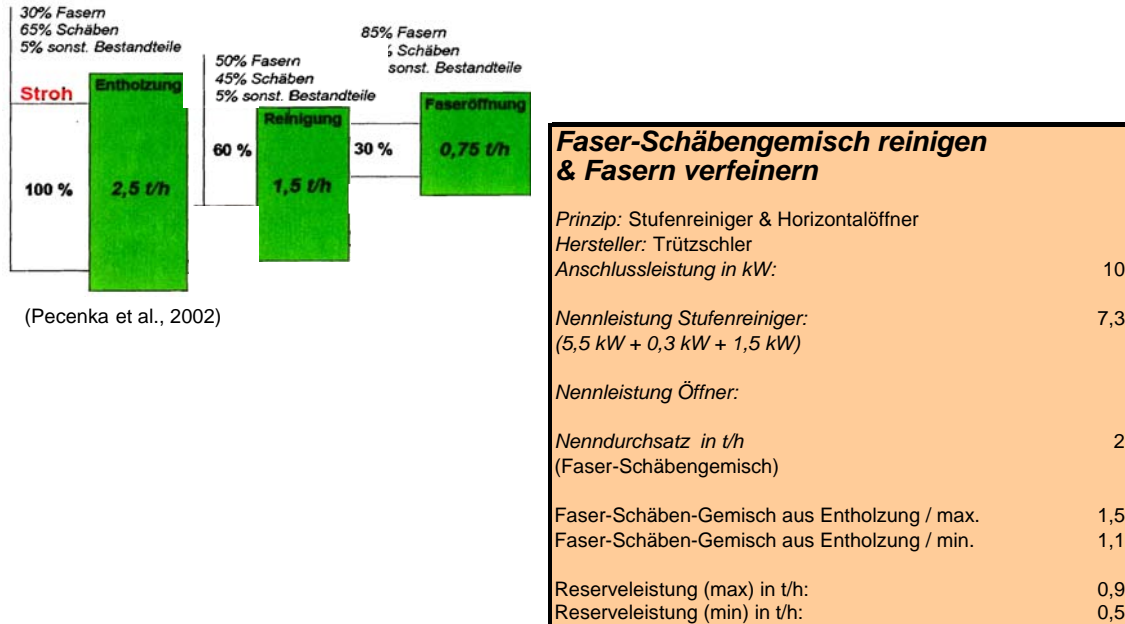
**Bild 15:** Stoffströme & Kapazitäten bei Strohleistungen: min. 1,8 t/h und max. 2,5 t/h für die Faserabscheidung



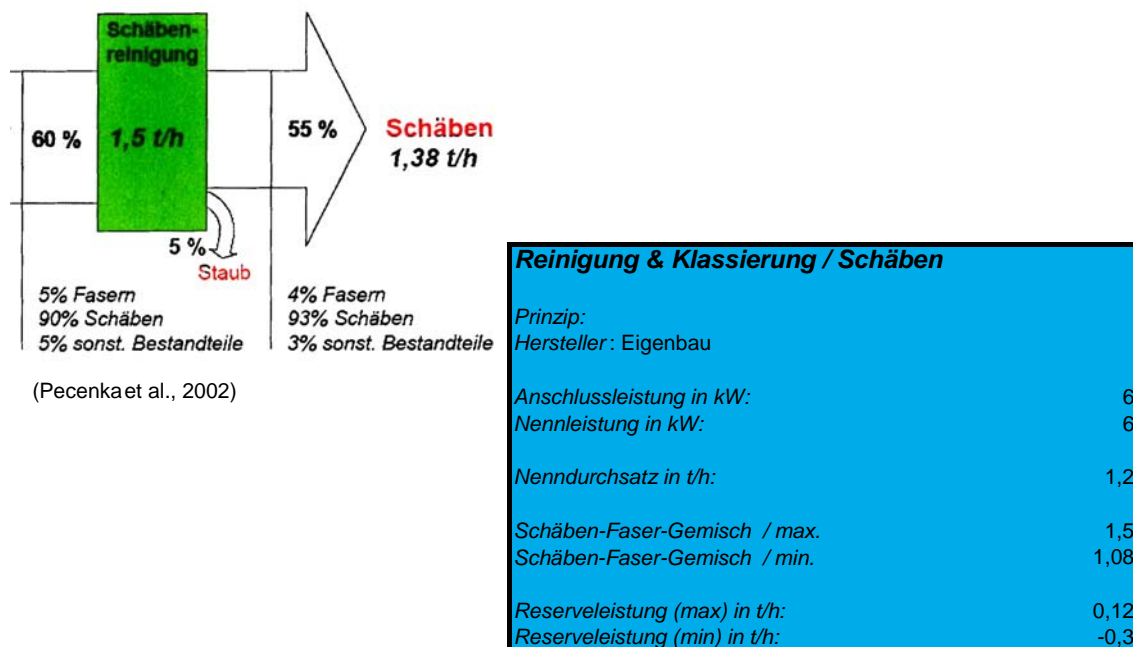
(Pecenka et al., 2002)

**Bild 16:** Stoffströme & Kapazitäten bei Strohleistungen: min. 1,8 t/h und max. 2,5 t/h für die Reinigung Faser-Schäben-Gemisch

# FORSCHUNGSBERICHT



**Bild 17:** Stoffströme & Kapazitäten bei Strohleistungen: min. 1,8 t/h und max. 2,5 t/h für die Reinigung Faser-Schäben-Gemisch & Faserverfeinerung



**Bild 18:** Stoffströme & Kapazitäten bei Strohleistungen: min. 1,8 t/h und max. 2,5 t/h für die Reinigung und Klassierung von Schäben

# FORSCHUNGSBERICHT

---

Mit Hilfe der Schwachstellenanalyse konnten zwei Schwachstellen identifiziert werden. Es wurde für das Gesamtkonzept ein neuer Zyklon mit Zellenradschleuse ausgelegt und kalkuliert. Die notwendigen Änderungen wurden bewertet und sind in die Kalkulation der Anlagenkosten eingeflossen. Näheres hierzu findet sich im Teilbericht vom nova-Institut.

## 4. Fasercharakterisierung

Zur Evaluierung der Faserqualitäten, die mit der ATB-Anlage erzeugt werden können, wurden Faserchargen bezüglich der folgenden Eigenschaften vermessen:

- Farbmessung
- Schäbengehalt gravimetrisch
- Faserfeinheit / Shirley PL
- Faserlänge

### 4.1. *Material & Methoden*

Im Folgenden werden die verwendeten Fasercharakterisierungsmethoden kurz stichwortartig vorgestellt.

#### ***Probenentnahme aus dem Ballen***

Es wurde ein Vorschlag für die Probenentnahme aus einem Ballen konzipiert.

*Vorschlag*

*zur*

*Arbeitsvorschrift*

***Entnahme von Hanffasern aus Ballen  
(Ballenprobe)***

***- Erstellung einer Mischprobe aus acht Einzelproben -***

Die Durchführung der Probenentnahme der Hanffaser aus dem Faserballen sollte in Anlehnung an die ASTM D 1060-76 zur Probenentnahme für die Messung des Anteils von rein gewaschener Wolle in Wollballen erfolgen. Allerdings verzichten wir auf das Prinzip der Kernbohrung, da hierdurch die Fasern geschädigt und eingekürzt würden.

# FORSCHUNGSBERICHT

---

Jeder ausgewählte Ballen wird gedanklich in acht etwa gleich große nebeneinander liegende Teilbereiche zerlegt. Aus diesen Teilbereichen werden von jeweils unterschiedlichen Positionen Proben mit einer Masse von je ca. 250 g entnommen. Die acht Proben werden zu einer Mischprobe (ca. 2000 g) zusammengefasst.

! Bei der Probenentnahme ist unbedingt darauf zu achten, dass keine Schäben verloren gehen.

Die Mischprobe ist in einem verschließbaren Behältnis aufzubewahren.

## ***Schäbengehaltsbestimmung / gravimetrisch***

- Stichprobenentnahme aus der Faserflocke
- 1 Probe 20 g
- Lagerung im Normklima für 24 h bei 20 °C / 65 % Luftfeuchtigkeit
- Manuelle Aussortierung der Schäben
- Masse der Schäben wird auf die Gesamtmasse der Probe bezogen

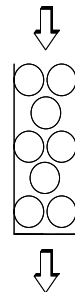
Aus einer ausgewählten Faserprobe von ca. 20 g wurden in einem manuellen Verfahren alle Schäbenanteile separiert. Durch anschließende Massebestimmung konnte der gravimetrische Schäbenanteil bestimmt werden. Die Wägung erfolgte nach einer 24-stündigen Klimatisierung um den Einfluss von Feuchtigkeitsschwankungen (Handschweiß) auszugleichen.

## ***Feinheit / Shirley***

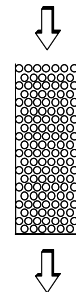
Zur Feinheitsmessung wurde das integrale messende Shirley-Verfahren herangezogen. Durch die Kompression der Versuchskammer kann ein größerer Messbereich als zum Beispiel beim Micronaire-Verfahren abgedeckt werden. Drei klimatisierte und schäbenfreie Stichproben von je 4g wurden für die Messungen ausgewählt.

In Bild 19 ist das Shirley-Verfahren zur Ermittlung der Faserfeinheit schematisch dargestellt.

# FORSCHUNGSBERICHT



grobe Bündel  
niedriger Druck  
kleiner  $P_L$ -Wert



feine Bündel  
hoher Druck  
großer  $P_L$ -Wert

3 Proben / 4 g / 2 Messungen

**Bild 19:** Faserfeinheitsbestimmung mit Shirley-Verfahren mit konstantem Volumenstrom

## ***Länge / Handstapel***

Aus Zeitgründen wurden auf die Längenmessung mit dem Almeter an sämtlichen Proben verzichtet. Lediglich an 5 Proben wurden manuelle endengeordnete Faserbärte hergestellt, um Unterschiede in den Faserlängen optisch darzustellen. Hierzu wurden jeweils 2g Fasermaterial ausgewählt. Diese Proben wurden zunächst von Hand verzogen und doubliert. Hiernach erfolgte durch Ablegen einzelner Faserstränge auf einer Samtunterlage die Erstellung des endengeordneten Faserbartes.

Zur Beurteilung der Einkürzung der Faserbündel wurden manuell Handstapel gelegt. In Bild 20 ist ein Faserkollektiv aus endengeordneten Faserbündeln dargestellt.

- Probenmasse 2 g
- parallelisierte Faserbündel
- endengeordnet

# FORSCHUNGSBERICHT

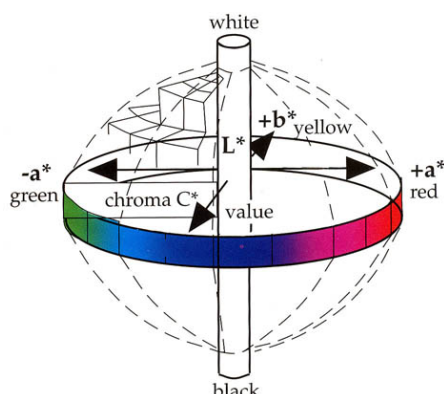


**Bild 20:** endengeordnete Faserbündel aus dem Faseraufschluss

## Farbmessung / Cielab

Zur Beurteilung der Farbunterschiede als Maß für den Röstgrad wird die Farbmessmethode nach Cielab verwendet (vergleiche Bild 21). Die Methode kann Bild 22 entnommen werden.

Hierzu wurde ein Minolta Kolorimeter verwendet. Aus der klimatisierten, schäbenfreien Probe wurden 3 Stichproben zu je 4 g gezogen. Die Proben wurden in einer hydraulischen Presse zu Tabletten gepresst. Die Einzelmessungen erfolgten an der Ober- und Unterseite der Tabletten jeweils an drei verschiedenen Stellen, so dass insgesamt 18 Messwerte zur Verfügung standen. Die Analyse erfolgt im L a b Farbraum. Wobei L den Grauwert zwischen schwarz und weiß darstellt, a die Farbenskala zwischen grün und rot sowie B die Farbenskala zwischen blau und gelb. Das Messsystem wurde mit den vorhandenen Schwarz- und Weiß-Standards vor den Versuchen kalibriert. Der Grauwert L gibt den Röstgrad wieder (dunkle Probe = hoher Röstgrad).



## CIELAB L\*, a\* und b\*

**L\*** repräsentiert Helligkeit von schwarz (0) zu weiß (100)

**a\*** repräsentiert den Bereich grün (-a) bis rot (+a)

**b\*** repräsentiert den Bereich blau (-b) bis gelb (+b)

**Bild 21:** Farbmessung / Cielab; Solid L\* a\* b\* Colour Solid (HunterLab 2000)

# FORSCHUNGSBERICHT

---



Minolta Spectrophotometer CM-2600d, CIELAB, 10° Standard Beobachter, Illuminant D65, SCE (diffuse Reflektion ohne Orientierung), 3 Proben je 4 g (Klima: 20°C, 65 % rel. Luftfeuchte), 3 Messungen (0°, 120° & 240°) auf jeder Seite

**Bild 22:** Minolta Spectrophotometer CM-2600d

## ***Festigkeitsbestimmung***

Die gleiche Einschränkung trifft auf die Festigkeitsmessung zu. An 5 ausgewählten Hanfproben wurden die Prüfungen durchgeführt. Die Untersuchungen erfolgten mit dem mechanischen Festigkeits- und Dehnungsprüfgerät Stelometer. Dazu wurden aus der klimatisierten Probe 20 Kollektive (Gruppe aus Faserbündeln) per Hand ausgewählt. Die Faserkollektive wurden in mit PMMA Klemmen versehenen Pressley Haltern eingebracht. Überstehende Fasern wurden beseitigt. Nach Ermittlung der Höchstzugkraft und -dehnung werden die Fasern zur Feinheitsbestimmung gewogen und mit den Zugkräften zur feinheitsbezogenen Festigkeit (cN/tex) umgerechnet.

# FORSCHUNGSBERICHT

## Untersuchte Fasern

Aus der ATB-Aufschlussanlage standen die in Tabelle 1 zusammengefassten Proben zur Untersuchung zur Verfügung.

**Tabelle 1:** Hanfproben aus dem ATB-Aufschluss

ID	Datum	Rohstoff	Ballenart	Herkunft	Röstgrad
PA-01	12.02.02	Hanf			ungeröstet
PA-02	15.02.02	Hanf			geröstet
PA-03	09.07.03	Hanf		Zeulenroda	wenig geröst.
PA-04	24.11.03	Hanf			
PA-05	05.05.04	Hanf			
PA-06	02.12.03	Hanf			
PA-07	10.06.04	Hanf	Rundballen	Dessau	wenig geröst.
PA-08	22.11.04	Hanf	Rechteckballen		ungeröstet
PA-09	23.11.04	Hanf	Rechteckballen		geröstet
PA-10	23.11.04	Hanf	Rechteckballen		ungeröstet
PA-11	15.03.05	Hanf	Rundballen	Magdeburg	geröstet
PA-12	03.06.05	Hanf	Rundballen	Wittenberg	wenig geröst.
PA-13	12.09.05	Hanf (neue Ernte)	Rechteckballen	Gardelegen	ungeröstet

Aus Vergleichszwecken wurden Hanfproben unterschiedlicher Röstgrade aus Aufschlussbetrieben in Deutschland und der EU verwendet. Diese können der folgenden Auflistung entnommen werden.

### **England**

Hemcore 1, 2, 3, 4 & 5 (HC)

### **Frankreich**

- LCDA yellow, LCDA yellow green
- EP2-vert clair, EP3-jâune, EV2-gris clair, EV3-gris, EV4-gris-sombre (LC)

### **Deutschland**

- NAFGO R1, R2-3, R3 & R4
- BAFA (BA)

### **Niederlande**

- HempFlax V1, V2, V3, V4 & V5 (HF)

In Tabelle 2 sind sämtliche Hanffaserproben, die für die Untersuchungen berücksichtigt wurden, nach ihrer Herkunft aufgeführt.

# FORSCHUNGSBERICHT

**Tabelle 2:** Probenbezeichnung und Herkunft

ID	Datum	Rohstoff	Herkunft	Land
PA-01	12.02.02	Hanf	Waldland	D
PA-02	15.02.02	Hanf	Bücherhof	D
PA-03	09.07.03	Hanf	Zeulenroda	D
PA-04	24.11.03	Hanf		D
PA-05	05.05.04	Hanf	Zeulenroda	D
PA-06	02.12.03	Hanf		D
PA-07	10.06.04	Hanf	Dessau	D
PA-08	22.11.04	Hanf		D
PA-09	23.11.04	Hanf		D
PA-10	23.11.04	Hanf		D
PA-11	15.03.05	Hanf	Magdeburg	D
PA-12	03.06.05	Hanf	Wittenberg	D
PA-13	12.09.05	Hanf (neue Ernte)	Gardelegen	D
BA-01		Hanf	BAFA	D
HC-01		Hanf	Hemcore 1	GB
HC-02		Hanf	Hemcore 2	GB
HC-03		Hanf	Hemcore 3	GB
HC-04		Hanf	Hemcore 4	GB
HC-05		Hanf	Hemcore 5	GB
LC-01		Hanf	LCDA yellow	F
LC-02		Hanf	LCDA yellow green	F
EP-01		Hanf	EP2-vert claire	F
EP-02		Hanf	EP3-Jaune	F
EP-03		Hanf	EV2-gris claire	F
EP-04		Hanf	EV3-gris	F
EP-05		Hanf	EV4-gris-sombre	F
HF-01		Hanf	HempFlax V1	NL
HF-02		Hanf	HempFlax V2	NL
HF-03		Hanf	HempFlax V3	NL
HF-04		Hanf	HempFlax V4	NL
HF-05		Hanf	HempFlax V5	NL

# FORSCHUNGSBERICHT

Die vom ATB-Bornim zur Verfügung gestellten Hanfproben sind nach ihren Verfahrens- und Arbeitsschritten in Tabelle 3 aufgeführt. Da sowohl die Anlagenparameter als auch die verwendeten Eingangsmaterialien stark variieren, konnten keine Aufschlüsse auf das gesamte Anlagenverhalten gezogen werden. Die weiteren Untersuchungen beziehen sich daher vollständig auf die im FIBRE unter Laborbedingungen ermittelten Messdaten.

**Tabelle 3:** Bekannte Verfahrens- und Arbeitsschritte beim Aufschluss der Proben

ID	Ballenart	Röstgrad	Stengel- länge cm	Frequenz <sub>AM</sub> Hz	Steigung der Abweiser cm	Öffnungs- weite d. Luke %	Anzahl der Reinigungs- durchläufe
PA-01		ungeröstet	15	65			
PA-02		geröstet	15	65			
PA-03		wenig geröst.		55	ohne Abweiser	100	1
PA-04							
PA-05				50/45			1
PA-06		wenig geröst.	20-30			60	1
PA-07	Rundballen	wenig geröst.	20-30	55	ohne Abweiser	60	1
PA-08	Rechteckballen	ungeröstet	20-30	55	ohne Abweiser	60	1
PA-09	Rechteckballen	geröstet	20-30	45	ohne Abweiser	60	1
PA-10	Rechteckballen	ungeröstet	20-30	50	ohne Abweiser	60	1
PA-11	Rundballen	geröstet	20-30	55	3,5	40	2
PA-12	Rundballen	wenig geröst.	20-30	55	2,5	40	2
PA-13	Rechteckballen	ungeröstet	20-30	55	2,5	20	1

Weitere vom ATB Bornim zur Verfügung gestellte Informationen beziehen sich auf Eigenschaften zweier Hanfproben. Die Untersuchungen hierzu wurden im Jahre 2002 durchgeführt. Die Messdaten sind in Tabelle 4 aufgeführt.

**Tabelle 4:** Zur Verfügung stehende Kennwerte

	Länge in mm	Feinheit in dtex	Feinheit CV in %	Festigkeit in cN/tex	Festigkeit CV in %
PA-01	66,34	149,00	13,70	33,83	31,84
PA-02	95,88	80,70	11,10	33,90	19,00

# FORSCHUNGSBERICHT

---

## 4.2. Ergebnisse

Im Rahmen der durchgeführten Studie sollte im Modul „Technische Analyse und Bewertung“ eine unabhängige Bewertung des Anlagenkonzepts vorgenommen werden. Von entscheidender Wichtigkeit war hierbei die Beurteilung der Faserqualität der Anlage in Abhängigkeit der eingesetzten Aggregate und des realisierten Durchsatzes.

Auf der Basis bereits durchgeführter Versuche sollte die Beurteilungen der Faserqualität durchgeführt werden. Schwerpunkt der Betrachtungen waren hierbei folgende Eigenschaften:

- Verfeinerung der Faserbündel
- Einkürzung der Faserbündel
- Beurteilung der Entstehung von Nissen während des Aufschlusses
- Faserfestigkeit
- Schäbenanteil

Einen wichtigen Baustein zur Harmonisierung der Fasermessungen an Bastfasern stellt eine Prüfempfehlung für Naturfasern dar, die im Rahmen des Projekts N-FibreBase ([www.n-fibrebase.net](http://www.n-fibrebase.net)) formuliert wurde (Cescutti & Müssig, 2005) und Grundlage für die durchgeführten Arbeiten war.

Zur weiteren Evaluierung der vorhandenen Informationen sowie der Bewertung im Vergleich zu anderen Aufschlusskonzepten war geplant, neben vorhandenen Daten ausgewählte Proben erneut zu messen, um die Qualität des Aufschlusses im Vergleich zu anderen Anlagen auf der Basis absolut vergleichbarer Werte besser beurteilen zu können. In diesem Zusammenhang konnte auf ein umfangreiches Wissen sowie fundierte Erfahrungen der Antragsteller zurückgegriffen werden (Drieling, 1999 / Drieling et al. 1999 / Müssig et al. 2006).

Neben der Analyse der Faserqualität werden die folgenden Kriterien zur Beurteilung berücksichtigt:

- Durchsatz
- Konstanz des Verarbeitungsprozesses
- Störanfälligkeit, auftretende Prozessstörungen
- Energieeinsatz

# FORSCHUNGSBERICHT

---

Von entscheidender Bedeutung ist die Reinheit und Qualität der Fasern unter Berücksichtigung der Durchsatzleistung. Bis zum Ende der Projektzeit lagen den Autoren jedoch keine entsprechenden Daten zur Verfügung um hier weitergehende Aussagen zu treffen. Gerade die Durchsatzmenge im Vergleich zu realisierten großtechnischen Anlagen hat entscheidenden Einfluss auf die Faserqualität.

Auf der Basis der ermittelten Daten sollten Vergleiche zwischen unterschiedlichen Anlagenkonzepten durchgeführt werden. Hierbei wurden Versuche mit Hanfstroh unterschiedlicher Röstgrade durchgeführt. Auswirkungen auf die Verarbeitung von Flachs sowie Öllein wurden nicht weiter in die Bewertung einbezogen.

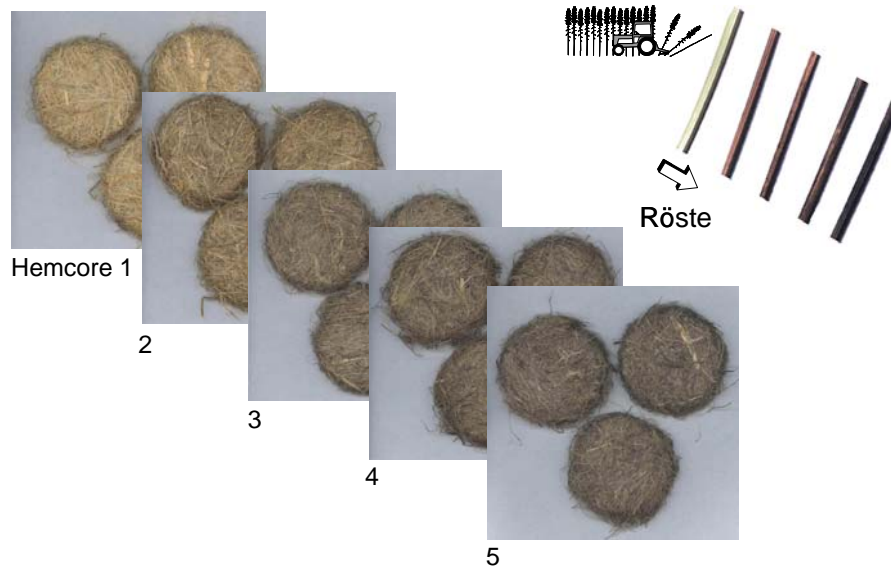
Zur Produktionsüberwachung während des Faseraufschlusses ist die Abschätzung, ob und wie durch die Verarbeitung die Faserbündel verfeinert werden, von wesentlicher Bedeutung. Dies lässt sich realisieren, indem während des Prozesses die mittlere Feinheit beobachtet wird. Zur kostengünstigen „Offline“-Messung eignen sich beispielsweise Luftstromgeräte, aber insbesondere das FMT-Verfahren (Müssig, 2001 & Müssig et al. 2006).

Im Rahmen der Arbeiten sollten erste Ansätze für eine mögliche „Online“-Messung bestimmter Eigenschaften wie Schäbengehalt und Faserfeinheit entwickelt werden. Hierbei kann auf die ausgewiesene Kompetenz des Faserinstitut Bremen zurückgegriffen werden (Drieling, 2000). Für den Bereich der Schäbengehaltsbestimmung mittels Bildanalyse im „Offline-Verfahren“ wurden bereits erste Ansätze entwickelt und umgesetzt (Müssig & Schmid, 2004).

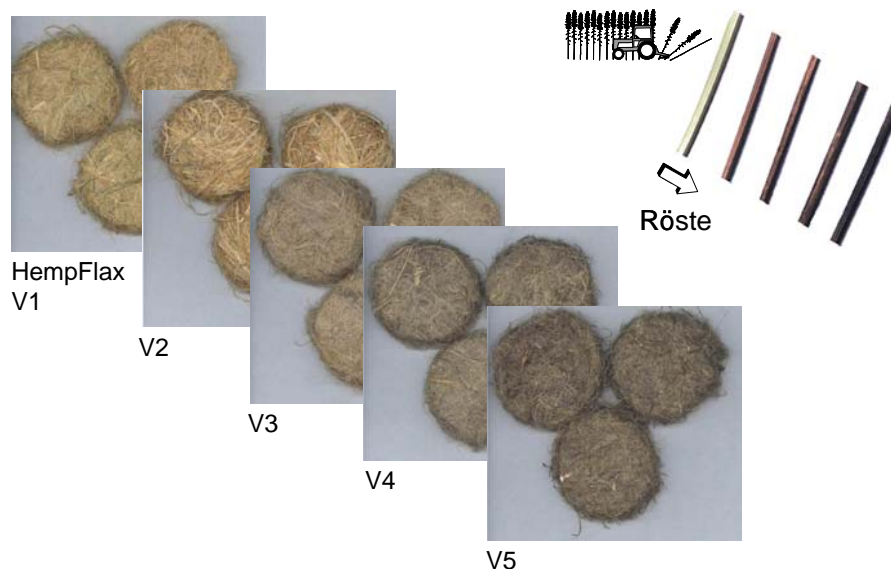
Diese geplanten Messungen unterblieben, da die Prallaufschlussanlage während der Projektzeit nicht betriebsbereit war.

Die verwendeten Vergleichproben von Anlagenbetreibern aus Deutschland und Europa erlauben eine Beurteilung eines breiten Probenspektrums bezüglich der Röstgrade (vergleiche Bild 23 und Bild 24).

# FORSCHUNGSBERICHT



**Bild 23:** Röste & Farbe der Hanfvarianten der Firma Hemcore aus England



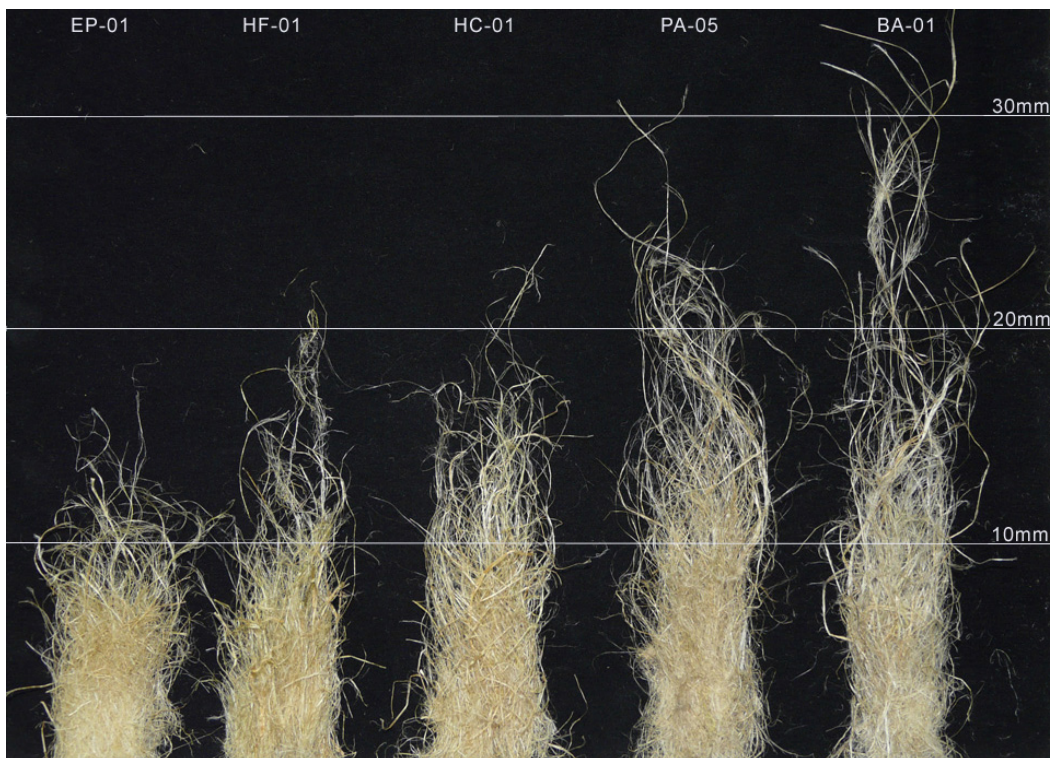
**Bild 24:** Röste & Farbe der Hanfvarianten der Firma HempFlax aus den Niederlanden

In Bild 25 ist der Schäbenanteil gegenüber dem Grauwert L (Röstgrad) dargestellt. Die Proben des Prallaufschlusses (PA) liegen im mittleren Röstgradbereich und weisen sehr niedrige Schäbengehalte auf. Eine offene Frage ist, ob bei höheren Röstgraden (niedrigeren L-Werten) der Schäbenanteil im Prallaufschluss noch weiter gesenkt werden kann.



# FORSCHUNGSBERICHT

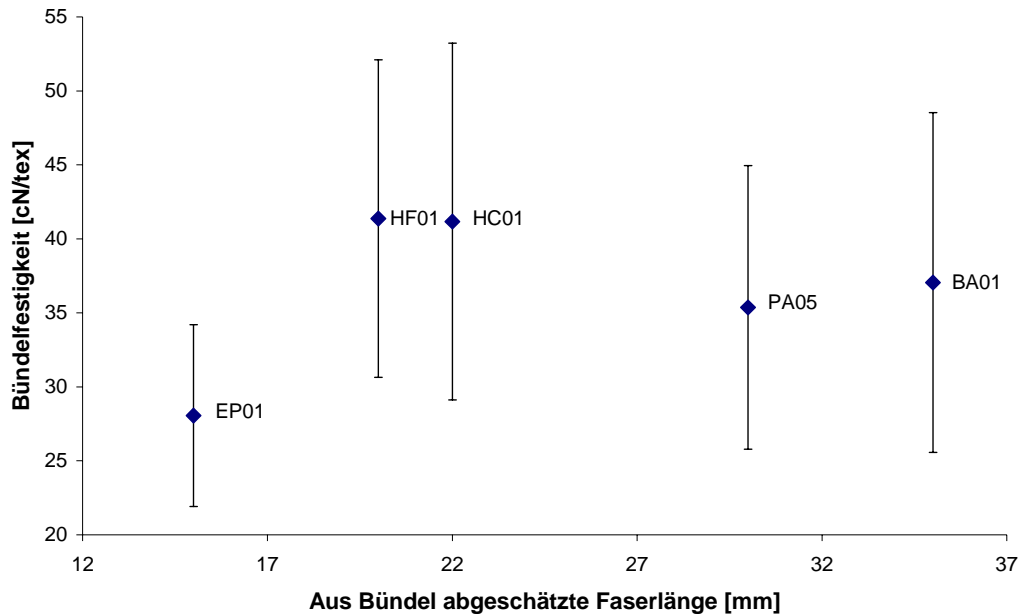
In Bild 27 sind die untersuchten Fasersorten mit ansteigender Faserbartlänge gegenübergestellt. Die prallaufgeschlossene Faserprobe PA05 weist gegenüber den anderen kommerziellen Sorten eine hohe Faserlänge auf.



**Bild 27:** Gegenüberstellung endengeordneter Faserbündel (Kollektive) ausgewählter Hanfproben

Der Vergleich der feinheitsbezogenen Festigkeiten zeigt innerhalb der ermittelten Streugrenzen ein ähnliches Festigkeitsniveau der untersuchten Proben. Lediglich die Probe EP01 weist mit einer mittleren Festigkeit unterhalb von 30 cN/tex eine niedrigere Festigkeit auf (Bild 28).

# FORSCHUNGSBERICHT



**Bild 28:** Kollektivfestigkeit über mittlerer Faserlänge ausgewählter Hanfproben

In Tabelle 5 sind alle Fasereigenschaften in einer Übersicht zusammengestellt.

# FORSCHUNGSBERICHT

**Tabelle 5:** Schäbengehalt, Feinheit und Farbe der untersuchten Hanfproben

ID	Schäbengehalt	Feinheit		Farbe			Standardabweichung		
	per Masse	Shirley	Stabw	L	a	b	L	a	b
	%	-							
PA-01	0,63	10,17	0,41	57,42	3,47	16,46	2,75	0,32	1,36
PA-02	1,85	10,83	0,41	65,26	4,33	21,40	1,85	0,50	1,17
PA-03	2,65	11,83	0,41	64,91	3,28	21,49	1,01	0,35	0,82
PA-04	0,60	10,33	0,52	64,94	3,56	19,36	1,67	0,47	1,43
PA-05	1,63	10,33	0,52	64,00	3,79	21,41	1,84	0,39	1,03
PA-06	0,56	6,50	0,55	66,82	5,62	22,61	1,86	0,46	0,71
PA-07	2,58	8,67	0,52	67,44	4,76	20,61	2,79	0,34	1,26
PA-08	3,65	5,83	1,60	66,03	2,61	23,27	2,20	0,50	0,77
PA-09	2,26	9,33	0,52	61,60	3,19	17,76	2,75	0,38	1,30
PA-10	3,42	6,17	0,41	64,42	3,15	23,26	2,42	0,50	0,79
PA-11	1,25	12,67	0,52	60,00	2,62	16,40	2,32	0,29	1,01
PA-12	2,68	8,17	0,41	67,95	4,89	22,73	1,80	0,47	1,43
PA-13	12,09	6,50	0,50	74,34	4,58	23,11	1,16	0,40	0,92
BA-01	4,35	10,17	0,75	65,28	2,56	17,67	1,73	0,52	1,34
HC-01	4,55	8,00	0,40	63,61	3,51	21,85	1,85	0,46	1,02
HC-02	3,92	10,00	0,00	55,26	3,68	18,78	2,60	0,55	1,24
HC-03	1,67	10,83	0,41	53,02	2,92	13,52	1,97	0,23	0,69
HC-04	3,77	11,50	0,55	49,44	2,65	12,77	2,42	0,29	1,06
HC-05	2,02	11,17	0,75	46,90	2,50	10,90	2,38	0,18	0,51
LC-01	21,09	6,33	0,52	73,46	4,92	22,15	2,35	0,65	2,06
LC-02	4,81	7,00	0,63	69,20	3,63	22,55	1,67	0,71	1,60
EP-01	5,37	9,33	0,52	63,31	3,73	22,27	2,37	0,35	1,46
EP-02	5,58	7,50	0,55	73,94	4,45	22,81	1,35	0,40	1,32
EP-03	1,11	9,33	0,52	62,70	3,95	17,50	2,80	0,45	1,26
EP-04	3,11	7,83	0,41	53,41	2,90	13,10	2,39	0,30	0,96
EP-05	3,52	9,00	0,00	49,01	3,39	12,54	1,93	0,36	0,82
HF-01	9,91	10,83	0,75	63,91	2,97	22,75	3,32	0,76	1,09
HF-02	10,35	6,83	0,41	62,77	5,20	22,46	3,73	0,94	1,53
HF-03	6,05	15,33	0,82	60,55	3,08	15,82	2,05	0,36	1,33
HF-04	3,00	15,83	0,75	55,94	2,07	13,69	1,54	0,21	1,17
HF-05	1,37	16,50	0,55	49,55	2,37	12,44	2,73	0,21	0,95

# FORSCHUNGSBERICHT

## 4.3. Diskussion

Zur Beurteilung der Güte der Fasern aus dem ATB-Aufschluss wurden Fasern ähnlicher Röstgrade aus dem Spektrum der untersuchten Proben ausgewählt. In Tabelle 6 sind die Ergebnisse zusammengestellt.

**Tabelle 6:** Zusammenfassende Prüfergebnisse ausgewählter Hanfproben

	LC01	HF01	HC01	PA05	BA01
Schäbengehalt in %	5,4	9,9	4,5	1,6	4,3
Faserfeinheit, Shirley P <sub>L</sub>	9,3	9,9	8,0	10,3	10,2
Kollektivfestigkeit in cN/tex	28,06	41,37	41,17	35,37	37,05
Faserlänge (abgeschätzt) in mm	15	20	22	30	35

Für die durchgeführten Vergleichsuntersuchungen wurden kommerzielle, am Markt verfügbare Hanfsorten mit den prallaufgeschlossenen Hanfproben (PA05) aus der Versuchsanlage des ATB in Bornim überprüft. Insgesamt liegen die gemessenen Eigenschaften der prallaufgeschlossenen Hanfproben auf ähnlichem Niveau der untersuchten Vergleichsproben. Hinsichtlich des Schäbengehalts ist sogar eine höhere Güte der ATB-Proben feststellbar. Hinsichtlich der Länge liegen die ATB-Varianten ebenfalls im oberen Qualitätsbereich.

Insgesamt fehlen zu den in den Tabelle 3 bis Tabelle 6 gemachten Angaben Hinweise auf die an der Prallaufschlussanlage erzielten Durchsatzraten. Wie schon ausgeführt wurde, wird der Durchsatz einen wesentlichen Einfluss auf die Qualität der Fasern haben.

## 5. Fasereigenschaften und Produktzuordnung

Die mit dem ATB-Aufschluss produzierten Hanffasern weisen ein großes Potenzial für den Einsatz im Bereich der Vliese und Filze auf. Die Eigenschaften der Fasern im Vergleich zu am Markt befindlichen Faserprodukten etablierter Aufschlussbetreiber zeigt das Potenzial der untersuchten Fasern. Diese Faser-Produkt-Zuordnung wurde auch bei der Anlagenpreiskalkulation berücksichtigt, die vom nova-Institut durchgeführt wurde.

# FORSCHUNGSBERICHT

---

## 6. Diskussion im Expertenkreis

Die technischen Aspekte der Anlage, die Qualitätskriterien für die Fasern und die ökonomischen Randbedingungen wurden mit eingeladenen Experten auf einem Workshop diskutiert. Dieser Workshop fand am 15. April 2008 beim ATB in Potsdam Bornim statt.

Die Workshop-Diskussionen wurden separat dokumentiert und liegen dem Gesamtbericht unter folgendem Titel bei.

*Expertenworkshop im Rahmen des FNR-Projekts: Ganzheitliche Nutzung von Faserpflanzen im Rahmen der industriellen Umsetzung eines innovativen Verarbeitungsverfahrens ATB, Potsdam Bornim / 15. April 2008 in Potsdam*

*Technische Analyse und Bewertung  
- Hanffaseraufschlussanlage mit einer Entholzung mittels ATB-Aufschlussmaschine -*

*Diskussion zur Anlagenbesprechung*

*Jörg Müssig, Anatoli Pauls & Michael Carus*

## 7. Verwendete Quellen

**Cescutti, G. / Müssig, J. 2005:** *Industrielles Qualitätsmanagement – Naturfasern.* In: Kunststoffe (ISSN 0023-5563), Vol. 95., 1/2005 (2005), p. 97 – 100

**Drieling, A. 1999:** Probleme bei der Charakterisierung von Festigkeit, Feinheit und Länge von Bastfasern unter Berücksichtigung verschiedener Aufschlußverfahren. (AIF 11083). Bremen: Faserinstitut Bremen e.V. - FIBRE -, 1999. - Autorenmanuskript

**Drieling, A. / Bäumer, R. / Müssig, J. / Harig, H. 1999:** *Möglichkeiten zur Charakterisierung von Festigkeit, Feinheit und Länge von Bastfasern.* In: Technische Textilien (ISSN 0323-3243), 42. Jg. (1999), Nr. 4, S. 261 - 262 (und E66)

**Drieling, A. 2000:** *Prüfung der Online-Messtechnik auf deren Eignung zur Faserrohstoffbewertung im Verarbeitungsprozess (AIF 11676N).* Bremen: Faserinstitut Bremen e.V. - FIBRE -, 2000. - Autorenmanuskript

**Gusovius, H. 2007:** Layout der Hanffaseraufschlussanlage mit einer Entholzung mittels ATB-Aufschlussmaschine. Layout G-H\_1 / 07-12-21/HG, Potsdam Bornim: ATB, 2007-12-21

**Müssig, J. 2001:** *Untersuchung der Eignung heimischer Pflanzenfasern für die Herstellung von naturfaserverstärkten Duroplasten – vom Anbau zum Verbundwerkstoff.* Düsseldorf: VDI

# FORSCHUNGSBERICHT

---

Verlag GmbH, 2001, (Fortschritt-Bericht VDI, Reihe 5, Grund- und Werkstoffe / Kunststoffe, Nr. 630), (ISBN 3-18-363005-2)

**Müssig, J. 2003:** *EIHA's classification of hemp fibre by colour grades*. In: nova Institut GmbH (Hrsg.) 2003: 1st International EIHA Conference. Hürth: nova-Institut GmbH, 2003, Documentation of the First International Conference of the European Industrial Hemp Association (EIHA). European Industrial Hemp Association (EIHA), nova-Institut (Organizer), Hürth, 2003-10-23 till 2003-10-24, p. 1 - 23

**Müssig, J. / Cescutti, G. / Fischer, H. 2006:** *Le management de la qualité appliqué à l'emploi des fibres naturelles dans l'industrie*. In: Bouloc, P. (Editor): Le chanvre industriel - production et utilisations. Paris, France: GROUPE FRANCE AGRICOLE, 2006, (Editions France Agricole) (ISBN 2-85557-130-8), p. 235 – 269

**Müssig, J. / Schmid, H.G. 2004:** *Quality Control of Fibers along the Value Added Chain by Using Scanning Technique - from Fibers to the Final Product -*. In: Anderson, I.M. / Price, R. / Clark, E. / McKernan, S. (Editor): Microscopy AND Microanalysis 2004 (Savannah, Georgia, USA, August 1-5, 2004) Cambridge, New-York, Melbourne: Press Syndicate of the University of Cambridge, 2004 (Proceedings to the Conference .- Microscopy and Microanalysis, Volume 10, Supplement 2, 2004) (ISSN 1431-9276 .- (2004)10+2;1-U), p. 1332CD - 1333CD

**Pecenka et al., 2002:** Stoffströme in einer Hanffaseraufschlussanlage mit einer Entholzung mittels ATB-Aufschlussmaschine. Potsdam Bornim: ATB, 2002

## **TEIL C: nova-Institut GmbH**

Autoren:

Dipl.-Volksw. A. Pauls

Dipl.-Phys. M. Carus

# **Ganzheitliche Nutzung von Faserpflanzen im Rahmen der industriellen Umsetzung eines innovativen Verarbeitungsverfahrens**

**Auftraggeber: ATB Potsdam-Bornim,  
Unterauftrag im FNR-Projekt, FKZ: 22006207**

**Modul: Analyse der potenziellen Wirtschaftlichkeit des neuen Fa-  
seraufschlusskonzeptes**

**nova-Institut  
Juli 2008**

## **Autoren**

Dipl.-Volksw. Anatoli Pauls  
Dipl.-Phys. Michael Carus



nova-Institut GmbH  
Chemiepark Knapsack  
Industriestraße, 50354 Hürth  
Internet: [www.nova-Institut.de/nr](http://www.nova-Institut.de/nr)  
E-Mail: [contact@nova-institut.de](mailto:contact@nova-institut.de)

## Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung.....	3
2. Kalkulation.....	4
2.1 FibreCalc.....	4
2.2 Eingangparameter.....	4
3. Begleittext zur Power-Point Präsentation.....	5
4. Fazit.....	11
Power-Point Präsentation.....	13

# 1 Einleitung

In dem Projekt „Ganzheitliche Nutzung von Faserpflanzen im Rahmen der industriellen Umsetzung eines innovativen Verarbeitungsverfahrens“ war das nova-Institut für das Modul „Analyse der potenziellen Wirtschaftlichkeit des neuen Faseraufschlusskonzeptes“ verantwortlich. Das Ziel des Moduls war die detaillierte und belastbare Ermittlung und Darstellung des wirtschaftlichen Potenzials des neuen Faseraufschlusskonzeptes. Dafür wurden drei Konzepte vom ATB der ökonomischen Analyse unterzogen und mit den zwei im Betrieb befindlichen Anlagen und einem Industriekonzept (von Temafa-BaFa) verglichen. Außerdem wurde eine umfassende Sensitivitätsanalyse durchgeführt und der Einfluss einzelner Eingangsparameter auf das Gesamtergebnis untersucht. Eine Sensitivitätsanalyse in Hinblick auf die Faserqualität war vor allem aus zwei Gründen bei den ATB-Anlagen nicht möglich: Einerseits war eine wirkliche Differenzierung in der Faserqualität und den daraus resultierenden Anwendungen bzw. Marktpreisen nicht möglich, andererseits standen weitere für diese Analyse notwendigen Parameter nicht zur Verfügung (z.B. Qualität-Durchsatz-Relation).

Die Ergebnisse des Moduls Ökonomie sind in der Power-Point Präsentation dargestellt und werden in diesem Begleittext näher erläutert.

## 2 Kalkulation

### 2.1 FibreCalc

Die Basis für die ökonomische Analyse stellte das vom nova-Institut entwickelte und bereits mehrfach erfolgreich eingesetzte Kalkulationsblatt FibreCalc. Der FibreCalc wird seit etwa acht Jahren ständig aktualisiert und weiter entwickelt. Da die Wirtschaftlichkeit einer Faseraufschlussanlage nicht nur von reinen technischen und ökonomischen Daten, sondern auch von steuerlichen (z.B. zulässige Abschreibungsmethoden, Nutzungsdauer) und versicherungstechnischen (z.B. Berufsrisikoklasse) Rahmenbedingungen abhängt, werden diese Einflussfaktoren regelmäßig überprüft und ggf. an die realen Gegebenheiten angepasst. Nach jeder Veränderung der externen Parameter wird eine Probekalkulation durchgeführt und die Ergebnisse Daten aus der Praxis gegenübergestellt. Damit wird eine hohe Zuverlässigkeit des umfangreichen Kalkulationsblatts sichergestellt.

### 2.2 Eingangsparameter

Bei der Berechnung der Wirtschaftlichkeit einer Faseraufschlussanlage können inzwischen über 70 Parametern berücksichtigt werden. Die Daten müssen mit den Verantwortlichen für die Technik und Ökonomie festgelegt werden. Dabei können nicht nur feste Größen, sondern auch Schwankungsbreiten definiert werden.

Alle Anlagen wurden grundsätzlich nach gleicher Methodik kalkuliert. Je nach Umsetzungsgrad werden die Parameter für die verschiedenen Anlagen unterschiedlich bestimmt (Praxisdaten bzw. erwartete oder theoretische/berechnete Werte).

Die für die vorliegenden Kalkulationen benötigten Daten wurden zum größten Teil direkt zwischen ATB und nova-Institut abgestimmt. Lediglich kritische bzw. finale Parameter wurden zusätzlich mit der HS Bremen diskutiert und anschließend festgelegt. Die Eingangsparameter bilden das Fundament für eine umfangreiche Wirtschaftlichkeitsanalyse. Die Belastbarkeit dieser Parameter ist daher in hohem Maße gegeben. Der Prozess der Datenabstimmung erfolgte über mehrere Wochen. Viele Werte wurden kritisch hinterfragt und mehrmals geändert. Hierbei spielte auch der Experten-Workshop am 15.04.2008 in Potsdam eine wichtige Rolle.

### 3 Begleittext zur Power-Point Präsentation

#### Folie 3

Die Wirtschaftlichkeitsberechnungen wurden für sechs Faseraufschlussanlagen durchgeführt:

*ATB-R* (real) – eine in Groß Helle aufgebaute Pilotanlage von ATB.

*ATB-A* – eine Ausbauvariante von *ATB-R*. Die Prüfung der Pilotanlage durch Herrn Prof. Dr. Müssig offenbarte, dass die Schäbenabscheidung an der Aufschlussmaschine eine Engpassstelle darstellt. Zusammen mit dem Herrn Dr. Gusovius schlug Herr Prof. Dr. Müssig vor, ein Konzept mit einer größeren Zellenradschleuse (Leistung 1 t/h statt 0,5 t/h) zu berechnen. Das sollte eine maximale Durchsatzleistung der Anlage bis 2,5 t/h ermöglichen. Die zusätzlichen Investitionskosten betragen 15.000 € (Preisdifferenz zwischen kleiner und großer Zellenradschleuse: 25.000 bzw. 40.000 €).

*ATB-N* – ein neues Konzept von ATB, das eine Weiterentwicklung und Vergrößerung der *ATB-R*-Anlage darstellt.

*BaFa* – die Anlage ist seit zwölf Jahren bei der Badischen Naturfaseraufbereitung GmbH in Betrieb.

*Temafa* – eine von Temafa Maschinenfabrik GmbH und Van Dommele Engineering NV entwickelte und gebaute Aufschlusslinie, die in Frankreich und in England in Kürze in Betrieb gehen wird.

*Temafa-BaFa* – ein Konzept der Temafa Maschinenfabrik GmbH, das in Kooperation mit der Badischen Naturfaseraufbereitung GmbH ausgearbeitet wurde. Bei dem Konzept handelt es sich um eine Weiterentwicklung der *BaFa*-Linie.

#### Folie 5

Für die Berechnung der Wirtschaftlichkeit wurden für jede Anlage über 40 individuelle Parameter in die Kalkulationstabelle eingegeben. Da nur die *BaFa*-Anlage über einen längeren Zeitraum betrieben wird, lagen nur für diese Linie Erfahrungswerte (z.B. Durchsatz, Verfügbarkeit, ...) vor.

Bei den von nova-Institut errechneten Werten handelt es sich z.B. um Betriebsmittel, Ersatzteile und Wartung, sonstige Kosten, u.a. Die errechneten Werte wurden mit den Praxisdaten der *BAFA* GmbH verglichen und vom Geschäftsführer Herrn Frank bestätigt. Die auf Basis dieser Daten durchgeführte Berechnungen für die Industrieanlagen wurden von den Maschinenherstellern ohne Einschränkungen akzeptiert und eine hohe Übereinstimmung mit Ergebnissen eigener Berechnungen bescheinigt.

Für die konzipierten und nicht umgesetzten Anlagen mussten auch theoretische Werte eingesetzt werden (z.B. Leistung, Durchsatz, zum Teil Preise, vor allem für Eigenleistungen von ATB).

Der Kalkulation wurde ein Zweischichtbetrieb zugrunde gelegt. Es wurde angenommen, dass der Gesamtinvestment zur Hälfte fremdfinanziert wird. Der Marktpreis für Kredite an mittelständische Unternehmen liegt aktuell zwischen 4,5 und 8% des Kreditvolumens (nominal). Risikobedingt können die Zinssätze darunter oder darüber liegen. Das Ausfallrisiko und damit der Zinssatz ist von der Branche, dem Tätigkeitsfeld, Bonität des Unternehmens, Stellung der Gläubiger im Insolvenzfall, der Form der Kreditsicherung und anderem Faktoren abhängig.

Nach der Untersuchung dieser Einflussfaktoren und anschließender Diskussion mit den Investmentbankern von IKB und Dresdner Kleinwort wurde der Zinssatz des Fremdkapitals auf 7% festgelegt und angenommen, dass die Zinsen monatlich berechnet werden.

Die Verzinsung des Eigenkapitals erfolgte mit 4% p.a.

**Folie 6**

Für die Fasern aus allen Anlagen wurde ein Marktpreis in Höhe von 0,60 €/kg eingesetzt, wie er aktuell für vliesfähige Hanffasern üblich ist. Dies ist durch die vergleichbare Qualität des Outputs gerechtfertigt (vgl. auch Bericht der HS Bremen).

Der aktuelle durchschnittliche Strohpreis beträgt 155 €/t inkl. Transportkosten zur Verarbeitungsanlage (Datenerhebungen von nova-Institut GmbH, 2008).

In Big-Packs verpackte Schäben können im Schnitt für 0,28 €/kg an Groß- und Einzelfachhandel als Einstreu verkauft werden. Voraussetzung dafür ist: die Anlage verfügt über eine Schäbenpresse. Da ATB-R und ATB-A auf eine Schäbenpresse verzichten, wurden diese Linien mit einem Schäbenpreis von 0,20 €/kg kalkuliert. Dies ist ein durchschnittlich erzielbarer Preis für lose Schäben.

**Folien 8 - 9**

**FibreCalc 7.1**

<b>ATB-R</b>		
<i>Schlüsselparameter</i>		
<b>1. Investitionen</b>		
Mobile Anlagevermögen (€)		
Maschinen inkl. Installation (€)	868.560,00	779.600 Angaben von ATB + 10.000 für Sicherheitsmaßnahmen (Prof. Dr. Müssig) + 10% Transport & Montage (mit Dr. Gusovius abgestimmt)
Stapler (€)	45.000,00	3 Stapler (Praxiserfahrung)
Fuhrpark (€)		
Betriebsmittel und -inventar (€)	17.371,20	Von nova-Institut errechnet
<b>Immobilien</b>		
Produktionshalle (m <sup>2</sup> )	700,00	Mit ATB abgestimmt
Lager (m <sup>2</sup> )	1.000,00	Mit ATB abgestimmt
Verwaltung (m <sup>2</sup> )		in Produktionshalle
Baukosten (€/m <sup>2</sup> )	280,00	Angaben von ATB
<b>Gesamtkosten (€)</b>	<b>476.000,00</b>	
<b>Freifläche (befest.)</b>		
Gesamtfläche (m <sup>2</sup> )	5.000,00	Mit ATB abgestimmt
Preis (€/m <sup>2</sup> )	25,00	Angaben von ATB
<b>Gesamtkosten (€)</b>	<b>125.000,00</b>	
<b>Gesamtinvestment (€)</b>	<b>1.531.931,20</b>	

<b>2. Nutzungsdauer in Jahren</b>		
Maschinen	10,00	Lt. AfA-Tabelle (BMF) <sup>1)</sup> siehe unten
Gebäude	30,00	Lt. AfA-Tabelle (BMF)
Inventar	10,00	Lt. AfA-Tabelle (BMF)
Stapler und Fuhrpark	10,00	Lt. AfA-Tabelle (BMF)
<b>3. Finanzierung</b>		
Eigenkapital (€)	765.965,60	Fremdkap.-Quote (FKQ): 0,5 (Annahme)
EU-Subventionen (€)	0,00	
Regionale Subventionen (€)		
Fehlbetrag (€)	765.965,60	
Kalkulationszins für Eigenkapital (%)	4,00	Annahme (nova-Inst.)
<b>4. Produktionskapazität (kg/Std.)</b>	1.800,00	Angaben von Prof. Dr. Müs-sig
<b>5. Effiziente Laufzeit / Auslastung (%)</b>	80,00	ATB (Dr. Gusovius)
<b>6. Rohstoffkosten inkl. Transportkost. (€/kg)</b>	0,16	Marktdaten 155 €/t (nova-Institut)
<b>7. Ertrag / nominal in %</b>		
Vlies- und filzfähige Faser 6-8 cm	25,00	ATB (Dr. Gusovius)
Kurzfaser 1-1,5 cm	3,00	ATB (Dr. Gusovius)
Superkurze Faser 0,1-0,2 cm	0,00	ATB (Dr. Gusovius)
Schäben	60,00	ATB (Dr. Gusovius)
Stäube	12,00	ATB (Dr. Gusovius)
<b>8. Verpackungskosten (Material) €/kg</b>		
Faser	0,00100	Daten aus der Praxis
Superkurze Faser 0,1-0,2 cm		
Schäben	0,02200	Daten aus der Praxis
<b>9. Gehälter (€/Monat)</b>		
Geschäftsführer	4.500,00	ATB (Dr. Gusovius)
Ingenieur	3.750,00	ATB (Dr. Gusovius)
Marketingmanager		
Verwaltung und interne Logistik	2.000,00	ATB (Dr. Gusovius)
Agronom		
<b>10. Löhne (€/Std.)</b>		
Qualifizierte Arbeitskraft	24,00	ATB (Dr. Gusovius)
Benötigte Anzahl pro Schicht	3,00	ATB (Dr. Gusovius)
Aushilfskraft	13,00	ATB (Dr. Gusovius)
Benötigte Anzahl pro Schicht	3,00	ATB (Dr. Gusovius)
<b>11. Schichtdauer (Std.)</b>		
Qualifizierte Arbeitskraft	8,00	ATB (Dr. Gusovius)
Aushilfskraft	4,00	ATB (Dr. Gusovius)
<b>12. Arbeitswochen im Jahr</b>	49,00	Annahme (nova-Inst.)
<b>13. Schichtenanzahl pro Woche</b>	10,00	Annahme
<b>14. Energieverbrauch gesamt (kWh)</b>	194,25	ATB (Dr. Gusovius)
<b>15. Energiepreis (€/kWh)</b>	0,13	ATB (Dr. Gusovius)
<b>16. Marktpreis (€/kg)</b>		
Vlies- und filzfähige Faser 6-8 cm	0,60	Marktdaten (nova-Inst.)
Kurzfaser 1-1,5 cm	0,22	Marktdaten (nova-Inst.)
Superkurze Faser 0,1-0,2 cm		
Schäben	0,20	Marktdaten (nova-Inst.)
Stäube		

<sup>1)</sup> Tabelle für Abschreibungen für Aufwendungen des Bundesministeriums für Finanzen.

Nach dem Workshop in Potsdam wurde vom Prof. Dr. Müssig und vom Dr. Gusovius vorgeschlagen, ein zusätzliches ATB-Konzept zu rechnen, bei dem es sich um eine Ausbauvariante der in Groß Helle aufgebauten Pilotanlage handelt. Nach Angaben von Prof. Dr. Müssig würde der Durchsatz der ATB-R-Anlage mit einer größeren Zellenradschleuse auf 2,5 t/h steigen. Die hierfür notwendigen Zusatzinvestitionen belaufen sich auf 15.000 € Diese Parameter wurden für die Kalkulation übernommen und das neue Konzept als ATB-A bezeichnet.

### Folie 10

Der Zinssatz wurde mit den Investmentbankern von IKB und Dresdner Kleinwort abgestimmt (vgl. auch Kommentar zur Folie 5).

<b>Finanzierung (€)</b>	765.965,60
Laufzeit (J.)	10,00
Zinssatz (%)	7,00
Raten/Jahr	12,00
monatl. Aufwendungen f. Zins u. Tilgung (€)	8.893,51

### Folien 11 – 12

<i>Schlüsselparameter</i>		
<b>1. Investitionen</b>		
Mobile Anlagevermögen (€)		
Maschinen inkl. Installation (€)	2.807.750,00	siehe unten 2)
Stapler (€)	60.000,00	4 Stapler (Praxiserfahrung)
Fuhrpark (€)		
Betriebsmittel und -inventar (€)	56.155,00	
Immobilien		
Produktionshalle (m <sup>2</sup> )	1.500,00	Mit ATB abgestimmt
Lager (m <sup>2</sup> )	2.000,00	Mit ATB abgestimmt
Verwaltung (m <sup>2</sup> )		In Produktionshalle
Baukosten (€/m <sup>2</sup> )	280,00	ATB-Angabe
<i>Gesamtkosten (€)</i>	980.000,00	
Freifläche (befest.)		
Gesamtfläche (m <sup>2</sup> )	10.000,00	Mit ATB abgestimmt
Preis (€/m <sup>2</sup> )	25,00	ATB-Angabe
<i>Gesamtkosten (€)</i>	250.000,00	
<b>Gesamtinvestment (€)</b>		
	4.153.905	
<b>2. Nutzungsdauer in Jahren</b>		
Maschinen	10,00	Lt. AfA-Tabelle (BMF)
Gebäude	30,00	Lt. AfA-Tabelle (BMF)
Inventar	10,00	Lt. AfA-Tabelle (BMF)
Stapler und Fuhrpark	10,00	Lt. AfA-Tabelle (BMF)
<b>3. Finanzierung</b>		
Eigenkapital (€)	2.076.952,50	Fremdkap.-Quote (FKQ): 0,5 (Annahme)
EU-Subventionen (€)	0,00	
Regionale Subventionen (€)		
Fehlbetrag (€)	2.076.952,50	
Kalkulationszinsfuß (€)	4,00	Annahme (nova-Inst.)

<b>4. Produktionskapazität (kg/Std.)</b>	4.000,00	Prof. Dr. Müssig
<b>5. Effiziente Laufzeit / Auslastung (%)</b>	80,00	ATB (Dr. Gusovius)
<b>6. Rohstoffkosten inkl. Transportkost. (€/kg)</b>	0,16	Marktdaten von nova-Inst.
<b>7. Ertrag / nominal in %</b>		
Vlies- und filzfähige Faser 6-8 cm	25,00	ATB (Dr. Gusovius)
Kurzfaser 1-1,5 cm	3,00	ATB (Dr. Gusovius)
Superkurze Faser 0,1-0,2 cm	0,00	ATB (Dr. Gusovius)
Schäben	60,00	ATB (Dr. Gusovius)
Stäube	12,00	ATB (Dr. Gusovius)
<b>8. Verpackungskosten (Material) €/kg</b>		
Faser	0,00100	nova-Institut GmbH
Superkurze Faser 0,1-0,2 cm		
Schäben	0,02200	nova-Institut GmbH
<b>9. Gehälter (€/Monat)</b>		
Geschäftsführer	4.500,00	ATB (Dr. Gusovius)
Ingenieur	3.750,00	ATB (Dr. Gusovius)
Marketingmanager		
Verwaltung und interne Logistik	2.000,00	ATB (Dr. Gusovius)
Agronom		
<b>10. Löhne (€/Std.)</b>		
Qualifizierte Arbeitskraft	24,00	ATB (Dr. Gusovius)
Benötigte Anzahl pro Schicht	4,00	ATB (Dr. Gusovius)
Aushilfskraft	13,00	ATB (Dr. Gusovius)
Benötigte Anzahl pro Schicht	5,00	ATB (Dr. Gusovius)
<b>11. Schichtdauer (Std.)</b>		
Qualifizierte Arbeitskraft	8,00	ATB (Dr. Gusovius)
Aushilfskraft	4,00	ATB (Dr. Gusovius)
<b>12. Arbeitswochen im Jahr</b>	49,00	Annahme
<b>13. Schichtenanzahl pro Woche</b>	10,00	Annahme
<b>14. Energieverbrauch gesamt (kWh)</b>	327,38	Angabe von ATB + 40*0.75 für zweite Schäbenpresse, mit ATB abgestimmt
<b>15. Energiepreis (€/kWh)</b>	0,13	ATB (Dr. Gusovius)
<b>16. Marktpreis (€/kg)</b>		
Vlies- und filzfähige Faser 6-8 cm	0,60	Marktdaten von nova-Inst.
Kurzfaser 1-1,5 cm	0,22	Marktdaten von nova-Inst.
Superkurze Faser 0,1-0,2 cm	0,15	Marktdaten von nova-Inst.
Schäben	0,28	Marktdaten von nova-Inst.
Stäube	0,00	

2)

Angaben ATB (€)	2.162.500,00
Schäbenbunker (€)	-60.000,00
Schäbenpresse 2x (€)	450.000,00
Transport und Montage 10% vom Anlagenpreis (€)	255.250,00
<b>Summe</b>	<b>2.807.750,00</b>

### *Schlüsselparameter der Anlagen von Bafa und Temafa*

Für die FibreCalc-Berechnungen der Anlagen von Bafa und Temafa wurden die Schlüsselparameter ebenso vollständig erhoben – anderenfalls wären die Kalkulationen und Vergleiche nicht möglich gewesen. Die Unternehmen waren allerdings nur bereit diese Daten zu liefern, wenn diese vertraulich behandelt und nicht veröffentlicht werden. Aus diesem Grunde können wir an dieser Stelle die Schlüsselparameter nicht entsprechend den ATB-Schlüsselparametern auflisten.

Selbstverständlich wurden alle Angaben von Bafa und Temafa einer kritischen Analyse unterzogen und in Diskussionen mit den Unternehmen auch Daten modifiziert, z.B. der Durchsatz.

### **Folie 15**

*Sonstige Kosten* umfassen die Aufwendungen für Arbeitskleidung, Porto, Telefon, Rechtsberatung, Geldverkehrsgebühren, Buchprüfung, Bürobedarf, Steuerberatung, Fortbildung, ...

Aufgrund des hohen Personalbedarfs sind die Lohnkosten bei beiden ATB-Anlagen entsprechend groß. Bei ATB-R sind Personalkosten nach den Materialkosten die zweitgrößte Kostenposition, bei ATB-N ist dies der drittgrößte Posten.

### **Folie 16**

Bei der grafischen Gegenüberstellung der Kostenverteilung pro Tonne Hanfstroh ist zu sehen, dass offensichtlich die Einsparungen bei den Investitionen für die Automatisierung – was einen vergleichbar niedrigen Preis der Anlagen zur Folge hat – hohe Lohnkosten im Betrieb verursachen. So sind diese Kosten bei ATB-R fast doppelt so hoch wie bei der BaFa-Anlage. Die Summe aus Lohnkosten und Investitionskosten (Kapitaldienstkosten und Abschreibungen) macht bei ATB-R 40% der Produktionskosten aus, bei BaFa liegt sie bei 43%. Das neue Konzept von ATB reduziert diese Kosten lediglich um 4%-Punkte auf 36%, während Temafa diesen Kostenblock unter 30% senken kann.

## 4 Fazit

Die in Tabellen und Grafiken präsentierten Ergebnisse zeigen, dass die bestehende Faseraufschlussanlage von ATB (ATB-R) sowie deren Ausbau auf 2,5 t/h Durchsatz (ATB-A) selbst bei günstigen Bedingungen und niedrigsten Preisen für Zukaufskomponenten nicht wirtschaftlich sind.

BaFa-Linie erreicht nach langjähriger Optimierung eine Verfügbarkeit von 90%. Sie verfügt über eine Schäbenpresse und eine Pelletierungsmaschine. So können alle Nebenprodukte vermarktet werden und tragen zu einem maximal möglichen Umsatz bei. Dennoch erreicht die Anlage nicht die Wirtschaftlichkeitsgrenze – in der Realität schreibt die Anlage „schwarze Zahlen“, aber nur weil sie bereits abgeschrieben ist.

Ähnliche Ergebnisse ergaben die Berechnungen der Temafa-BaFa-Anlage, die Temafa Maschinenfabrik GmbH in Kooperation mit BaFa GmbH konzipierte. Es handelt sich dabei um eine Modifizierung der BaFa-Linie. Zwar liefert diese Linie verbesserte ökonomische Werte im Vergleich zur BaFa-Linie. Die Wirtschaftlichkeitsgrenze kann dennoch nicht erreicht werden.

Deutlich besser schneidet das ATB-N-Konzept ab. Hier hat sich der Einsatz von Schäbenpressen als vorteilhaft erwiesen. Die Verpackung von Schäben ermöglicht einen höheren Umsatz durch höheren Schäbenpreis. Erst dieser Mehrumsatz macht das neue Konzept von ATB wirtschaftlich. Möglicherweise könnten sich ähnliche Effekte bei ATB-R und ATB-A ergeben und deren Betriebsergebnisse verbessern.

Weitaus besser sind – zumindest nach Herstellerangaben<sup>1</sup> – die Werte der neuen Temafa-Anlage. Der Temafa Maschinenfabrik GmbH ist es gelungen, die Personalkosten durch einen hohen Automatisierungsgrad zu reduzieren, ohne dabei die Kontrolle über den Preis zu verlieren. Wie in ATB-Konzepten wird die Faser nach dem Prallprinzip aufgeschlossen. Die ökonomischen Untersuchungen deuten darauf hin, dass das Prallaufschlussprinzip Kostenvorteile gegenüber Brecherlinien aufweist.

Der Wirtschaftlichkeitsanalyse zufolge, zeigt die von ATB konzipierte neue Gesamtanlage (ATB-N) gegenüber der industriellen und am Markt existierenden Temafa-Linie ökonomische Nachteile – und dies selbst unter optimistischen Annahmen. Möglicherweise könnte aber die Integration des Prallaufschlussmoduls von ATB in eine Industrieanlage ökonomische Vorteile mit sich bringen. Das Interesse an solchen Tests haben die Experten am Workshop in Potsdam bekräftigt.

Die Sensitivitätseigenschaften des neuen Konzeptes sind zum Teil wesentlich schlechter als die der Pilotanlage. Wenn die Leistung der Anlage z.B. um 10% von den Angaben nach unten abweicht, steigt der Mindestpreis für Zielfaser bei ATB-N auch um ca. 10%. Bei ATB-R wäre die Steigerung des Faserpreises von nur ca. 6% erforderlich (vgl. Folie 25). Auch im Bezug auf die Verfügbarkeit gibt es keine Verbesserung. Hier verhalten sich beide Anlagen (Konzepte) ungefähr gleich: 10%-ige Verringerung der Verfügbarkeit macht eine Faserpreisanhebung von ca. 12% nötig (vgl. Folie 26).

Die scheinbar günstigeren Investitionskosten für die ATB-Anlagen werden durch einen geringeren Automatisierungsgrad erkaufte. Dies führt zu deutlich höheren Personalkosten im Vergleich zu den anderen Linien und insgesamt zu keiner verbesserten Wirtschaftlichkeit. Hier gilt in einem evtl. Folgeprojekt ein Optimum zu finden.

---

<sup>1</sup> Die Anlagen gingen erst im Sommer 2008 in Betrieb, es liegen daher noch keine belastbaren Praxisdaten vor.

ATB-Konzepte sehen keine Verwertung von Stäuben vor. Da diese als Dünger auf das Feld ausgebracht werden können, entstehen keine Entsorgungskosten. Mit den für die thermische oder stoffliche Nutzung pelletierten Stäuben könnte jedoch ein zusätzlicher Umsatz erzielt werden. Zu prüfen wären die Investitionskosten für eine Pelletierung.

Da die Wirtschaftlichkeit von der tatsächlichen Investitionssumme abhängt, sollen die Maschinenpreise bei den ATB-Anlagen überprüft werden. Aus unserer Sicht wurden hier zum Teil sehr optimistische Annahmen vor allem bei Eigenleistungen getroffen.

# **Ganzheitliche Nutzung von Faserpflanzen im Rahmen der industriellen Umsetzung eines innovativen Verarbeitungsverfahrens**

**Auftraggeber: ATB Potsdam-Bornim,  
Unterauftrag im FNR-Projekt, FKZ: 22006207**



# **Analyse der potenziellen Wirtschaftlichkeit des neuen Faseraufschlusskonzeptes**

## **Autoren**

Dipl.-Volksw. Anatoli Pauls

Dipl.-Phys. Michael Carus

Juni 2008

nova-Institut GmbH

Chemiepark Knapsack

Industriestraße, 50354 Hürth

Internet: [www.nova-Institut.de/nr](http://www.nova-Institut.de/nr)

E-Mail: [contact@nova-institut.de](mailto:contact@nova-institut.de)



## Für sechs Anlagenkonzepte wurden Berechnungen mit FibreCalc 7.1 durchgeführt:

- ATB-R(real)-Anlage in Groß Helle
- ATB-N(neu)-Anlage neues Konzept
- ATB-A – Ausbauvariante der ATB-R-Anlage (mit einer größeren Zellenradschleuse, Leistung: 2,5 t/h)
- BaFa - seit 12 Jahren in Betrieb
- Temafa 2007/08 - zwei Anlagen, aktuell in Betriebnahme in Frankreich und UK
- Temafa-BaFa-Konzept



- 3 -

## Zwei Gruppen von Anlagen(-Konzepten) nach ihrem Faseraufschlussprinzip

### Brecher-Linien:

- BaFa
- Temafa-BaFa

### Prallaufschluss-Linien:

- ATB-R
- ATB-A
- ATB-N
- Temafa



- 4 -

## Kalkulation und Annahmen

- Über 40 relevante Eingangsparameter:
  - Erfahrungswerte aus laufenden Anlagen
  - Errechnete und mit den Zahlen aus der Praxis abgeglichene Werte
  - Theoretische (erwartete) Werte (Leistung, Verfügbarkeit)

### Einheitliche Annahmen für alle Anlagenkonzepte

- Zweischicht-Betrieb
- Fremdkapitalquote (FKQ): 0,5
- Zinssatz für Fremdkapital: 7,0 %
- Kalkulatorischer Zins für Eigenkapital: 4,0 %



- 5 -

## Kalkulation und Annahmen

### Angesetzte Marktpreise (für alle Anlagen)

- Aktueller Marktpreis für Zielfaser (für non-wovens): 600 €/t
- Aktueller Marktpreis für Stroh: 155 €/t (frei Verarbeitungsanlage)
- Aktuelle Marktpreise für Schäben:
  - BaFa, ATB-N, Temafa, Temafa-BaFa: 280 €/t (verpackt)
  - ATB-R, ATB-A: 200 €/t (unverpackt)



- 6 -

## Kalkulation und Annahmen

Flächen m<sup>2</sup>

	BaFa	ATB-R	ATB-A	ATB-N	Temafa	Temafa-BaFa
<b>Leistung kg/h</b>	1.500	1.800	2.500	4.000	7.500	2.500
<b>Prod.-Halle</b>	700	700	700	1.500	2.500	700
<b>Lager</b>	1.000	1.000	1.000	2.000	2.500	1.000
<b>Befest. Gesamtfl.</b>	5.000	5.000	5.000	10.000	10.000	5.000



- 7 -



## Eingangsparameter: ATB-R

<i>Schlüsselparameter</i>	
<b>1. Investitionen</b>	
Mobile Anlagevermögen	
Maschinen inkl. Installation	868.560,00
Stapler	45.000,00
Fuhrpark	
Betriebsmittel und -inventar	17.371,20
Immobilien	
Produktionshalle m2	700,00
Lager m2	1.000,00
Verwaltung m2	
Baukosten €/m2	280,00
<b>Gesamtkosten</b>	<b>476.000,00</b>
Freifläche (befest.)	
Gesamtfläche m2	5.000,00
Preis €/m2	25,00
<b>Gesamtkosten</b>	<b>125.000,00</b>
<b>2. Nutzungsdauer in Jahren</b>	
Maschinen	10,00
Gebäude	30,00
Inventar	10,00
Stapler und Fuhrpark	10,00
<b>3. Finanzierung</b>	
Eigenkapital	765.965,60
EU-Subventionen	0,00
Regionale Subventionen	
<b>Fehlbetrag</b>	<b>765.965,60</b>
Kalkulationszinsfuß	4,00
<b>4. Produktionskapazität kg / Std.</b>	<b>1.800,00</b>
<b>5. Effiziente Laufzeit / Auslastung %</b>	<b>80,00</b>
<b>6. Rohstoffkosten inkl. Transportkost. C/kg</b>	<b>0,16</b>



- 8 -



## Eingangsparameter: ATB-R

<b>7. Ertrag / nominal in %</b>	
Vlies- und filzfähige Faser 6-8 cm	25,00
Kurzfaser 1-1,5 cm	3,00
Superkurze Faser 0,1-0,2 cm	0,00
Schäben	60,00
Stäube	12,00
<b>8. Verpackungskosten (Material) C/kg</b>	
Faser	0,00100
Superkurze Faser 0,1-0,2 cm	0,00000
Schäben	0,02200
<b>9. Gehälter C/Monat</b>	
Geschäftsführer	4.500,00
Ingenieur	3.750,00
Marketingmanager	
Verwaltung und interne Logistik	2.000,00
Agronom	
<b>10. Löhne C/Std.</b>	
Qualifizierte Arbeitskraft	24,00
Benötigte Anzahl pro Schicht	3,00
Aushilfkraft	13,00
Benötigte Anzahl pro Schicht	3,00
<b>11. Schichtdauer Std.</b>	
Qualifizierte Arbeitskraft	8,00
Aushilfkraft	4,00
<b>12. Arbeitswochen im Jahr</b>	
	49,00
<b>13. Schichtenanzahl pro Woche</b>	
	10,00
<b>14. Energieverbrauch gesamt kWh</b>	
	194,25
<b>15. Energiepreis C/kWh</b>	
	0,13
<b>16. Marktpreis C/kg</b>	
Vlies- und filzfähige Faser 6-8 cm	0,60
Kurzfaser 1-1,5 cm	0,22
Superkurze Faser 0,1-0,2 cm	
Schäben	0,20
Stäube	



- 9 -

## Eingangsparameter: ATB-R

<b>Finanzierung</b>	€ 765.965,60
Laufzeit Jahre	10,00
Zinssatz %	7,00
Raten/Jahr	12,00
monatl. Aufwendungen f. Zins u. Tilgung	€ 8.893,51



- 10 -

## Eingangsparameter: ATB-N

<i>Schlüsselparameter</i>	
<b>1. Investitionen</b>	
Mobile Anlagevermögen	
Maschinen inkl. Installation	2.807.750,00
Stapler	60.000,00
Fuhrpark	
Betriebsmittel und -inventar	56.155,00
Immobilien	
Produktionshalle m2	1.500,00
Lager m2	2.000,00
Verwaltung m2	
Baukosten €/m2	280,00
Gesamtkosten	980.000,00
Freifläche (befest.)	
Gesamtfläche m2	10.000,00
Preis €/m2	25,00
Gesamtkosten	250.000,00
<b>2. Nutzungsdauer in Jahren</b>	
Maschinen	10,00
Gebäude	30,00
Inventar	10,00
Stapler und Fuhrpark	10,00
<b>3. Finanzierung</b>	
Eigenkapital	2.076.952,50
EU-Subventionen	0,00
Regionale Subventionen	
Fehlbetrag	2.076.952,50
Kalkulationszinsfuß	4,00
<b>4. Produktionskapazität kg/Std.</b>	
	4.000,00
<b>5. Effiziente Laufzeit / Auslastung %</b>	
	80,00
<b>6. Rohstoffkosten inkl. Transportkost. C/kg</b>	
	0,16



- 11 -

## Eingangsparameter: ATB-N

<b>7. Ertrag / nominal in %</b>	
Vlies- und filzfähige Faser 6-8 cm	25,00
Kurzfaser 1-1,5 cm	3,00
Superkurze Faser 0,1-0,2 cm	0,00
Schäben	60,00
Stäube	12,00
<b>8. Verpackungskosten (Material) C/kg</b>	
Faser	0,00100
Superkurze Faser 0,1-0,2 cm	0,00000
Schäben	0,02200
<b>9. Gehälter C/Monat</b>	
Geschäftsführer	4.500,00
Ingenieur	3.750,00
Marketingmanager	
Verwaltung und interne Logistik	2.000,00
Agronom	
<b>10. Löhne C/Std.</b>	
Qualifizierte Arbeitskraft	24,00
Benötigte Anzahl pro Schicht	4,00
Aushilfskraft	13,00
Benötigte Anzahl pro Schicht	5,00
<b>11. Schichtdauer Std.</b>	
Qualifizierte Arbeitskraft	8,00
Aushilfskraft	4,00
<b>12. Arbeitswochen im Jahr</b>	
	49,00
<b>13. Schichtenanzahl pro Woche</b>	
	10,00
<b>14. Energieverbrauch gesamt kWh</b>	
	327,38
<b>15. Energiepreis C/kWh</b>	
	0,13
<b>16. Marktpreis C/kg</b>	
Vlies- und filzfähige Faser 6-8 cm	0,60
Kurzfaser 1-1,5 cm	0,22
Superkurze Faser 0,1-0,2 cm	
Schäben	0,28
Stäube	



- 12 -

## Eingangsparameter: ATB-N

<b>Finanzierung</b>	€ 2.076.952,50
Laufzeit Jahre	10,00
Zinssatz %	7,00
Raten/Jahr	12,00
<hr/>	
monatl. Aufwendungen f. Zins u. Tilgung	€ 24.115,18



- 13 -



## Kalkulationsergebnisse für BaFa-, ATB-R- und Temafa-Anlagen sowie ATB-N- und Temafa-BaFa-Konzepte



## Kalkulationsergebnisse

Anlage <b>ATB-R</b>		Gesamtinvestment <b>1.531.931 €</b>		Anlage <b>ATB-N</b>		Gesamtinvestment <b>4.153.905 €</b>	
Preis	868.560 €	Anlagevermögen	930.931 €	Preis	2.807.750 €	Anlagevermögen	2.923.905 €
Leistung	1.800 kg/h	Immobilie AV	476.000 €	Leistung	4.000 kg/h	Immobilie AV	980.000 €
	10 Schichten/Woche	Grund u. Boden	125.000 €		10 Schichten/Woche	Grund u. Boden	250.000 €
	0,5 Fremdkapitalquote				0,5 Fremdkapitalquote		

	t/J	C/J	C/t
<b>Rohstoffbedarf</b>	5.645		
<b>Ertrag</b>			
Faser	1.581		
Schäben	3.387		
Stäube	677		
<b>Erlös</b>			
Faser		883.976	157
Schäben		677.376	120
Stäube		-	0
<b>Gesamt</b>		<b>1.561.352</b>	<b>277</b>
<b>Kosten</b>			
Rohstoff inkl. Transport		874.944	155
Abschreibungen + Kapitaldienstkosten		246.321	44
Personalkosten		492.326	87
Energiekosten		79.192	14
Verpackungskosten		76.092	13
Sonstige Kosten		65.202	12
<b>Gesamt</b>		<b>1.834.076</b>	<b>325</b>
<b>Gewinn / Verlust</b>		<b>272.724</b>	<b>48</b>

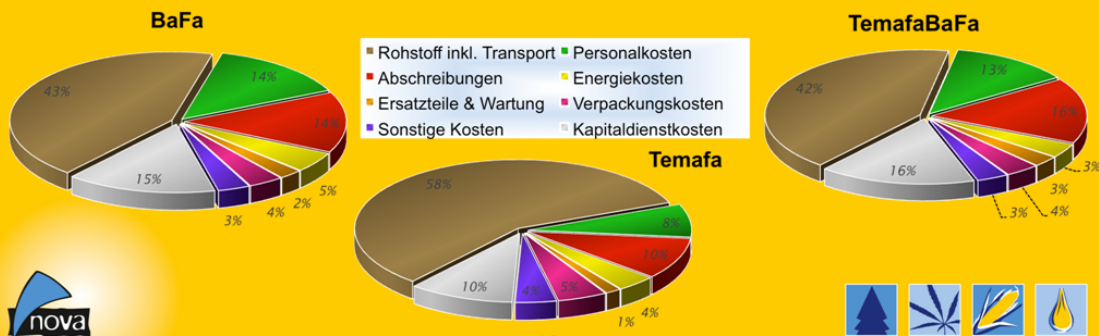
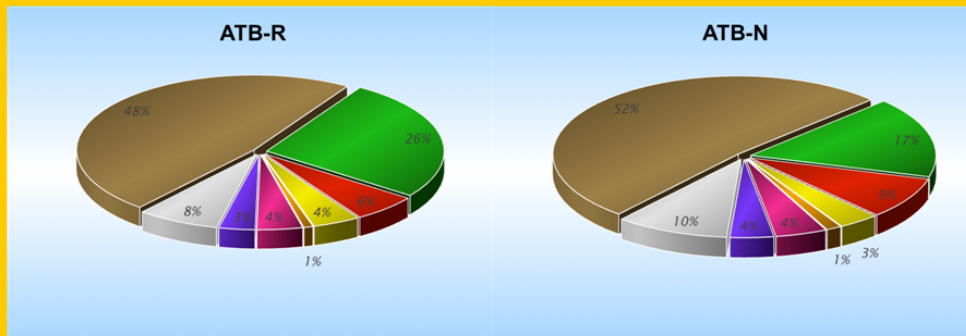
	t/J	C/J	C/t
<b>Rohstoffbedarf</b>	12.544		
<b>Ertrag</b>			
Faser	3.512		
Schäben	7.526		
Stäube	1.505		
<b>Erlös</b>			
Faser		1.964.390	157
Schäben		2.107.392	168
Stäube		-	0
<b>Gesamt</b>		<b>4.071.782</b>	<b>325</b>
<b>Kosten</b>			
Rohstoff inkl. Transport		1.944.320	155
Abschreibungen + Kapitaldienstkosten		697.517	56
Personalkosten		640.572	51
Energiekosten		133.466	11
Verpackungskosten		169.093	13
Sonstige Kosten		180.220	14
<b>Gesamt</b>		<b>3.765.189</b>	<b>300</b>
<b>Gewinn / Verlust</b>		<b>306.594</b>	<b>24</b>

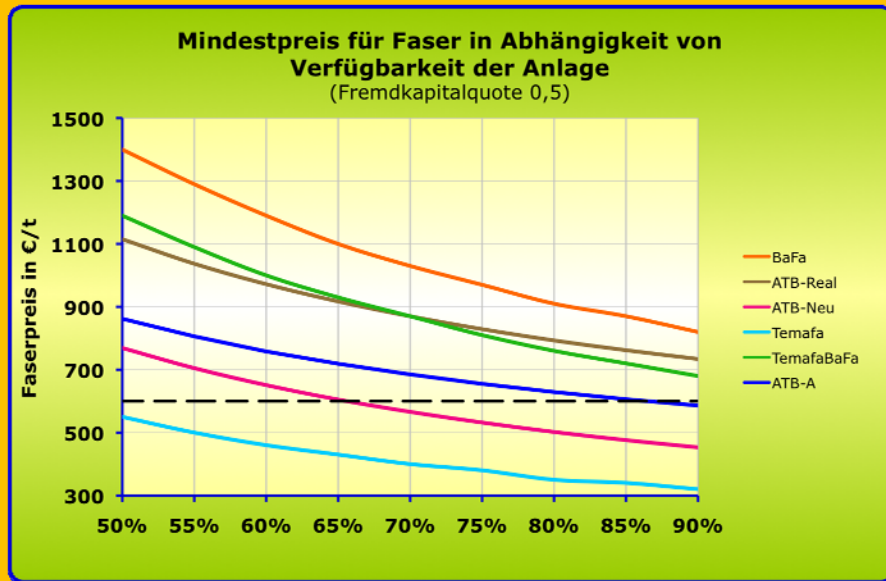
  

Kalkulatorischer Mindestpreis der vlies- und filzfähigen Faser	
Beim Schäbenpreis von 200 €/t	Faserpreis: 793 €/t
Beim Schäbenpreis von 280 €/t	Faserpreis: 502 €/t

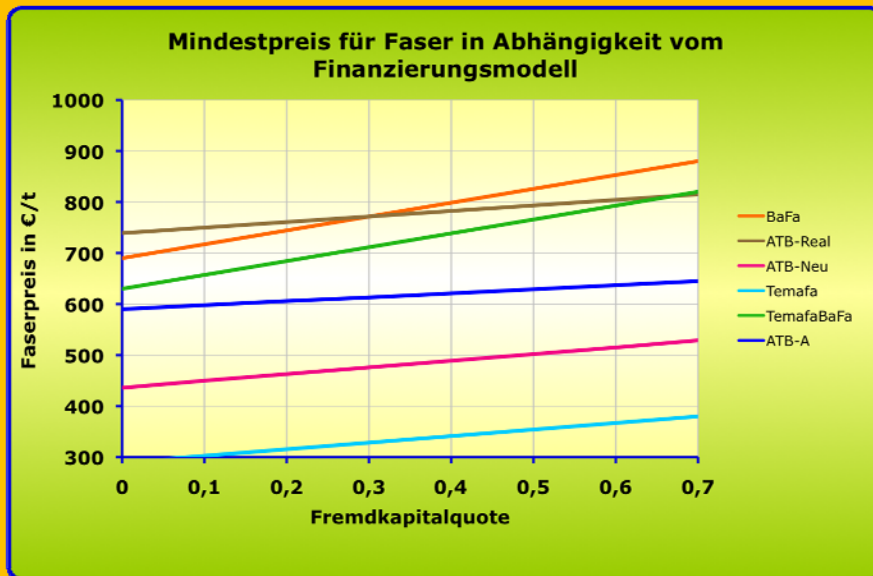


## Kostenverteilung



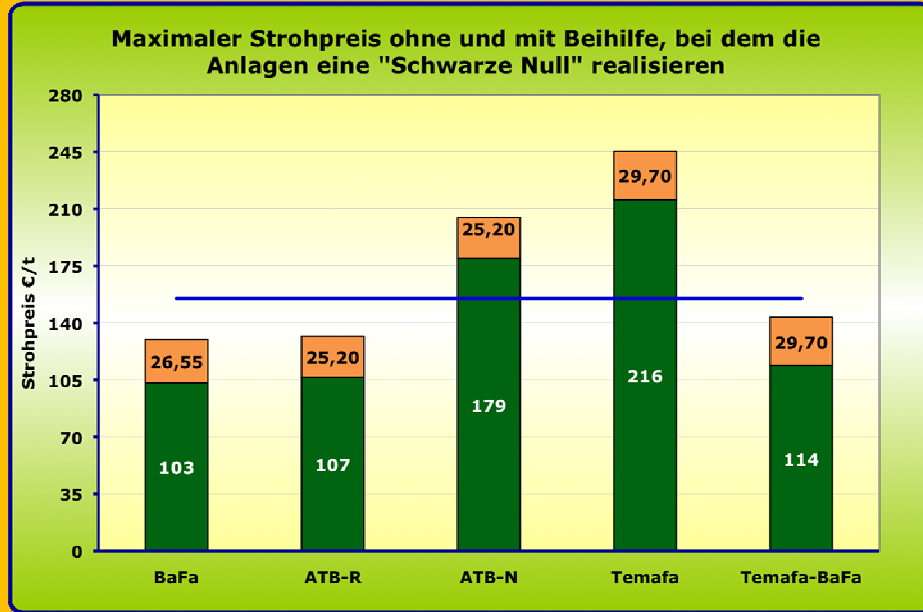


Bei allen Anlagen außer BaFa wurde eine Verfügbarkeit von 80% angesetzt, bei BaFa 90% (realer Wert nach langjähriger Optimierung).

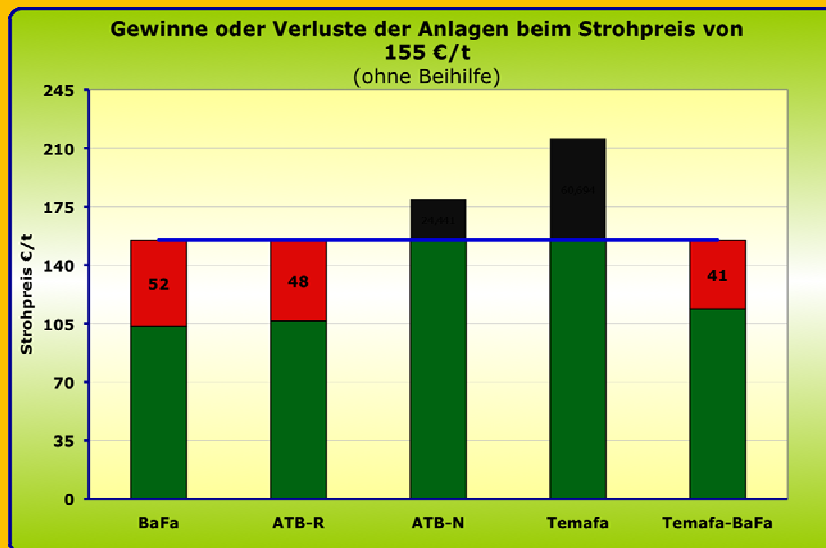


ATB-Konzepte sowie die neue Anlage von Temafa reagieren weniger sensitiv auf Veränderung der FKQ als die BaFa- und Temafa-BaFa – Anlagen. Der Grund liegt in einem relativ zur Leistung geringeren Anlagenpreis.



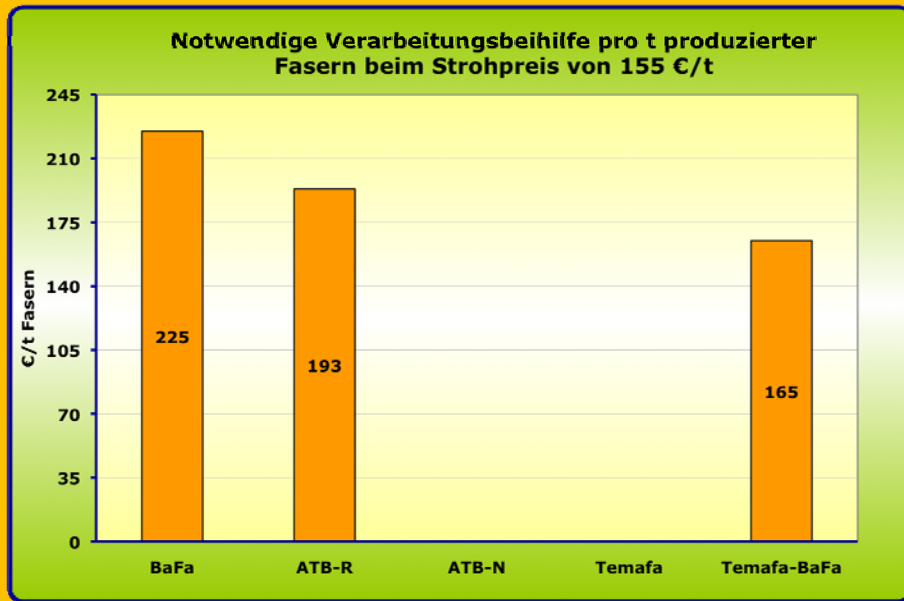


Nur ATB-N-Konzept und Temafa-Anlage erzielen beim aktuellen Strohpreis einen Gewinn und würden bei Preisen bis 204 bzw. 245 €/t Stroh die „schwarzen Zahlen“ schreiben.



- Beim gegebenen Strohpreis würde die ATB-N-Anlage einen Gewinn von 24 €/t Stroh erwirtschaften.
- Der Gewinn der Temafa-Anlage beträgt 64 €/t Stroh.



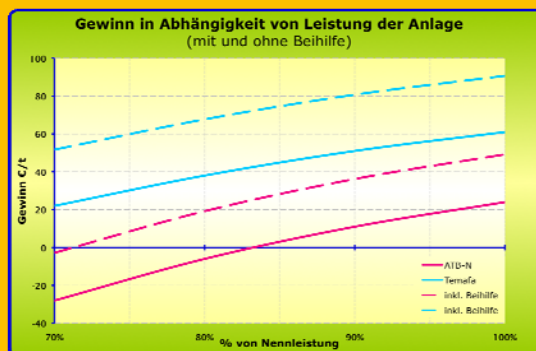


Nur das ATB-N-Konzept und Temafa-Anlage können ohne Beihilfe wirtschaftlich betrieben werden.



- 21 -

## Auswirkung der Abweichung tatsächlicher Leistung von Angaben auf Betriebsergebnisse



- Damit das ATB-N-Konzept ohne Beihilfe keine Verluste macht, muss die Anlage mindestens 83,5% der angegebenen Leistung bringen. Das entspricht dem Durchsatz von 3,34 t/h.
- Temafa – Anlage verlässt die Gewinnzone erst bei weniger als 60% (4,5 t/h) ihrer Nennleistung. (jeweils ohne Verarbeitungsbeihilfe, die in Kürze ausläuft)



- 22 -

## Strohpreis, bei dem die Wirtschaftlichkeitsgrenze erreicht wird

nova FibreCalc 7.1		BaFa	ATB-R	ATB-N	ATB-A	Temafa	TemafaBaFa
Preis	€	2.500.000	868.560	2.807.750	885.060	5.500.000	3.500.000
Gesamtinvestment	€	3.181.000	1.531.931	4.153.905	1.548.761	7.320.000	4.216.000
Leistung	t/h	1.500	1.800	4.000	2.500	7.500	2.000
Rohstoffbedarf	t/J	5.292	5.645	12.544	7.840	23.520	6.272
Umsatz	€/J	1.638.006	1.561.352	4.071.782	2.168.544	7.740.432	2.064.115
Faser	€/J	797.637	883.976	1.964.390	1.227.744	3.892.560	1.038.016
Schäben	€/J	814.968	677.376	2.107.392	940.800	3.753.792	1.001.011
Stäube	€/J	25.402	0	0	0	94.080	25.088
Erlös	€/t	<b>310</b>	<b>277</b>	<b>325</b>	<b>277</b>	<b>329</b>	<b>329</b>
Faser	€/t	151	157	157	157	166	166
Schäben	€/t	154	120	168	120	160	160
Stäube	€/t	5	0	0	0	4	4
Kosten o. Rohstoff	€/t	<b>206</b>	<b>170</b>	<b>145</b>	<b>129</b>	<b>113</b>	<b>215</b>
Max. Strohpreis	€/t	<b>103</b>	<b>107</b>	<b>179</b>	<b>148</b>	<b>216</b>	<b>114</b>



- 23 -

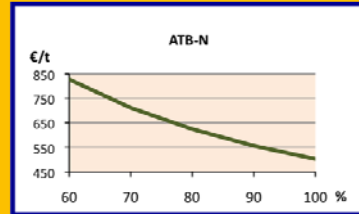
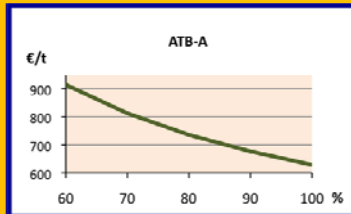
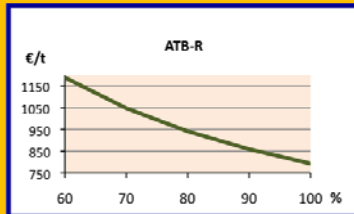


## Sensitivitätsanalysen und Vergleich der drei ATB-Konzepte: ATB-R, ATB-A und ATB-N



## Notwendiger Mindestpreis für Fasern in Abhängigkeit von der Leistung der Anlage, um die Wirtschaftlichkeitsgrenze zu erreichen

Annahme: Die Verfügbarkeit der Anlagen beträgt 80 %



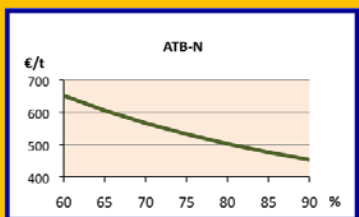
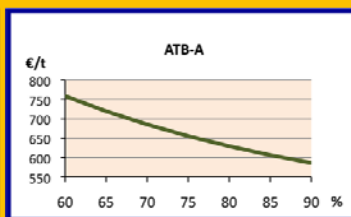
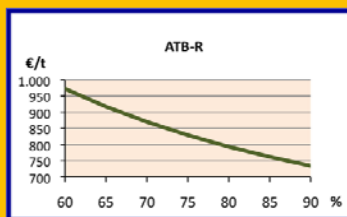
Leistung %	ATB-R t/h	ATB-A t/h	ATB-N t/h
100	1,8	2,5	4
90	1,62	2,25	3,6
80	1,44	2	3,2
70	1,26	1,75	2,8
60	1,08	1,5	2,4



- 25 -

## Notwendiger Mindestpreis für Faser in Abhängigkeit von der Verfügbarkeit der Anlage, um die Wirtschaftlichkeitsgrenze zu erreichen

Bei 100 % der Nennleistung der Anlagen (ATB-R = 1,8; ATB-A = 2; ATB-N = 4 t/h)



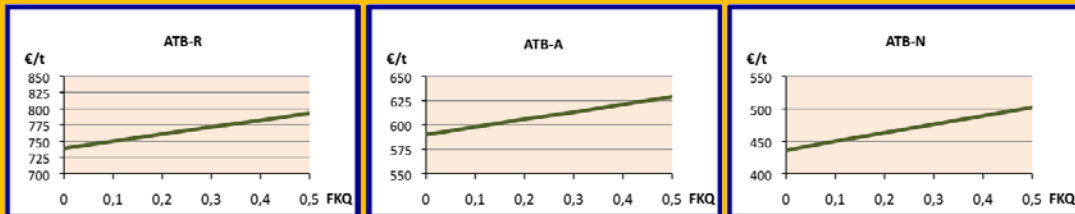
- ATB-R-Anlage kommt selbst bei 90 % der Verfügbarkeit nicht aus der Verlustzone
- Beim aktuellen Faserpreis von 600 €/t erreicht ATB-A-Konzept die Gewinnzone bei 85 % der Verfügbarkeit.
- ATB-N-Konzept wird ab 67 % wirtschaftlich.



- 26 -

## Auswirkung der Fremdkapitalquote (FKQ) auf Faserpreis bei Wirtschaftlichkeitsgrenze

Für alle Konzepte wird angenommen: Verfügbarkeit 80 %, Leistung 100 %

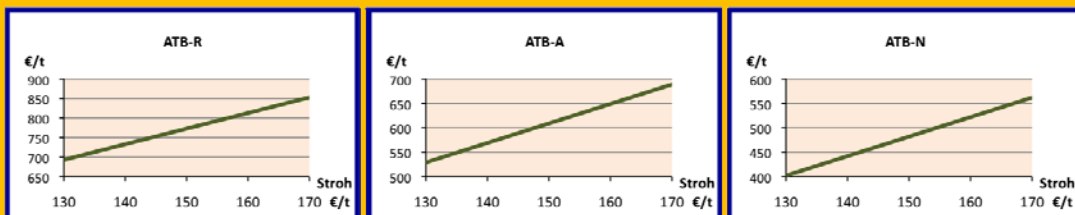


- ATB-R-Anlage wird auch bei vollständiger Eigenfinanzierung unwirtschaftlich.
- ATB-A-Konzept muss zu 90 % eigenfinanziert werden, um beim aktuellen Faserpreis von 600 €/t wirtschaftlich zu sein.
- ATB-N-Konzept erzielt auch bei FKQ = 1 einen Gewinn.



- 27 -

## Relation Strohpreis – Faserpreis an der Wirtschaftlichkeitsgrenze der Anlagen



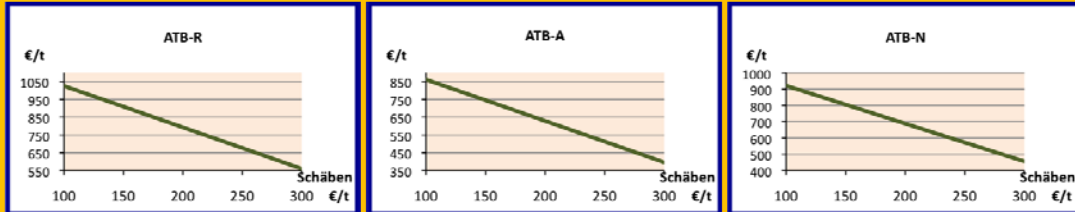
Aktueller Marktpreis für Faser €/t	Kritischer Strohpreis in €/t		
	ATB-R	ATB-A	ATB-N
600	107	148	192



- 28 -

## Kopplung von Faser- und Schäbenpreis an der Wirtschaftlichkeitsgrenze

Beim Strohpreis 155 €/t



Aktueller Marktpreis für Faser €/t	Kritischer Schäbenpreis in €/t		
	ATB-R unverpackt	ATB-A unverpackt	ATB-N verpackt
600	285	214	215

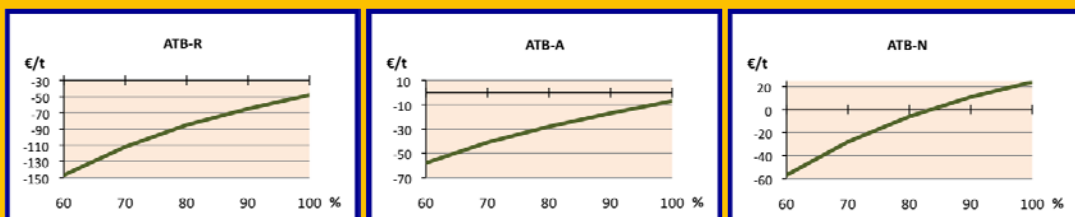
Aktueller Marktpreis für Schäben:

- unverpackt 200 €/t
- verpackt 280 €/t



## Leistungsabhängige Gewinne bzw. Verluste der Anlagen

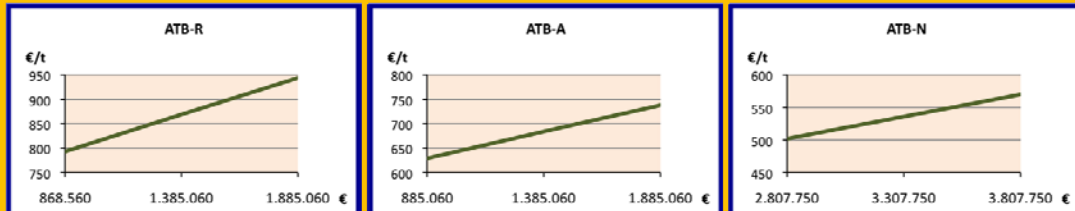
Beim Strohpreis 155 €/t



Leistung %	ATB-R t/h	ATB-A t/h	ATB-N t/h
100	1,8	2,5	4
90	1,62	2,25	3,6
80	1,44	2	3,2
70	1,26	1,75	2,8
60	1,08	1,5	2,4



## Mindestpreis für Fasern in Abhängigkeit vom Anlagenpreis an der Wirtschaftlichkeitsgrenze



- 31 -



## Fazit

- ATB-R-, BaFa- und Temafa-BaFa-Anlagen sowie ATB-A-Konzept sind unwirtschaftlich.
  - ATB-R und ATB-A haben zu hohe Personalkosten.
  - Bei BaFa-Anlage und Temafa-BaFa-Konzept ist der Durchsatz relativ zum Anlagenpreis zu niedrig.
- Die neu konzipierte Anlage (ATB-N) würde einen Gewinn erwirtschaften. Der Gewinn wird erst nach der Erweiterung der Linie um zwei Schäbenpressen, die einen höheren Schäbenpreis begründen, möglich. Die Personalkosten sind zu hoch.
- Temafa-Linie ist wirtschaftlich und hat ausreichen Potenzial, um relativ starke Preisschwankungen sowohl für Stroh als auch für Fasern und Schäben auszugleichen.



- 32 -



## Fazit

- ATB-N zeigt keine Vorteile gegenüber Temafa-Anlage.
- Die Automatisierungsgrad des ATB-Konzepts ist gering – das ist an hohen Personalkosten festzustellen.
- In Hinsicht der Sensibilitätseigenschaften ist ATB-N zum Teil schlechter als die Pilotanlage ATB-R (z.B. im Bezug auf Leistung, Verfügbarkeit).
- ATB-Konzepte sehen keine Verwertung von Stäuben vor. Der Umsatz mit den pelletierten Stäuben für thermische Nutzung könnte möglicherweise ökonomische Ergebnisse verbessern.
- Die Vorteile des von ATB entwickelten Prallaufschlussmoduls sollten in einer Industrieanlage getestet werden. Temafa Maschinenfabrik GmbH hat sich für solche Tests bereit erklärt.
- Maschinenpreise bei den ATB-Anlagen – vor allem bei Eigenleistungen – sollten überprüft werden.



## V Schlussfolgerungen

Auf der Grundlage der Ergebnisse der drei Projektpartner können folgende Schlussfolgerungen abgeleitet werden:

- Mit der Entwicklung und Umsetzung von innovativen technischen Lösungen zum Primäraufschluss von Naturfaserpflanzen (Aufschlussmaschine) sowie der Reinigung von Faser-Schäben-Gemischen (Kammschüttel) stehen Komponenten zur Verfügung, die eine Reduzierung des maschinentechnischen Aufwandes für Fasereinigung und –verfeinerung als auch der notwendigen Investitionen bei der Planung und Realisierung von neuen oder der Überarbeitung von bestehenden Anlagenkonzepten erlauben.
- Periphere Anlagenteile (z.B. für das Faserfinish) können entsprechend langjähriger positiver Betriebserfahrungen am Markt von etablierten Herstellern erworben werden.
- Nach den vorliegenden Ergebnissen der Laboruntersuchungen zur Pilotanlage können mit dieser Faserrohstoffe auf einem hohen Qualitätsniveau mit hohem Potential in technischen Anwendungen erzeugt und am Markt bereitgestellt werden. Jedoch gilt es, dies unter konstanten Produktionsbedingungen unter Beweis zu stellen.
- Die Ermittlung und Bewertung von ökonomischen Rahmendaten für Anlagenkonzepte für die bzw. in der Planungs- oder Realisierungsphase ist grundsätzlich erfolgreich möglich, sollte jedoch insbesondere hinsichtlich tatsächlich erforderlicher Betriebs- und Personalkosten im Verlauf des späteren Produktionsbetriebes überarbeitet und aktualisiert werden.
- Eine Steigerung der realisierbaren Jahresdurchsatzleistung ermöglicht auch beim betrachteten Anlagenkonzept eine deutliche Verbesserung des Betriebsergebnisses, was im vorliegenden Fall für eine längerfristige betriebliche Perspektive erforderlich ist.
- Bei der Weiterentwicklung vom Pilot- zum Industriemaßstab ist neben der Durchsatzsteigerung eine Verbesserung der Anlagenautomatisierung zu realisieren, um den bisher erforderlichen Personalaufwand reduzieren zu können.

## VI Erfolgsaussichten und beabsichtigte Verwertung der Ergebnisse

Aus den beschriebenen Ergebnissen des abgeschlossenen Projektes sowie den daraus abgeleiteten Schlussfolgerungen können verschiedene Handlungsoptionen entwickelt werden.

Grundlage dieser Handlungsoptionen sollte die Erfüllung der allgemeinen Anforderungen an eine sinnvolle und erfolgreiche Entwicklung der heimischen Naturfaserindustrie sein [FNR 2007]:

- bestehende Faseraufschlussverfahren sollten zielgerichtet weiter optimiert werden, insbesondere in Richtung definierter Qualitäten und höherer Jahresdurchsatzleistungen.
- (...) Anlagen haben noch erhebliche Steigerungspotenziale. Es erscheint erheblich effizienter und vor allem risikoärmer, dieses Potenzial zu erschließen als Labor- oder Pilotanlagen mit neuen Konzepten zu fördern.

- Um den weltweit wachsenden Bedarf mit Anlagen aus Deutschland befriedigen zu können, sollten Konzepte entwickelt werden, die eine möglichst große Flexibilität bezüglich der Eingangsstoffe aufweisen. (...)

Im Einklang mit diesen Forderungen ergeben sich folgende drei Handlungsoptionen:

#### 1) Ausbau der Pilotanlage am Standort Groß Helle

Vorteil: vergleichsweise geringer Investitionsaufwand, überschaubares Betriebskonzept in Bezug auf Rohstoffversorgung und Aufbau von Kundenbeziehungen

Nachteil: es kann (zunächst) nur ein hinreichender Punkt der betrieblichen Ökonomie erreicht werden

Eine nahe liegende Handlungsoption besteht zunächst in der Weiterentwicklung des bisher realisierten Konzeptes ("ATB-R bzw. -A") unter den zuvor genannten Aspekten. Weitere wissenschaftlich-technisch Innovationen sollten im Rahmen dieser Option verfolgt und umgesetzt werden (siehe Kap. IV Ausblick)

Relevante Unternehmen der Agrarwirtschaft Mecklenburg-Vorpommerns planen, auf der Grundlage der nun installierten ehemaligen Pilotanlage und der bereits getätigten Investitionen ein Verarbeitungszentrum für Naturfasergewinnung und –aufbereitung aufzubauen.

Im Mittelpunkt des Gesamtvorhabens steht die Erarbeitung und Realisierung der notwendigen technisch-technologischen Lösungen für die Industrialisierung der am ATB im Rahmen der Grundlagenforschung erarbeiteten technischen Innovation zum Trockenaufschluss nach dem Prallprinzip. Mit dem Projekt sollen aus Sicht der Erzeuger folgende Ziele erreicht werden:

- weitere Verminderung der Verfahrenskosten für den Faseraufschluss,
- weitere Verminderung der Anlageninvestitionen für den Faseraufschluss durch Nutzung leistungsfähiger Komponenten für den Primäraufschluss sowie dadurch realisierbare Vereinfachung nachfolgender Aufbereitungsschritte,
- Beibehaltung der Einfachheit der Anlage bei zuverlässiger Betriebsweise,
- Sicherung der Faserqualität.

Entsprechend der Erkenntnisse aus dem vorliegenden Bericht bieten sich mit den leistungsfähigen Komponenten der ehemaligen Pilotanlage sowie deren sinnvolle Erweiterung und Ergänzung auf Durchsatzleistungen von 4 ... 5 t h<sup>-1</sup> wesentliche Voraussetzungen zur Erreichung der genannten Zielstellungen an.

Den wachsenden Herausforderungen an die Naturfasergewinnung durch die in den vergangenen Jahren gesunkenen EU-Beihilfen für den Faserpflanzenanbau bzw. -verarbeitung bzw. deren geplante völlige Abschaffung sowie die gestiegene Konkurrenzkraft klassischer Feldfrüchte muss durch innovative Lösungsansätze im gesamten Bereich der Bereitstellung vom Anbau bis zur Erstverarbeitung begegnet werden. Andernfalls steht die gesamte Entwicklung von Wertschöpfungsketten aus heimischen Naturfasern zukünftig ernsthaft in Frage.

Gleichermaßen ergibt sich die Möglichkeit, der allgemein formulierten Forderung nach der Erhöhung der landwirtschaftlichen Wertschöpfung durch den Aufbau eigener, regional basierter, Wertschöpfungsstufen gerecht werden zu können.

So bietet u.a. die Landwirtschaft Nordostdeutschlands bietet mit ihren traditionellen Hanf- und Flachsangebieten sehr gute Voraussetzungen für eine zukünftig bedeutende Rolle als Hersteller und Verarbeiter von hochwertigen Naturfasern.

- 2) Weiterentwicklung des betrieblichen und Anlagenkonzeptes zu einer modernen 5 t Anlage  
Vorteil: Entwicklung und Umsetzung neuer technologischer Lösungen basierend auf den Ergebnissen des Pilotkonzeptes des ATB  
Nachteil: vergleichsweise höhere Investitionen erforderlich

Eine deutliche Steigerung des Betriebsergebnisses ermöglicht der Ausbau des Anlagenkonzeptes unter Verwendung der technischen Innovationen über den in der ökonomischen Analyse („ATB-N“) genannten Durchsatz von 4 auf 5 ... 6 t h<sup>-1</sup>.

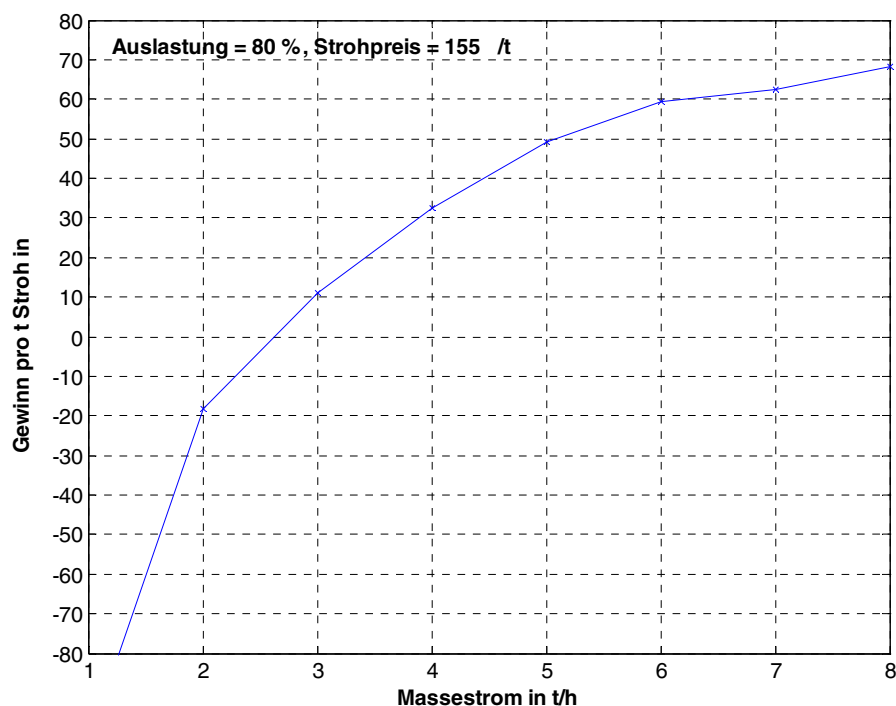


Bild: Erreichbares Betriebsergebnis über dem realisierbarem Massestrom

Es hat sich auch über den Projektverlauf fortsetzend gezeigt, dass es verbreitetes Interesse an der Gesamttechnologie oder auch an einzelnen, neu entwickelten Komponenten der Anlage gibt. Mit Hilfe der durch das Projekt gewonnen Erkenntnisse können entsprechende Interessenten in die Lage versetzt werden, sich neben dem rein technologischen Eindruck auch durch entsprechende Informationen zur Produktqualität sowie den entsprechenden ökonomischen Rahmenbedingungen ein Gesamtbild zu machen. Gleichmaßen steht eine umfassende Bewertung einschließlich einer Schwachstellenanalyse zur Verfügung. Positive Effekte für das beteiligte Maschinenbauunternehmen sind zu erwarten.

### 3) Implementierung der technischen Innovationen in bestehende Konzepte

Vorteil: Ertüchtigung bestehender Verarbeitungsanlagen hin zu kritischer Verarbeitungskapazität und positive Betriebsergebnissen, industriennahe Weiterentwicklung innovativer Anlagenkomponenten

Nachteil: hoher Aufwand entsprechend notwendiger Anpassungen

In diesem Kontext ist eine weitere Handlungsoption zur Umsetzung der im zurückliegenden Projekt gewonnenen Erkenntnisse denkbar. Aufgrund der von anderen Maschinenbauern bekundeten Interessen an wesentlichen Kernkomponenten des ATB-Konzeptes könnte gleichermaßen eine kooperative Weiterentwicklung zu neuen, noch leistungsfähigeren Anlagenkonzepten ermöglicht werden. Einzelne Komponenten könnten auch in bestehenden Aufbereitungsbetrieben zur weiteren Erhöhung ihrer Leistungsfähigkeit erprobt und ggf. implementiert werden.

## VII Zusammenfassung

Im Rahmen des Projektes sind in den jeweiligen Arbeitspaketen die einzelnen Betrachtungsebenen

AP 100 Technisch - technologische Rahmenbedingungen für die Realisierung der deutlichen Senkung der notwendigen Investitionen und Reduzierung der Aufschlusskosten (**ATB**)

AP 200 Analyse der potenziellen Wirtschaftlichkeit des neuen Faseraufschlusskonzeptes (Partner **nova-Institut GmbH Hürth**)

AP 300 Technische Analyse und Bewertung (Partner **Faserinstitut Bremen e.V. & Hochschule Bremen – Professur Biologische Werkstoffe**)

entsprechend der beantragten Inhalte bearbeitet worden.

Grundlage der während des Projektes zu bearbeitenden Inhalte war die während des Zeitraumes von 1999 bis 2006 betriebene Pilotanlage zum Trockenaufschluss von Faserpflanzen am Leibniz-Institut für Agrartechnik Potsdam-Bornim e.V..

Der Analyse und Bewertung wurden innerhalb der Gesamtlinie dabei neben den vom Gebrauchtmaschinenmarkt erworbenen Maschinen insbesondere auch die in der Pilotphase entwickelten innovativen Lösungen zum Trockenaufschluss durch Prallbeanspruchung (Aufschlussmaschine) sowie zum Reinigen des Faser-Schäbengemisches (Kammschüttel) unterzogen.

Aufbauend auf einer eingehenden Recherche und Analyse der Gesamtlinie sowie der einzelnen Komponenten wurden die dabei gewonnenen Daten im Kontext zu bekannten Anlagenvarianten diskutiert und auf Praxisrelevanz geprüft. Diese Parameter bildeten neben den standardisierten Kennzahlen (z.B. Finanzierung) den Grundstock für die ökonomische Analyse des vorhandenen sowie eines mittelfristigen Ausbaukonzeptes.

Die parallel erfolgten Untersuchungen zu relevanten Kennwerten der Faserqualität bildeten die Grundlage für die Bewertung der produktorientierten Leistungsfähigkeit des Anlagenkonzeptes sowie die im Rahmen der ökonomischen Analyse anzusetzenden Produkterlöse.

Zum Abschluss der Vorarbeiten wurde gemeinsam mit Vertretern aus etablierten Faseraufschlussbetrieben sowie Unternehmen des Anlagenbaus im Bereich der Faserpflanzenverarbeitung über die Ergebnisse der Projektbearbeitung diskutiert.

Die Ermittlung und Bewertung der maschinentechnischen Grunddaten des bisherigen Pilotkonzeptes bildete die Grundlage der weiteren Arbeiten. Parallel dazu wurden in Absprache mit dem Maschinenbauunternehmens Kranemann entsprechende Rahmendaten auch für ein zukünftiges (Weiterentwicklungs-)Konzept zusammengestellt.

In gemeinsamer Diskussion und begleitet durch persönliche Sachstandsanalysen vor Ort wurden die spezifischen Charakteristika sowie die vorhandenen Schwachstellen des gegenwärtigen Anlagenzustandes analysiert.

Durch die Kooperationspartner Hochschule Bremen sowie Faserinstitut Bremen erfolgte anhand von Mustern aus dem Pilotanlagenbetrieb im ATB (bis 2006) die Ermittlung wesentlicher Kennwerte der Faserqualität. Unter Beachtung der Unterschiede bei der Probenahme kann das Fazit gezogen werden, dass mit der im Pilotmaßstab umgesetzten Technologie des Faseraufschlusses durch Prallbeanspruchung Produkte erzeugt werden, die ein großes Potential im Bereich der industriellen technischen Verwertung haben. Entsprechende Musterlieferungen an potentielle Kunden aus dem nach Projektende bzw. dem Abschluss der Laborprüfungen beim Kooperationspartner FIBRE Bremen begonnen Produktionsbetrieb in Groß Helle bestätigen die Ergebnisse.

Die ökonomische Bewertung des bestehenden Konzeptes zeigt, dass trotz des vergleichsweise geringen maschinentechnischen Aufwandes und der damit reduzierten Investitionskosten kein positives Betriebsergebnis erreicht werden kann. Die vergleichenden Kalkulationen für das abgestimmte zukünftige (Weiterentwicklungs-)Konzept gehen demgegenüber davon aus, dass bei gegebenen und auch möglichen zukünftigen Rahmenbedingungen eine deutliche Verbesserung der ökonomischen Situation realisierbar ist. Dies kann im Wesentlichen durch entsprechende zusätzliche Erweiterungen bzw. auch Investitionen sowie eine Erhöhung des Automatisierungsgrades erreicht werden.

Die wesentlichen Ziele des Vorhabens konnten in enger Zusammenarbeit der 3 Partner erreicht werden.

Aus den Ergebnissen des Projektes lässt sich zusammenfassend feststellen, dass sich aufgrund der zur Anwendung kommenden innovativen Lösungen für den Primäraufschluss des Faserpflanzenstrohs eine erhebliche Reduzierung des technischen Aufwandes insgesamt als auch der damit verbundenen Investitionskosten erreichen lässt. Bisher sind am Markt keine vergleichbaren Konzepte bekannt, die durch die Gestaltung des einstufigen Primäraufschluss eine Reduzierung des technischen Aufwandes für das Faserfinish (Reinigung und Verfeinerung) erlauben.

Bei Übertragung des ursprünglich auf den Versuchsbetrieb ausgelegten Anlagenkonzeptes in den Industriemaßstab ist bisher jedoch ein vergleichsweise geringer Automatisierungsgrad festzustellen. Die Sicherung eines entsprechend höheren Personalbesatzes führt in der Folge zu entsprechenden Aufwendungen in einer Höhe, die kein positives Betriebsergebnis zulassen. Darüber hinaus ist zu prüfen, in wieweit sich durch Ersatz oder/und Erweiterung bisher durchsatzbegrenzender Anlagenteile weitere betriebswirtschaftliche Effekte erzielen lassen. Die mit der bewerteten Verarbeitungs- und Anlagentechnik zu erzielenden Produktqualitäten weisen ein großes Potential in technischen Anwendungen auf.

Entsprechende Ansätze für die weitere Entwicklung des Maschinen- und Anlagenkonzeptes sowie der peripheren Prozesse sind diskutiert worden und können im Rahmen eines weiterführenden technischen und logistischen Entwicklungsvorhabens umgesetzt werden.

### **VIII Umsetzung des Arbeitsplanes**

Erste Vorabsprachen zum Projekt wurden im November 2007 anlässlich der „5th International Conference of the European Industrial Hemp Association (EIHA)“ in Hürth getroffen.

Der erste Projektabschnitt diente vor allem der Ermittlung und Sammlung von Daten und Informationen zu den Komponenten der Anlage sowie aller relevanter Ergebnisse des Pilotanlagenbetriebes am Standort des Leibniz-Institutes. Vor-Ort-Besuche in Groß Helle konnten zur detaillierten Datenaufnahme auch der bis dahin nicht erhobenen Informationen genutzt werden. Gespräche mit den am Anlagenbetrieb in Potsdam sowie dann in Groß Helle beteiligten Mitarbeitern ermöglichten die Dokumentation von konkreten Betriebserfahrungen.

Im Zuge dieser ersten grundlegenden Ermittlung der Basisdaten trafen sich die Projektpartner am 15.01.2008 zu einem ersten gemeinsamen Meeting in Hannover. Dabei stellten die beteiligten Mitarbeiter (nova-Institut: M. Carus, A. Pauls; FIBRE Bremen: R. Bäumer; HS Bremen: J. Müssig; ATB: Ch. Fürll, H.-J. Gusovius) ihre bisherigen Aktivitäten sowie den geplanten weiteren Verlauf zur Abarbeitung der Arbeitspakete vor.

Am 25.02.2008 fanden sich die Projektpartner auf Einladung des Geschäftsführers der Nordhanf GmbH, Herrn Loose, in Groß Helle zum nächsten Projektmeeting zusammen. Die Beteiligten (nova-Institut: A. Pauls; FIBRE Bremen: R. Bäumer; HS Bremen: J. Müssig; ATB: Ch. Fürll, H.-J. Gusovius) konnten sich einen eigenen praktischen Eindruck von der Gesamtanlage sowie den einzelnen Komponenten verschaffen. Dabei wurden insbesondere auch aus Sicht der externen Fachkollegen offene oder unklare Angaben zu den Maschinen und Aggregaten sowie entsprechend notwendige Änderungen oder/und Ergänzungen der Anlagentechnik kritisch diskutiert. Herr Pauls vom nova-Institut stellte die ersten vorläufigen Ergebnisse der ökonomischen Analyse vor, die ebenfalls diskutiert wurden.

Die für das Excel-Kalkulationsblatt FibreCalc des nova-Institutes benötigten Angaben konnten im Wesentlichen über die Urdatenerhebung bzw. durch das Literaturstudium bereitgestellt werden. Die Angaben unterlagen dabei einem stetigen Diskussionsprozess, um deren Verwendbarkeit sowie auch Zuverlässigkeit im Kontext bekannter Standardvarianten zu unterlegen. Darüber hinaus ergaben sich spezifische Bewertungsansätze durch die Ermittlung relevanter Kennwerte der Faserqualität. Dafür konnten dem Faserinstitut Bremen eine Auswahl von Handmustern aus den Jahren 2002 bis 2005 zur Verfügung gestellt werden.

Weitere Eingangsparameter (z.B. Anschlussleistung und Strombedarf, Wirkungsgrad, Jahresdurchsatz) wurden aus dem Pilotanlagenstadium abgeleitet. Aktuelle Daten aus dem Betrieb in Groß Helle konnten im Verlauf des Projektes nicht gewonnen werden, da die Anlagentechnik nach der Installation zunächst vervollständigt und lediglich erste Probeläufe durchgeführt werden konnten. Variationen betriebswirtschaftlicher und finanzieller Parameter wurden aus Standardvarianten abgeleitet (Strohpreis, Art der Finanzierung der Anlage, etc.).

Ein auf Initiative des nova-Institutes vorgeschlagener Expertenworkshop mit Fachleuten der Faseraufbereitung wurde am 14. & 15.04.2008 in Potsdam durchgeführt. Neben den Veranstaltern konnten als Teilnehmer folgende Fachexperten aus den Bereichen Faseraufbereitung sowie Maschinenbau gewonnen werden:

Unternehmen	Person(en)	
Van Dommele	Declerck, S.	14. & 15.04.08
Temafa	Morgner, J.	14. & 15.04.08
KGM	Kranemann, H.-H.	14.04.08
Nordhanf	Loose, T. Tornow, A.	14. & 15.04.08 14.04.08
Nafgo	Goedecke, G.	14. & 15.04.08
Bafa	Frank, B.	14. & 15.04.08
HS Bremen	Müssig, J.	15.04.08
FIBRE Bremen	Bäumer, R.	15.04.08
nova-Institut	Carus, M. Pauls, A.	15.04.08 15.04.08
ATB	Fürll, Ch. Pecenka, R. Hempel, H. Gusovius, H.-J.	14. & 15.04.08 15.04.08 15.04.08 14. & 15.04.08

Der Workshop konnte über die bisherigen eigenen Erkenntnisse der unmittelbaren Projektbeteiligten hinaus zur offenen Diskussion sowie zum weiteren Erkenntnisgewinn beitragen.

Neben kritischen Anmerkungen zeigten auch insbesondere die Vertreter der Maschinenbauunternehmen großes Interesse an folgenden am ATB entwickelten Anlagenkomponenten:

- ATB-Aufschlussmaschine
- ATB-Kammschüttel

## IX Literatur

- CARUS, M. ET AL. (2008): Studie zur Markt- und Konkurrenzsituation bei Naturfasern und Naturfaserwerkstoffen (Deutschland und EU), nova-Institut, Herausgeber Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR), 2008, 393 S.
- FNR 2007: Marktanalyse Nachwachsende Rohstoffe Teil II. erarbeitet durch meó Consulting Team, Faserinstitut Bremen, nova-Institut GmbH, Herausgegeben von der Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (FNR) Gülzow, mit Förderung des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz. 2007, 402 S.
- KARUS, M.; KAUP, M.; LOHMEYER, D. (2000): Studie zur Markt- und Preissituation bei Naturfasern (Deutschland und EU). nova-Institut, Herausgeber Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR), 2000, 107 S.
- PAULITZ, J.; DAMISCH, H.; KARUS, M.; KAUP, M. (2000): Grundlagen zur Bewertung möglicher Anlagenkonzepte für den Aufschluß von Hanf zu technischen Fasern in der Region um Spremberg, insbesondere für die Weiterverarbeitung zu ökologischem Zellstoff. Studie im Auftrag des CIT – Centrum für Innovation und Technologie GmbH Guben, Nr. CIT/R15
- PECENKA, R. (2008): Optimieren der Reinigung von Hanffasern auf Kammschütteln. Dissertation BTU Cottbus & ATB Potsdam-Bornim e.V., 2008
- SCHINDLER, M. (2007): Ökonomische Bewertung der Biomassebereitstellung SunReg / Regionales Modell. Energy Farming Congress, Papenburg, 13.-15.03.2007
- STEGER, J. (2004): Nachhaltige Entwicklung durch nachwachsende Rohstoffe. Eigenverlag, Dissertation, Rheinische-Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn, 2004, 331 S.

## relevante Veröffentlichungen zur Thematik Faseraufschluss mit der innovativen Technologie des ATB

- FÜRL, CH.; HEMPEL, H.: Fasergrobaufschluß bei Hanf. Landtechnik 53 (1998) 1, S. 12-13
- FÜRL, CH.; HEMPEL, H.: Aufschluß von Hanffasern durch Prall. Landtechnik 54 (1999) 5, S. 286-287
- FÜRL, CH.; HEMPEL, H.: Gewinnung von Naturfasern durch Prallbeanspruchung. Chemische Technik 51 (1999) 6, S. 316-320
- ACKERMANN; I.; FÜRL, CH.; IDLER, CH.; KÜHNE, G.: Innovative Aufbereitungs- und Verarbeitungstechnologien für Naturfaserprodukte. 6. Internationale Tagung "Stoffliche Nutzung nachwachsender Rohstoffe", Freiberg 26./27.10.1999, Freiburger Forsch.-H., A 852, S. 95-104
- FÜRL, CH.; ACKERMANN; I.; EHLERT; D.; IDLER; CH.; KÜHNE, G.: Trocken- und Nassaufschluss zur Fasergewinnung aus Hanf. Fachtagung Hanf, BRALA, 13.05.99, Tagungsband
- FÜRL, CH.; HEMPEL; H.: Untersuchungen für die Entwicklung einer Maschine zum Faseraufschluß von Grünhanf durch Prallbeanspruchung. 2. Internationale Symposium "Werkstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen" Erfurt 1/2.9.1999, Tagungsband
- FÜRL, CH.; HEMPEL, H.: Optimieren einer neuen Maschine zum Faseraufschluss durch Prallbeanspruchung. 6. Internationale Tagung "Stoffliche Nutzung nachwachsender Rohstoffe", Freiberg 26/27.10. 1999, Freiburger Forsch.-H., A 852, S105-116
- FÜRL; CH.; HEMPEL; H.: Ein neues technisches Verfahren zum Faseraufschluss von Hanf. Intern. Tagung Landtechnik, Braunschweig 7./8.10.1999, VDI-Berichte, S. 249-254
- FÜRL, CH., HEMPEL, H.; PECENKA, R.: Eine neue Maschine zum Prallaufschluss von Naturfaserpflanzen mit integrierter Schälbentrennung und 3t/h Strohdurchsatz. Innovationsforum "Wertschöpfungsketten in der Naturstoffverarbeitung", Gardelegen, 10. - 11. Dezember 2001, Tagungsband, S. 370
- FÜRL, CH.; PECENKA, R.; MUNDER, F.: Pilotanlage zur Fasergewinnung aus gerösteten und ungerösteten Naturfaserpflanzen. In: naro.tech, 3. Internationales Symposium Werkstoffe aus Nachwachsenden Rohstoffen. Erfurt 5.-6.9.2001, Tagungsband S. 65 (Kurzfassung), CD-Vortrag Nr. 204 (Langfassung)
- PECENKA, R.; FÜRL, CH. Efficient cleaning of hemp and flax fibres after decortication by impact stress, AGENG 2002 - International Conference on Agricultural Engineering, 30.06.-04.07.2002, Budapest, Proceedings, 7 S. , Nr. 02-PH-055
- MUNDER, F., FÜRL, CH., HEMPEL, H. Results of an advanced Technology for Decortication of Hemp, Flax and Oil Seed Linen. Proceedings (CD) of the International Conference " Production, Processing and Use of Natural Fibres" im ATB Potsdam, 9.-10. Sept. 2002, 8 S.
- PECENKA, R.; FÜRL, CH. Effizientes Reinigen von Hanf- und Flachsfasern nach dem Prallaufschluss, Internationale Konferenz "Produktion, Verarbeitung und Anwendung von Naturfasern", 10.-11.09.2002, Potsdam, Nr. 33, 7 S.
- FÜRL, Ch., PECENKA, R., MUNDER, F. Fasergewinnung aus gerösteten und ungerösteten Naturfaserpflanzen. Technische Textilien 45(2002)5, S.73-75
- MUNDER, F., FÜRL, CH., HEMPEL, H. Processing of natural fibre plants to starting materials for industrial applications Proceedings of International Conference on Agricultural Engineering Budapest, 30th June - 4th July 2002, S.195-196
- MUNDER, F., FÜRL, CH., HEMPEL, H. Development of an advanced decortication technology for bast fibre and coir Proceedings of the World Summit of Sustainable Development WSSD Pretoria, SA, 27th - 30th August 2002
- MUNDER, F., FÜRL, CH., HEMPEL, H. Verarbeitung von Naturfaserpflanzen zu Rohstoffen für die industrielle Verwertung Tagungsband der VDI-Jahrestagung für Landtechnik Halle, Okt. 2002
- MUNDER, F., FÜRL, CH., HEMPEL, H. Advanced technology for processing of flax, oil seed linen and hemp to starting materials for industrial application Proceedings of International Conference AgFibe 2002 Winnipeg, Manitoba, CA, 13th - 15th Nov 2002
- MUNDER, F., FÜRL, CH., HEMPEL, H. Processing of natural fibre plants to starting materials for industrial applications Proceedings of 5th European Symposium Industrial Crops and Products, Amsterdam, 24. - 26-April 2002
- MUNDER, F., FÜRL, CH., HEMPEL, H. Processing of natural fibre plants to starting materials for biodegradable products Proceedings of the International Symposium on biodegradable materials and natural fibres, composites in agriculture and horticulture, GKL Hanover, 2nd - 4th June 2002
- MUNDER, F., FÜRL, CH., HEMPEL, H. Development of an advanced technology for decortication of bast fibre and coir Proceedings of the International Coir Convention, Colombo - Sri Lanka, 13th - 14th June 2002
- FÜRL, CH., MUNDER, F., HEMPEL, H. Ein effektives Verfahren zur Gewinnung von Naturfasern. Beiträge des IBZ Hohen Luckow e.V., 10(2002) Heft 4, S. 15-24
- PECENKA, R.; FÜRL, CH. Efficient Cleaning Strategies for Bast Fibre Production to Reduce Raw Material Costs, International Symposium on Biodegradable Materials and Natural Fibre Composites in Agriculture and Horticulture, 02.06.-04.06.2002, Hannover, Proceedings, S.47

- PECENKA R.; FÜRLL, C.: Efficient Cleaning Strategies for Bast Fibre Production to Reduce Raw Material Costs. In KTBL-Schrift 414: Biodegradable Materials and Natural Fibre Composites in Agriculture and Horticulture, 2003, Darmstadt, p. 154 – 158
- PECENKA R.; FÜRLL, C.: Operational experiences in bast fibre straw processing with the ATB pilot plant using advanced technologies for decortication and fibre cleaning. In: Proceedings of NJF's 22nd Congress, Turku, July 1-4 2003, part 20: p. 17 - 21
- PECENKA R.; FÜRLL, C.: Investigation and optimisation of transport and separation processes in shaker cleaners for hemp fibre processing. In: Proceedings of the Conference Agricultural Engineering, Hannover, November 7-8 2003, p. 391 - 396
- MUNDER, F., FÜRLL, C., HEMPEL, H.: In ASAE: Results of an advanced decortication technology for hemp, flax and linseed: ICCHP, Louisville, Iowa, Feb. 2003, p. 4
- MUNDER, F., FÜRLL, C., HEMPEL, H.: In USDA Forest Service and Forest Products Laboratory: Results of the Advanced Technology for Processing of Natural Fiber Plants for Industrial Application: Proceedings of 7th Intern. Conference on Woodfibre. Plastics and other natural Fibers, Madison / Wisconsin, May 2003. p. 11
- MUNDER, F., FÜRLL, C., HEMPEL, H.: In ICFPAM: Advanced Decortication Technology for Bast fibres and Coir: Proceedings of the 7th ICFPAM- Conference of the FAO, Bucarest, Romania, June 2003, p. 248
- MUNDER, F., FÜRLL, C., HEMPEL, H.: In EurAgEng: Advanced Technology for Processing of Natural Fiber Plants for Industrial Application: Proceedings of the Lithuaniae Academia Scientiarum of Int. Conference on New Methods, Means and Technologies for Application of Agricultural Products, Kaunas, Lituania, 18-19 Sep 2003, p. 81-92
- Gusovius, H.-J., Pecenka, R., Ay, P.; Fürll, Ch.: Aufbereitung und Nutzung von Faserpflanzen. In: Forum der Forschung 7(2003) H. 16. BTU Cottbus, S. 143 - 148
- MUNDER, F., FÜRLL, C., HEMPEL, H.: In: Royal Veterinary and Agricultural University of Denmark: Results of an advanced decortication technology for bast fibres: Proceeding of the Intern. Nordic Biofibre Conference, Nov. 2003, p. 6
- MUNDER, F., FÜRLL, C., HEMPEL, H.: In NRC, El Hariri: Advanced Technology for Decortication of Flax and other Bast Fibre plants: Processing of Bast fibre and Coir; Proceedings of the Intern. Conference of the FAO on Flax and Allied Fiber Plants for Human Welfare, Cairo, Egypt, Dec 2003, p. 21
- GUSOVIUS, H.-J., PECENKA, R., FÜRLL, C.: Results of the test-run of the fibre-extraction pilot plant of the Institute of Agricultural Engineering Bornim as well as thoughts for an European project for a related quality-management-system and corresponding test procedures. CD-ROM, First International Conference of the European Industrial Hemp Association (EIHA) 2003, Hürth 23.-24.10.2003
- FÜRLL, C.; MUNDER, F.; HEMPEL, H.: Ergebnisse aus der Erprobung einer Pilotanlage zum Faseraufschluss. Tagungsband (CD), Innovationsforum "Internationales strategisches Netzwerk für die Agrarfaserpflanzennutzung", Cottbus, 13.-14.05.2003
- MUNDER, F.; FÜRLL, C.; HEMPEL, H.: Mechanical and thermal properties of bast fibers, FAO/SCORENA Network: Proceedings of the 3rd Global Workshop of the FAO/SCORENA EUROPEAN COOPERATIVE RESEARCH NETWORK on Flax and Allied Fiber Plants, Banja Luka, Bosnien u. Herzegovina, Oct. 2004
- FÜRLL, CH.; HEMPEL, H.; MUNDER, F.: Aufschluss von Naturfasern in einer Sichter- mühle mit Hilfe der Prallbeanspruchung. Aufbereitungstechnik 45, Nr.10: S.17-26:(2004)
- Pecenka, R.: Cost reductions in natural fibre processing by the use of an optimized comb shaker for fibre cleaning. Agrartechnische Forschung. 10 (2004) H. 5, S. E48 - E53 (Kostenreduzierung in der Naturfasergewinnung durch den Einsatz einer optimierten Kammschüttel für die Faserreinigung. Agrartechnische Forschung. 10 (2004) H. 5, S. 71-76)
- PECENKA, R.; FÜRLL, C.; MUNDER, F.: Verminderung der Faserkosten durch Prallaufschluss und effiziente Reinigungstechnologie in einer Faseraufschlussanlage. In: 11. Internationale Chemnitzer Tagung "Stoffliche Verwertung nachwachsender Rohstoffe", Chemnitz, 14.-15.10.2004, S. 29 - 34
- MUNDER F.; FÜRLL, C.; HEMPEL, H.: Mechanical properties of bast fibers and ecological aspects of their application, KU Leuven: Proceedings of EurAgEng 2004, KU Leuven, Sep 2004.
- MUNDER, F.; FÜRLL, C.; HEMPEL, H.: Effective processing of bast fiber plants and mechanical properties of the fibers, ASAE: Proceedings of the Annual Meeting 2004 of ASAE/CSAE, Ottawa, August 2004
- MUNDER, F.; FÜRLL, C.; HEMPEL, H.: Processing of bast fiber plants and coir, POEMA/UFPA: Proceedings of the Intern. Conference of POEMA 2004 of the Universidade Federal do Para, Belem, Brazil, June 2004
- MUNDER, F.; FÜRLL, C.; HEMPEL, H.: Mechanical properties of bast fibers, ASPE: Proceedings of the Intern. Conference ANTEC 2004 of the American Society of Plastic Engineers, Chicago May 2004, 7 pages
- MUNDER, F.; FÜRLL, C.; HEMPEL, H.: Processing of flax and allied fibre plants: Proceedings of the China Intern. Conference on Bast Fibers, Beijing March 2004, 7 pages
- MUNDER, F.; FÜRLL, C.; HEMPEL, H.: Advanced Decortication Technology for not retted Bast Fibres, Journal of Natural Fibers, The Haworth Press, English / Hazleton, PA, 2004(1): S. 49 - 65
- MUNDER, F.; FÜRLL, C.; HEMPEL, H.: Advanced Decortication Technology for Bast fibres and Coir, Molecular Crystal @ Liquid Crystal, The Haworth Press, English / Hazleton, 2004(418): S. 165 – 170

- MUNDER, F.; FÜRLL, C.; HEMPEL, H.: Mechanical and thermal properties of bast fibres compared with tropical fibres. In: Proceedings "8th International Conference on Frontiers of Polymers and Advanced Materials (ICFPAM)", Cancun, 22.04.2005-28.04.2005, 2005
- MUNDER, F.; FÜRLL, C.; HEMPEL, H.: A new bale cutter breaks the bottle neck of the bast fiber plants processing. In: Proceedings "FAO/ESCORENA International Conference "Textiles for sustainable development", Port Elizabeth, 23.10.2005-27.10.2005, 2005, S. 196-207
- MUNDER, F.; FÜRLL, C.; HEMPEL, H.: Advanced fiber plant decortication - mechanical and thermal properties of the fibers. In: Pascual-Villalobos, E and, M. et al. (eds.): Industrial Crops and Rural Development. Proceedings Assoc. for Advancement of Industrial Crops (AAIC) Annual Meeting., Murcia, 17.09.2005-21.09.2005, 2005, (ISBN 84-689-3363-5), S. 13
- MUNDER, F.; FÜRLL, C.; HEMPEL, H.: Processing of natural fiber plants for industrial application. In: Mohanty, A. et al. (eds.): Natural fibers, biopolymers and their biocomposites., Taylor & Francis CRC Press, New York, 2005, (ISBN 0-8493-1741-X), S. 109-140
- FÜRLL, C.; PECENKA, R.; MUNDER, F.: Progress in the decortication method of natural fibre plants. In: Proceedings "5. Internationales Symposium "Werkstoffe aus Nachwachsenden Rohstoffen", Erfurt, 01.09.2005-02.09.2005, 2005, S. 37
- FÜRLL, C.; MUNDER, F.; HEMPEL, H.; MARTINOV, M.: Savremena Tehnologija odvajanja vlakna konoplje (Eine moderne Technologie für den Aufschluss von Hanf). Poljoprivredna tehnika 29 (2): 37-43, 2005
- BOJDZINSKI, B.; FÜRLL, C.; HEMPEL, H.: A new Technology for the Cleaning and Sizing of the Shives within a new Natural Fiber separation Plant. In: Proceedings "XVI CIGR World Congress Agricultural Engineering for a Better World", Bonn, 03.09.2006-07.09.2006, VDI-Berichte Nr. 1958., VDI Verlag GmbH, Düsseldorf, 2006, (0083-5560 3-18-091958-2), S. 605-606
- FÜRLL, C.; PECENKA, R.; RADOSAVLJEVIC, L.; IDLER, C.; GRUNDMANN, P.: Verfahren der Gewinnung und Verarbeitung von Naturfasern. 15. Arbeitswissenschaftliches Seminar Arbeitswissenschaften im Landbau. 15. Arbeitswissenschaftliches Seminar VDI-MEG-Arbeitskreis, Wien, 05.03.2007-06.03.2007, Landtechnische Schriftenreihe. radinger print, Wien, 2007, (3-85250-230-6), S. 36-41