

Projekt: 2003.22

Transfer der Entwässerungstechnologie aus der Zellstoff-Industrie auf die Herstellung von Holzfaserdämmstoffen.

Schlussbericht

**Erstellt von G. T. Locher
Pavatex Sa,
1701 Fribourg
15.09.09**

Inhaltsverzeichnis

1	Zusammenfassung	2
2	Einleitung	3
3	Ziel des Projektes	4
4	Holzfaserdämmstoffe	4
4.1	Rohstoff	4
4.2	Produktionsverfahren von Holzfaserdämmstoffen	4
4.3	Herstellkosten und Energiehaushalt	5
4.4	Thermische und mechanische Eigenschaften	6
5	Stand der Wissens	7
6	Projektziel	7
6.1	Grundidee	7
6.2	Beschaffung der Anlage	7
6.3	Ergebnisse	7
6.3.1	Erreichung der Teilziele	8
6.3.1.1	Trockensubstanz nach der Entwässerung	9
6.3.1.2	Druckauflaufkasten	9
6.3.1.3	Siebbespannung	9
6.3.1.4	Länge der Keilpresse	9
6.3.1.5	Anzahl der Rollenpresse und Anpressdruck	9
6.3.2	Faserausrichtung und Faserqualität	8
6.3.2.1	V-Sein / V-Strahl	10
6.3.2.2	Beziehung zwischen Rohdichte des Produktes und der Trockensustanz	10
6.3.2.3	Beziehung zwischen Wärmeleitfähigkeit und der Rohdichte der Produkte	10
6.3.2.4	Tiefste erreichbare Rohdichte	10
6.4	Platteneigenschaften	10
6.5	Vergleich mit Zielwerten	10
6.5.1	Verbesserung der Wärmeleitfähigkeit um 10 %	10
6.5.2	Reduktion der Rohdichte aller Produkte um 12%, gleichbedeutend mit Einsparungen im Bereich der Rohmaterialien und Energie	10
6.5.3	Restliche Zielwerte	10
6.6	Aktuelle Situation	11

1. Zusammenfassung Schlussbericht

Der Markt für Holzfaserdämmplatten für den Hausbau ist entgegen dem allgemein rückläufigen Baumarkt stetig steigend. Die Firma Pavatex besitzt gegenüber der ausländischen Konkurrenz enorme Kostennachteile in den drei Hauptkostenblöcken, Holz, Energie und Personal. Dieser Kostennachteil kann teilweise mit einem guten Service und hoher Produktequalität kompensiert werden. Durch eine Investition in eine neuartige Formmaschine sollte ein Technologiesprung geschaffen werden, welcher bei verbesserter Qualität auch Einsparungen der Herstellkosten mit sich bringen sollte.

Die Herstellkosten konnten aufgrund der verbesserten Produktivität, der höheren Verfügbarkeit der neuen Anlage und geringerer Reparaturanfälligkeit deutlich gesenkt werden. Ebenso konnte der Energieeinsatz, durch den höheren Trockengehalt ausgangs der Formmaschine, um ca. 25 % gemindert werden..

Materialeinsparung konnte beiden Hauptprodukten Pavatherm und Isolair realisiert werden. Bei den anderen Produkten jedoch nicht.

Eine Leistungssteigerung und damit eine Reduktion der Fixkosten in der Größenordnung von 30 % konnte erreicht werden .

Ebenso erreicht wurde die Reduktion der Stillstandszeiten und damit eine deutliche Verbesserung der Verfügbarkeit.

Und: die Reparaturanfälligkeit ist mit der neuen Anlage geringer.

Weitere Teilziele, z. B. durch Ändern der Strahl- und der Siebgeschwindigkeit Platten mit veränderten Eigenschaften herzustellen, konnte nicht erreicht werden. Eine Verbesserung der Wärmeleitfähigkeit, wie im Projekt erhofft, wurde auch nicht erzielt.

Fazit:

Eine Übernahme der Zellstofftechnologie für die Faserplattenherstellung, wäre an sich wünschenswert, ist aber im konkreten Fall nicht in allen Teilen erreicht worden. So konnten vor allem die mechanischen und die physikalischen Eigenschaften der Produkte nicht verbessert werden. Es konnten dagegen deutliche Herstell-Kostenreduktionen erreicht werden.

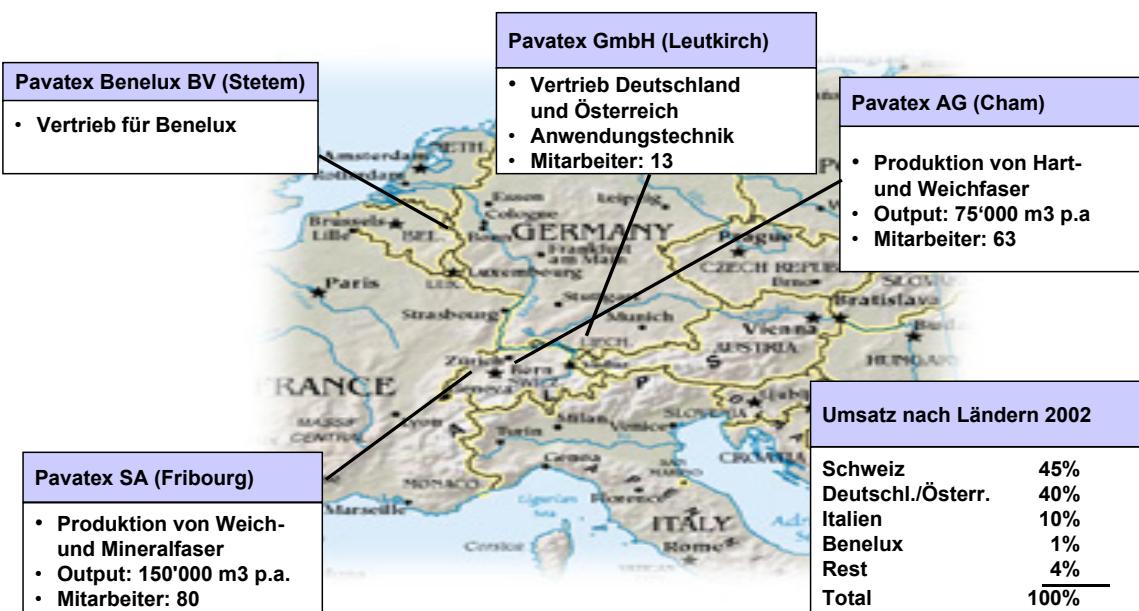
2. Einleitung

Holzfaserdämmstoffe werden europaweit im Hausbau in Dach, Wand und Boden eingesetzt. Die hervorragenden Eigenschaften gegenüber konventionellen Dämmstoffen und die Natürlichkeit der Produkte führten in den letzten Jahren dazu, dass das Marktvolumen dieser Dämmstoffe trotz rückläufiger Baukonjunktur stetig gestiegen ist. Die Pavatex erreichte als Marktführer Zuwachsraten im zweistelligen Prozentbereich.

Entscheidend für den Markterfolg sind neben einer professionellen Beratung auch hervorragende Qualitätsmerkmale der Produkte. Die Herstellkosten der Holzfaserdämmplatte in der Schweiz sind um bis zu 50% höher als in den ehemaligen Ostblockstaaten.

Das Projekt „Transfer der Entwässerungstechnologie aus der Zellstoff-industrie auf die Herstellung von Holzfaserdämmstoffen“ hat zum Ziel den Produktionsstandort Schweiz zu sichern, indem der Qualitätsvorsprung ausgebaut wird und gleichzeitig die Herstellkosten markant gesenkt werden.

Abbildung 1: Organisation und Kennzahlen der Firma Pavatex



3 Ziel des Projektes

Das Ziel des Projektes ist, eine Formmaschine zu entwickeln, welche es erlaubt Holzfaserdämmstoffe mit verbesserten bauphysikalischen Eigenschaften und mechanischen Festigkeiten bei gleichzeitig tieferen Herstellkosten zu produzieren. Folgende Unterziele wurden verfolgt:

1. Verbesserung der Wärmeleitfähigkeit um 10%
2. Reduktion der Rohdichte aller Produkte um 12%, gleichbedeutend mit Einsparungen im Bereich der Rohmaterialien und Energie
3. Erhöhung des Trockengehaltes Ausgangs Formmaschine von heute 32 – 40 % auf 48 – 52 %, was eine massive Leistungssteigerung des Trockners und eine signifikante Reduktion der Trocknungsenergie mit sich bringt.
4. Eine Leistungssteigerung der Gesamtanlage um 37% infolge höheren Trockengehalts nach der Formmaschine und optimierter Produktionsbreite bewirkt eine entscheidende Reduktion der Fixkosten je Einheit.
5. Reduktion der Stillstandszeiten durch verbesserte Verfügbarkeit der neuen Anlagen.
6. Reduktion der Reparaturkosten

4 Holzfaserdämmstoffe

4.1 Rohstoff

Der Rohstoff für die Produktion von Holzfaserplatten sind Resthölzer aus Nadelholz in Form von Schwarten/Spreisseln und Hackschnitzeln, welche als Nebenprodukte in der Sägereiindustrie anfallen. Die Firma Pavatex verwendet ausschliesslich Resthölzer aus Schweizerwäldern und leistet mit der Abnahme von ca. 250'000 Ster/Jahr einen namhaften Beitrag in der Holzkette der Schweiz. Durch die Realisation der geplanten Investition würde sich der Bedarf von Industriestholz um 50'000 Ster/Jahr erhöhen. Zudem ist die Firma Pavatex seit dem Jahr 2001 FSC zertifiziert und möchte mittelfristig den FSC-Anteil Produktionsanfall von heute 2 % auf 50 % steigern. Im Vergleich zu Energieholz ist der Marktpreis für Restholz um 20% höher. Zusätzlich ist der Bedarf nicht saisonal sehr stark unterschiedlich.

4.2 Produktionsverfahren von Holzfaserdämmstoffen

Die Produktion von Holzfaserdämmstoffen erfolgt in 4 wesentlichen Prozessschritten:

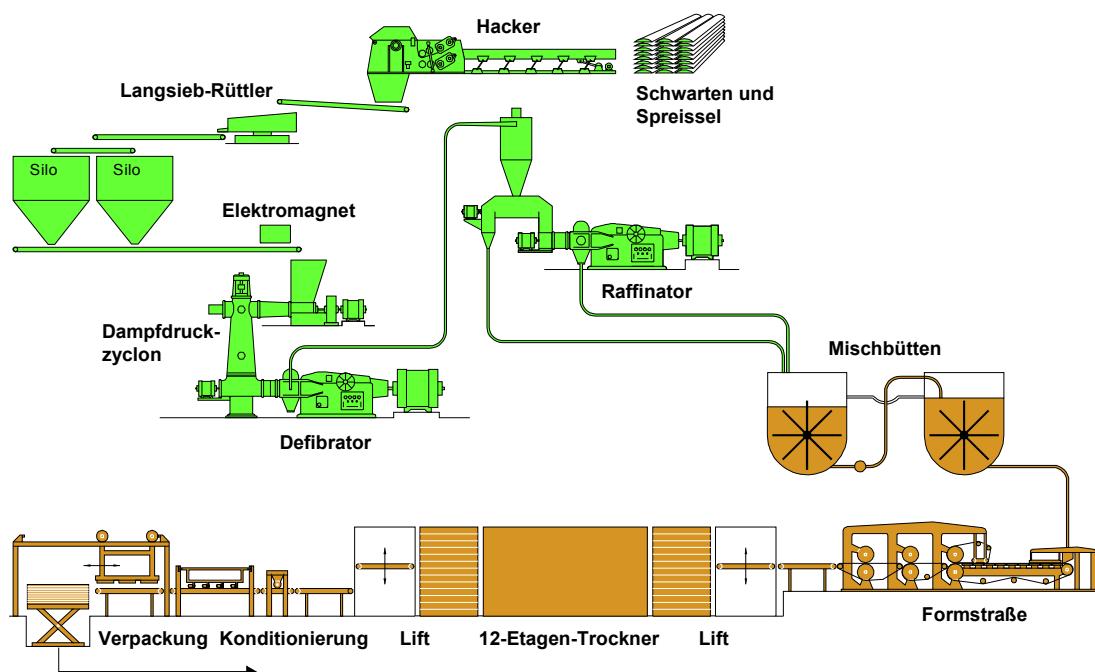
1. **Hacken und Zerfasern des Holzes**
In diesem Schritt wird das Holz in die Einzelfasern zerlegt. Die Qualität des Endproduktes wird in diesem Prozessschritt entscheidend geprägt. Die Herstellung der Holzfasern benötigt grosse Mengen an elektrischer Energie.
2. **Formung und mechanische Entwässerung des Faserkuchens**
Dies ist der zentrale Prozessschritt welcher über Qualität und Herstellkosten des Endproduktes entscheidet. Wichtig sind eine optimale Vliesbildung (Ausrichtung der Fasern) und ein möglichst hoher Trockengehalt des Vlieses Ausgangs Formmaschine. Jeder Prozentpunkt höherer Trockengehalt ist gleichbedeutend mit 3 % Leistungssteigerung und einer Einsparung von 1.5 % an thermischer Energie.
3. **Thermische Trocknung**
Der Trockengehalt des Faserkuchens wird von 30 – 40% auf 96 % hochgetrieben, gleichzeitig

werden die holzeigene Bindemittel aktiviert, dies bewirkt, dass die Holzfasern einen stabilen Verbund eingehen. Diese Wirkung wird erzielt durch die Bildung von Van der Walls Kräften und Wasserstoffbrücken.

4. Zuschnitt und Weiterverarbeitung

Das Halbfabrikat wird in seine endgültige Form umgearbeitet. Die möglichen Schritte sind (1) Zuschnitt, (2) Kantenbearbeitung, (3) Verleimung und (4) Oberflächenbehandlung. Kombinationen dieser Schritte sind häufig.

Abbildung 2: Blockschema Faserplattenherstellung



4.3 Herstellkosten und Energiehaushalt

Die Herstellkosten einer Holzfaserplatte gliedern sich folgendermassen:

30 %	Rohwaren (davon 90% Holz)
25 %	Energie (thermisch und elektrisch)
25 %	Personal
5 %	Unterhalt
15 %	Fixkosten

Durch eine ev. Reduktion der Rohdichte der Faserplatten um 10% würden die Rohwarenkosten ebenfalls um 10% gesenkt. Dies bedeutet für die Pavatex eine jährliche Einsparung von Fr 600'000.-

2/3 der gesamten Energiekosten (Fr 4'500'000 / Jahr) werden in Form von Dampf im Trockner aufgewendet. Mit dieser Energie wird das Restwasser aus der Faserplatte verdampft. Ein absolut

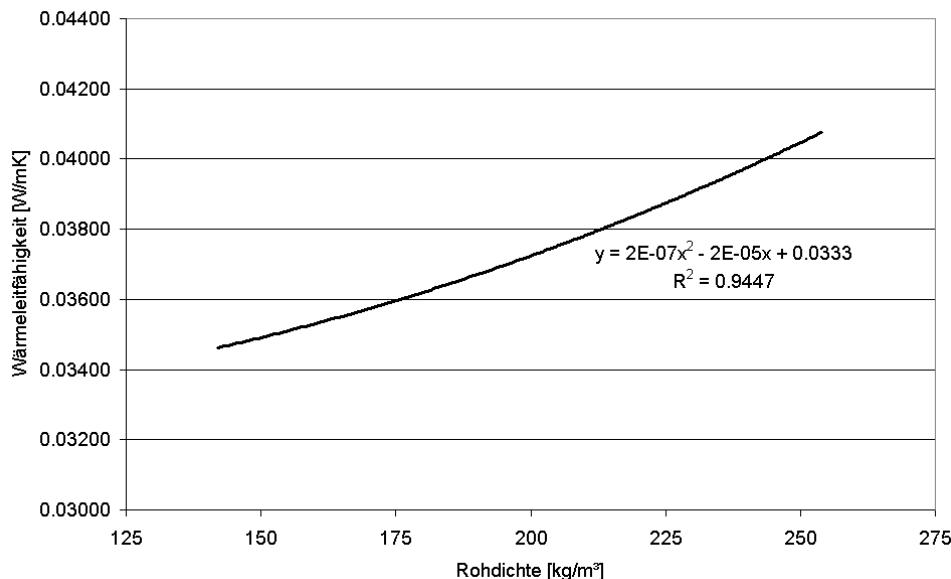
entscheidender Einflussfaktor auf den Energiebedarf des Trockners ist der Trockengehalt der in den Trockner einfahrenden Faserplatte. Durch eine Erhöhung des Trockengehaltes von heute 40% auf 50% sinkt der spezifische Wärmebedarf um ca. 15%. Dies kommt einer Energiekosten-einsparung von Fr 450'000.- /Jahr gleich. Diese Energieeinsparung bewirkt eine Reduktion des CO₂ Ausstosses der Fabrik von 1800 to CO₂ pro Jahr.

4.4 Thermische und mechanische Eigenschaften

Holzfaserdämmplatten besitzen zwei entscheidende Qualitätsmerkmale, dies sind die möglichst geringe Wärmeleitfähigkeit und die möglichst hohen mechanischen Eigenschaften (Biegebruchfestigkeit, Querzugfestigkeit und Druckspannung).

Pavatex-interne Untersuchungen haben ergeben, dass die Wärmeleitfähigkeit von zwei Hauptfaktoren beeinflusst wird. Einerseits ist die Ausrichtung der Holzfaser im Faserverbund der Platte (je horizontaler ausgerichtet, umso tiefere Wärmeleitfähigkeit), andererseits ist die Rohdichte der Faserplatte entscheidend. Je geringer die Rohdichte umso besser die Wärmeleitfähigkeit. Das Verhältnis Rohdichte zu Wärmeleitfähigkeit bei Holzfaserdämmstoffen ist in Abbildung 3 dargestellt.

Abbildung 3: Beziehung zwischen der Rohdichte der Platte und deren Wärmeleitfähigkeit



Die mechanischen Festigkeiten der Faserplatten werden im Wesentlichen von der Faserqualität und durch geringfügiges Zumischen von Bindemitteln beeinflusst. Die Formmaschine spielt hier nur eine untergeordnete Rolle. Bei falscher Formmaschinenkonstruktion kann aber der Faserverbund geschädigt werden, was zu einer Reduktion der mechanischen Festigkeiten führt.

5. Stand der Wissens

Die Herstellung von Faserplatten im Nassverfahren ist eine recht alte Technologie, welche ihren Ursprung in den Dreissigerjahren des vorigen Jahrhunderts hat. Seit den 70-Jahren sind praktisch keine neuen Faserplattenwerke mehr in Betrieb gegangen. Allfällige sporadische Modernisierungen der Anlagen wurden in der herkömmlichen Technologie durchgeführt. Alle Lieferanten von Anlagenkomponenten haben aufgrund der mangelnden Nachfrage keine Entwicklungsarbeit mehr geleistet. Die Spezialisten im Nassfaserprozess haben sich neuen Herausforderungen gestellt oder sind längst pensioniert. So stehen wir heute mit einer relativ alten Technologie da, welche sich nicht weiterentwickelt hat und welche kaum über Spezialisten verfügt.

Demgegenüber hat die Zellstoffindustrie in den letzten Jahren enorme Fortschritte, gerade in der Entwässerungstechnik von Faservliesen erreicht. Weltweit kann man auf sehr viele Spezialisten zurückgreifen.

Es ist somit nicht abwegig die vorhandene und die künftige Zellstofftechnologie auf die Faserplattenproduktion, wenn immer möglich, auszuweiten.

6. Projektziel

Zusammen mit dem Kooperationspartner soll eine neuartige, in Branchenkreisen anerkannte Zellstoffentwässerungsmaschine für die speziellen Anforderungen der Holzfaserstoffentwässerung angepasst werden, um somit eine Leistungssteigerung und verbesserte Produkteigenschaften der Holzfaserplatten zu erreichen.

6.1 Grundidee

Basierend auf der Entwässerungstechnik der Zellstoffindustrie muss eine Formmaschine für Holzfaserplatten konstruiert werden. Während der Entwicklung müssen die teilweise gegenläufigen Parameter Produkterohdichte, Trockengehalt der Faserkuchens Ausgangs Formmaschine, thermische Leitfähigkeit und mechanische Festigkeit gegeneinander optimiert werden. Bei der Firma Andritz steht eine Pilotplant-Anlage zur Verfügung, auf welcher die Maschinenparameter in breiten Grenzen variiert werden können.

6.2 Beschaffung der Anlage

Aufgrund der durchgeführten Pilotversuche auf der Anlage des Lieferanten, wurde eine Formmaschine FPP2800FF bei der Firma Andritz bestellt. Die Lieferung erfolgte im Winter 2004/2005 mit der Inbetriebnahme Mai 2005. Im Anhang 1 sind die technischen Daten der Formmaschine aufgeführt.

6.3 Ergebnisse

Nach einer nunmehr dreijährigen Laufzeit der Anlage, davon war das 2. Semester 08 sowie das erste und das zweite Quartal 09 sehr konstant, können nun einige Ergebnisse aufgezeigt werden.

6.3.1 Erreichung der Teilziele

6.3.1.1 Trockensubstanz nach der Entwässerung

Das Teilziel, nach der Entwässerung durch Gravitation und durch die mech. Entwässerung mit über 50 % Trockengehalt in den Trockner zu fahren, wurde erreicht. Doch kann nicht vermieden werden, dass die Plattenstruktur einen leichten Struktur-Schaden erleidet und dieser durch Zusage von Stärke behoben werden muss.

Im Moment sind Bestrebungen im Gange, dieses Manko durch den Einsatz von neuen unidirektionellen Defibrator Segmenten, anstelle von bidirektionellen, aufzuheben bzw. zu vermindern.

6.3.1.2 Druckauflaufkasten

Die Keilöffnung des Druckauflaufkastens war in der ursprünglichen Form mit 86 mm Öffnung zu klein. Die Entwässerung war ungenügend und damit die Oberflächen der Platten sehr unruhig. Eine Vergrößerung auf 160 mm brachte eine Verbesserung in die richtige Richtung ist aber immer noch nicht befriedigend. Eine weitere Vergrößerung auf 240 mm Öffnung ist im Gespräch. Zudem soll der geschlossenen Druck-Auflaufkasten durch einen offenen, drucklosen, ersetzt werden.

Ein weiterer Punkt war die Anpassung der Lochdurchmesser in der Durchflussleiste. Mit unseren rel. groben Fasern war ständig die Gefahr zur Verstopfung gegeben. Durch Anpassen der Lochzahl und der Lochgeometrie in der Durchflussleiste konnte dies weitgehend behoben werden.

6.3.1.3 Siebbespannung

Die Siebbespannung an sich war zu Beginn kein Thema. Die ursprüngliche Bespannung wurde beibehalten. In letzter Zeit wird nachgedacht, ein Spiralsieb anstelle eines gewobenen einzubauen. Ein Sieb-Wechsel könnte in viel kürzerer Zeit vorgenommen werden.

6.3.1.4 Länge der Keilpresse

Die Keilpresse ist immer noch im Originalzustand. Gegenüber der Pilotanlage wurde die Keilpresse um 4 m verkürzt. Die Keilpresse ist auf der neuen Anlage 1 m lang (Pilotanlage 5m).

6.3.1.5 Anzahl der Rollenpresse und Anpressdruck

Die Anzahl der Rollenpressen und der Anpressdruck sind eminent wichtig für das Erreichen der vorgesehenen Trockensubstanz der Faservliese vor der thermischen Trocknung. Es hat sich auch gezeigt, dass das vierte Pressenpaar (Jumbopresse) mit einem Filz ausgestattet sein muss, um eine saubere Entwässerung zu garantieren. Ein Spielen mit den Anpressdrücken wirkt sich sofort auf die Trockensubstanz aus

6.3.2 Faserausrichtung und Faserqualität

Wie schon oben erwähnt, ist die Oberflächenstruktur noch Verbesserungswürdig. Um eine einigermaßen anschauliche Oberfläche zu erhalten, muss die Platte geschliffen werden. Durch die Änderung der Keilhöhe im Auflaufkasten konnte eine partielle Verbesserung erzielt werden.

Die Holzfasern sind häufig als Faserbündeln vorhanden und neigen in der Stoffsuspension zur Klumpenbildung. Diese können die Durchflussleiste schnell verstopfen, was zur Streifenbildung in der Platte führen kann. Die Zellstoff-Fasern dagegen sind Einzelfasern und homogener in der Suspension verteilt. Damit ist die Gefahr des Verstopfens weniger akut. Hier kann eine Verbesserung durch Ändern der Stoffdichte erreicht werden.

6.3.2.1 V-Sieb / V-Strahl

Gerade im Hinblick auf die Regelung der Sieb- wie auch der Strahl Geschwindigkeit um damit verschiedene Eigenschaften der Platte zu ändern, wurden wir enttäuscht. Ziel war es, entweder Platten mit hoher Festigkeit und mit mehr oder weniger stehenden Fasern in der Mittellage herzustellen, oder dann Isolationsplatten mit liegenden Fasern in der Mittellage zu produzieren, welche dann sehr gute Isolationswerte aufweisen sollten. Dieses Ziel wurde nicht erreicht. Aus diesem Grund wurden Überlegungen angestellt, den Stoffauflauf zu ändern.

6.3.2.2 Beziehung zwischen Rohdichte des Produktes und der Trockensubstanz

Es hat sich gezeigt, dass Produkte mit geringerer Trockensubstanz also höherem Wassergehalt nach der Formmaschine, nach der Trocknung eine höhere Rohdichte aufweisen, doch damit einhergehend ist auch eine verlängerte Trocknungszeit zu verzeichnen.

Dieser Vorgang war an sich zu erwarten, zumal mit höherem Anteil Wasser auch eine stärkere Benetzung der ineinander verfilzten Fasern vorhanden ist. Dies führt auch zu mehr natürlichen Bindungen (Van der Waal's Kräfte) womit die Platten stärker verdichtet werden.

Da die mechanischen Eigenschaften sehr stark mit der Rohdichte korrelieren ist die Beziehung zwischen dem Trockengehalt Ende Formmaschine und den mechanischen Eigenschaften der Produkte (Biegebruchfestigkeit, Querzugfestigkeit, Druckfestigkeit) eine Ähnliche. D. h. je höher die Rohdichte, desto höher die mech. Werte.

6.3.2.3 Beziehung zwischen der Wärmeleitfähigkeit und der Rohdichte der Produkte

Die Wärmeleitfähigkeit und die Rohdichte korrelieren sehr stark innerhalb der Produktgruppen welche im gleichen Werk hergestellt werden. Werksübergreifende Korrelationen sind weniger aussagekräftig.

6.3.2.4 Tiefste erreichbare Rohdichte

Die tiefste erreichbare Rohdichte liegt bei ca. 125 kg/m³. Dabei ist aber wichtig, dass die Zerfa- serung und Holzqualität optimal eingestellt werden andernfalls sind die Platten nicht handelbar und zerbrechen in den Händen.

Diese Rohdichte ist für die Trittschallplatte unerlässlich damit die garantierten technischen Werte eingehalten werden können. Die Rohdichte der Pavathermplatte liegt bei 135 bis 140 kg/m³ jene der Isoroof/Isolair Platte bei 240 kg /m³. Diese Dichten sind unerlässlich, um genügende mech. Festigkeiten zu erzielen. Damit ist eine Reduktion der Rohdichte um ca. 10 % möglich.

6.4 Platteneigenschaften

Aktuell werden auf der Anlage Platten mit folgenden Eigenschaften produziert

Pavatherm 20 mm

	Rohdichte	Biegefestigkeit	Druckfestigkeit	Zugfestigkeit	Wasser-Aufnahme	Wärmeleitfähigkeit
	Mittelwert	Mittelwert	Mittelwert	Mittelwert	Mittelwert	90/90
	kg/m ³	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²	kg/m ²	W/mK
Mindestwert	140	0.200	0.020	0.0050	1.2	0.038
Deklariert nach EN 13171		-	0.020	0.0020	2.0	0.038

Isoroof Natur/Isolair L/Pavaflat 18-22 mm

	Rohdichte	Biegefestigkeit	Druckfestigkeit	Zugfestigkeit	Wasser-Aufnahme	Wärmeleitfähigkeit
	Mittelwert	Mittelwert	Mittelwert	Mittelwert	Mittelwert	90/90
	kg/m ³	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²	kg/m ²	W/mK
Mindestwert	240	0.800	0.100	0.050	< 0.65	0.048
Deklariert nach EN 13171		-	0.100	0.030	< 1.0	0.047

6.5 Vergleich mit Zielwerten

6.5.1 Verbesserung der Wärmeleitfähigkeit um 10 %

Diese Vorgabe konnte nur bedingt erreicht werden. So sind wir zwar bei Pavatherm auf Zielwert, doch die anderen Produkte konnten sich nicht verbessern. Namentlich bei Isoroof/Isolair sind keine Verbesserungen zu verzeichnen.

6.5.2 Reduktion der Rohdichte aller Produkte um 12%, gleichbedeutend mit Einsparungen im Bereich der Rohmaterialien und Energie

Dieses Ziel wurde für die Hauptprodukte Pavatherm und Isoroof/Isolair erreicht.

6.5.3 Restliche Zielwerte

Andere Ziele wurden erreicht wie:

- Erhöhung des Trockengehaltes Ausgangs Formmaschine von heute 32 – 40 % auf 48 – 52 %, was eine massive Leistungssteigerung des Trockners und eine signifikante Reduktion der Trocknungsenergie mit sich bringt.
- Eine massive Fixkostenreduktion
- Reduktion der Stillstandszeiten durch verbesserte Verfügbarkeit der neuen Anlagen.
- Reduktion der Reparaturkosten

Insgesamt resultiert daraus eine nicht unerhebliche Reduktion der Herstellkosten.

Doch eine verfahrenstechnische Übernahme der Zellstofftechnologie zur Herstellung von Holzfaserdämmplatten ist eins zu eins nicht machbar. Zu gross sind die Unterschiede.

- Die Fasern sind zu verschieden in ihren Abmessungen.
- Die Dicke des Vlieses nach der Formmaschine ist um ein Vielfaches höher. (5 bis 10X)
- Flockung und Retention sind aufgrund der Vliesdicke verschieden.

6.6 Aktuelle Situation

Die Anlage läuft nun seit Herbst 08 mit fünf Arbeits-Schichten. Der Auslastungsgrad beträgt 93 % und die Produktivität liegt bei ca. 32'000 jato. Bis Ende Jahr soll der geschlossene Drucklaufkasten durch einen offenen Auflauf ersetzt werden. Dadurch soll die Oberfläche verbessert werden und der Abschliff minimiert werden.

G.T. Locher 13.09.09