

Abb. 1: Ecopump Turbo™ EP315-S



## Energieeinsparungspotenziale bei der Vakuumerzeugung

**Signifikante Energieeinsparung in der Vakuumerzeugung ist möglich, wenn Geräte eingesetzt werden, die das Vakuum über ein großes Arbeitsfenster bedarfsbezogen bereitstellen können. Stora Enso Sachsen ersetzte im Sommer 2011 mit zwei Ecopump Turbo™ sechs Wasserringpumpen. Die in der Praxis erreichte Energieeinsparung betrug 655 kW im direkten Vergleich ohne andere Optimierungsmaßnahmen, obwohl das ursprüngliche System bereits optimiert und die Wasserringpumpen mit Frequenzumrichter ausgestattet waren.**

### Vakuumerzeugung in der Papierherstellung

Die Vakuumanlage ist an der Papiermaschine nach den PM-Antrieben der größte Einzelverbraucher von elektrischem Strom, sofern nicht der Stoff intensiv gemahlen wird. Hohe Vakua an den Saugstellen der Papiermaschine, sowohl in Sieb- wie in der Pressenpartie, bremsen die Bewegung der ansonsten über gut gelagerte Walzen laufenden Siebe und Filze. Sprich, hohe Vakua verursachen einen höheren Stromverbrauch bei den PM-Antrieben. Darüber hinaus verschleifen die Dichtleisten der Sauger und die Filze schneller je höher die Vakua sind.

In der Praxis werden die benötigten Vakuummengen entsprechend den technologischen Gegebenheiten (produzierte Sorte, Stoffqualität, Zustand des Filzes etc.) eingestellt. An älteren Maschinen wird auch manchmal versucht, mit höherem Vakuum Runnability-Probleme, z. B. sich ablösende Ränder, zu kompensieren.

Die Bemühungen die Vakuumlufmengen und -niveaus zu optimieren, werden aber energetisch oft nicht belohnt, da die meisten Vakuum-

anlagen nicht in der Lage sind, solche Maßnahmen in eine geringere Stromaufnahme umzusetzen. D. h., es können durch eine Optimierung alter Anlagen die Herstellungskosten auch nicht gesenkt werden, sofern nicht Vakuumerzeuger stillgelegt werden.

Bei Vakuumanlagen mit Wasserringpumpen steht eine hohe Vakuumeistung zur Verfügung, da der volumetrisch pumpende Wasserring das Vakuum ansteigen läßt, wenn der Saugwiderstand (z. B. zugehender Filz) ansteigt. Das geht soweit, bis verdampfendes Wasser aus dem Wasserring das Saugvolumen des pumpenden Wasserrings quasi „auffüllt“. Durch das Öffnen des „Schnüffel-“ oder Falschluffventils wird das Vakuumniveau in der Praxis eingestellt; das gilt häufig auch für Anlagen mit Mehrstufengebläsen. Diese Regelart ist einfach, präzise und sehr betriebssicher – nur leider gar nicht energieeffizient.

Die in der Papierindustrie bisher üblicherweise verwendeten Vakuumerzeuger sind Wasserringpumpen, ein- und mehrstufige Turbogebälde und seltener auch Drehkolbenpumpen (z. B. Rootsgebälde). Wasserringpumpen können in einem schmalen Betriebsfenster drehzahlregelt betrieben werden, wobei aber das oben genannte Problem einer effizienten Begrenzung des Vakuumniveaus ohne Falschluffventil nicht gelöst wird. Die klassischen Mehrstufengebläse laufen mit konstanter Drehzahl, da die Zwischenentnahme an den verschiedenen Druckstufen eine variable Drehzahlregelung nicht erlaubt.

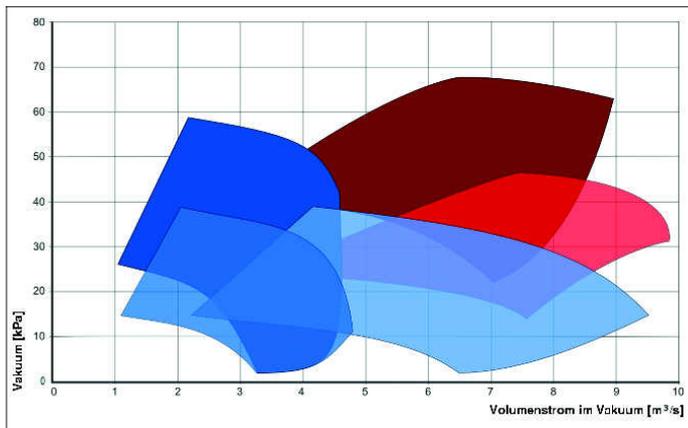
Vakuumanlagen müssen so ausgelegt werden, dass für alle Betriebszustände und Flächengewichte bzw. Sorten sicher produziert werden kann. Das bedeutet, dass ausreichend Saugleistung auch für ein Anfahren mit neuen Filzen an allen Positionen und der leichtesten zu produzierenden Sorte bereitzustellen ist. Für den Rest des Jahres (und die jährliche Stromrechnung) ist die Anlage dann überdimensioniert.

Es ist daher einleuchtend, dass mit einer variablen und bedarfsbezogenen Erzeugung von Vakuum große Energieeinsparpotenziale erschlossen werden können.

Praxisbeispiele mit Ecopump Turbo™ zeigen, dass die Stromeinsparung gut 30% betragen kann, in manchen Fällen auch über die Hälfte des jährlichen Stromverbrauchs für die Vakuumerzeugung. (Abb. 1)

**Energieeinsparung mit Ecopump Turbo™**

Die Ecopump ist ein spezielles Turbogebälde, das in der Drehzahl stufenlos mit Regelung über Frequenzumrichter betrieben wird. Der Antrieb erfolgt mit einem Hochgeschwindigkeitsmotor, der in die Ecopump integriert ist. Die ein oder zwei Laufräder sind ohne Getriebe und ohne Kupplung direkt auf der kurzen und starken Motorachse montiert. Somit sind keine kritischen Drehzahlen vorhanden, die z. B. beim Anfahren durchlaufen werden müssen; entsprechende Anfahrsequenzen, wie von manchen anderen Turbogebälde bekannt, entfallen. Das Betriebsfenster erstreckt sich theoretisch von Null bis zur maximalen Drehzahl des Motors, die über 10 000 U/min liegt.



**Abb. 2: Ecopump-Kennfelder; durch die Drehzahlregelung ergeben sich weite Kennfelder im Gegensatz zu traditionellen Vakuumern**

Die verschiedenen Vakuumhersteller haben recht unterschiedliche Wirkungsgrade. (Abb. 2) Turbogebälde haben üblicherweise einen Wirkungsgrad um die 65 % und höher – so auch der Ecopump Turbo™. Die Abluft der Ecopump ist warm und kann entweder für eine Wärmerückgewinnung mit Wärmetauscher verwendet werden oder auch in die Haube der Trockenpartie eingeblasen werden; dadurch kann der Gesamtwirkungsgrad noch weiter gesteigert werden.

Wasserringpumpen benötigen Energie zum Aufbau des Wasserrings, was sich in einem generell niedrigeren Wirkungsgrad von unter 50 % für die Vakuumherzeugung ausdrückt. Zusätzlich muss Sperrwasser bereitgestellt und ggf. gekühlt werden, was weitere Energie für Pumpen und Kühlanlagen benötigt. Die Ecopump läuft wasserfrei.

In der Praxis gibt der Papiermacher das gewünschte Vakuumniveau (Druck) über Eingabe am PLS vor und die Regelung der Ecopump sorgt für die notwendige Drehzahl. Bei sich veränderndem Fließwiderstand (Gegendruck) regelt der Frequenzumrichter die Drehzahl bedarfsbezogen und die Stromaufnahme verändert sich entsprechend.

Werden mehrere Saugstellen mit unterschiedlichen Anforderungen von einer Ecopump versorgt, erfolgt die Einstellung der Saugstelle bedarfsweise mit einem Drosselventil, um den Durchfluss, z. B. bei einem neu eingezogenen Filz, zu begrenzen. Durch eine solche Drosselung sinkt zwar der systemische Wirkungsgrad von Erzeuger und Saugstelle ab, liegt meist aber immer noch deutlich höher als bei einer Besaugung mit Wasserringpumpe.

**Neue Optimierungsmöglichkeiten**

Mit einem variabel arbeitenden Vakuumherzeuger, der bedarfsbezogen saugt, hat der Papiermacher endlich ein Werkzeug zur Verfügung, mit dem Optimierungen direkt in Stromeinsparung umgesetzt werden können. Das „Schnüffelventil“ bleibt zu. Eine Optimierung der Filze, der Entwässerung

und des Vakuumbedarfs an funktionalen Saugstellen, wie dem Pickup, macht sich somit umgehend in der Kasse bemerkbar. Die Optimierungen aus der betrieblichen Praxis sorgen für weitere Einsparpotenziale.

Hierzu ist es hilfreich, Rückwassermessungen für die einzelnen Saugstellen nachzurüsten, wenn nicht vorhanden. So können Filze optimiert werden, wenn paarweise pro Filz das Rückwasser vom Pressnip (Spritzwannenablauf) und vom Filzsauger gemessen werden. Diese Online-Rückwassermessung ist zur Überwachung des Entwässerungszustandes aber auch der Lieferungen der Filzhersteller hilfreich. Für neue Papiermaschinen ist dieses EcoFlow™ Messgerät Ausstattungsstandard und mit weltweit über 3 000 gelieferten Einheiten industrielle Praxis.

Für eine effizientere Pressenarbeit und eine Verringerung des Vakuumbedarfs sollte eine gute Wasserableitung aus dem Nip gewährleistet sein. Diese besteht aus effektiver Beschaberung und einer funktionierenden Spritzwanne mit ausreichender Kapazität. Neben einer passenden Filzstruktur für die jeweilige Pressengeometrie und das Sortenspektrum, verbessert die Entwässerungsunterstützung über Blasschaber die Entwässerung.

Der Energieeintrag über die im Schaber benötigte Blasluft macht sich dann bezahlt, wenn sich eine Trockenprofilverbesserung und ein höherer Trockengehalt nach den Pressen einstellt. Über einen Prozentpunkt an zusätzlichem Trockengehalt wurde an verschiedenen Pressenpartien erreicht, da zusätzlich Wasser aus den Pressmantelrillen und Blindbohrungen herausgeblasen wird. Für die Vakuumanlage bedeutet das gleichzeitig einen verringerten Bedarf an Filzbesaugung, also eine verringerte Stromaufnahme der Ecopump. (Abb. 3)



**Abb. 3: Energieeinsparung mit bedarfsbezogener Vakuumherzeugung nach Optimierung der Vakuumstellen**

**Optimierung der Vakuumanlage bei Stora Enso Sachsen**

Die Produktion bei der Stora Enso Sachsen GmbH begann 1994 mit Standard Zeitungsdruckpapier auf 100 % Rohstoffbasis der Qualität 1.11 – Deinkingware. Heute werden auf der PM 1 in Eilenburg je nach durchschnittlichem Flächengewicht bis zu 320 000 t/a Druckpapiere für CSWO (Zeitungsdruck), HSWO (Flyer und Werbebeilagen) und Telefonbuchpapier hergestellt. Die Geschwindigkeiten der Maschine variieren je Flächengewicht (34–45 g/m²) von 1 500 m/min bis 1 750 m/min. Mit dem derzeit laufenden Investitionsprojekt mit einem Gesamtvolumen von 30 Mio. € wird eine Schuhpresse im 3. Nip installiert, der Kalender umgebaut und es werden am Former und in der Trockenpartie einige Optimierungen vorgenommen.

Mit dem Umbau der Papiermaschine ab Mai 2012 werden dann höhere Geschwindigkeiten besonders bei den leichten Sorten erwartet. Der Umbau der Vakuumanlage mit der Installation von zwei Ecopump wurde allerdings vorgezogen und diese wurden bereits im August 2011 in Betrieb genommen.

## Ausgangslage

Stora Enso Sachsen hatte bis zum 2. Quartal 2010 insgesamt 13 Vakuumpumpen installiert. Davon liefen elf Pumpen, um das erforderliche Vakuum an der PM zu erzeugen. Zwei Pumpen waren im „Stand by“ und konnten bei Ausfall einer der elf Pumpen so zugeschaltet werden, dass die Papiermaschine weiter betrieben werden konnte. Die Vakuumanlage war bereits in früheren Jahren optimiert worden und dort wo sinnvoll, waren die Wasserringpumpenantriebe mit Frequenzumrichter ausgestattet, um die Drehzahl entsprechend der Erfordernisse anzupassen und so schon Energie zu sparen. Bereits vor der Durchführung dieses Projektes war die Vakuumanlage in Eilenburg eine der effizientesten im Vergleich mit anderen für die Herstellung von Zeitungs- und Magazinpapieren. Trotzdem gab es Positionen und Situationen, bei denen „zu viel Vakuum“ erzeugt wurde und zur Einstellung der erforderlichen Vakua an der Sieb- oder Pressenpartie dieses Vakuum dann mit Falschluffklappen wieder vernichtet werden musste. Diese Differenz zum eigentlichen Bedarf stellt das Haupteinsparpotenzial dar, wenn Vakuum von den Turbogebläsen rein bedarfsbezogen bereitgestellt werden kann.

Abb. 4 zeigt die ursprüngliche Situation:

1. Das erste Ventil dient dazu, das entsprechende Mittelvakuum im Formier einzustellen. Bei leichten Sorten wurde das Ventil mehr geschlossen, da durch das „dünnere“ Blatt mehr Luft eingeblasen wurde. Bei schwereren Sorten wurde das Ventil mehr geöffnet, um maximal konstruktiv erlaubte Vakua (in diesem Fall 1. Kammer der Siebsaugwalze) nicht zu überschreiten, bzw. um zu vermeiden, dass Regelventile in einen sehr geringen kritischen Öffnungsbereich kamen und so das Vakuum abreißen konnte
2. Das hier markierte zweite Ventil zur Einstellung des Pick-up Walzen Vakuums wurde entsprechend des Pick-up Filz Alters, bzw. der Dichtigkeit des Pick-up Filzes geöffnet oder geschlossen, so dass das maximal erlaubte Vakuum an der Walze nicht überschritten wurde
3. Das dritte Falschluffventil an den Rohrsaugern wurde entsprechend des Filzalters eingestellt

4. Das vierte Ventil wird ebenfalls in der Abhängigkeit des Filzalters eingestellt. Da Stora Enso Sachsen nur zwei Ecopump installierte, werden die Saugstellen der Haltezone der Presssaugwalze und der die Transfersaugwalze nach wie vor durch Wasserringpumpen versorgt und stellen somit ein zukünftiges Einsparpotenzial dar.

## Projektvarianten

Im Rahmen einer gründlichen Untersuchung der Vakuumanlage wurden zwei Varianten erarbeitet; beide sind für Umbauten typische Hybridvarianten mit einem teilweisen Weiterbetrieb der vorhandenen Wasserringpumpen:

1. **Variante:** Installation von drei Ecopump Turbogebläsen; es wären dann ausschließlich die drei Wasserringpumpen in Betrieb geblieben, die das Vakuum für die Siebsaugwalze, den HiVac und die Presszone der Presssaugwalze erzeugen; das erwartete Energieeinsparpotenzial lag bei ca. 900 kW

2. **Variante:** Installation von zwei Ecopump Turbogebläsen mit einem Energieeinsparpotenzial von 700 kW.

Variante 2 wurde umgesetzt, da dort das Verhältnis Energieeinsparung zu Investitionskosten am besten war. Bei der Installation von zwei Gebläsen konnte ferner eine Lösung realisiert werden, bei der im Bedarfsfall auch komplett mit Wasserringpumpen hätte weiter produziert werden können. Neben der Risikominimierung im Umgang mit einer im Werk Eilenburg unbekanntem Technologie, kann auch die Bevorratung an Ersatzteilen minimiert werden, wenn Redundanz besteht. In beiden Varianten war eingeplant, das notwendige Vakuum für die Formierwalze über einen drehzahlgeregelten Vakuumventilator zu erzeugen.

In der in Eilenburg umgesetzten Variante deckt der Turbo 1 die Saugstellen Formierschuh 1. und 2. Zone, den Flachsauger, die 1. Kammer der Siebsaugwalze und die Pick-up Walze ab. (Abb. 5)

Der Turbo 2 versorgt alle Rohrsauger-Saugstellen an den Bespannungen, nämlich Pick-up Filz, 1. Unterfilz und theoretisch auch die anderen Rohrsauger. Derzeit werden jedoch der 3. und 4. Nassfilz nur noch ohne Rohrsauger betrieben. (Abb. 6)

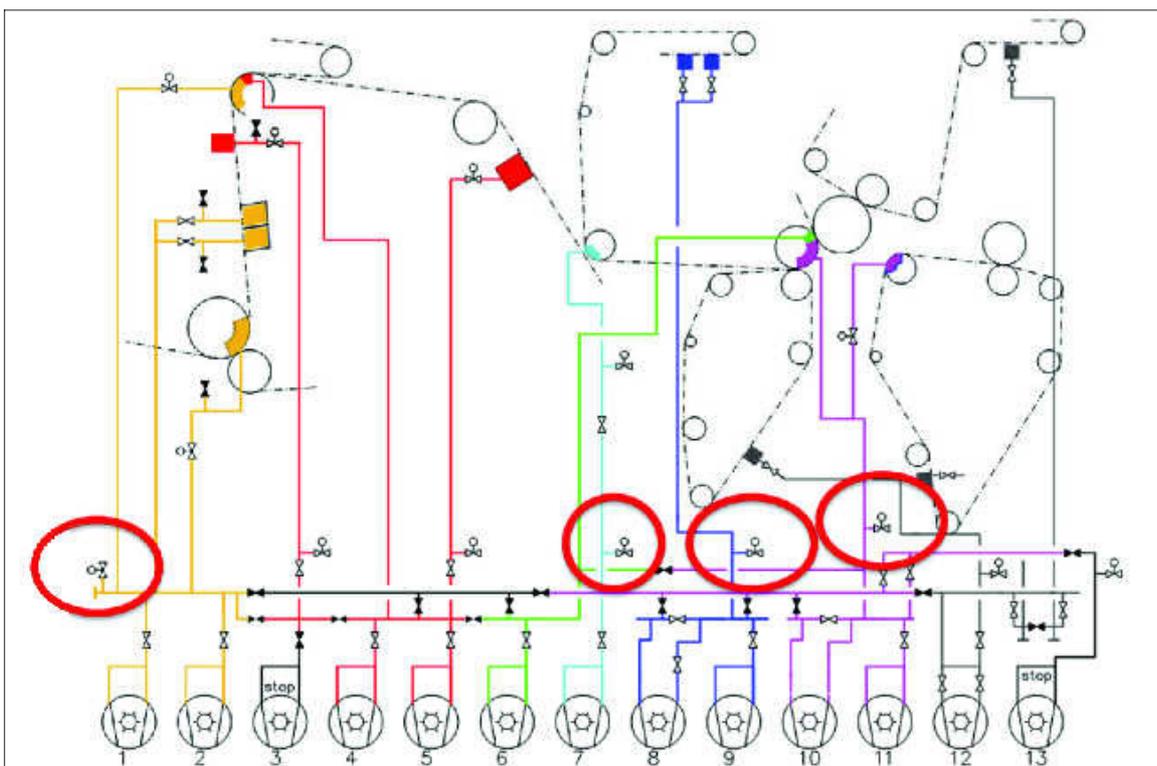


Abb. 4: Ausgangssituation Stora Enso Sachsen PM 1 (Mitte 2010)



Abb. 5: Ecopump Turbo 1 mit zusätzlichen Tropfenabscheider EcoSep™ (Stora Enso Sachsen)



Abb. 6: Ecopump Turbo 2 neben stillgelegter Wasserringpumpe (Stora Enso Sachsen)

## Projektumsetzung

Da bereits in der Ausgangssituation zwei Wasserringpumpen Stand-by standen, wurde durch diverse Umschussarbeiten die Vakuumanlage so betrieben, dass die Wasserringpumpe 1 und 13 abgestellt und demontiert wurden. An die freien Plätze wurden dann die beiden Turboegebläse aufgestellt. Die Ecopump wurde auf eine Stahlplatte montiert, die der Anschlussadapter zu den bestehenden Fundamenten ist.

Da eine Ecopump eine vorab getestete Einheit von Motor und Turboegebläse ist, entfällt eine mechanische Justierung und Prüfung vor Ort. Die sehr kompakte Bauweise mit dem integrierten Motor ist platzsparend und vereinfacht die Aufstellung auch bei beengten Platzverhältnissen. Da die ersetzten Wasserringpumpen mit externem Motor und Getriebe mehr Platz beanspruchten, ist Platz freigeworden, wo z. B. in anderen Installationen weitere Wasserabscheider untergebracht werden können. Abscheidekammern aus Beton werden nicht benötigt, können aber weiter verwendet werden, sofern vorhanden.

Die Wasserabscheidung der vorhandenen Stahlbehälter in Eilenburg wurde als ausreichend betrachtet; die Tropfenabscheider haben eine Polzeifunktion.

Bei den regelmäßigen Bespannungswechseln und einem Reparaturstillstand der PM konnten dann weitere Maßnahmen im Bereich der Rohrleitungen durchgeführt werden. Auch der Vakuumentilator konnte komplett bei laufender Produktion aufgestellt werden.

Bei laufender Papiermaschine wurden die Anlagen, ohne am Vakuurnetz zu hängen elektrisch geprüft und die entsprechenden Verriegelungen der Gebläse getestet. Auch erste Einstellungen zur Drehzahlregelung und zum Verhalten bei extremen Zuständen (zu wenig Luftströmung zu den Gebläsen) wurden im Vorfeld durchgeführt bzw. getestet. Schließlich wurden dann bei einem geplanten Bespannungswechsel die Rohrleitungen umgeschlossen und innerhalb von 4 h die notwendigen Papiermaschinenverriegelungen, im Besonderen für die Pick-up Walzen Automatik, durchgeführt.

Seit dem laufen die Gebläse, ohne einen Produktionsausfall verursacht zu haben. Sechs Wasserringpumpen wurden stillgelegt und können bei Bedarf reaktiviert werden. In den ersten Tagen nach der Inbetriebnahme fanden die normalen Optimierungsarbeiten statt.

## Erfahrungen und Ergebnisse

In den ersten Wochen nach dem Start war zu sehen, dass der Turbo 1 besonders bei den leichten Telefonbuchsorten im oberen Drehzahlbereich (> 95 %) lief. Die gewünschten Vakuumniveaus wurden erreicht. Dennoch wurde, um bei Bedarf mehr Spielraum zu haben das Vakuum zu verändern, die 1. Vakuumzone des Formierschuhs mit auf den Vakuumentilator umgelegt. Der Ventilator hatte ausreichende Reserven und Turbo 1 wurde somit entlastet. Der Turbo 2 läuft meistens mit einer Drehzahl von ca. 60%. Es gibt einige Ideen, die Anlage weiter so zu optimieren, dass das letzte der noch verwendeten Falschluffventile im Bereich der Transfersaugwalze eliminiert werden kann, auch ohne ein weiteres Aggregat zu installieren.

Der Stromverbrauch der Vakuumanlage ging um 655 kW zurück, wobei noch fünf Wasserringpumpen in Betrieb sind. Von den stillgelegten Maschinen sollen noch drei demontiert werden. Die verbleibenden Wasserringpumpen dienen als Absicherung falls an den Turbogebbläsen oder den verbliebenen Wasserringpumpen Störungen auftreten sollten. Die Energieeinsparung kann man gut in Abb. 7 erkennen.



Abb. 7: Typischer Energiebedarfsverlauf (Filzzyklen)

Während früher während einer Filzlaufzeit Vakuum entsprechend der Filzzustands mit „Falschluff“ vernichtet wurde, verändert sich der Energiebedarf der Ecopump entsprechend des tatsächlichen Bedarfs. Vor dem Umbau war der Energiebedarf über die Laufzeit konstant, heute passt sich der Energiebedarf den Erfordernissen an. Mit diesen variablen Vakuumerzeugern entsteht zusätzliches weiteres Potenzial, um den elektrischen Energiebedarf zu reduzieren.

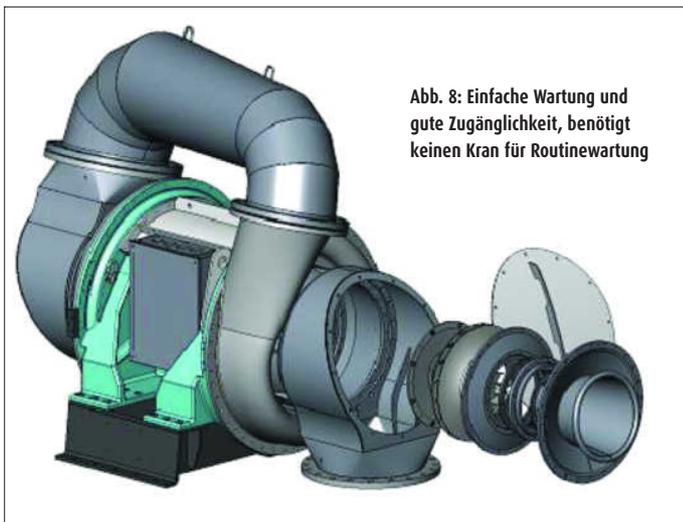
Die Möglichkeiten auch Wärmeenergie einzusparen, wurden noch nicht in Angriff genommen. Anstelle des Bedarfs an kühlem Sperrwasser für

die Vakuumpumpen und den damit nötigen Vorkehrungen, arbeiten Ecopump wasserfrei; der Wasserbedarf ist entsprechend zurückgegangen. Die Abluft der Turbos hat eine Temperatur von  $> 100\text{--}120\text{ }^{\circ}\text{C}$ , wobei diese Abwärme derzeit noch ungenutzt ist. In einem weiteren Optimierungsschritt ist geplant, diese z. B. zur Erwärmung von Siebwasser 1 zu nutzen.

### Wartung und Instandhaltung

Die Ecopump ist im Betrieb wartungsarm. Die Motorachse, die gleichzeitig die Gebläseachse ist, läuft auf Kugellagern. Diese sind im Rahmen der vorbeugenden Wartung alle zwei Jahre zu tauschen; das war daher in Eilenburg noch nicht der Fall.

Das Laufrad kann nach Abnahme des Deckels auf der Anströmseite visuell inspiziert werden; die laufende Überwachung erfolgt über Vibrationssensor. Das gesamte Vakuumsystem vereinfacht sich nach Umbau von anderen üblichen Technologien: Im Vergleich zu Wasser-ringpumpen entfällt das Sperrwassersystem und im Vergleich zu traditionellen mehrstufigen Gebläsen die komplexe Anfahrsequenz mit den dafür benötigten Automatikklappen. (Abb. 8)



**Abb. 8: Einfache Wartung und gute Zugänglichkeit, benötigt keinen Kran für Routinewartung**

### Ausblick

Im Jahr 2012 wird die 100. Ecopump den Betrieb aufnehmen. Stora Enso wird für die neue Linie zur Herstellung von 455 000 t/a leichtgewichtigen Testlinern die Vakuumanlage komplett mit Ecopump Turbo™, Wasserabscheidern und Ecoflow Rückwassermessungen von Runtech Systems ausstatten. Die Inbetriebnahme der neuen PM 5 in Narew/Polen soll im 1. Quartal 2013 erfolgen.

### Fazit

Erhebliche Energieeinsparungen in der Vakuumanlage sind möglich, wenn der Vakuumerzeuger über einen weiten Betriebsbereich drehzahl-geregelt betrieben werden kann. Ecopump Turbos haben dieses Potenzial mit den bisherigen Installationen erfolgreich bewiesen. Der variable Betrieb mit Frequenzumrichter lädt dazu ein, auch Nipentwässerung und Saugstellenoptimierung zu forcieren, da die Maßnahmen umgehend einen wirtschaftlichen Nutzen durch Senkung der Betriebskosten bringen. Die sehr kompakte Bauweise eignet sich ideal für Umbauprojekte. Stora Enso Sachsen zeigt, dass auch bei einer bereits optimierten und sehr effizient arbeitenden klassischen Vakuumanlage noch weiteres erhebliches Einsparpotenzial im Stromverbrauch genutzt werden kann.