



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für
Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK
Bundesamt für Energie BFE

Schlussbericht 10.12.2015

Energieeffiziente Herstellung eines auf Weizenmehl basierenden Stärkeproduktes für die Papierindustrie

Projekt "Alyeska" der
Firma Meyerhans Mühlen AG

Subventionsgeberin:

Schweizerische Eidgenossenschaft, handelnd durch das
Bundesamt für Energie BFE
Sektion Cleantech
Pilot- und Demonstrationsprogramm
CH-3003 Bern
www.bfe.admin.ch

Kofinanzierung:

Klimastiftung Schweiz
Postfach 2832
8022 Zürich

Subventionsempfänger:

Meyerhans Mühlen AG
Industriestrasse 55
CH-8570 Weinfelden
www.meyerhans-muehlen.ch

Autoren:

Dominic Meyerhans, Meyerhans Mühlen AG, dominic.meyerhans@meyerhans-muehlen.ch;
Urban Frei, Rytec AG, urban.frei@rytec.ch;
Curdin Christen, Rytec AG, curdin.christen@rytec.ch

BFE-Programmleitung: Yasmine Calisesi, Leiterin P+D-Programm
yasmine.calisesi@bfe.admin.ch

BFE-Projektbegleitung: Michael Spirig, Leiter Forschungsprogramm Industrielle Prozesse
m.spirig@fomonta.ch

BFE-Vertragsnummer: SI/501135-01

Für den Inhalt und die Schlussfolgerungen sind ausschliesslich die Autoren dieses Berichts verantwortlich.

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	4
Résumé	4
Abstract	4
1 Ausgangslage	6
2 Ziel der Arbeit	6
3 Grundlage – klassische Stärkeproduktion	6
3.1 Klassischer Herstellungsprozess von Stärke	6
3.2 Einsatz der Stärke in der Papierindustrie	6
3.3 Massen- und Energiebilanz: Referenzprozess	7
4 Konzept – Funktions- und Anlagebeschrieb	8
4.1 Prozessbeschrieb	8
4.2 Wärmerückgewinnung	9
4.3 Energetische Auswirkungen der Betriebsweise	10
5 Vorgehen im Messprogramm	11
5.1 Systemgrenze Stärkeproduktion Meyerhans Mühlen AG	11
5.2 Verwendete Messstellen	12
5.2.1 Messung des Stromverbrauchs	12
5.2.2 Messstelle Gasverbrauch	12
5.2.3 Messung der Massenströme	13
5.3 Durchführung der Messkampagne	14
5.3.1 Erste Messkampagne 15. September 2015	14
5.3.2 Zweite Messkampagne	14
6 Ergebnisse / Erkenntnisse	16
6.1 Energiebedarf Stärkeproduktion Meyerhans Mühlen AG	16
6.2 Massen- und Energieflussdiagramm Stärkeproduktion	16
7 Fazit aus der Messkampagne	17
8 Ergebnisse und weitere Erkenntnisse	17
8.1 Energieverbrauch im Kernprozess	17
8.2 Nicht bezifferte energetische Vorteile	17
8.2.1 Beheizung des Prozessgebäudes	17
8.2.2 Verkürzte Transportwege	17
8.2.3 Einsparungen bei der Papierfabrik	17
9 Schlussfolgerung, Ausblick	18
 Anhang	
Messkampagne	A-1

Zusammenfassung

Die Firma Meyerhans Mühlen AG hat zusammen mit diversen Partnern einen neuartigen, innovativen Mühlennachprozess entwickelt. Dieser ermöglicht die Produktion eines Stärkeproduktes für die Papierindustrie mit einem deutlich geringeren spezifischen Energiebedarf. Das Produkt wird über eine Pipeline resp. via LKW-Transport direkt zu den Papierfabriken der Firma Model AG transportiert und dort mit ebenfalls geringerem notwendigem Energieaufwand aufbereitet und zur Festigkeitssteigerung des Papiers eingesetzt.

Zur Beurteilung der effektiv erzielten Energieeinsparung wurde ein Energiemonitoring durchgeführt, welches aufgrund einer Messkampagne den spezifischen elektrischen und thermischen Energieverbrauch pro Tonne Stärkeprodukt aufzeigt. Die Systemgrenzen waren der Prozess bei Meyerhans Mühlen AG ohne Transport des Produktes.

Der elektrische Energieverbrauch der neu entwickelten Stärkeproduktion liegt mit 225 kWh/t knapp 50% unter dem Wert der klassischen Stärkeproduktion. Der thermische Energieverbrauch konnte sogar um mehr als 99% von 984 kWh/t auf 7.8 kWh/t reduziert werden. Somit können jährlich gut 14 GWh an Energie eingespart werden.

Die ebenfalls beachtlichen Energieeinsparungen auf Seiten der Papierfabrik wurden in den Zahlen oben noch gar nicht mitberücksichtigt. So fallen einerseits durch den direkten Transport des Produktes über eine Pipeline ein Teil der LKW-Transporte weg. Und andererseits wird in der Papierfabrik ein doppelter Prozessschritt überflüssig, wodurch nochmals 5'000 t Dampf pro Jahr eingespart werden können.

Résumé

La société Meyerhans Mühlen AG a, en collaboration avec différents partenaires, développé un processus "après-moulin" novateur. Ce processus permet la production d'amidon pour l'industrie papetière et montre un besoin spécifique d'énergie nettement réduit par rapport à la production traditionnelle. Le produit est transporté directement en pipeline ou par camion aux papeteries de la société Model. Là il est utilisé pour augmenter la résistance du papier.

Pour évaluer la réduction effective en besoin d'énergie un monitoring de l'énergie a été établi, qui montre le besoin d'énergie électrique et thermique par tonne d'amidon sur la base d'une campagne de mesure. Le processus chez Meyerhans Mühlen AG, sans transport du produit, a été défini comme limites du système.

Avec 225 kWh/t, la consommation en électricité de la production d'amidon développée est à 50% de la valeur d'une production classique. La consommation en énergie thermique a été réduite par plus de 99%, de 984 kWh/t à 7.8 kWh/t. Par conséquent il est possible d'économiser 14 GWh d'énergie par année.

Dans ce chiffre les économies en énergie de la part de la papeterie ne sont même pas prises en compte. D'une part une partie des transports par camion peut être supprimée par le transport direct en pipeline. De l'autre part deux étapes du processus de conditionnement deviennent superflues ce qui permet d'économiser 5'000 t de vapeur par année en plus.

Abstract

Meyerhans Mühlen AG has, in close collaboration with various partners, developed a novel, innovative "aftermilling"-process to produce a starch-product with significantly lower specific energy demand. The product is transported directly to the two paper production plants of the company Model by pipeline or by lorry respectively. There it is conditioned, again with lower required energy demand, and used to increase the strength of the paper.

In order to evaluate the effective amount of energy savings, an energy monitoring has been conducted. In the monitoring project the specific demand in electrical and thermal energy per ton of the starch

product has been measured. The core process at Meyerhans Mühlen AG, without transportation of the product, was defined as system boundary.

With 225 kWh/t, the electrical energy consumption per ton of starch is almost 50% lower compared to the classic production process. The thermal energy consumption has even been reduced by more than 99%, from 984 kWh/t to 7.8 kWh/t. This results in an energy saving of 14 GWh per year.

This amount does not include the substantial energy saving in the paper factory: On one hand, a part of the lorry transports can be omitted due to the direct transport by pipeline. On the other hand two highly energy-demanding process steps in the paper factory can be bypassed, which ends up in an additional saving of 5'000 t of steam per year.

1 Ausgangslage

Die Meyerhans Mühlen AG ist ein familiär geprägtes schweizerisches Mühlenunternehmen mit mehreren regional verankerten, modernen Produktionsstandorten und hoher Innovationskraft. Das Unternehmen hat in Zusammenarbeit mit dem Fraunhofer Institut, Potsdam-Golm (D), der Papiertechnischen Stiftung, Heidenau (D) und Brümmer Extrusion Consulting, Wittenbach (CH) einen neuartigen, innovativen Mühlennachprozess entwickelt.

Ziel des Verfahrens war es, den Prozess dahingehend zu vereinfachen, dass der spezifische Energiebedarf zur Stärkeproduktion deutlich reduziert werden konnte.

Damit das Verfahren auch wirtschaftlich interessant wird und die Projektrisiken gesenkt werden können, stellte die Firma Meyerhans ein Fördergesuch beim BFE für Pilot- und Demonstrationsprojekte.

2 Ziel der Arbeit

Das primäre Projektziel war die Entwicklung und der langfristige Betrieb eines Produktionsprozesses für die Herstellung eines Stärkeproduktes für die Papierindustrie. Die folgenden Ziele wurden im vorliegenden Projekt erreicht:

- Innovativer Prozess mit einer signifikanten Verbesserung der Energieeffizienz sowohl im elektrischen wie auch im thermischen Verbrauch
- Erhebliche Senkung des CO₂-Ausstosses
- Ersatz eines ausländischen Produktes mit Wertschöpfung in der Schweiz.
- Stärkung der lokalen Wirtschaft und zweier namhafter Ostschweizer Unternehmen in einem härter werdenden internationalen Wettbewerb.

3 Grundlage – klassische Stärkeproduktion

3.1 Klassischer Herstellungsprozess von Stärke

Bei der klassischen Herstellung von Weizenstärke wird Weizenmehl mit 55 °C warmen Wasser zu einem Teig angesetzt, welcher anschliessend mit einem hohem Aufwand an elektrischer Energie in sogenannten Dekantern und Sieben in weiteren Prozessschritten in die Bestandteile Stärke, Gluten und Pentosane aufgeteilt wird. Die Teilprodukte Stärke und Gluten werden danach unter hohem thermischem Energieaufwand getrocknet.

3.2 Einsatz der Stärke in der Papierindustrie

Da die aus dem klassischen Prozess resultierende Stärke in nativer Form vorliegt, muss sie in der Papierfabrik oxidativ oder enzymatisch abgebaut und mit hohem Energieaufwand (Jetkochen) aufgeschlossen werden.

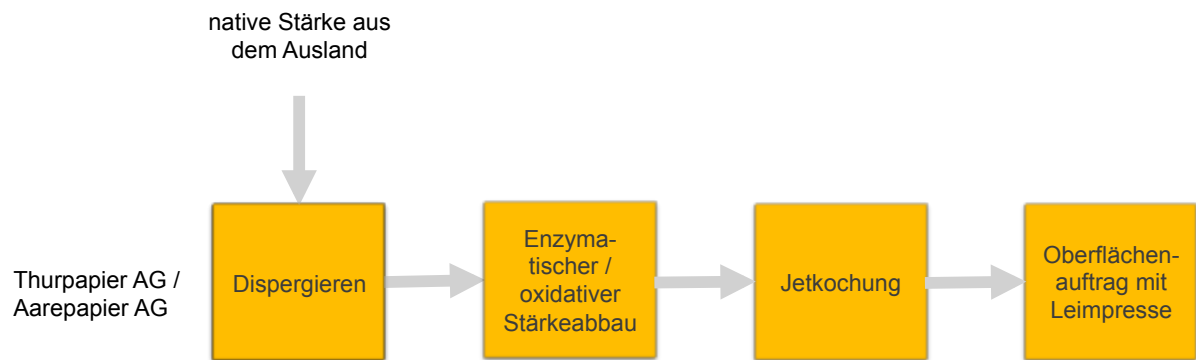
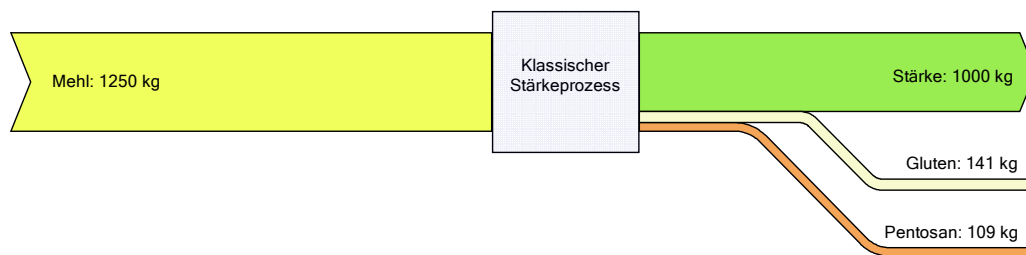


Abbildung 1: Prozessschritte der klassischen Stärkeproduktion

3.3 Massen- und Energiebilanz: Referenzprozess

Die nachfolgende Abbildung illustriert den Massen- und Energiebedarf der klassischen Stärkeproduktion. Sie basiert auf den Massen- und Energieflüssen aus diversen Quellen. Unter anderem auf der Datenbasis von Dr. Willi Witt, ProAmid Consult GmbH, Ulm (Deutschland).

Massenfluss herkömmlicher Prozess



Energiefluss herkömmlicher Prozess

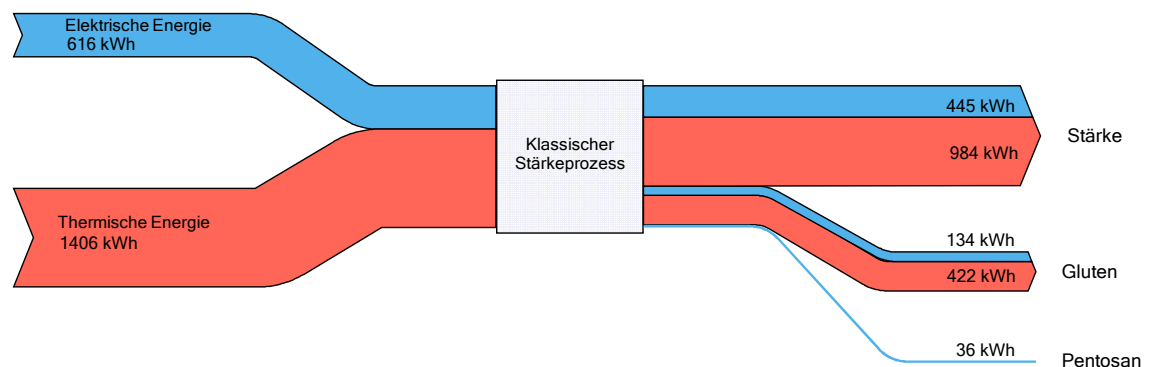


Abbildung 2: Massen- und Energieflüsse der klassischen Stärkeproduktion

4 Konzept – Funktions- und Anlagebeschrieb

Der hier vorgestellte und bei der Firma Meyerhans Mühlen AG neu im Betrieb befindliche Prozess erlaubt die Herstellung eines spezifischen Stärkeproduktes für die Oberflächenleimung in der Papierindustrie, eine signifikante Verbesserung der Energieeffizienz und eine erhebliche Senkung des CO₂-Ausstosses, da die benötigte Menge an thermischer und elektrischer Energie gegenüber der klassischen Herstellung deutlich reduziert wurde.

4.1 Prozessbeschrieb

Das Ausgangsmehl (sogenanntes Fabrikmehl) wird bei Prozessbeginn nicht mit Wasser zu einem Teig angesetzt und danach unter hohem Energieaufwand wieder getrocknet. Im neuen Prozess wird das Fabrikmehl in einem Extruder mit anschliessender Vermahlung direkt und spezifisch auf die Anforderungen der Papierfabrik verarbeitet und liegt bei Auslieferung als aufgeschlossenes Stärkeprodukt vor. Daher kann damit in der Papierfabrik auf sowohl den oxidativen oder enzymatischen Abbau wie auch auf die Jetkochung verzichtet werden (in der Energiebetrachtung dieses Monitorings nicht berücksichtigt).

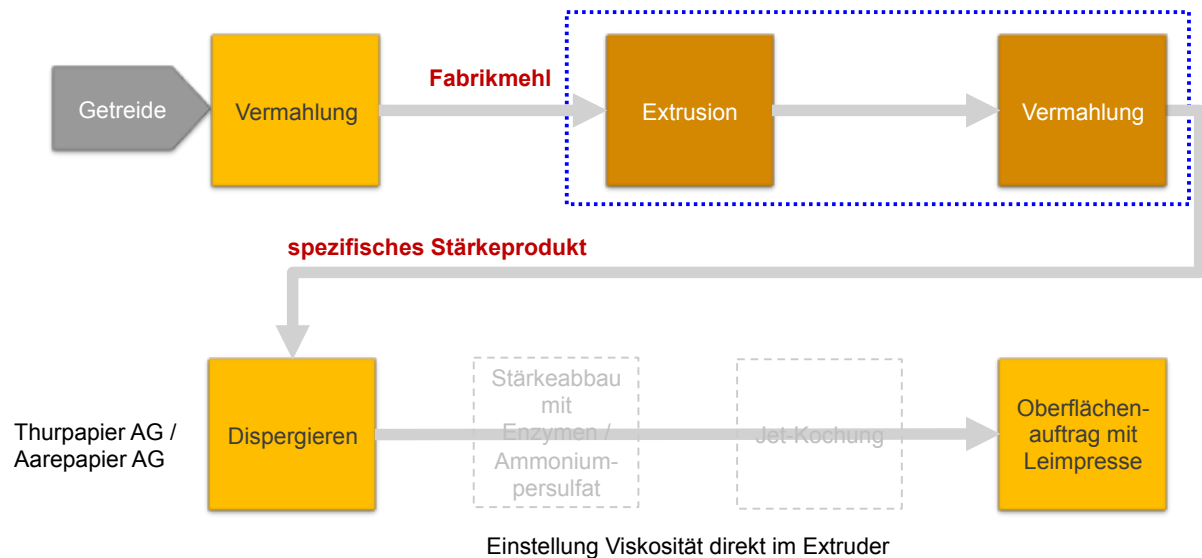


Abbildung 3: Aufbereitung der Stärke direkt in der Mühle und damit stark vereinfachter Einsatz in der Papierfabrik. Blau gestrichelt: Kernprozess und Systemgrenze des Energiemonitorings.

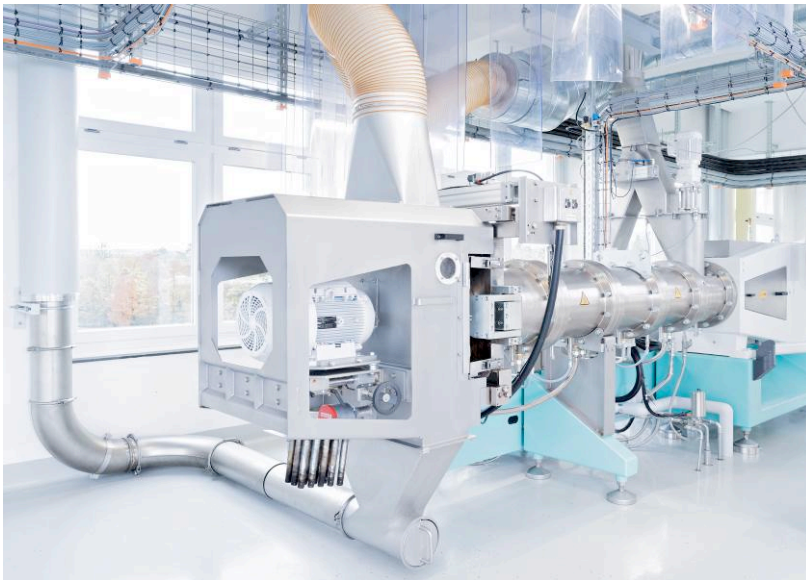


Abbildung 4: Der neue Extruder als Herzstück der Anlage

Der Extrusionsprozess benötigt ca. 60°C warme Luft, welche von aussen angesogen wird. Im ursprünglichen Konzept wurde sie ausschliesslich über einen mit fossiler Energie betriebenen Heizkreislauf sichergestellt.



Abbildung 5: Wasser-Luft-Wärmeübertrager für die Sicherstellung der Minimaltemperatur in der Zuluft zum Prozess

4.2 Wärmerückgewinnung

Im Laufe des Projekts plante die Firma Meyerhans Mühlen AG zur energetischen Gesamtoptimierung eine zweistufige Wärmerückgewinnung. Die Abwärme aus dem Prozess wird für die Vorwärmung der angesaugten Aussenluft genutzt. Das Ziel der Projektänderung war, dass der fossile Heizkreislauf nur bei tiefen Aussentemperaturen benötigt wird.

In einer ersten Stufe wird das Kühlwasser des Extruders rückgekühlt und im zweiten Schritt die Wärme aus der Prozessabluft zurückgewonnen. In den bisher beobachteten Betriebszu-

ständen kann damit die angesaugte Luft annähernd auf die geforderte Temperatur gebracht werden und es braucht kaum Zusatzenergie zur weiteren Erwärmung.

Mit der auf tieferem Temperaturniveau in jedem Fall verfügbaren Überschusswärme kann die Zuluft für die Beheizung des Prozessgebäudes erwärmt werden, wodurch eine weitere Heizung entfällt. Dieser Effekt wurde im Energiemonitoring nicht beziffert.



Abbildung 6: Wärmerückgewinnung Motorkühlung, Abluft

4.3 Energetische Auswirkungen der Betriebsweise

Grundsätzlich wird der Prozess kontinuierlich betrieben, daher kann von einem sehr konstanten Energiebedarf im Normalbetrieb ausgegangen werden.

Nach Unterbrüchen muss zur Wiederaufnahme der Produktion der Extruder mit dem integrierten elektrischen Heizaggregat vorgewärmt werden. Gleichzeitig wird auch der Heizkreislauf für die Vorwärmung der Zuluft (Gasheizung) angefahren.

Über ein Prozessleitsystem wird die gewünschte Menge an Mehl vorgegeben und je nach geforderter Produktqualität die entsprechende Wasser- und Prozesshilfsmittelmenge beige-mischt. Durch die automatisierte und sehr exakte Dosierung kann der Prozess ohne ständige Beobachtung autonom laufen.

Zurzeit produziert die Meyerhans Mühlen AG zwei unterschiedliche Produkte. Wobei sich die Rezeptur und damit der Energieverbrauch nur gering unterscheiden.

5 Vorgehen im Messprogramm

Aufgrund einer Messkampagne wurde der Energiebedarf während des laufenden Prozesses ermittelt. Damit kann für die Fördergeldgeber (Produktionsprozess: BFE und Klimastiftung Schweiz; Abwärmenutzung für Gebäudeheizung: Kanton Thurgau) belegt werden, dass die in den Anträgen beschriebenen Einsparungen auch wirklich real erzielt werden konnten. In zwei separaten Messreihen wurde der Strombedarf und der Gasbedarf für den gesamten Prozess ermittelt. Die folgenden Kapitel beschreiben das Messprogramm methodisch, technisch und organisatorisch.

5.1 Systemgrenze Stärkeproduktion Meyerhans Mühlen AG

Da der neue Prozess in einem eigenen Prozessgebäude eingebaut wurde und praktisch sämtliche Systeme neu beschafft werden mussten, ist es möglich, die Systemgrenzen sehr klar zu ziehen:

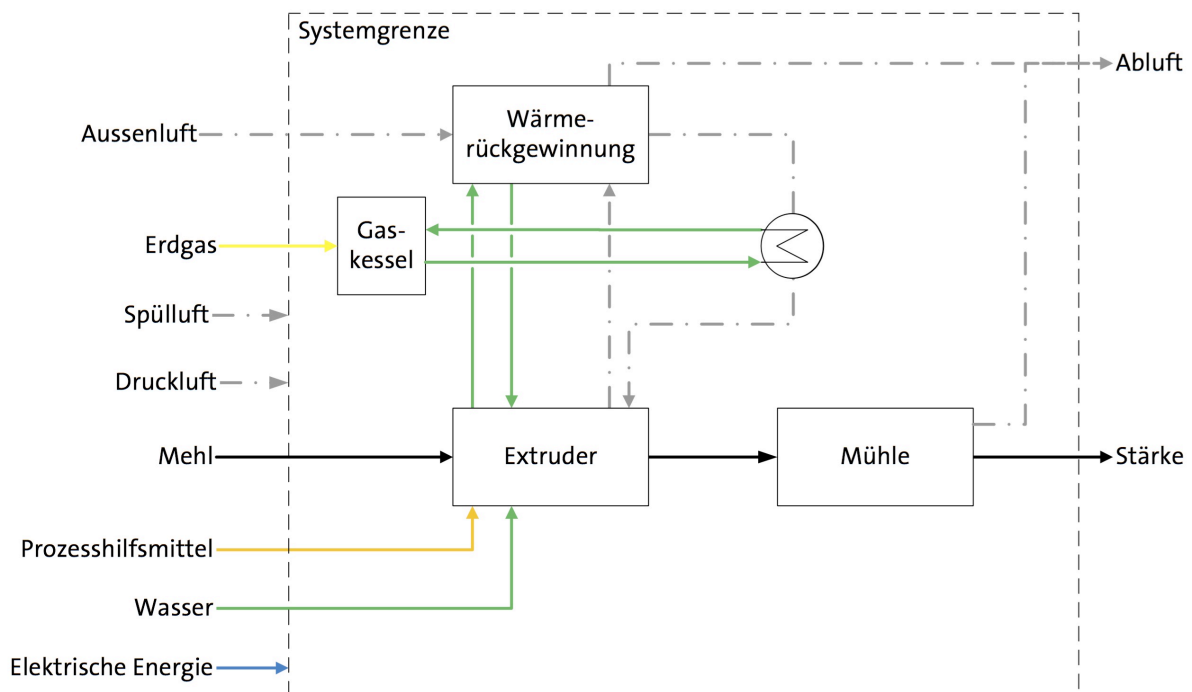


Abbildung 7: Systemgrenze Stärkeproduktion Meyerhans Mühlen AG

In der Abbildung oben nicht enthalten sind sämtliche elektrische Verbraucher wie Gebläse und Pumpen, welche zur Förderung der Ausgangsstoffe und des Produktes sowie der benötigten Zu- und Abluft eingesetzt werden. Diese liegen jedoch klar innerhalb der Systemgrenzen und sind daher in die Berechnung einbezogen. Einzig der Strombedarf für die Druckluft entsteht ausserhalb der Systemgrenzen und wurde rein rechnerisch ermittelt und berücksichtigt.

Mit 450 kW installierter Leistung macht der Antrieb des Extruders als mit Abstand grösster elektrischer Verbraucher rund 70% des Gesamtstrombedarfs aus.

Thermische Energie wird einzig bei der Luftvorwärmung vor dem Extruder benötigt. Gemessen wird die Gasmenge, die das Warmwasser aufheizt, mit dem die Luft auf die erforderliche Prozesstemperatur gebracht wird.

5.2 Verwendete Messstellen

5.2.1 Messung des Stromverbrauchs

Da der gesamte Prozess neu aufgestellt und elektrisch eigenständig gespeisen wird, kann der Stromverbrauch relativ einfach in den vier neuen Schaltschränken gemessen werden:

- Elektroschrank C04 im 9. Stock. Darin enthalten: sämtliche Verbraucher für die Wärmerückgewinnung auf dem Dach und die Ventilatoren für die Beheizung des Prozessgebäudes.
- Elektroschrank C11 im 7. Stock. Darin enthalten: sämtliche peripheren Verbraucher am/für den Extruder
- Elektroschrank VACON im 7. Stock. Frequenzumrichter für den Antrieb des Extruders
- Elektroschrank C02 im 7. Stock. Darin enthalten: sämtliche noch übrige Verbraucher für den Stärkeproduktionsprozess inkl. Vermahlung und Spülluft.

Die nachfolgenden Bilder zeigen zwei der vier Messeinrichtungen:



Abbildung 8: Messeinrichtung Schaltschrank C02



Abbildung 9: Messeinrichtung Schaltschrank C11

Mit den oben beschriebenen Messtellen konnte einzig der Verbrauch für die Förderpumpen der Prozesshilfsstoffe nicht erfasst werden. Diese werden über einen separaten Schaltschrank gespeisen. Dieser Verbrauch wird lokal gemessen, für die Messkampagne wurden die Werte manuell erfasst.

Der gesamte Prozess benötigt eine geringe Menge Druckluft. Der vom Lieferanten berechnete Abnahmewert ($20.4 \text{ m}^3/\text{h}$) wurde übernommen.

Zur Produktion der Druckluft für die gesamte Mühle stehen drei Kompressoren zur Verfügung, wobei während der Messkampagne nur einer in Betrieb war. Dieser benötigt bei einer Druckluftmenge von $435 \text{ m}^3/\text{h}$ rund 37 kW an elektrischer Leistung. Somit kann für die Stärkeproduktion ein Leistungsbedarf von 1.7 kW angenommen werden.

5.2.2 Messstelle Gasverbrauch

Der Gasbrenner zur Warmwassererzeugung für die Stärkeproduktion hat eine separate interne Gasleitung mit einem eigenen Zähler. Da keine weiteren Verbraucher Wärme bezie-

hen, konnte der gesamte Gasverbrauch während des Prozesses abgelesen und direkt dem Prozess angerechnet werden.



Abbildung 10: Gaszähler Gebäude Stärkeproduktion

Die einzige, jedoch in der Auswertung nicht betrachtete Unschärfe ist ein möglicher Wärmebezug für ein Lavabo sowie ein Boiler im Prozessgebäude. Allenfalls müsste dieser Wärmebedarf aus der Energiebilanz des Prozesses herausgerechnet werden. Der Effekt dürfte marginal sein.

5.2.3 Messung der Massenströme

Die Massenströme werden über die Steuerung des Extruders erfasst. Dieser zeichnet während des Prozesses unter anderem die Massenströme des Mehls, des Wassers sowie der Prozesshilfsmittel in Sekundenintervallen auf. Die zugeführte Menge an Mehl wird über eine Mehldosierwaage kontinuierlich und sehr präzise gemessen. Die Daten konnten direkt aus dem Prozessleitsystem übernommen werden.

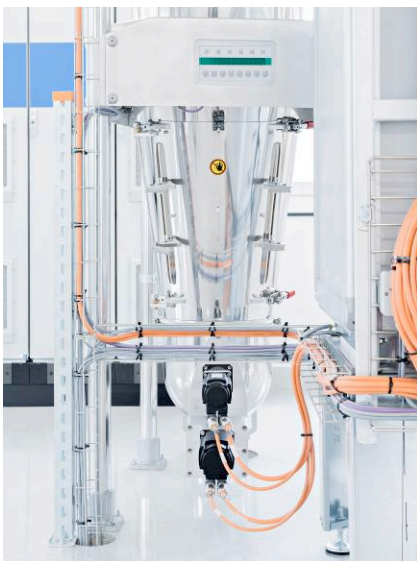


Abbildung 11: Mehldosierwaage

5.3 Durchführung der Messkampagne

5.3.1 Erste Messkampagne 15. September 2015

Die Messkampagne startete am Dienstag, 15. September 2015 und endete am Freitag, 18. September 2015. Da zu erwarten war, dass der Betrieb keine grossen Leistungsschwankungen zeigen dürfte, wurde die Kampagne auf 3 Tage begrenzt.

In der Annahme, dass Gas nur in der Aufwärmphase benötigt wird, wurde der Zählerstand in dieser ersten Messkampagne nur periodisch abgelesen.

Auch der Verbrauch der Förderpumpen für das Prozesshilfsmittel wurde zu Beginn und am Ende der Kampagne abgelesen. Aufgrund der sehr konstanten Menge ist auch der Stromverbrauch für die Förderung immer gleich.

Das nachfolgende Diagramm zeigt die Auswertung der Messdaten aus der ersten Messkampagne.

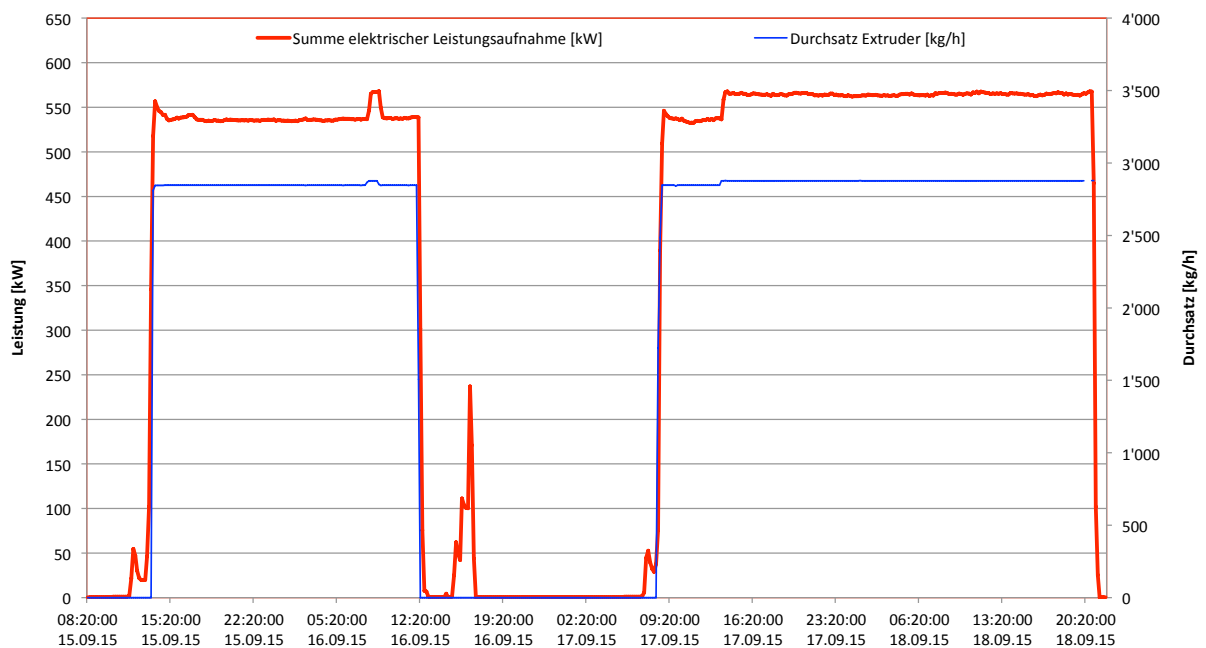


Abbildung 12: Elektrischer Energiebedarf Stärkeproduktion Meyerhans Mühlen AG

In der Grafik sind rot der gesamte elektrische Leistungsbedarf und blau der Durchsatz durch den Extruder dargestellt. Es zeigt sich, dass die Leistungsaufnahme sehr konstant ist.

Es ist ebenfalls ersichtlich, dass der Prozess am 16.09.2015 gestoppt werden musste. Ein erneuter Startversuch scheiterte und die Produktion konnte erst am folgenden Tag wieder in Betrieb genommen werden. Danach lief der Prozess während 36 Stunden ohne Unterbruch. Es zeigt sich auch, dass vor dem Produktionsstart eine kurze Leistungsspitze entsteht. Dies ist der zusätzliche Strombedarf für die Beheizung des Extruders.

Ebenfalls erkennbar ist der Einfluss von Rezepturänderungen. Am Morgen des 16.9. wurde die Rezeptur für eine relativ kurze Dauer verändert und gleich wieder auf den ursprünglichen Wert zurückgesetzt. Am 17.9. wurde die Rezeptur in der 2. Betriebsphase nach gut 5 Stunden für den Rest der Produktionsphase umgestellt. Dadurch nahmen der Durchsatz und gleichzeitig die Leistungsaufnahme zu.

5.3.2 Zweite Messkampagne

Die Auswertung der Daten aus der ersten Messkampagne hat gezeigt, dass zwar der spezifische Verbrauch an elektrischer Energie sehr exakt ermittelt werden kann, jedoch die perio-

dische Ablesung des Gasverbrauchs keine genügend genaue Aussage ermöglicht. Daher wurde beschlossen, einen Gaszähler zu montieren und den Gasverbrauch über einen längeren Zeitraum aufzuzeichnen: vom 08.10.2015 bis zum 22.10.2015 wurde der Verbrauch in 10-Minuten Intervallen aufgezeichnet. Daraus konnte der spezifische Gasverbrauch für den Prozess ermittelt werden. Zur Auswertung wurden Prozessstarts und -stopps ergänzt.

Die nachfolgende Grafik zeigt den Gasverbrauch (rote Kurve) während des Messprogramms.

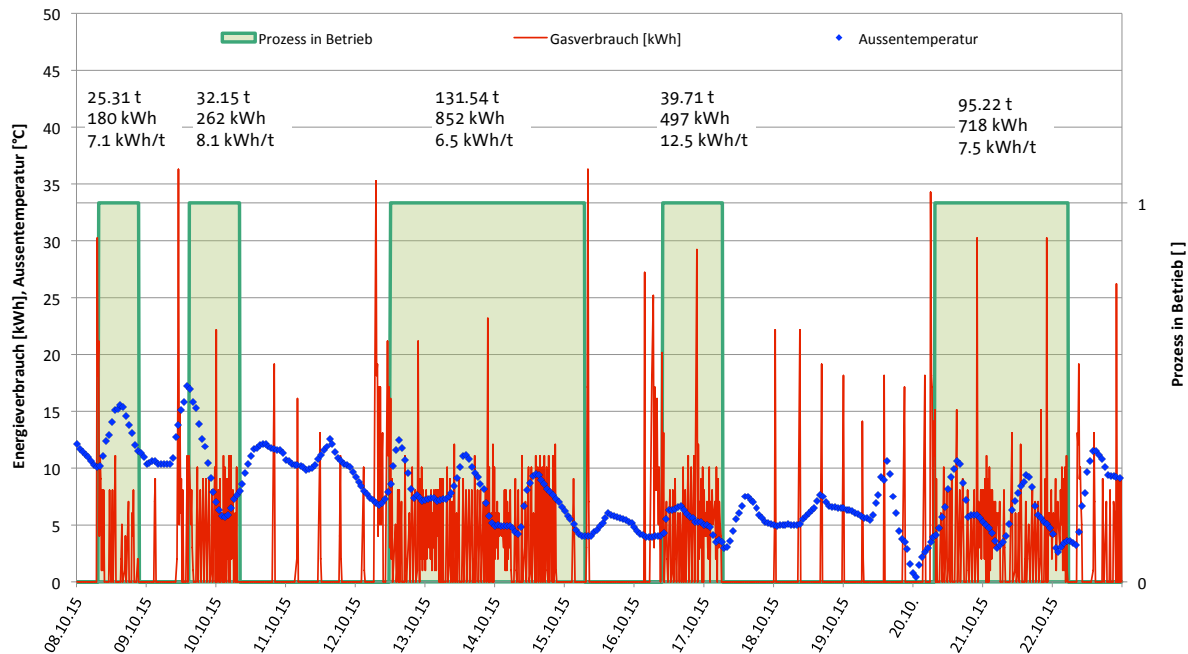


Abbildung 13: Gasverbrauch Stärkeproduktion Meyerhans Mühlen AG

In der Grafik ist rot der Gasverbrauch dargestellt. Die grünen Blöcke bezeichnen die Produktionszeiten. Darüber sind jeweils die aufsummierten Daten aus der Messkampagne notiert. Der erste Wert bezeichnet die produzierte Menge Stärke, der zweite den Gasverbrauch und der dritte Wert den daraus resultierenden spezifischen Verbrauch des jeweiligen Abschnittes. Die blauen Punkte zeigen die Aussentemperatur.

Wie beim Stromverbrauch ist auch beim Gasverbrauch vor jedem Produktionsstart eine gut erklärbare Verbrauchsspitze ersichtlich. Dies resultiert daher, dass die Vorwärmung der Ausenluft zu Beginn ausschliesslich mittels Gas erfolgt und erst nach Erreichen der Betriebstemperatur des Extruders über die Wärmerückgewinnung erfolgen kann.

Bei Aussentemperaturen unter dem langjährigen Durchschnitt (wie in der Messkampagne 2) zeigt sich ein +/- kontinuierlicher Gasbedarf. Hier wären Messwerte über ein Jahr sehr viel aussagekräftiger.

Der Gasverbrauch zwischen den Prozessphasen ist bisher noch nicht erklärbar. Allenfalls könnte der Thermostat im Boiler (Warmhaltung) dafür verantwortlich sein.

6 Ergebnisse / Erkenntnisse

6.1 Energiebedarf Stärkeproduktion Meyerhans Mühlen AG

Die Messungen haben gezeigt, dass der Prozess im Betrieb 565 kW elektrische Leistung benötigt, wobei die Werte bei gleichbleibender Rezeptur nur gering schwanken (562-568 kW). Bei der Rezeptur mit dem geringeren Durchsatz liegt der Bedarf bei 538 kW. Auch hier schwankt der Bedarf nur zwischen 534 kW und 542 kW. Das heisst, der Stromverbrauch ist wie erwartet sehr konstant.

Der Gesamtdurchsatz (Mehl, Wasser und Prozesshilfsmittel) beim Extruder liegt bei rund 2'900 kg/h, wobei der Durchsatz an Mehl 2'500 kg beträgt.

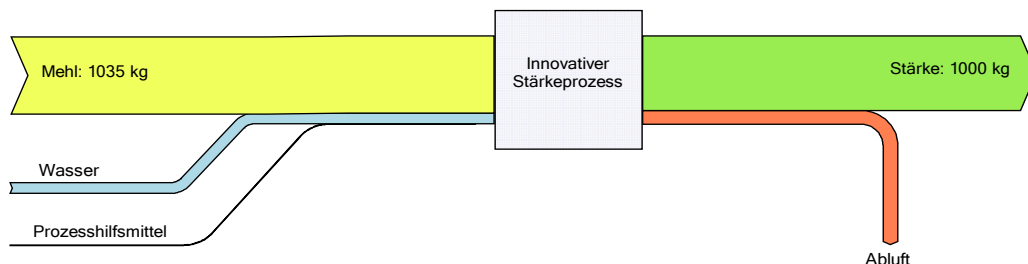
Für den Vergleich mit dem bisherigen Prozess wurde der höhere Bedarf von 565 kW herangezogen. Dadurch kann davon ausgegangen werden, dass der Verbrauch im oberen Bereich liegt.

Der Gasverbrauch zeigt nicht einen so konstanten Verlauf wie der Stromverbrauch. Der spezifische Verbrauch liegt hier zwischen 6.5 kWh/t und 12.5 kWh/t. Der Mittelwert aller Prozessabschnitte liegt bei 7.75 kWh/t Stärkeprodukt.

6.2 Massen- und Energieflussdiagramm Stärkeproduktion

Die nachfolgende Abbildung zeigt die Sankeydiagramme für die Stärkeproduktion der Meyerhans Mühlen AG. Zur Produktion von Stärke werden Mehl, Wasser und Prozesshilfsmittel benötigt. Für die 1'000 kg Stärkeproduktion sind dafür 1'035 kg Mehl erforderlich.

Massenfluss Alyeska



Energiefluss Alyeska

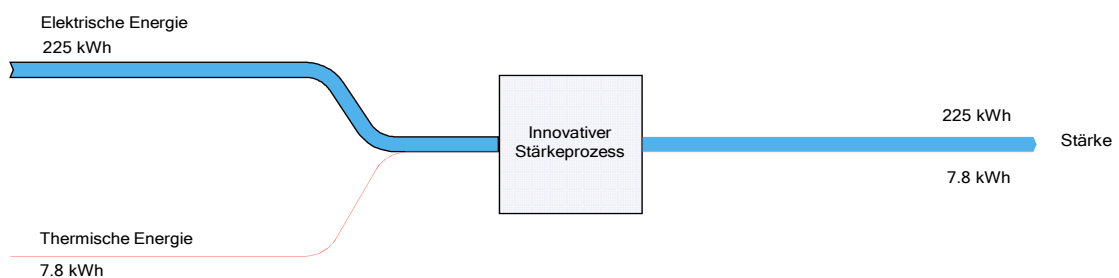


Abbildung 14: Massen- und Energiefluss der Stärkeproduktion Meyerhans Mühlen AG

Es ist zu sehen, dass für die 1'000 kg Stärkeproduktion 225 kWh elektrische Energie und 7.8 kWh thermische Energie in Form von Gas eingesetzt werden.

7 Fazit aus der Messkampagne

Die Auswertung der Messergebnisse der Stärkeproduktion der Meyerhans Mühlen AG hat gezeigt, dass gegenüber einem Referenzprozess der elektrische Energieverbrauch von 445 kWh/t auf 225 kWh/t Stärkeprodukt gesenkt werden konnte. Dies entspricht einer Reduktion von knapp 50%.

Der thermische Energiebedarf konnte von 984 kWh/t auf 7.8 kWh/t reduziert werden, was einer Reduktion von 99.2% entspricht.

Gesamthaft können pro Jahr gut 14 GWh an Energie eingespart werden.

Umgerechnet in CO₂ liegt die Einsparung bei ca. 2'600 t/a.

8 Ergebnisse und weitere Erkenntnisse

8.1 Energieverbrauch im Kernprozess

Der Energieverbrauch für den neuen Prozess der Meyerhans Mühlen AG konnte sauber gemessen, eindeutig abgegrenzt und rechnerisch nachvollziehbar dargestellt werden.

Die Stromeinsparung ist gegenüber dem Projektantrag noch markanter ausgefallen. Im Antrag wurde von einer geringeren Durchsatzmenge bei ähnlich hoher installierter Leistung ausgegangen. Auch könnte sich der spezifische Verbrauch gegenüber den ersten Versuchen durch den „Scale-up“ Effekt reduziert haben.

Beim Gasverbrauch stimmt der prognostizierte Wert in etwa überein, da die Haupteinsparung durch den wegfallenden Trocknungsprozess relativ exakt vorausgesagt werden konnte.

Gegenüber dem herkömmlichen Prozess fallen durch den neuen Prozess die Nebenprodukte Gluten und Pentosan nicht mehr an. Im Kontext der Stärkeproduktion für die Papierindustrie sind diese Nebenprodukte nicht relevant. Daher wurde in der hier vorgenommenen Betrachtung ein möglicher Energiebedarf für die gesonderte Herstellung dieser Produkte nicht berücksichtigt.

8.2 Nicht bezifferte energetische Vorteile

8.2.1 Beheizung des Prozessgebäudes

Dank der mehrstufigen Abwärmenutzung des Prozesses kann auf eine Beheizung des Prozessgebäudes verzichtet werden.

8.2.2 Verkürzte Transportwege

Statt einer Anlieferung per LKW aus dem Ausland erfolgt die Belieferung der benachbarten Papierfabrik in Weinfelden über eine 400 Meter lange Pipeline. Damit werden Transportwege vermieden, deren Energieeinsparung nicht berücksichtigt ist.

8.2.3 Einsparungen bei der Papierfabrik

In der Papierfabrik werden einige sehr energieintensive Verfahrensschritte für die Stärkeaufbereitung weggelassen (oxidativer oder enzymatischer Abbau, Jetkochung). Diese Einsparungen sind hier nicht berücksichtigt. Erste Aussagen der Firma Model deuten darauf hin, dass durch dieses neue Verfahren eine jährliche Dampfeinsparung von 5'000 t bzw. gut 2'900 MWh/a erzielt werden kann.

9 Schlussfolgerung, Ausblick

Das Projekt der Firma Meyerhans Mühlen AG und die vorbildliche Zusammenarbeit mit den Partnern beweist, dass eine konsequente Verfolgung von Energie- und Effizienzzielen zu beachtlichen Einsparungen in bisher äusserst energieintensiven Produktionsprozessen führen kann.

Für die Breitenwirkung dieses Projektes ist wohl weniger der innovative Verfahrensansatz in einem doch sehr spezialisierten Kundensegment, als die konsequente und unermüdliche Suche nach einer wirtschaftlich und energetisch optimalen Zusammenarbeit zweier bisher völlig unabhängiger Industriezweige von Bedeutung.

In solchen Schnittstellen liegt ein bisher noch nicht erschlossenes Potential für gesamtheitliche und tragfähige Innovationen. Hier könnten Förderinstitutionen mit Kontaktmöglichkeiten und industrieübergreifenden Analyse- und Beratungsangeboten dazu beitragen, weitere solche Erfolgsprojekte zu identifizieren.

Anhang

Messkampagne

Messung Schaltschrank C04

21.9.2015

Seite 1

PQ Log Version 2.2.2

Firma: Meyerhans Mühlen AG

Pegel-Zeit Diagramm

Logger 408b 230V 50Hz EP0808A, Seriennummer: 86144DA/T1
Messwertdatei J:\141-Weinfeld\09 Informationen\ET\Memobox Messungen\Weinfeld\Meyerhans Mühlen AG\2015 Messungen AL...\c4.PQL
Mesfunktion A (230 V, P-N, 50 Hz; 1500 A; 1500 A)

Firma: Meyerhans Mühlen AG

Abteilung: +C4

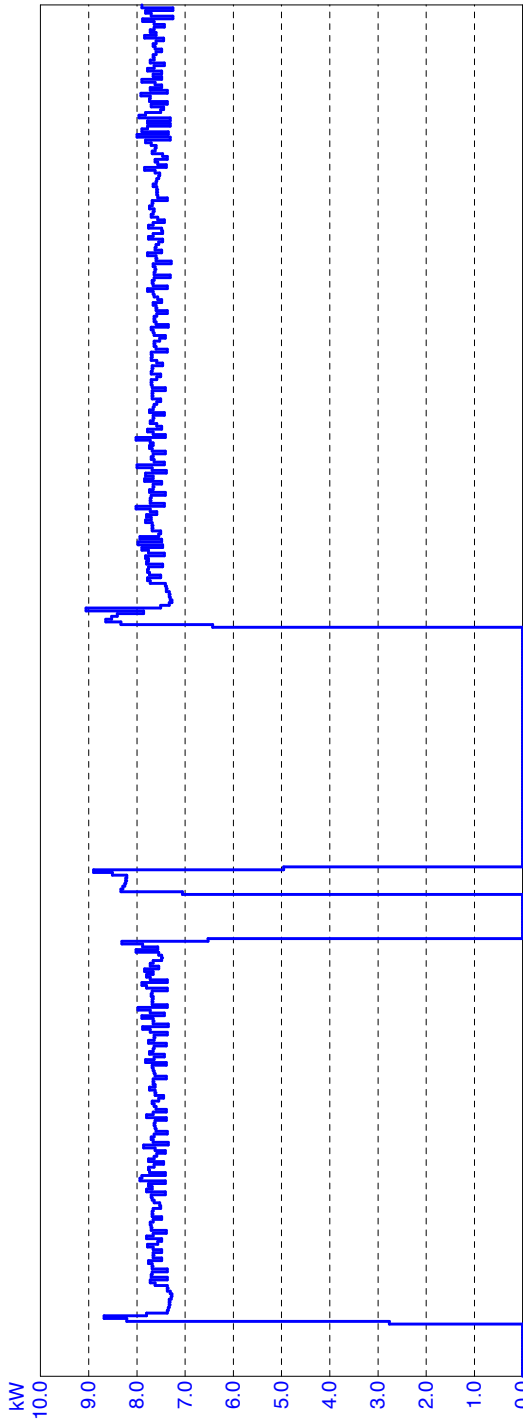
Leitung: R.Kobler

Ihre Referenz: M.Meier

Referenz: Box 2

Messungscode:

Kanal	Skala 0 %	Skala 100 %	Einheit	Energie -	Energie +	Einheit
P total mittel	0.00	10.00	kW	-0.00	477.81	kWh



21:00:00
Fr, 18.9.2015

10:00:00
Di, 15.9.2015

Auswertung Schaltschrank C11

21.9.2015

Seite 1

PQ Log Version 2.2.2

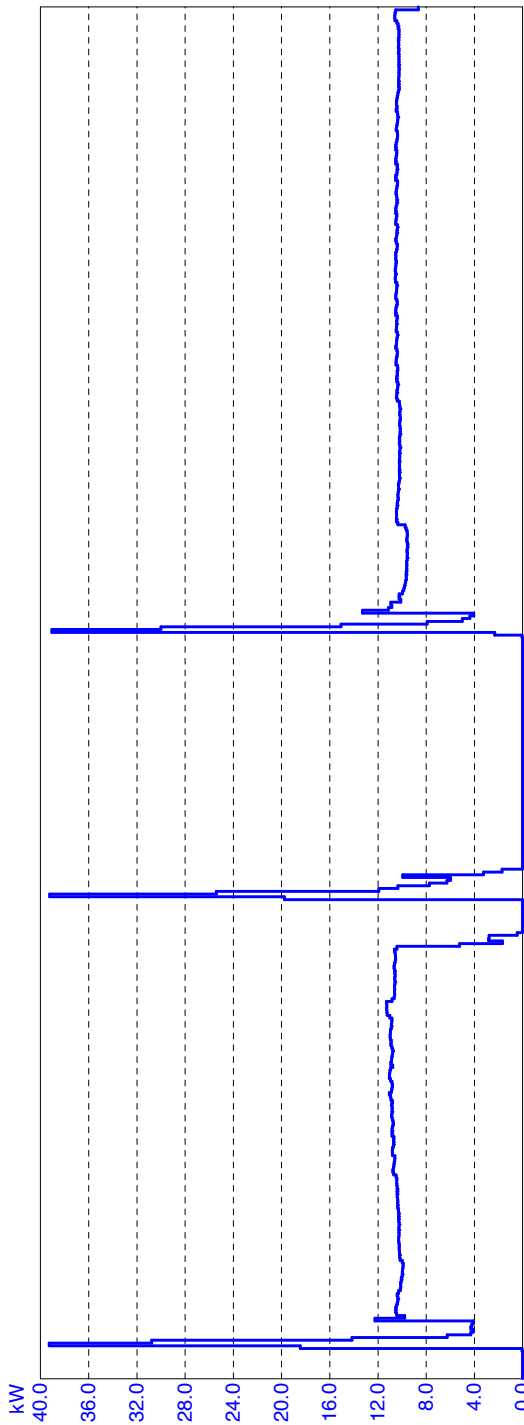
Firma: Meyerhans Mühlen AG

Pegel-Zeit Diagramm

Logger 408b 50/60Hz F1745, Seriennummer: 30306BA/WD
Messwertdatei J:\141-Weinfeld\09 Informationen\ETVMemobox Messungen\Weinfeld\Meyerhans Mühlen AG\2015 Messungen A...\C11.PQL
Messfunktion A (230 V, P-N, 50 Hz; 1500 A; 1500 A)

Firma: Meyerhans Mühlen AG
Abteilung: +C11
Leitung: R.Kobler
ihre Referenz: M.Meier
unsere Referenz: Box (schwarz St.Gallen)
Messungscode:

Kanal P total mittel
Skala 0 % Skala 100 % Einheit Energie + Einheit
0.00 40.00 kW 684.21 kWh
Energie - -0.00



Di, 15.9.2015 10:00:00
Fr, 18.9.2015 21:00:00

Auswertung Schaltschrank VACON

21.9.2015

Seite 1

PQ Log Version 2.2.2

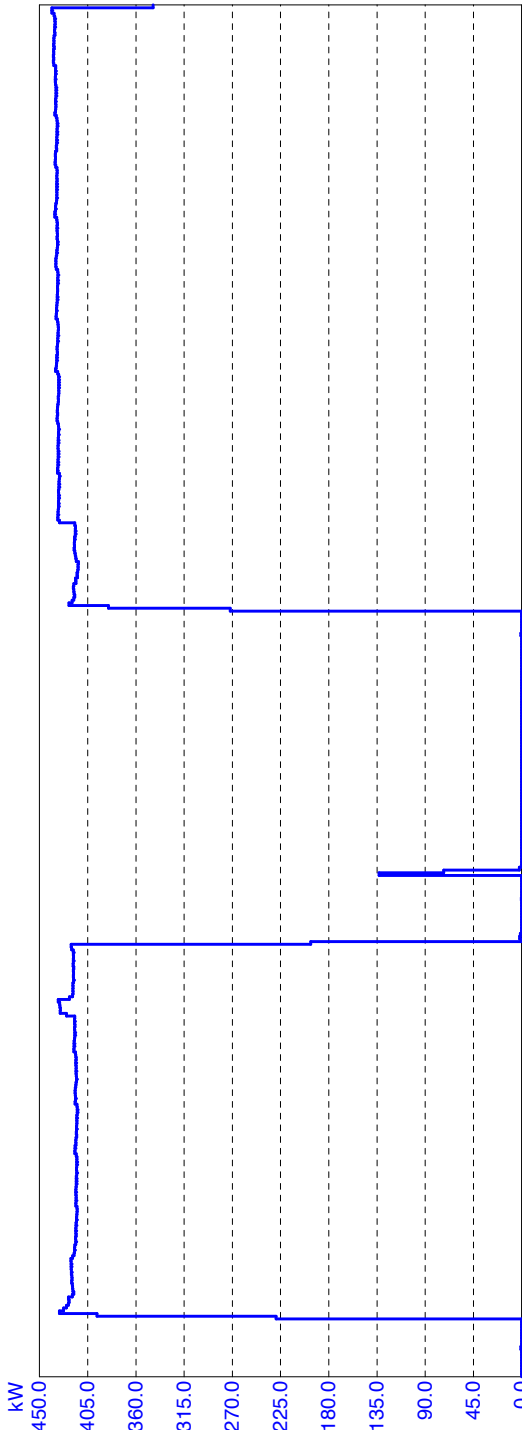
Firma: Meyerhans Mühlen AG

Pegel-Zeit Diagramm

Logger: 408b 230V 50Hz EP0808A, Seriennummer: 85762CA/SD
Messwertdatei: J:\141-Weinfeld\09 Informationen\ETVMemobox Messungen\Weinfeld\Meyerhans Mühlen A...\F3 LS Abgang FU-Schrank.PQL
Messfunktion: A (230 V, P-N, 50 Hz; 1500 A; 1500 A)

Firma: Meyerhans Mühlen AG
Abteilung: F3 LS: Abgang FU- Schrank
Leitung: R.Kobler
ihre Referenz: M.Meier
unsere Referenz: Box (weiss St.Gallen)
Messungscod:

Kanal	Skala 0 %	Skala 100 %	Einheit	Energie -	Energie +	Einheit
P total mittel	0.00	450.00	kW	-0.00	25280.29	kWh



21:00:00
Fr, 18.9.2015

10:00:00
Di, 15.9.2015

Auswertung Schaltschrank C02

21.9.2015

Seite 1

PQ Log Version 2.2.2

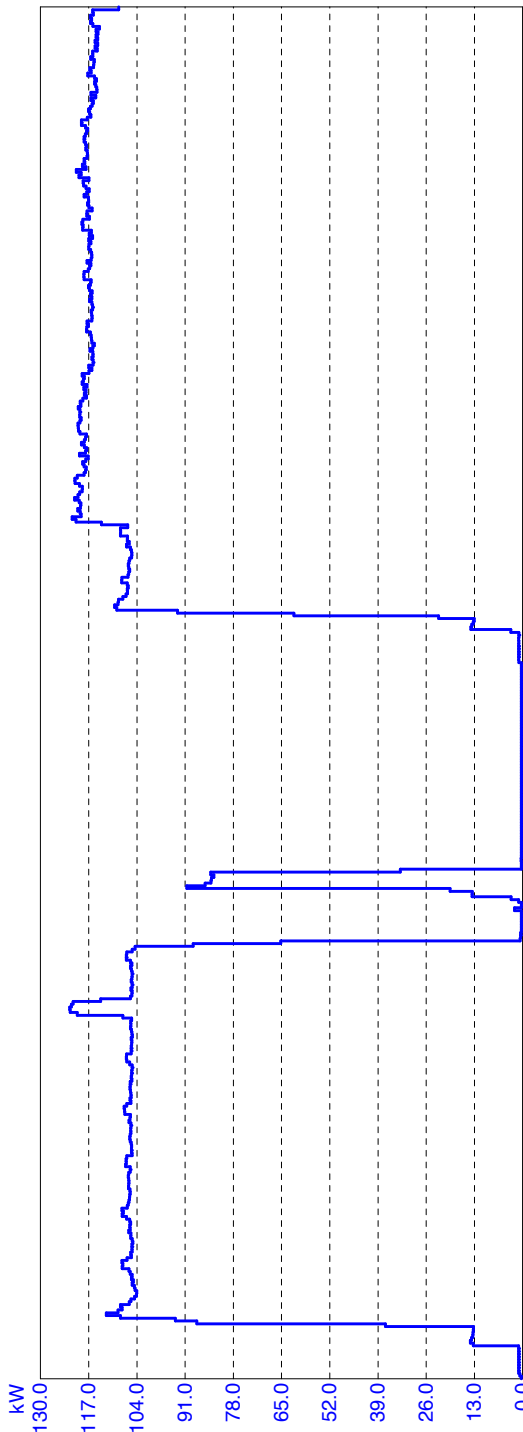
Firma: Meyerhans Mühlen AG

Pegel-Zeit Diagramm

Logger: 408b 230V 50Hz EP0808A, Seriennummer: 86591DA/T2
Messwertdatei: J:\141-Weinfeld\09 Informationen\ETVMemobox Messungen\Weinfeld\Meyerhans Mühlen AG\2015 Messungen A...\+CO2.PQL
Mesfunktion: A (230 V, P-N, 50 Hz; 1500 A; 1500 A)

Firma: Meyerhans Mühlen AG
Abteilung: Verteilung +C02
Leitung: R.Kobler
ihre Referenz: M.Meier
unsere Referenz: Box 3
Messungscod:

Kanal	Skala 0 %	Skala 100 %	Einheit	Energie -	Energie +	Einheit
P total mittel	0.00	130.00	kW	-0.00	6854.83	kWh



Di, 15.9.2015 10:00:00
Fr, 18.9.2015 21:00:00