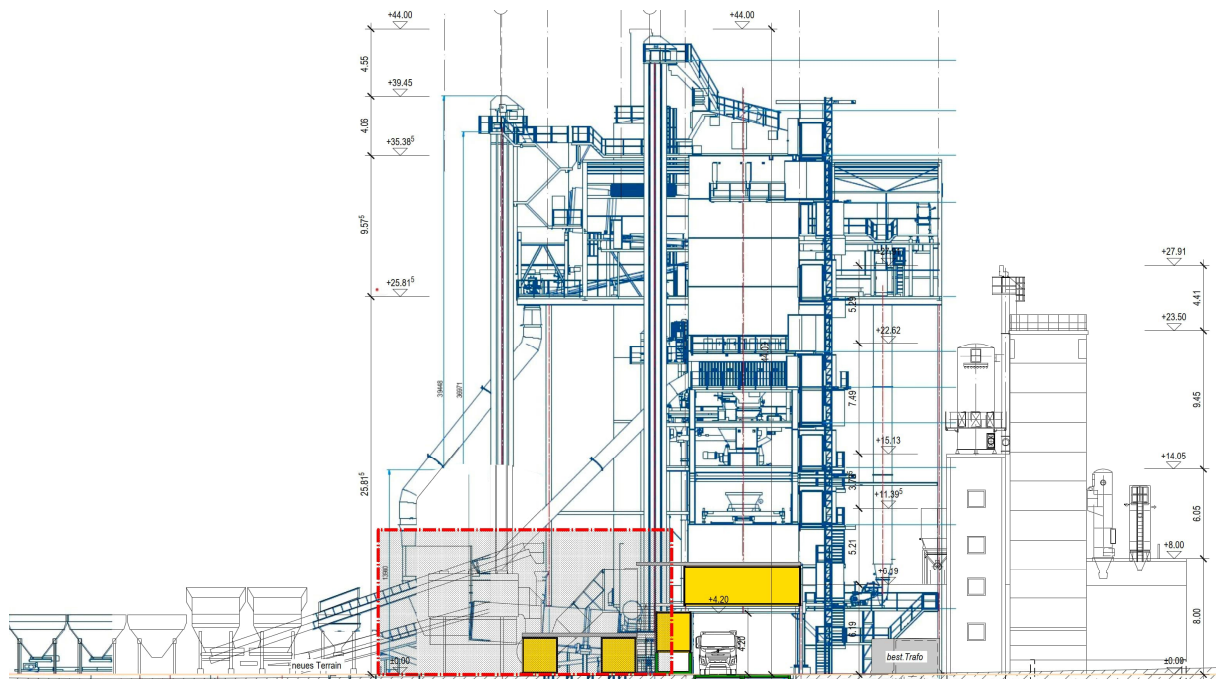




Zwischenbericht vom 19. Januar 2024

Neubau Belagswerk mit Holzstaubfeuerung

Technischer Beschrieb / Messkonzept



Quelle: Belagswerk Oberland AG



Datum: 16.01.2024

Ort: Bern

Subventionsgeberin:

Bundesamt für Energie BFE
Sektion Energieforschung und Cleantech
CH-3003 Bern
www.bfe.admin.ch

Subventionsempfängerin:

Belagswerk Oberland AG (Vormals: BEHAG Belagswerke Heimberg AG)
c/o AG Balmholz
Staatsstrasse 61
3800 Sundlauenen

Autor/in:

Werner Märchy, Marti Holding AG, werner.maerchy@martiag.ch
René Baggenstos, Enerprice Partners AG, r.baggenstos@enerprice.ch

BFE-Projektbegleitung:

Men Wirz, men.wirz@bfe.admin.ch
Sandra Hermle, sandra.hermle@bfe.admin.ch

BFE-Vertragsnummer: SI/502370-01

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



Zusammenfassung

Im Wimmis erstellt das Belagswerk Oberland AG ein neues Belagswerk. Als erstes Belagswerk in der Schweiz setzt die BWO AG anstelle eines fossilen Brennstoffs entsprechende Holzstäube als primäre Energieträger ein. Dadurch kann von einer nahezu CO₂ neutralen Belagsproduktion gesprochen werden. Der Einsatz von Holzstaub als alternativem Brennstoff zu den fossilen Brennstoffen bedingt ein wirtschaftlich austariertes Konzept bezüglich der Verfügbarkeit des Rohbrennstoffs, dessen Aufbereitung zu Holzstaub und dessen Schadstoffverhalten bei der Verbrennung.

Das Ziel des Projekts ist, die energieintensive Herstellung von Asphalt mit beinahe nur erneuerbaren Brennstoffen zu bewerkstelligen und die Wirtschaftlichkeit der Anlage im Praxisbetrieb auszuweisen. Ein wesentlicher Bestandteil der Anlage ist die Holzaufbereitungsanlage. Fünf bis acht Prozent der angelieferten Holzschnitzmenge wird ausgeschleust und zur Erzeugung der Trocknungsenergie in einer Schnitzelheizung verfeuert. Diese Wärme wird genutzt als Trocknungswärme, um den restlichen Massenstrom auf den notwendige Feuchtegehalt zu trocknen. Die getrocknete Menge wird anschliessend der eigentlichen Aufbereitungsanlage zudosiert. Mit diesem Vorgehen soll sichergestellt werden, dass die beiden Merkmale Mahlgrad und Feuchte derart optimiert werden können, dass die für das Asphaltwerk benötigte Leistung erbracht und die Vorgaben der LRV eingehalten werden können.

Damit zukünftig weitere Belagswerke von einer CO₂-neutralen Feuerung auf Basis von wirtschaftlichen Altholzquellen profitieren können, werden nach der Betriebsaufnahme des BWO zusammen mit dem Holzlieferanten SOGES neue Chargen Holzschnitzel bestimmt, die durch die Eliminierung der Auslese von «unsauberem Holz» kostengünstig bereitgestellt werden können.

Mittlerweile wurde die Asphaltanlage fertig erstellt und produziert mittels Einsatzes von fossilen Brennstoffen. Die Inbetriebnahme der Holzstaubaufbereitungsanlage ist leider aufgrund technischer Schwierigkeiten in Verzug geraten. Seit September 2023 mussten ungeeignete Förderschnecken ersetzt sowie eine Funkenerkennungs- und Löscheinrichtung eingebaut werden. Im Verlauf der Monate Februar und März 2024 wird die Anlage erneut getestet und für den Produktionsstart Mitte März 2024 vorbereitet.

Sintesi

Belagswerk Oberland AG sta costruendo un nuovo impianto di pavimentazione a Wimmis. BWO AG è il primo impianto di rivestimento in Svizzera a utilizzare la polvere di legno come fonte energetica primaria al posto dei combustibili fossili. Ciò significa che la produzione di rivestimenti per pavimenti è praticamente neutrale dal punto di vista delle emissioni di CO₂. L'uso della polvere di legno come combustibile alternativo ai combustibili fossili richiede un concetto economicamente equilibrato per quanto riguarda la disponibilità del combustibile grezzo, la sua trasformazione in polvere di legno e il suo comportamento inquinante durante la combustione.

L'obiettivo del progetto è realizzare la produzione di asfalto ad alta intensità energetica con combustibili quasi esclusivamente rinnovabili e dimostrare l'efficienza economica dell'impianto nel funzionamento pratico. Un componente chiave dell'impianto è l'impianto di lavorazione del legno. Il 5-8% del cippato consegnato viene scaricato e bruciato in un sistema di riscaldamento del cippato per generare energia di essiccazione. Questo calore viene utilizzato come calore di essiccazione per asciugare il flusso di massa rimanente al contenuto di umidità richiesto. La quantità essiccata viene poi aggiunta all'impianto di lavorazione vero e proprio. Questa procedura ha lo scopo di garantire che le due caratteristiche del grado di macinazione e dell'umidità possano essere ottimizzate in modo tale da ottenere la produzione richiesta dall'impianto di asfaltatura e soddisfare i requisiti della LRV.

Per far sì che in futuro anche altri impianti di rivestimento possano beneficiare di una combustione a zero emissioni di CO₂ basata su fonti di legno di scarto economiche, dopo l'entrata in funzione del BWO verranno definiti insieme al fornitore di legno SOGES nuovi lotti di cippato, che potranno essere forniti in modo economico eliminando la selezione di "legno non pulito".



Nel frattempo, l'impianto di asfaltatura è stato completato e produce con combustibili fossili. Purtroppo, la messa in funzione dell'impianto di trattamento della polvere di legno è stata ritardata a causa di difficoltà tecniche. Da settembre 2023 è stato necessario sostituire i trasportatori a coclea inadatti e installare un sistema di rilevamento e spegnimento delle scintille. L'impianto sarà nuovamente testato a febbraio e marzo 2024 e preparato per l'avvio della produzione a metà marzo 2024.

Résumé

La société Belagswerk Oberland AG construit une nouvelle usine de revêtement à Wimmis. BWO AG est la première usine de revêtement en Suisse à utiliser des poussières de bois comme source d'énergie primaire au lieu d'un combustible fossile. On peut ainsi parler d'une production de revêtements pratiquement neutre en CO₂. L'utilisation de la poussière de bois comme combustible alternatif aux combustibles fossiles nécessite un concept économiquement équilibré en ce qui concerne la disponibilité du combustible brut, sa transformation en poussière de bois et son comportement en termes de polluants lors de la combustion.

L'objectif du projet est d'assurer la production d'asphalte, qui consomme beaucoup d'énergie, avec presque uniquement des combustibles renouvelables et de démontrer la rentabilité de l'installation dans la pratique. L'installation de préparation du bois est un élément essentiel de l'usine. Cinq à huit pour cent de la quantité de copeaux de bois livrés sont évacués et brûlés dans un chauffage à copeaux pour produire de l'énergie de séchage. Cette chaleur est utilisée comme chaleur de séchage pour sécher le reste du flux de masse à la teneur en humidité nécessaire. La quantité séchée est ensuite dosée dans l'installation de traitement proprement dite. Cette procédure doit permettre d'optimiser les deux caractéristiques que sont le degré de broyage et l'humidité de manière à fournir la puissance nécessaire à l'usine d'asphalte et à respecter les prescriptions de l'OPair.

Afin que d'autres usines de revêtement puissent à l'avenir profiter d'un chauffage neutre en CO₂ sur la base de sources de bois usagé économiques, de nouveaux lots de copeaux de bois seront déterminés après la mise en service de l'OFL, en collaboration avec le fournisseur de bois SOGES, qui pourront être mis à disposition à moindre coût en éliminant la sélection du "bois impropre".

Entre-temps, l'usine d'asphalte a été construite et produit en utilisant des combustibles fossiles. La mise en service de l'installation de traitement des poussières de bois a malheureusement pris du retard en raison de difficultés techniques. Depuis septembre 2023, des vis sans fin inadaptées ont dû être remplacées et un dispositif de détection et d'extinction des étincelles a dû être installé. Au cours des mois de février et mars 2024, l'installation sera à nouveau testée et préparée pour le démarrage de la production à la mi-mars 2024.



Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	3
Sintesi	3
Résumé.....	4
Inhaltsverzeichnis	5
Abkürzungsverzeichnis	7
1 Einleitung	8
1.1 Ausgangslage und Hintergrund	8
1.2 Motivation des Projekts.....	8
1.3 Projektziele.....	9
2 Anlagenbeschrieb.....	9
2.1 Belagswerk.....	10
2.1.1 Holzaufbereitung	11
2.2 Betriebskonzept.....	12
2.2.1 Produktionsbetrieb.....	12
2.2.2 Holzaufbereitung	13
3 Vorgehen und Methode	14
3.1 Vorgaben der Brennstoffquelle Holz.....	14
3.1.1 Gesetzliche Vorgaben.....	14
3.1.2 Emissionsgrenzwerte für Altholzfeuerungen bei Belagswerken	14
3.2 Technische Vorgaben.....	15
3.2.1 Einfluss der techn. Vorgaben auf die HS-Aufbereitung	16
3.3 Logistische Vorgaben	16
3.4 Messstellen	16
3.4.1 Emissionsmessungen.....	16
3.4.2 Energiemessungen.....	17
3.4.3 Material- und Energieflussdiagramm.....	17
3.4.4 Übersicht Ammann Steuerung AS-1.....	18
3.4.5 Detaillierte Messpunkterfassung	19
3.5 Brennstoff-Bereitstellung.....	23
4 Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse.....	25
4.1 Aufgetretene Schwierigkeiten.....	25
5 Bewertung der bisherigen Ergebnisse	25
6 Leistungskennzahlen	26
6.1 Evaluation der Brennstoffquelle Holz.....	27
6.2 KPIs (Key performance indicators).....	27



7	Schadstofftrigger	28
7.1	Brennstoffqualität	28
7.1.1	Erstbrennstoff – Holzstaub aus «sauberem Altholz»	29
7.1.2	Weitere Brennstoffe – Holzstaub aus selektiertem Altholz	29
8	Weiteres Vorgehen	30
8.1	Arbeiten im Jahr 2024	30
8.2	Geplante Arbeiten für 2024 und 2025	30
8.3	Messkampagnen	31
8.3.1	Schadstoffe	31
8.3.2	Energiebedarf pro Tonne Asphaltbelag	31
9	Nationale und internationale Zusammenarbeit	32
10	Kommunikation	32
10.1	Berichterstattung	32
10.2	Wirtschaftliche Aussage	32
11	Publikationen	32
12	Literaturverzeichnis	33



Abkürzungsverzeichnis

Abkürzung	Erklärung
AUE	Amt für Umwelt und Energie, Bern
AWI	Amt für Wirtschaft, Bern
BEHAG	Belagswerke Heimberg AG
BWO AG	Belagswerk Oberland AG
Cges	Gesamtkohlenstoffe
EMPA	Eidgenössische Materialprüfanstalt
HS-Aufbereitung	Holzstaub-Aufbereitung
kWh	Kilowattstunden
LKW	Lastkraftwagen
LPG	Liquefied Petroleum Gas. Nebenprodukt bei der Förderung und Verarbeitung von Rohöl
LRV	Luftreinhalte Verordnung
MWh	Megawattstunden
P16S	Korngrößenklasse (P16S, P31S, P45S) für Holzhackschnitzel
PM	PM20 werden Partikel bezeichnet, deren Durchmesser weniger als 20 Tausendstel-Millimeter beträgt.
SOGES	Sortiergesellschaft AG, Wimmis
SUVA	Schweizerische Unfallversicherungs-Anstalt
UVB	Umweltverträglichkeitsbericht



1 Einleitung

1.1 Ausgangslage und Hintergrund

Im Wimmis erstellte das Belagswerk Oberland AG (BWO AG), vormals Belagswerk Heimberg AG (BEHAG), ein neues Belagswerk. Dieses Belagswerk ersetzt seit 2023 die beiden Belagswerke AG Balmholz in Sundlauenen und BEHAG in Heimberg. Mit der neuen Anlage werden wie in den beiden alten Belagswerken Asphalt / Strassenbelag hergestellt.

Für die Herstellung von Strassenbelag werden primäre Mineralstoffe (Sand, Splitt und Kies) in eine Trockentrommel (Primärtrommel) beladen und mittels Brenner auf die erforderliche Temperatur erhitzt. In einer weiteren Trocknungstrommel (Paralleltrommel) können zudem sekundäre Mineralstoffe bzw. Recycling-Materialien, (Asphaltgranulat – gebrochener Altbelag) analog aufgeheizt werden. Die so erhitzten Stoffe werden anschliessend in einem Mischer zusammen mit Bitumen und weiteren Zusatzstoffen vermischt und anschliessend in Verladesilos (Zwischenlager) zur Abholung durch den Kunden vorgehalten.

Die Trocknungstrommeln der Belagswerke in der Schweiz werden bis heute primär mit fossilen Brennstoffen wie Heizöl oder Gas (LPG, Erdgas) betrieben. Schaut man jedoch über die Landesgrenzen hinaus, werden neben den weit verbreiteten fossilen Brennstoffen auch weitere staubförmige Brennstoffe mittels einem Feststoffbrenner verfeuert. Als staubförmige Brennstoffe kommen jene Brennstoffe zum Einsatz, die einen ausreichenden Heizwert aufweisen und sich wirtschaftlich einsetzen lassen. Solche Brennstoffe sind bspw. der Braunkohlestaub (Deutschland) oder Holzstäube (Skandinavien) auf Basis von Schnittholz oder Holzpellets.

Als erstes Belagswerk in der Schweiz setzt die BWO AG anstelle eines fossilen Brennstoffs entsprechende Holzstäube als primäre Energieträger ein. Dadurch kann von einer nahezu CO₂ neutralen Belagsproduktion gesprochen werden. Der Einsatz von Holzstaub als alternativem Brennstoff zu den fossilen Brennstoffen bedingt ein wirtschaftlich austariertes Konzept bezüglich der Verfügbarkeit des Rohbrennstoffs, dessen Aufbereitung zu Holzstaub und dessen Schadstoffverhalten bei der Verbrennung.

Geeignete staubförmige Holzbrennstoffe müssen bestimmten physikalischen und chemischen Vorgaben folgen. Nur so können die prozesstechnischen Anforderungen mit den eingesetzten Feststoffbrenner und der heute bei Belagswerken üblichen nachgeschalteten Rauchgasreinigungsanlage (sprich: Staubfilter) erfüllt werden.

In der LRV werden im Anhang 2 spezifische Grenzwerte für Belagswerke mit fossilem Brennstoff definiert, die jedoch bei Feststofffeuerungen mit Holz nicht anwendbar sind. In Anlehnung an Ziff. 14 Anh. 2 LRV musste die Asphaltmischanlage mit ihren Feststoffbrennern von den zuständigen Fachbehörden neu beurteilt werden. Schwierig einzuhaltende Grenzwerte wie Stickoxide und Kohlenmonoxide wurden nach Art. 4 LRV und mit Blick über die Landesgrenzen neu festgelegt. Weitere Grenzwerte orientieren sich nach dem vorgesehenen Brennstoff Holz (Ziff. 3 des Anh.5) bzw. dessen Emissionsgrenzwerten. Nach erfolgreicher Messkampagne durch das AUE sollen die Grenzwerte für Holzstaubanlagen definitiv festgelegt werden und in Zusammenarbeit mit dem BAFU Eingang in die LRV finden.

1.2 Motivation des Projekts

Der Klimawandel ist unbestritten und zwingt auch die verarbeitende Industrie, sich von fossilen Brennstoffen zu lösen und ihre Produkte unter dem Einsatz von erneuerbaren Energien zu produzieren. Als besonders herausfordernd weisen sich dabei die hohen Anforderungen industrieller Prozesse an Temperatur und Leistung. Die Holzstaub-Technologie bietet einen möglichen Lösungsansatz und soll im Rahmen dieses Projektes verifiziert und wo möglich verbessert werden.



1.3 Projektziele

Das Ziel des Projekts ist, die energieintensive Herstellung von Asphalt mit beinahe nur erneuerbaren Brennstoffen zu bewerkstelligen und die Wirtschaftlichkeit der Anlage im Praxisbetrieb auszuweisen. Als Rohstoff in diesem Projekt dient Holz respektive Holzstaub, welcher von möglichst regionalen Lieferanten stammt. Um die Wirtschaftlichkeit dieser Technologie zu verbessern, soll aus bekannten Holzressourcen ein zulässiger Rohbrennstoff (Altholz) konditioniert werden, der als aufbereiteter Holzstaub die neu in der LRV definierten Schadstoffgrenzwerte einhalten kann.

2 Anlagenbeschreibung

Die CO₂ neutrale Herstellung von Asphaltbelag bedingt neben dem eigentlichen Belagswerk das Vorhalten eines CO₂ neutralen staubförmigen Brennstoffs (hier: Holzstaub). Der staubförmige Brennstoff wird analog zu fossilen Brennstoffen im Umfeld des Belagswerks siliert. Die Herstellung eines staubförmigen Brennstoffs ist grundsätzlich auch unabhängig vom Standort des Belagswerks. Eine Anlieferung von staubförmigen Brennstoffen verursacht jedoch einen erhöhten logistischen Aufwand wie das Vorhalten von zusätzlichen Filteranlagen und Explosionsschutzmassnahmen. Idealerweise wird vor Ort ein vorkonditionierter Rohbrennstoff (bspw. Holzschnitzel oder Pellets) zu einem staubförmigen Brennstoff fertig aufbereitet.

Die BWO AG hat sich deshalb entschieden, neben dem Belagswerk auch eine Aufbereitungsanlage für Holzstaub zu installieren (Abbildung 1). Dadurch können zusätzlich zu der nicht trivialen Logistik von Staubgütern folgende zwei Faktoren berücksichtigt werden:

Verbesserte Einflussnahme auf die Holzstaubqualität respektive des Rohbrennstoffs bezüglich dessen Schad-, Fremd- und Störstoffgehalts.

Sicherstellung der Verfügbarkeit des staubförmigen Brennstoffs aufgrund mehrerer Zulieferfirmen für den Rohbrennstoff.

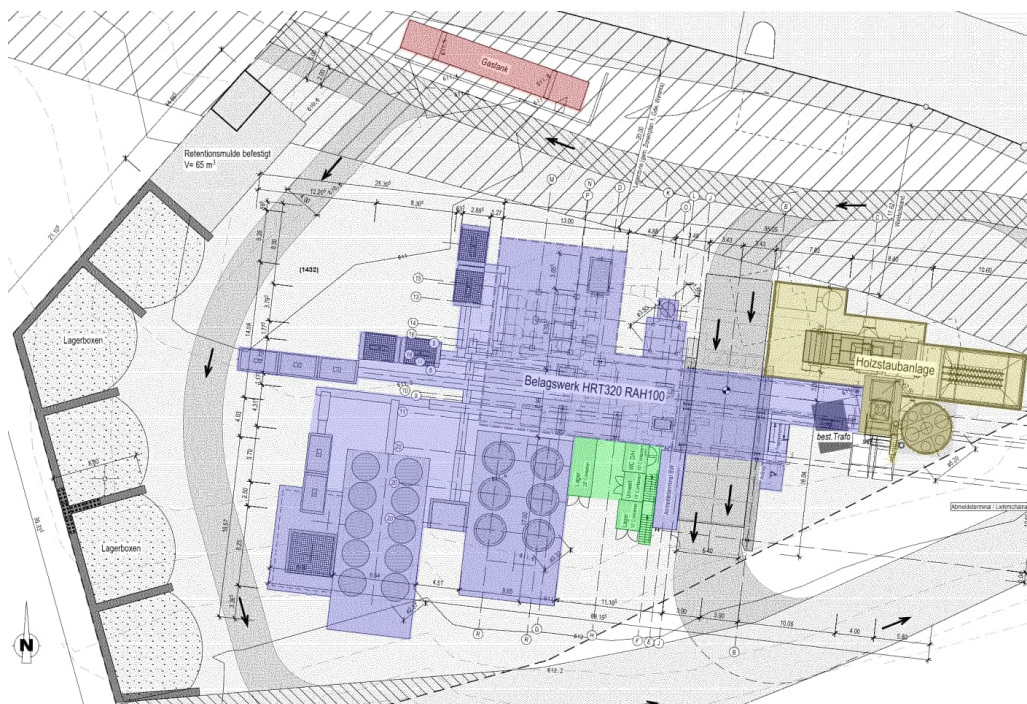


Abbildung 1: Belagswerk BWO Wimmi

(Belagswerk / Holzstaubaufbereitung / Gastank / Betriebsgebäude)

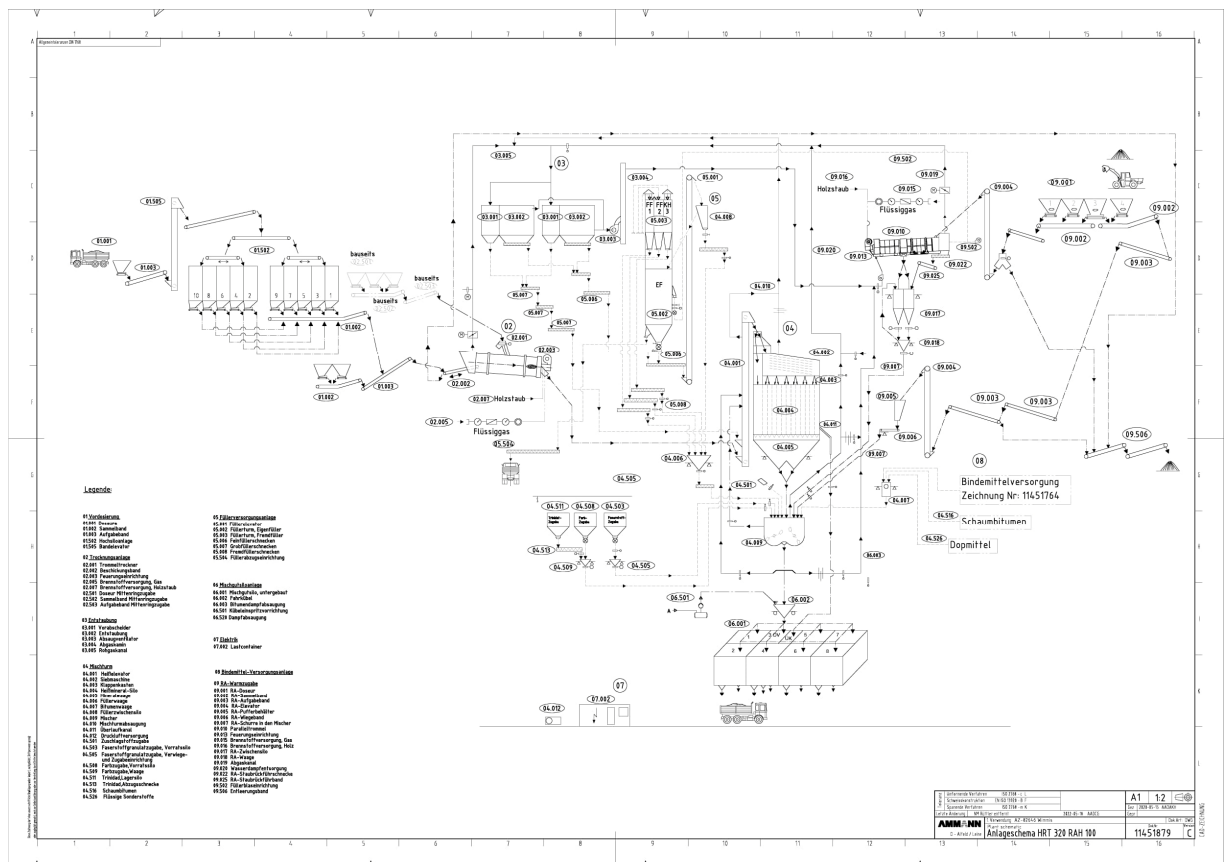


2.1 Belagswerk

Das Belagswerk in Wimmis unterscheidet sich von Belagswerken, die nur fossile Brennstoffe (Heizöl, Gas) verfeuern, dahingehend, dass ein Mehrstoffbrenner (Feststoff - / Flüssigbrenner) eingesetzt wird und die Länge der Trocknungstrommel sowie die Brennerleistung auf die Verfeuerung mit Holzstaub optimiert wurde.

Der eigentliche Prozess zur Erhitzung und gleichzeitiger Trocknung des Grundmaterials (Gesteinskörner, Asphaltgranulat) bleibt an sich gleich. Entsprechende Brenner und Trocknungstrommeln sind heute bereits mehrfach in Betrieb (u.a. Braunkohlestaub). Der installierte Brenner (Ammann Induflame) wird heute bereits in verschiedenen skandinavischen Anlagen eingesetzt. Solche Brenner sind Mehrstoffbrenner und können je nach Ausführung 2 oder 3 Brennstoffe verfeuern [MIB - Monoblock-Industriebrenner - Oertli Induflame \(oertli-induflame.de\)](#).

Die prozesstechnische Funktion des Belagswerk ist in Abbildung 2 ersichtlich. Die Abbildung zeigt weiter die Interaktion zwischen dem jeweiligen Brenner und der Trocknungstrommel. Als Anzündquelle benötigt der Feststoffbrenner zum Entzünden des Brennstoffs Holzstaub eine bereits bestehende Flamme aus fossilen Brennstoffen. Der fossile Brennstoff kommt ebenfalls zum Einsatz, wenn die Heizleistung des Holzstaubs zu gering ist (bspw. der Feuchtigkeitsanteil des Holzstaubs ist zu hoch). Aufgrund dessen geht die BWO in Absprache mit dem Belagswerkhersteller Ammann von einem Verhältnis Holz- vs. Gasbrennstoff von 95 % vs. 5 % aus. Das Vorhalten eines fossilen Brennstoffs stellt somit gleichzeitig den Prozess als auch die Rückfallebene als Betriebsbrennstoff sicher.





Das ausreichend dimensionierte Holzstaubsilo entkoppelt die beiden Werke Holzstaubaufbereitung und Belagswerk voneinander, d.h. auch wenn das Belagswerk keinen unmittelbaren Bedarf an Holzstaub hat, kann die Holzstaubaufbereitung weiter produzieren und Holzstaub in das Holzstaubsilo füllen.

2.2 Betriebskonzept

Die jährliche Produktionsmenge der BWO (Belagswerk Oberland AG) ist abhängig vom Endkundenbedarf und kann bis zu 150'000 Tonnen Belag betragen. Die Belagsproduktion erfolgt im Allgemeinen in Tagesschichten. Der Asphaltbelag muss kundengerecht, d.h. mit Zeit- und Rezeptvorgaben, bereitgestellt werden, was in wenigen Ausnahmefälle auch zu einem Mehrschichtbetrieb führen kann. Diese unterschiedlichen Kundenbedürfnisse verursachen bei der Belagsproduktion einen mengenmässig volatilen Produktionsablauf. Erschwerend kommt hinzu, dass der Asphaltbelag zeitnah zum geplanten Abholtermin durch den Kunden produziert werden muss (Beibehaltung der thermischen Eigenschaften bis zum Einbau des Asphaltbelags im Strassenbau).

Die für die Produktion notwendigen Rohmaterialien und Halbfabrikate (Gesteinsmineralien, Brennstoffe, Additive, usw.) werden daher vor Ort vorgehalten und zeit- und bedarfsgerecht dem Belagswerks zu- und als Asphaltbelag (Endprodukt) abgeführt.

2.2.1 Produktionsbetrieb

Der Produktionsbetrieb des Belagswerk BWO (Kapitel 2.1 Belagswerk) unterscheidet sich grundsätzlich nicht von den Betriebsabläufen anderer Belagswerke in der Schweiz.

Die Produktion von Asphaltbelag ist keine Produktion auf Vorrat, d.h. das Endprodukt Asphaltbelag wird zeitnah im Vorlauf zu dessen Einbau produziert und zwischengelagert. Die Produktion von Asphaltbelag ist ein endothermer Prozess, da die einzelnen Rohmaterialien und Halbfabrikate auf die für das Endprodukt spezifische Temperatur gebracht und gehalten werden müssen.

Bei der Produktion von Asphaltbelag werden daher grössere Mengen an elektrischer und insbesondere thermischer Energie benötigt. Der thermische Energiebedarf eines Belagswerks wird heute noch primär durch fossile Energieträger bereitgestellt.

Die fossilen Energieträger werden von Drittunternehmen bereitgestellt und über eine Tankanlage im näheren Umfeld des Belagswerks vorgehalten (Heizöl- oder Flüssiggastank), von wo die Brennstoffe bedarfsgerecht abgerufen werden können. Da wo es sich anbietet, wird der Energieträger direkt mittels einer ausreichenden Zuleitung zum Belagswerk geführt.

Als alternativ zu den fossilen Brennstoffen werden in ausländischen Belagswerken auch feststoffliche Brennstoffe wie Braunkohle- oder aufbereiteter Holzstaub auf Basis von Holzpellets verwendet. Die feststofflichen Brennstoffe müssen analog den gängigen Brennstoffen in geeigneter Art (Tanks / Silos / direkte Zuleitung) beim Belagswerk vorgehalten werden.

Das Mineral wird in einer Trocknungstrommel auf eine Temperatur von ca. 140 – 160°C aufgeheizt und dabei gleichzeitig getrocknet. Der thermische Energiebedarf eines Belagswerks ist daher stark abhängig vom Feuchtegehalt der mineralischen Grundmaterialien. Für eine Tonne Asphalt wird im Mittel ca. 70 - 75 kWh thermische Energie benötigt.

Bei einer jährlichen Produktionsmenge von 150'000 Tonnen werden somit rund 10'500 MWh an thermischer Energie benötigt. Dies entspricht ca. 1'100 m³ Heizöl (~10 kWh/l) oder knapp 7'650 m³ bzw. ca. 2'300 Tonnen Holzstaub.

Neben dem Bedarf dieser thermischen Energie werden auch noch ca. 6-8 kWh elektrische Energie pro Tonne Asphalt innerhalb des Belagswerks benötigt.



2.2.2 Holzaufbereitung

Die Aufbereitung des Rohbrennstoff Holz zu Holzstaub muss nicht zwingend in unmittelbarer Nähe des Verbrauchers (Belagswerk) sein. Eine externe Holzstauberzeugung bedingt jedoch einen erhöhten Aufwand bei der Logistik des Brennstoffs Holzstaub und verursacht zudem höhere Kosten beim Erstellen und dem Vorhalten der für die Logistik notwendigen Installationen (Stichwort: Ex-Schutz).

Der Betrieb einer entsprechenden Holzstaubaufbereitung ist stark von der Anlieferqualität des Rohbrennstoff Holz und durch die für die Belagsproduktion benötigte Menge des aufbereiteten Holzstaubs geprägt. Im Gegensatz zum volatilen Produktionsbetrieb des Belagswerks kann der Aufbereitungsprozess bei der Holzstaubaufbereitung als konstanter Prozess gefahren werden. Die entsprechende Leistungsdimensionierung der einzelnen Prozessschritte (Kapitel 2.1, Belagswerk) innerhalb der Holzaufbereitung und eine ausreichende Möglichkeit zur Lagerung (Pufferung) des aufbereiteten Holzstaubs lässt eine kostenoptimierte Installation und wirtschaftlichen Betrieb der Holzstaubaufbereitung zu.

Bei einer mittleren Feuchte von ~3 % des mineralischen Grundmaterials wird für deren Trocknung und Erhitzung gemäss der Fa. Ammann knapp 15 kg Holzstaub pro Tonne Asphaltbelag benötigt. Dabei sind die minimalen physikalischen Vorgaben (Feuchte und Mahlgrad) des Belagswerkherstellers für den Brennstoff Holzstaub (Anhang A1) einzuhalten.

Bei einer Produktionsleistung von 300 t/h Asphaltbelag werden von den Feststoffbrennern der beiden Trocknungstrommeln mehr als 4'500 kg/h Holzstaub abgerufen. Bei einer Belagsproduktion von ca. 2'000 t pro Tag werden somit mehr als 30 t oder 110 m³ Holzstaub notwendig, die im selben Zeitraum produziert und vorgehalten werden müssen. Damit diese Menge Holzstaub innert Tagesfrist vorliegt, muss die Menge des Rohbrennstoff Holz entsprechend der geforderten Qualität (Kapitel 7, Schadstofftrigger) der Holzstaubaufbereitung zugeführt werden. Kumuliert man noch die Holzmenge, die für die Trocknung des Rohbrennstoff Holz notwendig ist, werden bei intensiven Produktionstagen (Belagsproduktion) mehr als 35 Tonnen Holz benötigt (Anhang A2).



3 Vorgehen und Methode

3.1 Vorgaben der Brennstoffquelle Holz

Bei einer Feststofffeuerung mit Holz können grundsätzlich alle Holzarten / -quellen zur Anwendung kommen, solange diese den gesetzlichen (LRV, Abfallrecht, usw.) und den technischen Vorgaben (Feuchtegehalt, Stör- und Fremdstoffe) genügen. Unter Einhaltung dieser Vorgaben sollte der zu erwartende Schadstoffausstoss innerhalb der betrieblichen Grenzen liegen. Erschwerend kommt hinzu, dass diese Vorgaben auch mit wirtschaftlichen Aspekten eingehalten werden müssen, d.h. die Verfügbarkeit entsprechender Holzarten und die logistische Beibringung der potenziellen Holzarten spielen zusätzlich eine wesentliche Rolle.

3.1.1 Gesetzliche Vorgaben

Eine wesentliche gesetzliche Vorgabe ist neben dem Abfallgesetz (Verwertung von Altholz) auch die Luftreinhalteverordnung (LRV). Sie definiert, dass für Altholzfeuerungen nur bestimmte Brennstoffe nach Anh. 5 der LRV zum Einsatz kommen dürfen. Dazu zählen die Holzbrennstoffe nach Ziff. 31 Abs. 1 Anh. 5 der LRV und Altholz nach Ziff. 31 Abs. 2 Bst. a Anh. 5 der LRV. Alle übrigen Stoffe aus Holz, wie solche, die mit problematischen Holzschutzmitteln, halogenorganischen oder bleihaltigen Stoffen behandelt sind, fallen nicht darunter und dürfen nicht in Altholz- oder Holzstaubfeuerungen verbrannt werden (vgl. auch Kapitel 3.1.2).

Zu den Auflagen aus der Baubewilligung werden mit der Betriebsbewilligung weitere Vorgaben und Abläufe konkretisiert.

3.1.2 Emissionsgrenzwerte für Altholzfeuerungen bei Belagswerken

Beim Belagswerk BWO ist bei beiden Erhitzungströmmeln je ein Zweistoffbrenner (fest / flüssig) installiert. Bei der Belagsherstellung kommt für die Erzeugung der notwendigen Erhitzungswärme neben dem Hauptbrennstoff Holzstaub (ca. 93-95 % Anteil) auch noch LPG zum Einsatz. Das LPG wird für das Entfachen des Holzstaubs verwendet oder wenn der Holzstaub eine zu geringe Heizleistung entwickelt aufgrund eines zu hohen Feuchtegehalts des Holzstaubs.

Die Schadstoffgrenzwerte beim Einsatz von fossilen Brennstoffen (hier LPG) sind in der Luftreinhalteverordnung (LRV) vorgegeben. Äquivalente Vorgaben beim Einsatz von NICHT fossilen Brennstoffen (bspw. Holzstaub aus Altholz) sind in der aktuellen LRV (Stand: 01.01.2022) jedoch nicht definiert.

In Zusammenarbeit mit den zuständigen Behörden mussten für den Einsatz von Holzstaub bei Asphaltmischanlagen neue Schadstoffgrenzwerte definiert werden. Auf Basis von Messwerten norwegischer Anlagen und mit Hinblick auf die Wirtschaftlichkeit solcher mit holzstaubbetriebenen Anlagen wurden im Zuge der Baubewilligung folgende Schadstoffgrenzwerte definiert:



Luftschadstoff	Belagswerk		Holzstaubaufbereitung	
	Fossile Feuerung *	Holzstaub-feuerung	Altholz-feuerung ¹⁾	Abluft-anlagen ²⁾
	[mg/m ³]	[mg/m ³]	[mg/m ³]	[mg/m ³]
Staub (PM)	20	20	20	20
Organische Stoffe (C _{ges})	80	80	50	--
Stickstoffdioxid (NO ₂)	100	150	--	--
Kohlenmonoxid (CO)	500	750	250	--
Blei und Zink (kumuliert)	5	5	5	--
Chlorverbindungen (HCl)	30	30	--	--
	[%vol.]	[%vol.]	[%vol.]	[%vol.]
O ₂ -Gehalt Abgas	17	17	11	--

Tabelle 1: Übersicht Schadstoffe (Quelle: UVB & Baubewilligung Belagswerk Wimmis)

*) LRV 01.04.2021

¹⁾ Die Grenzwerte für die Altholzfeuerung zur Trocknung der Schnitzel orientiert sich nach Ziffer 72, Anhang 2, LRV.

²⁾ Die Grenzwerte für den Staub beim Zerspannen, Mahlen und Aufbereiten orientiert sich nach Ziffer 4, Anhang 1, LRV.

Die genannten Grenzwerte sind so festgelegt, dass deren Einhaltung technisch und betrieblich möglich sowie wirtschaftlich tragbar sein sollte.

3.2 Technische Vorgaben

Der potenzielle Holzbrennstoff kann bei seiner Anlieferung als Rohbrennstoff neben den chemischen Schadstoffen auch weitere für die Holzaufbereitung ungeeignete Elemente enthalten. Sogenannte Stör- und Fremdstoffe gilt es so weit wie möglich von der Holzstaubaufbereitung fernzuhalten, da diese die Leistungswerte der Anlage minimieren oder unnötige Schäden verursachen können. Um bei der Verfeuerung des Holzstaubs in der Trocknungstrommel des Belagswerks einen ausreichenden Heizwert vorliegend zu haben, ist eine max. Feuchte beim Holzstaub einzuhalten. Somit muss der Holzbrennstoff in der Holzaufbereitungsanlage meist auf eine vom Belagswerkhersteller vorgegebene Feuchte getrocknet werden.

Der Feuchtegehalt für sauberes Schnittholz (ca. 30 %) und der von Waldschnitzel (rund 55-60 %) liegen deutlich über dem von Altholz (mittlere Feuchte von weniger als 20-25 %). Dieser Umstand lässt eine Nutzung von sauberem Schnittholz oder Waldschnitzel als möglichen Holzbrennstoff nur zu, wenn die notwendige Trocknungsenergie und die Installationen (grössere Trockner) in wirtschaftlichen Grenzen (bspw. durch Nutzung von Abwärme Dritter) gehalten werden können.



Firmen, die eine Altholzannahmestelle betreiben, bereiten das anfallende Altholz innerhalb der gesetzlichen Vorgaben für verschiedene Altholzfeuerungsanlagen auf und beliefern diese. Auf Basis dieser bereits bestehenden Prozesse werden die benötigten Mengen Altholz für das Belagswerk BWO bei der Altholzannahmestelle (=Lieferant unseres Rohbrennstoffs Holz) entsprechend unseren Vorgaben (Kapitel 7, Schadstofftrigger) konditioniert.

Durch diese Konditionierung beim Brennstofflieferanten werden die im Altholz vorkommenden Stör- und Fremdstoffe grösstenteils ausgeschieden und belasten so die Holzaufbereitungsanlage weniger.

3.2.1 Einfluss der techn. Vorgaben auf die HS-Aufbereitung

Entsprechend den physikalischen Eigenschaften des Brennstoffs Holzstaub (Anhang A2) und den möglichen Brennstofflieferanten wurde die HS-Aufbereitung ausgelegt und konzipiert.

Das Konzept der HS-Aufbereitung basiert auf der Anlieferung des Brennstoffs in Schnitzelform (P16S) und einem maximalen Feuchtegehalt von weniger als 20-25 %. Dadurch erübrigt sich einerseits die energieintensive Grobzerkleinerung von grossen Holzstücken und andererseits kann auf das Vorhalten einer überdimensionierten Trocknungsanlage für Holz verzichtet werden. Mit der Anlieferungsart "Schnitzel" (insbesondere beim Holztyp: Altholz) kann wie erwähnt der Anteil der Stör- und Fremdstoffe auf ein Minimum beschränkt werden, da diese beim Schreddern grösstenteils freigelegt und aussortiert werden.

3.3 Logistische Vorgaben

Ein weiteres nicht unwesentliches Element mit Fokus auf die Wirtschaftlichkeit ist die Verfügbarkeit und die logistischen Wege des Rohbrennstoffs Holz. Als potenzielle Brennstoffquellen für (Alt-)Holz kommen sowohl die Holzindustrie (Verwertung von sauberem Schnittholzabfall) als auch klassische Altholzentsorger in Frage, die neben den gesetzlichen auch die technischen Brennstoffvorgaben berücksichtigen. Wie in Kapitel 6.1 erläutert, setzen wir uns unserem Projekt deswegen auf eine sehr regionale Zusammenarbeit mit entsprechend kurzen logistisch Wegen.

3.4 Messstellen

3.4.1 Emissionsmessungen

Die Abnahme-Emissionsmessung sowie die periodischen Messungen werden nach den aktuell gültigen eidgenössischen¹ und kantonalen Vorgaben² ausgeführt. Um die einzelnen Emissionsmessungen ausführen zu können, sind in den jeweiligen Kaminschlotten unter Einhaltung der einschlägigen Vorschriften (Messplatzanforderungen) entsprechende Messstellen (EMPA-Messstutzen) verbaut.

Messstutzen	Holzstaubfeuerung	Altholzfeuerung	Abluftanlagen
[Typ]	[Stk.]	[Stk.]	[Stk.]
EMPA	2	1	je 1

Tabelle 2: Übersicht Messstutzen

Die unter Kapitel 3.1.2 gelisteten Schadstoffgrössen (-gruppen) werden in einer zweistufigen Messreihe gemessen. Die ersten Messungen erfolgen als orientierende Emissionsmessungen. Dabei werden die Schadstoffe No_x und CO gemessen. Bewegen sich diese im erwarteten Messbereich, werden die vorab erwähnten Schadstoffgrössen (-gruppen) gemessen.

¹ Emissionsmessung bei stationären Anlagen - Emissions-Messempfehlungen des BAFU. Stand 2020

² Cercl'Air-Empfehlung Nr. 29 (Stand: Nov. 2013) - Checklisten Emissionsmessungen



Nach der Betriebsaufnahme werden mit den zuständigen Stellen (Behörde, Messunternehmen, Betreiber) ein Messprogramm definiert, dass die wirtschaftliche Abhängigkeit der max. Schadstoffgrenzen aus der Verbrennung des Holzstaubs in Funktion des eingesetzten Rohbrennstoff Holz (Altholzschnitzel) und dessen Schadstoffgehalt (Deklarationsanalyse) aufzeigt.

Parallel dazu werden mit der Firma SOGES kostengünstigere Schnitzelchargen definiert und produziert (Kapitel 7.1, Brennstoffqualität). Mittels spezifischen Messkampagnen (in zeitlicher Abstimmung zum Betrieb des Belagswerks) werden die kostengünstigeren Schnitzelchargen (Rohbrennstoff) nach dem definierten Messprogramm auf ihre Schadstoffemission gemessen und beurteilt.

3.4.2 Energiemessungen

3.4.3 Material- und Energieflussdiagramm

Das folgende Material- und Energieflussdiagramm zeigt alle Messstellen. Im nächsten Kapitel sind zu den einzelnen Punkten 1-9 detaillierte Angaben. Die Messpunkte MP1, MP3, MP7, MP8 sowie MP9 liefern für die Beurteilung der Zielerreichung relevante Messwerte.

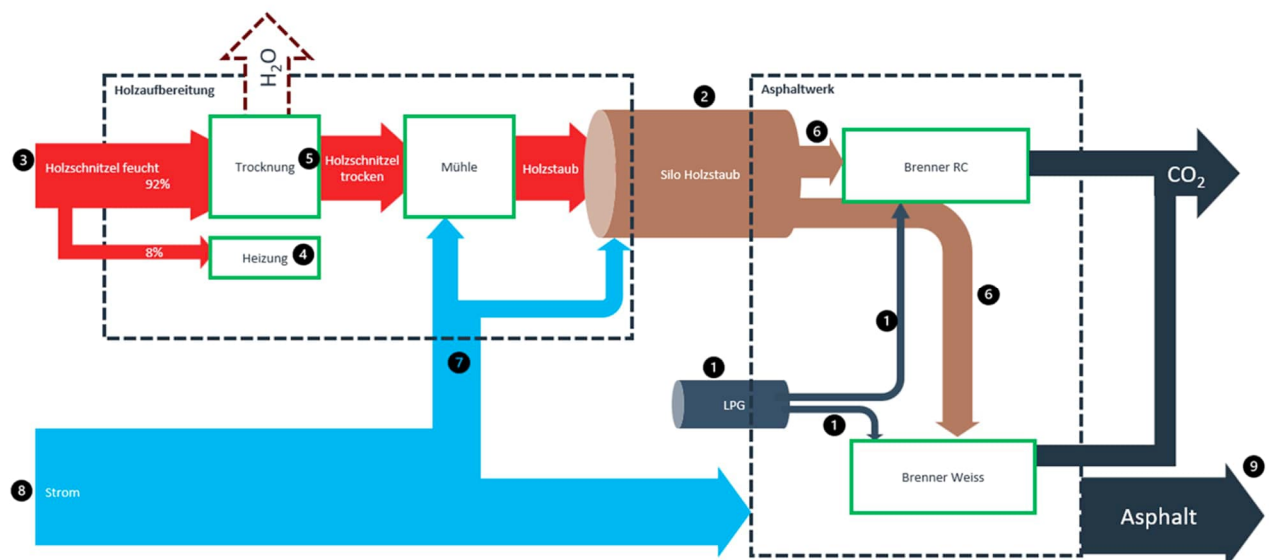


Abbildung 4 Material- und Energieflussdiagramm



3.4.4 Übersicht Ammann Steuerung AS-1

Die Ammann Steuerung, die sich in der zentralen Überwachung befindet, liefert die meisten Daten für das Monitoring. Folgende Bilder zeigen die Steuerung im allgemeinen, detaillierte Angaben sind im nächsten Kapitel beschrieben.



Abbildung 5 Aussenansicht der Anlage und der Standort der Überwachungszentrale.

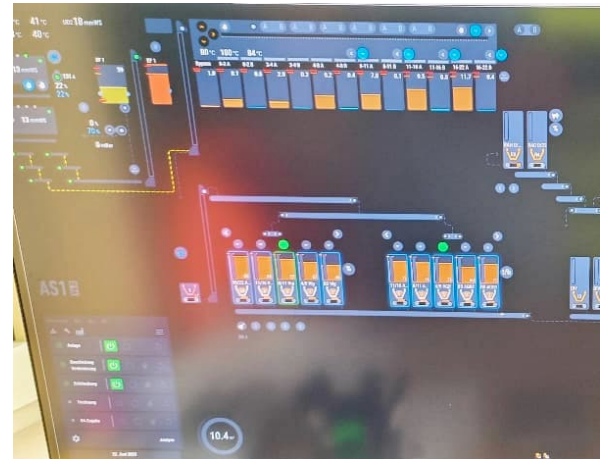


Abbildung 6: Übersicht der Anlage im AS-1 von Ammann.

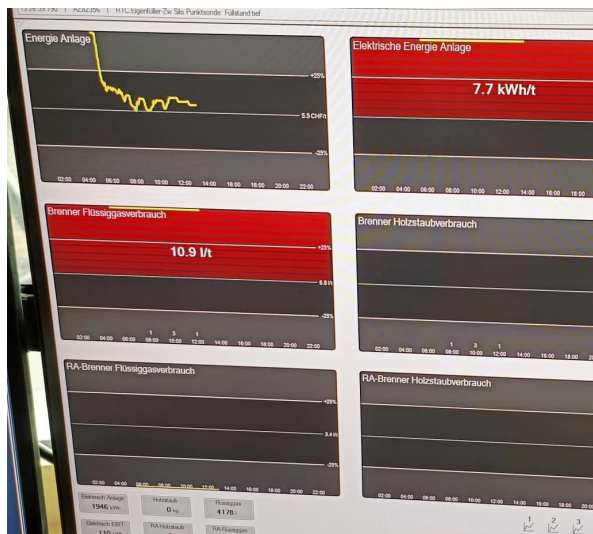
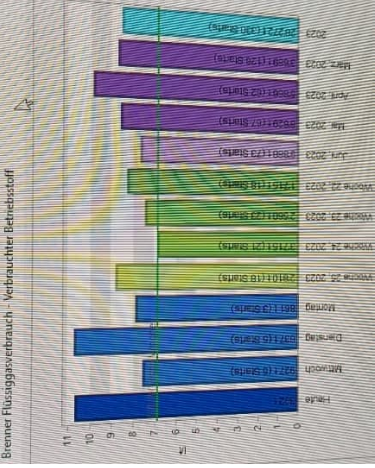
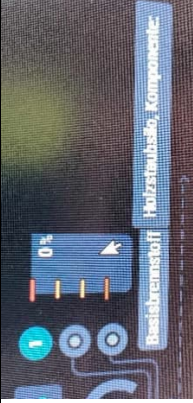


Abbildung 7: Übersicht der Energie relevanten Daten im Ecoview der AS-1.

3.4.5 Detaillierte Messpunkterfassung

Nr.	Zu messende Einheit	Datenquelle / Beschreibung	Messort / Verantwortung	Bild
MP-1	LPG Gelagert in einem Tank.	Nach Monitoringkonzept wird der LPG-Verbrauch mit den Rechnungen und Füllstandsveränderung ermittelt. Der Füllstand wird digital erfasst und kann jederzeit abgefragt werden. Verifikation: Der Verbrauch wird bei der Ammann Steuerung AS-1 angezeigt. Der Ausgabewert ist in Liter pro Tonnen (lt/t). Dieser Wert wird mit der erfassten Asphaltmenge multipliziert und man erhält die verbrauchte Jahresmenge vom Flüssiggas. Wichtig: Beide Brenner werden einzeln ausgewiesen. Messgenauigkeit: +/- 2% Kalibrierung: Nur bei Inbetriebnahme der Anlage.	Messort: Rechnungsunterlagen Digitale Füllstandsmessung Verifikation: Überwachungszentrale Verantwortung: Enerprice hat den Zugang bei Vitogaz und kann den Verbrauch online ablesen.	
MP-2	Holzstaub Füllstand im Silo.	Der Füllstand wird mit 15 Sensoren überwacht. Die Feuchtigkeit wird nicht gemessen. Verifikation: Der Füllstand kann bei der jährlichen Revision optisch geprüft werden. Messgenauigkeit: 360m³ /15 Messungen. Also ±6.7% auf aktuellen Füllstand. Kalibrierung: --	Messort: Überwachungszentrale Verifikation: -- Verantwortung: Anlagebetreiber	



MP-3	Angelieferte Holzschnitzel	Der Lieferant stellt für das angelieferte Holz eine Rechnung. Die Rechnung beinhaltet die gelieferte Menge in Tonnen. Die Kosten sind in CHF/Tonne. Die Holzfeuchtigkeit liegt bei Anlieferung zwischen 8-25%. Die Feuchtigkeit wird nach 300 Tonnen kontrolliert. Verifikation: -- Messgenauigkeit: -- Kalibrierung: --	Messort: Rechnungsunterlagen Verifikation: -- Verantwortung: Der Anlagebetreiber fasst die Daten zusammen.	
MP-4	Trocknungsanlage Holzschnitzel (Heizung)	Für das Monitoring ist dieser Messpunkt nicht relevant, da er nur auf die Effizienz der Anlage einen Einfluss hat. Für eine Auswertung können die Betriebsstunden und die Leistung abgelesen werden. Dieser Punkt wird jedoch im Monitoring nicht dokumentiert.	Messort: Überwachungszentrale Verifikation: -- Verantwortung: Anlagebetreiber	--
MP-5	Trocknung Holzschnitzel	Die Trocknungsanlage misst die Feuchtigkeit des Holzschnitzels am Eingang und Ausgang der Trocknungsanlage. Mit dieser Messung wird sichergestellt, dass die Feuchtigkeit am Ausgang bei 8% liegt. Wird beim Eingang ein feuchteres Holz gemessen, so erhöht sich automatisch die Wärmeenergie für die Trocknung. Die Menge des benötigten Holzes für die Trocknung wird nicht gemessen. Dieser Messpunkt ist für den internen Gebrauch. Verifikation: Sporadische Messungen des Holzstaubes. Ansonsten wird ein zu feuchtes Material im Wirkungsgrad der Anlage bemerkbar. Messgenauigkeit: 8% +/- 2% Kalibrierung: Entscheid Anlagebetreiber	Messort: Überwachungszentrale Verifikation: -- Verantwortung: Anlagebetreiber	--



MP-6	Holzstaubverbrauch	Der Holzstaubverbrauch wird über die Ammann Steuerung AS-1 erfasst, die verbrauchte Holzstaubmenge wird in Kilogramm pro Tonne Asphalt (kg/t) ausgewiesen. Dieser Wert wird mit der produzierten Asphaltmenge multipliziert. Wichtig: Für beide Brenner (Weiss und RA) gibt es eine eigene Auswertung (In Kapitel 0 zu sehen). Der Verbrauch dient für interne Optimierungsmöglichkeiten und ist im Monitoring nicht relevant. Verifikation: Durch eine indirekte Messung via Förderschnecke wäre der Holzstaubverbrauch messbar. Messgenauigkeit: -- Kalibrierung: --	Messort: Überwachungszentrale Verifikation: -- Verantwortung: Anlagebetreiber	
MP-7	Strombedarf Holzaufbereitung	Der Strombedarf für die Holzstaubaufbereitung wird mit einem eigenen Stromzähler gemessen. Die Messung ist im Zuleitungsgebäude installiert. Verifikation: Die Anlage gibt den Strombedarf auch in kWh/t an, so kann der Stromverbrauch der Asphalt- und der Holzstaubanlage berechnet werden. Messgenauigkeit: -- Kalibrierung: --	Messort: Ablesewert Stromzähler im Zuleitungsgebäude Verifikation: -- Verantwortung: Anlagebetreiber Enerprice verlangt einen jährlichen Auszug der Daten	



MP-8	Strombedarf Gesamtanlage	Dieser Messpunkt misst den gesamten Stromfluss der Anlage. Der Netzbetreiber sowie der Energielieferant stellen monatlich eine Rechnung. Verifikation: Die Anlage gibt den Strombedarf in kWh/t an, so kann der Stromverbrauch verifiziert werden. Messgenauigkeit: Klasse B gemäss Metering Code Schweiz Kalibrierung: In Verantwortung des Netzbetreibers	Messort: Rechnungen Verifikation: -- Verantwortung: Anlagebetreiber Enerprice verlangt einen jährlichen Auszug der Daten	--
MP-9	Asphalt Produktion	Die produzierte Menge an Asphalt wird bei der Ammann Steuerung AS-1 erfasst. Anhand dieser Messung wird den Kunden die Rechnung erstellt. Die produzierte Menge ist bei jedem Diagramm zusammengefasst. Verifikation: Durch den Energieverbrauch pro Tonne Asphalt Messgenauigkeit: +/- 2% Kalibrierung: Durch Ammann mit Werkseigenen Produktionskontrollen	Messort: Überwachungszentrale Verifikation: -- Verantwortung: Anlagebetreiber Enerprice verlangt ein jährlicher Auszug der Daten	



3.5 Brennstoff-Bereitstellung

Ein wesentlicher Aspekt, damit sich der Betrieb eines CO₂-neutralen Brennstoffes (Holzstaub) gegenüber dem Betrieb eines Belagswerk mit fossilem Brennstoff wirtschaftlich durchsetzen kann, ist auch eine einfache Brennstoff-Bereitstellung durch den Brennstofflieferant notwendig. D.h. es muss ein pragmatischer Ansatz bezüglich Schadstoffermittlung im Brennstoff geben, damit die zukünftig definierten Schadstoffgrenzwerte bei Belagswerken mit betrieblichen CO₂-neutralen Brennstoffen gegeben sind.

Ziel ist es:

- Bei potenziellen Brennstofflieferanten soll ohne (nennenswerter) Zusatzaufwand und auf Basis ihrer heute bereits umgesetzten gesetzlichen und betrieblichen Vorgaben aus bekannten Holzressourcen ein zulässiger Rohbrennstoff Holz (Altholz) konditioniert werden, der als aufbereiteter Holzstaub, für CO₂-neutrale Brennstoffe mit derselben Anlagenkonfiguration wie beim BWO, die neu in der LRV definierten Schadstoffgrenzwerte einhalten kann.

Damit dieser Balanceakt gelingt, müssen bei der Brennstoff-Bereitstellung die beiden Bereiche:

- Bereitstellung Rohbrennstoff → Prüfung Brennstoffqualität (Eingangskontrolle) auf Schad-, Stör- und Fremdstoffe
- Belagswerk → Abluftmessung (Schadstoffe gemäss LRV)

als Einheit gesehen werden.

Durch ein prozesssicheres und sauberes Bereitstellen der Holzschnitzel beim Brennstofflieferant (Kapitel 7.1, Brennstoffqualität) wird gewährleistet, dass bei der Verbrennung der Holzschnitzel als Holzstaub die bewilligten Schadstoffgrenzwerte eingehalten werden können.

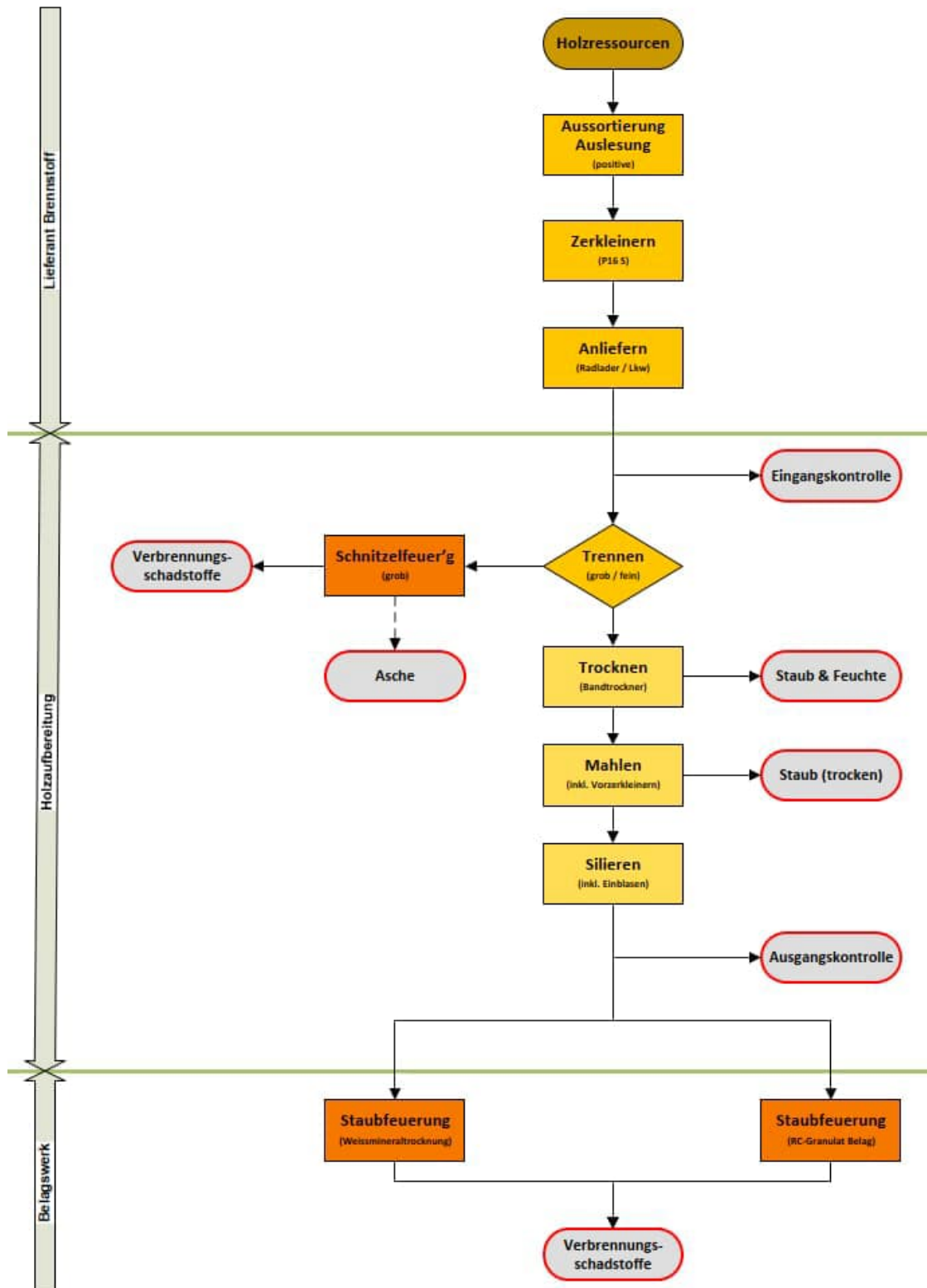


Abbildung 8: Vereinfachter Ablauf Materialfluss Brennstoff Holz



4 Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

Gemäss ursprünglichem Plan ging die Asphaltanlage Anfang Mai 2023 in Betrieb. Die Inbetriebnahme der Holzstaub-Aufbereitungsanlage war für Sommer 2023 vorgesehen. Dieser Termin konnte nicht eingehalten werden.

4.1 Aufgetretene Schwierigkeiten

Bei der initialen Inbetriebnahme der Holzaufbereitungsanlage im August 2023 musste festgestellt werden, dass sich der Holzstaub in der Transportschnecke zwischen Silo und den Brennern aufstaute und die Schnecke verklemmte. Nach eingehenden Untersuchungen wurde festgestellt, dass die Transportschnecken für Holzstaub ungeeignete Förderwinkel aufwiesen.

Die neu hergestellten Förderschnecken mit den korrekten Winkeln wurden im Oktober 2023 geliefert und eingebaut.

Nach der Installation der neuen Förderschnecke konnte mit der Inbetriebnahme weitergefahren werden. Dabei zeigte sich, dass bei einer längeren Betriebszeit die Austragssituation mit einem schrägverlaufenden Fallrohr unterhalb des Mühlefilters nicht ideal ist (Anbackungen von Holzmehl im Schrägrohr). Dieses Schrägrohr musste durch ein vertikalverlaufendes Fallrohr und einer horizontalen Förderschnecke ersetzt werden.

Dass die ursprüngliche Ausführung unterhalb der Zellradschleuse mittels Schrägrohr nicht ideal ist, offenbarte sich durch das Ansprechen des Füllstandsmelder in der Zellradschleuse und der nachfolgenden Überprüfung der Zellradschleuse und des Schrägrohrs. Bei dieser Überprüfung zeigte sich weiter, dass sich ein Glimmbrand im Schrägrohr entfachte, vermutlich ausgelöst durch einen Funkenwurf aus der Holzstaubmühle. Unter einem Glimmbrand versteht man das langsame Verglimmen der Bestandteile eines Baustoffes oder von Kohle. Die allgemeine Definition ist die unvollständige Verbrennung aufgrund mangelhafter Sauerstoffzufuhr. Daraus resultiert eine niedrige Verbrennungstemperatur von 500 – 1000 °C.

Bei der Anlagenplanung wurde das Risiko eines Glimmbrandes als sehr klein eingeschätzt und folglich auf eine Glimmbranderkennung mit Löschvorrichtung verzichtet. Dieser Entscheid wurde folglich revidiert und für die kritischen Stellen wurde eine entsprechende Funkenerkennungs- und Löscheinrichtung nachbestellt. Das Material ist im Dezember 2023 und Januar 2024 eingetroffen und wird bis Ende Januar 2024 eingebaut.

Im Verlauf der Monate Februar und März 2024 wird die Anlage erneut getestet und für den Produktionsstart Mitte März 2024 vorbereitet.

Ab diesem Zeitpunkt können die geplanten Messungen der vorhergehenden Kapitel umgesetzt werden.

5 Bewertung der bisherigen Ergebnisse

Noch liegen keine konkreten Ergebnisse vor, welche bewertet werden könnten.



6 Leistungskennzahlen

Ein längerfristiges Bestehen von neuen marktorientierten Ideen ist nur gegeben, wenn sich diese auch wirtschaftlich nachhaltig etablieren können. Dies heisst im vorliegenden Fall konkret, dass der in Frage kommende CO₂-neutrale Brennstoff

1. beim Belagswerk keine nennenswerten Mehrinvestitionen in Form von weitergehenden Abgasnachbehandlungsanlagen (NO_x-Reduktion, usw.) notwendig macht
2. mit seinen Gestehungskosten pro kW thermischer Leistung nicht höher liegt als die heute genutzten fossilen Brennstoffe

Mit dem Einsatz der Mehrstoffbrennertechnologie und der Betriebserfahrungen von ausländischen Anlagen konnten die Belagswerkslieferanten (Kapitel 2.1) zeigen, dass mit den heutigen Feststofffeuerungen und dem Brennstoff Holzstaub auf Basis von "sauberem Holz" die länderspezifischen Emissionsgrenzwerte ohne weitergehende Abgasnachbehandlungsanlagen als bei einem Belagswerk mit fossilen Brennstoffen, eingehalten werden können. Die Investitionskosten beim Belagswerk (Punkt 1) werden somit auf einem Minimum gehalten.

Die Gestehungskosten pro kW thermischer Leistung (Punkt 2) summieren sich

- a) aus den notwendigen Anlagekosten (Aufbereitungsanlage Holzstaub – Kapitel 2.1.1)
- b) aus den erhöhten Betriebskosten (Energie, Wartung & Unterhalt, usw. der Aufbereitungsanlage Holzstaub)
- c) und aus dem Einkaufspreis des Rohbrennstoffs (Brennstoffqualität – Kapitel 7.1)

Ein grosser Hebel zur Senkung der Gesamtkosten (Investition & Betrieb) liegt beim Einkaufspreis des Rohbrennstoffs (Punkt 2c). Diese Kennzahl wird direkt beeinflusst durch mögliche zukünftige LRV-Erleichterungen der potenziellen Schadstoffe.

Beim Punkt 1 und 2a spielt der Wettbewerb der Anlagenhersteller eine eher untergeordnete Rolle. Beim Punkt 2a und 2b ist ebenfalls die Brennstoffqualität mitentscheidend. Bei diesen beiden Punkten sind weniger die chemischen Schadstoffe kostentreibend, sondern die Schad- und Fremdstoffe (höhere Verschleisskosten) oder die Eingangsfeuchte des Rohbrennstoffs (höhere Investitionen infolge grösserer Trockner in der Holzaufbereitungsanlage).



6.1 Evaluation der Brennstoffquelle Holz

Unter den vorgenannten Aspekten scheiden somit gewisse Lieferanten bei der Evaluierung von möglichen Brennstoffquellen mit Holz aus. Wie bereits erwähnt, sind Holzquellen mit allzu grossem Feuchtegehalt (bspw. Waldschnitzel) oder Holz mit hohem Stör- und Fremdstoffpotential (Altholz wie Wurzelstöcke usw.) wirtschaftlich nicht interessant, da diese Holzmengen eine deutlich höhere Investition in entsprechende Anlagentechnik (Trockner, Zerkleinerer, usw.) notwendig machen. Solche Investitionen sind in Betracht zu ziehen, wenn sich mit Drittfirmen mögliche Win-Win Situation ergeben (bspw. Nutzung von Abwärme, usw.).

Auf Basis des vorliegenden Betriebsstandorts wurde eine wirtschaftliche Bewertung von möglichen Holzquellen bezüglich ausreichender Verfügbarkeit sowie der physikalischen und chemischen Eigenschaften gemacht (Kapitel 3.1).

Mit der Partnerfirma SOGES konnte ein Brennstofflieferant gefunden werden, der den konzeptionellen und wirtschaftlichen Startvoraussetzungen genügt und gewillt ist, dieses Projekt mit der BWO wirtschaftlich in die Zukunft zu führen.

Für die Inbetriebnahme des Belagswerk stellt die Firma SOGES einen ersten Altholz-Brennstoff zur Verfügung, der dank einer "positiven Auslesung" über einen höheren "Sauberkeitsgehalt" verfügt, d.h. ein geringes Schadstoffpotenzial aufweist und somit keine übermässigen Schadstoffemissionen bei der Verbrennung emittieren sollte. Dieser sehr aufwendige Ausleseprozess spiegelt sich jedoch in einem hohen Einstandspreis des Rohbrennstoffs (Altholzschnitzel) wider.

Damit zukünftig weitere Belagswerke von einer CO₂-neutralen Feuerung auf Basis von wirtschaftlichen Altholzquellen profitieren können, werden nach der Betriebsaufnahme des BWO zusammen mit der Firma SOGES neue Chargen Holzschnitzel bestimmt, die dank einem kleineren Aufwand als bei der "positiven Auslese" oder sogar durch die Eliminierung der "Auslese" kostengünstiger bereitgestellt werden können.

6.2 KPIs (Key performance indicators)

Bezüglich Anschaffung sind wie im vorhergehenden Kapitel erwähnt die Gestehungskosten pro kW thermischer Leistung relevant. Aus Sicht Wirtschaftlichkeit kommen die beiden Indikatoren «Energiebedarf pro Tonne Belag» sowie «Kosten pro kWh Energie» hinzu, welche unter Anderem durch die Qualität des Holzes beeinflusst werden. Der spezifische Ausstoss an CO₂ pro Tonne Belag bestimmt zusammen mit der Produktionsmenge schliesslich die Höhe der Beiträge, welche über ein Kompensationsprojekt mit dem BAFU generiert werden können. Diese haben massgeblichen Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit.

Eine abschliessende Liste mit KPIs wird im Rahmen der Erarbeitung des Messkonzepts (siehe Kapitel 8, Weiteres Vorgehen) bestimmt.



Die eingebundenen Schadstoffe im (Alt-)Holz (bestimmbar durch eine Deklarationsanalyse) und die Schadstoffbildung während der Verbrennung korrelieren miteinander. Diese Korrelationen können bei der Brennstoffbereitstellung durch den Brennstoffhändler (Altholzentsorger) für seine qualitativen Abschätzungen herangezogen werden. Bspw. bei der Auslese von Brennstoffmaterialien mit erhöhtem Schadstoffpotenzial.

Luftschadstoff	Anteil Holzstaub	Einflussgrösse	Bemerkungen
Organische Stoffe (C _{ges})	gering / mittel	Bitumen *	Belagsherstellung
Stickstoffdioxid (NO ₂)	stark	Rinde, verleimte Holzprodukte	Brennstofflieferant
Kohlenmonoxid (CO)	mittel	Holzfeuchte Mahlgrad	Holzstaub- herstellung
Blei und Zink (kumuliert)	stark	Metallische Fremdprodukte im Brennstoff	Brennstofflieferant
Chlorverbindungen (HCl)	stark	Halogene Fremdprodukte (bspw. PVC, Fenster- beschichtungen, usw.)	Brennstofflieferant

^{*)} Bitumen hat ein weit höherer Einfluss gegenüber Brennstoff (unvollständige Verbrennung)

7.1 Brennstoffqualität

Altholzammelstellen nehmen heute verschiedene Altholzqualitäten (Abfall) aus sehr unterschiedlicher Herkunft an und triagieren dieses angelieferte Altholz bereits nach deren zukünftigen Verwertung (Stoffliche bzw. thermische Verwertung). Für beide Verwertungswege gelten spezifische Schadstoffgrenzwerte (Richtwerte) des BAFU, die eingehalten werden müssen³.

28/33



7.1.1 Erstbrennstoff – Holzstaub aus «sauberem Altholz»

Der Schadstoffgehalt in der Abluft des Belagswerks ist wie erwähnt stark abhängig von den verschiedenartigen Verunreinigungen des "Rohbrennstoff" Altholz. Um die potenziellen Schadstoffquellen eingrenzen zu können, wird bei der Inbetriebnahme BWO mit "sauberem" Altholz gefahren, das durch eine positive Auslese basierend auf dem triagierten Altholzlager für die thermische Verwertung³ gewonnen wird. Diese erschwerte Bereitstellungsart verursacht beim Brennstofflieferanten zwangsläufig einen sehr hohen Arbeitsaufwand mit entsprechender Kostenfolge. Mit systematischen Analysen (Deklarationsanalysen) des Rohbrennstoffs stellt der Brennstofflieferant sicher, dass eine konstante Brennstoffqualität angeliefert wird.

7.1.2 Weitere Brennstoffe – Holzstaub aus selektiertem Altholz

Die Bereitstellungskosten von Altholzschnitzel mit entsprechender Brennstoffqualität sind ein wesentlicher Erfolgsfaktor für eine wirtschaftliche Nutzung des Brennstoffs Altholz gegenüber fossilen Brennstoffen bei Belagswerken.

Aufgrund dieser Tatsache werden im Nachgang zur Betriebsaufnahme des Belagswerks weitere kostengünstigere Bereitstellungsarten evaluiert, die die Brennstoffqualitäten gemäss Tabelle 1 Kapitel 3.1 einhalten.

Nachfolgende Tabelle zeigt mit der Bezeichnung «LRV-Brennstoff 1 bzw. 2» zwei mögliche Gewinnungsarten für den Rohbrennstoff gegenüber der erwähnten positiven Auslese.

Bezeichnung	Gewinnungsart	Altholz-Basis	Bemerkungen
Sauberes Altholz	Positive Auslese	Stoffliche Verwertung bzw. LRV Anh. 5 Ziff. 31 Abs. 1 und 2a	Nur geeignetes Holz aussortiert
LRV-Brennstoff 1	Kompl. Shreddern auf 0-20mm	Stoffliche Verwertung bzw. LRV Anh. 5 Ziff. 31 Abs. 1 und 2a	
LRV-Brennstoff 2	Nur Aussieben auf 0-20mm	Stoffliche Verwertung bzw. LRV Anh. 5 Ziff. 31 Abs. 1 und 2a	Potenziell erhöhter Schadstoffgehalt am Feinkorn

Tabelle 4: Unterschiedliche Brennstoffqualität basierend nach ökonomischen Bereitstellungsaufwand

Diese Rohbrennstoffe «LRV-Brennstoff 1 bzw. 2» werden dann ebenfalls in der Holzstaub-aufbereitungsanlage zu Holzstaub aufbereitet.

Durch die Möglichkeit einer Bypass-Schnecke können diese Holzstäube den Holzstaubsilo umfahren und die Schadstoffemission können zeitnah mittels weiterer Messreihen validiert werden.

Werden bei diesen Messungen die behördlich vorgegebenen Schadstoffgrenzwerte eingehalten, werden die Gestehungskosten dieser Brennstoffe den Gestehungskosten der gängigen fossilen Brennstoffe (Heizöl, LPG oder LNG) gegenübergestellt und bewertet.

Können bei diesen Messungen die behördlich vorgegebenen Schadstoffgrenzwerte jedoch nicht eingehalten werden, ist je nach Spannweite der gemessenen Schadstoffwerte eine Kosten- / Nutzenabwägung sinnvoll. Evtl. hilft auch eine LRV-Erleichterung, damit die Idee, die Belagswerke zukünftig mit CO₂-neutralen Brennstoffe zu betreiben, skalierbar wird.



8 Weiteres Vorgehen

Die Abschlussarbeiten für den Anlagenteil Belagswerk sind mittlerweile beendet. Der Anlagenteil Holzstaubaufbereitung wird voraussichtlich im Februar 2024 fertig erstellt. Nach Ende der Montage und der Inbetriebnahme der verschiedenen Anlagen und Gewerke beginnt die Phase der Überprüfung durch die zuständigen Behördenstellen (SUVA, AWI, AUE, usw.), welche letztlich die Anlage mittels einer Betriebsgenehmigung freigeben.

8.1 Arbeiten im Jahr 2024

Die Inbetriebnahme und das Einfahren der Holzstaubaufbereitungsanlage (inkl. Holzstaubbrenner) erfolgt terminlich losgelöst vom Belagswerk im Verlauf der Monate Februar und März 2024. Während der Inbetriebnahme und Abnahme der Holzstaubaufbereitungsanlage können auch die ersten orientierenden Messungen der Behörde erfolgen.

Sobald die Inbetriebnahmen und Überprüfungen für beide Werke (Belags- und Holzstaubaufbereitungswerk) erfolgreich abgeschlossen sind, findet die erste Messkampagne der Behörde (AUE Kant. BE) zwecks Schadstoffemission bei der BWO (Messkampagne Betrieb) statt. Diese Messkampagne erfolgt mit dem Holzstaub auf Basis "sauberes Altholz" gemäss Kapitel 7.1.

Nach dem Start des kommerziellen Betriebs der BWO erfolgt auch die Erfassung der notwendigen thermischen Leistungsgrössen für die Validierung der Wirtschaftlichkeit eines Belagswerkbetriebs mit CO₂-neutralem Brennstoff. D.h. es werden über einen definierten Zeitraum die produzierten Belagstonnen und dazu gehörenden Brennstoffverbräuche (LPG und Holzstaub) ermittelt und zum Kennwert "thermischer Leistungsbedarf pro Tonne Asphaltbelag" aufbereitet.

8.2 Geplante Arbeiten für 2024 und 2025

Gegen Ende dieser Erfassungsperiode (Leistungsbedarf pro Tonne Belag) wird auch die nächste Messkampagne (Messkampagne LRV) unter der Berücksichtigung des laufenden Belagswerksbetriebs geplant und vorbereitet.

Die Schadstoffmessungen der beiden LRV-Brennstoffe 1 und 2 erlauben es, mit dem Einbezug der thermischen Leistungsverbräuche eine wirtschaftliche Güterabwägung zu machen.

Ziel dieser Messkampagne (Messkampagne LRV) ist es aufzuzeigen, dass durch spezifisch angepasste Schadstoffgrenzwerte in der LRV (LRV-Erleichterung) der Betrieb von Belagswerken mit Holzstaubfeuerungen (CO₂-neutralem Brennstoff) in der Schweiz wirtschaftlich sein kann und eine Skalierbarkeit dieser Technologie aus der Sicht der LRV möglich ist. Dieser politische Prozess liegt ausserhalb des Einflussbereichs der BWO, wir gehen jedoch davon aus, dass eine Erleichterung angesichts der klimapolitischen Herausforderungen realisiert werden dürfte. Ein möglicher Terminplan zur Erreichung des erwähnten Ziels ist nachfolgend ersichtlich. Nachfolgend zur Messkampagne LRV werden mittels periodischer Messreihen die Werte verifiziert.



TERMINPROGRAMM

BWO Wimmis
Inbetriebnahme / Behördenmessungen

STAND: 18.01.2024

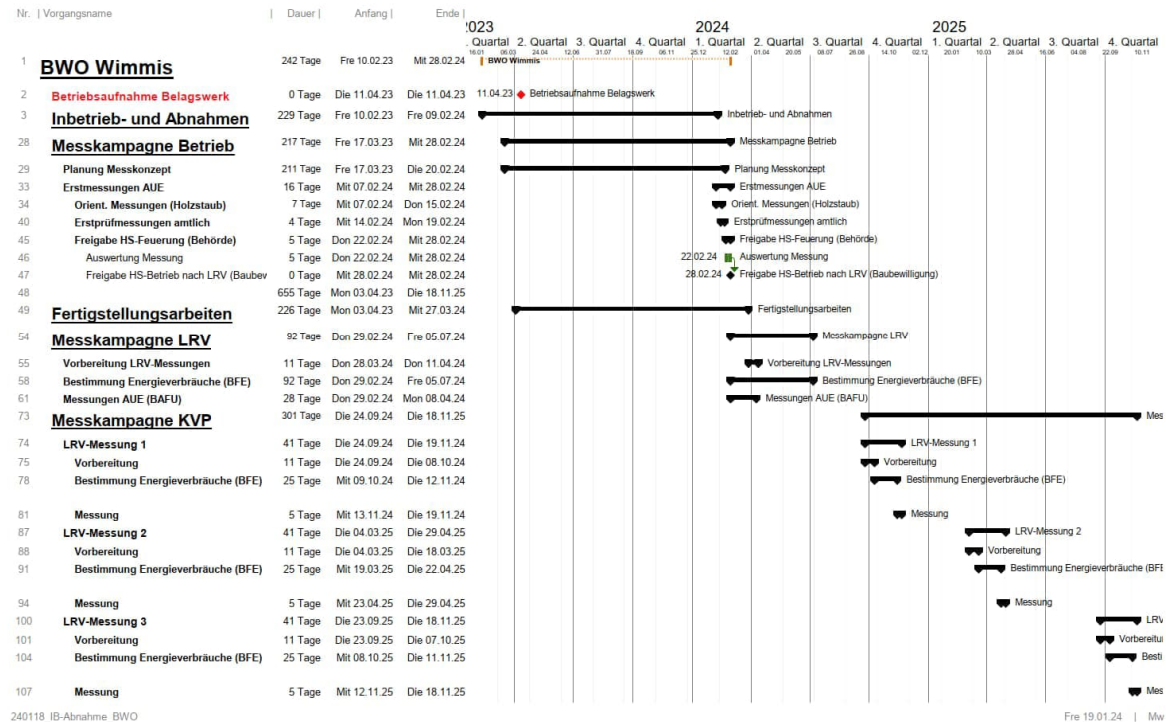


Abbildung 9: Terminplan Messkampagnen (Anhang A3)

8.3 Messkampagnen

Mit der Inbetriebnahme des Werks werden regelmässige Messkampagnen durchgeführt. Diese haben zum Ziel, den kontinuierlichen Verbesserungsprozess mit Fakten zu hinterlegen und die Einhaltung der Vorgaben sowie der Kriterien zur Wirtschaftlichkeit zu dokumentieren.

8.3.1 Schadstoffe

Nach jeder Messkampagne erfolgt eine Dokumentation der Ergebnisse, wo u.a. die gemessenen Schadstoffwerte der einzelnen Emittenten in den Kaminschlotten zu den Eingangswerten (Deklarationsanalyse) gesetzt werden.

Dadurch kann aufgezeigt werden, inwieweit eine separate Deklarationsanalyse des bereitgestellten Brennstoffs notwendig ist oder ob die Analyse, wie sie bereits standardmässig zur Bereitstellung von Altholz zur thermischen Verwertung gemacht wird, ausreichend ist.

8.3.2 Energiebedarf pro Tonne Asphaltbelag

Mit der Erhebung der wichtigsten Energieverbräuche kann die notwendige Bedarfsmenge an thermischer Energie pro Belagstonne dargestellt werden.

Die Bedarfsmengen an spezifischer Energie werden zusätzlich im Zeitraum der Messkampagne LRV über einen längeren Zeitraum erfasst. Dies sind:

- die thermische Energie (Holzstaub) mittels Aufgabemenge Rohbrennstoff resp. Zudosierung über die Dosierschnecken unterhalb des Holzstaubsilos



- elektrische Energie durch das Ablesen des Verbrauchs bei der E-Zuleitung Holzstaub (die Erfassung des E-Verbrauchs des Belagswerks ist nicht notwendig)

9 Nationale und internationale Zusammenarbeit

Die BWO ist Mitglied bei [asphaltsuisse](#), dem Fachverband der Branche. Im Rahmen von Fachtagungen und Newsletters werden die Mitglieder über die Erfahrungen von BWO informiert gehalten.

Die BWO ist zudem Mitglied der Gruppe «Schweizerische Mischgutindustrie SMI» bei der Energie Agentur der Schweiz (www.enaw.ch). Am 13. November 2023 fand ein Workshop dieser Gruppe vor Ort in Wimmis statt, an welchem die Branche aus erster Hand über die Anlage und insbesondere die Holzstaubaufbereitung informiert wurde.

10 Kommunikation

10.1 Berichterstattung

Die Berichterstattung soll aufzeigen, dass mit lokalen und nicht fossilen Brennstoffen ein realer wirtschaftlicher Betrieb eines Belagswerks möglich ist. Dies soll im Nachgang auch weiteren Belagswerken als Entscheidungsfindung dienen und sie zur Umstellung auf eine nachhaltige CO₂-neutrale Belagsproduktion motivieren.

Der Bericht zeigt zudem die Korrelation zwischen Brennstoffqualität (Deklarationsanalyse) und den zu erwartenden Schadstoffemissionen auf. Weiter werden die mittels verschiedenen Messkampagnen spezifisch ermittelten Werte (Schadstoffe, Leistungsbedarf pro produzierte Tonne) zu Kennwerten aufbereitet und den äquivalenten Kennwerten der mit fossilen Brennstoffen betriebenen Belagswerken gegenübergestellt.

Die Ergebnisse und Erkenntnisse aus den diversen Messkampagnen sowie die wirtschaftliche Aussage hierzu werden in die geforderten Zwischen- und Schlussberichte des Pilot- und Demonstrationsprojekts überführt und den zuständigen Behördenstellen (BFE, usw.) sowie weiteren interessierten Kreisen zugänglich gemacht.

10.2 Wirtschaftliche Aussage

Mit den ersten Messkampagnen, Abnahmemessung und der ersten LRV-Messung (gemäss Terminplan Anhang A03) sowie den im selben Zeitraum erhobenen Energieverbräuchen, kann bereits eine gute Aussage bezüglich eines wirtschaftlichen Betriebs der Anlage gemacht werden. Dabei werden die gewonnen Zahlen hochgerechnet auf einen bestimmten Zeitraum (bspw. 3, 5 und 10 Jahre) und mit den Zahlen von fossilen Belagswerken verglichen. Die so gewonnenen Aussagen werden noch validiert und berichtsmässig festgehalten.

11 Publikationen

Es ist angedacht, die BWO für den Watt d'Or 2025 anzumelden. Sollte das Projekt ausgezeichnet werden, darf davon ausgegangen werden, dass dieses innovative Projekt national noch mehr Aufmerksamkeit erregen wird.



12 Literaturverzeichnis

Keines