

2.3 Verfahrensbeschreibung

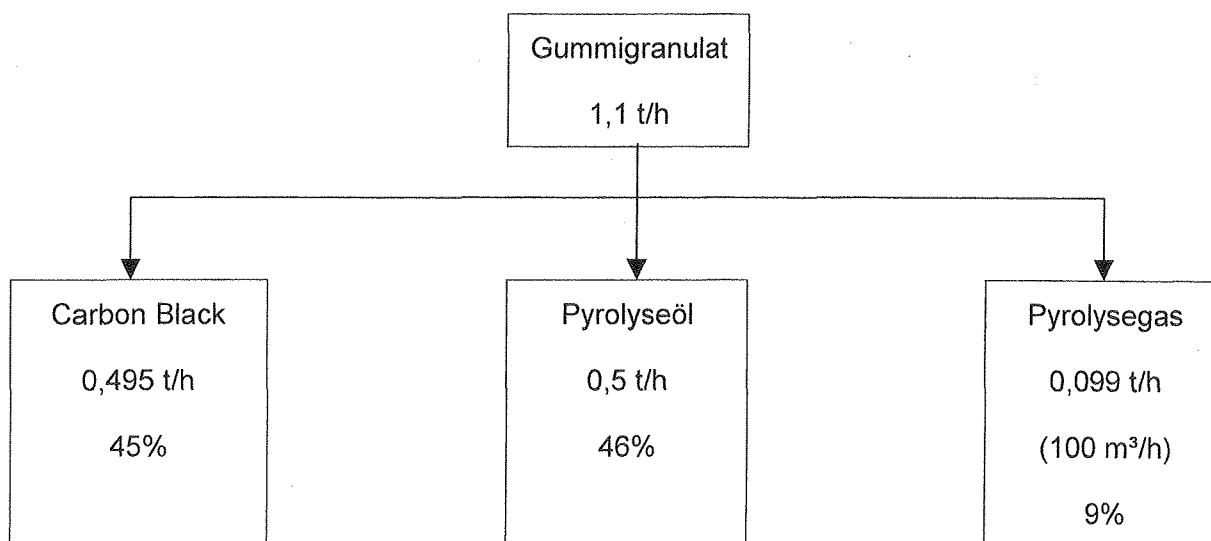
- Verfahrenstechnische Aufgabe der Anlage

Die Pyrolyse-Anlage hat die Aufgabe, aus handelsüblichem Gummigranulat mittels einer speziellen Pyrolyse-Technologie in abgestuften thermischen Behandlungsschritten gebrauchsfähiges Carbon Black für die Gummi- und Reifenindustrie herzustellen.

Das zum Einsatz kommende Gummigranulat muss dabei in der Größe 2-4 mm vorliegen und sollte weitgehend frei von Gewebe- oder Stahlanteilen und weiteren Verunreinigungen sein.

Im Laufe des unter Ausschluss von Sauerstoff stattfindenden Pyrolyse-Prozesses entsteht Pyrolyse-Gas und kondensiert nach Kühlung zu großen Teilen zu Pyrolyse-Öl. Ein Rest bleibt auch nach Abkühlung etwa auf Raumtemperatur in gasförmigem Zustand. Dieser Rest wird in Gasmotoren verwertet. Hierzu erfolgt eine Zusp eisung in eine erdgasbasierte Gasmotorenstation zur Eigenstromversorgung. Ausschließlich bei nicht bestimmungsgemäßem Anlagenbetrieb, der den Betrieb der Gasmotoren nicht gestattet, wird das Gas über eine Notfackel verbrannt. Nach dem Pyrolyseprozess verbleibt das gewünschte Carbon Black, das weitergehend aufbereitet wird.

Der Durchsatz der Pyrolyse-Anlage beträgt 1,1 t/h Gummigranulat. Eine Stoffverteilung kann dabei wie folgt angegeben werden:



Verlustmengen und Verunreinigungen wurden an dieser Stelle zunächst vernachlässigt.

Im Sinne der Antragstellung nach dem BImSchG wird die Anlage in 4 verfahrenstechnische Anlagenteile gegliedert:

HA 01 Anlage zur Verwertung von Gummigranulat												
AN 01.10 Zwischenlager für In- und Output			AN 01.20 Pyrolyseanlage				AN 01.30 Carbon-Aufbereitung		AN 01.40 Zentrale Nebenanlagen			
BE 10.01	Lager Einsatzstoffe/Hilfsstoffe		BE 20.01	Materialaufgabe	BE 20.02	Pyrolyse Feststoffweg	BE 20.03	Öl- und Gassystem	BE 30.01	Aufbereitungstechnik	BE 40.01	Kühlwassersystem
BE 10.02	Produktlager										BE 40.02	Drucklufterzeugung
BE 10.03	Abfallzwischenlager										BE 40.03	Gasverwertung
											BE 40.04	Inertisierung

- Lager Einsatzstoffe / Hilfsstoffe

Innerhalb der BE 10.01 – Lager Einsatzstoffe werden Granulate und Aktivkohlen (Haupt-Einsatzstoffe) gelagert. Die Lagerfläche befindet sich in einer geschlossenen Halle, die mit LKW und Gabelstaplern befahrbar ist. Die Lagerung erfolgt ausschließlich in Big Bags, die mit einem Gabelstapler umgesetzt werden. Die Aktivkohle wird in Edelstahlbehältern gelagert, in denen auch der Rücktransport der beladenen Kohlen erfolgt.

Es werden die folgenden Lagermengen vorgehalten:

Gummigranulate	360 t
Aktivkohle	10 t.

Die Big Bags mit Granulat werden per Gabelstapler in der Produktionshalle in den Aufgabetrichter 110BB001 der Entleerungsstation entleert. Das Granulat gelangt mittels pneumatischer Förderung in die alternierend zu befüllenden Vorlagebehälter 111BB001 und 112BB001 und damit in in den Prozess (BE 10.02). Ebenfalls in der Halle werden Behälter mit Aktivkohle zur Gasreinigung gelagert. Auch die werden mit Gabelstaplern zum Einsatzort im Prozess transportiert.

- Materialaufgabe

Die BE 10.02 ist die Aufgabeeinheit für die Granulate und sie besteht im Wesentlichen aus dem pneumatischen Materialeintrag und den Austragsschnecken, gruppiert um die beiden identischen Vorlagebehälter 111BB001/112BB001 mit einem Volumen von $2 \times 10,5 \text{ m}^3$. Beide Behälter werden vor der Befüllung durch CO_2 -Spülung inertisiert. Sie haben jeweils einen Bunkeraufsatzfilter, der das entweichende CO_2 entsprechend abreinigt. Das Reingas wird nochmals dem Aspirationsfilter 1 im Feststoffweg zugeführt. Über das System von Austragsschnecken gelangt das Granulat in den Prozess. Alle Schnecken sind im Betrieb ebenfalls mit CO_2 inertisiert. Der Granulatdurchsatz beträgt ca. 1,1 t/h.

Fließbild zu BE 10.02: **02-01-MFB-P01.001**

- Pyrolyse Feststoffweg

Das Granulat (Dichte = 450 kg/m^3) wird mittels einer Dosierschnecke über Transportschnecken in einen, dem Pyrotruder (123AF001) vorgeschalteten Zwischen-/Dosierbehälter mit integrierter Durchflusswaage gefördert. Der Dosierbehälter 122CW001 bestimmt die für die jeweilige Drehzahl des Pyrotruders passende Durchflussmenge. Die integrierte Waage gibt mittels eines Feedback-Mechanismus die korrekte Drehzahl und somit die Förderleistung der Dosierschnecke vor (Förderleistung ca. 1.100 kg/h, Volumen = $2,44 \text{ m}^3/\text{h}$).

Im Pyrotruder wird das Granulat auf 190°C bzw. 300°C aufgeheizt sowie verdichtet (Volumen bei Aufheizung auf 190°C = $\sim 1,83 \text{ m}^3/\text{h}$) und anschließend in den Reaktor 1 eingefüllt.

In den Reaktoren findet dann die Pyrolyse des vorgewärmten bzw. teilweise verflüssigten Granulats statt. Das entstehende Gas wird mittels der Gasabzugsrohre abgezogen und kondensiert in den Rohren zum Großteil zu Pyrolyseöl. Am Austritt von Reaktor 1 beträgt der Massenstrom des Reaktionsproduktes ca. 580 kg/h. Der Rest ist in Gas- bzw. Ölform übergegangen, d.h. im Reaktor 1 werden ca. 462 l/h Öl abgetrennt sowie ca. 44 m³/h Gas. Das Volumen hat sich auf $V = 1,06 \text{ m}^3/\text{h}$ verringert. Das kondensierte Öl wird in einem Ölsammelbehälter (161BB001) aufgefangen und von dort an den außen stehenden Öltank weitergeleitet.

Die beiden Reaktoren sind mittels einer Doppelpendelklappe (130AB001) voneinander getrennt, durch die das Reaktionsprodukt aus Reaktor 1 in den Reaktor 2 mit einem Volumenstrom von $V = 1,06 \text{ m}^3/\text{h}$ geschleust wird.

Im Reaktor 2 wird das Reaktionsprodukt weiter erhitzt. Am Austritt von Reaktor 2 ist das aus dem Reaktionsprodukt entstehende feste Carbon Black vollständig entgast, d.h. weitere 88 l/h Öl sowie ca. 66 m³/h Gas werden im Reaktor 2 abgetrennt.

Das Carbon Black (495 kg/h) hat am Austritt von Reaktor 2 eine Dichte von etwa 650 kg/m³ und ein Volumen von 0,76 m³/h.

In der Kühlschnecke (135AF001) wird das Carbon Black auf ~30°C abgekühlt und über Transportschnecken durch die Taktschleusen-Einheit mit nachfolgender pneumatischer Förderung in den Carbon Black-Behälter (145BB001) transportiert. Die Taktschleusen-Einheit besteht aus drei hintereinander geschalteten Taktschleusen 142BB001, 142BB02 und 143BB001 mit einem Volumen von jeweils 45 l. Diese trennen die Reaktoratmosphäre von der Außenatmosphäre. Die Materialaufgabe zur pneumatischen Förderung wird ebenfalls über einen Aufsatzfilter 145AT002 entstaubt. Das Abgas gelangt zur abschließenden Reinigung in den Aspirationsfilter 1.

Der Carbon Black-Behälter 145BB001 mit 15 m³ dient als Puffer vor der möglichen Konfektionierung des Carbon Black innerhalb von BE 30.01. Im erforderlichen Fall kann das anfallende Carbon Black direkt in Big Bags ausgeschleust werden. Der Behälter besitzt einen Bunkeraufsatzfilter, der entweichende Förderluft vorreinigt, die abschließend in den Aspirationsfilter 1 geführt wird. Das Reingas aus dem Aspirationsfilter 1 wird über Dach abgeleitet. Es wird im Emissionsquellenplan mit **QUE 03** bezeichnet.

Abgasvolumen: 2.600 m³. Alle Ausrüstungen dieser Betriebseinheit befinden sich innerhalb der geschlossenen Halle. Das Fließbild zu dieser BE ist als Zeichnung **02-01-MFB-P01.1001** beigefügt.

- Öl- und Gassystem

Das aus Reaktoren 1 und 2 austretende Pyrolysegas kondensiert zum großen Teil zu Pyrolyseöl. In Reaktor 1 werden etwa 420 l/h Öl und in Reaktor 2 etwa 80 l/h Öl erzeugt. Die Kondensation erfolgt fraktioniert in dem Öl-Kondensationsbehälter 161BB001 durch Kühlung mit Wasser. Das abgezogene Öl wird nochmals im Wärmeübertrager 161AH001/2 durch Kühlwasser gekühlt. Am Kopf des Kühlers 161BB001 austretendes Gas gelangt zur zweiten Stufe in den Behälter 162BB001, wo Leichtöl auskondensiert wird. Es werden also 2 Ölfractionen als Schwer- und als Leichtöl erzeugt. Diese werden über die Behälter 162BB001 und 161BB001 abgezogen. Über diese Zwischenbehälter gelangen sie in die BE 10.03 – Abfallzwischenlager, dem die Öltanks 169BB01/002 (jeweils 25 m³) zugeordnet sind. Um die Lagermengen in der Anlage klein zu halten, werden die Ölmengen immer dann sofort einem Entsorgungspartner für das Öl übergeben, wenn ein Lagerbehälter gefüllt ist.

Das nicht kondensierte Pyrolysegas aus Reaktor 2 wird mittels redundanter Seitenkanalverdichter 173AN001 und 174AN001 aus dem Prozess ausgeschleust. Dabei fallen aus Reaktor 1 ca. 40 m³/h und aus Reaktor 2 ca. 60 m³/h Pyrolysegas an. Beide Gase zusammen ergeben einen Gasstrom von ca. 100 m³/h. Dieser Gasstrom hat einen Energiegehalt von ca. 1.180 kWh.

Das Gas wird durch zwei wechselseitig zu betreibende Aktivkohle-Filter 171BB001 und 172BB001 geleitet und dort von Schwefelwasserstoff (H₂S) sowie Ammoniak (NH₃) gereinigt. Die Aktivkohle-Filter haben jeweils ein Volumen von 1,5 m³ und sind mit geimpfter Aktivkohle gefüllt. Das über die Aktivkohle-Filter gereinigte Gas wird zur Gasmotorenstation innerhalb der BE 40.03 geführt. Die Aktivkohlefilter können wechselseitig befüllt und entleert werden. Die Befüllung erfolgt in der Aufgabestation 170BB01. Hier werden Edelstahlbehälter mit A-Kohle in einen Aufgabetrichter gefüllt, dessen Abluft abgesaugt und im Filter 106AT002 abgereinigt wird. Die A-Kohlen aus dem Aufgabetrichter werden mittels Becherwerk 170AE002 wahlweise in die beiden A-Kohlefilter gefördert. Beladene A-Kohle wird über Zellenradschleusen in die geschlossenen Edelstahlbehälter 171BB002 und 172BB002 ausgetragen, die im Bedarfsfall ausgetauscht werden.

Das Fließbild dieser BE ist als Zeichnung **02-01-MFB-P01.1003** beigelegt.

- Carbon-Aufbereitungstechnik

Das Pyrolyx Carbon Black wird zunächst pneumatisch in die Vermahlung transportiert. Die Vermahlung findet in 2 Schritten statt. Die Vorvermahlung 150AJ001 zerkleinert das rohe Pyrolyx Carbon Black auf eine Partikelgröße von ca. 20 µm. Die endgültige Vermahlung auf die Ziel-Partikelgröße von < 5 µm findet in der Spiralstrahlmühle 151AJ001 mit peripheren Apparaten statt. Dazu gehören Fördergebläse 151AN003, automatische Ausschleuseeinrichtung 151AE002, Spülluftgebläse 151AN002, und ein Kompressor 151AN001. Der Eingangs-Volumenstrom in die Vorvermahlung liegt bei $V = 0,77 \text{ m}^3/\text{h}$ mit einem Massenstrom von $m = 500 \text{ kg/h}$. Durch die Vorvermahlung wird die Dichte von 650 kg/m^3 auf 325 kg/m^3 gesenkt. Damit steigt der Volumenstrom am Eingang der Strahlmühle auf $1,54 \text{ m}^3/\text{h}$. Dadurch, dass die Strahlmühle das Pyrolyx Carbon Black auf eine Partikelgröße von <5µm mahlt, sinkt die Schüttdichte des Carbon Blacks auf ca. 150 kg/m^3 und der Volumenstrom am Austritt der Strahlmühle steigt auf $3 \text{ m}^3/\text{h}$. Abluft aus der Strahlmühle wird im Schlauchfilter 152AT001 gereinigt und abgeleitet. Es bildet Emissionsquelle **QUE 8**. Um ein wirtschaftlich verkaufsfähiges Produkt herzustellen, muss das aufgemahlene Carbon Black pelletiert werden. Hierzu wird ein Nasspelletierer eingesetzt. Nach einer Vorverdichtung im Bunkervorverdichter 153AK001 gelangt das Carbon in den Ringschichtgranulator 154AW001. Die Abluft des Bunkervorverdichters wird im Filter 153AT001 gereinigt und gemeinsam mit der Abluft aus 155AT002 und 155AT003 über Dach abgeleitet (**QUE07**).

Der Granulator verarbeitet pro Stunde 500 kg gemahlene Pyrolyx Carbon Black mit einer Schüttdichte von ca. 150 kg/m^3 . Während der Nasspelletierung wird dem Prozess die entsprechende Menge Wasser zugeführt (ca. 500 l/h), dem ein lösliches Pelletierhilfsmittel, z.B. Natrium-Ligninsulfonat, in einer Größenordnung von bis zu 1%, bezogen auf das trockene Produkt, zugesetzt wird. Der Pelletierer wird mit Warmwasser auf eine Temperatur zwischen 40 und 80°C beheizt. Vom Nasspelletierer wird eine Masse bis zu 1.000 kg/h und ein Volumen von $V = 3,4 \text{ m}^3/\text{h}$ in den Bandtrockner 155AT001 gefördert. Dort werden die nassen Pellets mit Heißluft von ca. 180°C beaufschlagt, die über einen entsprechenden Energieverbund und Wärmetauscher aus dem Abgasstrom der Gasmotoren gewonnen wird. Heißluft und Brüden gehen über die Schlauchfilter 155AT002 und 155AT003, in denen mitgerissener Staub von etwa 1 % des Trockenproduktstromes abgeschieden wird.

Der Filteraustrag wird vor die Mühle zurückgeführt und wieder dem Produktstrom zugegeben. Die Reinfluft der Filter wird zusammengeführt und gemeinsam abgeleitet (**QUE 07**).

Die getrockneten Pellets werden ausgetragen und mit dem Pendelbecherwerk 156AE002 in den Pelletbehälter 158BB01 transportiert (Massenstrom $m = 495 \text{ kg/h}$, Volumenstrom $V = 1,89 \text{ m}^3/\text{h}$). Das zwischengeschaltete Sieb 158BP001 entfernt zu große Pellets. Die werden separat in Big Bags verfüllt und an geeigneter Stelle in den Prozess zurückgeführt. Am Pendelbecherwerk besteht die Möglichkeit zum erneuten Eintrag von fertigen, noch nicht abgesiebten Pellets aus Big Bags in diesen Teil der Endverarbeitung.

Abschließend werden die fertig getrockneten Carbon Black Blend Pellets im Pelletbehälter gesammelt, ausgeschleust und in Big Bags (typischerweise 2 m^3) verpackt und zum Versandt bereit gestellt. Der Pelletbehälter 158BB01 hat einen Bunkeraufsatzfilter, dessen Reinfluft nochmals über den Aspirationsfilter 2 (106AT002) nachgereinigt wird. An den Saugzugventilator 106AN001 dieses Filters sind noch weitere Saugstellen angeschlossen. Das Reingas wird als Emissionsquelle **QUE 06** über Dach abgeleitet ($2.025 \text{ m}^3/\text{h}$). Das Fließbild dieser BE zeigt die Zeichnung **02-01-MFB-P01.1011**.

- Gasverwertung

Das Pyrolysegas wird kalorisch verwertet.

In der Anlagenkonfiguration wird eine erdgasbasierte Gasmotorenstation errichtet, die eine elektrische Klemmleistung von $4 \times 495 \text{ kW}$ hat. Der Strom dient der Eigenversorgung der Anlage und Kühlwasser sowie Abgaswärme der Motoren werden anlagenintern verbraucht. Der Treibstoffverbrauch beträgt $2,58 \text{ kWh/kWh}$. Ein Motor verbleibt jeweils kalt redundant. Das erzeugte und in den Aktivkohlefiltern vorgereinigte Pyrolysegas wird dem Erdgas zugespeist und hier zu 100% rückstandsfrei thermisch verwertet. Auf diesem Weg ergibt sich ein Pyrolysegas-Erdgas-Gemisch von etwa $1:2$. Die zugespeiste Pyrolysegasmenge liegt bei ca. $100 \text{ m}^3/\text{h}$.

Wenn das Pyrolysegas z.B. während der An- und Abfahrzyklen nicht die zulässige Qualität hat, wird das Gas in dieser Zeit der Notfackel (**QUE 04**) zugeführt und verbrannt. Diese Quelle hat eine Stützflamme, betrieben mit Erdgas. Sie gilt als ausschließliche Noteinrichtung und wird emissionsseitig nicht mit bilanziert.

Das Abgas der Gasmotoren wird zusammengeführt und gemeinsam abgeleitet. Die Abgasquelle wird mit **QUE 05** bezeichnet.

Das Fließbild ist ebenfalls als Zeichnung **02-01-MFB-P01.1003** beigefügt.

- Kühlwassersystem

Zur Kühlwasserversorgung wird ein geschlossenes Kreislaufsystem errichtet. Die Anbindpunkte für Kühlwasser sind dem Fließschemata zu entnehmen.

Der Kühlwasserbedarf wird mit ca. 100 m³/h bilanziert. Die Kühlung erfolgt durch einen adiabatischen Rückkühler, der die entzogene Wärmeenergie trocken an die Atmosphäre abgibt. Eine Betriebsbeschreibung ist beigefügt. Eine Kühlwasseraufbereitung ist nicht erforderlich. Eine Absalzung von umlaufendem Kühlwasser ebenfalls nicht.

Kühltürme sind lärmkritische Ausrüstungen. Für die eingesetzten 2 Aggregate werden jeweils $L_w = 78$ dB (A) angegeben.

Das Fließbild dieser BE zeigt die Zeichnung **53 0474 1240**

- Inertisierung (CO₂-System)

Aus sicherheitstechnischen Gründen ist eine Inertisierung der Anlage an verschiedenen Stellen vorgesehen. Sie erfolgt, wie im Fließbild bezeichnet, mit CO₂, das über ein geschlossenes Verteilnetz zu den bezeichneten Stellen geführt wird. Das CO₂-System besteht aus den Hauptkomponenten

- CO₂-Lagertank, 30 m³
- Leitungssicherheitsvorrichtung
- Atmosphärischer CO₂-Verdampfer
- Durchflussmesser und CO₂-Druckreduzierventil.

Die CO₂-Menge wird mit ca. 12-13 m³/h bilanziert. Es ist beabsichtigt, biogene Kohlensäure (CO₂) einzusetzen, die weitgehend klimaneutral aus dem Rohgas von Bioethanol-Anlagen gewonnen wird.

Datenblätter zum CO₂ und zur CO₂-Verdampfungsanlage sind Bestandteil dieses Antrages.

Das Fließbild dieser BE zeigt die Zeichnung **53 0474 1260**