

Fackelloses Anfahren von Ethylenanlagen

Ein Beitrag für den Umweltschutz

Werner Bairlein, Hans F. Weidenhammer, Johann P. Wimmer

Zusammenfassung

Der wesentliche Unterschied zwischen dem herkömmlichen und dem fackellosen Anfahren besteht darin, den Zerlegungsteil der Ethylenanlage mit Fremd-Ethylen und Fremd-Propylen in Betrieb zu nehmen und zu betreiben, bevor die Spaltöfen mit Feed beaufschlagt werden.

Die Vorteile sind Kosteneinsparungen und die Reduzierung der Umweltbelastung.

Bei Neuanlagen sind die zusätzlichen Investitionskosten minimal und selbst Altanlagen lassen sich meist zu vertretbaren Kosten nachrüsten.

Einleitung

Ethylenanlagen wurden in der Vergangenheit grundsätzlich nach der „Straightforward-Methode“ in Betrieb genommen.

Entsprechend der Prozeßführung wurden schrittweise die Spaltöfen und dann der Zerlegungsteil angefahren (Blockschema einer Linde-Ethylenanlage siehe Bild 1).

Die aus den Spaltöfen kommenden Produkte mußten bis zum Zeitpunkt der spezifikationsgerechten Abgabe abgefackelt werden. Die Zeitspanne konnte zwischen 15 Stunden und mehreren Tagen betragen. Die resultierende Umweltbelastung war hoch und die Beschwerden der Öffentlichkeit nahmen immer mehr zu.

Deshalb entwickelte Linde bereits 1982 ein Konzept zum fackellosen Anfahren einer Ethylenanlage und führte dies in einer Anlage in Portugal auch erfolgreich durch.

Damals noch wenig beachtet, findet das Konzept heute immer mehr Anwendung, um vor allem bei der Erstinbetriebnahme und bei Wiederinbetriebnahmen nach Stillständen die Fackeltätigkeit und damit die Emissionen auf ein Minimum zu begrenzen.

Konventionelle Inbetriebnahme

Zum besseren Verständnis wird zunächst die konventionelle Inbetriebnahme einer Linde-Ethylenanlage beschrieben (siehe dazu Bild 2: Konventionelles Anfahren).

Noch bevor die Spaltöfen mit Einsatzprodukt beaufschlagt werden, erfolgt die Inbetriebnahme

- der Dampfsysteme mit Fremddampf oder Dampf aus einem Zusatzkessel zur Versorgung der Antriebsturbinen der Kälteverdichter,
- der Kältekreisläufe (Propylen, Ethylen),
- der Quenchöl- und Quenchwasserkreisläufe und
- des Prozeßdampfsystems.

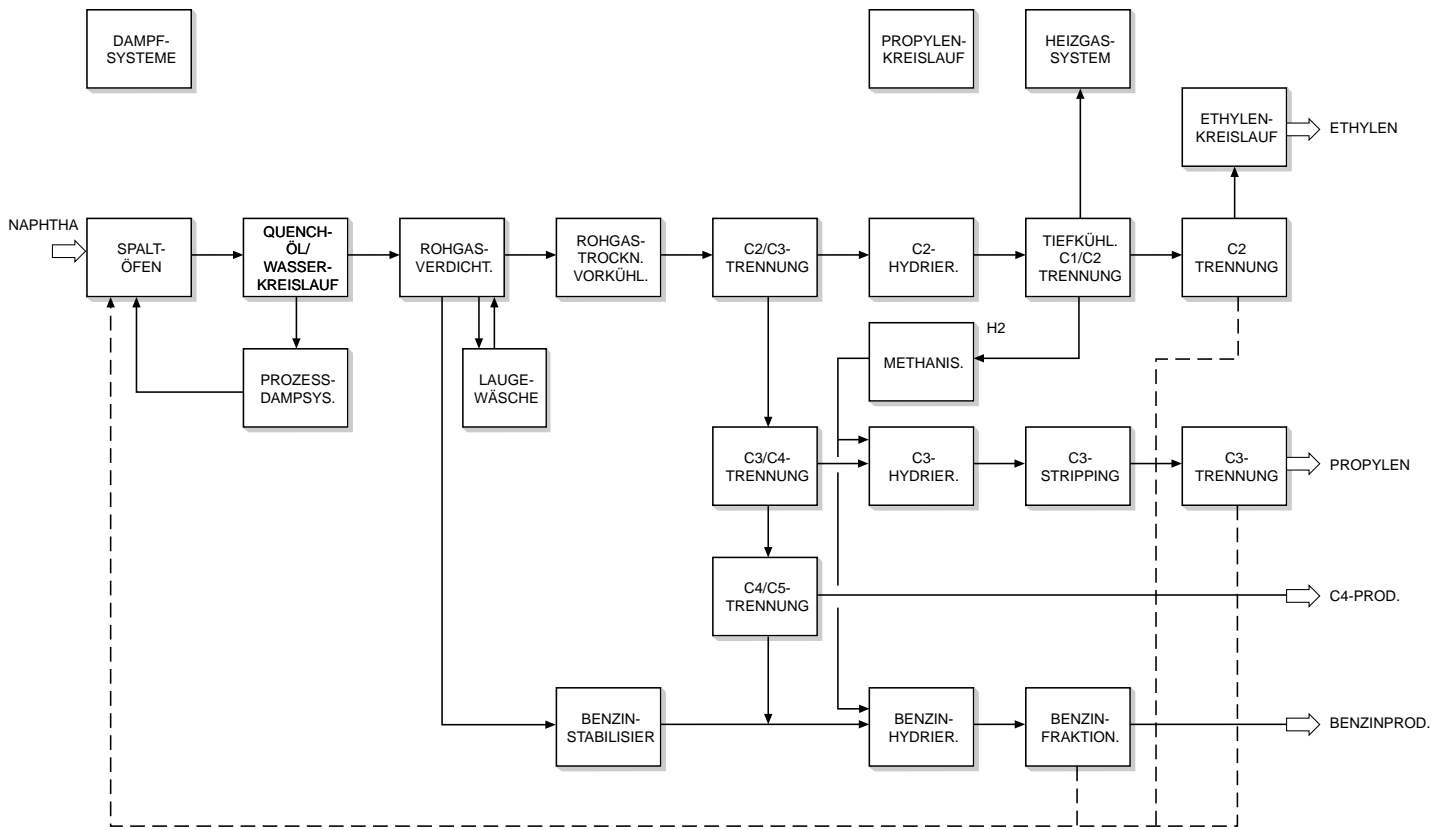


Bild 1 — Vereinfachtes Blockschema einer Linde-Ethylenanlage

Die weiteren Schritte sind:

Schritt 1:

- Inbetriebnahme der Spaltöfen: Aufheizen mit Prozeßdampf; Durchstellen der Öfen zu der Quenchöl- und Quenchwasserkolonne; Übernahme von Einsatzprodukt.
- Aus dem Spaltgas werden lediglich die Ölfraction, das Schwerbenzin und ein Großteil der Wasserfraction abgetrennt, bevor es auf der Saugseite des Rohgasverdichters zur Fackel abgeleitet wird.

Schritt 2:

- Sobald genügend Hochdruckdampf aus der Abhitzeverwertung bei den Spaltöfen zur Verfügung steht, wird der Rohgasverdichter angefahren.
- Die Anzahl der in Betrieb zu nehmenden Öfen richtet sich nach dem Bedarf an Hochdruckdampf, der zur Inbetriebnahme der Rohgasverdichterturbine erforderlich ist.
- Das Spaltgas wird nun verdichtet, durch die Rohgastrocknung, Vorküh-

lung, C2/C3-Trennung, im Umgang um die C2-Hydrierung und von dort zur Fackel gefahren. Mit dem Kältemittel aus dem bereits in Betrieb befindlichen Propylenkreislauf wird in der Vorkühlung ein Teil der C2 und die C3-plus-Fraction kondensiert und diese zusammen mit dem C2-minus-Gasstrom in die C2/C3-Kolonne gefahren.

- Erst nachdem das Kopf- und Sumpfprodukt der C2/C3-Trennung ihre spezifizierten Reinheiten erreicht haben, können die nächsten Schritte eingeleitet werden.

Dies sind die

Konvertierung des Acetylen zu Ethylen/Ethan in der C2-Hydrierung und das

Durchstellen des C3-plus-Stroms vom Sumpf der C2/C3-Trennung zur C3/C4-, C4/C5-Trennung usw.

- Gefackelt werden das C2-minus-Gas am Austritt der C2-Hydrierung sowie die nicht spezifikationsgerechten Produkte C3, C4 usw. Eine Reduzie-

rung der Fackelgasmenge wird durch Einspeisung von C2-minus-Gas ins Heizgas erreicht.

- Bei Erreichen der spezifizierten Reinheit am Austritt der C2-Hydrierung wird das C2-minus-Gas in die Tiefkühlung gefahren und gegen Kältemittel aus dem bereits im Betrieb befindlichen Ethylenkreislauf kondensiert.

Schritt 3:

- Die anfallenden Kondensate gehen zur C1/C2-Trennung und der nicht kondensierte Anteil ins Heizgas. Die Abregelung zur Fackel wird geschlossen.

- Sobald der Sumpf der C1/C2-Trennung methanfrei ist, wird zum C2-Splitter durchgestellt.

Da der Ethylenkreislauf und die C2-Trennung bereits in Betrieb sind, kann sofort spezifikationsgerechtes Ethylenprodukt abgegeben werden.

- Parallel zur Inbetriebnahme des C2-minus-Weges erfolgt das Anfahren des C3-Weges, C4-Weges und Benzin-

wegs, wobei die Hydrierungen wegen des fehlenden Wasserstoffes aus der Tiefkühlung noch nicht in Betrieb gehen können.

Nicht spezifikationsgerechte Produkte werden entweder gefackelt oder in Off-spec-Tanks zwischengelagert.

Schritt 4:

- Erst nachdem die C3- und die Benzinhydrierung in Betrieb sind, können alle Produkte spezifikationsgerecht abgegeben werden.

Bei einem Inbetriebnahme-Ablauf, wie oben beschrieben, können je nach Anlagengröße und Verfügbarkeit von Importdampf stündlich ca. 60 t Fackelgase anfallen. Eine Gesamtfackelgasmenge von 1000 Tonnen und mehr ist während des normalen Anfahrens durchaus möglich.

Ablauf des fackellosen Anfahrens

Um eine Reduzierung der Fackelgasmen gen zu erreichen müssen die „Haupt-Verursacher“ untersucht und beseitigt werden.

Dies sind:

- Betrieb der Spaltöfen, um Hochdruckdampf für das Anfahren des Rohgasverdichters zu produzieren.
- Anfahrzeit der C2/C3-Trennung bis zum Erreichen spezifikationsgerechter Produkte.
- Anfahrzeit der C2-Hydrierung und der Tiefkühlung.
- Anfahrzeit der C3- und der Benzin-Hydrierungen.

Zum fackellosen Anfahren müssen diese Arbeiten abgeschlossen sein, bevor Fackelgas produziert wird, d. h. die Öfen dürfen nicht in Betrieb sein.

Damit ergibt sich folgender Ablauf (siehe Bild 3):

- Wie beim konventionellen Anfahren werden die Kältekreisläufe (Propylen, Ethylen), der Quenchöl- und Quenchwasserkreislauf sowie das Prozeßdampfsystem in Betrieb genommen.
- Inbetriebnahme einiger Spaltöfen mit Prozeßdampf und Hochheizen auf Standby-Bedingungen.

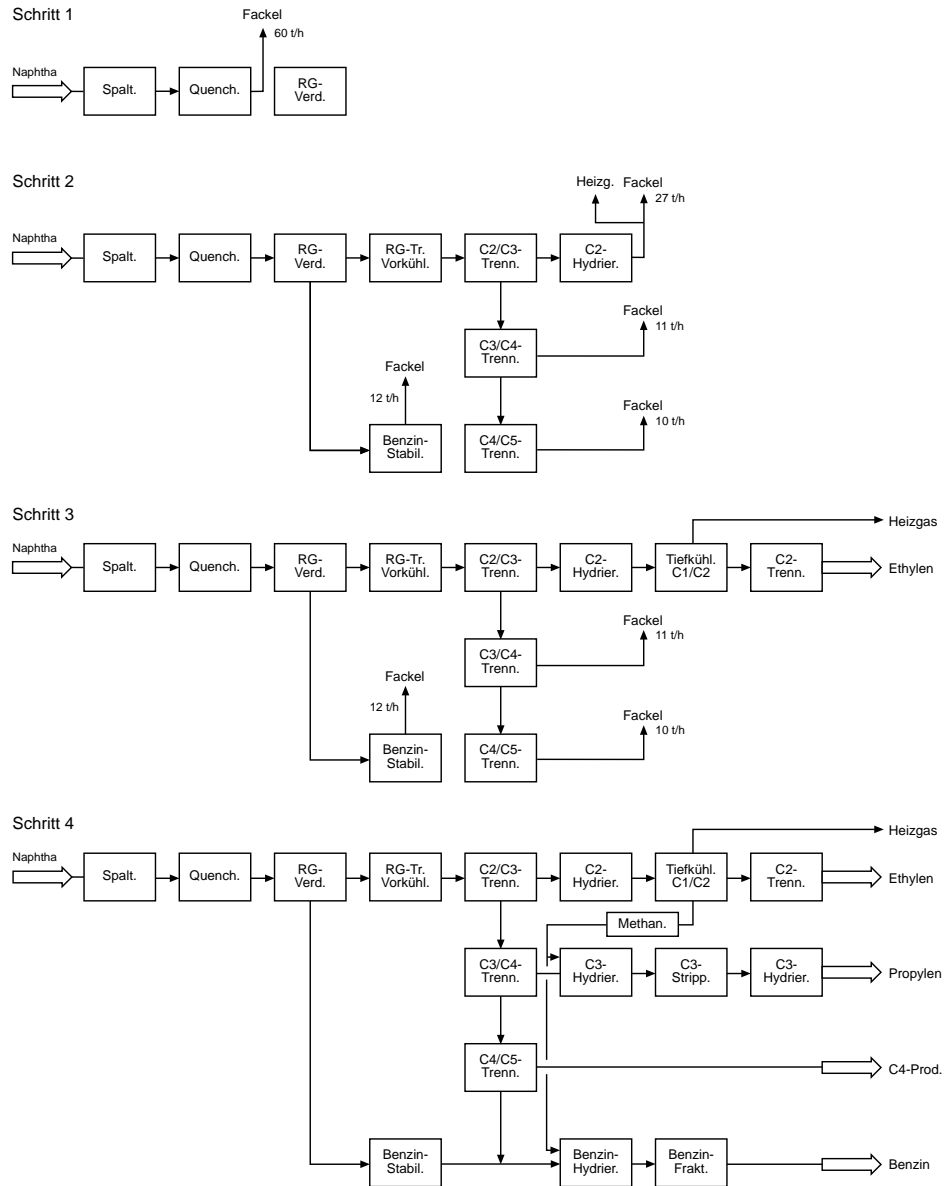


Bild 2 — Konventionelles Anfahren

Schritt 1:

- Einspeisung von gasförmigen Ethylen von der Anlagengrenze zum Rohgasverdichter und Aufdrücken des Rohgaswegs einschließlich der Wasserwäsche und Quenchölkolonne bis zum Eintritt der Vorkühlung auf einen Druck von ca. 1,5 bar Überdruck.
- Anfahren des Rohgasverdichters unter ständiger Nachspeisung von Ethylen und Einstellung eines Verdichterendrucks von ca. 26 bar.

- Aufdrücken des gesamten Rohgaswegs bis einschließlich Tiefkühlung mit Ethylen bis 26 bar.
- Falls Ethylen an der Anlagengrenze mit entsprechendem Druck zur Verfügung steht, kann der Schritt Aufdrücken des Rohgaswegs auch vor der Inbetriebnahme des Verdichters durchgeführt werden.

Schritt 2:

- Abhängen der Tiefkühlung und Einstellen eines Recyclewegs vom Austritt

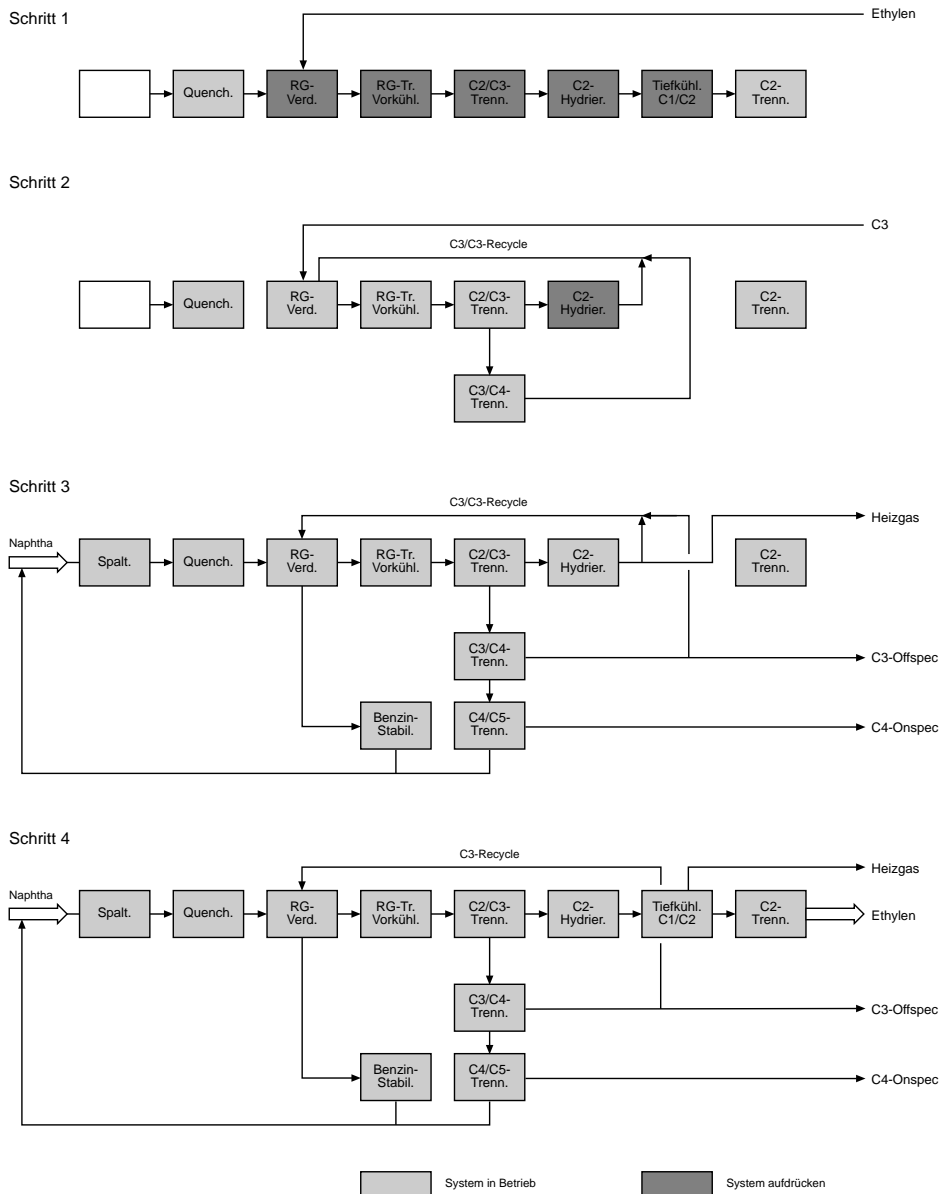


Bild 3 — Fackellooses Anfahren

der C2-Hydrierung zurück zur Saugseite des Rohgasverdichters.

Die Recyclemenge richtet sich nach der erforderlichen Mindestmenge der C2-Hydrierung.

- Der nächste Schritt ist die Einstellung einer C3-Recyclemenge und das Kalfahren der Vorkühlung. Dazu wird zum Rohgasverdichter gasförmiges Fremd-C3 (Propan, Propylen oder Gemisch) gefahren. Anschließend werden die einzelnen Kondensatoren in der Vorkühlung nacheinander mit

Kältemittel beaufschlagt. Das C3 und ein Teil des C2H4 kondensiert und wird zur C2/C3-Trennung gefahren.

- Die C2/C3-Trennung wird in Betrieb genommen und so eingestellt, daß der Kopf C3-frei und der Sumpf C2-frei ist.
- Das C3 wird flüssig zur C3/C4-Trennung gefahren, dort verdampft und gasförmig zum Rohgasverdichter recycled.
- Somit befindet sich der Zerlegungsteil bis vor der Tiefkühlung im Recycle-

betrieb und ist bereit Spaltgas aus den Öfen zu übernehmen.

Schritt 3:

- Der erste Ofen wird mit Feed beaufschlagt.
- Das Spaltgas wird nun in der Vorkühlung sofort in die entsprechenden Fraktionen zerlegt. Das Kopfgas der C2/C3-Trennung ist C3-frei und kann in die C2-Hydrierung gefahren werden.
- Der C2-minus-Produktanteil geht nach der C2-Hydrierung zum Heizgas.
- Das Sumpfprodukt der C2/C3-Trennung wird in der C3/C4-Kolonne getrennt und das C3 teilweise recycled.

Der C3-Produktanteil wird im C3-Tank als Off-Spec-Produkt zwischengelagert. Die C4-plus-Fraktion wird in die C4/C5-Kolonne eingespeist.

- Das Sumpfprodukt der C4/C5-Kolonne und die Benzinfraktion aus der Stabilisierung werden dem Ofeneinsatz beigemischt.

Das C4 wird als Produkt abgegeben.

- Der Einsatz zu den Spaltöfen wird nun soweit erhöht bis ein stabiler Betrieb in der C2-Hydrierung gewährleistet ist.

Schritt 4:

- Sobald der Austritt aus der C2-Hydrierung spezifikationsgerecht ist, wird das C2-minus in die Tiefkühlung durchgestellt und die Kondensatoren in der Tiefkühlung mit Ethylen-Kältemittel beaufschlagt.

- Die Kondensate der Tiefkühlung gehen zur C1/C2-Trennung. Das gasförmige Produkt wird vollständig zum Heizgas gefahren und ersetzt dort Importhheizgas. Sobald das Sumpfprodukt der C1/C2-Kolonne spezifikationsgerecht ist, wird zur C2-Trennung durchgestellt. Da die C2-Trennung und der Ethylenkreis bereits in Betrieb sind, fällt spezifikationsgerechtes Ethylen an.

Schritt 5: (nicht dargestellt)

- Mit fallenden Temperaturen in der Tiefkühlung verbessern sich die Produktreinheiten von Methan und Wasserstoff.
- Wenn spezifikationsgerechter Wasserstoff zur Verfügung steht, erfolgt die weitere Inbetriebnahme der Methanisierung, des C3- und Benzin-Weges

sowie deren Hydrierungen, wie beim konventionellen Anfahren beschrieben.

- Die Rückführung der Benzinfraction zur Spaltung wird eingestellt und die Anlagenlast erhöht, sobald die C3-plus-Produkte spezifikationsgerecht abgegeben werden.

Bei kontrolliertem Ablauf erfolgen alle Schritte ohne Fackeltätigkeit.

Voraussetzungen für fackelloses Anfahren

Um den Ablauf, wie in 3. beschrieben, durchführen zu können, sind gewisse Voraussetzungen zu schaffen. Diese müssen bereits bei der Anlagenplanung und -auslegung berücksichtigt werden.

Dampfversorgung:

Im Normalbetrieb wird ein Großteil des Hochdruckdampfs, der zum Antrieb der Großturbinen benötigt wird, aus der Abhitze der Spaltöfen gewonnen. Dieser Teil steht während des fackellosen Anfahrens wegen der fehlenden Spaltung nur in geringem Umfang zur Verfügung.

Für die zusätzliche Hochdruckdampfversorgung kommen zwei Möglichkeiten in Betracht:

- a) Hochdruckdampfversorgung aus dem Werksnetz
- b) Zusätzliche Kapazitäten bei der Planung der/des Zusatzdampfkessels vorsehen.

Ethylen-/Propylenversorgung:

Zum Aufdrücken des Rohgaswegs und zum Kreislaufbetrieb mit einem C2/C3-Gemisch ist gasförmiges Ethylen und Propylen erforderlich. Da ohnehin die Propylen- und Ethylenkältekreisläufe gefüllt werden müssen, werden nur zwei zusätzliche Leitungen zum Rohgasverdichter benötigt.

C2 und C3-Recycle:

Zum Einstellen eines C2-Recycles ist eine Verbindung vom Austritt der C2-Hydrierung zur Saugseite des Rohgasverdichters zu schaffen.

Für den C3-Recycle ist eine Leitung vom Kopf der C3/C4-Trennung zur Saugseite des Rohgasverdichters zu installieren.

Off-spec-Produkte:

Mit Beginn der Spaltung fallen Off-spec-Produkte an. Dies sind:

- C2-minus am Austritt C2-Hydrierung
- C3 am Kopf der C3/C4-Trennung
- C5-plus am Sumpf der C4/C5-Trennung

Anstatt zu Fackeln werden diese Produkte wie folgt „verwertet“:

- C2-minus ins Heizgas
- C3-Flüssigabgabe in C3-off-spec-Tank
- C5-plus-Fractionen werden entweder dem Einsatz zu den Spaltöfen zugemischt, oder wenn vorhanden, in off-spec-Tanks zwischengelagert.

Die entsprechenden Leitungen sind während der Planungsphase mit vorzusehen oder bei Altanlagen nachzurüsten.

Kosten / Nutzen

Auf den ersten Blick scheinen die Investitionskosten für die unter 4. beschriebenen Voraussetzungen sehr hoch zu sein. Bei einem Vergleich zu Anlagen mit herkömmlicher Inbetriebnahme wird jedoch deutlich, daß ein Großteil der Voraussetzungen bereits aus anderen Gründen geplant oder vorhanden ist.

Dies sind:

- Hochdruckdampfversorgung ist aus Verfügbarkeitsgründen bereits vorhanden; zusätzlich können Spaltöfen durch Betrieb mit Prozeßdampf als Hochdruckdampflieferanten dienen.
- Off-spec-Tanks sind aus Flexibilitätsgründen meist vorhanden.
- C2-Recycle-Leitung zur Einstellung der Hydriermindestmenge und Ethylenleitung zum Rohgasverdichter zur Aufarbeitung von off-spec-Ethylen sind meist vorhanden.

Das heißt zusätzliche Investitionen beschränken sich meist auf eine C3-Recycle-Leitung und eventl. Verbindungsleitungen zum Einsatzprodukt um C5-plus zumischen zu können.

Zusätzliche Kosten für den Betrieb fallen keine an.

Demgegenüber steht ein hoher Nutzen:

- Drastische Reduzierung der Umweltbelastung (Abgase, Schall); oftmals auch die Genehmigungsvoraussetzung für Ethylenanlagen.
- Kosteneinsparung da weniger Einsatzmenge erforderlich ist und wertvolle Produkte nicht abgefackelt werden.