

den 15. Dezember 1943
J.-Nr. 43/12/1

B

Destillation eines ungarischen Erdölbenzins

Nach dem Bericht von Tramm - Kolling vom 8.8.1943 soll ein ungarisches Erdölbenzin so zerlegt werden, daß neben einer für die Toluolgewinnung brauchbaren C7-Fraktion ein Flieger- und ein Autobenzin gewonnen werden. Unter Ausnutzung der viel schärferen Schnittmöglichkeiten, welche das kontinuierliche Verfahren bietet, dürfte sich die Qualität des zu gewinnenden Fliegerbenzins - auch beim Vorschlag II - noch steigern lassen; vor allem müßte es möglich sein, die bei der Probedestillation abgenommenen Fraktionen 10 - 13 schärfer zu trennen. Dabei ergeben sich zwei Möglichkeiten:

- 1) Man arbeitet wie von Tramm - Kolling vorgeschlagen und trennt sowohl eine Heptan- wie eine Methyl-Cyclohexan-Fraktion ab; letztere zur Umsetzung zu Toluol.
- 2) Man trennt das für die Toluolherzeugung brauchbare n-Heptan heraus und verbreitert diesen Schnitt event. nach rechts und links etwas. Dabei ist angenommen, daß die Methylhexane ebenso wie die Methylcyclohexane zur Aromatisierung brauchbar sind. Durch scharfes Schneiden verbessert man die beiderseits anschließenden Fraktionen so, daß sie ein gutes Fliegerbenzin liefern.

In Abb. 1 sind die Daten der Holtener Abhandlung in etwas abgeänderter Form wieder graphisch zusammengestellt. Die 21 Probefraktionen sind volumemäßig nacheinander abgetragen und in Abhängigkeit davon sind der Verlauf der Siedetemperaturen am Kopf, der spez. Gewichte, sowie der oberen und unteren Begrenzung der Überladekurven (zw. 0,7 und 1,3 Luftüberschuß) dargestellt. Die beiden unteren Streifen enthalten die Vorschläge für den Schnitt der 9 bzw. 10 Fraktionen (I - IX).

In den beigelegten Tabellen 1 und 2 sind die Hauptdaten, die für eine derartige destillative Trennung in Frage kommen, zusammengestellt. Die 1. Spalte enthält die gewählten Schlüsselkomponenten, d.h. die Kohlenwasserstoffe, zwischen denen die einzelnen Trennungen (A bis I) erfolgen sollen. Bei der ungeheuren Mannigfaltigkeit der infrage kommenden Verbindungen ist diese Wahl natürlich eine recht willkürliche und die daraus ermittelten Mindestrücklaufverhältnisse u.s.w. geben nur einen groben Anhalt für die Bemessung der Apparatur.

Die Spalten 2 - 6 enthalten die für die Regelung der Kolonnen infrage kommenden Daten dieser Schlüsselkomponenten.

Den Spalten 7 - 9 ist die Bezeichnung der gewählten Schnitte (I - IX), ihre Beziehung zu den Fraktionen der Probeschnitte (1 - 21) und ihr volumen- und molmäßiger Anteil am Rohprodukt zu entnehmen.

Spalte 10 zeigt das Verhältnis "d" der Dampfdrucke der für jeden Schnitt infrage kommenden Schlüsselkomponenten bei der mittleren Schnitttemperatur.

Aus diesen Werten liefert die einfache Beziehung $V_m = 1 : (d - 1) \cdot 100$ das Rücklaufverhältnis bezogen auf den Auflauf der Kolonne (Spalte 11) und für den Fall einer 100-prozentigen Trennung. Für Überschlagsrechnung, wie der hier vorliegenden, kann man mit diesen Zahlen für den wirklichen Rücklauf rechnen, denn der Abzug, den man machen kann, wenn man sich mit einer kleineren Ausbeute zufrieden gibt, hebt den Zuschlag, der normalerweise zum Mindestrücklauf gemacht wird, ungefähr auf.

Die Größe des Rücklaufverhältnisses bezogen auf das Kopfprodukt (wie es gewöhnlich angegeben wird) ist aus diesen Zahlen leicht zu errechnen und den folgenden Spalten zu entnehmen.

Die Spalten 12 - 15 zeigen gleichzeitig den durch Vergleichsrechnungen ermittelten wirtschaftlichsten Trennplan. Man kann daraus entnehmen, daß es zweckmäßig ist, zunächst das Gesamtprodukt durch die Destillation "A" (Primärtrennung) in zwei etwa gleiche Hälften zu teilen, diese durch die Destillationen B und C (Sekundärtrennung) nochmals aufzuteilen und aus den so entstandenen vier Fraktionen durch die vier weiteren Destillationen D, E, F und G (Tertiärtrennung) acht Produkte zu gewinnen. Von diesen stellen sechs bzw. sieben fertige Fraktionen dar, während eine bzw. zwei durch weitere Destillationen H und I die letzten Fertigfraktionen liefern.

In diese Spalten eingetragen sind weiter die Aufteilung in Kopf- und Bodenprodukt, der Rücklauf und die aufsteigenden Dämpfe, alles in Mol bezogen auf 100 Mol Gemischzulauf zur Gesamtanlage.

Am Schluß der Tabellen sind dann für die einzelnen Destillationen und die entsprechenden Kolonnen (A - I) die Hauptdaten nochmals zusammengestellt (Spalte 16 - 22); auch ist überschläglich die je 100 Mol Einsatz aufzuwendende Wärme in den Spalten 23 - 25 ermittelt.

Abb. 2 und 3 zeigen nun schematisch die nach diesem Prinzip arbeitenden Anlagen (die Reihenfolge der Apparate ist so gewählt, daß sich ein gutes Bild ergibt). Die Kolonnenrechtecke sind so gezeichnet, daß ihre Breiten im Verhältnis der Kolonnenquerschnitte, ihre Höhen im Verhältnis der Kolonnenhöhen stehen. Während nun der Kolonnenquerschnitt mit Hilfe der Spalte 22 und den bekannten Beziehungen zwischen spez. Gewicht und günstigster Geschwindigkeit der Dämpfe für jede Leistung leicht zu ermitteln ist, bereitet die richtige Bemessung der Höhe größere Schwierigkeiten und läßt sich nur von Fall zu Fall bestimmen. Im vorliegenden Fall wird man aber die Höhen so groß machen, wie dies ohne besondere Mehrkosten möglich ist, also bei 3 m Durchmesser für die größeren Kolonnen etwa 30 m hoch (mit 90 - 100 Böden von $1 = 1$). Selbst bei dieser Höhe wird man sich mit Ausbeuten von 80 % und weniger bei einzelnen Schlüsselkomponenten begnügen müssen, die aber Ausbeuten von 90 % und mehr auf die Gesamtfraktion bezogen entsprechen. Auch die teilweise hohen Rücklaufverhältnisse (30 : 1) bedeuten eine Belastung an Dampfkosten bei etwa 1,5 Pfg./kg der betreffenden Fliegerbenzinfractionen, zu denen noch die Kosten der vorhergehenden oder folgenden Schnitte kommen. Der Gesamtdampfverbrauch dürfte etwa 3 kg je kg Einsatzgemisch betragen. Bezüglich der Regelung ist noch folgendes zu bemerken:

Bei Kolonne A, B, C, F und G erfolgt die Einstellung zweckmäßig durch das in der früheren Abhandlung V beschriebene Verfahren mit Temperaturregler in einer Hilfskolonne.

Bei Kolonne E, H und I wird man das in Abhandlung V beschriebene Verfahren dahin abändern, daß man nicht die Kopf-temperatur der kleinen Hilfskolonne, sondern das spez. Gewicht dieses Kopfproduktes zur Impulsgabe für den Regler benutzt.

Die Kolonne D wird zweckmäßig unter einem Druck von etwa 5 atü betrieben. Zur Einregelung genügt ein normaler Kopf-temperatur-Regler mit Druckkompensation oder ein Differenz-temperatur-Regler (nach Abb. I).

Bei allen Kolonnen bringt man daneben zweckmäßig gut anzeigende Kopf- und Bodentemperaturanzeiger an.

gez. Kelting

Destillative Trennung von ungerischem Erdölbenzin
(Schnittplan "a": 57,5 % E.- B., 31 % A.- B., 11,5 % T.- B.)

| 1. Schlüsselkomponenten: | n-Butan | | Cyclo-Butan | | 1-Hexan | | n-Hexan | | Meth-Cyclo-Pentan | | 1-Heptan | | n-Heptan | | Meth-Cyclo-Hexan | | Toluol | | Cyclo-Heptan | | n-Oktan | | Meth-Cyclo-Heptan | | Cyclo-Oktan | | n-Nonan | |
|--|--|---|--|--|---|--|--|---|--|---|--|--|---|---|------------------|--|--------|--|--------------|--|---------|--|-------------------|--|-------------|--|---------|--|
| | C ₄ H ₁₀ 58 -0,5° 0,582 1,3562 I (1) 2 % 3 Mol % | C ₄ H ₈ 56 13° 0,704 1,3752 II (2-3-4-5) 17 % 19 Mol % | C ₆ H ₁₄ 86 60,2° 0,653 1,3712 III (6) 9 % 10 Mol % | C ₆ H ₁₄ 86 68,8° 0,664 1,3751 III (6) 9 % 10 Mol % | C ₈ H ₁₂ 84 71,8° 0,750 1,4098 IV (7-8-9-10) 23 % 24 Mol % | C ₇ H ₁₆ 100 90,0° 0,679 1,3851 V (11-12) 8,5 % 9 Mol % | C ₇ H ₁₆ 100 98,4° 0,584 1,3878 V (11-12) 8,5 % 9 Mol % | C ₇ H ₁₄ 98 101,2° 0,769 1,4254 VI (13-14) 11,5 % 11 Mol % | C ₇ H ₈ 92 110,8° 0,867 1,4969 VI (15-16) 9 % 8 Mol % | C ₇ H ₁₄ 98 119,0° 0,810 1,4440 VI (15-16) 9 % 8 Mol % | C ₈ H ₁₈ 114 125,6° 0,703 1,3976 VII (17-18-19) 7,5 % 6 Mol % | C ₈ H ₁₆ 112 134,0° 0,805 1,4410 VII (17-18-19) 7,5 % 6 Mol % | C ₈ H ₁₆ 112 149,0° 0,835 1,4586 VIII (20) 8,5 % 7 Mol % | C ₉ H ₂₀ 128 150,7° 0,718 1,4056 IX (21) 4 % 3 Mol % | | | | | | | | | | | | | | |
| 2. Bruttoformel | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3. Mol-Gewicht | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4. Siedepunkt bei 760 mm Hg | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5. spez. Gewicht bei 20° | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6. Brechungsindex " | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7. Refraktion (Probedest.) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8. Volumen % | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 9. Mol-Prozente | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10. Relative Flüchtigkeit : d | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 11. Mindestrücklauf, bezogen auf Einsatz | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 12. Primäre Trennung | 2,1-fach 1,47 3,1-fach 1,085 3,1-fach 11,8-fach 3,1-fach 12,5-fach 3,0-fach 1,32 1,08 1,32 1,185 1,25 1,055 18-fach | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 13. Sekundäre Trennung | 310 Mol Rücklauf + 56 Mol Destillat = 366 Mol aufsteigende Dämpfe; Rücklauf-Verh. 5,5 : 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 14. Tertiäre Trennung | 174 Mol Rückl. + 22 Mol Dest. = 196 Mol; R.V. 8 : 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 15. Quartäre Trennung | 3 Mol D 19 Mol 10 Mol E 24 Mol 46 + 3 = 49 Mol; R.V. 15:1 400 + 10 = 410 Mol; R.V. 40:1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 16. Destillier-Kolonne | 9 Mol H 11 Mol 250+9=259 Mol; R.V. 28:1 20 Mol F 8 Mol 6 Mol G 10 Mol 180 + 7 = 187 Mol; R.V. 30:1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 17. Trennschnitt | A prim. 100 310 56 44 240 28 16 268 300 WE 380 " 3 130 WE B sek.1 56 174 22 34 196 1 300 WE 100 " 1 400 WE C sek.2 44 240 28 16 268 300 WE 30 WE 2 150 WE D tert.1 22 46 3 19 49 2 800 WE 110 " 2 800 WE E tert.2 34 400 10 24 410 2 800 WE 910 WE F tert.3 28 84 20 8 104 800 WE 110 " 910 WE G tert.4 16 64 6 4 70 550 WE 550 WE H quart. 20 250 9 11 259 1 950 WE 80 " 2 030 WE I quart. 10 180 7 3 187 1 500 WE 1 500 WE | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 18. Auflauf in Mol/100 Mol. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 19. Rücklauf " " " | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 20. Kopfprodukt " " " | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 21. Bodenprodukt " " " | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 22. Aufsteigende Dämpfe " | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 23. Verdampfungswärme | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 24. Vorwärmung | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 25. Gesamtwärme für 100 Mol | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Destillative Trennung von ungerischem Erdölbenzin
(Schnittplan "b": 61,5 F.-B., 24,5 A.-B., 14 T.-B.)

| 1. Schlüsselkomponenten: | n-Butan | Cyclo-Butan | 1-Hexan | n-Hexan | Meth-Cyclo-Penten | Cyclo-Hexan | 1-Heptan | n-Heptan | Meth-Cyclo-Hexan | Cyclo-Heptan | n-Okten | Meth-Cyclo-Heptan | Cyclo-Okten | n-Nonan |
|--|--------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| 2. Bruttoformel | C ₄ H ₁₀ | C ₄ H ₈ | C ₆ H ₁₄ | C ₆ H ₁₄ | C ₆ H ₁₂ | C ₆ H ₁₂ | C ₇ H ₁₆ | C ₇ H ₁₆ | C ₇ H ₁₄ | C ₇ H ₁₄ | C ₈ H ₁₈ | C ₈ H ₁₆ | C ₈ H ₁₆ | C ₉ H ₂₀ |
| 3. Mol-Gewicht | 58 | 56 | 86 | 86 | 84 | 84 | 100 | 100 | 98 | 98 | 114 | 112 | 112 | 128 |
| 4. Siedepunkt bei 760 mm Hg | -0,5° | 13° | 60,2° | 68,8° | 71,8° | 80,8° | 98,4° | 98,4° | 101,2° | 119,0° | 125,6° | 134,0° | 149,0° | 150,7° |
| 5. spez. Gewicht bei 20° | 0,582 | 0,704 | 0,653 | 0,664 | 0,750 | 0,779 | 0,679 | 0,684 | 0,769 | 0,810 | 0,703 | 0,805 | 0,835 | 0,718 |
| 6. Brechungsindex " | 1,3562 | 1,3752 | 1,3712 | 1,3751 | 1,4098 | 1,4263 | 1,3851 | 1,3878 | 1,4254 | 1,4440 | 1,3976 | 1,4410 | 1,4586 | 1,4056 |
| 7. Fraktion (Probedest.) | I (1) | II (2-3-4) | III(5-6) | III(5-6) | IV (7-8-9-10) | V (10-11-12-13) | V (10-11-12-13) | V (10-11-12-13) | VI (13-14-15-16) | VII(16-19) | VIII(19-20-21) | VIII(19-20-21) | IX(21) | IX(21) |
| 8. Volumen % | 2 % | 15 % | 11 % | 11 % | 19 % | 19 % | 14 % | 14 % | 19 % | 18 Mol % | 7,5 % | 8,5 % | 4 % | |
| 9. Mol-Prozente | 3 Mol % | 17 Mol % | 12 Mol % | 12 Mol % | 21 Mol % | 21 Mol % | 13 Mol % | 13 Mol % | 18 Mol % | 18 Mol % | 6 Mol % | 7 Mol % | 3 Mol % | |
| 10. Relative Flüchtigkeit : d | 1,47 | 15 | 1,32 | 1,32 | 1,085 | 1,32 | 1,08 | 1,08 | 1,185 | 1,185 | 1,25 | 1,25 | 1,055(1,09) | |
| 11. Mindestrücklauf, bezogen auf Einsatz | 2,1-fach | 3,1-fach | 3,1-fach | 3,1-fach | 3,1-fach | 3,1-fach | 12,5-fach | 12,5-fach | 5,4-fach | 5,4-fach | 4,0-fach | 4,0-fach | 18-fach(11) | |
| 12. Primäre Trennung | 20 Mol | 310 Mol | 53 Mol | 53 Mol | 310 Mol | 310 Mol | 47 Mol | 47 Mol | 31 Mol | 31 Mol | 16 Mol | 16 Mol | 16 Mol | |
| 13. Sekundäre Trennung | 165 + 20 = 185 Mol | 165 + 20 = 185 Mol | 33 Mol | 33 Mol | 33 Mol | 33 Mol | 254 + 31 = 285 Mol | 254 + 31 = 285 Mol | 254 + 31 = 285 Mol | 254 + 31 = 285 Mol | 8,2 : 1 | 8,2 : 1 | 8,2 : 1 | |
| 14. Tertiäre Trennung | 3 Mol | 17 Mol | 12 Mol | 12 Mol | 21 Mol | 21 Mol | 13 Mol | 13 Mol | 18 Mol | 18 Mol | 6 Mol | 6 Mol | 10 Mol | |
| 15. Quartäre Trennung | 42 + 3 = 45 Mol | 42 + 3 = 45 Mol | 390 + 12 = 402 | 390 + 12 = 402 | 390 + 12 = 402 | 390 + 12 = 402 | 387 + 13 = 400 Mol | 387 + 13 = 400 Mol | 387 + 13 = 400 Mol | 387 + 13 = 400 Mol | 64 + 6 = 70 Mol | 64 + 6 = 70 Mol | 64 + 6 = 70 Mol | |
| 16. Destillier-Kolonnen | A | B | C | C | E | E | F | F | G | G | H | H | H | |
| 17. Trennschnitt | prim. | sek. 1 | sek. 2 | tert. 1 | tert. 2 | tert. 3 | tert. 4 | tert. 4 | tert. 4 | tert. 4 | quart 1 | quart 1 | quart 1 | |
| 18. Anflauf in Mol/100 Mol | 100 | 53 | 47 | 20 | 33 | 31 | 16 | 16 | 16 | 16 | 10 | 10 | 10 | |
| 19. Rücklauf " | 310 | 165 | 254 | 42 | 390 | 387 | 64 | 64 | 64 | 64 | 180 | 180 | 180 | |
| 20. Kopfprodukt " | 53 | 20 | 31 | 3 | 12 | 13 | 6 | 6 | 6 | 6 | 7 | 7 | 7 | |
| 21. Bodenprodukt " | 47 | 33 | 16 | 17 | 21 | 18 | 10 | 10 | 10 | 10 | 3 | 3 | 3 | |
| 22. Aufsteig.-Dämpfe " | 363 | 185 | 285 | 45 | 402 | 400 | 70 | 70 | 70 | 70 | 187 | 187 | 187 | |
| 23. Verdampfungswärme | 2 600 WE | 1 300 WE | 2 370 WE | 280 WE | 2 700 WE | 3 200 WE | 650 WE | 650 WE | 650 WE | 650 WE | 1 906 Mol | 1 906 Mol | 1 906 Mol | |
| 24. Vorwärmung | 300 " | 150 " | - | 30 " | - | 120 " | - | - | - | - | 1 800 WE | 1 800 WE | 1 800 WE | |
| 25. Gesamtwärme für 100 Mol | 2 900 WE | 1 450 WE | 2 370 WE | 310 WE | 2 700 WE | 3 320 WE | 650 WE | 650 WE | 650 WE | 650 WE | 1 800 WE | 1 800 WE | 1 800 WE | |

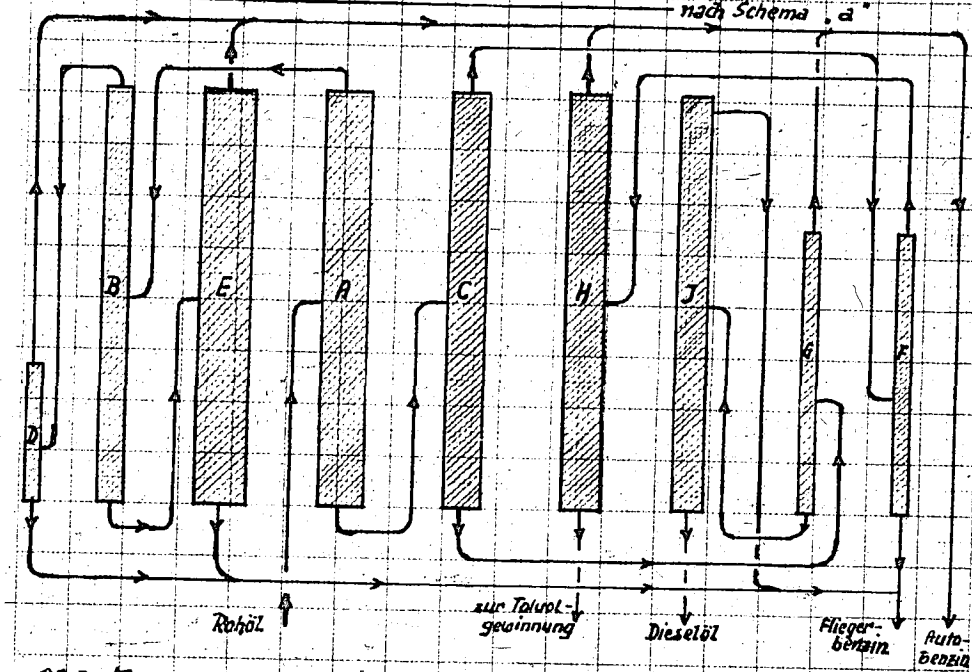


Abb. 3

