

Herrn Dr. Sechse *In* 1928 A - 27 280000021

Referat über die Darstellung von Aceton im allgemeinen und
über eigene Versuche zur Darstellung von Aceton, gehalten
in der Gruppe Dr. Sachsgem in Op. 648.

Bevor ich auf unsere eigenen Versuche über die Darstellung von Aceton aus Acetylen und Wasserdampf eingehe, möchte ich einiges berichten über die Darstellung von Aceton im allgemeinen und über einige neuere Arbeitsverfahren, nach denen ebenfalls Aceton katalytisch erzeugt wird.

Bis zum Jahre 1914 wurde Aceton fast ausschließlich aus den Produkten gewonnen, die bei der trockenen Destillation des Holzes (vor allem des Laubholzes) anfallen. Unterwirft man den dabei erhaltenen rohen Holzgeist direkt der Destillation, so geht mit den ersten Vorläufen ein etwa zungleiches Teilen aus Aceton und Methylalkohol bestehendes Gemisch über, das sich durch Destillation nur sehr schwer trennen läßt. Für bestimmte Lösungsmittelzwecke hat dieses Gemisch aber trotzdem unter dem Namen „Methylacetone“ gute Verwendung gefunden.

Um bei der Holzdestillation zu einem reineren Aceton zu gelangen, rührt man das vom Holzteer und anderen höheren Produkten getrennte Destillat in Kalk ein. Die erhaltene Lösung wird durch Eindampfen entspritzt und zum sogenannten Graukalk aufgearbeitet, der zu 82-84% aus $(\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Ca}$, 3-5% Ameisen- Propion- und Buttersaurem Ca und zu 11% aus Feuchtigkeit besteht. Dieser Graukalk wird dann unter Luftabschluß bei 400° zersetzt. Gleichung: $(\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Ca} = \text{CH}_3\text{COCH}_3 + \text{CaCO}_3$. Dabei geben 100 kg Graukalk 25 kg Ketone und dieses Ketongemisch wiederum liefert 20 - 21 kg 97%iges Aceton, das den meisten technischen Ansprüchen genügt.

$1 \text{ m}^3 \text{ Laubholz} \rightarrow 25 \text{ kg Graukalk} \rightarrow 7,5 \text{ kg Aceton} + 5,4 \text{ kg } \text{CH}_3\text{OH}$
 $+ 22 \text{ kg Teer} + \text{Öle} + 110 \text{ kg C.}$

Als im Weltkrieg die Graukalklieferungen aus Amerika fraglich wurden, bzw. für Deutschland aufhörten, mußte man sich in Europa und besonders in Deutschland nach anderen Acetonquellen umsehen.

Solche Quellen waren die katalytische Umsetzung von synthetisch erzeugter Essigsäure und besonders in Frankreich die Acetondarstellung durch Vergärung stärkehaltiger Produkte. Diese beiden Verfahren sind heute noch gleichermaßen wichtig, während die Darstellung über Graukalk von untergeordneter Bedeutung geworden ist.

Zur Acetongärung verwendet man im wesentlichen die 3 Bakterien *bacterius acetoätylicus*, *bacterius macerans* und *clostridium acetobutylicum*. Bei den ersten beiden erhält man neben 1 Teil Aceton 2 Teile Atylalkohol, während das *clostridium acetobutylicum* auf 1 Teil ^{Aceton} 2 Teile Butylalkohol liefert. Da Butylalkohol wertvoller als Äthylalkohol ist, so ist auch das Gärverfahren mit der dritten Bacterienart heute das wichtigste geworden.

Im Einzelnen wird dabei folgendermaßen vorgegangen:

Die stärkehaltigen Produkte, im wesentlichen Mais, Reis, Futter- oder Zuckerrüben und Kartoffeln, werden fein zerteilt, in Wasser aufgeschlämmt und dann 2 Stunden unter 2 Atm. erhitzt. Dieses Erhitzen dient erstens zur Abtötung schädlicher Bakterien, die auf diesen Früchten immer vorhanden sind, und 2. zur Verkleisterung der hochmolekularen Kohlehydrate. Die wenig aufgeschlossene Stärkelösung läßt man auf die günstigste Arbeitstemperatur, die bei etwa 40° liegt, abkühlen. Erst dann gibt man eine frische Lösung der entsprechenden sorgfältig gezüchteten Bakterie hinzu. Beim *bact. acetobutylicus* beginnt die Gärung schon nach 3 - 4 Stunden, bei den anderen beiden erst nach 1 - 1 1/2 Tagen. Der Beginn der Gärung macht sich durch starke Gasentwicklung bemerkbar, wobei auf etwa 3 Teile CO₂ 2 Teile H₂ entwickelt werden. Hat die Gasentwicklung aufgehört, so ist auch die Gärung beendet und die flüchtigen Produkte können in einer gewöhnlichen Brennerdestillation abdestilliert werden. Aceton und die Alkohole werden gesondert getrennt. Die zurückbleibende Schlempe wird als Futtermittel verwertet.

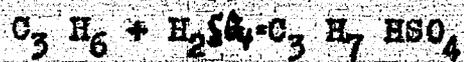
Die Kosten des Verfahrens sind etwa ebenso hoch, wie die der Spiritusbrennerei. Aus 100 kg Stärke werden mit dem *clostridium acetobutylicum* z. B. 22,5 kg Butylalkohol, 11 kg Aceton, 2,7 kg Nebenprodukte und außerdem noch 36 m³ CO₂ + 24 m³ H₂ gewonnen. Eine amerikanische Anlage verarbeitete auf diese Weise täglich 9070 hl Mais in Gärbottichen von 200 m³ Inhalt. Die anfallenden Gase würden in einer angegliederten kleinen Methanolfabrik auf Methanol verarbeitet, wobei nur ein Teil der CO₂ ~~aus dem Gas~~ ausgewaschen zu werden brauchte:



Diese Gärverfahren spielen wegen vorhandener billiger Ausgangstoffe eine große Rolle in Frankreich und vor allem in Amerika, wo man dauernd an ihrer Verbesserung arbeitet.

In Amerika ist außerdem ein Verfahren zu größter Bedeutung gelangt

bei dem Naturgas und Petroleum auf Propylen verarbeitet werden. Dieses Propylen wird über das Sulfat in Propylalkohol übergeführt, der dann zu Acetondehydriert wird. Reaktionsgleichungen:



In Deutschland hat man sich aus begreiflichen Gründen von Anfang an mehr mit den katalytischen Acetonherstellungsverfahren beschäftigt, die durch den starken Verbrauchsanstieg des Acetons als Sprengstoffgelierungsmittel im Kriege stark gefördert und beschleunigt wurden.

Zunächst kam dafür nur das Dreistufenverfahren in Frage, nach dem wohl auch heute noch in Deutschland das meiste Aceton hergestellt wird.

Bei dem Dreistufenverfahren wird zunächst aus $C_2 H_2$ und Wasser in flüssiger Phase an Hg - Salz - Kontakten Acetaldehyd hergestellt.

Wegen verschiedener Unannehmlichkeiten, die das Arbeiten mit Hg - Kontakten und in flüssiger Phase mit sich brachten, sind auch Versuche unternommen worden, Acetaldehyd in der Gasphase über festen Kontakten aus $\frac{1}{2} C_2 H_2 + H_2 O$ herzustellen. Als Kontakte kommen hierfür in Frage Zn-Vanadat, $Fe_2 O_3$ und Cd-Phosphat und andere. Die Reaktionstemperatur liegt zwischen $300 - 400^\circ$. Die Ausbeuten sind jedoch bislang noch so niedrig, daß das Hg - Kontaktverfahren vorläufig noch die Oberhand behalten hat.

In der zweiten Stufe wird der Acetaldehyd zu Essigsäure oxydiert und die Essigsäure schließlich wird an den verschiedensten Kontakten in der dritten Stufe in Aceton übergeführt.

Die Reaktionsgleichungen für die 3 Stufen sind:



Als Kontakte kommen für die Überführung von Essigsäure in Aceton

in Betracht: Holzkohle, Tonerde bei 340 - 400°, Thor und Uranoxyde, ferner Cu bei 390 - 410°, Zn O bei 400°, Zn - Staub bei 250 - 280°, Gußeisenspähne oberhalb 300°, Mn - Salze und Mineralien bei 450°, Mn O₂ bei 350 - 450° und Oxyde, Hydroxyde und Acetate des Ca und Ba, die auf feinstückigem Al niedergeschlagen sind.

Seit nun das 3 - Stufenverfahren in der Technik mit Erfolg durchgeführt wird, bemüht man sich auch, alle 3 Stufen in einem einzigen Arbeitsgang zu bewältigen. Reaktionsgleichung: $2 \text{C}_2 \text{H}_2 + 3 \text{H}_2 \text{O} = \text{CH}_3 \text{CO} \text{CH}_3 + \text{CO}_2 + 2 \text{H}_2 + 80 \text{ WE}$. Es ist dabei interessant, festzustellen, daß die benutzten Kontakte fast die gleichen sind wie beim Dreistufenverfahren: Die ersten Patente gaben Fe₂ O₃ und Eisenmineralien als Kontakt an. Bei sehr großem Wasserdampfüberschuß brachten sie es bis zu einer Acetonausbeute von nur 50%. Später ging man dann zu Mischkontakten aus Fe₂ O₃ und anderen Schwermetalloxyden über wie Mn O, Zn O, Cr₂ O₃, U₂ O₃ und anderen mehr, die immer einen Teil eines Erdalkali oder Alkalioxyds enthalten sollen. Das sind Kontakte mit günstigster O₂ - Tension, die beim Fahren weder oxydiert noch reduziert werden sollen. Mit diesen Kontakten ist man allmählich bis zu Ausbeuten von ~90% Aceton gelangt.

Auch aktive Kohle, die mit Mn - Acetat oder Zn - Acetat getränkt ist und kleine Beimengungen von Ba O oder Ca O enthält, wird als guter Kontakt empfohlen, der zwar nicht giftempfindlich, dafür aber auch nicht, wie die anderen, mit O₂ regenerierbar ist. Die Haltbarkeit solcher Kontakte wird mit bis zu 30 Tagen angegeben. Über Belastbarkeit ist jedoch nirgends etwas zu finden.

Zur Verbesserung der Aktivität und Haltbarkeit dieser Mischkontakte soll es günstig sein, exotherme Ketonisierungsreaktionen mit endothermen zu koppeln; ferner soll es günstig sein, wenn man die Temperatur während einer Fahrperiode von 400 - 500° allmählich ansteigen läßt.

Als letztes Acetonpatent kam 1937 ein E. P. einer kanadischen Gesellschaft heraus, welches insbesondere die Herstellung eines Kontaktes betont und dabei einen Weg geht, der in Amerika bei der Acetonherstellung aus Essigsäure schon länger ähnlich durchgeführt wird. Es handelt sich dabei um einen Mischkontakt aus im wesentlichen Zn O, mit etwas Fe₂ O₃ und Mn O. Mn(OH)₂ und Fe(OH)₂ und Fe(OH)₃ werden mit NH₃ gemeinsam ausgefällt und beim Filtrieren mit einem Zn O fein durchgemischt,

das durch thermische Zersetzung von $Zn CO_3$ hergestellt worden war. Der so erhaltene feuchte Kuchen wurde auf Fe - Kugeln von $1/2'' \varnothing$ in einem dünnen Film aufgetragen, sodaß Fe und Kontakt sich wie 15 : 1 verhalten, und dann im Reaktionsgefäß bei 110° getrocknet.

Beim Fahren dieses Kontaktes mit $C_2 H_2 + H_2 O$ - Dampf im Verhältnis 1 : 10 bei $400 - 500^\circ$ muß er jedesmal nach 18 Stunden Reaktionsdauer für 4 Stunden mit einem Luft-Dampfgemisch regeneriert werden, wobei die Temperatur auf 300° gesenkt werden muß. Die Lebensdauer dieses Kontaktes ist bei 90% Acetonausbeute nur 12 Tage.

Wenn man die Entwicklung dieser Kontakte des Einstufenverfahrens betrachtet, und die entsprechenden Patente durchliest, so sieht man, daß dieses Verfahren nicht nur eine Frage der Kontaktwahl sein kann, sondern daß dabei Fragen wie Wasserdampfüberschuß, Durchsatz und Gaszusammensetzung, Temperaturverhältnisse und reaktionskinetische Gesichtspunkte große Bedeutung haben müssen, und daß man aus den einzelnen Punkten die verschiedensten Möglichkeiten zur Synthese von Aceton kombinieren könnte.

Unsere Firma hat sich zunächst auf reinen Zn O - Kontakt beschränkt, mit dem die Herren Schlecht und Buddenberg die ersten achtbaren Ergebnisse sowohl mit Karbid - $C_2 H_2$ als auch mit Lichtbogenacetylen erzielt haben. Wir werden sehen, daß selbst der reine Zn O - Kontakt noch viele Variationsmöglichkeiten und Rätsel in sich birgt.

Als Dr. Sachsse die Acetylenherstellung durch unvollständige Verbrennung von CH_4 mit O_2 zu technischer Brauchbarkeit entwickelt hatte, mußte zunächst festgestellt werden, ob das Zn O überhaupt, bzw. welche Zn O - Sorte für die Umsetzung des Spaltgasacetylen zu Aceton in Frage kam.

Hier möchte ich zunächst einige Worte einflechten über die Darstellung des Zn O.

Im Großen wird Zn O hergestellt durch Verbrennen von Zn - Dämpfen, die sich bei der Zn - Verhüttung schlecht kondensieren lassen. Die schwersten Zn O - Teilchen scheiden sich auf ihrem Flugweg zuerst ab, während sich die feinsten Teilchen erst am Ende einer längeren Flugbahn zu Boden setzen. Man unterteilt diese verschiedenen Sedimente in 3 Fraktionen, in Rot-Grün- und Weißsiegel. Das erste ist am grobteiligsten und enthält auch verschiedene kleine Verunreinigungen. Das letzte ist das reinste Zn O und hat die feinsten Teilchen.

Kleinere Zn O Mengen fallen z. B. in Ludwigshafen bei der Hydrosulfidfabrikation an. Es wird da aus wässriger Lösung ^{mit NaOH} ausgefällt, sorgfältig ausgewaschen und getrocknet. Es heißt ZnO „spezial“.

Als drittes Herstellungsverfahren kommt die thermische Zersetzung von Zn CO₃ oder basischem Zn CO₃ in Betracht.

Aus diesen ZnO - Sorten galt es nun die geeignetste herauszufinden.

Es zeigte sich bald, daß das Ludwigshafener ZnO ungeeignet war, weil es, wie sich später herausstellte, H₂ S entwickelte und auch einige Zehntel % Alkali enthielt.

Von den anderen ZnO - Sorten erwies sich nicht das feinteiligste, sondern das grobteiligste ZnO RLS. als das beste. Es wurde dann später auch ausschließlich benutzt.

Unsere Versuche wurden fast durchweg im 500 cm³ Maßstab gefahren, wobei in einem elektrisch geheizten Bleibad gleichzeitig 4 Kontakte nebeneinander durchgeprüft werden konnten.

4 Siphonalrohre von 170 cm Länge und 4,5 cm Durchmesser waren in der Mitte von einem ~110 cm hohen, flüssigen Bleimantel umgeben, dessen Temperatur im Bereich von 400 - 500° durch einen Regler konstant gehalten werden konnte. Im Unterteil der Rohre befand sich eine 40 - 60 cm hohe Schicht Bimsstein, in der sich das Spaltgas- Wasserdampfgemisch aufwärmen konnte. Dann kamen immer 500 cm³ (= ~ 30 cm hoch) ZnO-Kontakt in kleinen Würfeln oder Würsten. Für 500 cm³ Kontakt werden durchweg 160 l Spaltgas/ oder 11 - 12 l C₂ H₂/h durchgesetzt. Diese Spaltgasmenge perlte durch ein geheiztes Wassergefäß, in dem es sich je nach der Temperatur mit soviel Wasserdampf belud, daß es einem 6 - 13fachen Überschuß über dem theoretisch erforderlichen entsprach.

Im Kleinen fällt die bei der Reaktion freiwerdende Wärme nicht sehr ins Gewicht, weil die Isolationsverluste zu groß sind. Im Großen wird jedoch durch die Reaktionswärme eine Temperatursteigerung im Kontakt von 146° bis 224° eintreten, je nach der Acetylenkonzentration im Spaltgas, je nach dem Acetylenumsatz und je nach der überschüssigen Wasserdampfmenge.

Als durch solche Versuche erwiesen war, daß der ZnO - Kontakt ebenso wie für Karbid- und Lichtbogenacetylen auch für die Verarbeitung des neuen Spaltgasacetylen auf Aceton in Frage kam, was ja wegen der anderen Gaszusammensetzung nicht selbstverständlich war, und als nach zahlreichen Versuchen das ZnO RLS sich als das beste ZnO herausgeschält hatte, mußte nun weiter eine geeignete Verfestigung des ZnO gefunden werden. Es genügt ja nicht, daß ein Kontakt nur eine gute Aktivität für die Beschleunigung und Lenkung der gewünschten Reaktion besitzt, sondern er muß auch eine wirtschaftliche Haltbarkeit aufweisen, sodaß man nicht alle paar Wochen wegen Kontaktverstopfung den Ofen erkalten lassen muß, um den zersplitterten Kontakt aus- und neuen Kontakt wieder einzubauen.

Zur Verfertigung des ganz feinteiligen ZnO-Pulvers in eine brauchbare Kontaktform wurden nun die verschiedensten Möglichkeiten durchgeprüft:

Der erste Versuch wurde mit einem Kontakt gefahren, dessen ZnO nur mit Wasser zu einem Teig angeknetet, verformt und wieder getrocknet worden war. Die Aktivität dieses Kontaktes diese war zwar gut, aber die Festigkeit kam für technische Zwecke überhaupt nicht in Frage.

Darauf wurde es dann mit Ätzmitteln wie NH_3 , HNO_3 oder Essigsäure versucht. Durch geringen Zusatz dieser Stoffe zum Anteigrasser wurde ein Teil des ZnO-Pulvers zum entsprechenden Salz gelöst, das dann die übrigen Teilchen nach dem Trocknen und Abrösten miteinander verkitten sollte. Zu demselben Zwecke wurden auch verschiedene Tonerdegele dem ZnO beim Ankneten zugemischt. Brauchbare Kontakte wurden dabei erhalten bei der Verfertigung mit HNO_3 und mit Essigsäure.

Eine andere Verfertigungsweise bestand in einfachem Pressen des ZnO-Pulvers zu Pillen, und war einmal nur unter Feuchtigkeitszusatz, das andere Mal auch unter Zusatz von Ätzmitteln. Mit einem so hergestellten Kontakt, der unter der Nummer P1M70 gelaufen ist, haben wir, was Aktivität und Haltbarkeit anbetrifft, eines unserer besten Ergebnisse erzielt: Er lief mit durchschnittlicher Periodenlänge von 30 Tagen ein ganzes Jahr. Ich komme später noch darauf zurück.

Die meisten Verfestigungen wurden jedoch mit Klebemitteln durchgeführt, die beim Anteigen des ZnO in 1 - 2%iger wässriger Lösung zugesetzt wurden. Die Kontakte wurden immer feucht, entweder zu kurzen Würsten, oder kleinen Würfeln verformt und bei 110° getrocknet. Das Ätz- oder Klebemittel wurde zuletzt im Ofen mit einem Luft - Dampfgemisch bei 450° ab-

gerüstet, wobei das ZnO die ihm einmal gegebene Form gut beibehält. Als Klebemittel sind durchgeprüft worden: Traubenzucker, Dextrine, Stärkeser-
ten und Gelatine. Es ergab sich, daß mit Traubenzucker und hochmolekula-
ren Kohlehydraten keine gute Verfertigung erzielbar ist, daß aber mit Ge-
latine und Kohlehydraten mittlerer Molekülgröße eine Kontaktfestigkeit
erreichbar ist, wie man sie sich nicht besser wünschen kann. Leider geht
aber meistens mit einer Steigerung der Härte und Festigkeit eine Ab-
schwächung in der Periodeulänge einher. Auch darauf komme ich zum Schluß
noch zurück.

Als die Möglichkeit auftauchte, daß eines Tages das ZnO vielleicht
nicht in genügender Menge verfügbar sein könnte, wurden auch Versuche auf-
genommen, unbrauchbar gewordenen ZnO - Kontakt durch Auflösen und Aus-
fällen wieder in frischen Kontakt zu verwandeln.

Bei den ersten Versuchen hierüber wurde regenerierter Kontakt in
 HNO_3 gelöst und $\text{Zn}(\text{OH})_2$ mit NH_3 wieder ausgefällt. $\text{Zn}(\text{OH})_2$ läßt sich
leicht schon unterhalb 100° durch Erhitzen in ZnO überführen. Beim Ab-
rösten des verformten Kontaktes, der aus solchem ZnO mit Dextrinverfer-
tigung hergestellt worden war, sprangen die einzelnen Körner jedoch zu
feinem Pulver auseinander, weil das $\text{Zn}(\text{OH})_2$ zu viel $\text{NH}_4 \text{NO}_3$ okkludiert
hatte, das sich nun zersetzte und dabei das Kontaktkorn mit zerris.

Dieses $\text{NH}_4 \text{NO}_3$ läßt sich nicht bzw. nur durch tagelanges Auswa-
schen entfernen. Um diese Okklusion zu vermeiden, wurde draufhin mit
 NH_3 $\text{Zn}(\text{OH})_2$ ausgefällt, das aber durch Einleiten von CO_2 in ZnCO_3 über-
geführt wurde. Dieses ZnCO_3 läßt sich viel leichter als $\text{Zn}(\text{OH})_2$ auswa-
schen und filtrieren und geht schon bei $150 - 200^\circ$ in ein ZnO über, das
sich schon mit einigem Erfolg zu Acetonkontakt verarbeiten ließ.

Die Umfällung verbrauchten Kontaktes wurde schließlich am besten
mit einem technischen Ammonkarbonatgemisch durchgeführt, wobei in der
Kälte oder in der Hitze gefällt und eine ZnO - Ausbeute von 90% erreicht
werden kann.

Folgende Kontakte wurden z. B. aus so hergestelltem ZnO herge-
stellt:

Sie sind mit fast den gleichen Eigenschaften gefahren worden, wie gute Kontakte aus ZnO RLS. In einer Eigenschaft übertrafen sie diese sogar: sie zeigen fast durchweg eine geringere Bildung von Aldehyd und somit auch von Essigsäure.

Eine Wiederverwendung schlecht gewordenen ZnO-Kontaktes ist also prinzipiell möglich.

Um zu sehen, wie sich einige Beimengungen zum ZnO wie Alkalien, $Fe_2 O_3$, $Mg O$, $Mn O$ und $Al_2 O_3$ auf die einstufige Acetonherstellung mit Spaltgasacetylen auswirken, wurden auch einige ZnO - Kontakte durchgeprüft, denen geringe Mengen dieser Metalloxyde zugemischt waren.

Es ergab sich dabei, daß solche Mischkontakte immer erheblich schlechter waren als der reine ZnO - Kontakt. Es wurden die Periodenlängen wesentlich verkürzt, weil lästige Nebenreaktionen beschleunigt wurden. So war schon bei Zusatz von nur $1/2$ Gewichts% $NH_2 CO_3$ die Periodenlänge kaum 8 Tage bei von 90 - 80% abfallender Acetonausbeute. Dagegen lagen die CO_2 - Endgaswerte etwa 6% über dem Normalwert. Dieses Ergebnis stand im Einklang mit Angaben in der Literatur, wonach Alkali die Reaktion $2CO = C + CO_2$ beschleunigt. Starke C-Abscheidung würde auch die schnell absinkende Acetonausbeute erklären.

Geringe Mengen $Fe_2 O_3$ ergaben eine Verkürzung der Periodenlänge. Durch größere Beimengungen von $Fe_2 O_3$ wird außerdem die Wassergasreaktion beschleunigt eingestellt; es erscheinen hohe CO_2 - Endgaswerte.
($H_2O + CO = CO_2 + H_2$)

Kleine Zugaben von $Al_2 O_3$ zum ZnO ergeben schnell absinkende Perioden mit stark gesteigerter Aldehydbildung. Dasselbe gilt für $Mg O$ und, in bezug auf Periodenlänge, auch für $Mn O$.

Ich komme nun zur Besprechung unserer Dauerversuche, wobei ich am besten einige theoretische Betrachtungen anschließen lassen werden.

Da ist zunächst der schon einmal erwähnte Pillenkontakt zu betrachten (PIM70), der insgesamt länger als 1 Jahr gelaufen ist. Nach einer bestimmten Zeit, einer Periode, die hier immer bei 25 - 30 Tagen liegt, sinken Umsatz und Ausbeute ab, weshalb der Kontakt mit einem Luft - Dampfgemisch (am besten mit 4% O_2) regeneriert werden muß, worauf die

nächste Periode beginnt u. s. w. Hieraus erhebt sich die Frage, warum sinkt die Acetonausbeute und der $C_2 H_2$ - Umsatz nach einer bestimmten Zeit?

Wird bei Rückkehr nach Oppau vervollständigt.

MS