Husemann hat, von zwei von ihm entdeckten Entstehungsweisen und von einer Dampfdichtebestimmung des kry- stallisirten Schwefeläthylens ausgehend, die Formel verdoppelt. Er nennt es Diäthylensulfür und vergleicht es mit dem Di- äthylenoxyd von Wurtz.

Obgleich ich viel Werth auf die Dampfdichtebestimmung Husemann's lege, und geneigt bin, die Richtigkeit des Schlusses, welchen er daraus zieht, anzuerkennen, erlaube ich mir die Bemerkung, daß das Diäthylensulfür in seinen chemischen Verbindungen nicht die Rolle eines einfachen Moleculs spielt, wie das Diäthylenoxyd und alle andere con- densirte Verbindungen dieser Reihe es thun, sondern daß es sich mit 4 Aequivalenten Brom oder Sauerstoff verbindet und selbst im Stande ist, wie ich gezeigt habe, noch 4 Aeq. Sauerstoff aufzunehmen, ohne in die Reihe der schwefligsauren Aether überzugehen. Auch das Substitutionsproduct des Diäthylensulfoxyds $\left\{ \begin{array}{l} \text{C}_2\text{H}_3\text{ClS}\Theta \\ \text{C}_2\text{H}_3\text{ClS}\Theta \end{array} \right\}$ spricht nicht für die Ver- doppelung der Formel, wenn auch nicht direct dagegen. Es wäre sehr wünschenswerth, die Nothwendigkeit der Verdop- pelung auch durch chemische Gründe zu bestätigen.

Paris, den 10. August 1863.

Ueber die Einwirkung des Chlorzinks auf Amylalkohol;

von A. Wurtz *).

Man weiß durch die Untersuchungen von Balard, daß der Amylalkohol sich bei der Einwirkung von Chlorzink zu

*) Compt. rend. LVI, 1164, 1246.

Wasser und mehreren polymeren Kohlenwasserstoffen spaltet. Unabhängig von dem Amylen C_5H_{10} und dem Paramylen oder Diamylen $C_{10}H_{20}$, welche Kohlenwasserstoffe bereits durch Balard beschrieben wurden, hat Bauer in neuerer Zeit auf das Triamylen $C_{15}H_{30}$ und das Tetramylen $C_{20}H_{40}$ aufmerksam gemacht.

Man weiß andererseits, daß das bei dieser Reaction sich bildende Amylen stets von Amylwasserstoff C_5H_{12} begleitet ist. Ich habe vor zehn Jahren die Aufmerksamkeit auf diese Thatsache gelenkt, als ich die Einwirkung des Chlorzinks auf Butylalkohol beschrieb, bei welcher Butylen und Butylwasserstoff auftreten; und ich habe gezeigt, daß die Bildung der Verbindung des Alkoholradicals mit Wasserstoff unter diesen Umständen zusammenhängt mit der von wasserstoffärmeren und weniger flüchtigen Kohlenwasserstoffen. Der chemische Vorgang, um welchen es sich handelt, ist somit keineswegs ein einfacher, und ich will jetzt darthun, daß man bisher keine Vorstellung davon hatte, wie verwickelt er in Wirklichkeit ist.

Ich habe in der That unter den Producten der Einwirkung des Chlorzinks auf Amylalkohol nicht allein die höheren Homologen des Amylens bis zum Diamylen und darüber hinaus gefunden, sondern auch die höheren Homologe des Amylwasserstoffs. Diese Körper bilden sich nicht in großer Menge; sie sind nur secundäre Producte; aber ihre Bildung unter diesen Umständen verdient in hohem Grade die Aufmerksamkeit der Chemiker von dem Gesichtspunkte aus, wie sich Kohlenwasserstoffe bilden und wie ihre Molecule complicirter zusammengesetzt werden; sie wirft auch Fragen bezüglich der Isomerie auf, welche Beachtung verdienen.

Ich kann hier nicht eine in's Einzelne gehende Beschreibung meiner Versuche geben; ich muß mich mit der Angabe begnügen, daß ich die zwischen dem Amylen und dem

Diamylen liegenden Kohlenwasserstoffe nach wiederholtem Erwärmen mit Natrium durch fractionirte Destillation von einander getrennt habe. Ich habe mich nicht damit begnügt, sie zu analysiren und ihre Dampfdichte zu bestimmen. Da ich weiß, wie leicht benachbarte Kohlenwasserstoffe bei der Destillation sich einander beimischen, und da ich nicht Producte von vollkommen constantem Siedepunkt erhalten konnte, wozu die mir zu Gebote stehenden Mengen der Substanzen nicht hinreichend waren, so habe ich jeden Kohlenwasserstoff in eine oder mehrere Verbindungen eingeführt, welche auch ihrerseits analysirt wurden. Ich glaube auf diese Art meinen Angaben die nöthige Beweisführung gesichert zu haben. Außerdem habe ich noch den folgenden Versuch angestellt: ich habe gleiche Mengen Amylen und Diamylen mit einander gemischt und das Gemisch durch fractionirte Destillation zerlegt; nach drei Destillationen war Alles geschieden zu einem unterhalb 50° und einem oberhalb 130° siedenden Theil, und es war Nichts mehr von Portionen mit dazwischen liegenden Siedepunkten da.

Da nach Faget's Wahrnehmung in den Rückständen von der Destillation des Amylalkohols Hexylalkohol (Caproylalkohol) und Heptylalkohol (Oenanthylalkohol) enthalten sind, könnte man glauben, daß das Hexylen C_6H_{12} und das Heptylen C_7H_{14} , welche ich in dem Gemisch von Kohlenwasserstoffen gefunden habe, von der Einwirkung des Chlorzinks auf Spuren dieser Alkohole, die dem Amylalkohol beigemischt gewesen seien, herrühren. Um diesem Einwurf zuvorzukommen, habe ich mehrere Operationen mit Amylalkohol, welcher mit Sorgfalt gereinigt und analysirt war, ausgeführt; ich habe immer die zwischen dem Amylen und dem Diamylen intermediären Kohlenwasserstoffe erhalten, nicht nur das Heptylen und das Hexylen, sondern auch das Octylen C_8H_{16} , welches nicht einen solchen Ursprung haben kann.

Hexylen und Hexylwasserstoff. — Diese Verbindungen sind in dem zwischen 60 und 70° übergehenden Theil der Kohlenwasserstoffe enthalten. Die Dampfdichte wurde gefunden = 2,89 und = 3,05; die theoretische Dampfdichte ist = 2,908.

1) Die Bromverbindung des Hexylens wurde dargestellt durch Abkühlen dieses Theiles der Kohlenwasserstoffe in einer Kältemischung und allmäligen Zusatz eines Ueberschusses von Brom. Die mittelst alkalischer Lauge entfärbte und entwässerte Flüssigkeit liefs bei der Destillation zuerst Hexylwasserstoff übergehen; dann stieg das Thermometer rasch auf 180°. Was zwischen 190 und 200° überging, ergab die Zusammensetzung des Bromhexylens $C_6H_{12}Br_2$. Gegen das Ende der Destillation entwickelten sich Dämpfe von Bromwasserstoffsäure.

2) Der eben in Rede stehende Theil der Kohlenwasserstoffe wurde mit einem Ueberschuß einer concentrirten Lösung von Jodwasserstoffsäure in geschlossenen Gefäßen erhitzt. Bei der Destillation des Productes ging zuerst Hexylwasserstoff über, welcher besonders aufgesammelt wurde; dann erhob sich das Thermometer rasch bis 130° und höher. Was gegen 150° überging, ergab die Zusammensetzung des jodwasserstoffsäuren Hexylens C_6H_{12} , HJ. Joddämpfe treten stets an dem Ende dieser Destillation auf. Die so erhaltene Jodverbindung gab bei der Einwirkung auf Silberoxyd und Wasser, abgesehen von einer gewissen Menge regenerirten Hexylens, Hexylenhydrat C_6H_{12} , H_2O , welches bei etwa 130° siedet.

Ich muß hinzufügen, daß das jodwasserstoffsäure Hexylen, welches ich direct durch Vereinigung von Wanklyn und Erlenmeyer's Hexylen mit Jodwasserstoffsäure dargestellt habe, bei der Destillation zwischen 165 und 168° überging. Es ist somit möglich, daß hier ein Fall von Isomerie vorliegt.

Im Allgemeinen schienen mir die Siedepunkte der Kohlenwasserstoffe, die ich analysirt und deren Dampfdichte ich bestimmt habe, etwas niedriger zu liegen, als man dieß für die jetzt bekannten Kohlenwasserstoffe angiebt. Und namentlich gilt diese Bemerkung für gewisse Wasserstoff-Verbindungen von Alkoholradicalen. Nach Schorlemmer liegt der Siedepunkt des aus amerikanischem Erdöl abgeschiedenen Amylwasserstoffs bei 39 bis 40°; nach meinen Versuchen, die mit denen von Frankland übereinstimmen, liegt der Siedepunkt des Amylwasserstoffs *) bei 28 bis 30°. Es ist also möglich, daß diese beiden als Amylwasserstoff benannten Verbindungen isomer seien und die Isomerie hier eine rein physikalische sei; denn es läßt sich nur schwer die Möglichkeit einer chemischen, auf einer Verschiedenheit der Anordnung der Atome im Innern des Moleculs beruhenden Isomerie begreifen, wenn es sich um zwei gesättigte Verbindungen handelt, in welchen das ganze freie Verwandtschaftsvermögen des Kohlenstoffs durch Wasserstoff befriedigt ist.

Der von dem jodwasserstoffsäurem Hexylen durch Destillation getrennte Hexylwasserstoff ging nach angemessener Reinigung bei 60 bis 64° über; seine Zusammensetzung entsprach genau der Formel C_6H_{14} ; die Dampfdichte wurde = 2,84 gefunden, während sie sich = 2,98 berechnet.

*) Man kann beträchtliche Mengen Amylwasserstoff aus dem durch Einwirkung von Chlorzink auf Amylalkohol erhaltenen rohen Amylen abscheiden, durch Sättigen des letzteren mit Brom bei niedriger Temperatur und Destilliren der Flüssigkeit nach vorläufiger Entfärbung mittelst Kali und Entwässern derselben. Der Amylwasserstoff geht bei 30 bis 50° über. Man erwärmt ihn mit Natrium und destillirt ihn dann abermals; er geht nun bei 28 bis 30° und größtentheils bei 30° über.

Heptylen und Heptylwasserstoff. — Diese Substanzen sind in dem zwischen 85 und 95° siedenden Theil der Kohlenwasserstoffe enthalten. Die für diese Flüssigkeit gefundene Dampfdichte ist 3,51, die theoretische 3,427. Es wurde eine Bromverbindung des Heptylens dargestellt, die bei der Destillation unter einem Druck von 20^{mm} Quecksilberhöhe bei 110° überging und bei der Analyse Zahlen ergab, welche den von der Formel C_7H_{14}, Br_2 geforderten sich nähern. — Der Heptylwasserstoff wurde von dem Heptylen durch Destilliren der Bromverbindung des letzteren getrennt. Er ging hierbei zuerst über. Ich habe ihn nur in geringer Menge erhalten, da die Kolben, in welchen man diesen Theil der Kohlenwasserstoffe mit Natrium erwärmte, zweimal explodirten.

Octylen und Octylwasserstoff. — Sie sind in dem zwischen 110 und 122° siedenden Theil des Gemisches von Kohlenwasserstoffen enthalten. Es wurde davon eine beträchtliche Menge dargestellt. Gefundene Dampfdichte 4,03, theoretische 3,878.

35 Grm. dieses Productes wurden mit 50 Grm. Brom unter den oben angegebenen Vorsichtsmafsregeln behandelt; es wurden 62 Grm. eines Gemisches von Bromoctylen und Octylwasserstoff erhalten, die durch Destillation unter einem Druck von 20^{mm} Quecksilberhöhe von einander getrennt wurden. Die Destillation wurde unterbrochen, als das Thermometer auf 80° gestiegen war.

Der bernsteingelbe Rückstand besafs die Zusammensetzung des Bromoctylens C_8H_{16}, Br_2 . Diese Bromverbindung kann auch im leeren Raum nicht ohne Zersetzung destillirt werden. Alkoholische Kalilösung wirkt auf sie unter Bildung von Bromkalium und einer Flüssigkeit ein, deren Siedepunkt nicht constant ist. — 30 Grm. der Bromverbindung wurden mit 38 Grm. essigsaurem Silber behandelt. Eine energische

Einwirkung erfolgte. Es wurde Aether zugesetzt und das Gemische einige Tage lang in geschlossenem Gefäße im Wasserbad erwärmt. Als die von dem Bromsilber getrennte ätherische Flüssigkeit der fractionirten Destillation unterworfen wurde, liefs sich eine kleine Menge einer zwischen 240 und 245° siedenden Flüssigkeit erhalten, welche die Zusammensetzung des zweifach - essigsauren Octylens, $\left. \begin{matrix} \text{C}_8\text{H}_{16} \\ (\text{C}_2\text{H}_3\text{O})_2 \end{matrix} \right\} \text{O}_2$, besafs und bei Behandlung mit Kali essigsaures Kali gab.

Der von der Bromverbindung des Octylens durch Destillation im leeren Raum abgeschiedene Octylwasserstoff wurde mit Natrium auf 120° erwärmt, dann destillirt. Das Product ging vollständig zwischen 110 und 130° über. Da es noch Octylen enthalten konnte, wurde es mit Brom behandelt, bis es roth gefärbt war, und dann im leeren Raum destillirt. Fast Alles ging unter einem Druck von 20^{mm} Quecksilberhöhe bei 60° über. Das Uebergegangene wurde wiederum mit Natrium behandelt und dann destillirt; das Meiste ging bei 115 bis 118° über. Dieser Theil besafs die Zusammensetzung, das specifische Gewicht, die Dampfdichte und den Siedepunkt des Octylwasserstoffs C_8H_{18} . Specifisches Gewicht bei 0° 0,728. Dampfdichte 4,01; theoretische Dampfdichte 3,947. Schorlemmer hat das specifische Gewicht des Octylwasserstoffs (Caprylwasserstoffs) bei 17° = 0,719 gefunden; der Siedepunkt liegt nach diesem Chemiker zwischen 119 und 120°.

Da ich diesem auf den physikalischen Eigenschaften beruhenden Beweis einen auf das chemische Verhalten gestützten hinzuzufügen wünschte, so behandelte ich diese Verbindung mit Chlor und erhielt ein chlorhaltiges, gegen 167° siedendes Product von der Zusammensetzung $\text{C}_8\text{H}_{17}\text{Cl}$.

Nonylen und Nonylwasserstoff. — Diese Verbindungen sind in dem bei 135 bis 150° siedenden Theil des Gemisches von Kohlenwasserstoffen enthalten. Die Dampfdichte eines bei 140° übergegangenen Productes wurde = 4,54 gefunden; die theoretische Dampfdichte ist = 4,359. Das Nonylen und der Nonylwasserstoff wurden durch Behandlung der Flüssigkeit mit Brom und Destillation im leeren Raum von einander geschieden. Die rückständig bleibende Flüssigkeit gab genau die Zusammensetzung des Bromnonylens $C_9H_{18}Br_2$. Der in angemessener Weise gereinigte Nonylwasserstoff ging zwischen 134 und 137° über; er ergab die Zusammensetzung C_9H_{20} und die Dampfdichte 4,50; die theoretische Dampfdichte ist 4,432.

Diamylwasserstoff. — Brom wurde in kleinen Mengen zu Diamylen gesetzt, das in einer Kältemischung abgekühlt war. Die rothe Flüssigkeit blieb eine Stunde lang in dem Eis stehen; dann wurde sie mit schwacher Kalilösung gewaschen, entwässert, und unter einem Druck von 20^{mm} Quecksilberhöhe destillirt. Es wurde Alles, was unterhalb 80° überging, aufgesammelt. Nachdem die Flüssigkeit so behandelt worden war, wie dies für die Reinigung des Octylwasserstoffs angegeben ist, versicherte ich mich zunächst, daß schon ein Tropfen Brom, oder vielmehr der Dampf desselben, bei dem Zutreten zu dieser Flüssigkeit sie roth färbte, was bewies, daß sie frei von Kohlenwasserstoffen C_nH_{2n} war. Die Flüssigkeit wurde dann der fractionirten Destillation unterworfen. Das Sieden begann bei 140°; ein Drittheil der Flüssigkeit ging bei 140 bis 155° über und die zwei anderen Drittheile bei 155 bis 160°. Die größte Menge der letzteren Portion destillirte zwischen 155 und 157°. Das specifische Gewicht bei 0° wurde = 0,753 gefunden. Die Zusammensetzung entsprach genau der Formel $C_{10}H_{22}$. Die Dampf-

dicke wurde = 5,05 gefunden; die theoretische Dampfdichte ist = 4,916.

Ich muß übrigens bemerken, daß der hier von mir unter der Bezeichnung Diamylwasserstoff beschriebene Körper nahezu denselben Siedepunkt, dieselbe Dampfdichte und nahezu auch dasselbe spezifische Gewicht bei 0° besitzt, wie das Amyl $(C_5H_{11})_2$. Es wirft sich somit die Frage auf, ob der von mir beschriebene Diamylwasserstoff mit dem Amyl identisch oder isomer ist. Die Anwesenheit anderer Wasserstoffverbindungen von Alkoholradicalen liefs mich der Ansicht sein, daß der von mir beschriebene Körper wirklich auch eine solche Wasserstoffverbindung ist. Ich habe übrigens diesen Körper zu einer Chlorverbindung $C_{10}H_{21}Cl$ umgewandelt, welche bei 190 bis 200° siedet.

Aus den hier mitgetheilten Versuchen geht hervor, daß die Einwirkung des Chlorzinks auf Amylalkohol zwei Reihen von Kohlenwasserstoffen entstehen läßt, unter welchen die folgenden erkannt wurden :

Amylen	C_5H_{10}	Amylwasserstoff	C_5H_{12}
Hexylen	C_6H_{12}	Hexylwasserstoff	C_6H_{14}
Heptylen	C_7H_{14}	Heptylwasserstoff	C_7H_{16}
Octylen	C_8H_{16}	Octylwasserstoff	C_8H_{18}
Nonylen	C_9H_{18}	Nonylwasserstoff	C_9H_{20}
Diamylen	$C_{10}H_{20}$	Diamylwasserstoff	$C_{10}H_{22}$

Ich habe Grund zu glauben, daß diese Kohlenwasserstoffe nicht die einzigen sind, und daß die vom Amylen ausgehende Reihe sich ohne Unterbrechung noch vom Diamylen bis zum Triamylen und vielleicht weiter fortsetzt. Ich habe nicht alle diese intermediären Kohlenwasserstoffe isolirt; ich glaubte mich damit begnügen zu können, durch fractionirte Destillation einen einzigen zwischen dem Diamylen und dem Triamylen liegenden abzuscheiden. Ich habe eine erhebliche Menge eines Kohlenwasserstoffs erhalten, der nach mehreren

fractionirten Destillationen bei 178 bis 184° übergang, und dessen Zusammensetzung und Dampfdichte ziemlich gut der Formel $C_{12}H_{24}$ entsprachen.

Wie soll man sich die Bildung aller dieser Kohlenwasserstoffe bei dem in Rede stehenden Vorgang vorstellen? Wie ich schon oben in dieser Abhandlung hervorhob, habe ich mich ernstlich mit der Frage beschäftigt, ob diese Kohlenwasserstoffe nicht von der Einwirkung des Chlorzinks auf höhere Alkohole herrühren möchten, deren Dämpfe durch die Masse des Amylalkoholdampfs mit übergerissen würden. Diese Betrachtung veranlafte mich, den Amylalkohol, bevor ich ihn der Einwirkung des Chlorzinks unterwarf, sorgfältigst zu reinigen. Wenn auch diese neuen Versuche mir abermals eine kleine Menge von Kohlenwasserstoffen ergaben, die zwischen dem Amylen und dem Diamylen stehen, so würde ich doch geschwankt haben, ob die hier besprochene Auslegung der Thatsachen zu verlassen sei, wenn nicht andere Betrachtungen mich eine andere vorziehen ließen.

Die Anwesenheit der Wasserstoffverbindungen von Alkoholradicalen — und namentlich die des Diamylwasserstoffs, dessen Nachweis mir ein Hauptresultat dieser Untersuchungen zu sein scheint — legt in unzweifelhafter Weise dar, daß der in Besprechung stehende Vorgang complicirter ist, als man dieß bisher vermuthete. Diese Wasserstoffverbindungen können nur entstehen dadurch, daß gewisse Amylenmolecule Wasserstoff verlieren, wie ich dieß weiter unten darlegen werde. Dann erscheint es aber auch natürlich anzunehmen, daß bei der energischen Einwirkung des Chlorzinks auf den Amylalkohol gewisse Amylenmolecule gleichsam unterliegen: daß die einen Wasserstoff verlieren, andere sich zu einfacheren Kohlenwasserstoffen spalten, welche als wahre Trümmer sich im Entstehungszustand mit anderen Amylenmoleculen vereinigen. So kann sich ein Amylenmolecul zu

C_4H_8 und C_4H_8 spalten und diese Spaltungsproducte können durch Vereinigung mit zwei anderen Amylenmoleculen die Kohlenwasserstoffe C_6H_{12} und C_8H_{18} entstehen lassen. Man weiß, daß die Bildung solcher complicirter zusammengesetzter Molecule bei energischen Einwirkungen, so z. B. bei der Einwirkung der Wärme auf gewisse Verbindungen, häufig vorkommt. Ich erinnere hier an die Bildung der verschiedenen Kohlenwasserstoffe bei der trockenen Destillation von verhältnißmäßig einfachen Verbindungen (Berthelot). Die energische Einwirkung des Chlorzinks auf den Amylalkohol ist in gewissem Grade vergleichbar den eben erwähnten energischen Einwirkungen.

Außerdem schien es mir schwierig anzunehmen, daß in dem bei 130° siedenden Amylalkohol noch wahrnehmbare Mengen von Octylalkohol und Nonylalkohol enthalten seien. Und die Anwesenheit des Nonylens in dem Gemische von Kohlenwasserstoffen ist von besonderer Bedeutung, denn eigentlich könnte das von mir erhaltene Octylen Dibutyl sein.

Dies sind die Gründe, welche mich die oben angegebene Auslegung vorziehen ließen. Es giebt noch eine dritte, nach welcher anzunehmen wäre, daß die unter den Producten der Einwirkung des Chlorzinks auf den Amylalkohol gefundenen Kohlenwasserstoffe sich durch die Verdichtung von ganzen Amylenmoleculen bilden. Man könnte solche Verdichtungen durch folgende Formeln ausdrücken :

Ich ziehe indessen doch die Auslegung vor, welche eine Spaltung der Amylenmolecule zu einfacheren Kohlenwasser-

stoffen und eine Vereinigung der letzteren mit anderen Amylenmoleculen annimmt. Ich habe allerdings diese einfacheren Kohlenwasserstoffe nicht aufgefunden, aber man kann annehmen, daß diese Spaltungsproducte sich im Entstehungszustand leicht mit Amylen vereinigen. Jedenfalls sieht man, daß die Bildung des Diamylens nur als ein besonderer Fall eines allgemeineren Bestrebens des Amylenmoleculs auftritt, in den Zustand einer gesättigten Verbindung überzugehen, und dieses Bestreben wird noch nicht ganz befriedigt durch die Aufnahme der Molecule $n \text{ CH}_2$, sondern erst durch die Umwandlung der Kohlenwasserstoffe C_nH_{2n} zu Wasserstoff-Verbindungen $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$.

Wie entstehen diese Wasserstoff-Verbindungen? Das ist die zweite Frage, um deren Besprechung es sich handelt. Sie entstehen in Folge einer tiefer gehenden Zersetzung gewisser Amylenmolecule, einer Abgabe von Wasserstoff Seitens derselben. Diese jetzt weniger Wasserstoff enthaltenden Molecule legen sich zusammen und verdichten sich unter Bildung von Kohlenwasserstoffen, die erst bei sehr hohen Temperaturen sieden. Man findet in der That unter den letzten Producten der Destillation des Gemisches von Kohlenwasserstoffen, die bei der Einwirkung von Chlorzink auf Amylalkohol entstehen, ölarartige Körper von dicklicher Consistenz, die weniger Wasserstoff enthalten als der Formel C_nH_{2n} entspricht. Ein solches Product, welches oberhalb des Siedepunktes des Quecksilbers überdestillirte, enthielt 87,0 pC. Kohlenstoff und 13,1 pC. Wasserstoff. Ich füge hinzu, daß die nach der Destillation des Amylalkohols über Chlorzink bleibende Masse im Allgemeinen schwarz ist, und daß es namentlich der Wasserstoff ist, welcher aus dieser schwarzen Masse ausgetreten ist und die Sättigung der Kohlenwasserstoffe, so daß diese als Wasserstoff-Verbindungen C_nH_{n+2} auftreten, vervollständigt.