

## 290. Über Steroide und Sexualhormone.

157. Mitteilung<sup>1)</sup>.

## Über die reduktive Aufspaltung von Steroid-epoxyden mit Lithiumaluminiumhydrid, II. Eine neue Synthese der Cortico-Steroide J und O

von Pl. A. Plattner, H. Heusser und M. Feurer.

(20. X. 48.)

Bei der Oxydation von  $\Delta^{16}$ -3 $\beta$ -Acetoxy-20-keto-5-*allo*-pregnen (Ia) mit Wasserstoffperoxyd in Eisessig erhielten Marker und Mitarbeiter<sup>2)</sup> eine Verbindung der Bruttozusammensetzung  $C_{23}H_{34}O_4$ , für die keine Konstitution angegeben wurde. In einer früheren Mitteilung dieser Reihe<sup>3)</sup> konnten wir zeigen, dass dieselbe Verbindung auch bei der Behandlung des  $\alpha, \beta$ -ungesättigten Ketons Ia mit Benzopersäure entsteht. Wir teilten diesem Oxydationsprodukt von Ia die Formel II eines Oxido-ketons zu. Obwohl im allgemeinen  $\alpha, \beta$ -ungesättigte Ketone von Persäuren nicht angegriffen werden<sup>4)</sup>, verlief in diesem Falle die Reaktion glatt und mit guter Ausbeute.

Über die Konfiguration dieses Oxido-ketons II an den Kohlenstoffatomen 16 und 17 wurden in unserer früheren Mitteilung<sup>5)</sup> keine Angaben gemacht. Die Bildungsweise dieser Substanz<sup>6)</sup> liess jedoch das Vorliegen einer 16 $\alpha, 17\alpha$ -Oxido-Verbindung vermuten, d. h. die Seitenkette wäre bei II in 17 $\beta$ -Stellung angeordnet und der Oxido-Sauerstoff somit in sterisch gleicher Lage wie das 17-ständige Hydroxyl der natürlichen 17-Oxy-Cortico-Steroide.

Nun ist in diesen letzteren das Hydroxyl ausserordentlich reaktionsträge, während an der Ketogruppe C 20 leicht Reaktionen vorgenommen werden können<sup>7)</sup>. Entsprechend konnte im Oxyd II die Keto-Gruppe an C 20 leicht zum Alkohol reduziert werden, und dieser lieferte bei der Oxydation mit Chromtrioxyd das Ausgangsmaterial zurück. Es gelang jedoch auch unter sehr energischen Reaktionsbedingungen nicht, die Oxido-Brücke in II auf katalytischem Wege reduktiv aufzuspalten.

<sup>1)</sup> 156. Mitteilung Helv. **31**, 1885 (1948).

<sup>2)</sup> R. E. Marker, E. M. Jones und E. L. Wittbecker, Am. Soc. **64**, 468 (1942).

<sup>3)</sup> Pl. A. Plattner, L. Ruzicka, H. Heusser und E. Angliker, Helv. **30**, 385 (1947).

<sup>4)</sup> E. Weitz und A. Scheffer, B. **54**, 2327 (1921).

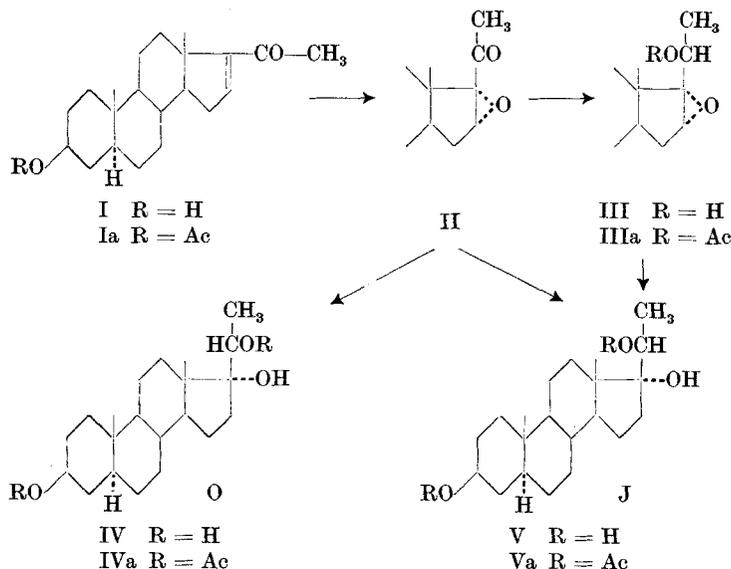
<sup>5)</sup> Pl. A. Plattner, L. Ruzicka, H. Heusser und E. Angliker, Helv. **30**, 385 (1947).

<sup>6)</sup> Über den sterischen Verlauf von Reaktionen am Kohlenstoffatom 17 vgl. L. F. Fieser und M. Fieser, Exper. **4**, 285 (1948).

<sup>7)</sup> Vgl. J. von Euw und T. Reichstein, Helv. **30**, 205 (1947); bei epimerer Lage von Hydroxyl und Seitenkette liegen die Verhältnisse gerade umgekehrt; die 17-Oxy-Gruppe (17 $\beta$ ) ist leicht acetylierbar, während die Carbonyl-Gruppe der Seitenkette gehemmt erscheint.

Einerseits wurde also durch diese Reaktionen die angenommene Konfiguration ( $16\alpha, 17\alpha$ -Oxyd) bestätigt, andererseits konnte, vermutlich gerade wegen dieser sterisch stark gehinderten Anordnung des Oxido-Sauerstoffs, aus II kein  $17\alpha$ - bzw.  $16\alpha$ -Oxy-Steroid bereitet werden.

Nun fanden wir aber vor kurzem<sup>1)</sup>, dass das neue Reduktionsmittel Lithiumaluminiumhydrid in einheitlicher Reaktion auch eine Reihe solcher Steroid-epoxyde reduktiv aufzuspalten vermag, die von katalytisch erregtem Wasserstoff kaum angegriffen werden. Bei der Übertragung dieser neuen Reduktionsmethodik für Epoxyde auf das Oxido-keton II wurde nun ein Gemisch von Substanzen erhalten, aus dem sich ca. 40% Substanz J<sup>2)</sup> ( $3\beta, 17\alpha, 20\beta$ -Trioxy-5-*allo*-pregnan V) in Form des freien Alkohols V und des Diacetats Va, ca. 20% Substanz O<sup>3)</sup> ( $3\beta, 17\alpha, 20\alpha$ -Trioxy-5-*allo*-pregnan IV) in Form des Diacetats IVa und ca. 25% einer weiteren Verbindung (III?) isolieren liessen. Für die letzte dieser drei Substanzen nehmen wir auf Grund der Bruttoformel unter Vorbehalt die Konstitution



eines  $3\beta, 20\beta$ -Dioxy- $16\alpha, 17\alpha$ -oxido-5-*allo*-pregnans (III) an, da diese Verbindung durch eine nochmalige Reduktion mit Lithiumaluminiumhydrid, allerdings nur mit schlechter Ausbeute, in Substanz J um-

<sup>1)</sup> Pl. A. Plattner, H. Heusser und A. B. Kulkarni, *Helv.* **31**, 1885 (1948).

<sup>2)</sup> T. Reichstein, *Helv.* **19**, 1107 (1936).

<sup>3)</sup> M. Steiger und T. Reichstein, *Helv.* **21**, 546 (1938); T. Reichstein und K. Gätzi, *Helv.* **21**, 1497 (1938); M. Sutter, J. C. Meystre und T. Reichstein, *Helv.* **22**, 618 (1939); H. Reich, M. Sutter und T. Reichstein, *Helv.* **23**, 170 (1940).

gewandelt werden kann. Durch die Überführung des Oxido-Ketons II in die Substanzen J und O ist gleichzeitig auch dessen Konfiguration an den Asymmetriezentren 16 und 17 bewiesen.

Somit ist es gelungen, auf einem neuen Weg zu 17 $\alpha$ -Oxy-Steroiden zu gelangen, die in der räumlichen Anordnung des Asymmetriezentrums 17 der Konfiguration der natürlichen 17-Oxy-Cortico-Steroide entsprechen. Der einzige bis heute präparativ gangbare Weg zur Bereitung solcher Verbindungen bestand bekanntlich in der Oxydation von  $\Delta^{17,20}$ -ungesättigten Steroiden mit Osmium-tetroxyd.

Wir danken der *Rockefeller Foundation* in New York und der *CIBA Aktiengesellschaft* in Basel für die Unterstützung dieser Arbeit.

### Experimenteller Teil<sup>1)</sup>.

Hydrierung von 3 $\beta$ -Acetoxy-16 $\alpha$ ,17 $\alpha$ -oxido-20-keto-5-*allo*-pregnan (II) mit Lithiumaluminiumhydrid.

600 mg 3 $\beta$ -Acetoxy-16 $\alpha$ ,17 $\alpha$ -oxido-20-keto-5-*allo*-pregnan (II)<sup>2)</sup> vom Smp. 181° wurden in 30 cm<sup>3</sup> absolutem Benzol gelöst und tropfenweise unter gutem Umrühren zu einer Lösung von 400 mg Lithiumaluminiumhydrid in 60 cm<sup>3</sup> trockenem Äther gegeben. Nach Beendigung der ziemlich heftigen Reaktion wurde die Lösung noch weitere 40 Minuten unter Feuchtigkeitsschluss zum Sieden erhitzt, anschliessend tropfenweise mit Wasser und dann mit 1-n. Schwefelsäure bis zur Trennung in eine klare wässrige und eine ätherische Schicht versetzt. Der Reaktionslösung wurde viel Äther zugefügt, die ätherische Schicht mit Natriumhydrogencarbonat-Lösung und Wasser gewaschen, getrocknet und eingedampft. Der amorphe Rückstand (604 mg) wurde an 30 g Aluminiumoxyd (Aktivität III) adsorbiert. Beinahe das gesamte eingesetzte Material wurde ohne wesentliche Trennung mit Benzol-Äther eluiert.

3 $\beta$ ,17 $\alpha$ ,20 $\beta$ -Trioxy-5-*allo*-pregnan (V) (Substanz J).

Diese Benzol-Äther-Fractionen (550 mg) lieferten aus Methanol-Wasser wenig Krystalle, die bei 180—195° schmolzen. Sie wurden zur Analyse 6-mal aus Methanol-Wasser umkrystallisiert (79 mg) und anschliessend im Hochvakuum 42 Stunden bei 90° getrocknet. Smp. 223—224°<sup>3)</sup>.

$$[\alpha]_D^{21} = -7,9^{\circ} \quad (c = 0,843 \text{ in Feinsprit})$$

3,582 mg Subst. gaben 9,785 mg CO<sub>2</sub> und 3,389 mg H<sub>2</sub>O

C<sub>21</sub>H<sub>36</sub>O<sub>3</sub> Ber. C 74,95 H 10,78% Gef. C 74,55 H 10,61%

Da durch das oben beschriebene Chromatogramm keine Trennung der freien Oxy-Verbindungen (III, IV und V) erzielt werden konnte und die Krystallisation der Hauptfraktionen nur bei 180—195° schmolzen, wurden sämtliche Mutterlaugen vereinigt (471 mg) und in einem Gemisch von 10 cm<sup>3</sup> Pyridin und 15 cm<sup>3</sup> Acetanhydrid in der Kälte in üblicher Weise acetyliert. Die rohen Acetate (493 mg) wurden nun einer zweiten chromatographischen Trennung an 25 g Aluminiumoxyd (Aktivität II—III) unterworfen, wobei eine Trennung in folgende Substanzen erfolgte.

a) 3 $\beta$ ,20 $\beta$ -Diacetoxy-16 $\alpha$ ,17 $\alpha$ -oxido-5-*allo*-pregnan (IIIa ?). Die Petroläther-Benzol (4:1)-Fraktionen (192 mg) schmolzen roh bei 140—148° und gaben im Ge-

<sup>1)</sup> Alle Schmelzpunkte sind korrigiert und im evakuierten Röhrchen bestimmt.

<sup>2)</sup> Vgl. *Pl. A. Plattner, L. Ruzicka, H. Heusser* und *E. Angländer*, *Helv.* **30**, 385 (1947).

<sup>3)</sup> Gemischt mit authentischem Material vom Smp. 222—223° schmolz die Substanz bei 222—223°. Wir danken Hrn. Prof. *Reichstein* für die Überlassung einer Probe Substanz J.

misch mit dem weiter unten beschriebenen Diacetat Va eine deutliche Schmelzpunkts-erniedrigung. Die Substanz wurde viermal bis zum konstanten Schmelzpunkt von 160—161° aus Methanol-Wasser umkrystallisiert und anschliessend zur Analyse im Hochvakuum bei 90° 4 Tage getrocknet.

$$[\alpha]_D^{21} = +52,6^{\circ} \quad (c = 0,679 \text{ in Aceton})$$

3,732 mg Subst. gaben 9,792 mg CO<sub>2</sub> und 3,052 mg H<sub>2</sub>O

C<sub>25</sub>H<sub>38</sub>O<sub>5</sub> Ber. C 71,77 H 9,09% Gef. C 71,60 H 9,15%

b) 3β, 20β-Diacetoxy-17α-oxy-5-allo-pregnan (Va) (Substanz J-diacetat). Die Petroläther-Benzol (1:1)-Fraktionen (147 mg) schmolzen roh bei 148—152°. Zur Analyse wurde eine Probe viermal aus Äthanol-Wasser umkrystallisiert und anschliessend im Hochvakuum bei 160° sublimiert. Smp. 154—154,5°<sup>1)</sup>.

$$[\alpha]_D^{21} = +29,8^{\circ} \quad (c = 0,772 \text{ in Aceton})$$

2,866 mg Subst. gaben 7,485 mg CO<sub>2</sub> und 2,465 mg H<sub>2</sub>O

C<sub>25</sub>H<sub>40</sub>O<sub>5</sub> Ber. C 71,39 H 9,59% Gef. C 71,27 H 9,62%

Substanz J (V). 40 mg Diacetat Va vom Smp. 152° wurden in 3,5 cm<sup>3</sup> Methanol gelöst und mit 55 mg Kaliumhydroxyd 15 Minuten gekocht. Die Reaktionslösung wurde anschliessend in Wasser eingerührt und das ausgeschiedene Triol V durch Extraktion mit Äther aufgearbeitet. Das krystallisierte Rohprodukt (38 mg) schmolz nach mehrmaligem Umkrystallisieren aus Äthanol-Wasser (28 mg) bei 223—224°. Die Mischung mit dem weiter vorne beschriebenen Präparat der Substanz J (V) schmolz genau gleich. Zur Analyse wurde eine Probe im Hochvakuum bei 90° 5 Tage getrocknet.

3,623 mg Subst. gaben 9,916 mg CO<sub>2</sub> und 3,478 mg H<sub>2</sub>O

C<sub>21</sub>H<sub>36</sub>O<sub>3</sub> Ber. C 74,95 H 10,78% Gef. C 74,69 H 10,74%

c) 3β, 20α-Diacetoxy-17α-oxy-5-allo-pregnan (IVa) (Substanz O-diacetat). Die Benzol-Fraktionen lieferten 112 mg eines krystallisierten Produktes vom Smp. 233—236°. Zur Analyse wurde eine Probe fünfmal aus Äthanol-Wasser umkrystallisiert und anschliessend im Hochvakuum 60 Stunden bei 90° getrocknet. Smp. 243—244°<sup>2)</sup>.

$$[\alpha]_D^{21} = -30,9^{\circ} \quad (c = 0,377 \text{ in Aceton})$$

3,641 mg Subst. gaben 9,501 mg CO<sub>2</sub> und 3,150 mg H<sub>2</sub>O

C<sub>25</sub>H<sub>40</sub>O<sub>5</sub> Ber. C 71,39 H 9,59% Gef. C 71,21 H 9,68%

Reduktion von 3β, 20-Diacetoxy-16α, 17α-oxido-5-allo-pregnan (IIIa ?) mit Lithiumaluminiumhydrid.

124 mg des vorne beschriebenen rohen 3β, 20-Diacetoxy-16α, 17α-oxido-5-allo-pregnans (IIIa ?) wurden in 10 cm<sup>3</sup> absolutem Äther gelöst und tropfenweise unter gutem Rühren zu einer Lösung von 230 mg Lithiumaluminiumhydrid gegeben. Nach Beendigung der Reaktion wurde noch 45 Minuten zum Sieden erhitzt und anschliessend wie vorne beschrieben aufgearbeitet. Das amorphe Rohprodukt (103 mg) wurde acetyliert und anschliessend einer chromatographischen Reinigung an 12 g Aluminiumoxyd (Aktivität II—III) unterworfen. Die Petroläther-Benzol (1:1)-Fraktionen eluierten 38 mg Krystalle vom Smp. 141—147°. Nach dem Umkrystallisieren aus Äthanol-Wasser schmolz die Substanz bei 147—149° und gab im Gemisch mit Substanz J-diacetat keine Schmelzpunkts-erniedrigung. Die übrigen Fraktionen konnten nicht zur Krystallisation gebracht werden.

Die Analysen wurden in unserer mikroanalytischen Abteilung von Hrn. W. Manser ausgeführt.

<sup>1)</sup> Im Gemisch mit authentischem Material vom Smp. 152,5—153,5° schmolz die Substanz bei 153—154°. Hrn. Prof. Reichstein danken wir für die Überlassung einer Probe Substanz-J-diacetat.

<sup>2)</sup> Im Gemisch mit Substanz-O-diacetat vom Smp. 243—244° schmolz unser Präparat bei 242—243°. Wir danken Hrn. Prof. Reichstein für eine Probe O-diacetat.

**Zusammenfassung.**

Es wurde ein neuer Weg zur Bereitung von  $17\alpha$ -Oxy-Steroiden beschrieben. Diese entsprechen in der Konfiguration des Asymmetrie-zentrums 17 bekanntlich den 17-Oxy-Cortico-Steroiden. Die natürlichen Substanzen J und O wurden nach dieser Methodik partial-synthetisch hergestellt.

Organisch-chemisches Laboratorium  
der Eidg. Technischen Hochschule, Zürich.

**291. Untersuchung der Lipidsynthese des Schimmelpilzes  
*Phycomyces Blakesleeanus* mit Hilfe der Isotopentechnik<sup>1)</sup>**

von Karl Bernhard und Hans Albrecht.

(20. X. 48.)

Mit Hilfe der Isotopen, besonders des schweren Wasserstoffes, konnte gezeigt werden, dass dem Aufbau der Lipide in pflanzlichen und tierischen Zellen Vorgänge zugrunde liegen, welche kleine Molekeln als Bausteine einschliessen. Hinweise über den Verlauf dieser Synthesen sind bereits vorhanden.

Der Deuterium-Gehalt von in Gegenwart von schwerem Wasser gebildeten Fettsäuren lässt das Ausmass stattfindender Fettsynthesen erkennen und erreicht bei Mäusen und Ratten für die gesättigten Fettsäuren 50—60% desjenigen des Körperwassers<sup>2)</sup>. Um im Gegensatz zu den Verhältnissen bei Tieren von einem völlig fettfreien Milieu, also von vereinfachten Bedingungen auszugehen, haben wir die Fettsynthese beim Schimmelpilz *Phycomyces Blakesleeanus* mit Deuterium als Indicator untersucht und diesen Mikroorganismus, über dessen Fähigkeit zur Lipidbildung wir kürzlich berichteten<sup>3)</sup>, in einer Glucose- und  $D_2O$ -haltigen Nährlösung gezüchtet. Letztere wurde in Mengen von je 50 cm<sup>3</sup> in Erlenmeyerkolben von 300 cm<sup>3</sup> Inhalt verteilt. Nach Sterilisation impften wir mit reifen Sporen. Im ganzen führten wir 5 Züchtungsversuche zu je 40 Kulturen durch. Erfahrungsgemäss kommt das Pilzwachstum unter den gewählten Bedingungen nach etwa 10 Tagen zum Stillstand. Man darf an-

<sup>1)</sup> Vorgetragen auf Einladung der *Long Island Biological Association*, Cold Spring Harbor, New York (Symp. on quant. Biol. XIII. Biological Applications of Tracer Elements. 8.—16. Juni 1948).

<sup>2)</sup> D. Rittenberg und R. Schoenheimer, J. Biol. Chem. **121**, 235 (1937); K. Bernhard und R. Schoenheimer, J. Biol. Chem. **133**, 713 (1940).

<sup>3)</sup> K. Bernhard und H. Albrecht, Helv. **31**, 977 (1948).