

DIPLOMARBEIT

Titel der Diplomarbeit

„Kopuline und ihre Auswirkungen auf den
Testosteronhaushalt bei Sportlern“

Verfasser

Michael Weidlitsch

angestrebter akademischer Grad

Magister der Sportwissenschaften (Mag.rer.nat.)

Wien, im Oktober 2008

Studienkennzahl lt. Studienbuchblatt: A 481 295

Studienrichtung lt. Studienblatt: Sportwissenschaften (Stzw.) AHStG Diplomstudium

Gewählte Fächer statt 2.Studienrichtg. AHStG Diplomstudium

Betreuer: Ass. Prof. Mag. Dr. Harald TSCHAN

**„ICH ERKLÄRE, DASS ICH DIE VORLIEGENDE ARBEIT SELBSTSTÄNDIG VERFASST HABE
UND NUR DIE AUSGEWIESENEN HILFSMITTEL VERWENDET HABE. DIESE ARBEIT
WURDE DAHER WEDER AN EINER ANDEREN STELLE EINGEREICHT NOCH VON
ANDEREN PERSONEN VORGELEGT.“**

WIEN AM:

UNTERSCHRIFT:

1	EINLEITUNG.....	1
2	ENDOKRINOLOGIE	1
3	ANATOMISCHE GRUNDLAGEN DES HORMONSSYSTEMS.....	2
3.1	HYPOTHALAMUS	2
3.2	DIE HYPOPHYSE.....	3
3.3	DIE SCHILDDRÜSE (DE MARÉES, 2002, S. 89)	3
3.4	DIE NEBENNIEREN	3
3.5	DIE BAUCHSPEICHELDRÜSE	4
3.6	DIE KEIMDRÜSEN.....	4
4	DAS ENDOKRINE SYSTEM	5
5	HORMONE.....	8
6	HORMONARTEN UND WIRKUNGSWEISEN DER HORMONE (DE MARÉES, 2002, S. 92) ..	9
6.1	STEROIDHORMONE	9
6.1.1	<i>Kortison</i>	<i>10</i>
6.2	POLYPEPTIDHORMONE UND PROTEOHORMONE	10
6.3	TYROSINDERIVATE.....	11
6.3.1	<i>Adrenalin und Noradrenalin.....</i>	<i>11</i>
7	SCHEMATISCHE DARSTELLUNG DER DREISTUFIGEN HIERARCHIE DES HORMONSYSTEMS	13
8	DAS HYPOTHALAMUS – HYPOPHYSENSYSTEM	14
8.1	DER HYPOTHALAMUS	14
8.2	HYPOPHYSE	15
8.2.1	<i>Die Hormone des Hypophysenvorderlappens</i>	<i>15</i>
8.2.2	<i>Hormon des Hypophysenhinterlappens.....</i>	<i>16</i>
8.3	DIE HORMONE DER PERIPHEREN HORMONDRÜSEN	17
8.3.1	<i>Hormone der Schilddrüse.....</i>	<i>17</i>
8.3.2	<i>Hormone der Nebenschilddrüsen</i>	<i>17</i>
8.3.3	<i>Die Hormone der Nebennierenrinde</i>	<i>17</i>
8.3.4	<i>Die Hormone des Nebennierenmarks.....</i>	<i>18</i>
8.3.5	<i>Hormone des Inselorgans der Bauchspeicheldrüse.....</i>	<i>19</i>
8.3.6	<i>Hormone der Keimdrüsen.....</i>	<i>19</i>
8.3.7	<i>Hormone weiterer Hormonbildungsorte</i>	<i>19</i>
9	TESTOSTERON.....	20
9.1	ZUSAMMENSPIEL ZWISCHEN HYPOTHALAMUS, HYPOPHYSE UND HODEN (KLINKE, SILBERNAGL, 2000, S. 491)	22

9.2	METABOLISIERUNG VON TESTOSTERON.....	23
9.3	WIRKUNG VON TESTOSTERON	23
9.3.1	Androgene Wirkungen:.....	24
9.3.2	Anabole Wirkungen:	24
9.4	SCHWANKUNGEN DES TESTOSTERONSPIEGELS	25
9.5	ÖSTROGEN BEIM MANN	25
9.6	„LEBENS LAUF“ UND TESTOSTERON	27
10	TESTOSTERON UND SPORTLICHE AKTIVITÄT	28
10.1	WIRKUNGEN VON TESTOSTERON IM MENSCHLICHEN KÖRPER	28
10.2	VERÄNDERUNGEN DER TESTOSTERONKONZENTRATION IM SPORT	30
10.2.1	Testosteron und Kraftsport	30
10.2.2	Testosteron und Ausdauersport	32
11	ANABOLE STEROIDE	33
11.1	STEROIDSTRUKTUR UND WIRKUNG SYNTHETISCHER ANDROGENE / ANABOLIKA	36
12	TESTOSTERON UND DOPING	38
12.1.1	Doping und Gesellschaft.....	43
12.1.2	Eigener Standpunkt.....	45
13	CHEMISCHE SINNESORGANE.....	46
13.1	DER GERUCH	46
13.1.1	Die Riechschleimhaut	48
13.1.2	Das Vomeronasalorgan	50
14	PHEROMONE.....	50
14.1	FUNKTIONEN DER PHEROMONE.....	51
14.2	SIGNAL-PHEROMONE	52
14.3	PRIMER- UND RELEASE-PHEROMONE.....	52
14.3.1	Primer-Pheromone:	53
14.3.2	Release-Pheromone	53
14.4	LIPOCALINE.....	53
14.5	DER KÖRPERGERUCH DES MENSCHEN	53
15	KOPULINE	54
16	DIE STUDIE	55
16.1	EINLEITUNG	55
16.1.1	Grundthesen.....	55
16.1.2	Hypothesen	56
16.2	METHODE	57
16.2.1	Stichprobe	57

16.2.2	<i>Interne Validität</i>	57
16.3	EXTERNE VALIDITÄT	58
16.3.1	<i>Beschreibung der Variablen</i>	58
16.4	UNTERSUCHUNGSSINSTRUMENTE	58
16.4.1	<i>Erhebung biographischer Daten</i>	58
16.4.2	<i>Speichelgewinnung mit Salivetten</i>	59
16.4.3	<i>Zentrifugieren</i>	59
16.4.4	<i>Herstellung der Kopuline</i>	59
16.5	UNTERSUCHUNGSDURCHFÜHRUNG	62
16.6	DIE ELISA – TECHNIK	64
16.6.1	<i>Der kompetitive ELISA</i>	64
16.7	DIE AUSWERTUNG	64
16.7.1	ANOVA	65
16.7.2	<i>Grundfragestellung der Untersuchung</i>	65
16.7.3	<i>Weitere Fragestellungen der Untersuchung</i>	66
16.8	DIE UNTERSUCHUNGSERGEBNISSE.....	66
16.8.1	<i>Erste Analyse mit Hilfe der Normalverteilung</i>	67
16.8.2	<i>Deskriptive Statistik der untersuchten Variablen</i>	69
16.8.3	<i>Vergleich der Testergebnisse der einzelnen Gruppen untereinander</i>	71
16.8.4	<i>Vergleich der Testergebnisse der einzelnen Messzeitpunkte der jeweiligen Gruppen</i>	76
17	DISKUSSION	82
17.1	ZUSAMMENFASSUNG DER ERGEBNISSE	85
18	SCHLUSSBEMERKUNG	85
19	EIGENES RESÜMEE	86
20	LITERATURLISTE	87
21	ABBILDUNGSVERZEICHNIS	91
22	TABELLENVERZEICHNIS	93
23	ZUSAMMENFASSUNG	94
24	ABSTRACT	94

1 Einleitung

Testosteron ist eines der wichtigsten männlichen Sexualhormone. Es ist die Basis für verstärkte Knochenbildung, sowie für die Stimulierung der Muskelmasse. Im Sport wird immer wieder versucht, einen positiven Einfluss auf den Testosteronhaushalt zu ermitteln. Um eine hohe Leistungsfähigkeit zu erreichen versucht man, den Testosteronspiegel immer möglichst hoch zu halten. Eine Möglichkeit, den Testosteronspiegel zu erhöhen, könnte vermutlich mit der Inhalation von Kopulinen zusammenhängen.

Kopuline sind ein Begriff, der von Michael, Keverne und Bonsall (1971, S. 964) geprägt wurde und weibliche Sexualgeruchsstoffe benennen. Curtis, Ballantine, Keverne, Bonsall und Michael (1971, S. 396). gelang es, diese Geruchsstoffe 1971 künstlich herzustellen. Im Zuge meiner Diplomarbeit möchte ich nun untersuchen, welche Auswirkungen die Inhalation dieser Kopuline auf den Testosteronspiegel von männlichen Sportstudenten hat.

Zu diesem Zweck wurde mit 16 männlichen Probanden an drei Tagen eine Versuchsreihe durchgeführt. Im Labor können Kopuline durch die Mischung von Essigsäure, Propansäure, Buttersäure, Methylpropansäure und Methylbuttersäure künstlich hergestellt werden. In vorliegender Studie werden diese künstlichen Kopuline auf Operationsmasken geträufelt verwendet. Durch gestaffelte mehrmalige Speichelproben davor und danach sollen Veränderungen des Testosteronspiegels gemessen werden. Die Proben werden im Labor des Wiener Biozentrums ausgewertet.

Die wissenschaftliche Fragestellung, die es zu beantworten gilt lautet: Kommt es durch die Inhalation von Kopulinen zu einem Anstieg des Testosteronspiegels?

Die Testergebnisse wurden durch eine Faktoranalyse (ANOVA) statistisch ausgewertet. Diese Auswertung soll die Veränderungen des Testosterongehalts aufzeigen. Als Hypothese wird angenommen, dass durch die Inhalation der Geruchsstoffe ein deutlicher Anstieg des Testosteronspiegels zu erkennen ist.

2 Endokrinologie

Definition: „Die Endokrinologie ist die Lehre von der Funktion endokriner (ins Blut absondernd) Drüsen und Hormone“ (Hildebrandt, 1994, S. 399).

Das endokrine System bildet neben dem Nervensystem das zweitwichtigste Kommunikationssystem im Körper. Beide sind durch den Hypothalamus eng miteinander verbunden. Das Zusammenspiel zwischen dem Nervensystem und dem endokrinen System wird als neuroendokrine Regulation bezeichnet (de Marées, 2002, S. 87).

Die Regulation erfolgt über die Ausscheidungen der endokrinen Drüsen. Endokrine Drüsen sondern im Gegensatz zu exokrinen Drüsen ihr Sekret direkt in das Gefäßsystem ab, während exokrine Drüsen das Sekret nach außen transportieren (z.B. Schweißdrüsen). Das Sekret selbst beinhaltet unterschiedliche Wirkstoffe, die eine bestimmte physiologische Bedeutung und chemische Zusammensetzung aufweisen. Diese Wirkstoffe wiederum lösen unterschiedliche Körperreaktionen aus. Durch die Beeinflussung der Sekretzusammensetzung (z.B. der Hormone) können Körperfunktionen verändert werden. Ob diese Veränderung auch durch die Inhalation von Kopulinen erzielt werden kann, ist das Untersuchungsthema im zweiten Teil meiner Arbeit.

Um die Vorgänge zu verdeutlichen möchte ich Ihnen einen kurzen Überblick über das endokrine System und Hormone geben.

3 Anatomische Grundlagen des Hormonssystems

3.1 Hypothalamus

„Hypothal“ kommt aus dem Griechischen und bedeutet Lager oder Kammer. Der Hypothalamus ist der untere Teil des Zwischenhirns und stellt das oberste Regelsystem für große Teile des Hormonssystems dar. Aber auch nervale Steuerungen erfolgen an dieser Stelle. Im Hypothalamus befinden sich übergeordnete Zentren des vegetativen Nervensystems, die für die Steuerung der Wärmeregulation, Wach- und Schlafrythmus, Blutdruck- und Atmungsregulation, Nahrungsaufnahme, Fettstoffwechsel, Wasserhaushalt, Sexualfunktion und Schweißsekretion verantwortlich sind (Hildebrandt, 1994, S.693).

Der Hypothalamus ist die Schnittstelle der neuroendokrinen Regulation. Drei komplexe Vorgänge (Klinke, Silbernagl, 2000, S. 447) sind daran beteiligt:

1. neuronale Kontrolle der endokrinen Sekretion
2. Effekte von Hormonen auf spezifische Funktionskreise im Zentralnervensystem

3. Interaktion des endokrinen und des Nervensystems bei der Steuerung komplexer Vorgänge wie der Nahrungsaufnahme und dem Trinkverhalten, aber auch höhere Hirnfunktionen wie Aufmerksamkeit, Lernen, Gedächtnis, Schlaf und Altern.

Im Hypothalamus werden verschiedene endokrin wirksame Hormone gebildet, wie zum Beispiel das antidiuretische Hormon (ADH).

3.2 Die Hypophyse

Die Hypophyse ist die so genannte Hirnanhangdrüse. Ihre Verbindung zum Hypothalamus entsteht über den Hypophysenstiel und stellt eine morphologische und funktionelle Einheit dar. Die Hypophyse (Hildebrandt, 1994, S. 691) ist in:

- den Hypophysenvorderlappen; in ihm wurde die Produktion von sechs Proteohormonen nachgewiesen: Gonadotropine (Follikelstimulierendes Hormon FSH und luteinisierendes Hormon LH), thyreotropes Hormon (TSH), adrenocorticotropes Hormon (ACTH) sowie die Wachstumshormone (somatotropes Hormon STH und Prolaktin).
- den Hypophysenzwischenlappen; als Bildungsort des Melanozytenstimulierenden Hormon (MSH). Er ist fest mit dem
- Hypophysenhinterlappen verbunden. Die beiden im Hypothalamus gebildeten Hormone Oxytocin und Vasopressin werden hier als Polypeptide gespeichert und durch Exozytose freigesetzt.

unterteilt.

3.3 Die Schilddrüse (de Marées, 2002, S. 89)

Die Schilddrüse liegt unterhalb des Kehlkopfes und umschließt die Luftröhre. Das Drüsengewebe besteht aus Bläschen (Follikeln), die von einer Epithelschicht umgeben und mit dem so genannten Kolloid gefüllt sind. Es gibt außerdem vier Nebenschilddrüsen. Die Schilddrüse ist der Hauptproduzent des Hormons: Tyrosin.

3.4 Die Nebennieren

Die Nebennieren liegen auf den obersten Polen der Nieren. Sie produzieren über vierzig verschiedene Steroide (Corticosteroide) beziehungsweise Corticoide.

Exkurs Corticoide (Hildebrandt, 1994, S. 1042):

Corticoide können in drei Gruppen eingeteilt werden. Dies erfolgt unter Berücksichtigung der Hauptwirkungen.

- ❑ Mineralocorticoide (z. B. Aldosteron): wirken auf den Mineralstoffwechsel.
- ❑ Glukocorticoide (z.B. Cortisol): wirken auf den Blutzuckerspiegel.
- ❑ Sexualhormone (z.B. Androgene): dienen der Fortpflanzung und sind unter anderem auch verantwortlich für die Bildung von Testosteron. In der Nebennierenrinde wird jedoch nur ein geringer Anteil des Testosterons erzeugt, die Hauptproduzenten des Testosterons sind die Hoden.

3.5 Die Bauchspeicheldrüse

Die Bauchspeicheldrüse liegt hinter dem Magen in der Höhe des zweiten Lendenwirbels. Sie stellt die wichtigste Drüse im Zusammenhang mit der Verdauung dar. Die Bauchspeicheldrüse ist sowohl ein exokrines als auch ein endokrines Organ. Für die Hormonproduktion sind die so genannten Langerhans – Inseln zuständig.

3.6 Die Keimdrüsen

Als Keimdrüsen besitzt der weibliche Körper die Eierstöcke (Ovarien) und der männliche Körper die Hoden (Testes). Sie sind die Hauptproduzenten der Sexualhormone: vorwiegend Östrogen (weiblich) und vorwiegend Testosteron (männlich).

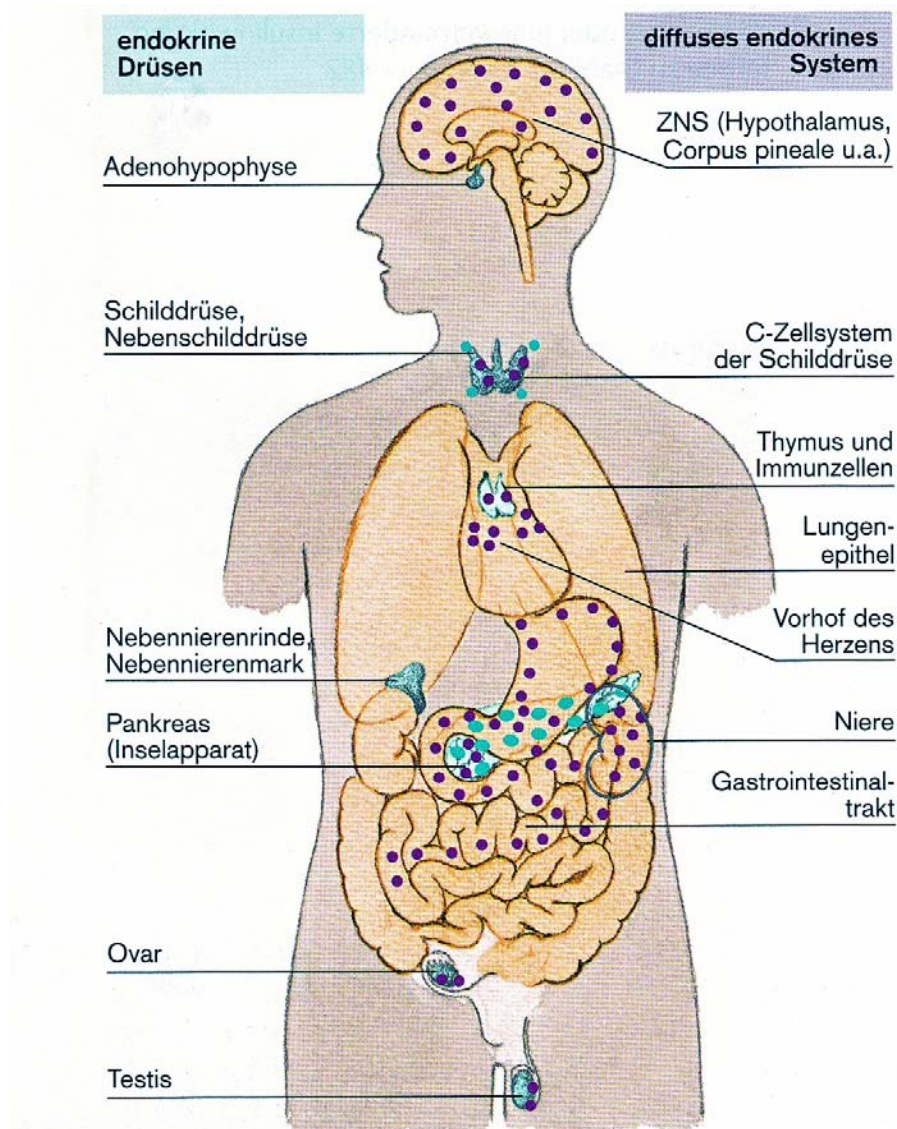


Abbildung 1 Die klassischen endokrinen Drüsen und eine Auswahl von Organen des diffusen endokrinen Systems (Klinke, Silbernagl, 2000, S. 436)

4 Das endokrine System

Die endokrinen Drüsen bilden durch Biosynthese Hormone. Diese werden auch als endokrine Hormone bezeichnet und werden in den Blutkreislauf abgegeben. Man bezeichnet das auch als Sekretion. Durch das Blut werden sie an ihren Bestimmungsort gebracht = Transport. Es gibt mehrere Typen endokriner Produzenten. Sie werden in klassische endokrine Drüsen und in das diffuse endokrine System unterteilt. Die klassischen endokrinen Drüsen sind: Adenohypophyse, Schilddrüse, Nebennierenrinde, Bauchspeicheldrüse und den Sexualhormondrüsen Ovar (weiblich) und Testis (männlich). Sekrete der klassischen endokrinen Drüsen werden als glanduläre (in Drüsen produzierte)

Hormone bezeichnet. Die endokrinen Drüsen sind Organe selbst, während das endokrine System hormonproduzierende Einzelzellen in verschiedenen Organen darstellen. Hier sind vor allem Zellen des Zentralnervensystems, das C – Zellsystem der Schilddrüse, Thymus- und Immunzellen, Lungenepithel, Vorhof des Herzens, die Niere sowie der Gastrointestinaltrakt zu nennen. Der Gastrointestinaltrakt produziert die meisten Körperhormone. Die Hormone des endokrinen Systems werden als aglanduläre (nicht in Drüsen produzierte) Hormone bezeichnet. Das endokrine System besitzt multiple Funktionen. Es steuert langfristige Prozesse, wie die Reproduktion und den Wachstum sowie das Streben nach einem dynamischen Gleichgewicht in lebenswichtigen Systemen. Hierbei reguliert es sich entsprechend der jeweils aktuellen Gegebenheiten, wie zum Beispiel durch Hormonausschüttungen unter Stressbelastung (Klinke, Silbernagl, 2000, S. 436).

Die Wirkstoffe die bei oben genannten Prozessen zum Einsatz kommen, bezeichnet man als endokrine Hormone.

Neben den endokrinen Hormonen geben Meryn, Metka und Kindel (1999, S.62) auch autokrine und parakrine Hormone an. Parakrine Hormone werden nur über kurze Distanzen weitergegeben. Meist sind dies Nervenbahnen oder vorgegebene Gänge, wie zum Beispiel vom Hypothalamus zur Hypophyse. Parakrine Hormone gelangen nicht in den Blutkreislauf und befinden sich evolutionär zwischen den endokrinen und den autokrinen Hormonen. Zu den parakrinen Hormonen gehören Melatonin, Serotonin und Releasing – Hormone).

Während autokrine und parakrine Hormone keine Botenstoffe benötigen, um freigesetzt zu werden - sie werden nur über kurze Strecken aktiviert, können endokrine Hormone nur durch so genannte Bindungsproteine aktiviert werden. Dies ergibt sich durch die längere Distanz, über die endokrine Hormone transportiert werden. Man bezeichnet Hormone, die durch Bindungsproteine aktiviert werden, als freie Hormone. Ist ein Hormon ohne Bindung an ein Protein, bezeichnet man es als inaktiv (Meryn et al., 1999, S. 63).

Die Signalsubstanzen des endokrinen Systems, des zentralen Nervensystems und des autonomen Nervensystems, sowie des Immunsystems bedienen sich dreier unterschiedlicher Prinzipien der Signalübertragung (Klinke, Silbernagl, 2000, S. 438):

- ❑ Im endokrinen System werden die Botschaften über das Blut vermittelt. Die Signalstoffe wirken als:

- „klassische“ Hormone endokriner Drüsen
 - Sekretionsprodukte von diffus verteilten endokrinen Zellen in nicht endokrinen Organen.
 - Neurosekrete des zentralen Nervensystems und des autonomen Nervensystems
 - Cytokine des Immunsystems
- ❑ Signalsubstanzen können auch in anderen Organen und Geweben des Körpers synthetisiert werden und nach ihrer Diffusion zu Nachbarzellen parakrine Effekte ausüben
- ❑ Signalstoffe können autokrin direkt auf die Zelle ihrer eigenen Produktion einwirken.

Im endokrinen System können sich alle Drüsen durch parakrine Signalvermittlung verständigen.

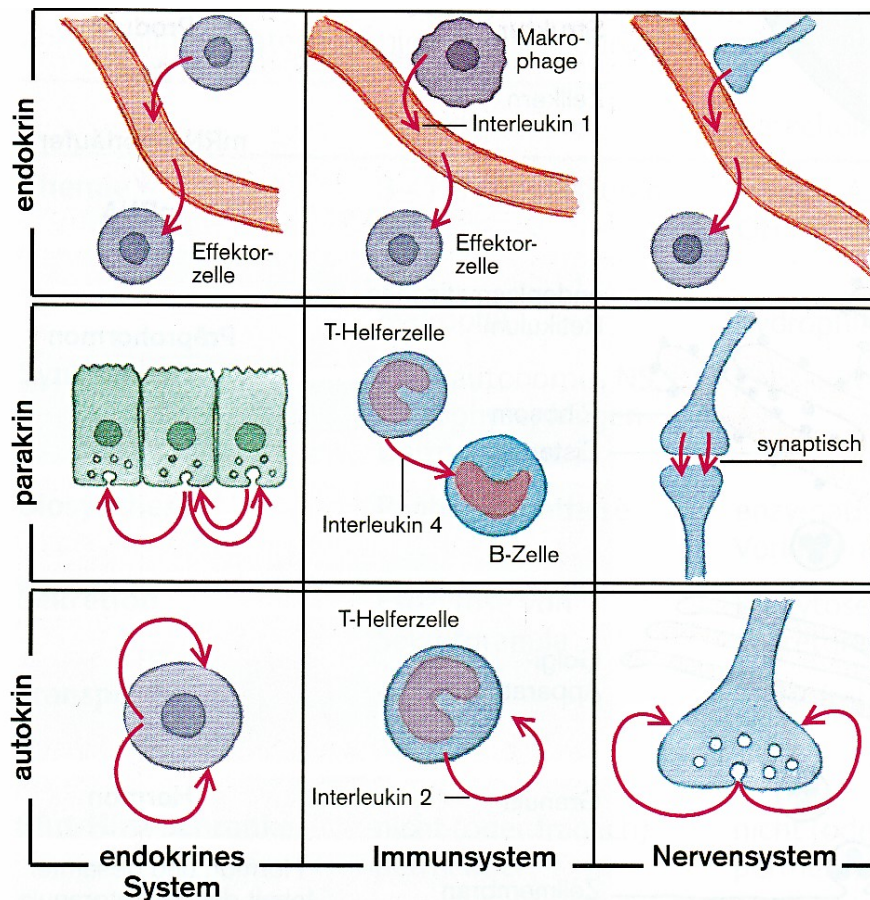


Abbildung2: Formen der chemischen Signalübertragung (Klinke, Silbernagl, 2000, S. 439)

5 Hormone

Das Wort Hormon hat seinen Ursprung im Altgriechischen und bedeutet so viel wie: „antreiben, erregen“. Hormone sind Wirkstoffe, die meist in endokrinen Organen produziert werden, über das Blut ihre Erfolgsorgane erreichen und bereits in sehr geringen Konzentrationen deren Stoffwechsel in charakteristischer Weise beeinflussen. Sie sind Informationsüberträger zwischen den verschiedenen Zellarten (Hildebrandt, 1994, S. 658).

Zusammengefasst sind Hormone chemische Substanzen, deren Aufgabe in der Übermittlung von Informationen zwischen den einzelnen Zellen besteht.

Hormone sind Botenstoffe - biochemische Vermittler, die Organe und ihre Aktivitäten direkt beeinflussen können. Jedes Hormon besitzt bestimmte Informationen, die auf bestimmte Zellen ausgelegt sind, und in einem unglaublichen Tempo, mit hoher Komplexität und Spezifität weitergegeben werden. Die Hormone bilden eine Informationspipeline zwischen den Organen. Durch die Komplexität des menschlichen Körpers sind die einzelnen Organe auf Informationen durch Hormone angewiesen, da das Nervensystem alleine die Informationen nicht mehr effizient genug weiterleiten würden. Im Nervensystem erfolgt die Informationsweitergabe über die miteinander vernetzten Nervenfasern. Die Zellstruktur im menschlichen Körper ist jedoch zu komplex, um alle „Einzelteile“ mit Nervenfasern zu „verkabeln“. Um diese Teile zu versorgen, entstanden die Hormone. (Dass die Hormone nach den Nervenfasern entstanden sind, wurde evolutionär bewiesen.) Die Kommunikation der Hormone erfolgt über die so genannten Rezeptoren. Diese Rezeptoren arbeiten nach einem Schlüssel – Schlosssystem. Sie können nur ein bestimmtes Hormon erkennen. Hat eine Zelle kein Schloss, das für ein bestimmtes Hormon passend wäre, kann das Hormon nicht andocken und seine Informationen nicht weiter geben. Passt der Schlüssel jedoch, kann das Hormon seine Informationen weitergeben und die Zelle bzw. das Organ dazu veranlassen seine Aktivitäten zu verändern, indem es beispielsweise Eiweiß produziert oder Wasser einlagert. Rezeptoren sind durch zwei Eigenschaften charakterisiert: Sie erkennen die dreidimensionale Struktur der aktiven Substanz und binden diese reversibel und nicht konstant (Meryn et al., 1999, S. 58).

Anhand von biochemischen Kriterien können die Hormone unterteilt werden (Hildebrandt, 1994, S. 658).

- ☐ Steroidhormone
- ☐ Polypeptid- oder Proteohormone
- ☐ Tyrosinderivate
- ☐ von ungesättigten Fettsäuren abgeleitete Hormone

6 Hormonarten und Wirkungsweisen der Hormone (nach de Marées, 2002, S. 92)

Im folgenden Kapitel werden die wichtigsten Hormone beschrieben. Sie stellen eine Auswahl der wichtigsten Hormone dar und erfüllen nicht den Anspruch der Vollständigkeit. Die Auswahl bezieht sich vor allem auf ihre Funktion zur Leistungssteigerung im Körper. Nicht eingegliedert in die folgende Auswahl ist das Steroidhormon Testosteron. Es wird in einem eigenen Kapitel wesentlich differenzierter betrachtet, da es ein Basisbestandteil der Studie ist.

6.1 Steroidhormone

Steroidhormone werden aus Cholesterin hergestellt. Sie können nicht gespeichert werden, ihre Produktion wird bei Bedarf erhöht. Zu diesen Hormonen gehören z.B. Kortison und Testosteron (de Marées, 2002, S. 92)

Steroidhormone sind fettlöslich und werden beim Transport im Blut an so genannte Transportproteine gebunden. Steroidhormone durchdringen problemlos die Zellmembran der Zielzelle, indem es sich an ein spezifisches Rezeptorprotein bindet. Dieser Komplex wandert dann in den Zellkern und bindet sich ebenfalls an ein Rezeptorprotein. In mehreren Schritten kommt es dann wieder zu einer Proteinsynthese, die dann die eigentliche Reaktion der Zelle darstellt. Steroidhormone haben durch ihre Anbindung an die Transportproteine eine relativ lange Halbwertszeit. Als Halbwertszeit im Plasma bezeichnet man jene Zeitdauer, nach der 50% eines Hormons aus dem Plasma eliminiert sind. Hormone können nur in freier Form bioaktiv wirken. Daher können die angebundenen Transportproteine auch als Speicherform angesehen werden. Die Steroidhormone werden hauptsächlich in der Leber durch Reduktion und Konjugatbildung mit Sulfaten und Glucuronsäure inaktiviert und zur Ausscheidung durch Niere und Galle vorbereitet. Die Hormonkonzentration im Blut an Steroid- und

Schilddrüsenhormonen betragen zwischen 10^{-6} und 10^{-7} mol / l (Klinke, Silbernagl, 2000, S. 440).

6.1.1 Kortison

Kortison ist ein Hormon dessen Produktion vom Hypophysenhormon Adrenocorticotropes Hormon (ACTH) gesteuert wird. Unter der Einwirkung des ACTH stellen die Nebennierenrinden aus dem in der Nahrung enthaltenen Cholesterin Kortison her. Der vorrangige physiologische Effekt des Kortisons ist der Kohlehydratstoffwechsel. Vor allem eine rasche Bereitstellung von Energie im Falle von Flucht- bzw. Kampfsituationen sind die von Kortison hervorgerufenen Effekte. Außerdem aktiviert das Kortison den Fettmetabolismus, Triglyceride werden gespalten, wodurch sich der Fettsäurespiegel im Blut erhöht. Diese Fettsäuren dienen dann der Sicherung einer langfristigen Energiebereitstellung. Außerdem kommt es unter dem Kortisoneinfluss zu einer Hemmung der Glucoseeinlagerung in die Fettzellen. Unter diesen Aspekten führt eine Kortisonausschüttung zu einem Anstieg des Blutzuckerspiegels. Somit befindet sich der Körper in einer Situation, in der er Höchstleistungen erbringen kann. Ein weiterer Effekt ist, dass es unter Kortisoneinwirkung zu einer verbesserten Adrenalinwirkung kommt (Thomas, 2000, S. 35).

6.2 Polypeptidhormone und Proteohormone

Diese Hormone bestehen aus Aminosäuren, die kettenartig miteinander verbunden sind. Die Zusammensetzung der Aminosäuren kann hier stark variieren. Wachstumshormone und Insulin (de Marées, 2002, S. 92)

Eine Untergruppe sind die Glykoproteinhormone, die zu den Eiweißbausteinen auch geringe Anteile an Kohlehydraten besitzen, wie zum Beispiel Erythropoietin (EPO), Choriongonadotropin (HCG), Corticotropin (ACTH), Somatotropin (HGH) und Somatomedin (IGF) (Thomas, 2000, S. 37).

Polypeptidhormone und Proteohormone sind hydrophil und benötigen daher kein Transportprotein. Sie können die Zellmembran nicht durchdringen, sondern lösen durch das Andocken an spezifischen Rezeptoren der Zellwand, das Ausschütten eines zweiten Botenstoffes (second messenger) im Zellkern und somit die Reaktion der Zelle aus (de Marées, 2002, S. 93)

Polypeptide haben im Allgemeinen eine sehr kurze Halbwertszeit im Blut, da sie sehr schnell durch Peptidasen zerstört werden. Glykoprotein hormone hingegen werden deutlich langsamer metabolisiert. Die Hormonkonzentration für Polypeptid- und Glykoprotein hormone zwischen 10^{-9} und 10^{-12} mol / l (Klinke, Silbernagl, 2000, S. 441).

6.3 Tyrosinderivate

Diese Hormone werden von der Aminosäure Tyrosin abgeleitet. Hier gehören Adrenalin, Noradrenalin und Thyroxin dazu. Thyroxin ist ein Schilddrüsenhormon und lipophil. Es verhält sich somit an der Zelle wie ein Steroidhormon (de Marées, 2002, S. 92).

6.3.1 Adrenalin und Noradrenalin

Adrenalin und Noradrenalin sind Botenstoffe des Sympathikus (regelt Blutdruck und Puls) und werden in der Nebennierenrinde gebildet. Adrenalin und Noradrenalin gelten als Katecholamine. Katecholamine sind Botenstoffe, die auch Funktionen im zentralen Nervensystem übernehmen können. Damit besitzen sie auf der einen Seite eine hormonelle Wirkung, helfen aber auch bei der Übertragung von Nervenimpulsen. Vor allem in Extremsituationen reagiert der menschliche Körper mit einer verstärkten Adrenalinausschüttung (de Marées, 2002, S. 100)

Tabelle 1: Abkürzungen der Hormonnamen und deren Synonyme (Klinke, Silbernagl, 2000, S. 437)

Abkürzung	Bezeichnung	Synonyme
ACTH	adrenocorticotropes Hormon	Corticotropin
ADH	antidiuretisches Hormon	Adiuretin, AVP
ANF	atrialer natriuretischer Faktor	Atriopeptin, ANP
ANP	atriales natriuretisches Peptid	Atriopeptin, ANF
AVP	Arginin-Vasopressin	Adiuretin, ADH
CCK	Cholecystokinin	Pankreozym
CGRP	Calcitonin gene-related peptide	
CLIP	Corticotropin-like intermediate lobe peptide	
CRH	Corticotropin-releasing hormone	Corticoliberin
DA	Dopamin	PIH, Prolactostatin
DHEA	Dehydroepiandrosteron	
DHT	5 α -Dihydrotestosteron	
FSH	follikelstimulierendes Hormon	Follitropin
GH	Growth hormone (Wachstumshormon)	STH, HGH, Somatotropin
GHRH	Growth hormone-releasing hormone	GRH, Somatoliberin
GIP	Glucose-dependent insulin-releasing peptide (früher: Gastric inhibitory peptide)	
GLP 1	Glucagon-like peptide 1	
GnRH	Gonadotropin-releasing hormone	Gonadoliberin, LHRH
GRH	Growth hormone-releasing hormone	Somatoliberin, GHRH
GRP	Gastrin-releasing peptide	Bombesin
HCG	Human chorionic gonadotropin	
HCS	Human chorionic somato(mammo)tropin	HPL
HGH	Human growth hormone	GH, STH, Somatotropin
HPL	Human placental lactogen	HCS
IGF	Insulin-like growth factors	Somatomedin, NSILA
IL 1	Interleukin 1	
LH	luteinisierendes Hormon	Luteotropin
MSH	melanozytenstimulierendes Hormon	Melanotropin
NA	Noradrenalin	Norepinephrin
NPY	Neuropeptid Y (Y = Tyrosin)	
PACAP	Pituitary adenylate cyclase activating polypeptide	
PIH	Prolactin-inhibiting hormone	Prolactostatin
POMC	Proopiomelanocortin	
PRG	Progesteron	
PRL	Prolactin	
PTH	Parathormon	Parathyrin
SIH	Somatotropin-inhibiting hormone	Somatostatin, SRIH
SRIH	Somatotropin-release inhibiting hormone	Somatostatin, SIH
STH	somatotropes Hormon	Somatotropin, GH, HGH, Wachstumshormon
T ₃	Trijodthyronin	
rT ₃	reverse T ₃	
T ₄	Tetraiodthyronin	Thyroxin
TNF	Tumor necrosis factor	
TRH	Thyreotropin-releasing hormone	Thyroliberin
TSH	thyreoideastimulierendes Hormon	Thyreotropin
VIP	Vasoactive intestinal peptide	

7 Schematische Darstellung der dreistufigen Hierarchie des Hormonsystems

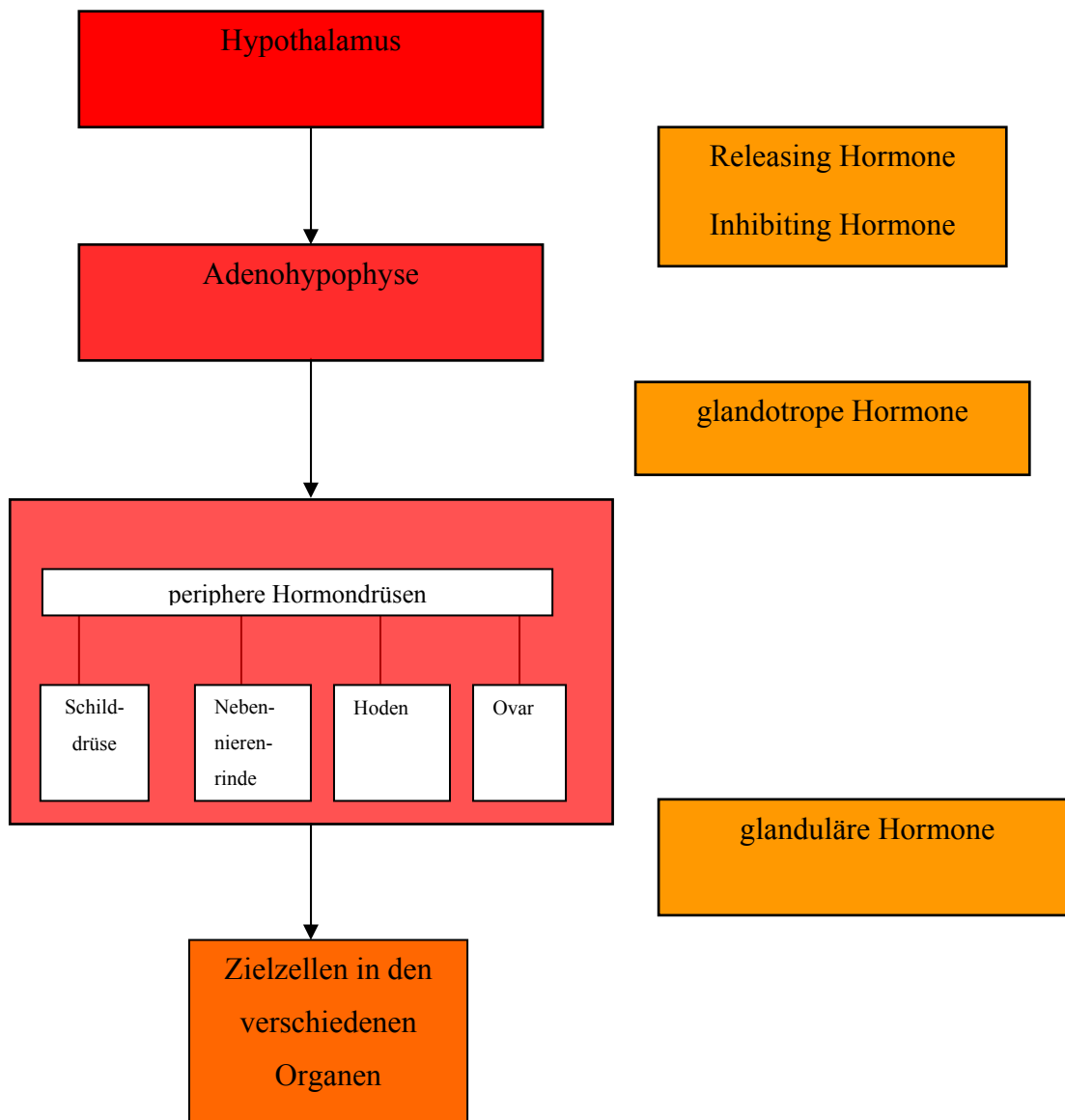


Abbildung 3: Schematische Darstellung der dreistufigen Hierarchie des Hormonsystems. (de Marées, 2002, S. 94)

In diesem schematischen System von de Marées (2002, S. 94) stellt der Hypothalamus die oberste Instanz dar. Dies ist jedoch eine sehr vereinfachte Darstellung. Es müssen nicht

zwingend alle drei Stufen innerhalb eines Systems gegeben sein. Außerdem gibt es hormonelle Vorgänge, die unabhängig vom hypothalamischen – hypophysischen System ablaufen.

Das Schema von de Marées (2002, S. 94) gibt jedoch einen guten Überblick über die funktionelle Unterteilung der Hormone.

- ❑ Die im Hypothalamus gebildeten Hormone steuern Biosynthese und Ausschüttung aller Hormone der Adenohypophyse. Im speziellen seien hier die Releasinghormone, welche die Bildung weiterer Hormone fördern, und die Inhibitinghormone, welche die Bildung der Hormone hemmen, angeführt. Sie werden auch als hypophyseotrope Hormone bezeichnet. Sie wirken auf der ersten und zweiten Ebene.
- ❑ Teile der von der Adenohypophyse produzierten Hormone wirken in der dritten Ebene. Sie werden als glandotrope Hormone bezeichnet. Sie regulieren die Hormonproduktionen in den peripheren endokrinen Drüsen und können auch deren Wachstum beeinflussen. So wirkt zum Beispiel das follikelstimulierende Hormon (FSH) auf die Gonadenfunktion beim Mann, durch Spermiogenese und Testosteronsynthese. Nach ihrer Sekretion erreichen die Hormone auf dem Blutweg ihre Erfolgsorgane.
- ❑ Die peripheren Drüsen stehen in diesem System an unterster Stufe, sie produzieren die so genannten glandulären Hormone. Diese wirken letztendlich an den Zielzellen unterschiedlicher Organe. Wirken sie direkt am Organ, können sie auch als effektorische Hormone bezeichnet werden.

8 Das Hypothalamus – Hypophysensystem

Im Hypophysen – Hypothalamussystem sollen noch einmal die einzelnen endokrinen Organe aber diesmal auf funktionelle Art hinsichtlich ihrer Hormone angesprochen werden.

8.1 Der Hypothalamus

Im Hypothalamus befinden sich unterschiedliche Nervenzellanhäufungen.

De Marées (2002, S. 95) schreibt: „Zum so genannten neuroendokrinen Hypothalamus gehören alle hormonbildenden (neurosektorisches) Zellen des Hypothalamus. Die im mittleren Teil des Hypothalamus gebildeten Releasinghormone (Liberine) sowie Inhibitinghormone (Statine) werden nach atonalem Transport in ein venöses Pfortadersystem ausgeschüttet und gelangen auf diese Weise direkt in das Gefäßnetz des Hypophysenvorderlappens (Adenohypophyse) und zu speziellen Hormon produzierenden Zellen. Dort fördern bzw. hemmen sie die Ausschüttung der Hypophysenvorderlappenhormone.“

8.2 Hypophyse

8.2.1 Die Hormone des Hypophysenvorderlappens

Die Hormone des Hypophysenvorderlappens sind die glandotropen Hormone sowie die Effekthormone (de Marées, 2002, S. 95).

8.2.1.1 Glandotrope Hormone

8.2.1.1.1 Thyreoidea – stimulierendes Hormone (TSH)

Es reguliert die Funktion der Schilddrüse.

8.2.1.1.2 Adrenocorticotropes Hormon (ACTH)

ACTH steuert die Sekretion der Nebennierenrindensteroiden.

8.2.1.1.3 Follikel – stimulierendes Hormon (FSH)

FSH beeinflusst die Gonadenfunktion bei der Frau und beim Mann.

8.2.1.1.4 Luteinisierendes Hormon (LH)

LH es gehört wie das oben genannte FSH zu den Gonadotropinen.

8.2.1.2 Effektorhormone oder nicht glandotrope Hormone

8.2.1.2.1 Somatotropin (STH) und „human growth hormone“(HGH)

Die wichtigsten Funktionen des STH und HGH liegt in der Regulation des Wachstums und der Entwicklung (vor allem jedoch des Längenwachstums). Außerdem beeinflusst es den Protein- und Kohlehydratstoffwechsel. Einige für den Sport interessante Wirkungen (Meryn et al., 1999, S. 103)

- ☐ massiver Körperfettverlust
- ☐ gesteigerte Immunabwehr
- ☐ Muskeltonus- und Muskelstärkezunahme
- ☐ Abnahme der Faltenbildung
- ☐ bessere Gedächtnisfähigkeit
- ☐ höherer Energielevel
- ☐ niedriger Blutdruck
- ☐ schnellere Wundheilung
- ☐ stärkere Knochen
- ☐ höheres HDL – Cholesterin, niedere LDL – Werte
- ☐ erfülltes Sexualleben
- ☐ besserer Schlaf
- ☐ weniger chronische Krankheiten

8.2.1.2.2 Prolaktin (PRL) und laktotropes Hormon (LTH)

Beim Menschen wirkt PRL beim Brustwachstum während der Schwangerschaft und steuert die Milchproduktion in der Brustdrüse während der Stillzeit.

8.2.1.2.3 α - Melanozyten – stimulierendes Hormon(α -MSH) und β - Endorphin

Das sind ebenfalls Hormone des Hypophysenvorderlappens.

8.2.2 Hormon des Hypophysenhinterlappens

Als Hormone des Hypophysenhinterlappens gelten Adiuretin (ADH) und Oxytozin (oxys.)

ADH sorgt für ein Konzentrat des Urins in den Nieren, um einen möglichst geringen Wasserverlust im Körper zu erreichen.

Oxytozin (oxys.) ist ein Schwangerschaftshormon und wichtig bei einer Geburt.

8.3 Die Hormone der peripheren Hormondrüsen

8.3.1 Hormone der Schilddrüse

In der Schilddrüse werden die Tyrosinderivate Thyroxin (T_4) und Trijodthyronin (T_3), sowie das Peptidhormon Kalzitonin gebildet.

Kalzitonin beeinflusst den Kalziumhaushalt.

T_3 und T_4 werden von der Schilddrüse ins Blut abgegeben. In der Zielzelle wird jedoch T_4 in T_3 umgewandelt. T_4 dient als Speicher im Blutplasma, während T_3 das eigentlich wirksame Hormon ist. (de Marées, 2002, S. 97)

Schilddrüsenhormone regeln sämtliche Stoffwechselvorgänge im Körper.

Sie regeln:

- ☐ Körpertemperatur
- ☐ Wachstum und Entwicklung des Körpers
- ☐ Stoffwechsel
- ☐ Gehirnreifung beim Neugeborenen
- ☐ das Verhalten

8.3.2 Hormone der Nebenschilddrüsen

Das in den Nebenschilddrüsen produzierte Parathormon regelt ebenfalls die Kalziumkonzentration im Blut.

8.3.3 Die Hormone der Nebennierenrinde

Die Hormone der Nebennierenrinde sind die so genannten Steroidhormone. Als Grundsubstanz ist hier das Cholesterin zu nennen. Die Nebennierenrindenhormone werden auch als Corticosteroide bezeichnet. Die Ausschüttung der Hormone der Nebennierenrinde erfolgt über die Regelung der hypothalamisch–hypophyse–adrenalen Achse. ACTH wirkt auf die unterschiedlichen Schichten der Nebennierenrinde und regt zur Hormonproduktion an. (de Marées, 2002, S. 98)

8.3.3.1 Äußere Nebennierenrindenschichte:

Hier werden Mineralocorticoide erzeugt, Das bekannteste ist das so genannte Aldosteron. Aldosteron regelt den Elektrolyt- und Flüssigkeitshaushalt. (de Marées, 2002, S. 98)

8.3.3.2 Mittlere Nebennierenrindenschichte

Hier werden die Glukocorticoide gebildet. Unter Einwirkung von ACTH wird aus dem in der Nahrung enthaltenem Cholesterin Cortisol hergestellt. Cortisol bewirkt (Arthur, 2000, S. 35):

- ☐ Steuerung des Kohlehydratstoffwechsels
- ☐ Bereitstellung von Energie in Kampf- oder Fluchtsituationen
- ☐ Bereitstellung von Glucose
- ☐ Aktivierung des Fettmetabolismus
- ☐ eine Cortisolausschüttung führt zu einem starken Anstieg des Blutzuckerspiegels
- ☐ hohe Leistungsbereitschaft des Körpers
- ☐ Cortisol verbessert die Wirkung von Adrenalin
- ☐ entzündungshemmend

8.3.3.3 Innere Nebennierenschichte

Hier werden die Androgene (=männliche Geschlechtshormone) gebildet. Im Vergleich zu den Hoden jedoch relativ unbedeutend mit ca. 5%. (de Marées, 2002, S99)

8.3.4 Die Hormone des Nebennierenmarks

Das Nebennierenmark liegt im Überschneidungsbereich des vegetativen Nervensystems und dem endokrinen System. Die Zellen des Nebennierenmarks werden von sympathischen Nervenfasern des vegetativen Nervensystems versorgt. Ausgangssubstanz ist die Aminosäure Tyrosin. Die Hormone des Nebennierenmarks sind Katecholamine wie zum Beispiel: Dopamin, Adrenalin und Noradrenalin. Im Nebennierenmark wird jedoch nur ein geringer Teil des Dopamins und des Noradrenalins gebildet, der Hauptanteil kommt aus den Endungen der sympathischen Nervenzellen (de Marées, 2002, S 99).

Adrenalin und Noradrenalin werden auf Grund ihrer Funktion auch als Stresshormone bezeichnet. Sie Haben folgende Wirkungen (de Marées, 2002, S. 100):

- ☐ Weitstellung der Bronchien
- ☐ Steigerung der Herzfrequenz und der Konzentrationsfähigkeit
- ☐ Hemmung der Magen - Darm - Tätigkeit
- ☐ Einflüsse auf Reifungsprozesse
- ☐ Förderung des Fettabbaus

8.3.5 Hormone des Inselorgans der Bauchspeicheldrüse

Insulin und Glukagon sind die beiden Haupthormone des Inselorgans. Vor allem der Kohlehydratstoffwechsel soll durch sie kontrolliert werden. Die Produktion ist abhängig von der Glukosekonzentration im Blut, da diese vom Insulin geregelt wird. Das Kontrollsystem der Glukosekonzentration im Blut muss wegen der schnellen und starken Veränderungen besonders gut ausgebildet sein.

Wichtige Wirkungen (de Marées, 2002, S. 100):

- ☐ Speicherung der aufgenommenen Nahrung in Form von Glykogen und Fett
- ☐ Mobilisation des Energiedepots im Bedarfsfall
- ☐ Konstanthaltung des Blutzuckerspiegels
- ☐ Förderung des Wachstums

8.3.6 Hormone der Keimdrüsen

In den Keimdrüsen werden die Sexualhormone gebildet. Bei der Frau die Östrogen und beim Mann die Androgene.

Die wichtigsten Östrogene sind Östron und Östradiol.

Das wichtigste männliche Androgen ist das Testosteron, dem in dieser Arbeit ein eigenes Kapitel gewidmet ist.

8.3.7 Hormone weiterer Hormonbildungsorte

In den letzten Jahren wurden immer wieder weitere Produktionsorte von Hormonen entdeckt (de Marées, 2002, S. 101). Diese werden als aglanduläre Hormone oder als

diffuses endokrines System bezeichnet. So wird zum Beispiel in den Nieren Renin und in der Leber Somatomedine erzeugt. Auch der Magen- Darm – Trakt ist Entstehungsort einiger Hormone.

9 Testosteron

Testosteron ist ein Androgen. Testosteron ist ein Kunstwort, das von „testis“ (Hoden) und Steroid abgeleitet wird. Es wurde von Ernst Laqueur kreiert, der es erstmals aus Stierhoden isolierte (<http://de.wikipedia.org/wiki/Testosteron>).

Testosteron wird mit der chemischen Summenformel: $C_{19}H_{28}O_2$ beschrieben.

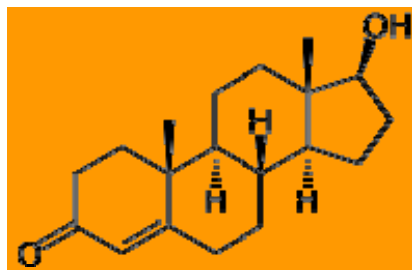


Abbildung4: Strukturformel des Testosterons (<http://de.wikipedia.org/wiki/Testosteron>)

C_{19} beschreibt ein Kohlenwasserstoffgerüst, das 19 Kohlenstoffatome aufweist. Dieses wird auch als Steran bezeichnet.

Testosteron ist das bedeutendste Sexualhormon des Mannes. Es wird hauptsächlich in den männlichen Keimdrüsen der Gonaden gebildet. Nur ca. 5% des Testosterons werden in der inneren Nebennierenschicht produziert. (de Marées, 2002, S. 99). Auch Frauen produzieren Testosteron. Der Unterschied zwischen den beiden Geschlechtern liegt in der Quantität. So produzieren Männer bis fünfzig Mal mehr Testosteron pro Tag. Testosteron gehört biochemisch zu den Steroiden. Steroide werden aus dem körpereigenen Cholesterin gebildet (Meryn et al., 1999, S. 75).

Der Cholesterinkreislauf soll in der folgenden Abbildung verdeutlicht werden.

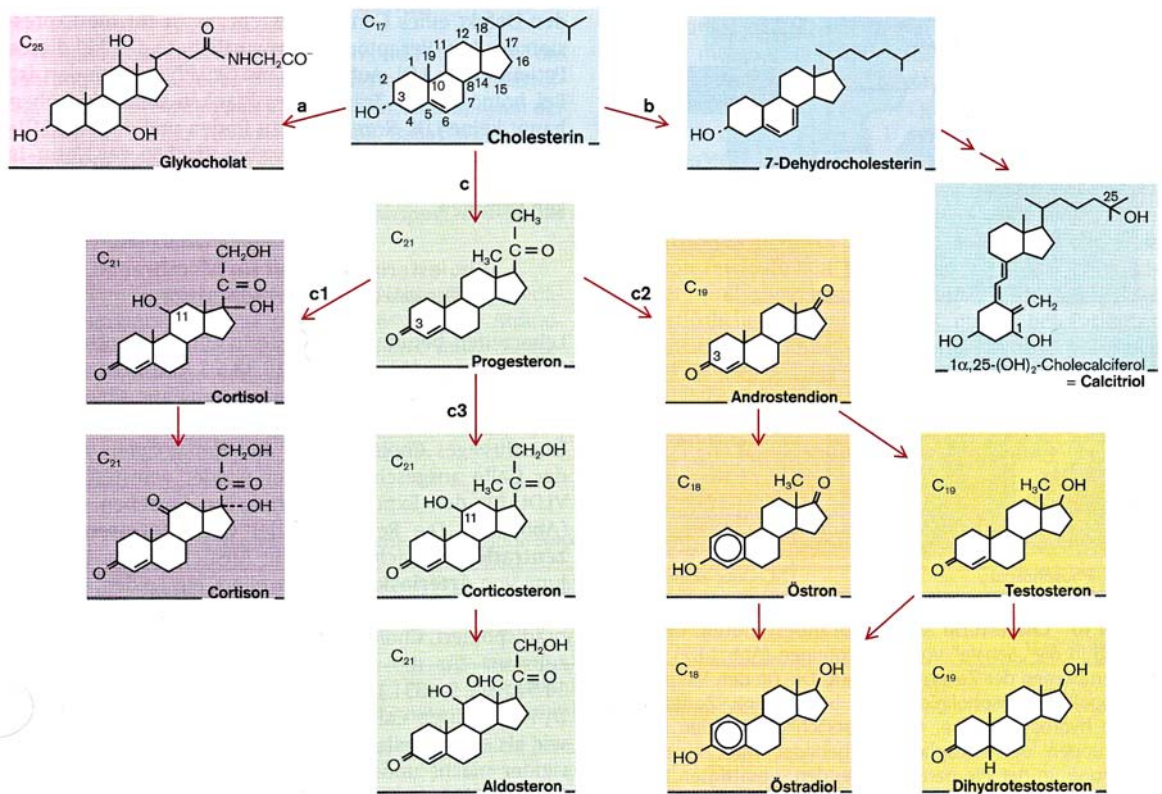


Abbildung5: Hauptstoffwechselwege des Cholesterins (aus Silbernagl, Klinke, 2000, S. 369)

Im Zuge des Cholesterinstoffwechsels kommt es zu einigen wichtigen Produkten:

- ☐ In der Leber werden Gallensalze gebildet.
- ☐ Ebenfalls in der Leber entsteht aus Cholesterin 7-Dehydrocholesterin, das mit Hilfe von UV – Strahlung zu Vitamin D umgewandelt werden kann.
- ☐ Progesteron, das zwar selbst ein weibliches Sexualhormon ist, bildet die Ausgangssubstanz für Gluco- und Mineralocorticoide aber auch für Östrogen und Testosteron.

Der männliche Körper produziert ca. sieben Milligramm Testosteron pro Tag (Meryn et al., 1999, S. 72).

Wie bereits in den vorangestellten Kapiteln erwähnt wurde, ist eine der wichtigsten Steuerzentralen für die Produktion der Hormone das Hypothalamus – Hypophysensystem. So wird auch die Produktion des Testosterons durch Reizverarbeitung im Gehirn gesteuert.

9.1 Zusammenspiel zwischen Hypothalamus, Hypophyse und Hoden (Klinke, Silbernagl, 2000, S. 491)

Die Funktion der Keimdrüsen des Mannes (Hoden) wird durch die hypophysären Gonadotropine FSH und LH reguliert.

Durch äußere Reize wird der Hypothalamus angeregt, Gonadotropin – Releasing Hormone (GnRH) freizusetzen. Diese wiederum veranlassen in der Adenohypophyse die Synthese und Freisetzung von FSH und LH. FSH regt in den Sertolizellen (Stützzellen), die Spermienbildung an und fördert außerdem die Ausstattung der Leydig – Zellen (Hodenzellen) mit LH – Rezeptoren. Das LH selbst ist für die Synthese und Freisetzung des Testosterons verantwortlich. Das Testosteron wiederum beeinflusst die Genese von LH und FSH. Dieser Rückkoppelungseffekt ist für die Regelung des Testosteronspiegels verantwortlich. Testosteron wird an ein Protein gebunden und über das Blut zu vielen Zielorganen transportiert, die Rezeptoren für dieses Hormon haben. Das Transportprotein heißt Sexualhormon-Bindendes Globulin (SHBG).

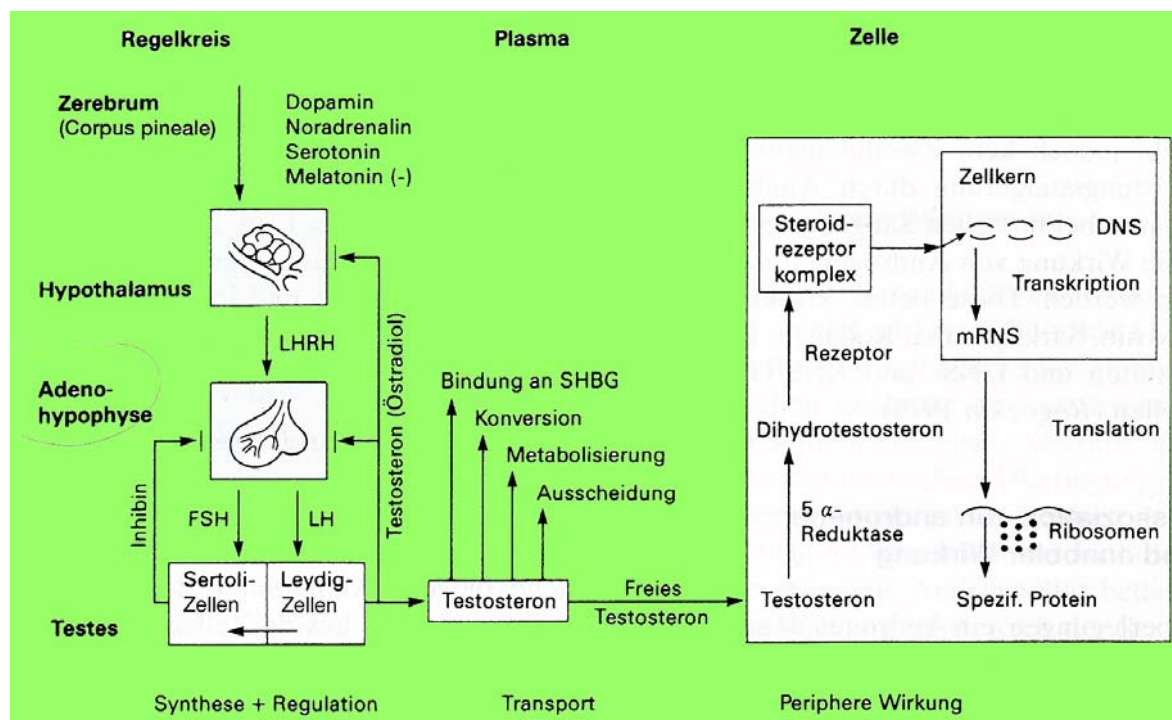


Abbildung6: Regelkreis, Transport und periphere Wirkung von Testosteron im menschlichen Organismus (Clasing, 2004, S. 66)

Nach der Synthese in den Leydigzellen kann das Testosteron unterschiedlich verwendet werden. Es wird durch Metabolismus und Bindung sowie periphere Umwandlung in andere Androgene verarbeitet. Testosteron ist für viele Organe Prohormon und wird erst im Zielorgan zum wirksamen Endhormon synthetisiert (Clasing, 2004, S 66). Durch das Enzym Aromatase kann und soll das Testosteron im Körper wieder abgebaut werden.

Testosteron kommt im Körper als „freies“ und als „gebundenes“ Testosteron vor. Als freies Testosteron gilt jenes Testosteron, das nicht an Proteine gebunden ist und somit frei in der Blutbahn vorkommt. Dies ist jedoch nur ca. 1 – 2% des Testosterons. Nur dieses Testosteron hat endokrine Effekte auf die Zielzellen. Der Rest ist entweder an Albumin oder an das Sexhormon Binding Globulin (SHBG) gebunden (Hoffmann, 1999, S. 17).

Das wichtigste Endhormon des Testosterons ist das Dihydrotestosteron (DHT), das aus Testosteron mittels des Enzyms 5α - Reduktase entsteht. DHT ist das Endhormon für die Geschlechtsdrüsen, die Talgdrüsen der Haut, die Haarfollikel und andere Organe. Dabei diffundiert das freie Testosteron durch die Zellmembran, wird durch die in der äußeren Zellmembran befindlichen 5α - Reduktase in DHT umgewandelt und bildet mit dem im Zellplasma vorhandenen Androgenrezeptor den Hormon – Rezeptor – Komplex. Dieser wandert in den Zellkern und aktiviert dort die Transkription und die nachfolgende Translation, wodurch die Proteinbiosynthese und damit die Bildung neuer Körpereiwieße in Gang gesetzt werden (Hoffmann, 1999, S. 17).

9.2 Metabolisierung von Testosteron

Die Metabolisierung ist eine Umwandlung eines Hormons im Körper, so dass es möglichst bald wieder ausgeschieden werden kann. Metabolisierungsorgan ist die Leber. Sie macht die Androgene wasserlöslich und unwirksam. Danach werden die so genannten Metabolite mit dem Urin ausgeschieden. Die Kapazität der Leber zur Metabolisierung des Testosterons ist fast unbegrenzt (Hildebrandt, 1994, S. 66).

9.3 Wirkung von Testosteron

Testosteron wird eine Vielzahl an Wirkungen zu geschrieben.

Drei Autoren sollen hier zitiert werden:

Testosteron besitzt sowohl androgene (männliche) als auch anabole (aufbauende) Wirkungen auf den Körper (de Marées, 2002, S. 673).

9.3.1 Androgene Wirkungen:

- ☐ Wachstumsstimulierung der männlichen Geschlechtsorgane
- ☐ Spermienreifungs- und Befruchtungsfähigkeit
- ☐ Ausbildungsförderung der sekundären männlichen Geschlechtsmerkmale, wie Bartwuchs, Stimmlage, etc.

9.3.2 Anabole Wirkungen:

- ☐ Förderung der Proteinsynthese der quer gestreiften Muskulatur
- ☐ Mit dem Einsetzen der Pubertät erhöht sich die Konzentration des Testosterons. Dadurch steigt der Muskelquerschnitt des Skelettgewebes an.
- ☐ Steigerung des Leistungs- und Aktivitätsgefühls.

Tabelle 2: Haupteffekte von Androgenen / Anabolika im Organismus (Clasing, D., 2004, S. 66)

Positive Wirkung auf den Proteingehalt genitaler und extragenitaler Organe
Hemmung des gonadalen Regelkreises
Antiöstrogene Wirkung
Gestagene Wirkung
Intrauterine maskulinisierende Wirkung auf weibliche Föten
Virilisierende (vermännlichte) Wirkung auf Frauen
Vorzeitig virilisierende Wirkung auf männliche Jugendliche
Wirkungen auf die Psyche

Meryn et al. (1999, S. 73) beschreiben die Wirkungsweisen des Testosterons als sehr vielschichtig:

- ☐ Wachstum und Ausbildung sekundärer Geschlechtsmerkmale (Körper- und Barthaare, Penis, Prostata, Samenblase und Kehlkopf)
- ☐ Muskelaufbau sowie Fettabbau

- ☐ Sexualtrieb, Aphrodisiakum für Libido und Potenz
- ☐ Fördert das räumliche Denken
- ☐ steigert Aktivitäts- und Leistungsvermögen des Mannes.
- ☐ steigert Aggressivität

9.4 Schwankungen des Testosteronspiegels

Die Testosteronproduktion unterliegt im Leben des Mannes mehreren Schwankungen.

Beim Knaben reicht die GnRH – Produktion für die Stimulation der Hodenfunktion nicht aus. Ursache ist wahrscheinlich die Sensibilität des Hypothalamus gegenüber dem Testosteron. Diese wird in der Pubertät geringer und ermöglicht eine höhere Freisetzung von FSH und LH (Klinke, Silbernagl, 2000, S 491).

Ab dem 50. Lebensjahr nimmt die Testosteronproduktion wieder ab.

In ihrem Artikel: „Hormone plagen auch Männer“ stellt Unterberger (2002) fest, dass auch Männer im Alter, in eine der Menopause ähnliche Phase geraten, dem so genannten „irritable mane syndrom“ (IMS). In dieser Phase sinkt die Testosteronproduktion beim Mann ab.

Stress und andere psychische Faktoren könne die Testosteronproduktion negativ beeinflussen.

Die Testosteronwerte unterliegen auch tageszeitlichen Schwankungen. Nieschlag und Ismail (1970) führten eine Studie zur Bestimmung der tageszeitlichen Schwankungen des Testosterons bei normalen Männern durch kompetitive Proteinbildung durch. Diese Studie zeigte, dass der Testosteronspiegel bei Männern mit normalen Schlafgewohnheiten (22.00 – 6.00) um 4.00 beziehungsweise um 12.00 eine Spitze erreichte und gegen 22.00 einen Minimumwert aufwies. Die genauen Ursachen dieser Schwankungen konnten in der Studie nicht erwiesen werden. Sie konnten jedoch einen negativen Einfluss von Stress und Schlafentzug auf die Testis feststellen.

9.5 Östrogen beim Mann

Neben dem Testosteron produziert der männliche Körper auch Anteile an weiblichen Sexualhormonen. Dieses wird zum Teil in den Hoden, dem Gehirn und im Fettgewebe

gebildet. Zum Teil entsteht Östrogen in Form von Östradiol durch die Aromatase von Testosteron und Androstendion (Meryn et al., 1999, S. 84).

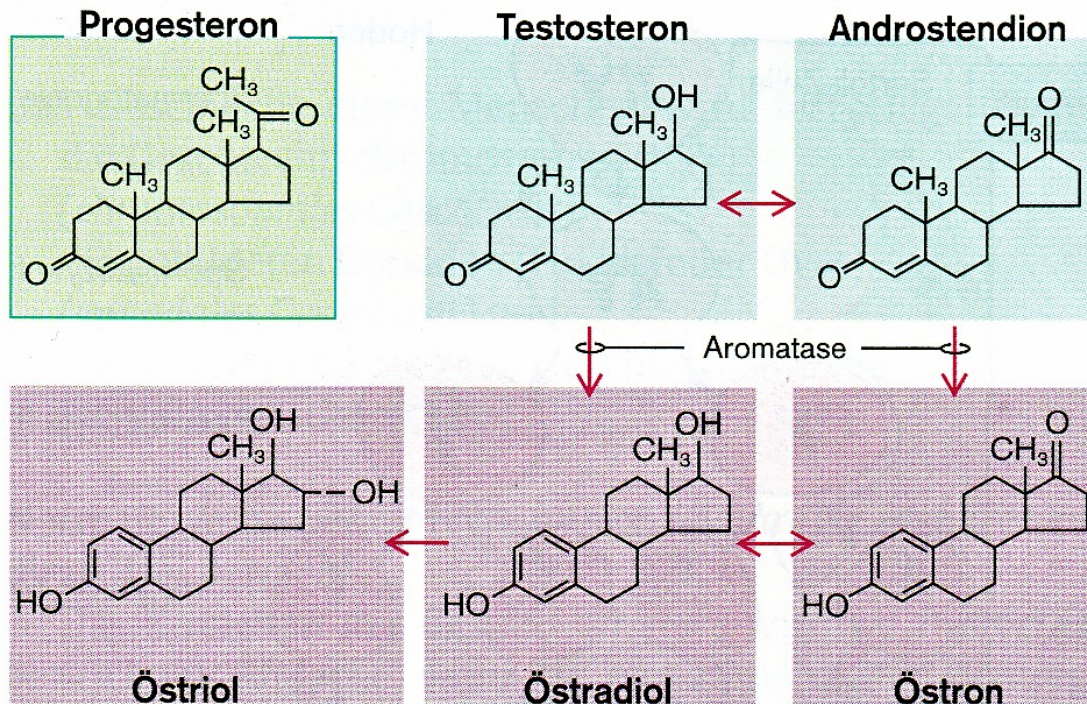


Abbildung7: Strukturformeln der wichtigsten Sexualhormone (Klinke, Silbernagl, 2000, S. 488)

Der Idealwert an Östrogen beim Mann liegt bei 20 – 40 Picogramm pro ml Blut.

Wirkungen von Östrogen (Meryn et al., 1999, S. 83).

- ☐ verantwortlich für die männliche Fruchtbarkeit
- ☐ Beweglichkeit der Spermien (je mehr Östrogen desto beweglicher die Spermien)
- ☐ Risiko von Herz-Kreislauf-erkrankungen nimmt ab
- ☐ Knochenaufbau und Vermeidung von Osteoporose
- ☐ wirkt ausgleichend auf die Psyche
- ☐ Energie, Ausgeglichenheit und Belastbarkeit des Mannes

Je mehr Fett ein Mann besitzt, umso mehr Testosteron wird in Östrogen umgewandelt. Ist die Balance zwischen Östrogen und Testosteron nicht gegeben, kann es zu Schlafstörungen, Aggressivität sowie Schweißausbrüchen kommen (Meryn et al., 1999, S. 84).

9.6 „Lebenslauf“ und Testosteron

Bereits im Mutterleib bildet der männliche Fötus Testosteron. Die Testosteronwerte fallen jedoch durch die Geburt fast zur Gänze wieder ab. Erst 1 – 2 Jahre vor der Pubertät der so genannten Adrenarche beginnen Burschen mit der Zunahme der Androgenproduktion in der Nebennierenrinde. Die volle Funktion der gonadalen Regelkreise wird etwa drei Jahre nach Pubertätsbeginn erreicht. Die Testosteronkonzentration nimmt im Alter nur gering ab. Durch die vermehrte SHBG-Produktion kommt es jedoch zur Reduktion der Testosteroneinwirkung (Clasing, 2004, S. 68).

Tabelle 3: Verschieden Funktionen des Testosterons im Verlauf des männlichen Lebens (Clasing, 2004, S. 69)

Pränatale Funktion von Testosteron mit Hilfe von Dehydrotestosteron und Müller-Gang-inhibierender Faktor (MIF):
Zurückdrängen der Entwicklung des weiblichen Phänotyps
Entwicklung des äußeren männlichen Genitals
Entwicklung der männlichen akzessorischen Geschlechtsdrüsen
sexuelle Differenzierung des Gehirns
Prägung des Sexualverhaltens
Prägung von sexualhormonabhängigen Enzymen
Postnatale – präbiertäre Funktion des Testosteron
während dieser Phase keine Funktion von Testosteron bekannt
Puberale Funktionen von Testosteron (und seinen Endhormonen)
Entwicklung des äußeren Genitals (Penis, Skrotum, Pigmentierung)
Entwicklung der akzessorischen Sexualorgane (Prostata; Samenblase)
Veränderung der Haar- und Hautanhangsorgane (Schweißdrüsen; Pubes-, Körper-, Gesichts-, Achselhaare)
Veränderung der Stimmlage (Kehlkopf, Stimmbänder)
Veränderung am Skelett (Längenwachstum, männliche Proportionen, Epiphysenfugenschluss)
Veränderung der Muskulatur (Muskelmasse, -kraft und -ausdauer)
Veränderung der Psyche (Aggressivität, Libido)

Veränderung des Verhaltens (Sexualverhalten)
Aktivierung sexualhormonabhängiger Enzyme
Induktion und Aufrechterhaltung der Spermiogenese (LH und FSH)
Postpuberale Funktionen von Testosteron (und seinen Endhormonen)
Aufrechterhalten des männlichen Phänotyps
Aufrechterhalten der durch Testosteron bedingten psychischen sowie äußeren und inneren somatischen Veränderungen
Vermeiden des „Rückfalls“ in den „menschlichen Urtyp Frau“
Induktion eines Prostatakarzinoms
Funktionen des Testosterons im hohen Alter
Aufrechterhaltung des männlichen Phänotyps auf (meist) reduziertem Level
Mitursache für eine erhöhte Mortalität (im Vergleich zu Frauen)?
Mitursache typisch männlicher Erkrankungen (Prostatahypertrophie, Prostatakarzinom)

10 Testosteron und sportliche Aktivität

Sportliche Aktivität beeinflusst den Testosteronspiegel. Genauso kann aber Testosteron die sportliche Aktivität beeinflussen. Es gibt immer wieder neue Studien und Untersuchungen die sich mit dem Einfluss des Testosterons auf sportliche Aktivitäten und umgekehrt auseinander setzen, so zum Beispiel Kraemer (1998, S. 153), Bosco, Colli, Bonomi, von Duvillard und Viru, (2000, S. 202), Kraemer, Haekkinen, Newton, Nindell, Volek, McCormick, Gotshalk, Gordon, Fleck, Campbell, Putukian und Evans (1999, S. 982) und Wheeler, Wall, Belcastro und Cumming (1984, S. 514). Diese Studien werden im Kapitel 10.1. genauer beschrieben.

Die Erforschung der hormonellen Einflüsse im Sport ist noch eine relativ junge Wissenschaft. Sie hat durch immer wieder neue Entdeckungen vor allem im Dopingbereich eine aktuelle Brisanz bekommen.

10.1 Wirkungen von Testosteron im menschlichen Körper

Testosteron ist für den Sportler vor allem durch seine anabolen Wirkungen interessant.

Das Testosteron ist für folgende anabole Wirkungen mitverantwortlich.

Celio (2007) belegt in seinem Artikel zum sekundären Knochenumbau, die Wirkung des Testosterons auf Zunahme der Skelettmuskelmasse, sowie deren vermehrte Glycogenspeicherung und die vermehrte Calciumablagerung in den Knochen. Auch der Eiweißabbau kann verringert werden.

Izquierdo, Ibanez, Gonzalez – Badillo, Häkkinen, Ratamess, Kraemer, French, Eslava, Altadill, Asiain und Gorostiaga (2006) konnten in einer Studie nachweisen, dass durch gezieltes Krafttraining eine Erhöhung des Testosteronspiegels erreicht werden kann, der sich positiv auf den Muskelwachstum auswirkt. Trainierende die keine Hormonreaktion aufwiesen, zeigten kaum einen Muskelzuwachs, dafür aber eine erhöhte Muskelausdauer.

Jockenhövel (2005, S. 1647) konnte einen Zusammenhang zwischen dem Testosteronspiegel und der Erhöhung der Hämoglobinkonzentration sowie eine gesteigerte Bildung roter Blutkörperchen feststellen.

Die Kontrolle und Verteilung des Körperfetts sowie ein verminderter Körperfettgehalt können ebenfalls durch Testosteron und Sport beeinflusst werden. Tremblay (2004; zit.n. Byczkowski, 2004) untersuchte in einer Studie mit 22 Männern zwischen 18 und 55 Jahren. Sieben Männer absolvierten ein Hanteltraining im Ausmaß von sieben Stunden pro Woche, acht liefen über 75km pro Woche und der Rest trieb gar keinen Sport. Die Ergebnisse der Studie zeigten, dass der Einfluss der Sportart und der Fitness auf die hormonelle Reaktion durch das Training höher war, als die Höhe der verbrauchten Kalorien.

Hakkinen, Pakarinen, Newton und Kraemer (1998, S. 312) untersuchten den Einfluss von Krafttraining auf den Testosteronspiegel von jungen und von alten Männern. Wie bereits in Kapitel 9.4. bereits beschrieben, unterliegt der Testosteronspiegel während den unterschiedlichen Lebensabschnitten des Mannes, Schwankungen. Hakkinen et al. (1998, S. 312) stellten fest, dass auch die Einflussmöglichkeiten, des Krafttrainings auf einen Anstieg des Testosteronspiegels, im Alter stark zurückgehen.

10.2 Veränderungen der Testosteronkonzentration im Sport

10.2.1 Testosteron und Kraftsport

10.2.1.1 Studie 1

In einer Studie von Kraemer (1988, S. 153) wurden die Reaktionen ausgewählter Hormone auf eine akute Belastung sowie deren wachstumsfördernden Auswirkungen untersucht.

Hormonelle Mechanismen sind sowohl an der kurzfristigen homöostatischen Steuerung als auch an der langfristigen zellulären Adaption beteiligt. Um die Rolle von unterschiedlichen Krafttrainingsformen auf den Hormonhaushalt zu bestimmen, wurde bei den Übungen in dieser Studie die Stärke des Trainingsreizes variiert.

Die meisten Übungen führten zu einem Anstieg der hormonellen Reaktionen und somit auch zu einem Anstieg der Testosteronkonzentration. Die Daten weisen darauf hin, dass einzelne Faktoren, wie die Intensität (% des 1RM), der Anteil der beanspruchten Muskulatur, sowie der Umsatz (Sätze x Wiederholung x Intensität) bestimmenden Größen für hormonelle Veränderungen sind. Nach wie vor ist über einzelne beziehungsweise multiple Einflussfaktoren und deren Auswirkungen auf das Hormonsystem weniger bekannt.

10.2.1.2 Studie 2

Die genaueren unterschiedlichen Auswirkungen des Sportes auf den Testosteronspiegel werden durch die Studie „Kontrolliertes Krafttraining: neuromuskuläre und hormonelle Profile“ (Bosco et al., 2000, S. 202 – 208) verdeutlicht.

Die Studie ging davon aus, dass es einen Zusammenhang zwischen dem Krafttraining von im Training stehenden Athleten und neuromuskulären Reaktionen sowie Veränderungen im endokrinen System gibt. Als Testtraining wurde eine normale Trainingssituation angenommen. Die Testpersonen wurden aus fünf Sportbereichen ausgewählt. Gruppe eins waren männlich Sprinter MS, Gruppe zwei – weibliche Sprinter FS, Gruppe drei – Bodybuilder BB, Gruppe vier – Gewichtheber WLL (hohes Gewicht und niedrige Wiederholungszahl) und Gruppe fünf – Gewichtheber WLH (weniger Gewicht dafür mehr Wiederholungen). Vor und nach dem Training wurde sowohl neuromuskuläre Werte mit Hilfe eines Elektromyogramms (EMG) als auch der Hormonspiegel, Cortison, Testosteron,

Luteinisierendes Hormon, Prolaktin und Wachstumshormone (hGH), an Hand eines Blutbildes gemessen.

Ergebnisse:

- ❑ Bei den männlichen Sprintern konnte ein enger Zusammenhang zwischen dem Testosteronspiegel und der Entwicklung der Fast-twitch-fibers (FT-Fasern = schnell zuckende Muskelfasern) hergestellt werden. Während der Trainingseinheit kompensiert das Testosteron die vorzeitige Ermüdung der FT – Fasern. Dadurch wurde nach der Trainingseinheit ein signifikant verminderter Testosteronspiegel festgestellt.
- ❑ Bei den Sprinterinnen konnte keine signifikante Veränderung des Hormonspiegels festgestellt werden.
- ❑ Bei den Bodybuildern konnte eine Verbindung zwischen dem Trainingsinhalt (nicht zu hohe Intensität), dadurch eine niedrigere EMG-Power, und dem Testosteronspiegel (geringerer Abfall) festgestellt werden. Bei den Bodybuildern konnte jedoch eine signifikante Absenkung des hGH nachgewiesen werden.
- ❑ Bei den Gewichthebern WLH kam es zu einem Anstieg des Testosteronspiegels. Dies wurde auf die relativ höhere Intensität bei gleichem Arbeitsumsatz wie die Bodybuilder zurückgeführt.
- ❑ Bei den Gewichthebern WLL kam es jedoch zu keinem Testosteronspiegelanstieg, da diese im Vergleich zu den WLH zwar mit noch höherer Intensität trainierten, aber den Gesamtumfang an Wiederholungen nicht erreichten.

Die Studie von Bosco et al., (2000, S. 202) zeigt die unterschiedlichen Rollen des Testosterons im Krafttraining (Kniebeugen) in den verschiedenen Trainingsplänen. Sie ist abhängig von Trainingsumfang und Intensität der Übung, sowie den Pausenzeiten. Die Probanden selbst stammen aus Sportarten bei denen Maximal- oder Schnellkraft eine entscheidende Rolle spielen. Ausdauersportler werden in dieser Studie nicht angesprochen.

Nicht nur die Trainingsqualität hat einen Einfluss auf das Testosteron auch der Altersgang übt einen gewissen Einfluss auf endokrine Wirkungen aus.

10.2.1.3 Studie 3

Kraemer et al. (1999, S. 982) untersuchten in einer Studie die Auswirkungen eines intensiven Krafttrainings auf das Muster der hormonellen Reaktionen im Vergleich jüngerer (durchschnittlich 30 Jahre alt) zu älteren Männern (durchschnittlich 62 Jahre alt). Auch die Testosteronwerte wurden im Zuge dieser Studie gemessen. Die Studie ging über zehn Wochen. Während dieser Zeit trainierten die Probanden drei Mal pro Woche (Montag, Mittwoch, Freitag). Der Trainingsinhalt variierte an den Trainingstagen in Intensität und Umfang. Folgende Übungen waren enthalten: Kniebeugen, Beinstrecken, unterer Rückenstrecker, Latissimuszug, Beinbeugen, Wadenheben, Bankdrücken, Rudern sitzend, Armbeugen und Liegestütz. Der Gesamttestosteronspiegel und die Konzentration des freien Testosterons wurden zu Trainingsbeginn sowie nach drei, sechs und zehn Wochen gemessen. Als Resultat kam bei keinen Messungen eine statistisch signifikante Veränderung des Gesamttestosteronspiegels zustande. Anders verhält es sich mit der Konzentration des freien Testosterons. Hier erzielte die Gruppe der jungen Männer nach zehnwöchigem Training einen signifikanten Anstieg der freien Testosteronkonzentration. Bei den älteren Männern konnte keine signifikante Veränderung gemessen werden. Vergleicht man die Ergebnisse von jung und alt, sie ergeben sich im Gesamttestosteronspiegel nach der 3. und 6. Woche ein statistisch signifikanter Unterschied zwischen jung (höher) und alt. Das freie Testosteron wies zusätzlich auch noch in der zehnten Woche einen statistisch signifikanten Unterschied auf.

Die Studie zeigt sehr gut den positiven Einfluss des Krafttrainings auf die Testosteronkonzentration bei jüngeren Männern, sowie das Nachlassen der Steigerungsmöglichkeiten durch Krafttraining im Alter.

10.2.2 Testosteron und Ausdauersport

10.2.2.1 Studie 4

Die oben angeführte Studie lässt vermuten, dass sich die Testosteronkonzentration bei Ausdauersportlern anders verhält als bei Kraftsportlern.

Wheeler et al. (1984, S. 514) führten eine Untersuchung mit 31 Männern, die im Schnitt ca. 64 km pro Woche laufen, durch. Den Testpersonen wurde nach einer Trainingspause von mindestens 24 Stunden Blut entnommen. Bereits zu diesem Zeitpunkt hatten die Läufer eine signifikant geringere Konzentration Testosteron im Blut als die nichtsportliche

Vergleichsgruppe. Zusätzlich wies auch das Prolaktin eine verminderte Konzentration auf. Der Wert der Ausdauersportler liegt aber noch im unteren Normbereich. Eine detailliert erforschte Studie, warum sich das Testosteron im Ausdauersport reduziert, gibt es nicht. Wheeler et al. (1984, S. 516) vermuten jedoch, dass Ausdauersport einen chronischen Effekt auf die hypophysäre – gonaden Funktion bei Männern haben kann. Sie schlossen jedoch aus, dass der verminderte Testosteronspiegel auf eine veränderte Gonatropinausschüttung (LH, FSH) zurück zu führen sei.

Thomas (2000, S. 40) meint: „Es gilt als wissenschaftlich erwiesen, dass jede Trainingseinheit, die länger als sechzig Minuten dauert, zu einem Abfall der Testosteronkonzentration im Blut führt.“

Körperliche Belastung hat laut Kern (2002) eine direkte Veränderung des Testosteronspiegels zur Folge. Submaximale Belastungsintensitäten mit allgemein aerober dynamischer Belastung bis etwa 45 Minuten bewirken eine Erhöhung des Testosteronspiegels um 7 – 21%, wohingegen bei aerober Langzeitausdauer eine Verminderung der Testosteronkonzentration um bis zu 30% beschrieben wird.

Eine intensive aber auch eine lang andauernde körperliche Belastung hat auf den Körper eine starke Stresseinwirkung und führt zu einer Veränderung der Homöostase (de Marées, 2004, S. 105).

Um diesen Reaktionen entgegen zu wirken, wurden künstlich hergestellt Hormonkomplexe, die so genannten anabolen Steroide, entwickelt.

Mittlerweile machen auch Massenmedien auf die Wechselbeziehung zwischen Sports auf Testosteron aufmerksam. So ein Artikel in der Krone (Rohrer, 2008, S.11) am 11. Oktober 2008 der dazu rät 45 Minuten Ausdauersport zu betreiben, um den Testosteronwert zu erhöhen.

11 Anabole Steroide

Man versuchte im Laufe der Zeit, die androgenen Wirkungen wie Peniswachstum, vermehrte Körperbehaarung etc., bei diesen Mitteln zu reduzieren. Allerdings führte eine Reduktion der androgenen Wirkung auch zu einer Verminderung der anabolen Wirkung. Die androgenen Wirkungen können jedoch zu starken Nebenwirkungen führen, z.B. Leberschäden. Im deutschen Sprachgebrauch hat sich für diese Gruppe der Begriff

„Anabolika“ etabliert. Das österreichische Antidopingkomitee (ÖADC) führt Anabolika, anabole Agenten, an erster Stelle der verbotenen Substanzen an. „Unter anabole Agenten versteht man im allgemeinen Testosteron und seine Abkömmlinge. Bei diesen handelt es sich um chemische Verbindungen, die von der Molekülstruktur dem männlichen Testosteron ähnlich sind.“ (Arthur, 2000, S. 14).

Auch in der „Prohibited – List“ des „World Anti – Doping Code“ 2008 stehen die anabolen Stoffe an erster Stelle (ÖADC, 2008, S. 16).

Testosteron

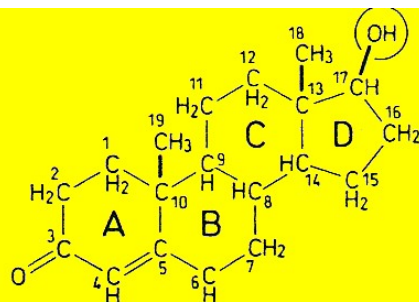
(Androst-4-en-17 β -ol-3-on)

R1: Testoviron

Testosteronpropionat
«Eifelfango»

R2: Testoviron-Depot-250 mg

R3: Andriol



(R: stets an C-17)

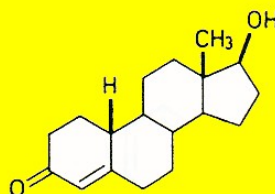
R1: -propionat
R2: -enanthat
R3: -undecanoat

Nortestosteron (Nandrolon)

(Estr-4-en-17 β -ol-3-on)

R1: Anadur

R2: Deca-Durabolin

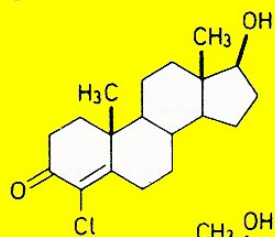


R1: -propionat
R2: -decanoat

Chlortestosteron (Clostebol)

(Androst-4-en-4-chlor-17 β -ol-3-on)

R: Steranabol

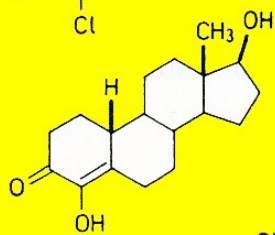


R: -acetat

Oxabolon

(Estr-4-en-4,17 β -diol-3-on)

R: Steranabol-Depot

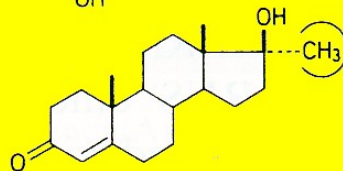


R: -cipionat

Methyltestosteron

(Androst-4-en-17 α -methyl-17 β -ol-3-on)

R: nicht mehr auf dem deutschen Markt



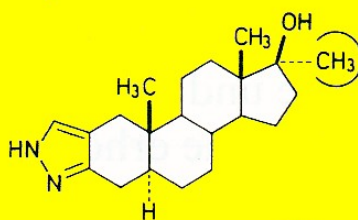
R: -methyl

Stanozolol

(5 α -Androstano-(3,2-c)-pyrazol-17 α -methyl-17 β -ol)

Stromba

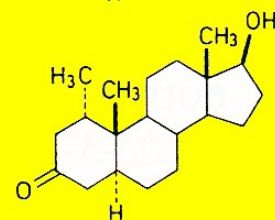
Strombaject



Mesterolol

(5 α -Androstan-1 α -methyl-17 β -ol-3-on)

Proviron



Metenolon

(5 α -Androstan-1-en-1-methyl-17 β -ol-3-on)

Primobolan

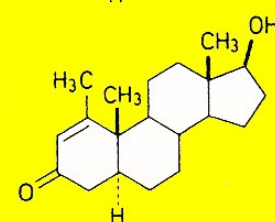


Abbildung8: Molekularstruktur von Testosteron und einigen synthetischen Androgenen / Anabolika. Neben der chemischen Bezeichnung sind die Freinamen und der Handelsname einiger Hersteller aufgeführt. Es handelt sich um die in Deutschland zurzeit am häufigsten verwendeten Androgen / Anabolika (Clasing, 2004, S. 68).

Anabole Steroide entfalten ihre Wirkung genauso wie das Testosteron über Androgenrezeptoren.

Der Beginn der Anabolikaeinnahme im Sport liegt Anfang der Fünfzigerjahre. 1954 erscheinen erste Berichte über Anabolika durch russische Sportler (Clasing, 2004, S.19). Der amerikanische Olympiasieger im Hammerwerfen H. Connolly und die damalige Olympiasiegerin im Diskuswerfen Olga Fikotova galten als die ersten Sportler, die Anabolika einsetzten. Die Wirkstoffe kamen unter dem Namen Dianabol in den 60ern nach Europa und verbreiteten sich rasch in den Sportlerkreisen. Die Steigerung der sportlichen Leistung, schnellere Regeneration sowie eine erhöhte Trainingsmotivation steigerten den Steroidgebrauch (Clasing, 2004, S. 19).

Erst bei den olympischen Spielen 1976 war der Nachweis anaboler Stoffe durch das Antidopingkomitee das erste Mal möglich. Regelmäßige Kontrollen außerhalb der Wettkämpfe etablierten sich jedoch erst 1989 (Clasing, 2004, S. 20).

Seit 1983 ist Testosteron durch das Internationale Olympische Komitee (IOC) als Doping gekennzeichnet.

11.1 Steroidstruktur und Wirkung synthetischer Androgene / Anabolika

Clasing (2004, S. 70) beschreibt die Ziele und Wünsche, die die Einnahme von Androgene / Anabolika bewirken sollen:

- ☐ Hohe anabole Wirksamkeit: Anabolika leiten sich vom Testosteron oder Nortestosteron ab. Die Veränderung der Molekülstruktur zu Gunsten der anabolen und auf Kosten der androgenen Wirkung führt im Vergleich zum Testosteron zu Wirkungsverlusten. Der Nachteil ist, dass daher große Mengen des Präparates eingenommen werden müssen.
- ☐ Dissoziation zwischen androgener und anaboler Wirkung: Ziel wäre eine Anabolikum ohne androgene Wirkungen (dies ist wie bereits erwähnt nicht gelungen).

- ❑ Oral applizierbare Anabolika: Durch die hohe Metabolisierungskapazität der Leber wird bereits dort das gesamte Testosteron metabolisiert. Erst durch die Applikation einer Alkylgruppe an das C₁₇-Testosteron, wird das Steroid so verändert, dass es von der Leber nicht mehr, von den Zielorganen jedoch schon als Androgen erkannt wird. Was bei den weiblichen Östrogenen zu einer positiven medizinischen Wirkung – der Pille führte, führt jedoch bei der oralen Gabe von Androgenen / Anabolika zu starken Nebenwirkungen.
- ❑ Keine Aromatisierung in Östrogene: Die meisten synthetischen Androgene / Anabolika können auch wie das körpereigene Testosteron zu Östrogenen aromatisiert werden. Dies führt zu einer Verweiblichung des Mannes, die nicht erwünscht wird.
- ❑ Keine gestagene Wirkung von Androgenen / Anabolika stellt heute kein Problem mehr dar.
- ❑ Keine gefährlichen Nebenwirkungen synthetischer Androgene / Anabolika.
- ❑ Keine Nachweisbarkeit in Urin, Blut, Fleisch beim illegalen Gebrauch von Anabolika.

Androgene und Anabolika wurden zu medizinischen Zwecken entwickelt. Testosteron ist zwar nicht lebenswichtig, doch führt eine Unterversorgung beim Mann zu einigen Problemen (Clasing, 2004, S.72).:

- ❑ Präpuberale Probleme:
 - eunochoider Hochwuchs
 - Ausbleiben des Stimmbruchs
 - femininer Behaarungstyp
 - Anämie
 - Blässe
 - unterentwickelte Muskulatur
 - infantile Genitale
 - psychische Labilität
- ❑ postpuberale Probleme:

- Osteoporose
- nachlassende Körperbehaarung
- Anämie
- Muskelatrophie
- Verlust von Libido, Potenz und Fertilität

12 Testosteron und Doping

Doping bezeichnet generell die Einnahme oder Zuführung von unerlaubten Substanzen zur Leistungssteigerung im Sport.

1963 definierte der Europarat Doping als „die Verabreichung oder den Gebrauch körperfremder Substanzen in jeder Form und physiologischer Substanzen in abnormaler Form oder auf abnormalem Weg an gesunde Personen mit dem einzigen Ziel, der künstlichen und unfairen Steigerung der Leistung für den Wettkampf.“ (Österreichisches Antidoping-Comité, 2008, S. 6).

Diese Definitionen sind relativ ungenau. Genauere Angaben sind in den Listen des IOC sowie des ÖADC erhältlich.

Diese Listen sind unterteilt in:

- Anabole Agenten
- Stimulantien
- Peptid- und Glykoproteinhormone
- Narkotika
- Diuretika
- Corticosteroide

Der Einsatz von anabolen Agenten im Sport wurde von Sportlern und Sportmedizinern wie folgt begründet (Clasing, 2004, S. 74).

- Leistungssteigerung für alle
- Relative Substitution bei Sportlern, die angeblich zu wenig Androgene produzieren (z.B. weiße Sportler gegenüber Farbigen,...)

- Substitution nach harten Trainingseinheiten um den körpereigenen Testosteronabfall zu ergänzen
- Herstellung von Chancengleichheit zu Sportlern, die Anabolika benutzen
- „Physiologische“ Substitution, da der Organismus eines Hochleistungssportlers für diese Anforderungen von Natur aus zu wenig Testosteron produziert.

Vor allem bei Frauen zeigt sich durch die Substitution mit Anabolika ein deutlicher Unterschied. (Clasing, 2004, S. 74)

- Zunahme der Skelettmuskulatur
- Zunahme des Körpergewichts
- Zunahme von Hämoglobin und Erythrozyten (rote Blutkörperchen)
- Reduktion des Körperfetts
- vermehrte Kalziumaufnahme
- positive Stickstoffbilanz

Doping ist nicht nur durch seine moralischen Begründungen umstritten, sondern auch wegen der möglichen körperlichen Schädigungen durch die Einnahme dieser verbotenen Substanzen. So hat auch die Substitution mit Androgenen / Anabolika Nebenwirkungen. Diese lassen sich in die Wirkung als toxische Substanz und die unerwünschten Wirkungen als Hormon unterteilen.

Tabelle 4: Nebenwirkungen der Androgene / Anabolika als toxische Substanz. Sie umfassen ausschließlich Wirkungen auf die Leber (Clasing, 2004, S. 76).

Intrahepatische Cholestase
Erhöhte Inzidenz von Gallensteinen
Vaskuläre Veränderungen der Leber wie Peliosis hepatis: ○ Dilatation der Sinusoide ○ veränderte „thick-walled“ Arterien ○ Endophlebitis der Lebervenen
Proliferative Veränderungen der Leber ○ Peliosis hepatis

- Fokal-noduläre Hyperplasie
- Leberadenome
- Leberzellkarzinome

Tabelle 5: Unerwünschte Hormonwirkungen von Androgenen / Anabolika (Clasing, 2004, S. 78)

Unerwünschte Hormonwirkungen bei Männern	Suppression des gonadalen Regelkreises mit:
	○ Abfall von LH und FSH ○ Abfall der Testosteroneigenproduktion ○ Störung der Spermiogenese ○ Folge: Hodenatrophie, Impotentia generandi
	Feminisierung: Gynäkomastie
	Induktion von hormonsensiblen Tumoren: Prostatakarzinom
	Veränderung der Blutfettwerte: Abfall von HDL-Cholesterin
	Psychische Veränderungen, Abhängigkeit (?)
	Störungen des Wasser- und Elektrolythaushaltes: gelegentlich Ödeme
	vermehrte Akne
Unerwünschte Hormonwirkungen bei Frauen	Suppression des gonadalen Regelkreises mit:
	○ Abfall von LH und FSH (Gonadotropine) ○ Folge: sekundäre Amenorrhö
	Vermännlichung
	Psychische Veränderungen
	Bei Schwangerschaft: Heterosexuelle somatische Fehlentwicklung weiblicher Föten (Pseudohermaphroditismus, Feminismus)

Unerwünschte Hormonwirkungen bei männlichen Jugendlichen	Vorzeitige Vermännlichung mit: ☐ Virilisierung ☐ Hodenatrophie ☐ Folge: Pseudopubertas praecox
	Beschleunigte Skelettreifung mit: ☐ Wachstumsschub ☐ Epiphysenfugenschluss ☐ Folge: Kleinwuchs
	Feminisierung
	Psychische Veränderung
Unerwünschte Hormonwirkungen bei weiblichen Jugendlichen	Die Veränderungen sind vergleichbar mit denjenigen, die man beim adrogenitalen Syndrom von weiblichen Kindern und Jugendlichen sieht. (Schlaghecke, Kley)
Sonstige unerwünschte Hormonwirkungen	Glatzenbildung
	Vermehrte Talgbildung
	Arterielle Hypertonie (?), Veränderungen des kardiovaskulären System
	Appetitzunahme
	Erhöhte Anfälligkeit für Krankheiten nach Absetzen (?)

Wenn man die Nachteile und Nebenwirkungen des Dopings betrachtet, stellt sich unweigerlich die Frage: „Warum tut sich jemand so etwas an?“.

Clasing (2004, S. 90) schreibt: „Die Anabolikaeinnahme bei Kraftsportlern führte bei hochtrainierten Kraftsportlern zur deutlichen Zunahme von Muskelkraft und Muskelumfang, sowie zur sportlichen Leistungsverbesserung“.

Allerdings lässt sich die Kraftverbesserung durch Anabolika nur unter folgenden Bedingungen erreichen:

- ☐ Probanden müssen hoch trainierte Kraftsportler sein

- ☐ ein intensives Trainingsprogramm muss weitergeführt werden
- ☐ Eiweißreiche Kost ist Grundvoraussetzung
- ☐ Maximalkraftmessungen (1RPM) sollen die Leistungssteigerung messbar machen

Das American College of Sports Medicine (Clasing, 2004, S. 91) stellte bereits 1984 fest:

- ☐ Anabole / androgene Steroide können dazu beitragen, dass das Körpergewicht ansteigt
- ☐ Muskelkraft und Leistung können durch die Steroideinnahme verbessert werden.

Bhasin et al. (1996 zit. nach Hollmann, Hettinger, 2000, S.537) untersuchte in einer Studie den Einfluss von Testosteron kombiniert mit sportlichem Training auf die Muskelkraft und Muskelmasse.

43 gesunde Männer zwischen 19 und 40 Jahren wurden in vier Gruppen unterteilt:

- ☐ Gruppe 1: Placebo ohne Training
- ☐ Gruppe 2: Testosteron ohne Training
- ☐ Gruppe 3: Placebo mit Training
- ☐ Gruppe 4: Testosteron mit Training

Über den Zeitraum von zehn Wochen wurde den Probanden der Gruppen 2 und 4 wöchentlich 600 mg Testosteron und den Probanden der Gruppen 1 und 3 ein Placebo intramuskulär injiziert. Die trainierenden Gruppen absolvierten dreimal pro Woche ein Krafttraining mit Gewichten, mit einer Intensität von 70%, 80% sowie 90% der Maximalkraft in verschiedenen Übungen, mit dazwischen einem Tag Pause.

Vor und nach Studienbeginn wurde die fettfreie Körpermasse (mittels Unterwasserwiegen), die Muskelgröße mittels Kernspinuntersuchung und die Muskelkraft von Armen und Beinen gemessen. Alle Probanden ernährten sich nach einem standardisierten Plan. Nach zehn Wochen konnte festgestellt werden dass:

- ☐ Fettfreie Körpermasse: Die Placebogruppe mit Krafttraining nahm 1,9kg zu, die Testosterongruppe ohne Krafttraining schon 3,2kg, die Testosterongruppe mit Krafttraining jedoch 6,1kg.

- ❑ Muskelmasse: Die Placebogruppen verzeichneten keinen Zuwachs. Die Testosterongruppe ohne Training ließ eine signifikante Veränderung feststellen. Die Testosterongruppe mit Training jedoch eine hochsignifikante Vergrößerung.
- ❑ Muskelkraft: Die Muskelkraft veränderte sich in der Placebogruppe ohne Training nicht. Die Placebogruppe mit Training und die Testosterongruppe ohne Training verbesserten ihren erreichbaren Kraftwert um 19% bzw. 20%. Die vergleichbaren Werte beliefen sich bei der Testosterongruppe mit Training auf 38%.
- ❑ Leberwerte, Hämoglobinkonzentration, der Hämatokrit und die Erythrozytenbefunde blieben unverändert.
- ❑ Die Serumkonzentrationen von Gesamttestosteron und freiem Testosteron stiegen in den Testosterongruppen signifikant an.

Diese Studie zeigt eindeutig, dass mit der Zufuhr von Testosteron sowohl die Muskelmasse, der Muskelumfang und die Kraftleistung gesteigert werden können.

Naturwissenschaftlich können zu dieser Frage nur die physiologischen Wirkungen dieser Mittel betrachtet werden. Es spielt jedoch ein wesentlich wichtigerer Faktor hinein, nämlich die Erwartungshaltung unserer heutigen Gesellschaft.

12.1.1 Doping und Gesellschaft

Weiß (2008) schreibt in einem am 7. August 2008 erschienenen Bericht aus Anlass der Eröffnung der Olympischen Spiele 2008 am nächsten Tag: „Spitzensportler, Trainer, Ärzte, Sponsoren, Veranstalter, Medien, Verbände, Staat, Justiz und Politik sind Teil eines gigantischen international operierenden Dopingnetzwerkes, das durch Profitgier und Ruhmsucht angetrieben wird.“

Weiß (2008) schreibt in seinem Artikel über Doping und Gesellschaft:

„Demnach ist der Sportler immer wieder dem Dilemma ausgesetzt abzuwägen: Was ist mehr wert? Der Nutzen des Dopings z.B. die Siegeschancen zu erhöhen (vorausgesetzt die Chance erwischt zu werden ist gering) oder keine Gesundheitsschäden in Kauf zu nehmen?“ Sollte der Gegner sich gegen das Doping entscheiden, besteht für den Sportler die beste Chance zu gewinnen. Entscheidet sich jedoch der Sportler selbst gegen das Doping, kann dieser Vorteil beim Gegner liegen. Dadurch ist der Sportler stark zum Doping verleitet. Eine andere Überlegung hierzu wäre: Wenn alle dopen, entsteht wieder

Chancengleichheit wie ohne Doping, nur mit höheren Risiken und Gefahren. Außerdem wird Doping in der „Heldenverehrung“ wie der „gute Zaubertrank“ in einem Märchen toleriert. Weiß (2008) meint: „Es sieht danach aus, dass Doping zu der Art von Drama, wie sie der Spitzensport seinen Zuschauern bietet, dazugehört.“ Eine Freigabe des Dopings würde zu „pharmakologisch durchgestylten Superathleten“ führen. Im Medikamentenwettstreit wäre dann ein gewisser „Drop out“ der Athleten vorprogrammiert. Ein möglicher Todesfall könnte die Einschaltquoten verbessern. Sport ist ein indirekter Spiegel der Gesellschaft, in der er ausgeführt wird. So ist auch unsere heutige Gesellschaft geprägt durch Suchtmittelmissbrauch und Profitdenken.

Im Sport, so Weiß (2008), werden die Werte der Gesellschaft vorgelebt. Kulturelle und gesellschaftliche Werte sind zum Beispiel: Fairness, Chancengleichheit und Erfolg. Dies implementiert, dass höhere Eigenleistungen zu einer höheren Anerkennung führen. Im Sport wird der Erfolg nur durch die Regel geleitete Leistung erzielt. Sport erscheint als Ideal bzw. Utopie der Gesellschaft, weil in ihm eine Gegenwelt der "Eigenleistung" erhalten werden kann, wie sie in nahezu allen übrigen Bereichen unserer Gesellschaft nicht mehr anzutreffen ist. Es zählt nur jene Leistung, die mittels eigener Kraft auf der Grundlage eines präzise festgelegten Reglements erzielt wird. In welche Richtung sich der Sport entwickelt, hängt zum einen vom eigenen Verhalten der Sportler, aber auch von einem Umdenken in der gesamten Sportmaschinerie zusammen. Weiß appelliert an das Fair-Play-Prinzip, das menschliches Leisten in Konkurrenzsituationen auf humane Weise steuert. Fair Play gehört im Sport zum wahren, zum wirklich schönen Sieg. Moralisches Handeln ist die höchste Entwicklungsstufe, die der Mensch erreicht hat. Kein Bereich menschlichen Zusammenlebens ist von moralischer Bewertung und moralischem Bewusstsein ausgenommen, wobei Fair Play ein Ergebnis dieses Bewusstseins ist.

Karl-Heinrich Bette meinte in einem Interview (Meutgens, 2007, S. 191): „Die Massenmedien haben sich selbst noch nicht als Mitverursacher des Dopingproblems entdeckt“. Doping wird immer Einzelpersonen zugeschrieben. Meist sind dies die Sportler selbst, ihre Trainer oder Mediziner. Gegen die Abstraktion der Welt bringt der Sport reale Personen ins Spiel. Er beschuldigt jedoch sowohl die Medien selbst als auch die Gesellschaft Mitschuld am Problem Doping zu haben. Die personalisierende Behandlung des Themas Dopings ermöglicht den Medien, den Sport als positive Gegenwelt zum Alltag zu präsentieren.

12.1.2 Eigener Standpunkt

Ich bin überzeugt davon, dass ein Sportler, der unerlaubte Substanzen einnimmt, einen ziemlichen Vorsprung gegenüber einem „sauberen“ Sportler hat. Durch die Einnahme dieser Substanzen kann eine verbesserte Regeneration des Körpers nach dem Training erzielt werden. Um im Spitzensport mithalten zu können, müssen sich die Sportler immer extremeren Trainingssituationen aussetzen. Dadurch gewinnt meiner Meinung nach Regeneration an Bedeutung. Die Überschreitung der körperlichen Belastbarkeit in dieser Extremsituation führt in vielen Fällen zu einer körperlichen Schädigung, die durch eine schnellere Regeneration vermindert werden könnte. Auf der anderen Seite weisen unerlaubte Substanzen, wie in Kapitel 12 beschrieben, auch unerwünschte Nebenwirkungen auf, die den Körper des Sportlers erst zu einem späteren Zeitpunkt zu schaffen machen. Spitzensport ist somit in den meisten Fällen nicht gesundheitsfördernd, sondern sogar schädigend. Der Sportler steht in einer Dilemmastellung – Dopen und den Körper schädigen, aber eine Chance auf internationalen Erfolg haben und somit auf leistungsgerechte Bezahlung –oder trotz körperlicher Überbeanspruchung – wenig Chance und trotzdem körperliche Schäden mit geringerer bis gar keiner Bezahlung.

Meiner Meinung nach ist die ethische Grenze im Spitzensport bereits längst überschritten und es dominieren ökonomische und kommerzielle Überlegungen. Durch Massenmedien wird diese Entwicklung drastisch verstärkt.

Ich möchte jedoch darauf hinweisen, dass einige Substanzen, die in den Dopinglisten zu finden sind, für den „Otto Normal Verbraucher“ selbstverständlich sind, für Spitzensportler auch im Krankheitsfall verboten sind, wie zum Beispiel viele Erkältungsmittel. Erkrankt ein Spitzensportler während der Wettkampfzeit bzw. in der Vorbereitung, muss er oft auf wirksamere Arzneien verzichten.

Ich lehne Doping aus eigenen Grundsätzen ab, da mein Gerechtigkeitssinn die Übervorteilung eines gedopten Sportlers gegenüber einem nicht gedopten Sportler nicht gutheißen kann.

Es ist jedoch sehr schade, dass im Dopingfall in den meisten Fällen nur der Sportler hart bestraft wird, die Leute der Hintergrundmaschinerien jedoch ziemlich glimpflich davon kommen.

13 Chemische Sinnesorgane

Der Geruchssinn gehört zu den so genannten chemischen Sinnen. Das heißt, der Geruchssinn hat eine bestimmte Chemosensibilität, die sich im Laufe der Evolution für das Erkennen von chemischen Reizen entwickelt hat. Zu den chemischen Sinnen zählen (Klinke, Silbernagl, 2000, S 612):

- ❑ Der allgemeine chemische Sinn. Das sind freie Nervenendigungen in den Schleimhäuten von Augen, Mund, Rachen und Nase sowie der anogenitalen Öffnungen. Sie reagieren auf Reizstoffe sowie auf eine Vielzahl von Geruchs- und Geschmacksstoffen, wenn diese in genügend hoher Konzentration geboten werden. So reagieren zum Beispiel die Augen mit Tränenfluss auf die Reizstoffe von Zwiebeln. Aber auch Brennen und Stechen sind mögliche Reaktionen. Wie zum Beispiel das Brennen in der Speiseröhre beim Genuss von scharfen Speisen. Die Hauptaufgabe des allgemeinen chemischen Sinns besteht darin, den Körper vor flüchtigen oder gelösten Schadstoffen zu schützen.
- ❑ Der Geschmack überprüft die aufgenommene Nahrung auf Genießbarkeit und ihre chemische Zusammensetzung. Um Geschmack wahrnehmen zu können, müssen die Stoffe wasserlöslich sein. Der Mensch kann sie dann in süß, bitter, salzig und sauer unterteilen.
- ❑ Der Geruch für das Wittern von Nahrung und Gefahr.
- ❑ Das vomeronasale Organ für die Wahrnehmung von Lockstoffen und den Geschmack für die Prüfung der Nahrung. Das vomeronasale Organ stellt jedoch das am schlechtesten erforschte Sinnesorgan dar. Es wurde vor allem bei vielen Säugetieren als besonderes Sinnesorgan in den Nasenhöhlen entdeckt. Auch bei den meisten Menschen lässt sich ein vomeronasales Organ feststellen, das als dünner, blind endender Gang unter der Schleimhaut der Nasenscheidewand liegt und mit einer feinen Öffnung in den unteren Nasengang mündet.

13.1 Der Geruch

„Über den Geruchssinn wittern wir Nahrung und Gefahr, genießen Speise und Trank. Eine Fülle unterschiedlicher Gerüche wird durch zahllose Geruchstoffe ausgelöst, denen nur die Kleinheit ihrer Moleküle und ihre Wasserlöslichkeit gemeinsam sind. Das Riechepithel

kleidet die Kuppeln der Nasenhöhlen aus; es enthält Millionen von Sinneszellen, die sich fortwährend erneuern. Eine Sinneszelle ist für viele Geruchsstoffe empfindlich und sendet ihre Signale zum Bulbus olfactorius. Dort werden die Geruchsinformationen sortiert und direkt dem gleichseitigen Riechhirn übergeben.“ (Klinke, Silbernagl, 2000, S. 617)

Wie aus obigem Zitat ersichtlich wird, kommt dem Geruchssinn in unserem Leben eine relativ hohe Bedeutung zu. Wenn wir nichts riechen, zum Beispiel während einer Verkühlung, können wir den Geschmack von Speisen nicht realisieren, aber auch wichtige Warnsignale wie zum Beispiel Rauch nicht wahrnehmen. Auch in der menschlichen Sexualität spielt der Geruch eine wichtige Rolle. Die Aussage „Ich kann dich nicht riechen“, kommt nicht von ungefähr. Sie beschreibt, wie wichtig es ist, den Sexualpartner auch geruchlich wahr zu nehmen. Bereits das Neugeborene hat zu seiner Mutter eine „Geruchsbeziehung“ – es kann seine Mutter am Geruch erkennen. Erwachsene können zwischen männlichem und weiblichem Körpergeruch unterscheiden. Diese chemischen Signale werden als Pheromone bezeichnet (Klinke, Silbernagl, 2000, S. 617).

Der Begriff Pheromone stammt aus dem Griechischen. Er setzt sich aus den Wörtern: „pherein“ = tragen und „hormon“ = antreibend zusammen. Pheromone sind Ectohormone, die außerhalb des Körpers transportiert werden und im Organismus des Empfängers ganz bestimmte Reaktionen, wie physiologische Prozesse oder bestimmte Verhaltensweisen auslösen können (Atzmüller, 1998, S. 4).

Geruchsstoffe müssen durch den Schleim der Riechschleimhaut lösbar sein. Die meisten Gerüche sind Mischgerüche aus die aus verschiedenen Geruchsstoffen zusammengesetzt sind. So enthalten zum Beispiel Weine ca. 200 verschieden riechende Stoffe. Es ist jedoch bis jetzt noch nicht gelungen, die Gerüche auf einige wenige Basisgeruchsstoffe zurück zu verfolgen (Klinke, Silbernagl, 2000, S. 618).

Im Großen und Ganzen sind Riechstoffe temperaturunabhängig. Viele Stoffe verflüchtigen sich jedoch durch Erwärmung schneller. Riechstoffe gelangen über den Atemstrom in das Riechepithel. Der Geruchssinn ist sehr empfindlich. Die Wahrnehmungsschwelle liegt jedoch deutlich unter der Erkennungsschwelle. Die Geruchswahrnehmung nimmt mit der Dauer des Riechens ab. Riechstoffe beeinflussen sich gegenseitig. Die Geruchsintensität der Mischung ist jedoch geringer als die Summe der Einzelintensitäten (Klinke, Silbernagl, 2000, S 618).

13.1.1 Die Riechschleimhaut

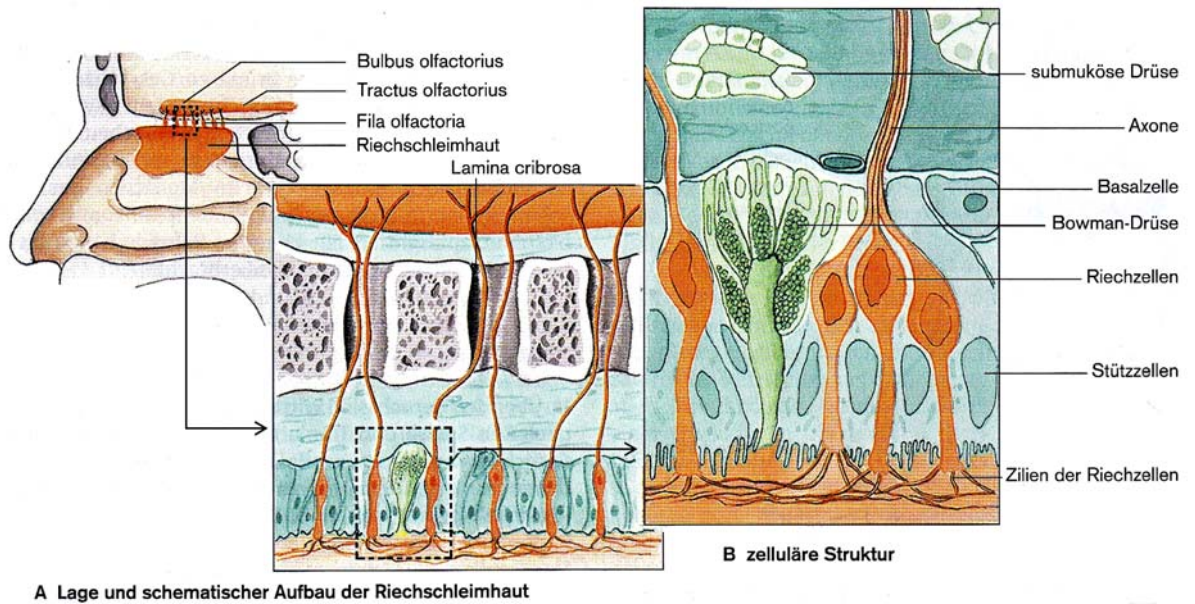


Abbildung9: Lage und Aufbau der Riechschleimhaut (Klinke, Silbernagl, 2000, S. 618)

Die Riechschleimhaut liegt in der Nasenkuppel. Sie ist von einer dünnen Schleimschicht bedeckt, die in den Rachenraum fließt. Die Schleimschicht dient dazu, Riechstoffe zu lösen. In der Riechschleimhaut selbst liegen 10^7 Sinneszellen. Diese Zellen sind Basalzellen und durchziehen die ganze Höhe der Schleimhaut. Aus diesem Zellenpool entspringt ein dünnes Axon, das sich mit zahlreichen Axonen benachbarter Sinneszellen zu einem Bündel zusammenschließt. Die Gesamtheit bilden den Nervus olfactorius (Riechnerv). Dieser durchbricht die Lamina cribrosa (Teil des Siebbeins) und endet im Bulbus olfactorius (Riechbahn) (Klinke, Silbernagl, 2000, S. 618).

Durch Schnüffeln werden die Riechstoffe in die oberen Nasenabschnitte gewirbelt und von der Nasenschleimhaut absorbiert. In den Zillien werden sie an Rezeptorproteine gebunden. Diese öffnen über intrazelluläre Signale Kanäle für Kationen und führen so zu einer Depolarisierung der Zelle. Es gibt wahrscheinlich mehr als 30 Rezeptorproteine. Eine Sinneszelle kann mehrere dieser Rezeptorproteine beinhalten. Wahrscheinlich bindet ein Rezeptorprotein mehr als einen Riechstoff. Je besser jedoch ein Riechstoff zu einem Rezeptor passt, umso intensiver ist die Reizwirkung (Klinke, Silbernagl, 2000, S. 618).

Riechzellen sind meist spontanaktiv und senden über Axone einen kontinuierlichen Impulsstrom zum Bulbus olfactorius. Reizung erhöht die Impulsfrequenz. Riechstoffe, die in die Schleimhaut eingedrungen sind, verlieren ihre Wirkung und werden über die Atemluft wieder ausgeschieden (Klinke, Silbernagl, 2000, S. 618).

Die aufgenommenen Geruchssignale werden vom Tractus olfactorius ohne weitere Unterbrechung zum gleichseitigen Riechhirn weitergeleitet. Das Riechhirn ist entwicklungsgeschichtlich ein sehr alter Teil des Telencephalons (Endhirn, Teil des Großhirns). Es verarbeitet die eingehenden Geruchsinformationen direkt und übergibt seine Signale direkt - aber auch indirekt - über den dorsomedialen Thalamus an den gleichseitigen orbitofrontalen Kortex und an die Insel (Geruchswahrnehmungen) sowie an die Mandelkerne und den Hypothalamus.

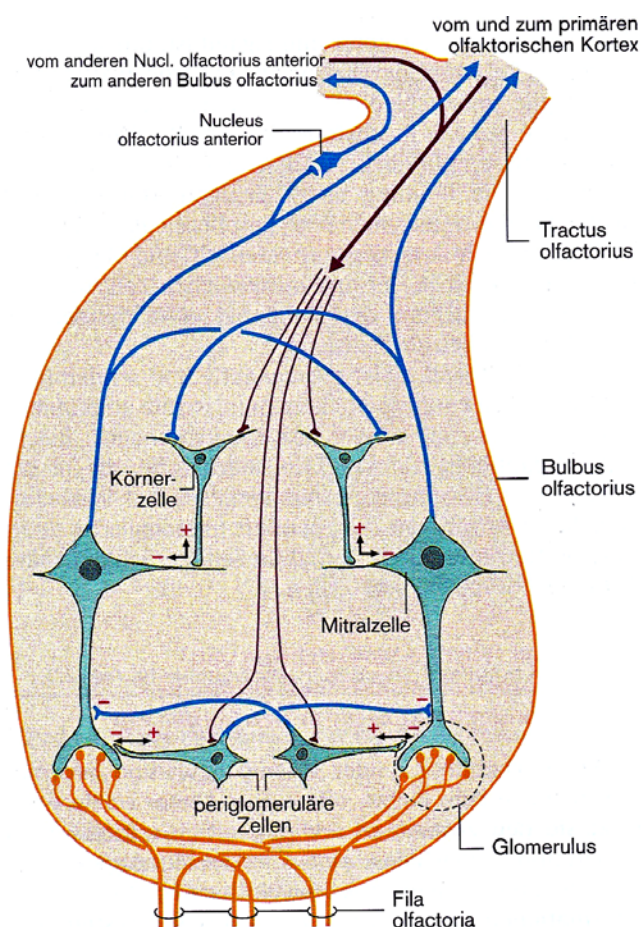


Abbildung10: Signallaufbahn der Geruchsinformation im Gehirn (Klinke, Silbernagl, 2000, S. 620)

Durch die Weiterleitung der Geruchsinformationen an den Hypothalamus können Riechstoffe somit eine Hormonreaktion auslösen.

13.1.2 Das Vomeronasalorgan

Das Vomeronasalorgan wird auch als Jacobson'sches Organ bezeichnet. Es ist ein spezieller Teil des olfaktorischen Systems. Wie bereits erwähnt wurde dieser Teil erst sehr spät – durch Moran, Jafek und Rowley (1991, zit.n. Atzmüller, 1998, S. 3) entdeckt.

Das Epithel des Vomeronasalorgans verfügt über Rezeptorzellen die nicht mit Zillien besetzt sind. Die Axone laufen in den so genannten akzessorischen Bulbus olfactoris, der direkt ins limbische System projiziert und verursachen eine direkte endokrine Reaktion (Atzmüller, 1998, S. 3).

14 Pheromone

Pheromon kommt aus dem Altgriechischen. „Pherein“ bedeutet demnach übermitteln, erregen, überbringen und „Hormon“ bewegen (Atzmüller, 1998, S. 4).

Pheromone sind Botenstoffe, die durch einen spezifischen Geruch innerhalb einer bestimmten Lebenswesensart Botschaften überbringen können. Sie dienen somit zur nonverbalen Kommunikation zwischen zwei Lebewesen. Diese Botschaften können Sexuallockstoffe, aber auch Grenzmarkierungen oder Alarmbotenstoffe sein (Rzonsa, 2004).

Der Begriff Pheromone wurde von Karlson und Luscher (1959, S. 55) eingeführt. Pheromone sind Ectohormone, das bedeutet: Chemische Botenstoffe, die außerhalb des Körpers transportiert werden und im Organismus des Empfängers ganz bestimmte Reaktionen, wie physiologische Prozesse oder Verhaltensweisen auslösen können. (Atzmüller, 1998, S. 4).

Laut Hildebrandt (1994, S. 1185) sind „Pheromone, so genannte Soziohormone, die artspezifisch Wirkstoffe, die zur Informationsübermittlung zwischen zwei Individuen einer Population dienen (so genannte Erkennungs- und Lockstoffe), übermitteln. Beim Menschen sind dies möglicherweise unter anderem Abbauprodukte des Testosterons und die aus den apokrinen (absondernd) Schweißdrüsen abgegebenen Duftstoffe.“

„Die chemische Kommunikation zwischen Organismen mittels Pheromonen erfolgt nach den gleichen Prinzipien wie die technische Signalübermittlung. Ein Sender, z. B. die Drüse eines weiblichen Insekts, gibt das Signal in Form einer chemischen Substanz ab. Diese wird über ein Medium wie Wasser oder Luft übertragen. Vom Empfänger, z. B. den

Pheromonrezeptoren in der Antenne eines Insektenmännchens, wird der Stoff empfangen und löst dann eine Verhaltensreaktion aus. Pheromone sind Geruchsstoffe, die man nicht olfaktorisch wahrnehmen kann, aber sie bestimmen die Partnerschaft. Man sagt: "Den kann ich nicht riechen!" (Rzonsa , 2004).

Manchmal kann die Biosynthese des Pheromons nur dann erfolgen, wenn die biochemischen Vorstufen in Form bestimmter Alkaloide aus Futterpflanzen aufgenommen wurden. Der Sexuallockstoff signalisiert in diesem Fall gleichzeitig das Vorkommen von Futterquellen.

Pheromonische Substanzen sind bis heute nur für verschiedene Insektenarten, wie Schmetterlinge, Borkenkäfer, Bienen, Ameisen, Fliegen und Schaben gut untersucht und verstanden (Atzmüller, 1998, S. 6).

Unser ganzer Körper produziert ständig Pheromone. Die über die Haut verteilten apokrinen Drüsen produzieren ein öliges Sekret, das schließlich von Bakterien abgebaut wird. Die Zusammensetzung der Bakterienstämme auf unserer Haut und damit der entstehende Körpergeruch wird unter anderem durch unser Immunsystem bestimmt. Geruchliche "Hot-spots" (Konzentrationen der apokrinen Drüsen) befinden sich am Haaransatz, um die Nase, im Brustbereich, unter den Achseln und im Schambereich. Die Pheromonproduktion unterliegt auch Hormonschwankungen, ändert sich mit der Pubertät und dem weiblichen Zyklus (Atzmüller, 1998, S. 6).

14.1 Funktionen der Pheromone

Es gibt Stoffe, die wirken nur bei Männern und andere, die wirken nur bei Frauen. Das Ganze dient zur Vergrößerung des Genpools. Ein Großteil der sozialen Beziehungen wird von den Pheromonen gesteuert. Pheromone vermitteln das Gruppenverhalten. Es gibt Angst - entsprechende Pheromone werden frei - und daher steckt die Angst an: Hyperventilationsthetanie. Es gibt auch Anti-Angst-Pheromone: Auch wer relaxt ist und cool steckt die anderen damit an. Aggressionen stecken an (Rzonsa, 2004).

Pheromone können nach ihrer Funktion in unterschiedliche Klassen unterteilt werden:

- ☐ Sexuallockstoffe
- ☐ Aggregationspheromone
- ☐ Dispersionspheromone

- ☐ Alarmpheromone
- ☐ Spurpheromone
- ☐ Markierungspheromone
- ☐ Aphrodisiakapheromone
- ☐ Kastenerkennungsstoffe

Sie können aber auch nach der unterschiedlichen physiologischen Wirkung in Signal- und Primer-Pheromone geteilt werden (Rzonsa, 2004).

14.2 Signal-Pheromone

Ihre Wirkung ist relativ kurzzeitig. Sie verursachen im Empfängerkörper sofort eine physiologische Reaktion, wie zum Beispiel die Ausschüttung von Neurotransmittern, die direkt auf das Verhalten des Empfängers wirken. Neurotransmitter sind chemischen Substanzen, die an den Synapsen des zentralen Nervensystems und den peripheren Nerven eine Erregung weiterleiten. Die Neurotransmitter selbst werden in den Vesikeln der präsynaptischen Nervenendungen gespeichert (Vorkontakt) und durch Aktionspotenzial freigesetzt. Die bisher beim Menschen bekannten Neurotransmitter sind: Acetylcholin, Adrenalin, Noradrenalin, Dopamin, Serotonin. Somit besteht eine direkte Verbindung zu den Hormonen. Zum einen dadurch, dass einige Hormone wie Adrenalin selbst als Neurotransmitter dienen, zum anderen, weil durch die Übermittlung der Botschaften über das Zentrale Nervensystem eine Verbindung zum Hypothalamus – Hypophysensystem besteht, welches wieder Reaktionen in Form von Hormonausschüttungen bewirken kann (Duden, 2008).

14.3 Primer- und Release-Pheromone

Primer – oder Releasingpheromone bewirken längerfristige Veränderungen in der Physiologie des Empfängers. Die Primer- und Releasingpheromone wirken direkt auf die Hypothalamus-Hypophysen-Gonadenachse des Riechenden (Duden 2008).

14.3.1 Primer-Pheromone:

Primer-Pheromone greifen oft über eine Signalkaskade in den Stoffwechsel ein oder aktivieren Proteine, welche sich an die DNA binden können. Ein bekanntes Beispiel ist der Gelée Royale bei *Apis mellifera*, der westlichen Honigbiene (Duden 2008).

14.3.2 Release-Pheromone

Release-Pheromone haben eine kurze, verhaltenssteuernde Wirkung. Menschen besitzen (entgegen anders lautenden Aussagen der Industrie) nur Primer-Pheromone, welche z.B. in den Achseln gebildet werden (Duden 2008).

14.4 Lipocaline

Lipocaline sind individuelle Eiweiße, die als individuelle Kennung den Pheromonen anhaften. Zum Pheromon kommt damit noch ein weiterer Duftstoff, damit man weiß, von wem genau das Pheromon stammt. Pheromone wirken über weiterer Distanzen (Raum). Das individuelle Lipocalin erst im Nahbereich, so ca. 2-3 m.

Pheromone und Lipocaline sind in starker Konzentration im Urin enthalten, darum riechen Tiere am Urin. Pheromone werden schon in kleinsten Dosen wahrgenommen.

Allergien sind immer Reaktionen gegen Lipocaline. Auch am Ei ist Lipocalin vom Huhn. Es kann sein, dass ein Mensch gegen das Ei allergisch ist, gegen ein anderes Ei dagegen nicht. Auch bei Allergikern gegen Katzen kommt es vor, dass jemand nur gegen Kater oder nur gegen Katzen allergisch ist.

Es gibt einen Familien-Pheromon-Geruch. Babys können die Mutter an der Kleidung identifizieren. Man riecht es nicht in dem Sinn, es ist mehr so ein Gefühl. Wenn man etwas bewusst riecht, dann sind es keine Pheromone (Rzonsa, 2004).

14.5 Der Körpergeruch des Menschen

Der Körpergeruch vereint alle wahrnehmbaren Gerüche des Körpers eines Menschen. Dies können Ausdünstungen über die Haut sein, aber auch Gerüche anderer Körperöffnungen. So tragen die Duftstoffe der Haut, des Speichels, des Urins sowie die Sekrete der Geschlechtsorgane zum charakteristischen Körpergeruch bei. Am stärksten wahrnehmbar ist der Geruch von Schweiß, vor allem der Schweißgeruch unter den Achselhöhlen. Der

Geruch selbst entsteht vorwiegend durch die Zersetzungen der ausgeschiedenen Körpersubstanzen, vor allem von Fetten und Proteinen, durch Bakterien. Für die Schweißproduktion, aber auch die Talgproduktion sind vor allem die apokrinen Drüsen verantwortlich. Atzmüller (1998, S.6) schreibt, dass autokrine Drüsen bereits beim Embryo gebildet werden. Sie sind schlauchförmig und gewunden und können einen Durchmesser von 2mm erreichen. Die Funktion der apokrinen Drüsen setzt allerdings erst in der Pubertät ein, da die Funktion an die Sexualhormone gekoppelt ist. Die Sekretion erfolgt durch Abschnürung des mit Sekret gefüllten Endabschnittes einer Drüsenzelle. Nach der Sekretion regeneriert sich die Zelle. (Atzmüller 1998, S. 6).

Olf ist die Maßeinheit für den Körpergeruch. Die Bezeichnung entstand noch dem lateinischen Begriff Olfactus = Geruchssinn. Laut Fanger (1988) ist ein Olf die Geruchsbelastung die von einem Normmenschen (Erwachsener mit einem Hygienestandard von 0,7 Bädern pro Tag, 1,9m² Hautoberfläche und bei sitzender Tätigkeit) ausgeht. Speziell geschulte Testpersonen, erriechen die Intensität eines Stoffes im Vergleich zu genormten Geruchsquellen.

Tabelle 6: Beispiele typischer Geruchsemissionen (Fanger, 1988)

Geruchsobjekt	Olf
Person (ruhend)	1
12-jähriges Kind	2
starker Raucher	25
Athlet nach dem Sport	30

Damit der menschliche Körpergeruch als Pheromon gesehen werden kann, muss er die Eigenschaft besitzen im Organismus des Riechenden eine endokrine Reaktion hervorrufen zu können. Dies trifft bei menschlichen Gerüchen vor allem auf den Geruch des weiblichen Vaginalsekrets – den Kopulinen und beim Mann auf das umgewandelte Testosteron – dem so genannten Androsteron - zu (Amberg – Müller, 2000).

15 Kopuline

Das bisher bekannteste weibliche Pheromon sind die so genannten Kopuline. Die Bezeichnung stammt vom Entdecker Richard Michael (1971, S. 396), der bei Rhesusaffen-Weibchen ganz ähnliche Vaginalsekrete fand, die Männchen zu Kopulationsverhalten

veranlassten. Kopuline sind Vaginalsekrete, die aus einer Mischung kurzkettiger Fettsäuren bestehen. Ihre Produktion hängt wahrscheinlich vom Östrogenspiegel der Frau ab. Die Zusammensetzung der Kopuline ändert sich während des Zyklus. Nicht alle Frauen produzieren Kopuline (ca. 60%). Frauen, die die Pille nehmen, produzieren keine. Kopuline haben z.B. einen Testosteron-hebenden und Attraktivitäts-verschiebenden Effekt auf Männer (Amberg – Müller, 2000).

16 Die Studie

16.1 Einleitung

Meine Untersuchungsreihen habe ich im November 2007 am Institut für Sportwissenschaften durchgeführt. Unterstützt wurde ich von Ass. Prof. Mag. Dr. Harald Tschan, Mag. Michael Prenner sowie dem Biomolekularlabor am Institut für Sportwissenschaften DI. Dr. Barbara Wessner, das die Aufbewahrung der Proben übernahm, sowie von Mag. Dr. Elisabeth Oberzaucher im Labor am Biozentrum Wien, das die Auswertung der Speichelproben durchführte.

16.1.1 Grundthesen

Michael et al. (1971, S. 964) beschrieb in seiner Studie die Wirkung von Kopulinen bei Rhesusaffen. Demnach wurden kastrierte Weibchen für ihre männlichen Partner wieder interessant, so Kopuline anderer Weibchen aufgetragen wurden, und lösten sogar sexuelle Reaktionen aus.

Auch Stoddart (1991) stellt bei einigen Tierarten das Vorhandensein von olfaktorischen Inspektionen, dass heißt eine geruchliche „Abtastung“ fest, unter anderen bei: Makaken, Pavianarten, Schimpansen...

Shepherd (2006, S. 149) stellte in seinem Artikel: „Smells, brains and hormones“ fest, dass Pheromone ein sehr starkes chemisches Signal sind. Vor allem bei Tieren haben Pheromone einen starken Einfluss auf das Paarungsverhalten, aber auch auf das Sozialverhalten und auf Aggressivität. Weiters spielen Pheromone eine wichtige Rolle um ein Kind an seine Mutter zu binden. Verantwortlich für die Wahrnehmung und das Weiterleiten dieser Düfte bei Tieren (v. a. Ratten und Primaten) ist das Vomeronasalorgan. Shepard hat festgestellt, dass das endokrine System, somit auch die Produktion von

Testosteron und Androsteron von Pheromonen beeinflusst wird. Er fand heraus, dass auch Menschen eine Art Vomeronasalorgan besitzen, das jedoch nicht so stark ausgeprägt ist wie bei Tieren. Durch Pheromone werden auch beim Menschen weite Teile des neuroendokrinen Systems aktiviert. (Shepherd, 2006, S. 149)

Bensafi, Tsutsui, Khan, Levenson und Sobel (2004, S. 1290) stellten in ihrer Studie fest, dass die Inhalation von Andosteron sowohl bei Frauen, als auch bei Männern eine Verhaltensänderung zur Folge hatten. Sie bestätigten somit die Wirkung von Pheromonen beim Menschen.

Die Schlussfolgerung, dass durch die Inhalation von künstlich hergestellten Kopulinen der Testosteronspiegel des Sportlers positiv beeinflusst werden kann, liegt demnach nahe. Künstlich hergestellte Kopuline sind mit der pheromonellen Ausscheidung der Frau ziemlich identisch. Die Frage, die sich jedoch in diesem Zusammenhang aufdrängt, ist: „Genügt der Geruchstoff alleine um eine Erhöhung des Testosteronspiegels auszulösen, oder muss man annehmen, dass auch andere Faktoren wie zum Beispiel die Visualisierung der Frau mit verantwortlich sind?“. Dieser Frage verleiht das direkte Zusammenspiel zwischen dem zentralen Nervensystem und der Hypothalamus-Hypophysen-Gonadenachse Gewicht.

16.1.2 Hypothesen

16.1.2.1 Hypothese 1

Die Inhalation von künstlich hergestellten Kopulinen beim Mann als Pheromone bewirken eine dosisabhängige Elevation des Testosteronspiegels.

16.1.2.2 Hypothese 2

Durch den Einfluss der Inhalation synthetischer Kopuline auf die Hypothalamus-Hypophysen-Gonadenachse soll eine Veränderung des Testosteronspiegels erzielt werden.

16.1.2.3 Hypothese 3

Durch höhere Konzentration der Kopuline kann auch die Intensität der Testosteronproduktion erhöht werden.

16.1.2.4 Hypothese 4

Die Testosteronkonzentration ist direkt nach der Inhalation der Kopuline am Höchsten und wird danach rasch abgebaut.

16.2 Methode

16.2.1 Stichprobe

Die Stichprobe besteht aus sechzehn männlichen Sportlern im Alter von 19 – 34 Jahren. Das Durchschnittsalter beträgt 23,6 Jahre $\pm 4,3$ Standardabweichung.

Die Rekrutierung der Probanden erfolgte durch direktes Ansprechen im Krafttrainingsraum des Instituts für Sportwissenschaften, sowie aus dem eigenen Bekannten- und Freundeskreis.

Es wurden drei Termine vereinbart und ein Informationsblatt ausgeteilt. Auf diesem Informationsblatt war die Bitte vermerkt, am Vortag sowie unmittelbar vor der Testreihe kein schweres Training zu absolvieren. Außerdem sollten die Probanden am Testtag wenn möglich nicht rauchen und hohe Stressbelastungen wie zum Beispiel Prüfungen vermeiden. Ein weiteres Ausschlusskriterium war die Einnahme von Steroiden.

Die Probanden sollten möglichst gesund sein und regelmäßig Sport betreiben.

16.2.2 Interne Validität

Bei der Durchführung der Testreihen wurde darauf geachtet, dass die Untersuchungssituationen an allen drei Tagen möglichst identisch waren. So fiel der Untersuchungszeitrahmen immer auf einen Montag in der Zeit von 11.00 – 12.30 im gleichen Raum. Dadurch konnten externe Störfaktoren wie tageszeitliche Schwankungen und Umgebungseinflüsse weitgehend eliminiert werden.

Die Sitzordnung war an allen drei Untersuchungstagen identisch.

Durch die Anwesenheit zweier Übungsleiter, war die möglichst rasche Abnahme der Speichelproben gewährleistet. Die Salivetten, mittels derer der Speichel entnommen wurde, wurden bei allen drei Testungen sofort nach der Einspeichelung am Institut tiefgefroren (-70° Celsius), um möglichen Einflüssen durch Wärme entgegen zu wirken.

16.3 Externe Validität

Die Probanden selbst sind sowohl im Alter relativ homogen als auch durch die Konzentration auf Sportstudenten als Gruppe vergleichbar. Dadurch ist die Qualität der Messungen trotz einer relativ geringen Probandenzahl ($n = 16$) vergleichsweise hoch.

16.3.1 Beschreibung der Variablen

Die abhängigen Variablen sind - wie bereits oben erwähnt - das unterschiedliche Alter der Testpersonen sowie auch die anderen biographischen Daten, die Trainingsdaten, die körperlichen und physischen Daten.

Die studienabhängigen Variablen sind die Testosteronwerte, vor der Inhalation, gleich nach dreißigminütiger Inhalation und je nach fünfzehn und dreißigminütiger Pause nach der Inhalation der Kopuline.

16.4 Untersuchungsinstrumente

16.4.1 Erhebung biographischer Daten

Um Anonymität zu gewährleisten, bekamen alle Versuchspersonen eine Kennnummer, die dann auf den Erhebungsblättern wie auch auf den Salivetten vermerkt wurden.

Die Erhebungsblätter dienten nur zur allgemeinen Grundinformation und sind statistisch nicht ausgewertet worden. Sie dienten lediglich als Ausschlussmöglichkeit für Proben, die die Auswertung verfälschen würden.

Zu diesen Ausschlusskriterien zählen:

- ☐ schwere körperliche Anstrengung bis 24 Stunden vor der Testreihe
- ☐ belastende Stresssituation bis 24 Stunden vor dem Untersuchungszeitpunkt
- ☐ Probleme beim Atmen durch die Nase
- ☐ Nasenoperationen oder sonstige medizinische Eingriffe am Geruchsorgan
- ☐ Medikamenteneinnahme oder die Einnahme anderer Substanzen (z.B. Nahrungsergänzungsmittel), welche den Testosteronspiegel beeinflussen könnten
- ☐ Hypogonadismus oder Krankheiten welche den Testosteronhaushalt beeinflussen
- ☐ starker Nikotinkonsum

Nach Durchsicht der Erhebungsblätter konnten alle Proben zur Auswertung zugelassen werden.

16.4.2 Speichelgewinnung mit Salivetten

Testosteron kann mittels Speichelproben gut evaluiert werden. Um diese Untersuchungen durchführen zu können, wurden mittels Salivetten Speichelproben entnommen. Salivetten sind fingerlange Plastikröhrchen, welche aus drei Komponenten bestehen. Der innerste Teil besteht aus einer watteähnlichen Kaumasse. Diese Kaumasse wird - um die Speichelprobe zu nehmen - entnommen und von der Versuchsperson eine Minute lang gekaut, bis sie gut durchspeichelt ist. Danach wird die durchspeichelte Masse wieder zurück in das innere Röhrchen gestopft. Das innere Röhrchen wird wieder in die Außenhülle eingesetzt. Diese Außenhülle dient zum Zentrifugieren und wird daher auch Zentrifugiergefäß genannt. Das innere Röhrchen besitzt ein kleines Loch, durch welches sich dann die in der Kaumasse aufgenommene Flüssigkeit, durch das Zentrifugieren in das größere, äußere Zentrifugiergefäß absetzen kann. Die gesamte Salivette wird durch einen Pfropfen verschlossen.

Die verschlossenen Salivetten wurden direkt nach der Probenentnahme ins Biomolekularlabor am Institut für Sportwissenschaften gebracht, welches gleich im Nebengebäude untergebracht war. Dort wurden die Proben gleich zentrifugiert und tiefgefroren.

16.4.3 Zentrifugieren

Die Speichelproben wurden zehn Minuten bei 2500 Umdrehungen /Minute zentrifugiert. Beim Zentrifugieren wird der Speichel durch die Fliehkraft von der Kaumasse getrennt. Dies geschieht in einem Zentrifugiergerät. Diese Schleuderprozedur ist notwendig, um aus der Probe den reinen Speichel zu isolieren, damit man die Testosteronkonzentration messen kann.

16.4.4 Herstellung der Kopuline

Michael et al (1975, S. 153, zit.n. Jütte , 1995, S. 16) untersuchte die Zusammensetzung der Vaginalsekrete von Frauen. Dazu nahm er von fünfzig Frauen 682 Proben, die er gaschromatographisch untersuchte um die Konzentration von Fettsäuren zu bestimmen. Der Zyklus der Frau kann in drei Phasen unterteilt werden:

- ☐ Die Proliferationsphase: wird auch Follikularphase genannt. In dieser Phase reift das Ei.
- ☐ Die Sekretionsphase: wird auch Lutealphase genannt. zwischen der Proliferationsphase und der Sekretionsphase findet der Eisprung statt.
- ☐ Die Menstruationsphase.

Michael (1975) untersuchte die Zusammensetzung der Vaginalsekrete an drei verschiedenen Tagen, die jeweils unterschiedlich in einer der drei Phasen lagen: Tag zwei aus der frühen Menstruationsphase, Tag 14 aus der späten Proliferationsphase und Tag 29 aus der späten Exkretionsphase (Jütte, 1995, S. 16).

Tabelle 7: Mittlere prozentuale Verhältnisse der jeweiligen Fettsäuren in Vaginalsekreten an drei verschiedenen Tagen des Menstruationszyklus

Säure	Tag 2 Volumen %	Tag 14 Volumen %	Tag 29 Volumen %
Essigsäure	95,2	78,38	97,54
Propansäure	2,32	13,21	1,45
Butansäure	1,20	4,94	0,50
Methylpropansäure	0,32	0,76	0,30
Methylbutansäure	0,97	2,14	0,21

Wir haben für unsere Testreihe folgende Zusammensetzung gewählt:

Tabelle 8: Zusammensetzung der synthetischen Kopuline

Handelsname	Volumprozent
Essigsäure	78,38 %
Propion	13,21 %
Butan	4,94 %
Isobutyric	0,76 %
Methylbutter	2,14 %

Die Handelsnamen stehen für: Propion = Propansäure, Butan = Butansäure, Isobutyric = Methylpropansäure und Methylbutter = Methylbutansäure.

Die Herstellung erfolgte im Labor des Biozentrums in Wien.



Abbildung11: Die einzelnen Zutaten der synthetischen Kopuline



Abbildung12: Handelsübliche Pipette

Mittels Pipette wurde aus den Originalgebinden die jeweilige Volumsmenge in die Mischgefäße abgefüllt.

Da die reine Konzentration für die Inhalation einen unzumutbaren Geruch hat, wurden sie für die Versuchsreihe mit Wasser verdünnt.

Wasser hat keinen Eigengeruch und löst die Säuren im Gegensatz zu Öl vollständig auf.

Für die vorliegende Untersuchung wurden zwei unterschiedliche Konzentrationen abgefüllt.

Die Konzentrationsangaben beruhen dabei auf den Angaben von Jütte (1995, S. 17).

Die stärkere Konzentration war ein Mischverhältnis von 0,8 Promille Säure, die leichtere Konzentration hatte ein Mischverhältnis von 0,4 Promille Säure.

Jütte (1995, S. 17) führte eine Untersuchung mit zwölf Männern durch. Der Geruch konnte bei der stärkeren Konzentration von 91,66% der Befragten wahrgenommen werden, die leichtere Konzentration von 83,33 % der Befragten.

Die Festlegung auf diese Konzentrationen erfolgte, da bei einer dreißigminütigen Inhalation der Geruch für mich noch zumutbar war. Leider gibt es in dieser Richtung noch keine aussagekräftigen Studien, da diese Inhalationsreihe ein Erstversuch war, und Vergleichswerte daher fehlen. Diese Vergleichswerte können dann in einer weiteren Untersuchungsreihe ermittelt werden.

Um die Inhalation über einen längeren Zeitraum zu gewährleisten, wurden Operationsmasken benutzt, auf diese waren mit einer Pipette 5ml Lösung aufgetragen worden.

16.5 Untersuchungsdurchführung

Die Untersuchungsdurchführung erfolgte am Institut für Sportwissenschaften an der Universität Wien. Die Testpersonen wurden vorwiegend vor dem Krafttrainingsraum des Sportinstituts angesprochen. Insgesamt haben 16 Männer an der Untersuchung teilgenommen. Der erste Termin war am 12. November 2007 von 11.00 – 12.30. Bei diesem Termin wurden die Teilnehmer in drei Gruppen unterteilt. Die Erstellung der ersten Speichelproben in Salivetten erfolgte gleichzeitig. Die Kaumasse wurde von den Probanden sechzig Sekunden im Mund gut durchgespeichelt. Danach wurden sie in das Innenröhrchen der Salivette gestopft und mit der Außenhülle verschlossen. Die Speichelproben wurden mittels Kühltasche umgehend ins Labor geliefert. Bei der Studie handelte es sich um eine Doppelblindstudie, sowohl die Studienleiter als auch die Teilnehmer wussten nicht welcher Inhalationsstoff auf die Maske geträufelt war. Eine Gruppe erhielt ein Placebo aus reinem Wasser, die zweite Gruppe erhielt 0,4% Kopulinlösung und die dritte Gruppe erhielt eine 0,8% Kopulinlösung. Die Teilnehmer mussten die Lösung 30 Minuten inhalieren.



Abbildung13: Foto der Teilnehmer während der Inhalation

Um ein Nachdampfen der Masken zu vermeiden wurden diese sofort aus dem Raum entfernt und fachgerecht entsorgt. Währenddessen gaben die Teilnehmer wieder gleichzeitig ihre zweite Speichelprobe in die zweite Salivette ab. Die Salivetten wurden wieder mit der Kühlbox sofort ins Labor gebracht und tiefgefroren.

Nach fünfzehn Minuten erfolgte die Abgabe der dritten Speichelprobe, die ebenfalls gefroren wurde. Darauf folgte noch einmal eine Pause von fünfzehn Minuten. Zum Abschluss gaben die Teilnehmer ihre vierte Speichelprobe ab, die ebenfalls tiefgefroren wurde.

Die Folgetermine waren am 19. November 2007 und am 26. November wieder von 11.00 bis 12.30. Bei diesen Terminen wurden die oben stehenden Vorgänge wiederholt. Jede Gruppe wurde mit jeder möglichen Versuchsanordnung einmal konfrontiert. Das heißt, jeder Proband bekam einmal Placebo, einmal 0,4%-Lösung und einmal 0,8%-Lösung, wobei die Probanden nicht wussten, welcher Versuchsreihe sie gerade ausgesetzt waren.

Die Speichelproben wurden im Molekularlabor des Instituts für Sportwissenschaften direkt nach Erhalt zentrifugiert und anschließend auf -70° Celsius tiefgefroren.

Im Jänner 2008 wurden die Speichelproben im Labor des Biozentrums der Universität Wien mit Hilfe der ELISA – Technik ausgewertet.

16.6 Die ELISA – Technik

ELISA = Enzyme Linked Immunosorbent Assay bezeichnet ein immunologisches Nachweisverfahren, das mit Hilfe einer enzymatischen Farbreaktion arbeitet. Mit diesem Nachweisverfahren können Proteine, Viren, Hormone, Toxine und Pestizide in einer Probe (z.B. Speichel, Blut etc.) nachgewiesen werden.

Spezifische Antikörper (Immunglobuline) binden sich an die nachzuweisenden Stoffe = Antigene. Sowohl die Antigene als auch die Antikörper werden davor mit verschiedenen Enzymen markiert. Die durch das Enzym katalysierte Reaktion dient als Nachweis für das Vorhandensein des Antigens. Durch Farbumschlag, Fluoreszenz oder Chemolumineszenz wird ein Reaktionspartner, in diesem Fall der Antikörper markiert. Das Ergebnis kann durch die Signalstärke als Funktion der Antigenkonzentration ELISA auch für quantitative Nachweise verwendet werden.

Leinhofer (2002) beschreibt ELISA als eine der bewährtesten immunologischen Nachweismethoden: „Dieser Test ist 1971 von Engvall und Perlmann entwickelt worden und weist heute verschieden Durchführungsverfahren auf.“

- ☐ Kompetitiver ELISA
- ☐ Nichtkompetitiver ELISA
- ☐ Sandwich – ELISA

Zur Auswertung der Speichelproben wurde ein kompetitiver ELISA verwendet.

16.6.1 Der kompetitive ELISA

Beim kompetitiven ELISA wird an Stelle des Antikörpers ein markiertes Kompetitor – Antigen verwendet. Dieses kompetitive Antigen ist eine synthetische Verbindung, die den Analyten ähnlich ist und auch am Antikörper bindet. Es entsteht ein Konkurrenzkampf (Kompetition) um einen Bindungsplatz am Antikörper. Das Signal ist hier indirekt und nicht direkt proportional zur Analyt-Konzentration.

16.7 Die Auswertung

Die Auswertung durch das Labor erfolgte in pg / 30 µl Speichel der Mittelwertskonzentration an Testosteron. Zur besseren Verwertung habe ich für den

statistischen Vergleich in pg / 1000 µl Speichel der Mittelwertskonzentration Testosteron umgerechnet.

Die statistische Auswertung erfolgte mit dem Statistikprogramm Statistika mittels ANOVA mit Messwiederholung.

16.7.1 ANOVA

ANOVA ist ein datenanalytisches und mustererkennendes statistisches Verfahren. ANOVA = analysis of variance.

Mit Hilfe dieses Programms kann man Varianzen und Prüfgrößen berechnen, um Gesetzmäßigkeiten der Daten belegen zu können. ANOVA selbst arbeitet mit einer Zielvariablen, dies wird auch als univariate Varianzanalyse bezeichnet.

Die Verfahren untersuchen, ob sich die Erwartungswerte der metrischen Zufallsvariablen in den verschiedenen Gruppen unterscheiden. Die Frage ist, ob die Varianz zwischen den Gruppen signifikanter im Unterschied ist als innerhalb einer Gruppe. Wenn sie sich signifikant unterscheiden, kann angenommen werden, dass in den Gruppen unterschiedliche Gesetzmäßigkeiten wirken

16.7.2 Grundfragestellung der Untersuchung

Die Grundfragestellung der Untersuchung lautet: „Kann durch die Inhalation von künstlich hergestellten Kopulinen ein Anstieg der endogenen mittleren Testosteronkonzentration beim männlichen Sportler erzielt werden?“

1. Nullhypothese H_0 : „Es besteht kein statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen der Inhalation der Kopuline und dem Anstieg der mittleren Testosteronkonzentration im Speichel, bei allen drei Versuchsgruppen.“

1. Alternativhypothese H_1 : „Es besteht ein statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen der Inhalation der Kopuline und dem Anstieg der mittleren Testosteronkonzentration im Speichel, bei allen drei Versuchsgruppen.“

16.7.3 Weitere Fragestellungen der Untersuchung

Frage zwei: „Haben unterschiedlich hohe Inhalationsdosierungen der Konzentrationen von synthetischen Kopulinen einen Einfluss auf den Anstieg der endogenen mittleren Testosteronkonzentration beim männlichen Sportler?“

2. Nullhypothese H_{0a} : „Es gibt keinen statistisch signifikanten Zusammenhang zwischen der Dosierung der Konzentration der synthetischen Kopuline und der mittleren Testosteronkonzentration im Speichel bei den Versuchsgruppen.“

2. Alternativhypothese H_{1a} : „Es gibt keinen statistisch signifikanten Zusammenhang zwischen der Dosierung der Konzentration der synthetischen Kopuline und der mittleren Testosteronkonzentration im Speichel bei den Versuchsgruppen.“

Frage drei: „Wie ist der zeitliche Verlauf der Reaktion nach der dreißigminütigen Inhalation synthetischer Kopuline, der mittleren Testosteronkonzentration beim männlichen Sportler, wenn es einen Anstieg der mittleren Testosteronkonzentration durch die Inhalation von synthetischen Kopulinen gibt?“

3. Nullhypothese H_{0b} : „Es gibt keinen statistisch signifikanten Zusammenhang zwischen dem zeitlichen Verlauf und des Anstiegs der mittleren Testosteronkonzentration beim männlichen Sportler nach einer dreißigminütigen Inhalation von synthetischen Kopulinen.“

3. Alternativhypothese H_{1b} : „Es gibt einen statistisch signifikanten Zusammenhang zwischen dem zeitlichen Verlauf und des Anstiegs der mittleren Testosteronkonzentration beim männlichen Sportler nach einer dreißigminütigen Inhalation von synthetischen Kopulinen.“

16.8 Die Untersuchungsergebnisse

Die Untersuchungsergebnisse wurden im Statisticaprogramm ANOVA errechnet.

16.8.1 Erste Analyse mit Hilfe der Normalverteilung

Die Ergebnisse der einzelnen Gruppen werden in den folgenden Abbildungen graphisch dargestellt:

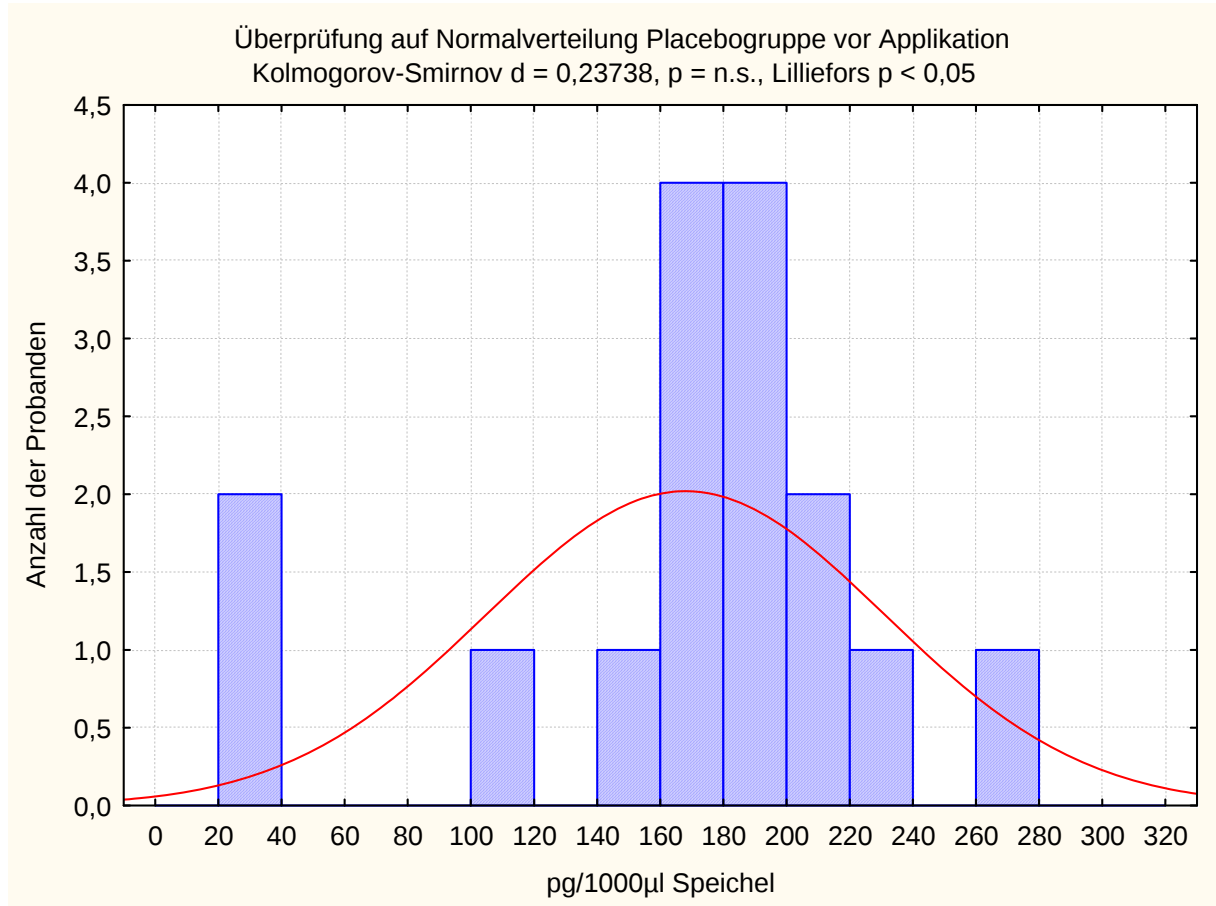


Abbildung14: Überprüfung auf Normalverteilung der Placebogruppe vor Applikation

Wie in der obigen Abbildung ersichtlich, liegen die Ergebnisse der Placebogruppe vor Applikation größtenteils zwischen 160 und 220 pg Testosteron/ 1000 µl Speichel. Die Ergebnisse zeigen eine Normalverteilung.

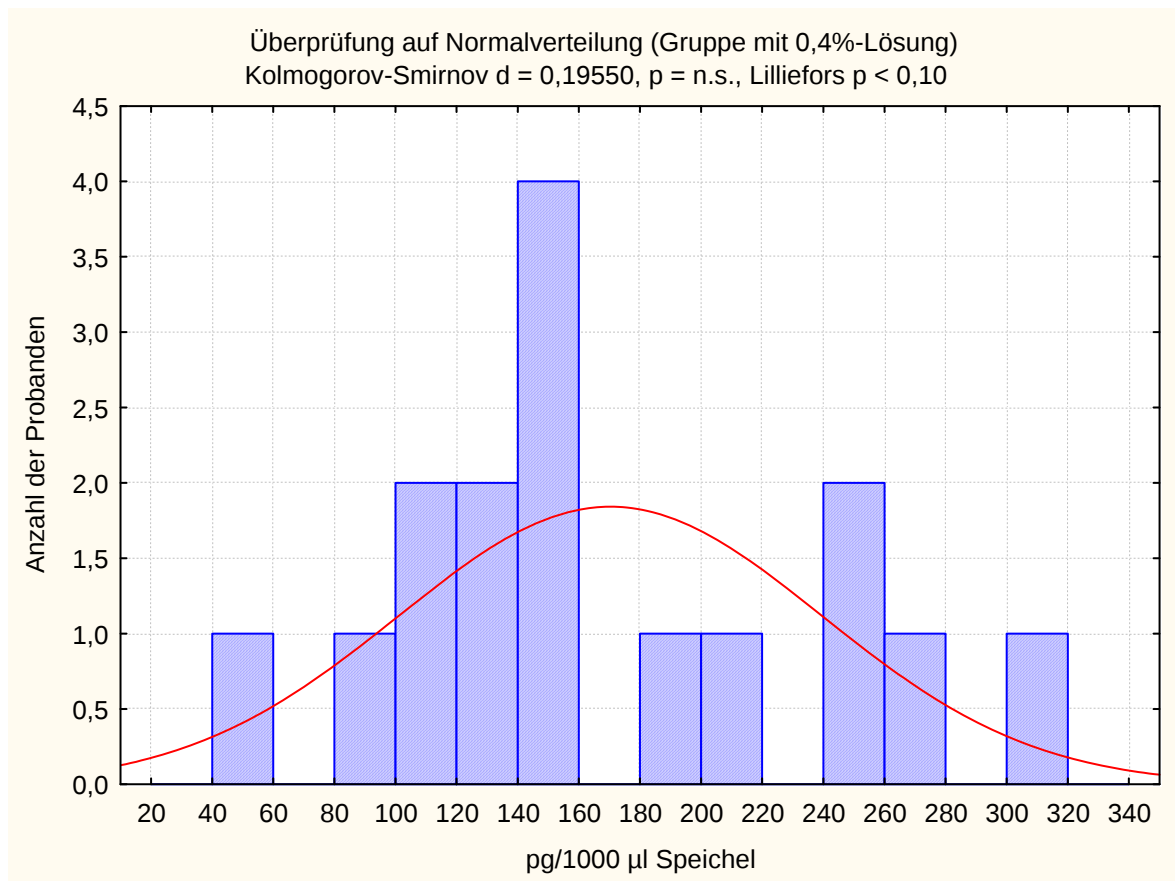


Abbildung15: Überprüfung auf Normalverteilung der Gruppe 0,4% Lösung vor Applikation

Wie in der obigen Abbildung ersichtlich, liegen die Ergebnisse der Gruppe 0,4% Lösung vor Applikation größtenteils zwischen 80 und 280 pg Testosteron/ 1000 µl Speichel. Die Ergebnisse zeigen eine Normalverteilung.

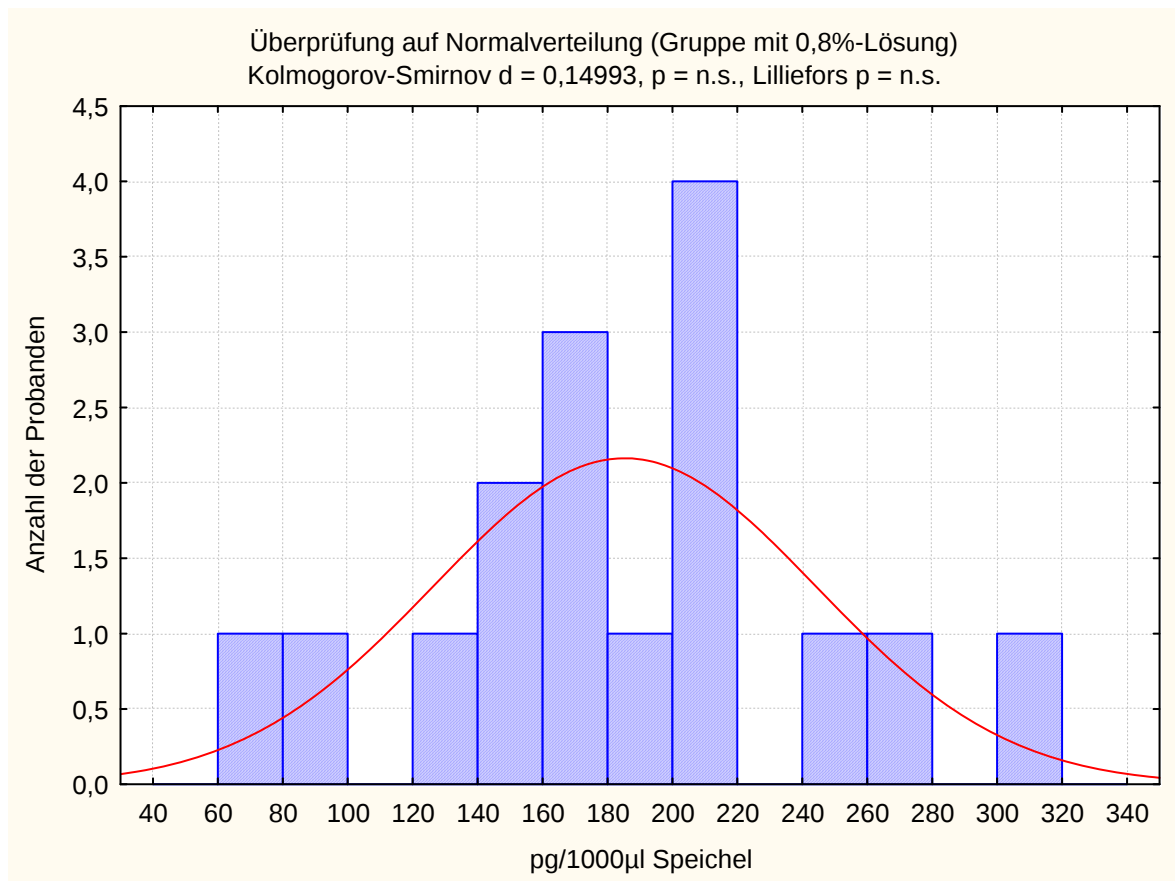


Abbildung16: Überprüfung auf Normalverteilung der Gruppe 0,8% Lösung vor Applikation

Wie in der obigen Abbildung ersichtlich, liegen die Ergebnisse der Gruppe 0,8% Lösung vor Applikation großteils zwischen 140 und 220 pg Testosteron/ 1000 µl Speichel. Die Ergebnisse zeigen eine Normalverteilung.

16.8.2 Deskriptive Statistik der untersuchten Variablen

Die rechnerische Auswertung erfolgte mit Hilfe des Programmpaketes „Statistica“

Tabelle 9: Deskriptive Statistik der untersuchten Variablen der einzelnen Gruppen

Variable	Deskriptive Statistik der untersuchten Variablen						
	n	Mittelw.	Median	Minimum	Maximum	Varianz	Stdabw.
Alter	16	23,6	22,5	19	34	19	4,3
Placebo vor	16	168,0	183,0	30	277	3996	63,2
Placebo nach	16	179,9	171,5	42	326	6749	82,2
Placebo 15 Min.	16	178,1	184,5	58	324	5374	73,3
Placebo 30 Min.	16	157,9	174,5	30	244	3624	60,2

0,4% - vor	16	170,3	150,0	54	308	4804	69,3
0,4% - nach	16	192,9	193,5	76	265	2628	51,3
0,4% - 15 Min.	16	158,1	163,0	49	275	4441	66,6
0,4% - 30 Min.	16	179,9	190,5	68	315	5534	74,4
0,8% - vor	16	185,3	186,5	73	302	3481	59,0
0,8% - nach	16	224,7	213,5	92	342	5449	73,8
0,8% - 15 Min.	16	205,9	205,0	48	387	5965	77,2
0,8% - 30 Min.	16	202,9	181,5	30	444	9109	95,4

In der obigen deskriptiven Statistik wurden die Mittelwerte des Testosteronspiegels der Probanden zu den unterschiedlichen Messzeitpunkten errechnet. Der arithmetische Mittelwert zeigt die Tendenz, dass durch die Inhalation der künstlichen Kopuline der Testosterongehalt im Speichel des Sportlers ansteigt. Am stärksten steigt er in der Gruppe der 0,8% Lösung unmittelbar nach der Inhalation. Interessant erscheint hier, dass auch der Wert der Placebogruppe ansteigt. Meiner Meinung nach ist dies auf den Placeboeffekt zurückzuführen. Ein hoher Testosteronwert wird von den meisten als Symbol für Männlichkeit und Stärke gesehen. Die Erwartungshaltung, durch die Inhalation diesen zu steigern, war bei allen sehr hoch. Durch diese Erwartung vermute ich, dass es zu einem psychosomatischen Anstieg des Testosteronwertes der Placebogruppe gekommen ist.

Auffällig ist, dass bereits der mittlere Testosteronwert vor Inhalation der Gruppe der 0,8% Lösung bereits einen erhöhten Wert gegenüber den anderen Gruppen besaß. Diese Tendenzen sind auch bei den Median- und Maximumwerten erkennbar.

Betrachtet man die Standardabweichungen näher, so fällt auf, dass vor allem 15 Minuten nach Inhalation der Lösung die Streuung insgesamt am höchsten ist. Die Streuung der Werte vor Applikation ist wesentlich geringer als nachher. Daraus könnte man folgern, dass die Reaktion der Probanden auf die verabreichten Mittel bzw. die Erwartungshaltung auf die Wirkung stark individuell verschieden ist:

Tabelle 10: Standardabweichungen über die Testgruppen

Verabreichung	vor	nach	nach 15 Min	nach 30 Min	Summe	Mittelwert
Placebo	168,00	179,90	178,10	157,90	683,90	170,98
0,4 mg	170,30	192,90	158,10	179,90	701,20	175,30

0,8 mg	185,30	224,70	205,90	202,90	818,80	204,70
Summe	523,60	597,50	542,10	540,70		
Mittelwert	174,53	199,17	180,70	180,23		
StdAbw.	9,39	23,05	24,01	22,50		

Interessant ist nun ein grafischer Vergleich der Wirkung der verschiedenen Testanordnungen im Bezug auf den Testosteronspiegel vor und nach Applikation. Die folgenden Grafiken veranschaulichen diesen Vergleich zu den unterschiedlichen Zeitpunkten der Versuchsanordnungen. Jede Grafik wird auch durch eine Tabelle ergänzt, die die grafischen Daten auch zahlenmäßig unterstreicht und eine Fehleranalyse beinhaltet.

16.8.3 Vergleich der Testergebnisse der einzelnen Gruppen untereinander

16.8.3.1 ANOVA: Post-Hoc-Mehrfachvergleiche

Da es bei den Mittelwerten zu Abweichungen gekommen ist, werden mit den Post-Hoc Spannweitentests und paarweisen multiplen Vergleichen die unterschiedlichen Mittelwerte untersucht.

Spannweitentests ermitteln homogene Untergruppen von Mittelwerten, die nicht voneinander abweichen, während die paarweisen die Differenz zwischen gepaarten Mittelwerten testen. Die in einer Matrix angezeigten Ergebnisse weisen bei einem Wert von p (=Signifikanz) $< 0,05$ eine Signifikanz auf.

Die ehrlich signifikante Differenz (HSD) nach Tukey ist ein Testverfahren für Mehrfachvergleiche und Spannweitentest. Beim Tukey – Test wird die Student-Verteilung für alle möglichen paarweisen Vergleiche zwischen den Gruppen verwendet.

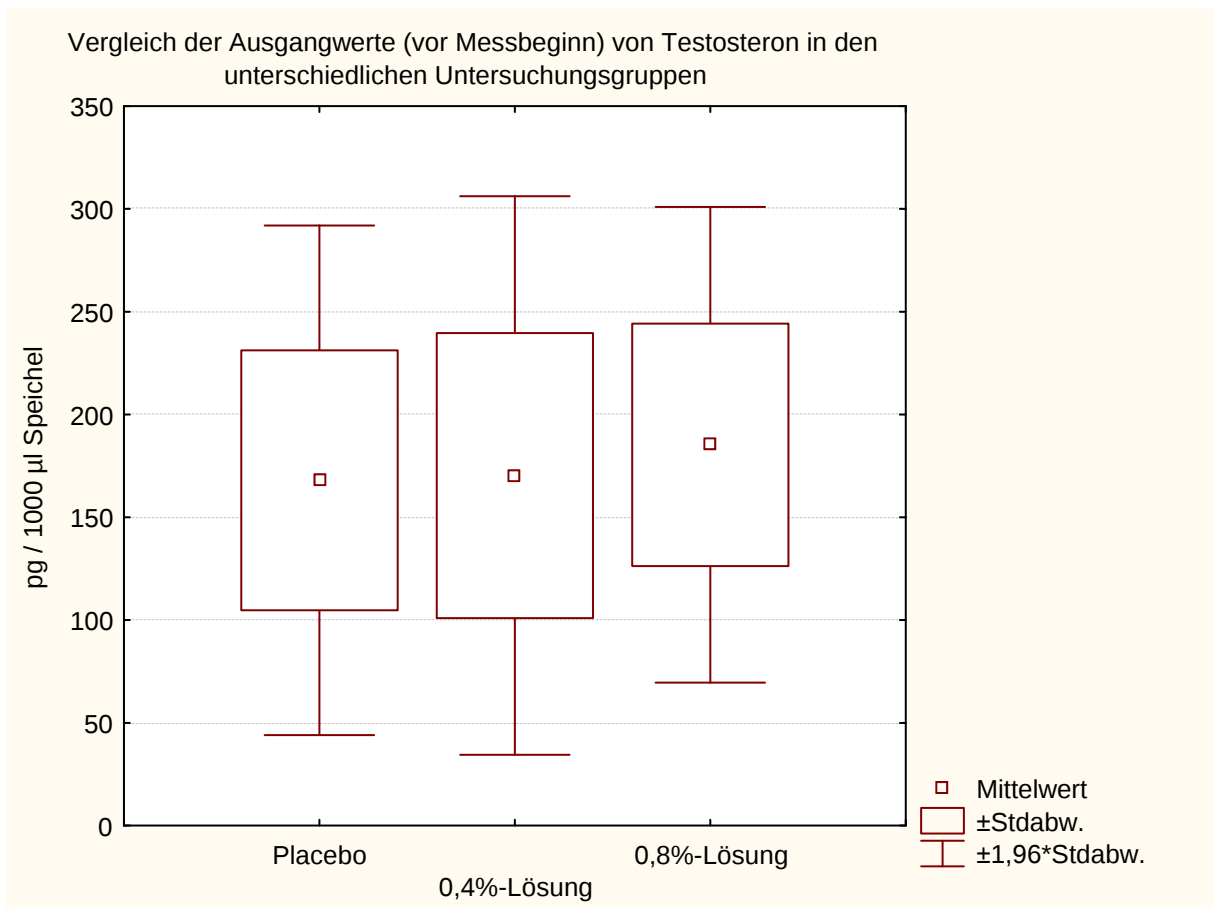


Abbildung17: Vergleich der Ausgangswerte (vor Messbeginn) von Testosteron in den unterschiedlichen Untersuchungsgruppen

In der obigen Abbildung ist der durchschnittlich höhere Mittelwert des Testosteronspiegels in der Gruppe der 0,8% Lösung zu erkennen. Es liegen jedoch alle Gruppen in der Normalverteilung.

Tabelle 11: Gruppenvergleich Ausgangsdaten

Tukey HSD Test; Gruppenvergleich Ausgangsdaten Wahrscheinlichkeiten für Post hoc – Tests Fehler: MQ (Innerh.) = 3268,5, FG = 30,000				
Zelle Nr.	R1	{1}	{2}	{3}
		168,00	170,31	185,25
1	Placebo		0,992886	0,673321
2	0,4%	0,992886		0,742566
3	0,8%	0,673321	0,742566	

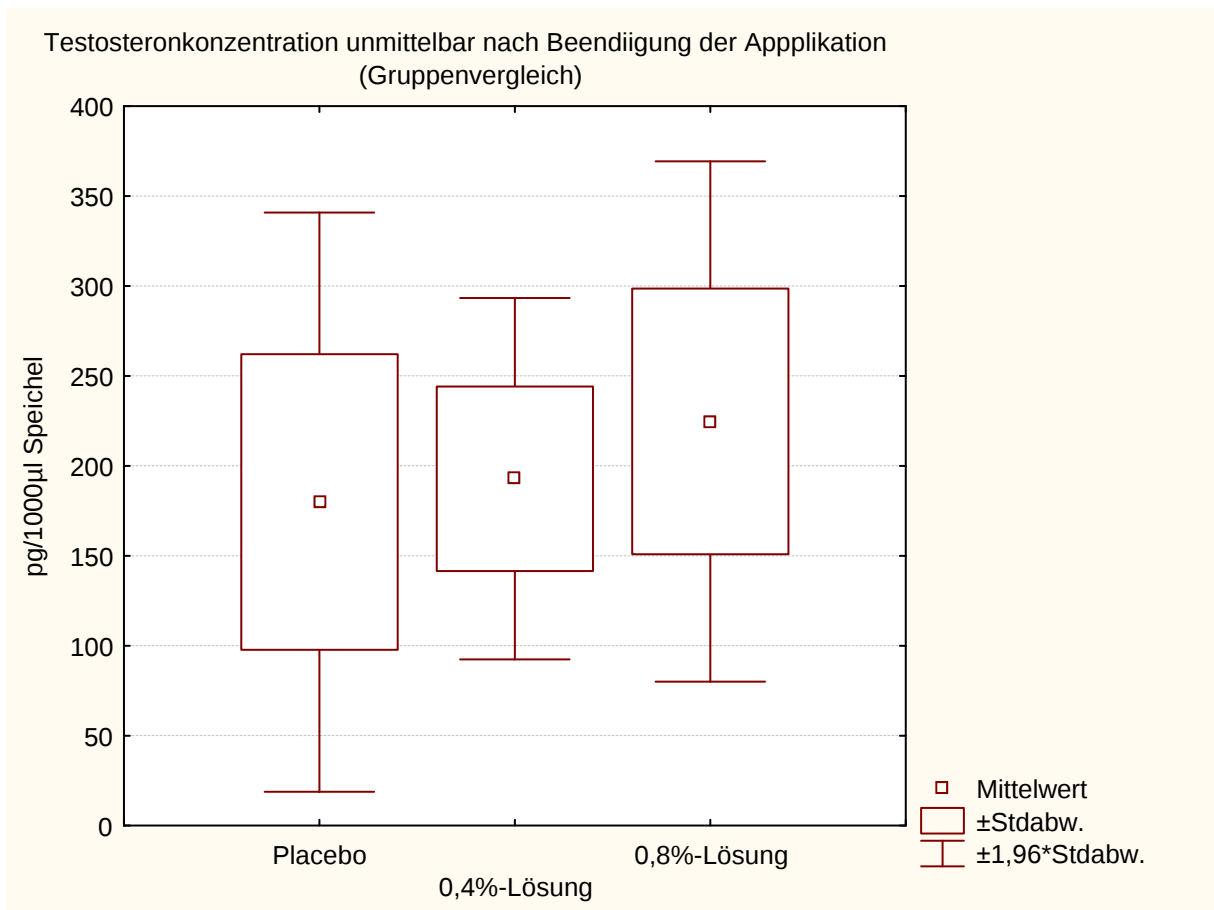


Abbildung 18: Testosteronkonzentration unmittelbar nach Beendigung der Applikation (Gruppenvergleich)

Die obige Tabelle und Abbildung zeigt, dass die Ausgangssituation der einzelnen Gruppen keine statistisch signifikanten Unterschiede aufweisen.

Tabelle 12: Unmittelbar nach Anwendung

Tukey HSD Test; Unmittelbar nach Anwendung Wahrscheinlichkeiten für Post hoc Tests Fehler: MQ (Innerh.) = 5124,2, FG = 30,000				
Zelle Nr.	R1	{1}	{2}	{3}
		179,88	192,87	224,69
1	Placebo		0,865372	0,196705
2	0,4%	0,865372		0,430054
3	0,8%	0,196705	0,430054	

Abbildung19: Testosteronkonzentration nach Beendigung der Applikation (Gruppenvergleich)

Auch unmittelbar nach Applikation der Kopuline konnte kein statistisch signifikanter Unterschied zwischen den einzelnen Gruppen untereinander errechnet werden.

Tabelle 13: Gruppenvergleich 15 Minuten nach Applikation

	Tukey HSD Test; Gruppenvergleich 15 Minuten nach Applikation Wahrscheinlichkeiten für Post hoc-Tests Fehler: MQ (Innerh.) = 5453,5, FG = 30,000			
Zelle Nr.	R1	{1}	{2}	{3}
		178,13	158,06	205,94
1	Placebo		0,725033	0,542634
2	0,4%	0,725033		0,176117
3	0,8%	0,542634	0,176117	

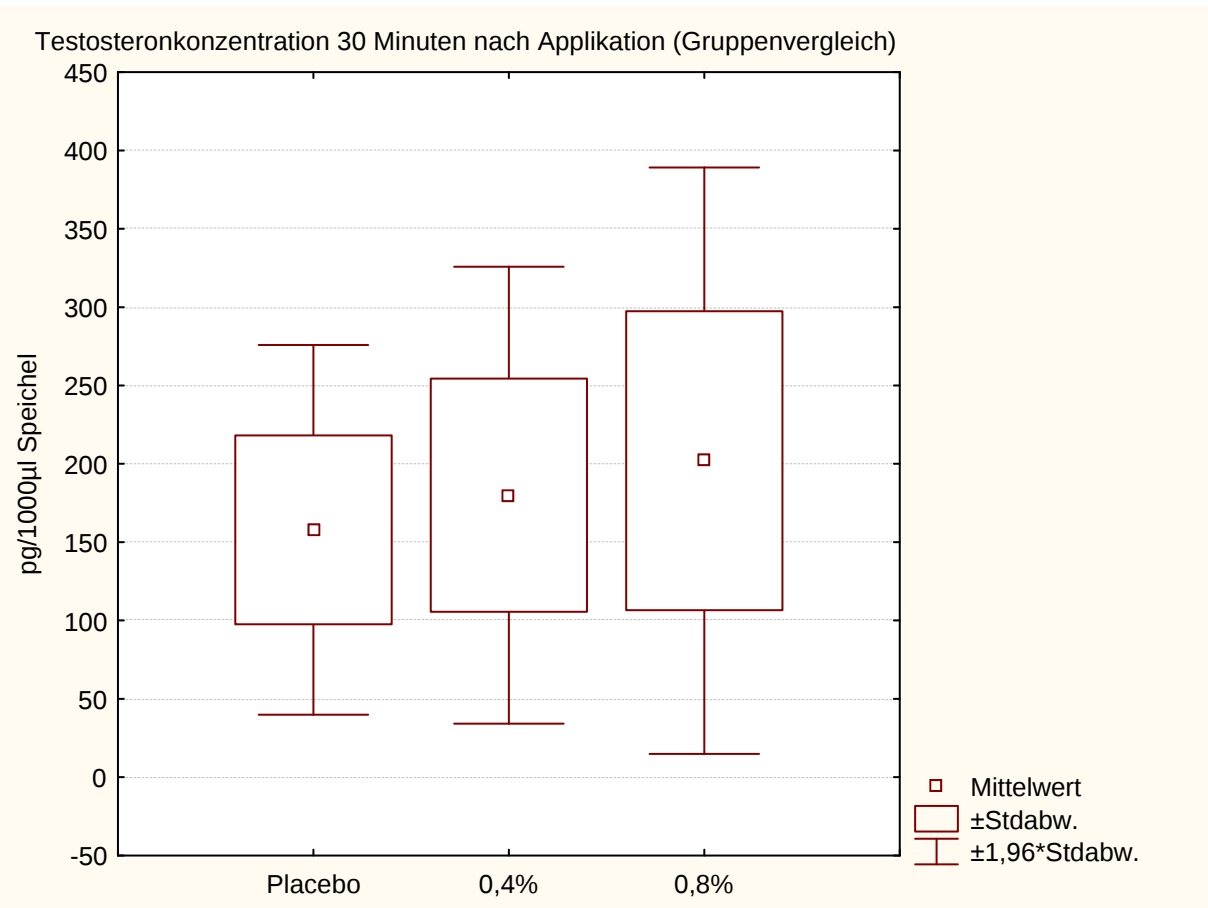


Abbildung 20: Testosteronkonzentration 30 Minuten nach Applikation (Gruppenvergleich)

Tabelle 14: Gruppenvergleich 30 Minuten nach Applikation

Tukey HSD Test; Gruppenvergleich 30 Minuten nach Applikation – Wahrscheinlichkeiten für Post hoc Tests				
Fehler: MQ (Innerh.) = 6318,5, FG = 30,000				
Zelle Nr.	R1	{1}	{2}	{3}
		157,88	179,94	202,00
1	Placebo		0,715027	0,274017
2	0,4%	0,715027		0,715027
3	0,8%	0,274017	0,715027	

Testosteronwerte zu den unterschiedlichen Messzeitpunkten (Placebogruppe)

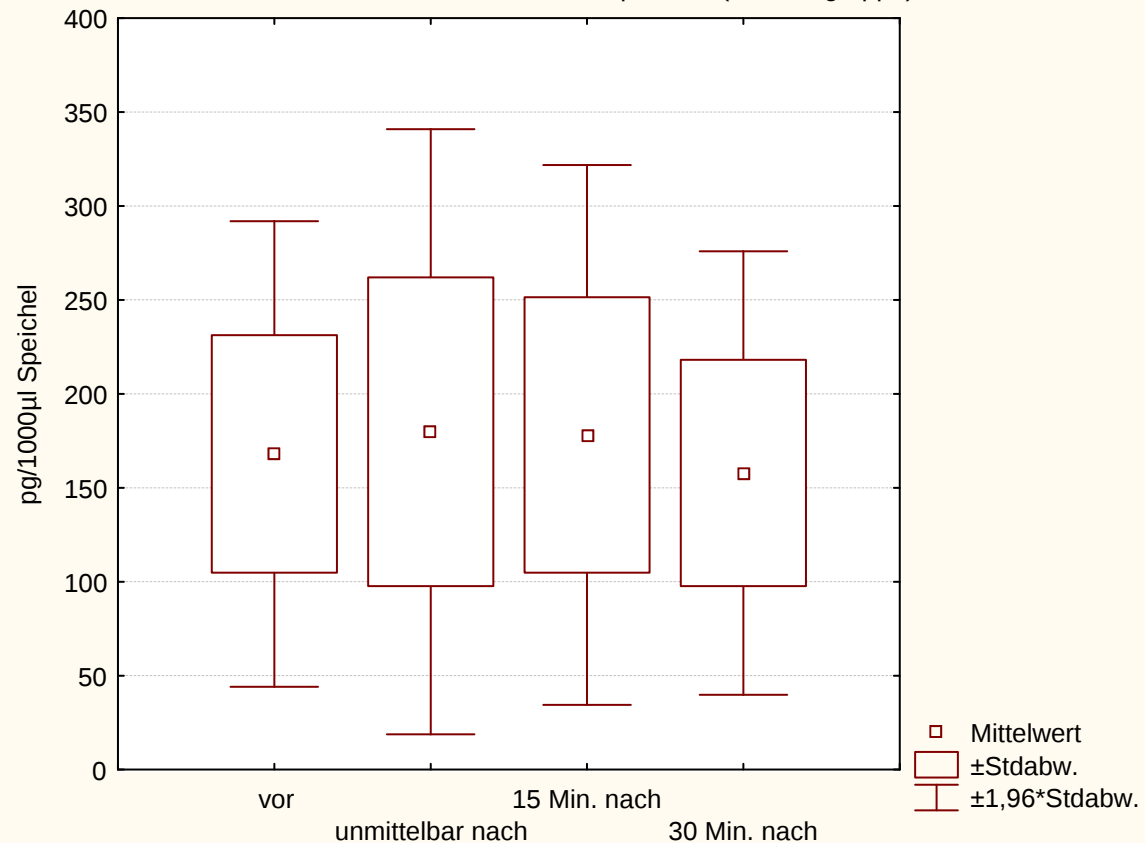


Abbildung 21: Testosteronwerte zu den unterschiedlichen Messzeitpunkten (Placebogruppe)

Auch unmittelbar nach Applikation der Kopuline konnte kein statistisch signifikanter Unterschied zwischen den einzelnen Gruppen untereinander errechnet werden.

16.8.4 Vergleich der Testergebnisse der einzelnen Messzeitpunkte der jeweiligen Gruppen

Tabelle 15: Tukey HSD Test, Placebogruppe

Zelle Nr.	Tukey HSD Test; Placebogruppe – Wahrscheinlichkeiten für Post hoc Tests - Fehler: MQ (Innerh.) = 2399,9, FG = 45,000				
	R1	{1}	{2}	{3}	{4}
		168,00	179,88	178,13	157,88
1	vor		0,902118	0,936302	0,936302
2	unmitt. nach	0,902118		0,999669	0,586393
3	15 Min.	0,936302	0,999669		0,649191

	nach				
4	30 Min. nach	0,936302	0,586393	0,649191	

Tabelle 16: Friedmanns ANOVA und Kendalls Konkordanzkoeffizient, Placebogruppe

Variable	Friedmanns ANOVA und Kendalls Konkordanzkoeff. Placebogruppe ANOVA Chi² (N = 16, FG = 3) = 0,6075949 p < 0,89469 Konkordanzkoeff. = 0,01266 Mittl. Rang r = 0,0532			
	Mittl. Rang	Rangsumme	Mittelw.	. Stdabw
vor	2,375000	38,00000	168,0000	63,21076
unmitt. nach	2,625000	42,00000	179,8750	82,15260
15 Min. nach	2,625000	42,00000	178,1250	73,30928
30 Min. nach	2,375000	38,00000	157,8750	60,19953

Die Placebogruppe wies zu keinem Untersuchungszeitpunkt einen statistisch signifikanten Unterschied auf.

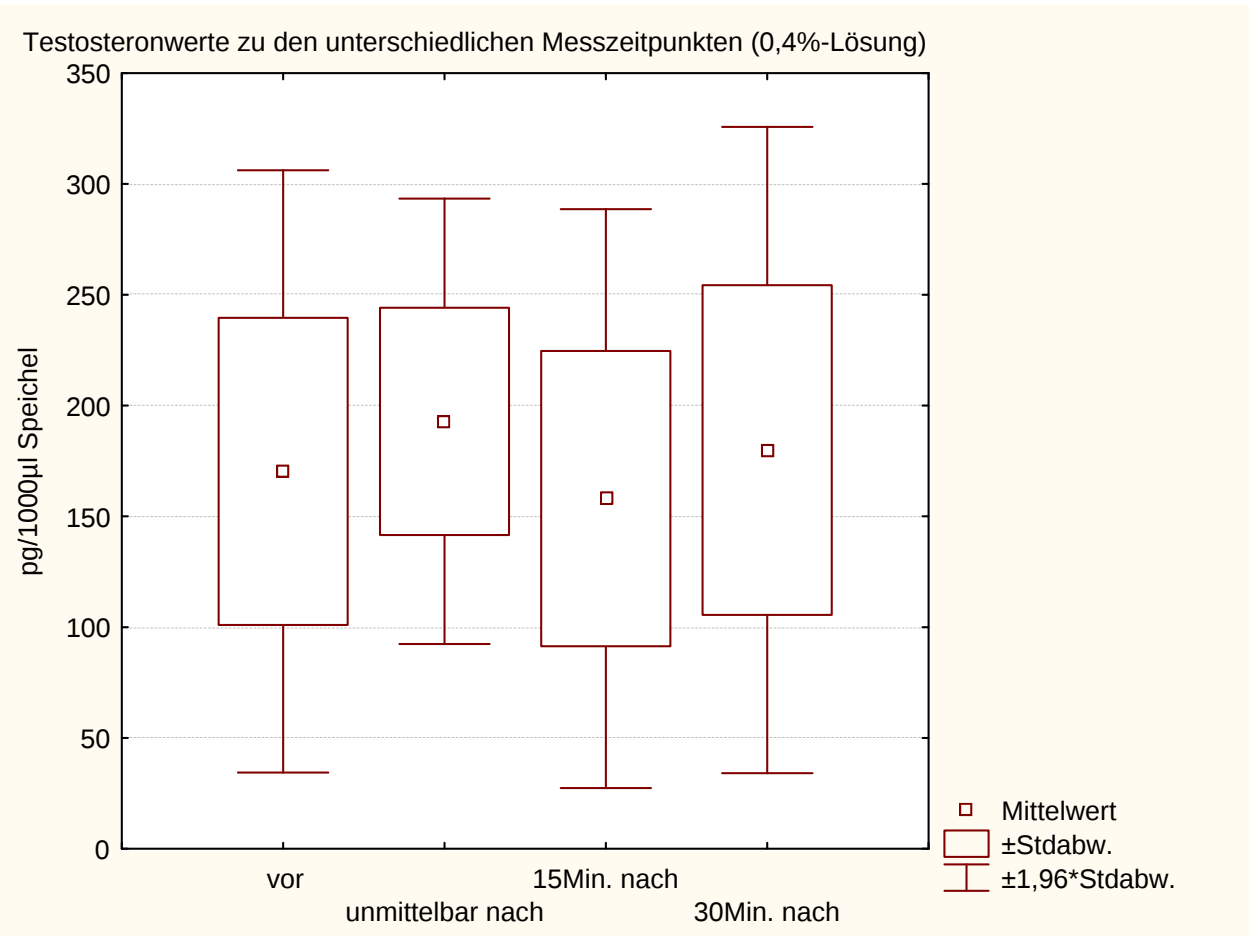


Abbildung 22: Testosteronwerte zu den unterschiedlichen Messzeitpunkten (0,4% - Lösung)

Tabelle 17: Tukey HSD Test (0,4% - Lösung)

Zelle Nr.	Tukey HSD Test; (0,4% - Lösung) –Wahrscheinlichkeiten für Post hoc Tests - Fehler: MQ (Innerh.) = 2457,8, FG = 45,000				
	R1	{1}	{2}	{3}	{4}
		170,31	192,87	158,06	179,94
1	vor		0,575770	0,897047	0,946378
2	unmitt. nach	0,575770		0,208471	0,881273
3	15 Min. nach	0,897047	0,208471		0,600323
4	30 Min. nach	0,946378	0,881273	0,600232	

Tabelle 18: Friedmans ANOVA und Kendalls Konkordanzkoeffizient (0,4% - Lösung)

Variable	Friedmans ANOVA und Kendalls Konkordanzkoeff. (0,4% - Lösung) ANOVA Chi ² (N = 16, FG = 3) = 0,6000000 p < 0,11161 Konkordanzkoeff. = 0,12500 Mittl. Rang r = 0,6667			
	Mittl. Rang	Rangsumme	Mittelw.	. Stdabw
vor	2,250000	36,00000	170,3125	69,30774
unmitt. nach	3,000000	48,00000	192,8750	51,26776
15 Min. nach	2,000000	32,00000	158,0625	66,64380
30 Min. nach	2,750000	44,00000	179,9375	74,38949

Die Ergebnisse der Gruppe (0,4% Lösung) weisen zu keinem Zeitpunkt eine statistische Signifikanz auf.

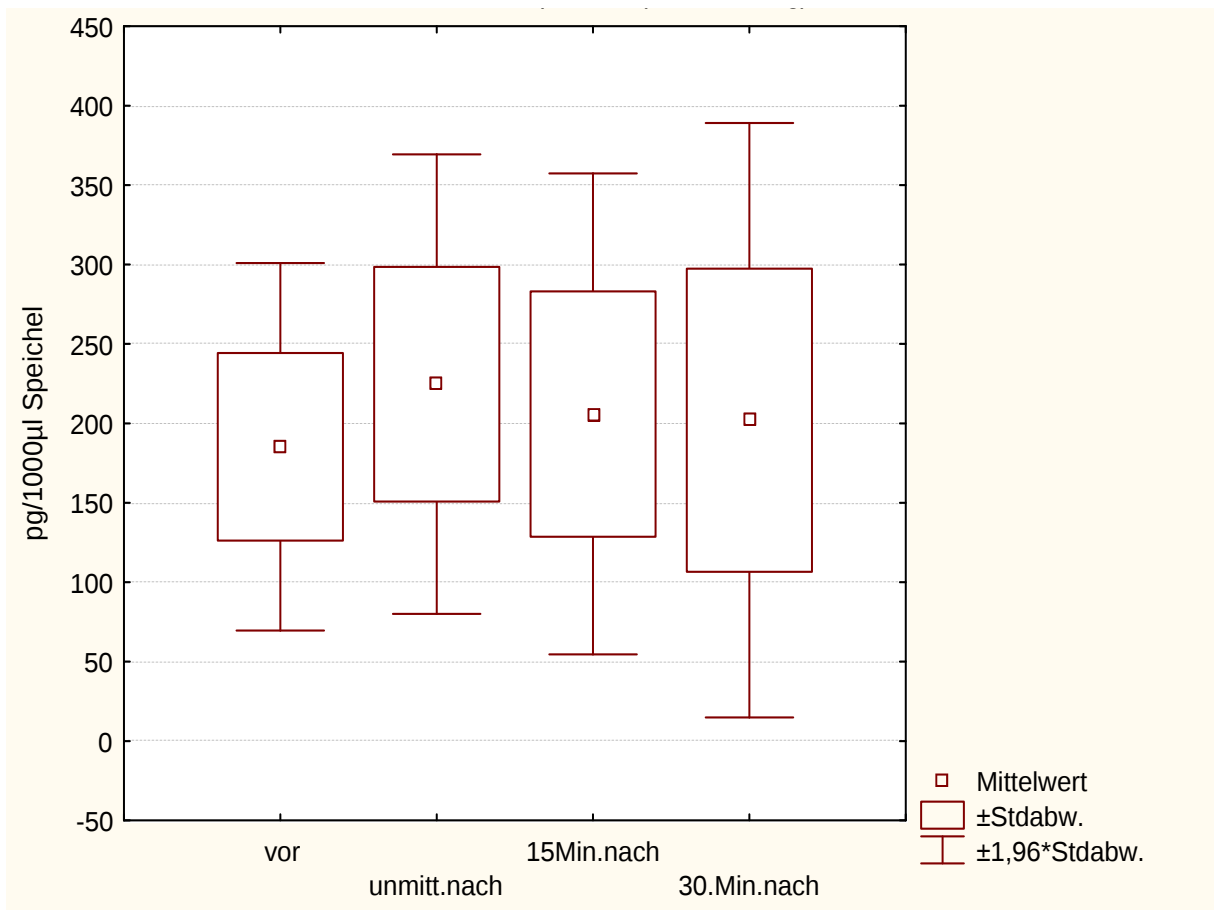


Abbildung23: Testosteronwerte zu den unterschiedlichen Messzeitpunkten (0,8% - Lösung)

Tabelle 19: Tukey HSD Test; (0,8% - Lösung)

Zelle Nr.	Tukey HSD Test; (0,8% - Lösung) –Wahrscheinlichkeiten für Post hoc Tests - Fehler: MQ (Innerh.) = 3019,2, FG = 45,000				
	R1	{1}	{2}	{3}	{4}
		185,25	224,69	205,94	202,00
1	vor		0,192431	0,712459	0,824218
2	unmitt. nach	0,192431		0,769817	0,650005
3	15 Min. nach	0,712459	0,769817		0,997076
4	30 Min. nach	0,824218	0,650005	0,997076	

Tabelle 20: Friedmans ANOVA und Kendalls Konkordanzkoeffizient (0,8% - Lösung)

Variable	Friedmans ANOVA und Kendalls Konkordanzkoeff. (0,8% - Lösung) ANOVA Chi ² (N = 16, FG = 3) = 7,275000 p < 0,06363 Konkordanzkoeff. = 0,15156 Mittl. Rang r = 0,09500			
	Mittl. Rang	Rangsumme	Mittelw.	. Stdabw
vor	2,125000	34,00000	185,2500	59,00226
unmitt. nach	3,125000	50,00000	224,6875	73,81754
15 Min. nach	2,687500	43,00000	205,9375	77,23511
30 Min. nach	2,062500	33,00000	202,0000	95,44003

Auch die Gruppe (0,8% Lösung) wies zu keinem Zeitpunkt einen statistisch signifikanten Unterschied auf.

17 Diskussion

Die Grundfrage der Studie lautete: Kann durch die Inhalation von künstlich hergestellten Kopulinen ein Anstieg der endogenen mittleren Testosteronkonzentration bei männlichen Sportlern erzielt werden? Wie bereits in Kapitel 16.1.1 beschrieben, stellte Michael et al. (1971, S. 964) fest, dass ein starker Zusammenhang zwischen Kopulinen und dem Sexualverhalten von Primaten besteht. Curtis et al. (1971, S. 396) untersuchte die Wirkung von künstlich hergestellten Kopulinen an Primaten. Die Ergebnisse zeigten, dass künstlich hergestellte Kopuline das gleiche Sexualverhalten bei männlichen Primaten auslöste wie natürliche Kopuline.

In den vergangenen Jahren wurde der Einfluss von Pheromonen auf den Menschen immer wieder untersucht. Viele Studien über die Beeinflussung des endokrinen Systems durch Pheromone wurden veröffentlicht.

Fukui, Komaki, Okui, Toyoshima und Kuda (2007, S. 433) stellten fest, dass unterschiedliche Gerüche den Cortisol und Testosteronspiegel bei Frauen und Männern beeinflussen können. Der Geruch von Moschus ließ den Testosteronspiegel bei Männern sinken, bei Frauen stieg er an. Der Duft von Blumen führte bei Männern zu einem Testosteronanstieg, bei Frauen jedoch zu einem Testosteronabfall. Die Ergebnisse zeigen, dass die hormonelle Reaktion auf Gerüche geschlechtsabhängig ist. Bensafi, Brown, Khan, Levenson und Sobel (2004, S.11) untersuchten, ob die Inhalation von Pheromonen einen Einfluss auf die Stimmung der Testpersonen hatte. Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass durch Pheromone Stimmungen beeinflusst werden können. Diese Resultate untermauern die besondere Rolle für diese Pheromonverbindungen in der chemischen Kommunikation zwischen zwei Menschen.

Savic, Berglund, Gulyas und Roland (2001, S. 661) fanden heraus, dass Frauen und Männer in unterschiedlichen Bereichen des Hypothalamus auf Sexualduftstoffe reagieren. Frauen reagieren auf Androstenon mit einer Reaktion der preoptic und ventromedialen Kerne des Hypothalamus, während Männer Reaktionen auf östrogenähnliche Duftstoffe in den paraventricular und dorsomedialen Kernen des Hypothalamus zeigen.

Savic, Berglund und Lindström (2005, S.7356) untersuchten ob Pheromone bei Männer, Frauen und auch homosexuellen Männern wirken. Sie fanden heraus, dass Frauen eine hypothalamische Reaktion auf Andostenon zeigen, Männer reagieren auf östrogenähnliche

Duftstoffe und homosexuelle Männer wieder auf Androsteron. Diese Ergebnisse zeigen, dass unser Gehirn unterschiedlich auf die beiden vermeintlichen Pheromone im Vergleich mit gemeinsamen Gerüchen reagiert, und legen nahe, dass es einen Zusammenhang zwischen der sexuellen Orientierung und neuronalen Prozessen des Hypothalamus gibt. Eine Folgestudie von Berglund, Lindström und Savic (2006, S. 8269) mit lesbischen Frauen untermauerten die Ergebnisse der obigen Studie. Die Daten ergaben, dass es eine differenzierte Verarbeitung von Pheromon-ähnlichen Reizen beim Menschen gibt. Außerdem wurde eine Verbindung zwischen Hypothalamus und den neuronalen Schaltkreisen sowie den sexuellen Präferenzen festgestellt.

Wie eine Studie von Wyart, Webster, Chen, Wilson, McClary, Khan und Sobel (2007, S. 1261) zeigt, fördert die Inhalation von männlichen Pheromonen, in Form von Androsteron (4,16-androstadien-3-one), den Anstieg des Hormons Cortisol bei Frauen. Auch Sobel, Prabhakaran, Hartley, Desmond, Glover, Sullivan und Gabrieli (1999, S. 209) konnten eine Reaktion auf Pheromone feststellen. Sie ließen die Probanden mehrere Lösungskonzentrationen ($p = 0,004$ und $p = 0,08$) an Pheromonen (oestra – 1,3,5,(10), 16tetraen – 3ylacetate) inhalieren. Beide waren durch ihren Geruch nicht wahrnehmbar, es konnten jedoch eindeutige hypothalamische Reaktionen nachgewiesen werden. Vor allem in der linken Gehirnhälfte waren die Reaktionen verstärkt wahrnehmbar. Diese Ergebnisse wurden von Shepherd (2006, S. 149) bestätigt, der die neuronale Reaktion mit dem Vomeronasalorgan in Zusammenhang bringen konnte.

Bensafi, Brown, Tsutsui, Mainland, Johnson, Bremner, Young, Mauss, Ray, Gross, Richards, Stappen, Levenson und Sobel (2003, S. 1125) untersuchten den Einfluss von 4,16 Androstenon-3-one und 1,3,5(10),16 – Östrogen-3-ol auf 24 Testpersonen (männlich und weiblich). Androstenon führte zu einer sexuellen Erregung bei Frauen, aber zu einem Abfall der sexuellen Erregung bei Männern. Östrogen bewirkte weder bei Männern noch bei Frauen eine sexuelle Reaktion. Die Ergebnisse zeigen, dass Androsteron eine erhebliche Rolle in der chemischen Interaktion zweier Menschen spielt. Keller, Zhuang, Chi, Vosshall und Matsunami (2007, S. 468) fanden heraus, dass unterschiedliche Personen, unterschiedlich auf den Geruch verschiedener Testosteronformen (5 α Andostenon-16en-3-on oder Androsta-4,16-dien-3) reagieren. So empfanden unterschiedliche Personen den gleichen Geruch als anstößig (schwitzend), angenehm (floral) oder geruchlos. Diese Ergebnisse zeigen eine erste Verbindung zwischen der

Funktion eines menschlichen Duftstoff-Rezeptors in vitro und der geruchlichen Wahrnehmung.

Diese Studien ließen vermuten, dass durch die Inhalation künstlich hergestellter Kopuline eine Reaktion des Testosteronspiegels beim männlichen Sportler ausgelöst werden kann.

Die durchgeführte Studie zeigte zwar eine Tendenz zu einem Testosteronanstieg, bei der Versuchsreihe mit der 0,8% Lösung. Dieser war jedoch nicht statistisch signifikant ausgeprägt.

Diese Ergebnisse stehen im Gegensatz zu den Ergebnissen bisher durchgeführter Studien mit Tieren. Wie bereits oben zitiert, haben vor allem Studien mit Primaten gezeigt, dass das männliche Sexualverhalten bei Tieren durch die geruchliche Reizung mit Pheromonen gesteuert wird. Kimchi, Xu und Dulac (2007, S. 1009) führten Untersuchungen an Mäusen durch. Diese Studie zeigte, dass der männliche Sexualtrieb bei Mäusen fast ausschließlich durch die Pheromone der weiblichen Maus gesteuert wird.

Es ist anzunehmen, dass die Wahrnehmung der Pheromone bei Tieren deutlicher ausgeprägt ist, da sie über einen besseren Geruchssinn als beim Menschen verfügen. Apfel (2006) weist jedoch darauf hin, dass der menschliche Geruchssinn lange unterschätzt wurde. Sobel (2006; zit.n. Apfel, 2006) von der University of California in Berkeley fand heraus, dass Menschen ähnlich dem Hund Geruchspuren am Boden verfolgen können. Defizite der Geruchsrezeptoren werden durch das Gehirn ausgeglichen. Defizite entstehen vorwiegend durch die geringere Zahl an Geruchsrezeptoren beim Menschen als beim Tier.

Wie bereits Keller et al. (2007) festgestellt haben, gibt es individuelle Wahrnehmungsempfindungen ein und desselben Androstenons bei unterschiedlichen Testpersonen. Die Vermutung liegt nahe, dass es mehrere Kopulinzusammensetzungen gibt, die ebenfalls unterschiedliche Reaktionen bei Testpersonen hervorrufen.

Für den Sportbereich ist es nicht zu erwarten, dass durch die Inhalation von Kopulinen ein kalkulierbarer Testosteronanstieg erreicht und dadurch die sportliche Leistungsfähigkeit gesteigert werden kann.

17.1 Zusammenfassung der Ergebnisse

Es konnte kein statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen der Inhalation von künstlich erzeugten Kopulinen und der Veränderung der Testosteronkonzentration im Speichel der Probanden ermittelt werden. Die Nullhypothese H_0 muss daher angenommen werden. Die Alternativhypothese H_1 wird verworfen.

Es muss daher angenommen werden, dass durch die Inhalation von synthetischen Kopulinen kein signifikanter Anstieg der Testosteronkonzentration beim männlichen Sportler erzielt werden kann.

Auch die zweite Nullhypothese H_{0a} muss angenommen werden. Die unterschiedlichen Inhalationsdosierungen der Konzentration von synthetischen Kopulinen können den Anstieg der mittleren Testosteronkonzentration beim männlichen Sportler nicht beeinflussen. Die Alternativhypothese H_{1a} wird falsifiziert.

Auch bei der Ermittlung der Frage drei muss die Nullhypothese H_{0b} verifiziert werden.

Die Alternativhypothese H_{1b} , dass es einen statistisch signifikanten Zusammenhang zwischen dem zeitlichen Verlauf und des Anstiegs der mittleren Testosteronkonzentration beim männlichen Sportler nach einer dreißigminütigen Inhalation von synthetischen Kopulinen gibt, musste leider verworfen werden.

18 Schlussbemerkung

In der Studie konnte nicht gezeigt werden, dass die Inhalation synthetischer Kopuline beim Mann als Pheromone wirksam ist und Veränderungen in der Physiologie hervorruft.

Auch der Einfluss der Inhalation synthetischer Kopuline auf die Hypothalamus-Hypophysen-Gonadenachse mit einer darauf folgenden Veränderung des Testosteronspiegels konnte nicht bewiesen werden.

Weder die höhere Konzentration der Kopuline noch der Messzeitpunkt konnten eine statistisch signifikante Veränderung der Testosteronkonzentration im Speichel des männlichen Sportlers aufzeigen.

Ich bin davon überzeugt, dass der menschliche Geruchssinn in der heutigen Zeit oft schon desensibilisiert ist. Durch die regelmäßige Verwendung von Deodorants, Parfums, Cremes

und anderen parfümierten Hygieneprodukten kommt es zu einer gewissen Reizüberflutung. Möglicherweise wird dadurch auch die Inhalation der Kopuline beeinflusst.

Bei einer Wiederaufnahme einer ähnlich gestalteten Untersuchung wäre vielleicht die Bitte an die Probanden, während des Untersuchungszeitraums auf stark parfümierte Hygieneprodukte zu verzichten, ein wichtiger Hinweis.

Es wäre möglich, dass die Inhalation über dreißig Minuten ein zu lange angesetzter Zeitraum war, da es möglich ist, dass der Verdunstungsprozess stärker war, als ursprünglich angenommen wurde. Vor einer neuen Studie müsste eine Verdunstungsmessung durchgeführt werden.

Weiterführend wäre es interessant, ob eine höhere Lösungsdosierung eine statistische Signifikanz erzielen kann.

19 Eigenes Resümee

Die Erwartungen an die Studie haben sich leider nicht erfüllt. Es war zwar eine klare Tendenz erkennbar, dass durch die Inhalation der 0,8% Lösung eine Erhöhung des Testosteronspiegels im Speichel erzielt werden kann. Leider haben nicht alle Probanden gleich stark auf die Inhalation reagiert, dadurch konnte keine Signifikanz erzielt werden. Vielleicht würde eine größere Untersuchungsgruppe ein anderes Ergebnis erzielen.

Die Durchführung der wissenschaftlichen Untersuchung war für mich sehr interessant und spannend.

Ich finde das Thema der Kopuline weiterhin recht brisant. Kopuline stellen eine relativ natürliche Beeinflussung des Körpers dar und könnten daher eine natürliche Ergänzung zum Training bieten.

20 Literaturliste

- Amberg – Müller, J. (2000, 29. Juni). Pheromone in kosmetischen Produkten. Die Beeinflussung des anderen Geschlechts mit körpereigenen menschlichen Geruchsstoffen. eine Übersicht über Physiologie und Toxikologie. Zugriff am 11. Oktober 2008 unter www.bag.admin.ch/dokumentation/publikationen/02212/index.html?lang=de&download=M3wBPgDB
- Apfel, P. (2006, 18. Dezember). *Menschen sind wahre Spürhunde*. Zugriff am 13. Oktober 2008 unter http://www.focus.de/gesundheit/ratgeber/gehirn/news/geruchssinn_aid_121265.html
- Atzmüller, M. (1998). *Menschliche Pheromone. der Einfluss von 5 α -Androst-16-en-3-on auf Testosteronspiegel und Kooperationsverhalten des Mannes*. Diplomarbeit, Universität Wien.
- Bensafi, M., Tsutsui, T., Khan, R., Levenson, R. W. & Sobel, N. (2004). Sniffing a human sex – steroid derived compound affects mood and autonomic arousal in a dose – dependent manner. *Psychoneuroendocrinology*, 29, 1290 – 1299.
- Bensafi, M., Brown, W. M., Khan, R., Levenson, B. & Sobel, N. (2004). Sniffing human sex-steroid derived compounds modulates mood, memory and autonomic nervous system function in specific behavioral contexts. *Behavioural Brain Research*, 152, 11 – 22.
- Bensafi, M., Brown, W. M., Tsutsui, T., Mainland, J. D., Johnson, B. N., Bremner, E. A., Young, N., Mauss, I., Ray, B., Gross, J., Richards, J., Stappen, I., Levenson, R. W. & Sobel, N. (2003). Sex-steroid derived compounds induce sex-specific effects on autonomic nervous system function in humans. *Behavioral Neuroscience*, 117(6), 1125 – 1134.
- Berglund, H., Lindström, P. und Savic, I. (2006). Brain response to putative pheromones in lesbian women. *PNAS*, 103 (21), 8269 – 8274.
- Bosco, C., Colli, R., Bonomi, R., Duvillard, S. & Viru, A. (2000). Monitoring strength training: neuromuscular and hormonal profile. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 32, 202 – 208.
- Byczkowski, T. (2004, 13. Jänner). *Hormonschub durch Workout*. Zugriff am 11. Oktober 2008 unter <http://www.menshealth.de/fitness/muskelpillen/hormonspiegel-abhaengig-von-der-sportart.14621.htm>
- Celio, M. R. (2007, 25. Februar). *Der sekundäre Knochenumbau*. Zugriff am 11. Oktober 2008 unter <http://www.unifr.ch/anatomy/elearningfree/allemand/stuetzgewebe/knochenumbau/regul/d-regul.php>
- Clasing, D. (2004). *Doping und seine Wirkstoffe: Verbotene Arzneimittel im Sport*. Balingen: Spitte Verlag
- Curtis, R. F., Ballantine, J. A., Keverne, E. B., Bonsall, R. W., & Michael, R. P. (1971). Identification of primate sexual pheromones and the properties of synthetic attractants. *Nature*, 232, 396-398.

- Duden (2008). *Basiswissen Schule*. Bibliographisches Institut & F. A. Brockhaus AG und Duden Paetec GmbH. Zugriff am 11. Oktober 2008 unter <http://www.schuelerlexikon.de/SID/1f6718cd1f9dfc647dddbb268211c76d/index.php?id=87>
- Fanger, O. P. (1988). Introduction of the Olf and dezipol Units to Quantify Air Pollution by Humans Indoor. *Energy and Buildings*, 12, 1 – 6
- Fukui, H., Komaki, R., Okui, M., Toyoshima, K. & Kuda, K. (2007). The effects of odor on Cortisol and testosterone in healthy adults. *Neuro Endocrinol Lett.*, 28 (4), 433 - 437.
- Hakkinen, K., Pakarinen, A., Newton, R. & Kraemer, W. (1998). Acute hormone responses to heavy resistance and lower an upper extremity exercise in younger versus old men. *European Journal of Applied Physiology*, 77, 312 – 319
- Hanzl, J. (2006). *Hormone im Kraftsport und Auswirkungen von Krafttraining auf den Hormonhaushalt*. Bakklaureatsarbeit Universität Wien
- Hildebrandt, H. (1994). *Pschyrembel. Medizinisches Wörterbuch*. Hamburg: Nikol Verlagsges. m.b.H
- Hoberman, J. (2005). *Testosterone dreams. Rejuvenation, Aphredosia, doping*. Los Angeles: University of California Press
- Hoffmann, J. (1999). *Hormonreport. Verbreitung, Anwendung und Beurteilung von Hormonen als Dopingmittel im Bodybuilding*. Arnsberg: Novagenics Verlag
- Hollmann, W. und Hettinger, Th. (2000). *Sportmedizin. Grundlagen für Arbeit, Training und Präventivmedizin*. Stuttgart: Schattauer Verlag
- Izquierdo, M., Ibanez, J., Gonzalez – Badillo, J. J., Häkkinen, K., Ratamess, N. A., Kraemer, W. J., French, D. N., Eslava, J., Altadill, A., Asiain, X. & Gorostiaga, E. M. (2006). Differential effects of strength training leading to failure versus not to failure on hormonal responses, strength and muscle power gains. *Journal of Applied Physiology*, 100, 1647 – 1656.
- Jockenhövel, F. (2005, 14. Februar). Testosteronmangel bei älteren Patienten mit Androgenmangel. Zugriff am 11. Oktober 2008 unter <http://www.aerztezeitung.de/medizin/krankheiten/hormonstoerungen/hypophysenfunktionsstoerungen/?sid=343045>
- Jütte, A. (1995). *Weibliche Pheromone. Wirkung und Rolle von synthetischen Kopulinen bei der versteckten Ovulation des Menschen*. Diplomarbeit, Universität Wien.
- Karlson, P. und Luscher, M. (1959). Pheromones. A new term for a class of biologically active substances. *Nature*, 183, 55 – 56
- Keller, A., Zhuang, H., Chi, Q., Voss hall, L. B. & Matsunami, H. (2007). Genetic variations in a human odorant receptor alters odour perception. *nature*, 449, 468 - 472

- Kern, J. (2002). *Das Dopingproblem. Wirkungen und Nebenwirkungen der Dopingsubstanzen im Kraft und Ausdauersport*. Wien: Verlag für medizinische Wissenschaften Wilhelm Maudrich.
- Kimchi, T., Xu, J. & Dulac, C. (2007). A functional circuit underlying male sexual behaviour in the female mouse brain. *nature*, 448, 1009 – 1014.
- Klinke, R. und Silbernagl, S. (2000). *Lehrbuch der Physiologie*. Stuttgart: Georg Thieme Verlag.
- Kraemer, W. J. (1988). Endocrine responses to resistance exercise. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 20, 152 – 157
- Kraemer, W. J., Haekkinen, K., Newton, R., Nindl, B., Volek, J., McCormick, L., Gotshalk, L., Gordon, S., Fleck, S., Campbell, W., Putukian, M. & Evans, W. (1999). Effects of heavy-resistance training on hormonal response patterns in younger vs. older men *Journal of Applied Physiology*, 87, 982 – 992
- Leinhofer, C. (2002). *Über den Zusammenhang zwischen Testosteron, Sport und Persönlichkeit bei Halbmarathonläufern. Diplomarbeit*, Universität Salzburg
- de Marées, H. (2002). *Sportphysiologie*. Köln: Sport und Buch Strauß.
- Meryn, S., Metka, M. und Kindel, G. (1999). *Der Mann 2000. Die Hormonrevolution*, Wien: Ueberreuter
- Meutgens, R. (2007). *Doping im Radsport*. Bielefeld: Delius Klasing Verlag
- Michael, R. P., & Keverne, E. B. (1968). Pheromones in the communication of sexual status in primates. *Nature*, 218, 746-749.
- Michael, R. P., Keverne, E. B. & Bonsall, R. W. (1971). Pheromones. Isolation of Male Sex Attractants from Female Primate. *Science*, 172, 964-966.
- Nieschlag, E und Ismail, A. A. A., (1970). Bestimmungen der Tagesschwankungen des Plasmatestosterons normaler Männer durch kompetitive Proteinbindung. *Journal of Molecular Medicine*, 48 (1), 53 – 54.
- Österreichisches – Anti – Doping – Komitee (2008). *Antidoping 2008*, Wien: Edwin Bauer und Partner.
- Rohrer, E. (2008). Training für das Liebesleben. *Kronenzeitung. Gesund ihr Magazin für praktische Lebenshilfe*, 973, 11.
- Rzonsa, R. (2004, 12. Juli). *Psychosomatik HNO*. Zugriff am 11. Oktober 2008 unter <http://www.rafa.at/46sons04.htm>

- Savic, I., Berglund, H., Gulyas, B. & Roland, P. (2001). Smelling of Odorous Sex Hormone-like Compounds Causes Sex-Differentiated Hypothalamic Activations in Humans. *Neuron*, 31, 661 – 668.
- Savic, I., Berglund, H. & Lindström, P. (2005). Brain response to putative pheromones in homosexual men. *PNAS*, 102 (20), 7356 – 7361.
- Shepherd, G. M. (2006). Smells, brains and hormones. *Nature*, 439, 149 - 151
- Sobel, N. Prabhakaran, V., Hartley, C., Desmond J.E., Glover, G.H., Sullivan, E.V. & Gabrieli, J.D.E. (1999). Blind smell: brain activation induced by an undetected air-borne chemical. *Oxford University Press*, 122, 209 -217
- Stoodart, D. M. (1991). The scented ape. *Cambridge University Press*
- Thomas, A. (2000). *Hormone im Ausdauersport. EPO; Steroide; Wachstumshormone*. ASS – Verlag
- Unterberger, U. (2002, 4. März). *Hormone plagen auch Männer*. Zugriff am 11.Oktober 2008 unter http://www.innovationsreport.de/html/berichte/medizin_gesundheit/bericht-8190.html
- Weiß, O. (2008, 7. August). *Doping und Gesellschaft*. Zugriff am 7. August 2008 unter <http://www.dieuniversitaet-online.at/beitraege/news/doping-und-gesellschaft/65.html>
- Wheeler, G. D., Wall, S. R., Belcastro, A. n. & Cumming, D. c. (1984). Reduced Serum Testosterone and Prolactin Levels in Male Distance Runners. *Journal of the American Medical Association*, 27, 514 – 516
- Wyart, C., Webster, W.W., Chen, J.H., Wilson, S.R., McClary, A., Khan, R.M. und Sobel, N. (2007). Smelling a Single Component of Male Sweat Alters Levels of Cortisol in Women. *The Journal of Neuroscience*, 27 (6), 1261 – 1265.

21 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 Die klassischen endokrinen Drüsen und eine Auswahl von Organen des diffusen endokrinen Systems (Klinke, Silbernagl, 2000, S. 436).....	5
Abbildung2: Formen der chemischen Signalübertragung (Klinke, Silbernagl, 2000, S. 439).....	7
Abbildung 3: Schematische Darstellung der dreistufigen Hierarchie des Hormonsystems. (de Marées, 2002, S. 94).....	13
Abbildung4: Strukturformel des Testosterons (http://de.wikipedia.org/wiki/Testosteron)	20
Abbildung5: Hauptstoffwechselwege des Cholesterins (aus Silbernagl, Klinke, 2000, S. 369).....	21
Abbildung6: Regelkreis, Transport und periphere Wirkung von Testosteron im menschlichen Organismus (Clasing, 2004, S 66)	22
Abbildung7: Strukturformeln der wichtigsten Sexualhormone (Klinke, Silbernagl, 2000, S. 488)	26
Abbildung8: Molekularstruktur von Testosteron und einigen synthetischen Androgenen / Anabolika. Neben der chemischen Bezeichnung sind die Freinamen und der Handelsname einiger Hersteller aufgeführt. Es handelt sich um die in Deutschland zurzeit am häufigsten verwendeten Androgen / Anabolika. (Clasing, 2004, S. 68)	36
Abbildung9: Lage und Aufbau der Riechschleimhaut (Klinke, Silbernagl, 2000, S. 618).....	48
Abbildung10: Signallaufbahn der Geruchsinformation im Gehirn (Klinke, Silbernagl, 2000, S. 620).....	49
Abbildung11: Die einzelnen Zutaten der synthetischen Kopuline.....	61
Abbildung12: Handelsübliche Pipette.....	61
Abbildung13: Foto der Teilnehmer während der Inhalation.....	63
Abbildung14: Überprüfung auf Normalverteilung der Placebogruppe vor Applikation	67
Abbildung15: Überprüfung auf Normalverteilung der Gruppe 0,4% Lösung vor Applikation.....	68
Abbildung16: Überprüfung auf Normalverteilung der Gruppe 0,8% Lösung vor Applikation.....	69
Abbildung17: Vergleich der Ausgangswerte (vor Messbeginn) von Testosteron in den unterschiedlichen Untersuchungsgruppen	72
Abbildung18: Testosteronkonzentration unmittelbar nach Beendigung der Applikation (Gruppenvergleich)	73

Abbildung19: Testosteronkonzentration nach Beendigung der Applikation (Gruppenvergleich).....	74
Abbildung 20: Testosteronkonzentration 30 Minuten nach Applikation (Gruppenvergleich)	75
Abbildung21: Testosteronwerte zu den unterschiedlichen Messzeitpunkten (Placebogruppe)	76
Abbildung 22: Testosteronwerte zu den unterschiedlichen Messzeitpunkten (0,4% - Lösung)	78
Abbildung23: Testosteronwerte zu den unterschiedlichen Messzeitpunkten (0,8% - Lösung)	80

22 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Abkürzungen der Hormonnamen und deren Synonyme (Klinke, Silbernagl, 2000, S. 437)	12
Tabelle 2: Haupteffekte von Androgenen / Anabolika im Organismus (Clasing, D., 2004, S. 66)	24
Tabelle 3: Verschieden Funktionen des Testosterons im Verlauf des männlichen Lebens (Clasing, 2004, S. 69)	27
Tabelle 4: Nebenwirkungen der Androgene / Anabolika als toxische Substanz. Sie umfassen ausschließlich Wirkungen auf die Leber (Clasing, 2004, S. 76)	39
Tabelle 5: Unerwünschte Hormonwirkungen von Androgenen / Anabolika (Clasing, 2004, S. 78)	40
Tabelle 6: Beispiele typischer Geruchsemissionen (Fanger 1988)	54
Tabelle 7: Mittlere prozentuale Verhältnisse der jeweiligen Fettsäuren in Vaginalsekreten an drei verschiedenen Tagen des Menstruationszyklus	60
Tabelle 8: Zusammensetzung der synthetischen Kopuline	60
Tabelle 9: Deskriptive Statistik der untersuchten Variablen der einzelnen Gruppen	69
Tabelle 10: Standardabweichungen über die Testgruppen	70
Tabelle 11: Gruppenvergleich Ausgangsdaten	72
Tabelle 12: Unmittelbar nach Anwendung	73
Tabelle 13: Gruppenvergleich 15 Minuten nach Applikation	74
Tabelle 14: Gruppenvergleich 30 Minuten nach Applikation	75
Tabelle 15: Tukey HSD Test, Placebogruppe	76
Tabelle 16: Friedmanns ANOVA und Kendalls Konkordanzkoeffizient, Placebogruppe	77
Tabelle 17: Tukey HSD Test (0,4% - Lösung)	78
Tabelle 18: Friedmanns ANOVA und Kendalls Konkordanzkoeffizient (0,4% - Lösung)	79
Tabelle 19: Tukey HSD Test; (0,8% - Lösung)	80
Tabelle 20: Friedmanns ANOVA und Kendalls Konkordanzkoeffizient (0,8% - Lösung)	81

23 Zusammenfassung

In dieser Arbeit wurde der Einfluss der Inhalation künstlich hergestellter Kopuline auf die mittlere Testosteronkonzentration im Speichel bei männlichen Sportlern überprüft. Zu diesem Zweck wurde mit 16 männlichen Probanden an drei Tagen eine Versuchsreihe durchgeführt. Im Labor können Kopuline durch die Mischung von Essigsäure, Propansäure, Buttersäure, Methylpropansäure und Methylbuttersäure künstlich hergestellt werden (Michael et al. 1975, S. 153; zit.n. Jütte, 1995, S. 16). Die erzeugten Essenzen wurden, in unterschiedlichen Dosen (Placebo, 0,4% und 0,8%), auf Operationsmasken geträufelt von den Sportlern, 30 Minuten inhaliert. Durch gestaffelte mehrmalige Speichelproben (direkt vor, direkt nach, 15 Minuten nach und 30 Minuten nach Applikation) wurde die Testosteronkonzentration gemessen. Die Proben wurden im Labor des Wiener Biozentrums mit ELISA ausgewertet. Die Testergebnisse wurden durch eine Faktoranalyse (ANOVA) statistisch ausgewertet. Die Ergebnisse zeigten, dass die Dosis der Kopulinlösung, mit der Testosteronkonzentration im Speichel der männlichen Probanden in Zusammenhang steht. Bei der 0,8% Lösung war eine Tendenz zum Anstieg der mittleren Testosteronkonzentration im Speichel der männlichen Sportler feststellbar, die Werte waren jedoch nicht statistisch signifikant. Bei der Placebolösung und der 0,4% Lösung war keine Tendenz erkennbar. Der zeitliche Verlauf zeigte, dass unmittelbar nach der Inhalation der Kopuline, der Testosteronwertanstieg tendenziell am höchsten war. 15 sowie 30 Minuten nachher war kein bemerkenswerter Anstieg mehr erkennbar. Für den Sportbereich ist es nicht zu erwarten, dass durch die Inhalation von Kopulinen ein kalkulierbarer Testosteronanstieg erreicht und dadurch die sportliche Leistungsfähigkeit nicht gesteigert werden kann.

24 Abstract

In this thesis, the influence of the inhalation of artificially produced copuline on the average testosterone concentration in saliva among male athletes was analysed. 16 healthy male volunteers participated in this study for three days. In the laboratory copuline can be produced artificially with the compounds of acetic acid, propane acid, butyric acid, methyl propane and methyl butyric acid (Michael et al. 1975, p. 153; zit.n. Jütte, 1995, p. 16). The essences were produced in different doses (placebo, 0.4% and 0.8%) and placed on surgical masks to be inhaled for about 30 minutes by the athletes. Four saliva samples (immediately before, immediately after, 15 minutes and 30 minutes after application) had

been used to analyze the testosterone concentration. In the laboratory of the Vienna Biocenter the samples were evaluated by ELISA. The test results were a statistically analyzed a repeated measurement (ANOVA). The results showed that the dose of copuline is related with the concentration of testosterone in the saliva of these male subjects. For the 0.8% solution tendency of increase in mean testosterone was found, however this increase was statistically not significant. In the placebo solution and the 0.4% solution no discernible trend could be shown. Concerning the time course it could be documented that testosterone level was highest immediately following the intervention (inhaling copuline). Following 15 and 30 minutes post intervention no elevation compared to baseline could be detected. It can there for be concluded that smelling or inhaling copuline does not result in significant increase in testosterone and exercise performance will not be increased by this intervention.

Lebenslauf

Weidlitsch Michael

Persönliche Angaben: Familienstand: verheiratet
Geburtsdatum: 19.Juli1972
Geburtsort: Klagenfurt
Staatsangehörigkeit: Österreich

Ausbildung: Mai 1991

Lehrabschlussprüfung Elektromechaniker u. –maschinenbauer

Jänner 1992

Lehrabschlussprüfung Elektroinstallateur

Oktober 1996

Studienberechtigungsprüfung (Geographie,
Geschichte, Biologie, Deutsch, Wahlfach Sport)

März 2002

Studienberechtigungsprüfung (Mathematik 1)

Seit Oktober 1996

Studium Leibeserziehung/Geographie Universität Wien

März 2002 – November 2008

Studium Sportwissenschaften/Prävention/Rekreation Universität Wien

Berufserfahrung: Jänner 1994 – März 1994

Snowboardlehrwart Schischule Gerlitzen/ Kärnten.

Oktober 1998 – Juni 2006

Rückentrainer ASKÖ 1230 Wien

1.Mai 1999 – 31.Juni 1999

Freizeitbetreuer Kiddy & Co. 1140 Wien

4. Juli – 31. August 1999

Betreuer Wiener Jugenderholung 1090 Wien

März 2000 – Juni 2000

Rückenschule Institut Prim. Gal 1020 Wien

März 2000 – September 2000

Inline Skating – Instructor Austrian Inline Skating Academy

November 2000 – März 2002

Fitnesstrainer/Personaltrainer Holmes Place 1220 Wien

Ausbildungskurse: November 1994

Übungsleiter für Snowboard Landesschilehrerverband Salzburg

Mai 1995

Staatliche Lehrwarteausbildung Snowboard BafL Graz

1. März – 30. Juni 1998

Rückentrainerausbildung ASKÖ Wien

März 2000

Übungsleiter für Inline Skating Austrian Inline Skating Academy

Februar 2001

Indoor Cycling Grundausbildung ASFAS Wr. Neudorf

März 2001

OwnZone Guide Polar OwnZone – Workshop Wien

August 2001

Kick Tae Bo – Instructor ISFA Wien

Interessen: „neue“ Sportarten, Technik und Naturwissenschaften

Hobbys: Rennradfahren, Fitnesskrafttraining, Mountainbiken, Tanzen