

Bakkalaureatsarbeit

Constantin Zieger

0533524

Doping im Sport

Medizinische Universität Graz

8010 Graz

Ao. Univ.-Prof. Dr. phil. Anna Gries

Lehrveranstaltung: Physiologie

Oktober 2010

Ehrenwörtliche Erklärung

Ich erkläre ehrenwörtlich, dass ich die vorliegende Bakkalaureatsarbeit selbstständig und ohne fremde Hilfe verfasst habe, andere als die angegebenen Quellen nicht verwendet habe und die den benutzten Quellen wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe. Weiter erkläre ich, dass ich diese Arbeit in gleicher oder ähnlicher Form noch keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegt habe.

Graz, am 22.9.10

Unterschrift

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Andreas Kern', written in a cursive style.

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	3
2. Definition	4
3. Allgemeines	5
4. Dopingmethoden und Dopingmittel	7
4.1 Anabolika	7
4.1.1 Einteilung und Wirkung	7
4.1.2 Anabol – androgene Steroide (AAS)	7
4.1.3 Andere anabole Wirkstoffe	12
4.1.4 Nachweis der Androgen-anabolen Steroide (ASS)	12
4.2 Peptidhormongruppe	13
4.2.1 Erythropoetin (Epo, Epoetin)	13
4.2.2 Wirkung	14
4.2.3 EPO Nachweis	16
4.2.4 CERA (Continuous Erythropoesis Receptor Activator)	16
4.3 Insulin	17
4.3.1 Nachweis von Insulin	17
4.4 Beta–2–Agonisten	18
4.5 Hormon-Antagonisten und Hormonmodulatoren	19
4.6 Maskierende Substanzen	20
4.6.1 Diuretika	21
4.6.2 Eptestosteron	22
4.6.3 Probenecid	23
4.7 Stimulanzen (Sympathomimetika)	23
4.8 Narkotika	25
4.9 Cannabinoide	26
4.10 Glukocorticosteroide	26
4.11 Alkohol	27
4.12 Beta – Blocker	27
5.0 Verbotene Dopingmethoden	27
5.1 Erhöhung des Sauerstofftransfers	28
5.1.1 Blutdoping	28
5.1.2 Künstliche Sauerstoffträger	29

<u>5.2 Chemische oder physikalische Manipulation</u>	29
<u>5.3 Gendoping</u>	29
<u>6.0 Nahrungsergänzungsmittel und Doping</u>	30
<u>7.0 Dopingkontrollen</u>	31
<u>7.1 Dopinganalyse</u>	33
<u>8.0 Schlussfolgerung</u>	35
<u>9.0 Literaturverzeichnis</u>	36
<u>9.1 Abbildungsverzeichnis</u>	37

1. Einleitung

Für meine folgende Arbeit habe ich das Thema „Doping im Sport“ gewählt. Der Grund für die Wahl dieses Themas liegt darin, dass ich selbst mehrere Sportarten ausübe und mich dadurch schon des Öfteren mit dem Thema Nahrungsergänzungen, Leistungssteigerung und Doping im allgemeinen Sinn auseinandergesetzt habe.

Gerade in der heutigen Zeit ist das Thema Doping in unserer Gesellschaft allgegenwärtig, obwohl auf den ersten Blick nur ein sehr kleiner Teil der Bevölkerung, nämlich die Spitzenathleten und Sportstars, damit konfrontiert ist. Durch spektakuläre Fälle in diversen Sportarten wie Radsport oder der Leichtathletik erlangt das Thema Doping durch die Medien eine immer stärker werdende Aufmerksamkeit in der breiten Öffentlichkeit.

Dabei wird leicht übersehen, dass das Phänomen Doping längst auch in den unteren Leistungsklassen und erschreckenderweise auch im Breiten- und Hobbysport weit verbreitet ist. Allerdings sind den wenigsten Anwendern, sowohl im Spitzensport als auch im Breitensport, die damit verbundenen gesundheitlichen Risiken bekannt. Vielmehr steht die Leistungssteigerung ohne Rücksicht auf potenzielle Gesundheitsschädigung im Vordergrund. Dass ernsthafte gesundheitliche Schäden relativ selten auftreten, nicht eindeutig dem Missbrauch von Dopingsubstanzen zuzuschreiben sind oder erst viele Jahre später auftreten, bestärkt die Sportler in ihren Entscheidungen.

Aufgrund der medizinischen und technischen Fortschritte hat sich in den letzten Jahren ein Wettlauf zwischen der Entwicklung von neuen, leistungssteigernden Präparaten auf der einen Seite und der Entwicklung von neuen, zuverlässigeren Testverfahren auf der anderen Seite entwickelt. Nicht zuletzt aus diesem Grund möchte ich mich in meiner Arbeit mit der Frage: *„Welche Dopingmittel und Dopingmethoden stehen den heutigen Sportlern zur Verfügung und welche Möglichkeiten sowie Probleme geeigneter Dopingnachweise gibt es in diesem Zusammenhang?“*, auseinandersetzen.

Zu Beginn meiner Arbeit befasse ich mich mit einer kurzen Einführung in das Thema Doping sowie einem Versuch, Doping zu definieren. Anschließend erläutere ich Allgemeines zum Thema „Doping“ und gebe einen kurzen Einblick in die Welt des Dopings. Im vierten Kapitel beschäftige ich mich mit den gängigsten

Dopingsubstanzen, deren Anwendungs- und deren Nachweismöglichkeiten. Im darauf folgenden Kapitel werden die am meisten verbreiteten Dopingmethoden beschrieben, wobei aus Platzgründen weder auf alle bekannten oder verbotenen Substanzen, noch auf alle Methoden eingegangen werden kann. Vor dem Schlussteil, in dem ein Resümee gezogen sowie auf die Forschungsfrage eingegangen wird, gebe ich noch einen allgemeinen Einblick in die Methoden und die Problematik der Dopingfahndung.

2. Definition

Die Definitionen zum Begriff Doping waren in der Vergangenheit oft sehr unterschiedlich und meist nicht widerspruchsfrei. Definitionen wie: „Maßnahmen, die die Leistungsfähigkeit verbessern“ sowie zahlreiche andere wurden revidiert, da aufgrund dieser Definition ja bereits „Training“ unter Doping fallen würde.¹ Mit der Gründung der Welt-Antidoping-Agentur (WADA) 1999 in der Schweiz, deren Hauptaufgabe die Organisation von Maßnahmen gegen die Anwendung von Doping im Leistungssport ist, wurde ein einheitlicher Welt-Anti-Doping-Code erlassen. Dieser Anti-Doping-Code hat auch in der österreichischen Anti Doping Organisation (Nationale Anti Doping Agentur Austria – NADA) seine Gültigkeit und ist sehr umfassend.² Um den Rahmen dieser Arbeit nicht zu sprengen, wird auf die vollständige Beschreibung des Anti Doping Codes verzichtet und dieser nur zusammenfassend beschrieben: *„Doping ist das Vorhandensein einer verbotenen Substanz, seines Metaboliten oder eines Markers in Körperbestandteilen eines Athleten. Doping ist die Verwendung von Substanzen aus verbotenen Wirkstoffgruppen und die Anwendung verbotener Methoden.“*³

Außerdem enthält der WADA-Code die Liste der verbotenen Wirkstoffe, der verbotenen Methoden sowie der erlaubten Medikamente. Der Code wird jährlich aktualisiert und erlangt jeweils mit 1. Jänner des folgenden Jahres seine Gültigkeit. Darüber hinaus ist die WADA befugt, zu jedem anderen Zeitpunkt Änderungen vorzunehmen, welche drei Monate nach der Veröffentlichung automatisch in Kraft treten.⁴

¹ Vgl. Holdhaus u.a. 2009, S. 16

² Vgl. Feiden u.a. 2008, S. 2

³ Bergner 2006, S. 82

⁴ Vgl. Holdhaus u.a. 2009, S. 18f

3. Allgemeines

Bei einem Großteil der angewendeten Dopingmittel handelt es sich um Pharmazeutika, die im ursprünglichen Sinn für die Behandlung von diversen Erkrankungen entwickelt wurden. Bis auf einige Ausnahmefälle, wie das im Jahre 2003 in Kalifornien aufgetauchte THG (Tetrahydrogestrinon), besteht für die Entwicklung von Dopingpräparaten aufgrund der horrenden Kosten kein eigener Markt.⁵ Bei Tetrahydrogestrinon handelt es sich um ein sogenanntes „Designer-Steroid“, welches ausschließlich für die Anwendung zu Dopingzwecken entwickelt wurde und als Medikament nicht zugelassen ist. Es ist keine medizinische Wirkung bekannt und es wird hauptsächlich zu Nutzen einer schnelleren Regeneration eingesetzt.⁶

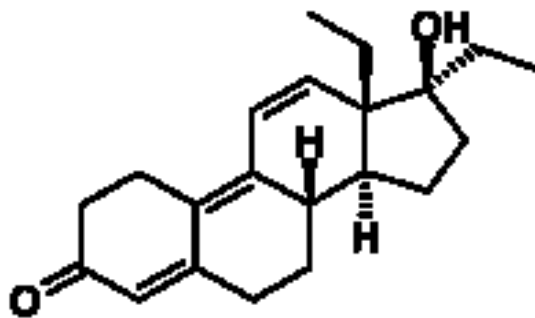


Abbildung 1: Summenformel Tetrahydrogestrinon

Herkömmlich verwendete Dopingmittel sind hochwirksame Medikamente, deren Nebenwirkungen, ebenso wie ihre Wirkungen, oftmals leistungssteigernde oder regenerationsfördernde Effekte nach sich ziehen, und deswegen als Dopingsubstanzen zweckentfremdet werden. Sportler, deren Manager, Trainer und sogar Funktionäre verharmlosen oder ignorieren hierbei das gesundheitliche Risiko, das durch eine unsachgemäße Anwendung dieser Medikamente entsteht, sei es durch falsche Dosierungen, nicht vorhandene medizinische Indikationen oder Wechselwirkungen mit anderen Präparaten. Weitere Risikofaktoren stellen die immer häufiger auftauchenden „Designer Dopingpräparate“ (wie das zuvor erwähnte Tetrahydrogestrinon) dar, bei denen jegliche Erfahrungen mit der klinischen Anwendung an Patienten, wie Langzeitfolgen, Nebenwirkungen oder

⁵ Vgl. Müller 2004, S. 29

⁶ Vgl. Hutterer 2006, S. 25

Wechselwirkungen schlicht und einfach nicht vorhanden sind. Außerdem drängen, vor allem aus Kostengründen, immer mehr günstige „Nachbaupräparate“ aus den ehemaligen Ostblockländern auf den Markt, die in Fragen der Reinheit, Sterilität, Dosierung und Wirksamkeit als höchst fragwürdig einzustufen sind. In der Welt des Dopings geht es also längst nicht nur um den Gewinn eines unfairen Leistungsvorteils gegenüber den Kontrahenten, sondern auch um die Gefährdung der eigenen Gesundheit oder gar der Gesundheit von anderen.⁷

Während das Eintreten der gewünschten Leistungssteigerung keinesfalls gesichert ist, nimmt jeder Anwender das Risiko einer Gesundheitsschädigung auf sich.

Grundsätzlich rechtfertigt eine medizinische Behandlung eventuell auftretende Nebenwirkungen in Abhängigkeit von der Diagnose und Prognose der Erkrankung mit beziehungsweise ohne Behandlung. Allerdings werden die Medikamente im Doping zum Einen an gesunden Personen angewendet, zum Anderen in falschen (meist zu hohen) Dosen und darüber hinaus in sehr risikoreichen Kombinationen. In weiterer Folge treten gesundheitlicher Folgeschäden nicht bei jedem Anwender auf und meistens erst Jahrzehnte später, was vor allem für Jugendliche keine wirklich abschreckende Wirkung hat.

Ein weiterer nicht zu unterschätzender Faktor ist der Irrglaube „viel hilft viel“ bei Nichteintritt der erwarteten Leistungssteigerung. In diesem Zusammenhang bleibt die Dosisabhängigkeit oft unberücksichtigt. Generell sind selbst hochgiftige Stoffe in sehr niedrigen Dosen (im Milligramm, Mikrogramm oder Nanogrammbereich) unwirksam, während relativ harmlose Substanzen, welche noch in Grammdosen unschädlich sind bei übermäßiger Zufuhr toxisch werden. Als Beispiele für selbst in niedrigen Dosen wirksame Präparate können hier viele moderne Medikamente, Spurenelemente oder tödliche Gifte angeführt werden. Unter harmlose, erst in relativ hohen Dosen wirksame oder toxische Substanzen fallen Alkohol, Kreatin, Taurin oder Carnitin.⁸

⁷ Vgl. Holdhaus u.a. 2009, S. 22f

⁸ Vgl. Müller 2004, S. 33f

4. Dopingmethoden und Dopingmittel

Im folgenden Kapitel werden die derzeit am häufigsten verwendeten Substanzen und Dopingmethoden beschrieben, wobei der Fokus auf Anabolika sowie EPO (Erythropoetin) gerichtet ist. Die Auflistung erfolgt in der Reihenfolge des Welt–Anti–Doping-Codes.

4.1 Anabolika

Anabolika werden im Sport schon sehr lange verwendet. Schon vor den antiken Olympischen Spielen verspeisten die Athleten Stierhoden, um ihre Kraft zu steigern. Ihren ersten „Boom“ erlebten anabole Steroide, als es Wissenschaftlern in den 1950er Jahren gelang, das Hormon Testosteron künstlich herzustellen.⁹ Verboten sind sie allerdings erst seit 1976 (seit 1984 auch auf internationalen Dopingverbotslisten), da erst in dieser Zeit die ersten ausreichend sicheren Urinalysen möglich waren. Anabolika führen sowohl im Profisport als auch im Breiten- oder Freizeitsport die Statistik der nachgewiesenen Dopingfälle an.¹⁰

4.1.1 Einteilung und Wirkung

Nach der WADA-Verbotsliste werden anabole Wirkstoffe eingeteilt in:

- Anabole-androgene Steroide (AAS), exogen bzw. endogen, und
- andere anabole Wirkstoffe.

4.1.2 Anabol – androgene Steroide (AAS)

Testosteron, das männliche Sexualhormon bildet das Grundgerüst für die Wirkstoffgruppe der anabolen – androgenen Steroide.

⁹ Vgl. Holdhaus u.a. 2009, S. 25

¹⁰ Vgl. Bergner 2006, S.86

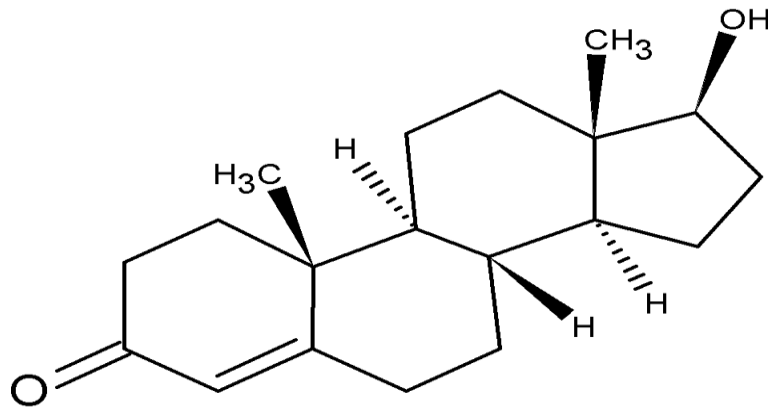


Abbildung 2: Summenformel Testosteron

Testosteron übt eine Vielzahl von wichtigen Funktionen im männlichen Körper aus, wie das Wachstum der Fortpflanzungsorgane, die typische männliche Körperbehaarung, das Wachstum des Kehlkopfes oder die Veränderung der Stimmlage mit dem Ende der Pubertät. Seine anabole Wirkung führt zu einer Zunahme der Muskelmasse und hat außerdem eine Eiweiß aufbauende sowie Fett reduzierende Wirkung. Im Zuge der Eiweiß aufbauenden Wirkung sorgt es für eine positive Stickstoffbilanz, die für eine Zunahme der Skelettmuskulatur notwendig ist. Des Weiteren sorgt es für eine Zunahme der Erythrozytenzahl, der Hämoglobinkonzentration und für eine verstärkte Calciumaufnahme der Knochen (es wirkt somit auf die Knochenreifung).

Diese positiven Effekte zeigen sich ebenso bei, von Testosteron abgeleiteten, synthetisch hergestellten anabolen Steroiden. Zu den bekanntesten zählen hier zum Beispiel Nandrolon, Metandienon, Stanozol und Metenolon.¹¹

Neben diesen leistungssteigernden Merkmalen spielen auch eine erhöhte Aggressivität (Zunahme der Wettkampfbereitschaft, gesteigerte Risikofreudigkeit), eine verbesserte Motivation sowie eine gesteigerte Regenerationsfähigkeit eine Rolle.

Neben diesen Wirkungen haben diese Hormone aber auch eine große Anzahl von Nebenwirkungen, weshalb sie im medizinischen Bereich kaum mehr eingesetzt werden. Unterschieden werden hierbei allgemeine sowie geschlechtsspezifische Nebenwirkungen. Generell sind die Nebenwirkungen abhängig von der Höhe der Dosis und der Dauer der Einnahme:

¹¹ Vgl. Feiden u.a. 2008, S. 7

- *Auswirkungen auf die Leber:* Durch Anabolikamissbrauch können Schädigung der Leberenzyme auftreten, was in weiterer Folge zu Leberentzündungen (Hepatitis, Gelbsucht), zu knotigen Leberveränderungen (Adenomen), zu Gallestau (Cholestase) oder sogar zu Leberkrebs (Hepatozelluläres Karzinom) führen kann.
- *Auswirkungen auf den Hormonhaushalt:* Durch eine Langzeiteinnahme von Anabolika kann der körpereigene hormonelle Regelkreis gestört werden oder sogar ganz versagen, was einen Stopp der körpereigenen Hormonproduktion zur Folge hat und in weiterer Folge zum Ausfall wichtiger hormongesteuerter Funktionen führt.
- *Auswirkungen auf die Blutfettwerte:* Es kommt zu einer starken Veränderung der Blutfettwerte (Cholesterin, Triglyceride, LDL, HDL). Das Hauptproblem hierbei ist, dass sich vor allem die gefäßschädigenden Blutfette erhöhen, während sich die gefäßschützenden verringern, wodurch sich das Risiko für Arteriosklerose (Verkalkung der Arterien) massiv erhöht. Dadurch ist das Risiko für Schlaganfälle oder Herzinfarkte bereits in jungen Jahren stark erhöht.
- *Auswirkungen auf das Herz – Kreislaufsystem:* Anabolikamissbrauch führt zu einer Verdickung sowohl der linken als auch der rechten Herzkammer, was in weiterer Folge zu einer dramatischen Erhöhung des Herzgewichts führen kann (bis 800g – kritisches Herzgewicht bei 500g). Es kommt außerdem zum Absterben von Herzmuskelzellen und zu Bindegewebeinlagerungen im Herzmuskel durch eine Zunahme der Muskelfaserzellen bei gleichzeitiger Abnahme der Durchblutung. Die Folge ist ein stark erhöhtes Herzinfarkttrisiko. Nicht zuletzt kommt es zu einer vermehrten Wassereinlagerung im gesamten Körper was eine zusätzliche Belastung des Herz–Kreislaufsystems zur Folge hat. (Hypertonie – Bluthochdruck).
- *Auswirkungen auf das Hautbild:* Eine der äußerlich sichtbaren Nebenwirkungen ist die sogenannte „Anabolika–Akne“ die sich großflächig, vor allem am Rücken, ausbreitet.



Abbildung 3: Steroid-Akne

- *Auswirkungen auf den Band – und Sehnenapparat:* Durch die vermehrte Muskelmasse erhöht sich die Belastung für Bänder und Sehnen, was eine erhöhte Verletzungsanfälligkeit zur Folge hat.
- *Auswirkungen auf das Wachstum bei Jugendlichen:* Durch den Anabolikakonsum bei Jugendlichen kommt es zu einem frühzeitigen Verschluss der Wachstumsfugen (Epiphysenfugen), was eine verminderte Körpergröße zur Folge hat.
- *Auswirkungen auf die Psyche:* Die Einnahme von Anabolika kann die Psyche eines Menschen stark verändern oder vorhandene Wesenszüge verstärken. Zu nennen sind hier eine oft beobachtete Aggressionssteigerung („roid rage“) und Depressionen nach Absetzen der Anabolika. Außerdem kann die Verwendung von Anabolika zu einer psychischen Abhängigkeit führen.
- *Sonstige Auswirkungen:* Anabolika können zu einer verstärkten Tumorbildung beitragen, vor allem in der Leber, Prostata oder der Brust.¹²

Da Anabolika vor allem im Fitness- und Bodybuildingbereich großen Anklang finden, werden weitere Präparate zur Unterdrückung der Nebenwirkungen eingenommen, wie zum Beispiel Human Choriongonadotropin zur Verhinderung einer

¹² Vgl. Holdhaus u.a. 2009, S. 26f

Hodenatrophie, Antiestrogene (Tamoxifen) zur Unterdrückung einer Gynäkomastie oder Probenecid für eine verringerte Steroidausscheidung über den Urin.¹³ Geschlechtsspezifische Nebenwirkungen betreffen vor allem Störungen des sexuellen Lustempfindens und Fruchtbarkeitsstörungen bis hin zur Unfruchtbarkeit. Durch einen langandauernden Anabolikamissbrauch kommt es durch die Hemmung der Follitropin- (FSH-) und Lutropin- (LH-)ausschüttung zu einer verringerten Spermaproduktion, Verkleinerung der Hoden (Hodenatrophie), bis hin zu Impotenz und Zeugungsunfähigkeit. Außerdem kann es zu einer „Verweiblichung“ der Männer kommen bei der sich ein typisches Brustwachstum (Gynäkomastie) ausprägen kann.



Jacobeit JW, Kliesch S Journal für Reproduktionsmedizin und Endokrinologie - Journal of Reproductive Medicine and Endocrinology 2009; 6 (2): 63-67 ©

Abbildung 4: Gynäkomastie

Im Gegensatz dazu kann Anabolikakonsum bei Frauen zu einer Vermännlichung (Virilisierung) führen, die mit einer Störung des weiblichen Hormonhaushaltes einhergeht (tiefere Stimme, vergrößerte Klitoris, stärkere Körperbehaarung, Verkleinerung der Brüste, Menstruationsstörungen, Infertilität).¹⁴

Gerade im Breitensport können aufgrund von nicht sachgemäßen Anwendungen sogenannte sekundäre Nebenwirkungen auftreten. Hauptsächlich handelt es sich

¹³ Vgl. Feiden u.a. 2008, S. 9

¹⁴ Vgl. Lang 2000, S. 355

hierbei um eine Nichteinhaltung der Sterilität bei Injektionen oder um die Verwendung von dubiosen Präparaten. Die Folgen reichen hier von Spritzenabszessen, Herzmuskel- und Herzklappenentzündungen (Myocarditiden und Endocarditiden) bis hin zu der Übertragung von Infektionskrankheiten wie Hepatitis und HIV.¹⁵

Doch im Sport werden nicht nur androgen anabole Steroide verwendet, sondern seit den 1990er Jahren auch deren Prohormone. Bei Prohormonen handelt es sich um Hormonvorstufen, die selbst noch keine oder nur eine sehr geringe hormonelle Wirkung zeigen, sondern im Körper erst zu einem Hormon umgewandelt werden müssen.¹⁶ Allerdings kann mit Prohormonen kein konstanter Blutspiegel an Testosteron oder Nandrolon erreicht werden, da die Umwandlungsrate sehr gering ist. Aus diesem Grund werden Prohormone in sehr großen Mengen (bis zu 200mg mehrmals täglich) eingenommen, über die Leber metabolisiert und über den Harn ausgeschieden, was zu einer großen Belastung für diese Organe führt.¹⁷

4.1.3 Andere anabole Wirkstoffe

Andere anabole Wirkstoffe umfassen unter anderem die beiden Beta-2-Agonisten Clenbuterol und Zilpaterol sowie Zeranol. Bis 2003 waren alle Beta-2-Agonisten in und außerhalb von Wettkämpfen verboten, heute wird davon ausgegangen, dass ein effektiver Muskelzuwachs nur mit Clenbuterol und Salbutamol zu erreichen ist.¹⁸

4.1.4 Nachweis der Androgen-anabolen Steroide (ASS)

Generell gilt, dass eine missbräuchliche Anwendung von Testosteron nur sehr schwer nachzuweisen ist, da die Testosteronkonzentration im Urin starken Schwankungen unterlegen ist. In der Dopinganalytik ist es nicht möglich, von außen zugeführtes Testosteron von körpereigenem zu unterscheiden. Die einzige Möglichkeit, die sich den Dopingexperten hier bietet, ist die Kontrolle des Testosteron-Epitestosteron Quotienten (T/E-Quotient). Da sich die Epitestosteronausschüttung beim gesunden Mann im Verhältnis 1:1 gegenüber der

¹⁵ Vgl. Holdhaus u.a. 2009, S. 28

¹⁶ Vgl. Bergner 2006, S. 96

¹⁷ Vgl. Feiden u.a. 2008, S. 9

¹⁸ Vgl. Feiden u.a. 2008, S. 10

Testosteronausschüttung verhält, kann so eine verbotene Anabolikazufuhr nachgewiesen werden.¹⁹ Da Testosteron vom Organismus nicht in Epitestosteron umgewandelt werden kann, steigt nach der Zufuhr von Testosteron der T/E-Quotient an. Hierbei gelten Quotienten, welche über einem Verhältnis von 4(Testosteron):1(Epitestosteron) liegen, als Verstoß gegen die Dopingrichtlinien.²⁰

4.2 Peptidhormongruppe

Die Peptidhormongruppe umfasst Hormone und verwandte Wirkstoffe, die der Körper auch selbst herstellt. Die Anwendung dieser Gruppe der Dopingsubstanzen hat im Hochleistungssport nicht zuletzt aufgrund ihrer schweren Nachweisbarkeit stark zugenommen und die anabolen Steroide in der Wettkampfvorbereitung schon weitgehend verdrängt und stellt mittlerweile ein schwerwiegendes Dopingproblem dar. Grundsätzlich sind diese Stoffe zwar gut nachweisbar, andererseits aber, durch die körpereigene Produktion, ständig im Körper vorhanden. Hinzu kommt, dass die Konzentration beim Einzelnen stark schwankt, und daher die Festlegung auf Normalbereiche wenig Sinn macht. Mittlerweile ist man allerdings in der Lage, minimale Unterschiede der Moleküle zwischen körpereigenen und gentechnisch hergestellten Hormonen festzustellen.²¹

4.2.1 Erythropoetin (Epo, Epoetin)

Der vor allem in den Medien am häufigsten verwendete Begriff EPO ist die Abkürzung für das Hormon Erythropoetin. Erythropoetin ist ein Glykoprotein, wird zu 90% in der Niere gebildet (zu 10% in der Leber) und stimuliert im Knochenmark die Ausreifung der Erythrozyten (rote Blutkörperchen). Durch eine Vermehrung der Erythrozyten kann das Blut mehr Sauerstoff binden und somit auch transportieren, was eine erhöhte Ausdauerleistung zur Folge hat. EPO und verwandte Substanzen, wie zum Beispiel CERA (Continuous Erythropoiesis Receptor Activator) sind in den letzten Jahre durch unzählige Dopingskandale in den Fokus der Öffentlichkeit gelangt und stellen mittlerweile, neben anabolen Steroiden, das bekannteste

¹⁹ Vgl. Feiden u.a. 2008, S. 94

²⁰ Vgl. Holdhaus u.a. 2009, S. 28

²¹ Vgl. Müller 2004, S. 42

Dopingmittel dar. Erwähnenswert ist auch, dass die weltweiten Produktions- und Verkaufszahlen weit unter dem tatsächlichen medizinischen Bedarf liegen.²²

4.2.2 Wirkung

Aus medizinischer Sicht wird EPO bei Patienten mit Niereninsuffizienz angewendet, da bei diesen Patienten die Erythropoetinbildung gestört ist oder gar nicht mehr funktioniert. Weitere Anwendungsgebiete betreffen dialysepflichtige Patienten, welche an chronischem Nierenversagen leiden und ohne eine EPO Behandlung eine renale Anämie (Blutarmut) erleiden würden. Außerdem macht eine EPO Anwendung bei Tumorpatienten, bei Patienten mit angeborener Erythrozytenproduktionsstörung oder bei Eigenblutspenden zu Operationszwecken Sinn.

Bei gesunden Personen, in erster Linie natürlich bei Sportlern, wird durch die Verabreichung von EPO eine höhere Erythrozytenzahl und damit eine bessere Sauerstofftransportkapazität angestrebt. Bei diesem Vorgehen wird von gesteigerten Ausdauerleistungen von bis zu 10% berichtet, was im Spitzensport als enorm viel gilt. Durch die schwierige Nachweisbarkeit und die drastische Leistungssteigerung gilt EPO als das effektivste Dopingmittel der letzten Jahre.²³

Doch wie bei fast allen Dopingmethoden findet sich auch hier eine nicht enden wollende Zahl von Nebenwirkungen. Durch die erhöhte Menge an roten Blutkörperchen erhöht sich die Viskosität (Zähflüssigkeit) des Blutes, was in weiterer Folge das Thrombose- und Embolierisiko drastisch erhöht. Im Zuge dessen kann es zu einem sogenannten „Sludge-Phänomen“ (Störung der Mikrozirkulation) in den kleinen Blutgefäßen kommen, was zu einer Unterversorgung der nachfolgenden Gewebeabschnitte führen kann. Maßgeblich ist hierbei der Hämatokritwert, der die zellulären Anteile des Blutes beschreibt und bei gesunden Männern zwischen 42% und 50%, bei gesunden Frauen zwischen 37% und 45% liegt. Doping-Sportler erreichen Hämatokritwerte bis zu 60%.²⁴ Thrombosen, Embolien und Lungenembolien (Verschluss einer oder beider Lungenarterien) können Gefäßverschlüsse, Herzinfarkte sowie Schlaganfälle auslösen und im schlimmsten Fall sogar zum Tod führen. Weitere Nebenwirkungen betreffen eine Senkung der Lymphozytenzahl (weiße Blutkörperchen), was eine verschlechterte Immunabwehr

²² Vgl. Holdhaus u.a. 2009, S. 32

²³ Vgl. Feiden u.a. 2008, S. 13

²⁴ Vgl. Kern 2002, S. 95

nach sich zieht und die Infektanfälligkeit vor allem der oberen Luftwege stark erhöht. Außerdem wurde bei bestimmten Krebsarten ein beschleunigtes Tumorwachstum festgestellt.

Durch die hohe Blutviskosität kann bei EPO gedopten Sportlern die Herzfrequenz während der Nacht auf einen kritischen Wert unter 25 Schläge pro Minute fallen, weswegen diese ihren Pulsmesser auch in der Nacht tragen und ihn mit einem Wecker koppeln, um bei einer zu niedrigen Herzfrequenz aufgeweckt zu werden. Dieses „sich in der Nacht bewegen müssen“, um einer Thrombose vorzubeugen, wird in Sportlerkreisen als „Nacht-aktiv-wandern“ bezeichnet und verdeutlicht die Strapazen die Spitzensportler auf sich nehmen, nur um sportliche Erfolge zu erzielen.²⁵



Abbildung 5: rechts frisch abgenommenes Blut, links mit sedimentierten zellulären Bestandteilen. Dieser stellt den Hämatokrit dar.

²⁵ Vgl. Holdhaus u.a. 2009, S. 33f

4.2.3 EPO Nachweis

Der EPO Nachweis wird mit Hilfe von Blut- und Urinproben durchgeführt. Beim Bluttest werden neben dem Hämatokritwert (Hkt) zusätzlich der Retikulozyten-Hämatokrit (ReitHkt), die Prozentzahl makrozytärer Erythrozyten, lösliche Transferrinrezeptoren (sTfR) sowie das Serum-EPO bestimmt, die nach einer EPO Anwendung alle erhöht sind.²⁶ Bei der Analyse der Urinprobe achtet man vor allem auf eine Unterscheidung zwischen gentechnisch hergestelltem EPO, sogenanntem rEPO (rekombinantes EPO), und körpereigenem EPO, dem sogenannten hEPO (humanes EPO), die sich durch geringfügige Unterschiede im Kohlenhydratanteil bemerkbar macht. Mit Hilfe einer Elektrophorese ist es möglich, die unterschiedlichen elektrischen Ladungen nachzuweisen.²⁷

4.2.4 CERA (Continuous Erythropoiesis Receptor Activator)

CERA steht für die Abkürzung "Continuous Erythropoiesis Receptor Activator" und ist von der Pharmafirma Hoffman – La Roche entwickelt worden. CERA gelangte vor allem durch die Tour de France im Jahre 2008 zu internationaler Aufmerksamkeit. CERA wird, ebenso wie EPO, für die Behandlung von schweren Fällen von Blutarmut infolge von chronischer Niereninsuffizienz oder im Zuge der Chemotherapie bei Krebspatienten eingesetzt. CERA besitzt eine deutlich längere Halbwertszeit als vergleichbare EPO Präparate, was eine einmalige subkutane Anwendung pro Monat erlaubt. Diese einmalige Anwendung führt zu einer Leistungssteigerung in einem Zeitraum von bis zu 4 Wochen.²⁸



Abbildung 6: Cera Präparat von Hoffmann La Roche

²⁶ Vgl. Feiden u.a. 2008, S. 95

²⁷ Vgl. Bergner 2006, S. 135

²⁸ Vgl. Bergner 2006, S. 137

4.3 Insulin

Insulin ist ein körpereigener Stoff (wichtigstes anaboles Hormon), der in den Betazellen der Langerhans'schen Inseln der Bauchspeicheldrüse produziert wird und hauptsächlich für die Aufrechterhaltung einer normalen Blutzuckerkonzentration (3,9 – 6,4 mmol/l) verantwortlich ist.²⁹ Insulin wird nach der Nahrungsaufnahme ausgeschüttet und senkt somit den angestiegenen Glukosespiegel. Außerdem beeinflusst Insulin die Proteinsynthese und den Fettstoffwechsel. In der Fettzelle kommt es zum einen zu einer vermehrten Einschleusung von Fettsäuren und zum anderen zu einem vermehrten Glukoseimport, wodurch die Bildung von Depotfett gefördert wird. Außerdem stimuliert Insulin im Muskel die Aufnahme von Aminosäuren, wodurch die Proteinsynthese stimuliert wird. Bei Diabetikern ist der Blutzuckerspiegel andauernd erhöht, was zu gravierenden Gesundheitsschädigungen führen kann. Aufgrund seiner anabolen Wirkung steht Insulin auf der Verbotsliste der WADA, während der Gebrauch für Diabetiker gestattet ist. Insulin fördert die Bildung von Muskelglykogen sowie die Aufnahme von Aminosäuren (v.a. Valin, Leucin und Isoleucin) in der Muskulatur. Durch diese Effekte kommt es zu einer Stimulierung der Proteinsynthese und gleichzeitig hat Insulin eine antikatabole Wirkung, indem es die Proteolyse und die Ausschleusung von Aminosäuren blockiert. Aufgrund dieser Eigenschaften findet Insulin vor allem im Kraftsport zum Muskelaufbau seine Anwendung.³⁰ Bei unsachgemäßer Anwendung kann Insulin zu einer Reihe von Nebenwirkungen führen. Beispielsweise kann eine Überdosierung zu einer Hypoglykämie (Unterzuckerung) führen, die sich mit Symptomen wie Unruhe, Zittern, Herzklopfen, Schwitzen oder in weiterer Folge sogar mit Krampfanfällen oder hypoglykämischem Koma äußern kann. Außerdem kann es, wie bei allen injizierbaren Dopingmitteln zu Unterhautveränderungen wie Eindellungen oder Lipodystrophie (Stoffwechselsyndrom) kommen.³¹

4.3.1 Nachweis von Insulin

Der Nachweis von exogen zugeführtem Insulin ist, vor allem zu Zwecken des Dopingnachweises, nahezu unmöglich. Zum einen hat Insulin eine sehr kurze

²⁹ Vgl. Pschyrembel 1998, S. 766

³⁰ Vgl. Kern 2002, S. 101f

³¹ Vgl. Holdhaus u.a. 2009, S. 36

Halbwertszeit von nur etwa 8-12 Minuten, und zum anderen stellt die Strukturhomologie von synthetischem und körpereigenem Insulin (da sie dieselbe Aminosäuresequenz besitzen) ein gravierendes Problem dar. Einzig eine Massenspektrometrie des C-Peptid Verhältnisses könnte hier Abhilfe schaffen, was aber angesichts der relativ geringen Bedeutung von Insulin als Dopingsubstanz und wegen der hohen Kosten als unrealistisch einzustufen ist.³²

4.4 Beta-2-Agonisten

Beta-2-Agonisten werden in der Medizin hauptsächlich zur Behandlung von obstruktiven Lungenerkrankungen wie chronisch-obstruktiver Bronchitis, asthmoider Bronchitis, Emphysebronchitis sowie von allergischem und von Anstrengungsasthma eingesetzt. Mit der Hilfe von Beta-2-Agonisten wird durch die Bindung an die Beta-2-Rezeptoren des sympathischen Nervensystems eine Erweiterung der Bronchien erzielt (Bronchodilatation). Die Verabreichung erfolgt in den meisten Fällen oral oder inhalativ, in seltenen Fällen kann auch eine intravenöse Applikation in Frage kommen. Hauptsächlich verwendete Substanzen sind hier Clenbuterol, Feneterol, Salbutamol oder Terbutalin. Die Anwendungsgebiete im Doping betreffen sowohl den Ausdauer- als auch den Kraftsportbereich. Aufgrund der antikatabolen Wirkung wird Clenbuterol im Kraftsport meistens als Ergänzung zu einer Steroidkur eingesetzt, um den Kraftverlust nach Beendigung dieser zu verringern. Des Weiteren hat Clenbuterol einen lipolytischen und appetithemmenden Effekt, was sich einige Kraftsportler ebenfalls zu Nutze machen.

Im Ausdauerbereich wird Clenbuterol hauptsächlich während der wettkampffreien Zeit eingenommen. Die vordergründigen Ziele sind hierbei eine Vermeidung von Übergewicht, sowie eine verkürzte Regenerationszeit.³³

Die Palette der Nebenwirkungen reicht, insbesondere bei der Einnahme von hohen Dosen, von Funktionsstörungen des Herz-Kreislaufsystems wie Herzrhythmusstörungen, Erhöhung der Herzfrequenz, Blutdruckerhöhung, Schwächung des Herzmuskels, Angina Pectoris über Schwitzen, Tremor,

³² Vgl. Kern 2002, S. 104f

³³ Vgl. Kern 2002, S. 65f

unkontrollierte Muskelzucken bis hin zu Störungen des Zuckerstoffwechsels (Blutzuckererhöhung).³⁴

4.5 Hormon-Antagonisten und Hormonmodulatoren

Die Gruppe der Hormon-Antagonisten und Hormon-Modulatoren wird eingeteilt in:

- Aromatase-Inhibitoren (Aromatasehemmer),
- Selektive Estrogen-Rezeptor-Modulatoren (SERMs),
- Andere antiestrogen wirksame Substanzen und
- Wirkstoffe, welche die Myostatinfunktion beeinflussen.³⁵

Aromatase ist ein Enzym, das unter anderem bei der Biosynthese von Steroidhormonen eine wichtige Rolle spielt. Während es für Männer keine therapeutischen Indikationen gibt, wird es bei Frauen zur Behandlung von Brustkrebs eingesetzt um die Tumorrückbildung zu fördern.

Im Sport werden Aromatasehemmer vor allem dazu eingesetzt, um Nebenwirkungen und Begleiterscheinungen von Anabolika, wie zum Beispiel Brustwachstum bei Männern (Gynäkomastie) zu unterdrücken.

Selektive-Estrogenrezeptor-Modulatoren (SERMs) verhindern den Knochenabbau und wirken an der Gebärmutterschleimhaut oder der Brust wie Antiestrogene. Aus diesem Grund werden sie vermehrt zur Brustkrebsnachbehandlung eingesetzt um die Chance eines Rückfalles zu verringern. Auf der WADA-Verbotsliste finden sich die als Arzneimittel zugelassenen Stoffe, Tamoxifen, Raloxifen und Toremifen.

Unter die Gruppe der anderen antiestrogen wirksamen Substanzen fallen unter anderem die Wirkstoffe Clomiphen, Cyclofenil und Fulvestrant. Clomiphen wird medizinisch zur Auslösung des Eisprungs bei Frauen mit Sterilität angewendet. Bei Männern hingegen führt Clomiphen zu einer Steigerung der Testosteronproduktion und wird deswegen häufig am Ende einer Steroidkur eingesetzt um die eigene verminderte Testosteronproduktion wieder anzukurbeln.

Myostatin ist ein Eiweiß, das im Körper gebildet wird und für die Begrenzung des Muskelwachstums verantwortlich ist. Myostatin-Inhibitoren könnten in der Zukunft vor

³⁴ Vgl. Holdhaus u.a. 2009, S. 38f

³⁵ Vgl. Holdhaus u.a. 2009, S. 39

allem im Bereich des Dopingmissbrauchs eine große Rolle spielen, da eine Inaktivierung von Myostatin ein übernatürlich starkes Muskelwachstum zur Folge hätte.³⁶

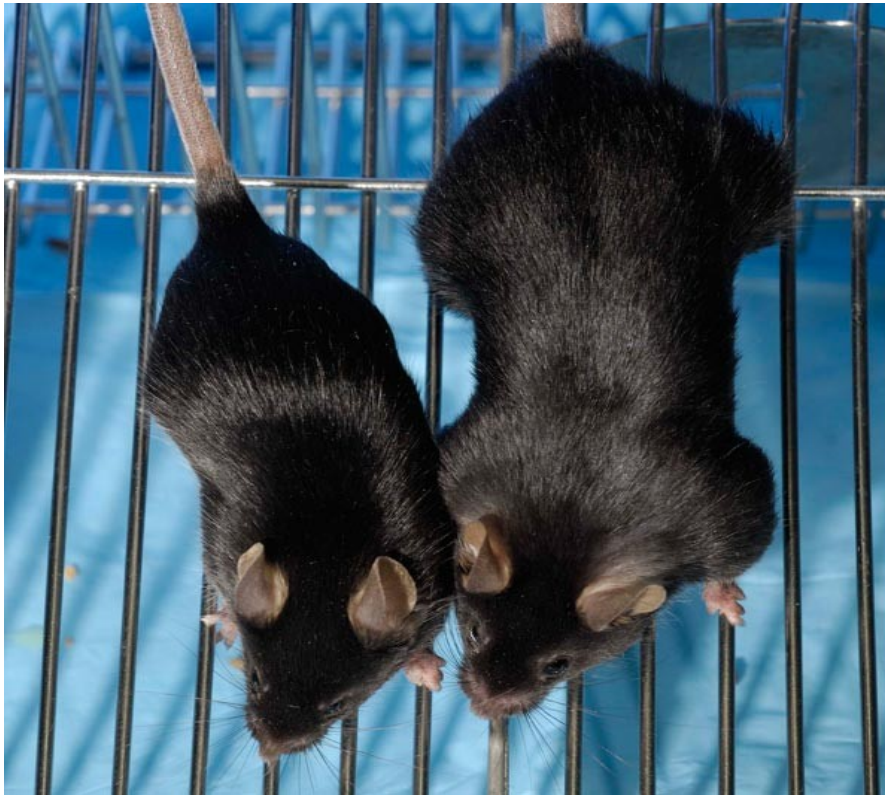


Abbildung 7: Vergleich zwischen 2 Mäusen, wobei bei der rechten Myostatin gehemmt wurde.

Bei der Anwendung von Antiestrogenen besteht ein erhöhtes Thromboserisiko und ein erhöhtes Risiko für Gefäßerkrankungen sowie hormonell bedingte Nebenwirkungen wie Hitzewallungen, Schwitzen, Vaginalblutungen, Bauchschmerzen, Kopfschmerzen und Sehstörungen.³⁷

4.6 Maskierende Substanzen

Maskierungsmittel werden im Sport dazu eingesetzt um die Ausscheidung von verbotenen Wirkstoffen zu behindern um verbotenen Substanzen bei Dopingproben zu verdecken oder um hämatologische Parameter zu verändern.³⁸

³⁶ Vgl. Feiden u.a. 2008, S. 18f

³⁷ Vgl. Holdhaus u.a. 2009, S. 40

³⁸ Vgl. Feiden u.a. 2008, S. 21

In der WADA-Verbotsliste sind folgende Substanzen und Substanzklassen aufgeführt: Diuretika, Epi-testosteron, Probenecid, Alpha-Reduktase-Hemmer sowie Plasmaexpander.

4.6.1 Diuretika

Diuretika sind harntreibende (Diurese) Substanzen, welche direkt auf die Nieren wirken. Die vermehrte Urinausscheidung wird in erster Linie durch eine Hemmung der NaCl- (Natriumchlorid) und Wasserrückresorption erreicht. In der Medizin werden Diuretika für eine Vielzahl von Erkrankungen eingesetzt, unter anderem zur Behandlung von Ödemausschwemmungen, zur Blutdrucksenkung, zur Behandlung einer Herzinsuffizienz oder zur Prophylaxe einer Schockniere.³⁹

Im Doping werden Diuretika vor allem aus zwei Gründen eingesetzt:

1. In Sportarten, die in Gewichtsklassen unterteilt sind (Boxen, Ringen, Gewichtheben, etc.) versuchen Sportler mit Hilfe von Diuretika ihr Körpergewicht kurz vor dem Wettkampf zu senken. So können innerhalb von 24 Stunden Gewichtsverluste von bis zu 4% erreicht werden.
2. Der zweite Grund einer Diuretikaanwendung dient der Maskierung anderer unerlaubter Wirkstoffe. Durch die Vergrößerung des Harnvolumens ist es möglich, die Konzentration der verbotenen Dopingsubstanz unter einen bestimmten Grenzwert zu drücken.⁴⁰

Allerdings steigern Diuretika nicht die Leistungsfähigkeit, sondern sind eher kontraproduktiv. Durch den Flüssigkeitsverlust tritt gleichzeitig ein Verlust an Natrium-Ionen ein, was zu einem Verlust von Flüssigkeit im Körpergewebe führt. Kann der Verlust an Mineralien durch zusätzliches Trinken nicht ausgeglichen werden, kann es zu einem starken Rückgang der körperlichen Leistungsfähigkeit kommen. Heutzutage gilt es außerdem als veraltet, Diuretika zur Verschleierung zu verwenden, da eine Urinprobe mittlerweile auf ihre Dichte überprüft werden muss. Liegt diese unter 1,005, muss solange eine weitere Probe entnommen werden, bis der vorgegebene Dichtewert erreicht ist.⁴¹

³⁹ Vgl. Lüllmann u.a. 2008, S. 158

⁴⁰ Vgl. Kern 2002, S. 135f

⁴¹ Vgl. Bergner 2006, S. 114

Da Diuretika den Wasser- und Salzhaushalt des Organismus aus dem Gleichgewicht bringen, gehen wichtige Mineralstoffe verloren. Die daraus resultierenden Nebenwirkungen sind akuter Blutdruckabfall, Muskelkrämpfe, allergische Hautreaktionen, Kreislaufkollaps, Magen- und Darmprobleme, Nierenfunktionsstörungen bis hin zu Nierenschäden, sowie Verlust des Blutvolumens und Bluteindickung.⁴²

4.6.2 Epitestosteron

Epitestosteron ist ein natürliches Steroid, das vom menschlichen Körper auf ähnliche Weise wie Testosteron produziert und ausgeschüttet wird. Epitestosteron spielt eine wichtige Rolle bei der Dopingfahndung. Da sich Testosteron im Organismus nicht in Epitestosteron umwandeln kann, ist es möglich, anhand des Verhältnisses von Testosteron zu Epitestosteron eine künstliche Zufuhr von Testosteron zu erkennen. Bei einer Einnahme von Testosteron oder von seinen Prohormonen erhöht sich zwar der Testosteronspiegel im Blut, während der Gehalt an Epitestosteron unverändert bleibt. Dieser Quotient (T:E-Quotient) liegt normalerweise unter 4, daher gelten Werte, die größer sind als 4, als Dopingverstoß. Dopende Sportler versuchen diese Regelung zu umgehen, indem sie gleichzeitig Epitestosteron einnehmen, um den T:E-Quotienten zu normalisieren. Um dieser Methode vorzubeugen wird die Epitestosteronkonzentration gemessen, welche 200 Nanogramm/ml Urin nicht übersteigen darf.⁴³

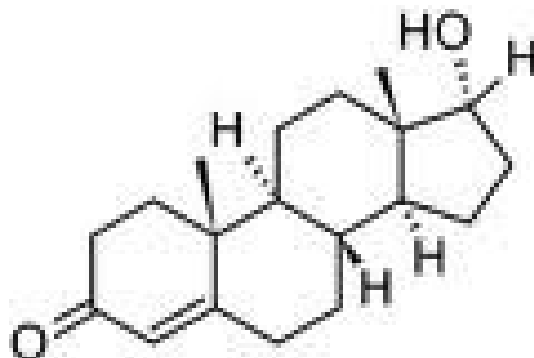


Abbildung 8: Summenformel Epitestosteron

⁴² Vgl. Holdhaus u.a. 2009, S. 41f

⁴³ Vgl. Bergner 2006, S. 102

4.6.3 Probenecid

Probenecid steigert die Harnsäureausscheidung in den Nieren durch eine Hemmung der tubulären Wiederaufnahme, weswegen es vornehmlich zur Behandlung von Gichtpatienten eingesetzt wird. Die Einnahme von Probenecid zu Dopingzwecken dient der Unterdrückung der renalen Elimination verbotener Substanzen und erschwert somit den analytischen Nachweis dieser Substanzen. Als Nebenwirkungen sind Magen-Darmbeschwerden sowie allergische Reaktionen zu erwarten.⁴⁴

4.7 Stimulanzien (Sympathomimetika)

Zur Gruppe der Stimulanzien zählen zahlreiche als „Aufputschmittel“ bezeichnete Wirkstoffe. Stimulanzien steigern den psychomotorischen Antrieb, Wahrnehmungs- und Denkleistungen, haben aber, nicht zuletzt wegen ihrer zahlreichen Nebenwirkungen, nur wenige therapeutische Indikationen. Einige Stimulanzien werden beispielsweise in der Notfallmedizin zur Behandlung von Schockzuständen eingesetzt. Ephedrin wirkt bronchodilatatorisch, schleimhautabschwellend (lokal), und wird Grippemitteln beigemischt.

Im Spitzensport werden Stimulanzien vor allem wegen ihrer stimulierenden Wirkung auf das zentrale Nervensystem (ZNS) angewendet. Diese Stimulation ermöglicht den Sportlern ihre Leistungsreserven voll auszunützen, was unter normalen Umständen unmöglich wäre.

Sympathomimetika werden in indirekte (Amphetamine, Ephedrine), direkte (Beta-2-Mimetika) sowie Methylxanthine (Koffein, Theophyllin, Theobromin) und die Rauschmittel Kokain und Ecstasy unterteilt.

Amphetamine und Ephedrine werden als indirekte Sympathomimetika bezeichnet, da sie die Noradrenalinmenge im synaptischen Spalt erhöhen, ohne direkt an den Rezeptor zu binden. Indirekte Sympathomimetika werden wegen ihrer Wirkung auf das ZNS auch als Psychostimulanzien bezeichnet. Sie bewirken ein Nachlassen der Müdigkeit, eine gesteigerte Leistungsbereitschaft, eine angeregte Atmung, verstärkte Motorik sowie eine euphorische Grundstimmung.⁴⁵ Bei der Anwendung von Amphetaminen kann es zu einer Verengung der Blutgefäße und damit zu einem

⁴⁴ Vgl. Holdhaus u.a. 2009, S. 42

⁴⁵ Vgl. Kern 2002, S. 122f

Blutdruckanstieg kommen. Bei gleichzeitiger körperlicher Anstrengung kann es unter Umständen zu einem tödlichen Wärmestau kommen. Ephedrin ist häufig in leichten Arzneimitteln wie Hustensäften enthalten, was im Falle einer positiven Dopingprobe oft als Ausrede für dieselbe angegeben wird.⁴⁶

Direkte Sympathomimetika unterscheiden sich gegenüber indirekten, dass sie direkt an den Rezeptor binden. Zu den bekanntesten Vertretern dieser Gruppe zählen die sogenannten Beta-2-Mimetika, die wegen ihrer bronchodilatatorischen Wirkung vor allem zur Behandlung von Asthma eingesetzt werden. Als herausragendes Mittel zu Dopingzwecken muss hier, wegen seiner proteinanabolen Wirkung, Clenbuterol angeführt werden.⁴⁷

Das Hauptproblem bei der illegalen Anwendung von Sympathomimetika liegt in der Gefahr einer lebensbedrohlichen Überbelastung infolge von Störungen des Herzkreislaufsystems. Sympathomimetika steigern die Herzfrequenz, erhöhen den Blutdruck und ermöglichen dem Körper so den Zugriff auf die körpereigenen, autonom geschützten Energiereserven. Im Zuge dessen kennt der Sportler seine eigenen Grenzen nicht mehr, was in weiterer Folge zu einem plötzlichen Erschöpfungstod führen kann. Doch auch psychische Nebenwirkungen spielen eine große Rolle. Hierzu zählen ein gewisses Suchtpotential, paradoxe Erregungszustände, Aggression, Schlafstörungen, Wahnvorstellungen bis hin zu Halluzinationen und Psychosen.⁴⁸

Zu den Methylxantinen zählt man die Stoffe Koffein, Theophyllin und Theobromin. Methylxantine haben einerseits eine Bedeutung als Bronchodilatoren und andererseits als Psychostimulanzien. Zur Anwendung in der Medizin werden Methylxantine vor allem zur Asthmatherapie (Theophyllin), als Analgetikumzusatz (Koffein) oder zur Vorbeugung von Erstickungsanfällen bei Frühgeburten eingesetzt. Zu Dopingzwecken wird Koffein in erster Linie zur Verbesserung von Ausdauerleistungen angewendet. Vor allem bei langandauernden Belastungen wirkt Koffein leistungssteigernd, da es die Fettsäure-Oxidation verstärkt und somit die Glykogenreserven des Sportlers geschont werden. Die Psychostimulation von Koffein unterdrückt die Müdigkeit des Athleten und führt zu einer gesteigerten

⁴⁶ Vgl. Bergner 2006, S. 121

⁴⁷ Vgl. Kern 2002, S. 124

⁴⁸ Vgl. Holdhaus u.a. 2009, S. 44

Leistungsbereitschaft. Zu den Nebenwirkungen des Koffeins zählen Tremor, Übelkeit, Diarrhöe sowie Konzentrationsstörungen.⁴⁹

Kokain wird aus den Blättern des Kokastrauches gewonnen und entfaltet eine der stärksten Wirkungen unter den Stimulanzien. Kokain ist in der Lage, die Zellmembrantransportsysteme für Dopamin, Serotonin und Noradrenalin zu unterdrücken, was zu einer verstärkten Wirkung dieser Neurotransmitter führt. Es verringert die Müdigkeit, führt zu gesteigertem Wohlbefinden und Leistungsfähigkeit, unterdrückt das Hungergefühl und steigert die Herzfrequenz sowie den Blutdruck. Im Sport wird es vor allem wegen seiner psychostimulierenden Wirkung angewendet. Der Missbrauch von Kokain bewirkt eine Vielzahl von Nebenwirkungen wie zum Beispiel Unruhe, Angst, Halluzinationen, Schädigungen der Nasenschleimhaut, Bluthochdruck, psychische Abhängigkeit, Tremor, Gereiztheit und in hohen Dosen Krämpfe, Herzrhythmusstörungen bis hin zum Tod (Kammerflimmern oder Myokardinfarkt).⁵⁰

4.8 Narkotika

Unter Narkotika versteht man starke Schmerzmittel, die vorwiegend zur Unterdrückung von Schmerzen in zahlreichen Sportarten eingesetzt werden. Die Grundsubstanz ist hier das Mohn- bzw. Opiumhauptalkaloid Morphin.⁵¹ Zu den verbotenen Wirkstoffen zählen neben Morphin Buprenorphin (wird bei sehr starken Schmerzen, wie zum Beispiel bei Krebserkrankungen angewendet), Diacetylmorphin (Heroin) und zahlreiche mehr.⁵² Hier fehlt laut WADA-Verbotsliste der Zusatz: „*und andere Wirkstoffe mit ähnlicher chemischer Struktur oder ähnlicher biologischer Wirkung*“. Das bedeutet, dass nur diejenigen Stoffe verboten sind, die auch explizit angeführt werden. Einige Opiate wie die klassischen Antitussiva (Antihustenmittel) Codein oder Tramadol und einige mehr sind unter gewissen Umständen erlaubt.⁵³

⁴⁹ Vgl. Kern 2002, S. 128f

⁵⁰ Vgl. Kern 2002, S. 133f

⁵¹ Vgl. Müller 2004, S. 40

⁵² Vgl. Bergner 2006, S. 144f

⁵³ Vgl. Feiden u.a. 2008, S. 25

4.9 Cannabinoide

Cannabis wird aus der Hanfpflanze gewonnen und kann in den verschiedensten Formen eingenommen werden (Haschisch, Marihuana oder Haschischöl). Der Hauptwirkstoff der Cannabinoide ist THC (Tetra-Hydra-Cannabinol). Cannabis wirkt in erster Linie sedativ (beruhigend), schmerzstillend und kann, je nach Dosierung, zu zahlreichen Erregungszuständen, wie Angst, Scham oder Freude führen. Eine dauerhafte Anwendung kann zu Merkstörungen, Verlust des logischen Denkens und zu einer Verminderung der intellektuellen Leistungsfähigkeit führen. Cannabinoide haben keine leistungssteigernde Wirkung und sind, ähnlich wie Alkohol, nur aufgrund einer gesteigerten Verletzungsgefahr infolge von Koordinationsstörungen und gesteigerter Risikobereitschaft verboten.⁵⁴

4.10 Glukocorticoide

Glukocorticoide werden in der Nebenniere gebildet, ihr wichtigster Vertreter ist das Kortisol. Sie sind verantwortlich für die Mobilisierung von Reserven in Stresssituationen (bei akuter psychischer oder physischer Belastung).⁵⁵ Sie wirken unter anderem auf den Kohlenhydrathaushalt, den Fettstoffwechsel (Förderung der Fettspeicherung) und den Eiweißstoffwechsel. Sowohl in der Medizin als auch im Doping werden Corticosteroide vor allem wegen ihrer entzündungshemmenden und antiallergischen Eigenschaften eingesetzt. Corticosteroide können, je nach Anwendungsabsicht lokal, als Injektion, in Tablettenform (systemisch) oral, intravenös, intramuskulär oder inhalativ eingesetzt werden. Die entzündungshemmende Wirkung ermöglicht schmerzfreies Training sowie die Teilnahme an extremen Sportveranstaltungen über einen längeren Zeitraum. Die chronische Anwendung von Glukocorticosteroiden kann zu einer Störung des Hormonhaushaltes führen. Häufig beobachtete Krankheitsbilder sind hierbei Storchenbeine (Abnahme der Fettschicht an den Extremitäten), Stammfettsucht (Zunahme von Fettgewebe um die Körpermitte), Stiernacken (Fettgewebe im Nacken) oder das sogenannte Vollmondgesicht (Fettzunahme im Gesicht). Gleichzeitig kann es zu einer Abnahme der Muskelmasse, zu Wassereinlagerungen

⁵⁴ Vgl. Holdhaus u.a. 2009, S. 46f

⁵⁵ Vgl. Lang 2000, S. 344

im Gewebe (Ödeme), zu Herz-Kreislaufstörungen, Gefäßerkrankungen, Diabetes mellitus, Osteoporose oder zur Ausbildung einer Steroidakne kommen.⁵⁶

4.11 Alkohol

Alkohol wirkt in keinster Weise leistungssteigernd, ist aber aufgrund einer erhöhten Unfallgefahr (verminderte Reaktionszeit, gestörte Koordination, sedative Wirkung, erhöhte Risikobereitschaft) in zahlreichen Sportarten, wie Schießsport oder Flugsport, verboten.⁵⁷

4.12 Beta – Blocker

Beta-Blocker haben ebenfalls keine leistungssteigernde Wirkung, sind aber aufgrund ihrer beruhigenden Wirkung in diversen Sportarten wie Schießsport, Billard, Snooker, Bogenschießen, Kegeln sowie in Sportarten wie Flugsport, Rennsport oder jeglichem anderen Motorsport verboten. Beta-Blocker hemmen die aktivierende Wirkung von Noradrenalin und Adrenalin, wodurch die stimulierende Wirkung des Sympathikus geschwächt wird. Zu therapeutischen Zwecken werden Beta-Blocker bei Krankheiten wie Hypertonie, Herzrhythmusstörungen, Angina pectoris oder Migräne eingesetzt. Sie können zahlreiche Nebenwirkungen wie Blutdruckabfall, Müdigkeit, Schwindel, Herzrhythmusstörungen oder Durchblutungsstörungen hervorrufen.⁵⁸

5.0 Verbotene Dopingmethoden

Bei den verbotenen Dopingmethoden unterscheidet die WADA-Verbotsliste zwischen mehreren Möglichkeiten. Hierzu zählen die Erhöhung des Sauerstofftransfers (entweder mit Hilfe von Blutdoping oder mit Hilfe von künstlichen Sauerstoffträgern), die chemische oder physikalische Manipulation sowie das Gendoping.

⁵⁶ Vgl. Holdhaus u.a. 2009, S. 50f

⁵⁷ Vgl. Feiden u.a. 2008, S. 26

⁵⁸ Vgl. Holdhaus u.a. 2009, S. 65

5.1 Erhöhung des Sauerstofftransfers

Die Leistungsfähigkeit eines Athleten (vor allem im Ausdauerbereich) wird im Wesentlichen dadurch bestimmt, wie viel Sauerstoff sein Blut transportieren kann. Im Leistungssport gibt es mehrere Möglichkeiten, die Sauerstofftransportkapazität eines Athleten zu verbessern. Zu den erlaubten Methoden zählt hierbei das Höhentraining, zu den verbotenen Methoden zählen die im Folgenden beschriebenen Methoden.⁵⁹

5.1.1 Blutdoping

Wie zuvor erwähnt, wird mit der Methode des Blutdopings versucht, die Sauerstofftransportkapazität des Blutes zu erhöhen. Laut WADA Definition ist Blutdoping *„die Anwendung von eigenem (homologem) oder fremdem (heterologem) Blut oder Produkten aus roten Blutkörperchen jeglicher Herkunft, soweit die Anwendung nicht für eine medizinische Behandlung vorgesehen ist.“* In der Medizin verwendet man diese Methode bei Operationen, bei denen ein starker Blutverlust zu erwarten ist oder bei Notfalloperationen. Während bei Notfalloperationen blutgruppengleiches Fremdblut verwendet wird, kommt bei geplanten Operationen zuvor entnommenes Eigenblut zum Einsatz.⁶⁰

Beim Eigenblutdoping kommt es durch ebendiese Zufuhr von Blut zu einem Anstieg der Hämoglobinkonzentration bzw. zu einer Vermehrung von Erythrozyten, was eine gesteigerte Sauerstofftransportkapazität zur Folge hat. Dies ist dadurch bedingt, dass dem betroffenen Athleten bis zu ein Liter Blut entnommen wird, welches tiefgekühlt gelagert wird. Während dieser Zeit bildet der Körper, angeregt durch den Blutverlust, Erythrozyten nach, bis sein Blutvolumen wieder normale Werte erreicht hat. Danach wird das zuvor entnommene Eigenblut wieder zugeführt, was eine Erhöhung der Erythrozytenzahl zur Folge hat.⁶¹

Die Anwendung von Blutdoping stellt eine enorme Belastung des Herz-Kreislaufsystems dar und kann unter anderem zu Bluthochdruck, Thrombosen oder Embolien führen. Einen weiteren Risikofaktor stellt die unsachgemäße Durchführung der Bluttransfusion dar (bei nicht steriler Anwendung), bei der es zu einer Blutvergiftung bis hin zum Schock kommen kann. Bei Fremdblutdoping besteht

⁵⁹ Vgl. Feiden u.a. 2008, S. 28

⁶⁰ Vgl. Holdhaus u.a. 2009, S. 53

⁶¹ Vgl. Feiden u.a. 2008, S. 28f

außerdem die Gefahr von allergischen Reaktionen, von übertragbaren Krankheiten (HIV, Hepatitis) oder von diversen Unverträglichkeitsreaktionen.

5.1.2 Künstliche Sauerstoffträger

Unter künstlichen Sauerstoffträgern versteht man alle Produkte oder Substanzen, die die Aufnahme, den Transport oder die Abgabe von Sauerstoff erhöhen. Unter diese Gruppe fallen Stoffe, welche die Aufgabe von Hämoglobin übernehmen, das normalerweise für den Sauerstofftransport verantwortlich ist. Als Beispiel wären hier Perfluorkohlenwasserstoffe zu nennen. Allerdings kommt es bei ihrer Anwendung zu schwerwiegenden Nebenwirkungen wie hohem Fieber, erhöhter Blutungsgefahr und Leber-, Nieren- und Lungenfunktionsstörungen. Neben dieser Methode versucht man, mit sogenannten quervernetzten bzw. polymerisierten Hämoglobinen das Hämoglobinmolekül so zu stabilisieren, dass es auch unabhängig von den Erythrozyten Sauerstoff transportieren kann. Dieses Verfahren ist allerdings aufgrund der schlechten Haltbarkeit der künstlichen Hämoglobine noch nicht ausgereift.⁶²

5.2 Chemische oder physikalische Manipulation

Unter diese Gruppe fallen laut WADA alle Substanzen, oder der Gebrauch dieser, die in der Lage sind, Urinproben bei Doping-Kontrollen zu verfälschen oder zu beeinträchtigen. Hierzu zählen unter anderem die Katheterisierung, der Austausch oder die Veränderung des Urins, der Einsatz von Maskierungsmitteln und Plasmaexpandern (führen zu einer Absenkung des Hämatokritwertes) sowie die Veränderung des Epitestosteron-Testosteron Verhältnisses. Außerdem ist jegliche intravenöse Infusion verboten, außer sie geschieht im Zuge einer gerechtfertigten medizinischen Behandlung.⁶³

5.3 Gendoping

Unter dem Begriff Gendoping kann man alle Vorgänge und Methoden zusammenfassen, deren Ziel die Veränderung der natürlichen Gentranskription ist.

⁶² Vgl. Holdhaus u.a. 2009, S. 55f

⁶³ Vgl. Holdhaus u.a. 2009, S. 57f

Hier handelt es sich um hochkomplexe physiologische Vorgänge, die Gegenstand der modernen Pharmaforschung sind und theoretisch auch zu Doping-Zwecken genutzt werden können. Vereinfacht ausgedrückt werden bei der Gentherapie Gene von außen in den Organismus gebracht, um so genetische Störungen zu beheben. Als Vektoren kommen hierbei spezielle veränderte Viren zum Einsatz. Die wahrscheinlichsten Einsatzpunkte des Gendopings liegen in der Beeinflussung der Sauerstoffversorgung, der Skelettmuskulatur und der Energiebereitstellung.⁶⁴ Die WADA befürchtet, dass Gendoping schon in einigen Jahren Realität wird und beschäftigt schon heute zahlreiche Mitarbeiter, geeignete Nachweisverfahren für Gendoping zu entwickeln.⁶⁵

6.0 Nahrungsergänzungsmittel und Doping

Nahrungsergänzungsmittel spielen sowohl im Spitzen-, als auch im Freizeitsport eine große Rolle. Nahrungsergänzungsmittel sind in den unterschiedlichsten Formen erhältlich (Pulver, Tabletten, Flüssigkeiten, etc.) und decken ein breites Spektrum von Nährstoffen ab (Kohlenhydrate, Eiweiße, Vitamine, Mineralien, Spurenelemente, Taurin, Kreatin, etc.). Nahrungsergänzungsmittel sollten, wie der Name schon verdeutlicht, nur als Ergänzung zur täglichen Ernährung eingenommen werden. Dies gilt in speziellem Fall bei Mangelerscheinungen als Substitution. Obwohl Nahrungsergänzungsmittel laut WADA nicht auf der Verbotsliste stehen, lassen sich zahlreiche Dopingfälle auf die Verwendung dieser zurückführen. Das Problem hierbei ist, dass Nahrungsergänzungsmittel oftmals aus dubiosen Quellen, meist von Internetanbietern bezogen werden und nicht zuletzt deshalb starke Verunreinigungen mit Prohormonen oder ähnlichen Substanzen aufweisen. Eine Untersuchung der WADA (im Auftrag des Internationalen Olympischen Komitees) hat ergeben, dass von 634 getesteten Nahrungsmittelergänzungen fast 15% der Produkte verunreinigt waren, wobei 23 dieser verunreinigten Nahrungsergänzungsmittel sogar Spuren von Nandrolon oder Testosteron, 64 nur Testosteron und der Rest nur Nandrolon enthielten. Nicht zuletzt aus diesem Grund gibt es von Seiten diverserer

⁶⁴ Vgl. Feiden u.a. 2008, S. 30

⁶⁵ Vgl. Holdhaus u.a. 2009, S. 59

internationaler und nationaler Agenturen, allen voran der WADA Warnungen, Nahrungsergänzungsmittel zu erwerben oder gar zu verwenden.⁶⁶

7.0 Dopingkontrollen

Im folgenden Kapitel möchte ich einen kurzen Überblick über die Methodik des Dopingkontrollsystems geben. Der tatsächliche Ablauf ist natürlich um einiges umfassender und komplizierter.

Um die Planung der Dopingkontrollen zu erleichtern, werden Sportler in sogenannte „Registered Testpools“ aufgenommen. Diese Einteilung ermöglicht es den Dopingfahndern, unangemeldete Dopingkontrollen durchzuführen. Die NADA verwendet drei verschiedene Testpools, wobei die Athleten je nach Testpool bestimmte Angaben über ihren jeweiligen Aufenthaltsort zu machen haben. Die von der NADA Austria geführten Testpools werden unterteilt in

- den **Registered Test Pool**,
- den **Nationalen Test Pool** und
- den **Allgemeinen Test Pool**.

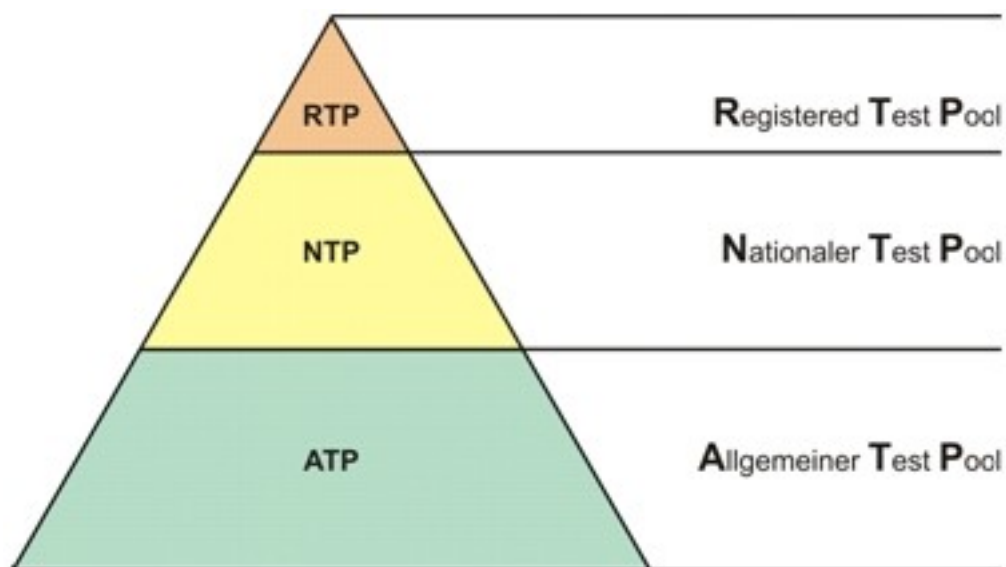


Abbildung 9: NADA Testpools

Der Registered Test Pool beinhaltet all jene Sportler, die dem A-Kader sowie speziellen Kadern (Olympiaauswahl) nationaler Fachverbände angehören und

⁶⁶ Vgl. Holdhaus u.a. 2009, S. 120f

Athleten, die wiederholt gegen die Meldepflichten verstoßen haben. Angehörige des Registered Test Pool sind verpflichtet, zu jeder Zeit ihren detaillierten Aufenthalts-, Wohn- und Trainingsort anzugeben und des weiteren eine Stunde zwischen 6 und 23 Uhr, in der sie für Dopingtests zur Verfügung stehen.

Der Nationale Test Pool umfasst alle übrigen Sportler aus dem A-Kader, die noch nicht dem Registered Test Pool zugeordnet sind und alle Athleten aus dem B-Kader. Ihre Meldepflicht gilt auch für jeden Tag des Quartals, allerdings mit gelockerten Auflagen.

Dem Allgemeinen Test Pool gehören Sportler an, die in keinem der beiden zuvor genannten Testpools zu finden sind, wie zum Beispiel B- oder C-Kader Sportler, sowie Nachwuchssportler. Ihre Meldepflicht beschränkt sich auf den gewöhnlichen Aufenthaltsort sowie die Angabe ihrer Trainingspläne.⁶⁷

Eine Benachrichtigung der Sportler findet nicht statt, um die Athleten möglichst unvorbereitet testen zu können. Allerdings ist der Sportler darüber zu informieren, dass es sich um eine Dopingprobe handelt. Im Zuge dessen ist er über die Art der Probenentnahme, über seine Rechte und Pflichten sowie die Konsequenzen bei einem etwaigen Fehlverhalten aufzuklären.

Die Probenentnahme hat in einer Dopingkontrollstation zu erfolgen und darf nur mit dafür geeigneten, sterilen und durch die WADA überprüften Materialien durchgeführt werden.

Bei der Abgabe einer Urinprobe hat der Sportler das Recht, sich aus einer gewissen Anzahl von versiegelten und unversehrten Behältnissen eines auszuwählen. Die Abgabe des Urins muss unter ständiger Aufsicht eines Dopingkontrolleurs erfolgen um etwaige Manipulationsversuche zu vermeiden. Nach einer erfolgreichen Urinabgabe wird der Behälter vom Athleten selbst versiegelt und die Dopingkontrolle wird genau dokumentiert.

Bei der Entnahme von Blutproben muss darauf geachtet werden, dass die Gesundheit des Sportlers nicht gefährdet wird, die Probe gewissen Qualitätskriterien entspricht, klar und deutlich gekennzeichnet ist und nicht zuletzt sorgfältig versiegelt ist. Die Entnahme hat aus einer Oberflächenvene zu erfolgen und muss direkt in den für die Analyse bestimmten Behälter fließen. Das restliche Prozedere gleicht dem der Urinabgabe.⁶⁸

⁶⁷ Vgl. Holdhaus u.a. 2009, S. 88f

⁶⁸ Vgl. Holdhaus u.a. 2009, S. 95f

Als weitere Möglichkeit wird seit einiger Zeit auch die Einführung einer Haaranalyse diskutiert. Die Vorteile einer solchen wären eine hohe Sicherheit für einen langfristigen Nachweis und die Manipulationsmöglichkeiten würden sich in Grenzen halten.⁶⁹

7.1 Dopinganalyse

Die darauf folgende Dopinganalyse erfolgt ausschließlich in speziell akkreditierten Laboratorien (durch die WADA). Erste Parameter wie die Dichte, der pH-Wert und der Hämatokritwert werden bereits unmittelbar nach der Probenentnahme vor Ort vorgenommen um die Tauglichkeit der entnommenen Probe zu gewährleisten. Für die weitere analytische Vorgehensweise in einem der akkreditierten WADA-Laboratorien muss die Probe zuerst vorbereitet werden, da die zu erfassenden Stoffe in so geringen Mengen im Urin oder Blut vorkommen, dass ihre Identifizierung sonst unmöglich wäre. Nach dieser Abtrennung der Probenmaterialien aus dem Blut oder dem Urin findet die sogenannte „Screening“-Phase statt. In dieser Phase wird mit hochkomplexen Verfahren (Gas-, Flüssig-Chromatographien, Massenspektromie) in mehreren Schritten nach den zu untersuchenden Substanzen gesucht. Da die meisten Dopingstoffe körperfremd sind, kann bei ihrer Entdeckung auch zweifelsfrei davon ausgegangen werden, dass es sich um von außen zugeführte Substanzen handelt. Die weitaus größere Herausforderung stellt die Tatsache dar, dass die eingenommenen Substanzen vom Körper verändert wieder ausgeschieden werden. Einige Substanzen scheinen daher gar nicht in der Urin- oder Blutprobe auf. Bei manchen unterschiedlichen Dopingstoffen entstehen sogar die gleichen Abbauprodukte, was dazu führt, dass selbst bei einem Nachweis nicht festgestellt werden kann, welche Substanz eingenommen wurde. Ein Beispiel hierfür ist zum Beispiel Nandrolon. Wird Nandrolon, 19-Norandrostendion oder 19-Norandrostendiol verabreicht, entstehen immer die Metaboliten Norandrosteron und Noretiocholanon. Es kann also bei Nachweis dieser Metaboliten nicht nachvollzogen werden, welcher dieser drei Stoffe tatsächlich eingenommen wurde. Da allerdings alle drei Substanzen aufgrund ihrer ähnlichen Wirkung verboten sind, stellt das kein allzu großes Problem dar.

⁶⁹ Vgl. Feiden u.a. 2008, S. 91

Positive Screeningbefunde werden durch eine weitere Analyse der B-Probe abgesichert. Die Urinprobe wird gleich nach der Entnahme etwa im Verhältnis 2:1 (A/B-Probe) aufgeteilt, wobei die B-Probe tiefgefroren wird um für etwaige spätere Bestätigungsanalysen zur Verfügung zu stehen.⁷⁰

Der zweifelsfreie Nachweis einer Dopingsubstanz wird bei einem Großteil der Stoffe, wie bereits zuvor erwähnt, mit Hilfe einer Kombination von Gaschromatographie und Massenspektrometrie erzielt. Bei der Methode der Gaschromatographie werden die im Urin enthaltenen Rückstände der Substanzen in ihre Komponenten aufgetrennt. Die Gaschromatographie ermöglicht es, die Dopingmittel sowohl nach ihrer Art als auch nach ihrer Menge zu differenzieren. Bei einer gleichzeitigen Kombination mit der Massenspektrometrie wird die Genauigkeit der Analyse noch verbessert. Mit Hilfe dieser Nachweistekniken ist es möglich, noch kleinere Konzentrationen nachzuweisen und außerdem wird die Nachweiszeit erhöht. Dieser Umstand spielt vor allem beim Anabolikanachweis eine große Rolle, da so dem frühzeitigen Absetzen der Athleten vor Wettkampfperioden vorgebeugt werden kann.

Da einige Stoffe in bestimmten Mengen nicht leistungssteigernd wirken und somit nicht verboten sind, werden Grenzwerte für die Konzentration im Urin festgelegt. Zu diesen Stoffen zählt zum Beispiel Koffein, das in höheren Dosen eine leistungsanregende Wirkung hervorruft. Da sich diese Wirkung mit einigen Tassen Kaffee oder anderen koffeinhaltigen Mitteln nicht erreichen lässt, wird die Koffeinkonzentration im Urin standardmäßig analysiert. Auch Morphin ist in bestimmten Nahrungsmitteln enthalten, während Ephedrin häufig als Nebenbestandteil in milden Arzneimitteln enthalten ist (z.B. Hustenmittel).⁷¹

Probleme ergeben sich bei einem zweifelsfreien Nachweis von Peptidhormonen und Glykoproteinhormonen. Zum Einen sind diese Hormone immer im menschlichen Organismus vorhanden, sodass sich eine Abgrenzung von exogen zugeführten Substanzen, sowie eine Festlegung von Grenzwerten als extrem schwierig herausstellt. Zum Anderen haben sie eine völlig andere Struktur (eiweißartige Riesenmoleküle) und deshalb erweisen sich die üblichen Analyseverfahren als nutzlos. Einzig gentechnisch hergestellte Hormonpräparate weisen minimale Strukturabweichungen gegenüber körpereigenen Hormonen auf und können daher identifiziert werden.

⁷⁰ Vgl. Müller 2004, S. 69f

⁷¹ Vgl. Müller 2004, S. 75f

Das Problem der Urinmanipulation konnte mit strengeren Kontrollmethoden bis auf ein Minimum reduziert werden und stellt kein ernstzunehmendes Problem mehr dar.⁷²

8.0 Schlussfolgerung

Es hat sich gezeigt, um auf meine Fragestellung zu Beginn der Arbeit einzugehen, dass nahezu für jede erdenkliche Sportart leistungssteigernde Substanzen zur Verfügung stehen. Das Spektrum der Anwendungsmöglichkeiten reicht hier von muskelaufbauenden Präparaten wie anabolen Steroiden, die sowohl im Kraft- als auch im Ausdauerbereich ihren Einsatz finden, über Substanzen, die der Verbesserung des Sauerstofftransports dienen und vor allem in Ausdauersportarten eingesetzt werden, bis hin zu speziellen Präparaten, welche als Ergänzungen eingesetzt oder zur Verschleierung verwendet werden. Die Dopingfahnder sehen sich immer wieder mit neuen Herausforderungen konfrontiert. Ihre Aufgabe ist es einerseits, das System der Dopingkontrollen zu verbessern indem sie zuverlässigere und leistungsstärkere Nachweisverfahren entwickeln und sich andererseits ständig mit neuen, ihnen unbekanntem bzw. (noch) nicht nachweisbaren Substanzen zu befassen. Denn obwohl sich die Dopinganalytik vor allem in den letzten Jahren mit rasanter Geschwindigkeit weiterentwickelt hat, bleibt ein schaler Beigeschmack, immer einen Schritt zu langsam zu sein.

Laut *Holdhaus* gibt es Doping seit es sportliche Wettbewerbe gibt und wird es auch immer geben, da es in der menschlichen Natur liegt.⁷³ Nicht zuletzt aus diesem Grund wird es trotz der fortschrittlichsten Analytik immer wieder Dopingsünder geben. Daher sollte der Fokus der Dopingbekämpfung in der Prävention und Aufklärung liegen um das Dopingproblem bereits in seiner Anfangsphase zu ersticken. Des Weiteren ist es unerlässlich, über konsequentere Sanktionen gegenüber Dopingsündern zu diskutieren sowie die internationale Kooperation der verschiedenen Anti-Dopingagenturen zu verbessern.

⁷² Vgl. Müller 2004, S. 80

⁷³ Holdhaus u.a. 2009, S. 7

9.0 Literaturverzeichnis

Bergner, Hans; 1. Auflage, 2006: Grenzen im Leistungssport und Doping.
Norderstedt: Books on demand GmbH

Feiden, Karl/ Blasius, Helga; 2., aktualisierte und erweiterte Auflage, 2008: Doping im Sport, Wer-Womit-Warum. Stuttgart: Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft mbH

Holdhaus, Hans/Schober Peter H; 1. Auflage, 2009: Doping. Wien: Verlagshaus der Ärzte GmbH

Hutterer, Rudi; 1. Auflage, 2006: Fit in Organik, Klausurtraining für Mediziner, Pharmazeuten und Biologen. Wiesbaden: Vieweg und Teubner Verlag

Kern Jürgen; 2002: Das Dopingproblem. Wien: Verlag für medizinische Wissenschaften Wilhelm Maudrich

Lang, Florian; 2000: Basiswissen Physiologie. Berlin: Springer Verlag

Lüllmann, Heinz/Mohr, Klaus/Hein, Lutz; 6. Vollständig überarbeitete und erweiterte Auflage, 2008: Taschenatlas Pharmakologie. Stuttgart: Georg Thieme Verlag

Müller, Rudhard Klaus; 1. Auflage, 2004: Doping: Methoden, Wirkungen, Kontrolle. München: C.H. Beck Verlag

Pschyrembel Klinisches Wörterbuch. 258. neu bearbeitete Auflage, 1998, Berlin: de Gruyter Verlag

9.1 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Seite 5: Summenformel Tetrahydrogestrinon

Quelle: <http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/3/3f/Tetrahydrogestrinone.png>, Stand: 20. September 2010

Abbildung 2: Seite 8: Summenformel Testosteron

Quelle: <http://lexikon.freenet.de/images/de/thumb/c/ce/Testosteron.svg/200px-Testosteron.svg.png>, Stand: 20. September 2010

Abbildung 3: Seite 10: Steroid Akne

Quelle: <http://www.dermis.net/bilder/CD006/550px/img0053.jpg>, Stand: 20. September 2010

Abbildung 4: Seite 11: Gynäkomastie

Quelle: <http://www.kup.at/kup/images/browser/11521.jpg>, Stand: 17. September 2010

Abbildung 5: Seite 15: Blutproben

Quelle: <http://de.academic.ru/pictures/dewiki/66/Blut-EDTA.jpg>, Stand: 15. September 2010

Abbildung 6: Seite 16: Cera Präparat

Quelle: <http://www.steroidreport.com/wp-content/uploads/2008/07/mircera.jpg>, Stand: 20. September 2010

Abbildung 7: Seite 20: Myostatin Mäuse

Quelle: http://www.technologyreview.com/files/13400/mightymouse_x600.jpg, Stand: 16. September 2010

Abbildung 8: Seite 22: Summenformel Epitestosteron

Quelle:

<http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/0/0f/Epitestosterone.png/250px-Epitestosterone.png>, Stand: 21. September 2010

Abbildung 9: Seite 31: NADA Testpools

Quelle: <http://www.nada.at/files/img/Dopingkontrollsystem/Testpools.jpg>, Stand: 21. September 2010

