

W. Kindermann

## Dopingproblematik und aktuelle Dopingliste

### *The problem of doping and current doping list*

Institut für Sport- und Präventivmedizin, Universität des Saarlandes, Saarbrücken

#### Zusammenfassung

Das Konzept der Dopingliste besteht darin, Wirkstoffe und Methoden zu verbieten, die die sportliche Leistungsfähigkeit beeinflussen, die potentiell gesundheitsgefährdend sind und die dem Geist des Sports widersprechen. Die Dopingliste kann keine Drogenliste sein, sondern sie soll Leistungsmanipulationen und daraus resultierende unfaire Wettkampfbedingungen verhindern. Deshalb sollte der leistungsbeeinflussende Effekt das primäre Kriterium für die Dopingliste sein. Nicht alles wirkt leistungssteigernd, was gegenwärtig verboten ist. Unter evidenzbasierten Gesichtspunkten müsste die Dopingliste neu geordnet werden. Anabole Steroide, Erythropoietin (EPO) und Analoga, Wachstumshormone und Stimulanzen vom Amphetamintyp sind die Hauptprobleme im heutigen Doping und sollten deshalb im Zentrum der Dopingbekämpfung stehen. Der bürokratische Aufwand für ergogen fragwürdige, aber für die Therapie von Sportlern bedeutsame Wirkstoffe wie Beta-2-Agonisten und Glukokortikosteroide erscheint nicht gerechtfertigt. Gesellschaftsdrogen wie Heroin und Cannabinoide sollten als sportwidriges Verhalten sanktioniert und mit einem eigenen Strafenkatalog geahndet werden.

**Schlüsselwörter:** Dopingliste, leistungsbeeinflussender Effekt, wissenschaftliche Datenlage

#### Einleitung

Das Konzept der Liste der verbotenen Wirkstoffe und Methoden - im Folgenden als Dopingliste bezeichnet - besteht darin, Maßnahmen zu verbieten, die die sportliche Leistungsfähigkeit beeinflussen, die potentiell gesundheitsgefährdend sind und die dem Geist des Sports widersprechen. Für die Aufnahme in die Verbotliste der WADA (42) sollen zwei der drei genannten Kriterien erfüllt sein. Da die Dopingliste eine Leistungsmanipulation und daraus resultierende unfaire Wettkampfbedingungen verhindern soll, müsste der leistungsbeeinflussende, also ergogene Effekt, das primäre Kriterium für die Dopingliste sein. Nicht alles wirkt ergogen, was gegenwärtig verboten ist. Im Zeitalter einer evidenzbasierten Medizin sollte diese Evidenz auch für die Dopingliste eingefordert werden. Der leistungsbeeinflussende Effekt sollte durch

#### Summary

The concept of the doping list is the prohibition of substances and methods which can positively affect athletic performance, which might have a negative impact on health, and which are contrary to the spirit of sport. The doping list must not simply be a list of drugs but must prevent performance manipulation and the resulting unfair competition. Therefore, the main criterion for inclusion in the doping list should be a performance-enhancing effect. Not everything which is currently prohibited has performance-enhancement potential. The doping list would have to be revised to strictly take into account the scientific evidence. Anabolic steroids, erythropoietin (EPO) and analogues, growth hormones, and stimulants of the amphetamine type are currently the main problems in competitive sport and should, thus, be the focus of the fight against doping. Large bureaucratic efforts for substances used in the therapy of athletes which have questionable ergogenic potential, like beta-2-agonists and glucocorticosteroids, do not seem justified. The use of illegal drugs like heroin and cannabinoids is better addressed as un-sportsmanlike behaviour and punished on the basis of regulations separate from the doping list.

**Key words:** doping list, performance-enhancing effect, scientific findings

geeignete Studien oder zumindest durch Expertenkonsens, den niedrigsten Evidenzgrad, als wahrscheinlich eingestuft werden. Nachfolgend sollen aus der Sicht des ergogenen Effekts wichtige verbotene Wirkstoffe bzw. Wirkstoffgruppen dargestellt werden.

#### Stimulanzen

Die verbotenen sympathomimetischen Substanzen haben Phenylethylamin als gemeinsames chemisches Grundgerüst. Durch Methylierung am alpha-Kohlenstoffatom der Seitenkette entsteht Amphetamin, durch eine zweite Methylierung am Stickstoffatom Methamphetamin (Abb. 1). Diese Weckamine und deren Derivate haben nicht nur periphere, sondern auch starke zentralnervöse Wirkungen. Leistungsbereitschaft, Aufmerksamkeit und Konzentrationsfähigkeit nehmen zu, das Ermüdungsgefühl wird

unterdrückt. Ergogene Effekte sind nachgewiesen (7, 10, 34, 43). Das Verbot von Stimulanzien vom Amphetamintyp ist deshalb auch rational gut begründbar.

Die Wirkungsqualitäten der Sympathomimetika werden durch Einführung von Hydroxylgruppen verändert. Durch Substitution des Sechserings mit Hydroxylgruppen wird die Permeation durch die Blut-Hirnschranke vermindert, so dass keine relevanten zentralnervösen Effekte erfolgen können. Die ergogenen Wirkungen der Sympathomimetika sind aber im Wesentlichen zentralnervös bedingt. Typische Sympathomimetika mit hydroxyliertem Sechsering sind häufig verwendete Kreislaufmittel wie Norfenefrin oder Etilefrin (Abb. 1). Es gibt keine Studie, die über einen leistungsbeeinflussenden Effekt dieser Wirkstoffe berichtet, was aufgrund der chemischen Struktur auch nicht zu erwarten ist. Diese und andere peripher wirkende Sympathomimetika können auch bei Sportlern zumindest kurzzeitig, beispielsweise bei orthostatischen oder hypotonen Beschwerden, indiziert sein, dürfen aber nicht verwendet werden, weil sie auf der Dopingliste stehen.

Weitere relevante Sympathomimetika sind Ephedrin, Pseudoephedrin und Phenylpropanolamin. Sie leiten sich ebenfalls vom Phenylethylamin ab, haben aber deutlich geringere zentralnervöse Wirkungen als Amphetamine. Ergogene Effekte für Pseudoephedrin und Phenylpropanolamin sind bisher nicht belegt (15, 39). Für Ephedrin ist die Studienlage nicht eindeutig, aber in Kombination mit Koffein scheint eine Beeinflussung der sportlichen Leistung möglich (3, 4, 5, 7, 16). Aus evidenzbasierter Sicht ist somit die Entscheidung der WADA nachvollziehbar, Ephedrin auf der Dopingliste zu belassen, aber Pseudoephedrin und Phenylpropanolamin nicht mehr zu verbieten (42). Diese Entscheidung ist auch deshalb bedeutsam, weil zahlreiche Medikamente gegen Erkältungskrankheiten, insbesondere in den USA, Pseudoephedrin enthalten, so dass ein nicht unerhebliches Risiko einer unabsichtlichen Einnahme bei einem Verbot dieses Wirkstoffs gegeben wäre.

Seit 1984 stand Koffein auf der Dopingliste, seit 1985 galt das Überschreiten einer Grenzkonzentration von 12 µg/ml im Urin als Doping. Die Koffeinkonzentration im Urin ist von mehreren Faktoren abhängig. Nur ca. 1 % des aufgenommenen Koffeins wird im Urin ausgeschieden (17). Koffein kann zwar die Leistungsfähigkeit beeinflussen, aber bisher konnte nicht gezeigt werden, dass eine Dosis-Wirkungs-Beziehung besteht. Bei geringen Koffeinnahmen, beispielsweise zwischen 150 bis 300 mg, die in der Regel zu deutlich niedrigeren Urinkonzentrationen führen

## Chemische Struktur der Sympathomimetika

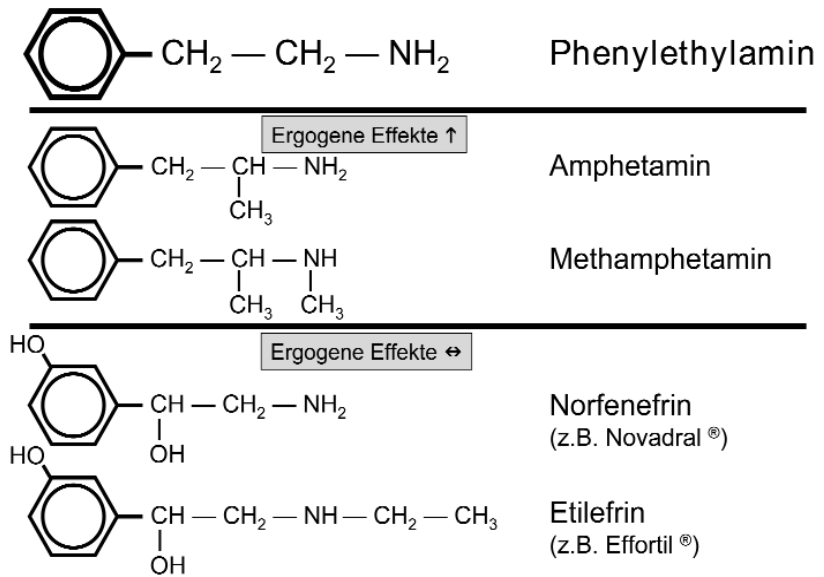


Abbildung 1: Zusammenhang zwischen ergogenen Effekten und chemischer Struktur der Sympathomimetika

als dem Grenzwert entspricht, können ähnliche ergogene Effekte auftreten wie nach größeren Koffeinnahmen (20). Bei hoher Koffeindosis kann aufgrund von Nebenwirkungen die Leistungsfähigkeit sogar gehemmt werden.

Da Koffein in vielen Getränken und auch anderen Produkten enthalten ist, kann es nicht generell verboten oder der Grenzwert nicht beliebig niedrig angesetzt werden. Insgesamt wird der leistungsbeeinflussende Effekt als gering eingeschätzt (7). Da außerdem Grenzwerte untauglich sind, um zwischen normalem Koffeingebruch und Dopingabsicht zu unterscheiden, wurde Koffein konsequenterweise freigegeben und erscheint nicht mehr in der neuen Dopingliste der WADA (42).

## Beta-2-Agonisten

Beta-2-Agonisten sind als separat aufgeführte Wirkstoffgruppe bei Wettkämpfen verboten. Zur Vorbeugung und Behandlung von Asthma bronchiale bzw. Anstrengungsasthma ist die inhalative Anwendung von Formoterol, Salbutamol, Salmeterol und Terbutalin erlaubt. Voraussetzung ist eine medizinische Ausnahmegenehmigung (42). Je nach Status des Sportlers und Vorschriften des internationalen Verbandes sind die Ergebnisse von Lungenfunktionsprüfungen beizufügen oder auf Anfrage vorzulegen. Der bürokratische Aufwand ist erheblich. Ist dieser auch gerechtfertigt, weil inhalative Beta-2-Agonisten die Leistungsfähigkeit beeinflussen?

Tab. 1 enthält die Ergebnisse von 14 plazebokontrollierten Studien, die zwischen 1983 bis 2003 publiziert worden sind. Bei gut bis hoch trainierten Athleten wurden in-

halative Beta-2-Agonisten, darunter alle vier mit Einschränkung zugelassenen Wirkstoffe, hinsichtlich ihres Einflusses auf die aerobe und anaerobe Leistungsfähigkeit und teilweise auch auf die Muskelkraft untersucht. Bis auf 2 Studien mit Albuterol (2, 32), ein in Deutschland nicht vertriebener Beta-2-Agonist, waren sämtliche Ergebnisse negativ. Weder Ausdauer- und maximale Leistungsfähigkeit noch Muskelkraft wurden durch die verschiedenen inhalativen Beta-2-Agonisten beeinflusst. Selbst bei dreimal höherer Dosis als üblich war ein ergogener Effekt nicht nachweisbar (31). Die Ergebnisse der beiden positiven Untersuchungen mit Albuterol wurden durch nachfolgende Studien mit ähnlichem Studiendesign in Zweifel gezogen. Aus evidenzbasierter Sicht kann deshalb die Schlussfolgerung gezogen werden, dass die inhalative Anwendung von Beta-2-Agonisten zu keinem Leistungsvorteil führt.

Hingegen gibt es Hinweise, dass die orale Anwendung von Salbutamol und Clenbuterol ergogen wirkt. Die meisten diesbezüglichen Befunde stammen allerdings aus Tierexperimenten, während nur wenige Ergebnisse am Menschen vorliegen (11, 25).

Die Prävalenz von Asthma bronchiale und Anstrengungsasthma bei Leistungssportlern ist größer als in der

men werden. Von wesentlicher ursächlicher Bedeutung ist die belastungsbedingte Hyperventilation, wobei kalte trockene Luft einen zusätzlichen Risikofaktor darstellt.

Auch unter Berücksichtigung einer häufig bestehenden medizinischen Indikation werden dennoch inhalative Beta-2-Agonisten missbraucht, weil man sich davon einen Leistungsvorteil verspricht. Da aber die wissenschaftliche Literatur zeigt, dass die inhalative Anwendung nicht ergogen wirkt, ist der erhebliche bürokratische Aufwand diesbezüglicher Kontrollen, der sowohl personelle als auch materielle Ressourcen bindet, nicht gerechtfertigt. Aufklärungskampagnen über Sinn und Unsinn von Asthamedikamenten erscheinen geeigneter. Um Erfolg zu haben, muss man nicht Asthmatiker sein!

## Glukokortikosteroide

Die Glukokortikosteroide (häufig wird vereinfachend von Kortison gesprochen) sind aufgrund der Dopingliste der WADA im Wettkampf verboten (42). Sie sind andererseits wichtige Medikamente zur Therapie verschiedener Erkrankungen und haben im Sport besondere Bedeutung für die Behandlung von Verletzungen und Überlastungsreaktionen, so dass die Erteilung von Ausnahmege-

nehmigungen bei medizinischer Indikation möglich ist. Die Umsetzung des Ausnahmegeheimungsverfahrens für die Anwendung nichtsystemischer Glukokortikosteroide (lokale und intraartikuläre Injektionen, lokale Anwendung als Salbe, Tropfen u. a.) in die Praxis erscheint aber schwierig und ist zum gegenwärtigen Zeitpunkt noch nicht endgültig gelöst. Die Beantragung einer Genehmigung in des Wortes eigentlicher Bedeutung ist aus Zeitgründen meist nicht machbar, so dass es sich lediglich um eine Meldung handeln kann. Darüber hinaus ist aufgrund der unterschiedlichen Pharmakokinetik und auch Galenik der einzelnen Glukokortikosteroidpräparate im Einzelfall nicht zuverlässig abschätzbar, wie lange das im Training (was erlaubt ist) nichtsystemisch verabreichte Kortikoid im Urin des Sportlers nachweisbar sein wird. Die Nachweiszeit kann zwischen

Tagen bis Wochen betragen. Um den Sportler zu schützen, wäre es deshalb notwendig, das Antragsverfahren auch dann in Gang zu setzen, wenn die therapeutische Anwendung von nichtsystemischen Glukokortikosteroiden bereits Wochen vor dem nächsten Wettkampf erfolgte, obwohl die Anwendung zu diesem Zeitpunkt nicht

Tabelle 1: Wissenschaftliche Studien (Publikationen gelistet in MEDLINE) über den ergogenen Effekt von inhalativen Beta-2-Agonisten

### Beta-2-Agonisten (inhalativ)

1983	McKenzie DC <sup>26</sup>	Salbutamol	aerob	↔
1988	Bedi JF <sup>2</sup>	Albuterol	aerob / anaerob	↑ / ↑
1992	Signorile JF <sup>32</sup>	Albuterol	anaerob	↑
1992	Meeuwisse WH <sup>27</sup>	Salbutamol	aerob / anaerob	↔ / ↔
1993	Fleck SJ <sup>14</sup>	Albuterol	aerob	↔
1993	Morton AR <sup>29</sup>	Salbutamol	anaerob / Kraft	↔ / ↔
1996	Morton AR <sup>28</sup>	Salmeterol	anaerob / Kraft	↔ / ↔
1996	Norris SR <sup>30</sup>	Salbutamol	aerob / anaerob	↔ / ↔
1997	Carlsen KH <sup>9</sup>	Salbutamol / Salmeterol	aerob	↔
1997	Larsson KD <sup>21</sup>	Terbutalin	aerob	↔
1998	Sandsund M <sup>31</sup>	Salbutamol	aerob	↔
1999	Sue-Chu M <sup>38</sup>	Salmeterol	aerob	↔
2002	Stewart IB <sup>36</sup>	Formoterol / Salbutamol	aerob / anaerob	↔ / ↔
2003	Stewart IB <sup>37</sup>	Formoterol / Salbutamol	aerob / O <sub>2</sub> -Sättigung	↔ / ↔

#### Anzahl der Studien pro Beta-2-Agonist

Salbutamol	n=8
Salmeterol	n=3
Albuterol	n=3
Formoterol	n=2
Terbutalin	n=1

Allgemeinbevölkerung, wobei Ausdauersportler besonders betroffen sind (22, 24). Während in der erwachsenen Allgemeinbevölkerung eine Prävalenz von ca. 5 % angenommen wird, haben Sportler deutlich häufiger asthmatische Beschwerden. Die Angaben differieren erheblich, realistisch kann eine Prävalenz von 10 - 15 % angenom-

verboten ist. Dieses formale Vorgehen wäre nur dann überflüssig, wenn man sicher ist, dass der verabreichte Wirkstoff bereits nach wenigen Tagen aus dem Körper eliminiert und im Urin nicht mehr nachweisbar ist. Besonders zu beachten sind in diesem Zusammenhang auch verschiedene andere Darreichungsformen wie Salben oder Tropfen zur örtlichen Anwendung, die häufig neben anderen Wirkstoffen auch Kortikoide beinhalten.

Der zu erwartende bürokratische Aufwand steht in keinem Verhältnis zur wissenschaftlichen Datenlage über ergogene Effekte von Glukokortikosteroiden. Bei akuter Anwendung können euphorische Wirkungen auftreten, chronischer Gebrauch kann sich katabol auswirken. Leistungssteigernde Effekte sind bisher nicht nachgewiesen worden (35).

## Narkotika

Verboten sind natürliche und synthetische Opiumderivate wie Morphin, Heroin, Methadon oder Pethidin. Hingegen sind andere Opioid-Analgetika wie Kodein oder Tramadol erlaubt. Es gibt keinen wissenschaftlichen Beweis für einen leistungssteigernden Effekt der verbotenen Narkotika (40). Mögliche Nebenwirkungen können die Leistungsfähigkeit sogar beeinträchtigen. In der Vergangenheit wurde wiederholt darüber diskutiert, die Narkotika von der Dopingliste zu nehmen.

## Cannabinoide

Die Cannabinoide (Haschisch, Marihuana) haben psychoaktive Eigenschaften und sind im Wettkampf verboten. Der Gebrauch außerhalb von Wettkämpfen ist aber dennoch problematisch, da diese im Urin mehrere Wochen nachweisbar sein können. Bei den in Deutschland im Jahr 2003 durchgeführten Dopingkontrollen standen die Cannabinoide (Nachweis von Tetrahydrocannabinoid im Urin) nach den Anabolika und Stimulanzien an dritter Stelle der positiven Dopingproben.

Die Cannabinoide sind typische Gesellschaftsdrogen. Ergogene Wirkungen werden nicht angenommen und wurden auch bisher in der wissenschaftlichen Literatur nicht berichtet. Hingegen gibt es Hinweise, dass Cannabinoide die sportliche Leistungsfähigkeit beeinträchtigen können (8).

## Kreatin

Kreatin ist als Kreatinphosphat Bestandteil der alaktazid-anaeroben Energiebereitstellung. Der tägliche Bedarf liegt bei ca. 2 g, er wird je zur Hälfte durch körpereigene Synthese und durch die Ernährung gedeckt. Hauptlieferanten sind Fleisch und Fisch.

Ergogene Effekte sind bei wiederholten Kraft- und Schnellkraftbelastungen möglich, die Ausdauerleistungsfähigkeit wird nicht beeinflusst. Es gibt Non-Responder, die auf Kreatin nicht reagieren (1). Was die Nebenwirkungen betrifft, kann unter einer erhöhten Kreatinzufuhr das Körpergewicht infolge Wassereinlagerung ansteigen, so dass das Last-Kraft-Verhältnis ungünstig verändert wird. Es können auch muskuläre Probleme wie zu hoher Muskeltonus oder Muskelkrämpfe auftreten. Nebenwirkungen an inneren Organen sind bisher nicht berichtet worden (19).

Manche fordern, Kreatin auf die Dopingliste zu setzen. Aber man sollte nicht etwas verbieten, was in der täglichen Nahrung enthalten ist. Deshalb ist auch eine effektive Kontrolle schwierig. Man müsste einen Grenzwert festlegen, der relativ großzügig zu bemessen wäre. Das würde wiederum erlauben, niedrige Dosen an Kreatin über längere Zeit einzunehmen. Diese low-dose-Einnahme kann ähnlich wirksam sein wie die Verwendung von hohen Dosen über kurze Zeit.

## Schwerpunkte der Dopingbekämpfung

Anabole Steroide, Erythropoietin (EPO) und Analoga, Wachstumshormone und Stimulanzien vom Amphetamintyp sind aus pharmakologischer Sicht die hauptsächlichsten Probleme im heutigen Doping und sollten deshalb im Zentrum der Dopingbekämpfung stehen (Abb. 2). Die Wirksamkeit von anabolen Steroiden auf

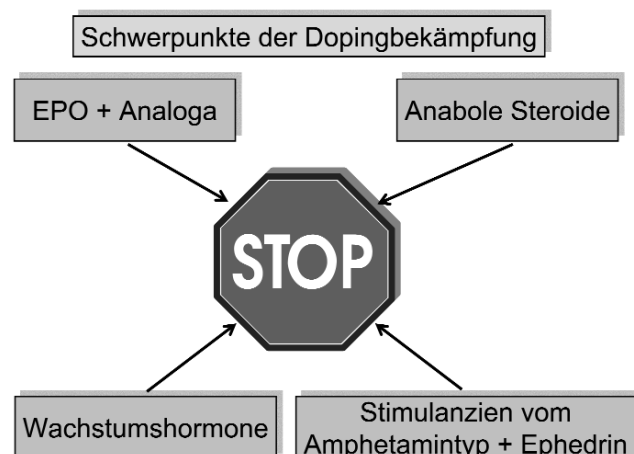


Abbildung 2: Hauptprobleme der gegenwärtigen Dopingbekämpfung

die sportliche Leistungsfähigkeit, insbesondere in kraftabhängigen Sportarten und bei Frauen, kann als ausreichend belegt angesehen werden (13, 33). Die Analysemethoden zum Nachweis eines Anabolikadopings sind zuverlässig und empfindlich. Hingegen besteht vor allem international Nachholbedarf für unangemeldete Trainingskontrollen. Nach wie vor nehmen anabole Steroide bei positiven Dopingproben eine Spitzenstel-



lung ein, was auf einen unverändert bedeutsamen Missbrauch hinweist.

Für EPO und Analoga ist der ergogene Effekt in Ausdauersportarten nachgewiesen (41). Seit einigen Jahren existiert auch ein Analyseverfahren zum direkten Nachweis von rekombinantem EPO im Urin (23). Allerdings ist die Methode aufwändig und kostspielig, was die Probenanzahl limitiert. Es bleiben Zweifel an der Wirksamkeit der bisher durchgeführten EPO-Kontrollen.

Für die Glaubwürdigkeit von Leistungsentwicklungen und insbesondere sprunghaften Leistungssteigerungen ist die Optimierung der diesbezüglichen Kontrollen dringend notwendig. Erinnerung sei an die Weltrekordentwicklung der

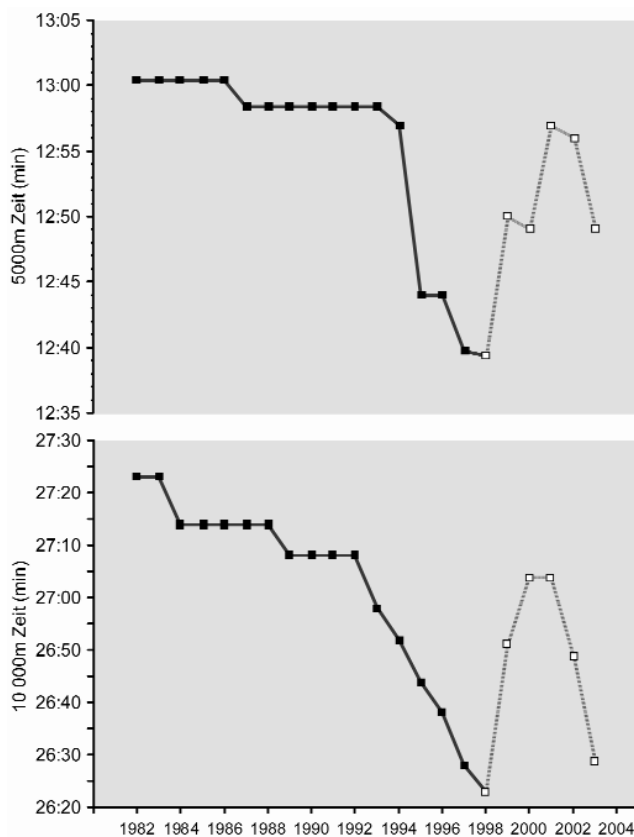


Abbildung 3: Entwicklung der Weltrekorde im Langstreckenlauf (5000 und 10000 m) seit 1982 (durchgezogene Kurven). Die unterbrochen gezeichneten Kurven zeigen die Weltjahresbestleistungen nach 1998.

letzten 20 Jahre im Langstreckenlauf (5000 und 10000 m). In den 90er Jahren kam es über einen Zeitraum von 4 bis 5 Jahren zu einer Art Leistungsexplosion, wie die in Abb. 3 dargestellte Weltrekordentwicklung zeigt. Leistungssprünge hat es immer gegeben, auch ohne Doping. Spekulationen bleiben aber nicht aus, wenn adäquate Dopingkontrollen fehlen. Diesbezüglich besteht auch eine Bringschuld des Dopingkontrollsystems.

Doping mit Wachstumshormon (HGH) und insulinähnlichem Wachstumsfaktor (IGF-1) kann bis heute nicht nachgewiesen werden (6). Die Missbrauchsrate wird als

beträchtlich angenommen (18). Wachstumshormone werden auch als Ersatz für die gut nachweisbaren anabolen Steroide benutzt. Es gibt bisher kaum wissenschaftliche Studien über die vermutete Zunahme der sportlichen Leistungsfähigkeit, insbesondere den Einfluss auf die Muskelkraft, so dass zum gegenwärtigen Zeitpunkt definitive Aussagen zu den ergogenen Effekten nicht möglich sind (12). Hingegen wird über beträchtliche gesundheitliche Nebenwirkungen berichtet (12, 18).

## Fazit

Sport unter Quarantänebedingungen ist nicht möglich. Man kann nicht alles kontrollieren, was eventuell missbraucht wird. Wollte man das, müsste beispielsweise Acetylsalicylsäure auf die Dopingliste gesetzt werden. Es sollte nur das kontrolliert werden, was die sportliche Leistungsfähigkeit beeinflusst und zu einer Wettbewerbsverzerrung führt.

Die Dopingliste kann keine Drogenliste sein. Die Verbotsliste wäre überfordert, wollte man mit ihr die Drogenprobleme der Welt lösen. Dennoch schadet Drogenkonsum dem Sport im Allgemeinen und dem Spitzensport im Besonderen und sollte deshalb geahndet werden. Denkbar wäre eine Sanktionierung als sportwidriges Verhalten. Gesellschaftsdrogen wie Heroin und Cannabinoide sollten von Sportdrogen separiert und mit einem eigenen Strafenkatalog, der sich von dem gedopter Sportler unterscheidet, sanktioniert werden.

Die Reserven für das Anti-Doping-System sind nicht unbegrenzt. Es sollte darüber nachgedacht werden, was mit welchem Aufwand kontrolliert wird. Der derzeit erforderliche bürokratische Aufwand zur Kontrolle bestimmter Wirkstoffe wie inhalative Beta-2-Agonisten oder Glukokortikosteroide, die wahrscheinlich keinen relevanten Einfluss auf die Leistungsfähigkeit haben, aber wichtige Medikamente auch zur Behandlung von Sportlern sind, bindet Ressourcen, ohne die Dopingbekämpfung wirklich voranzubringen.

## Literatur

1. Balsom PD, Söderlund K, Ekblom B: Creatine in humans with special reference to creatine supplementation. *Sports Med* 18 (1994) 268-280.
2. Bedi JF, Gong H, Horvath SM: Enhancement of exercise performance with inhaled albuterol. *Can J Sport Sci* 13 (1988) 144-148.
3. Bell DG, Jacobs I, Ellerington K: Effect of caffeine and ephedrine ingestion on anaerobic exercise performance. *Med Sci Sports Exerc* 33 (2001) 1399-1403.
4. Bell DG, Jacobs I, Zamencnik J: Effects of caffeine, ephedrine and their combination on time to exhaustion during high-intensity exercise. *Eur J Appl Physiol* 77 (1998) 427-433.
5. Bell DG, McClellan TM, Sabiston CM: Effect of ingesting caffeine and ephedrine on 10-km run performance. *Med Sci Sports Exerc* 34 (2002) 344-349.
6. Bidlingmaier M, Wu Z, Strasburger CJ: Problems with GH doping in sports. *J Endocrinol Invest* 26 (2003) 924-931.
7. Bouchard R, Weber AR, Geiger JD: Informed decision - making on sympathomimetic use in sport and health. *Clin J Sport Med* 12 (2002) 209-224.

8. *Campos DR, Yonamine M, de Moraes Moreau RL*: Marijuana as doping in sports. *Sports Med* 33 (2003) 395-399.
9. *Carlsen KH, Ingjer F, Kirkegaard H, Thyness B*: The effect of inhaled salbutamol and salmeterol on lung function and endurance performance in healthy well-trained athletes. *Scand J Med Sci Sports* 7 (1997) 160-165.
10. *Chandler JV, Blair SN*: The effect of amphetamines on selected physiological components related to athletic success. *Med Sci Sports Exerc* 12 (1980) 65-69.
11. *Collomp K, Candau R, Lasne F, Laby Z, Prefaut C, De Ceaurriz J*: Effects of short-term oral salbutamol administration on exercise endurance and metabolism. *J Appl Physiol* 89 (2000) 430-436.
12. *Dean H*: Does exogenous growth hormone improve athletic performance? *Clin J Sport Med* 12 (2002) 250-253.
13. *Evans NA*: Current concepts in anabolic-androgenic steroids. *Am J Sports Med* 32 (2004) 534-542.
14. *Fleck SJ, Lucia A, Storms WW, Wallach JM, Vint PF, Zimmerman SD*: Effects of acute inhalation of albuterol on submaximal and maximal V<sub>O2</sub> and blood lactate. *Int J Sports Med* 14 (1993) 239-243.
15. *Gillies H, Derman WE, Noakes TD, Smith P, Evans A, Gabriels G*: Pseudoephedrine is without ergogenic effects during prolonged exercise: *J Appl Physiol* 81 (1996) 2611-2617.
16. *Graham TE*: Caffeine, coffee and ephedrine: impact on exercise performance and metabolism. *Can J Appl Physiol* 26 (2001) S103-S119.
17. *Graham TE*: Caffeine and exercise: metabolism, endurance and performance. *Sports Med* 31 (2001) 785-807.
18. *Jenkins PJ*: Growth hormone and exercise: physiology, use and abuse. *Growth Horm IGF Res* 11 (2001) S71-S77.
19. *Juhn MS, Tarnopolsky M*: Potential side effects of oral creatine supplementation: a critical review. *Clin J Sport Med* 8 (1998) 298-304.
20. *Kovacs EM, Stegen JHCH, Brouns F*: Effect of caffeinated drinks on substrate metabolism, caffeine excretion, and performance. *J Appl Physiol* 85 (1998) 709-715.
21. *Larsson K, Gavhed D, Larsson L, Holmer L, Jorfelt L, Ohlson P*: Influence of a beta<sub>2</sub>-agonist on physical performance at low temperature in elite athletes. *Med Sci Sports Exerc* 29 (1997) 1631-1636.
22. *Larsson K, Ohlson P, Larsson L, Malmberg P, Rydttrom PO, Ulriksen H*: High prevalence of asthma in cross country skiers. *Br Med J* 307 (1993) 1326-1329.
23. *Lasne F, De Ceaurriz J*: Recombinant erythropoietin in urine. *Nature* 405 (2000) 635.
24. *Maiolo C, Fuso L, Todaro A, Anatra F, Boniello V, Basso S, DeLorenzo A, Pistelli R*: Prevalence of asthma and atopy in Italian Olympic athletes. *Int J Sports Med* 25 (2004) 139-144.
25. *Martineau L, Horan MA, Rothwell NJ, Little RA*: Salbutamol, a beta<sub>2</sub>-adrenoceptor agonist, increases skeletal muscle strength in young men. *Clin Sci* 83 (1992) 615-621.
26. *McKenzie DC, Rhodes EC, Stirling DR, Wiley JP, Dunwoody DW, Filsinger IB, Jang F, Stevens A*: Salbutamol and treadmill performance in non-atopic athletes. *Med Sci Sports Exerc* 15 (1983) 520-522.
27. *Meeuwisse WH, McKenzie DC, Hopkins SR, Road JD*: The effect of salbutamol on performance in elite nonasthmatic athletes. *Med Sci Sports Exerc* 24 (1992) 1161-1166.
28. *Morton AR, Joyce K, Papalia SM, Carroll NG, Fitch KD*: Is salmeterol ergogenic? *Clin J Sport Med* 6 (1996) 220-225.
29. *Morton AR, Papalia SM, Fitch KD*: Changes in anaerobic power and strength performance after inhalation of salbutamol in nonasthmatic athletes. *Clin J Sport Med* 3 (1993) 14-19.
30. *Norris SR, Petersen SR, Jones RL*: The effect of salbutamol on performance in endurance cyclists. *Eur J Appl Physiol* 73 (1996) 364-368.
31. *Sandsund M, Sue-Chu M, Helgerud J, Reinertsen RE, Bjørner L*: Effect of cold exposure and salbutamol treatment on physical performance in elite nonasthmatic cross-country skiers. *Eur J Appl Physiol* 77 (1998) 297-304.
32. *Signorile JF, Kaplan TA, Applegate B, Perry AC*: Effects of acute inhalation of the bronchodilator, albuterol, on power output. *Med Sci Sports Exerc* 24 (1992) 638-642.
33. *Silver MD*: Use of ergogenic aids by athletes. *J Am Acad Orthop Surg* 9 (2001) 61-70.
34. *Smith C, Beecher H*: Amphetamine sulfate and athletic performance. *JAMA* 170 (1959) 542-557.
35. *Soetens E, DeMeirleir K, Hueting J*: No influence of ACTH on maximal performance. *Psychopharmacology* 118 (1995) 260-266.
36. *Stewart IB, Labreche JM, McKenzie DC*: Formoterol and performance in elite non-asthmatic athletes. *Med Sci Sports Exerc* 34 (2002) 213-217.
37. *Stewart IB, Labreche JM, McKenzie DC*: Effect of a long- and short-acting beta<sub>2</sub>-agonist on exercise-induced arterial hypoxemia. *Med Sci Sports Exerc* 35 (2003) 603-607.
38. *Sue-Chu M, Sandsund M, Helgerud J, Reinertsen R, Bjørner L*: Salmeterol and physical performance at -15 degrees C in highly trained nonasthmatic cross-country skiers. *Scand J Med Sci Sports* 9 (1999) 48-52.
39. *Swain RA, Harsha DM, Baenziger J, Saywell RM*: Do pseudoephedrine or phenylpropanolamine improve maximum oxygen uptake and time to exhaustion? *Clin J Sports Med* 7 (1997) 168-173.
40. *Walker DJ, Zacny JP*: Subjective, psychomotor and physiologic effects of cumulative doses of opioid agonists in healthy volunteers. *J Pharmacol Exp Ther* 289 (1999) 1454-1464.
41. *Wilber RL*: Detection of DNA-recombinant human epoetin-alfa as a pharmacological ergogenic aid. *Sports Med* 32 (2002) 125-142.
42. *World Anti-Doping Agency (WADA)*: The 2004 Prohibited List. [www.nada-bonn.de](http://www.nada-bonn.de)
43. *Wyndham CH, Rogers GG, Benade AJ, Strydom NB*: Physiological effects of the amphetamines during exercise. *S Afr Med J* 45 (1971) 247-252.

**Korrespondenzadresse:**  
**Univ.-Prof. Dr. med. Wilfried Kindermann**  
**Institut für Sport- und Präventivmedizin**  
**der Universität des Saarlandes**  
**Campus - Gebäude 39.1**  
**66123 Saarbrücken**