

Chemie und Sport

- wie man alles aus dem Körper rausholt

- **Didaktische Aufarbeitung chemischer Inhalte für den fachübergreifenden Chemie-Sport-Unterricht, Fulda 05.09.2013**



Themenschwerpunkte

Biochemische Inhalte

- Nahrungsergänzungsmittel
- Energiebereitstellung im Sport
- Doping

Kunststoffe im Sport

- Tischtennisbälle
- Fußbälle
- Tennisschläger und Bespannungen
- Fahrradrahmen
- Funktionskleidung



Holfeld
2013



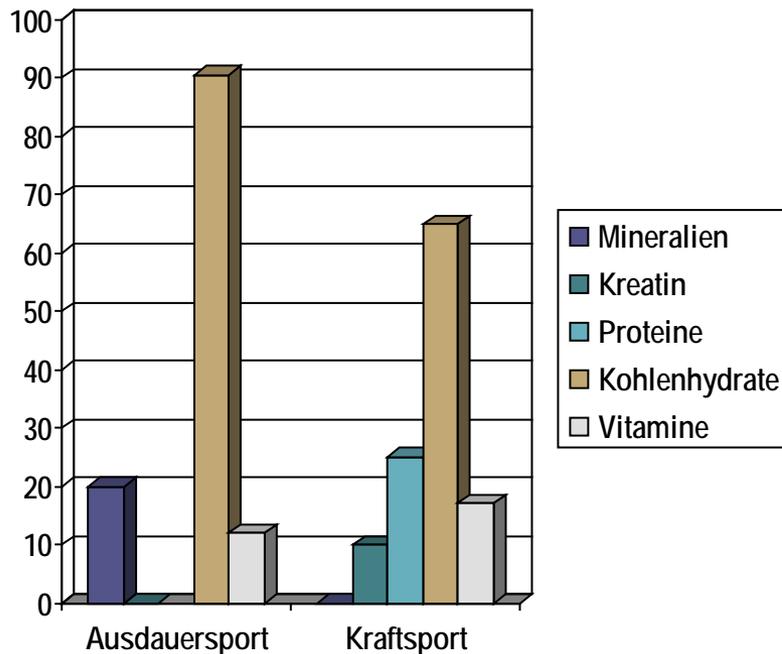
Einstieg über ein bekanntes Nahrungsergänzungsmittel



Nachweise von

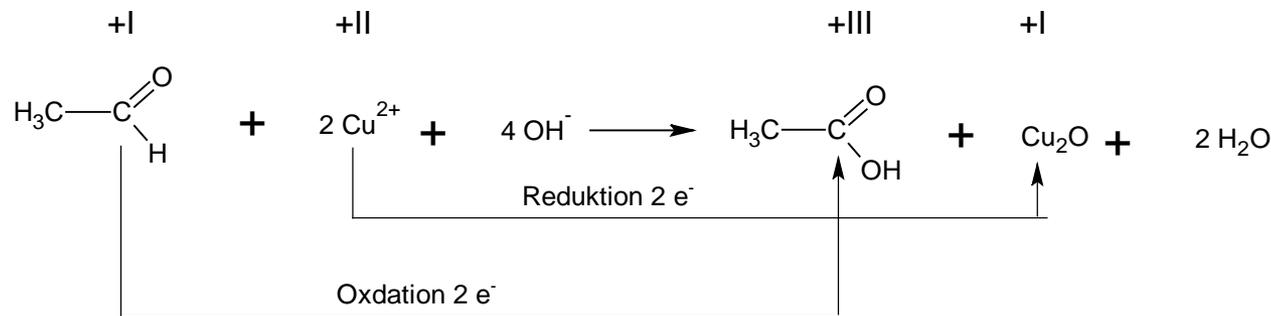
- Glucose
- Vitaminen
- Aminosäuren
- Kreatin

Zusammensetzung von Nahrungsergänzungsmitteln



- **Ausdauersport:**
 - Kohlenhydrate
 - Mineralien
 - Vitamine
- Kraftsport
- Kohlenhydrate
 - Kreatin
 - Proteine und Aminosäuren

Modifizierte Fehlingreaktion



Unterschied

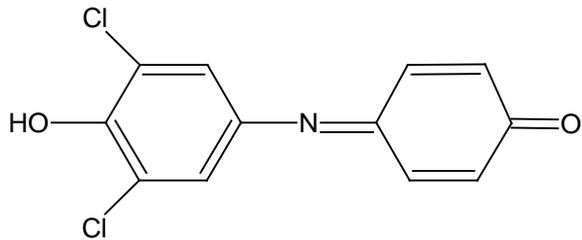
Reagenz 1: $\text{CuSO}_4 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$: Wein- oder Zitronensäure
Verhältnis 1:3

Reagenz 2: Festes NaOH

(Reaktionswärme durch Lösen und Neutralisation)

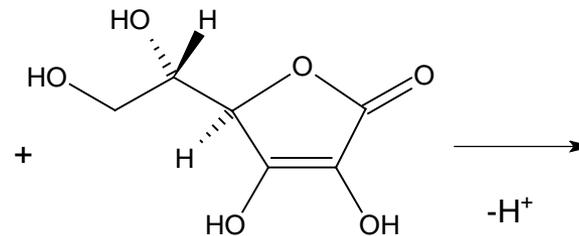


Nachweis von Vitamin C mit Tillmanns Reagenz

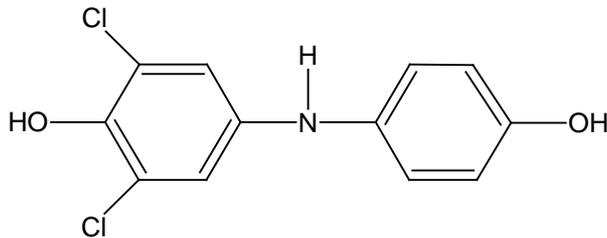


Tillmanns Reagenz

(oxidierte Form in saurer Lösung rot)

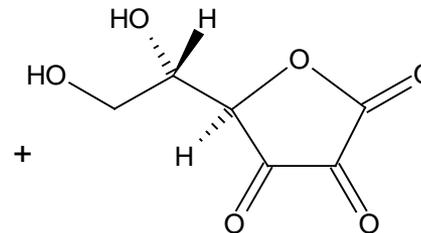


L-Ascorbinsäure



Tillmanns Reagenz

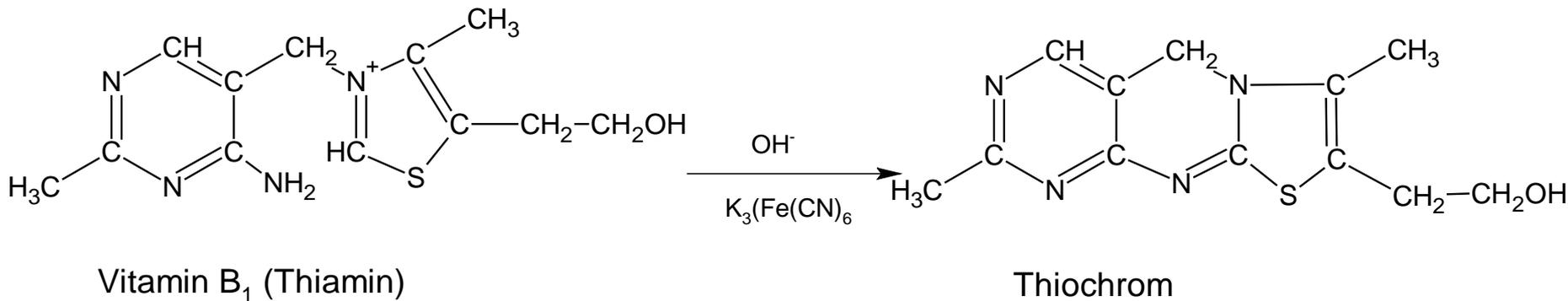
(reduzierte Form, farblos)



Dehydroxyascorbinsäure

Nachweis von Vitamin B₁

- In alkalischer Lösung wird Thiamin von Kaliumhexacyanoferrat(III) zum intensiv blau fluoreszierenden Thiochrom umgesetzt.

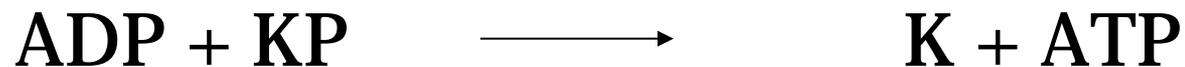


Nahrungsergänzung

- ***Substitution*** ist der Ersatz von für den Körper unbedingt notwendigen Substanzen, die für den Energie- und Baustoffwechsel benötigt werden und vom Organismus nicht selbst synthetisiert werden können.
- Bei der ***Supplementierung*** wird bewusst eine Überkonzentration einer Substanz, die leistungssteigernd wirken soll, im Körper aufgebaut.

Kreatin - das Wundermittel

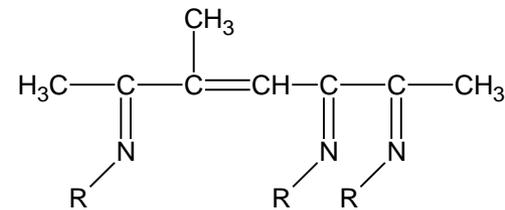
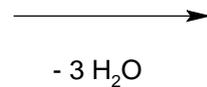
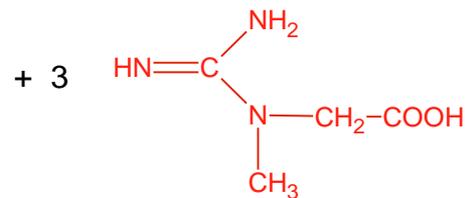
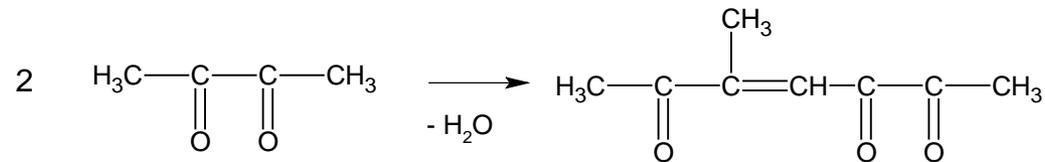
- **Kreatinphosphat bildet zusammen mit Adenosin-triphosphat (ATP) und ADP die energiereichen Phosphate. Das Kreatinphosphat (KP) stabilisiert im Wesentlichen eine hohe ATP-Konzentration in der Muskelzelle. Bei der Resynthese des ATP gibt das Kreatinphosphat seinen Phosphatrest an das ADP ab. ATP wird nachgebildet:**



Nahrungsmittelergänzung oder Doping?

- Ein 70kg schwerer Mann verfügt über 120g Kreatin (95% liegen als Kreatinphosphat vor) in der Muskulatur.
- Die Umsatzrate (Ausscheidung über Urin /Aufnahme durch die Nahrung und Eigensynthese) liegt bei 2g/Tag.
- Die endogene Biosynthese produziert täglich 1g in Leber und Bauchspeicheldrüse und 1g in der Nahrung (Fisch/Fleisch).
- Bei der Olympiade in Sydney hat der Ringer Alexander Leypold täglich **über 100g Kreatin** zu sich genommen!

Reaktionsgleichung zum Kreatinnachweis



Was tun, wenn
Nahrungsmittelergänzung nicht mehr
hilft??????????



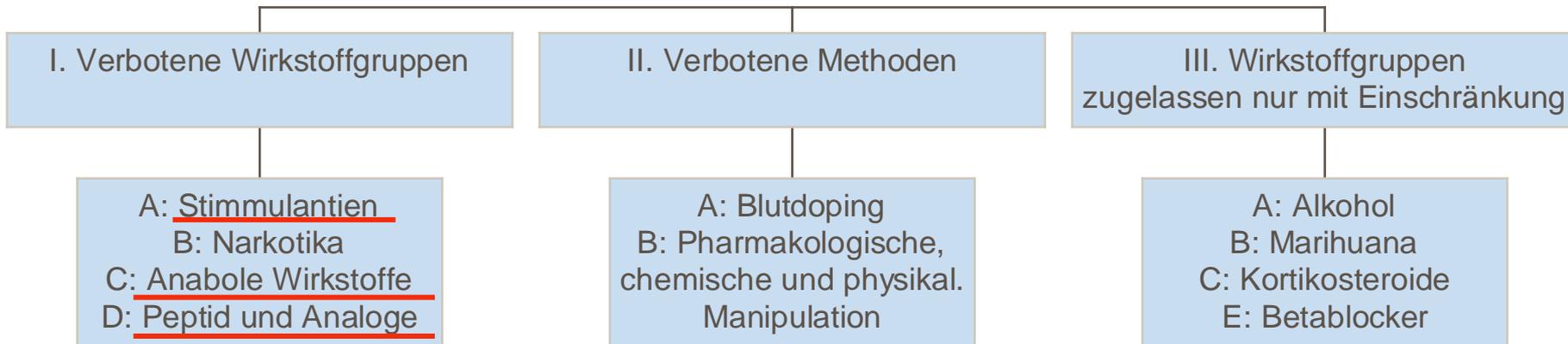
Dopingdefinition des Europarats (1963)

- Doping ist die Einnahme oder der Gebrauch körperfremder Substanzen in jeder Form und physiologischer Substanzen in abnormaler Form mit dem Ziel einer unfairen Leistungssteigerung für den Wettkampf.
- Außerdem müssen verschiedene physiologische Maßnahmen des Sportlers als Doping angesehen werden.

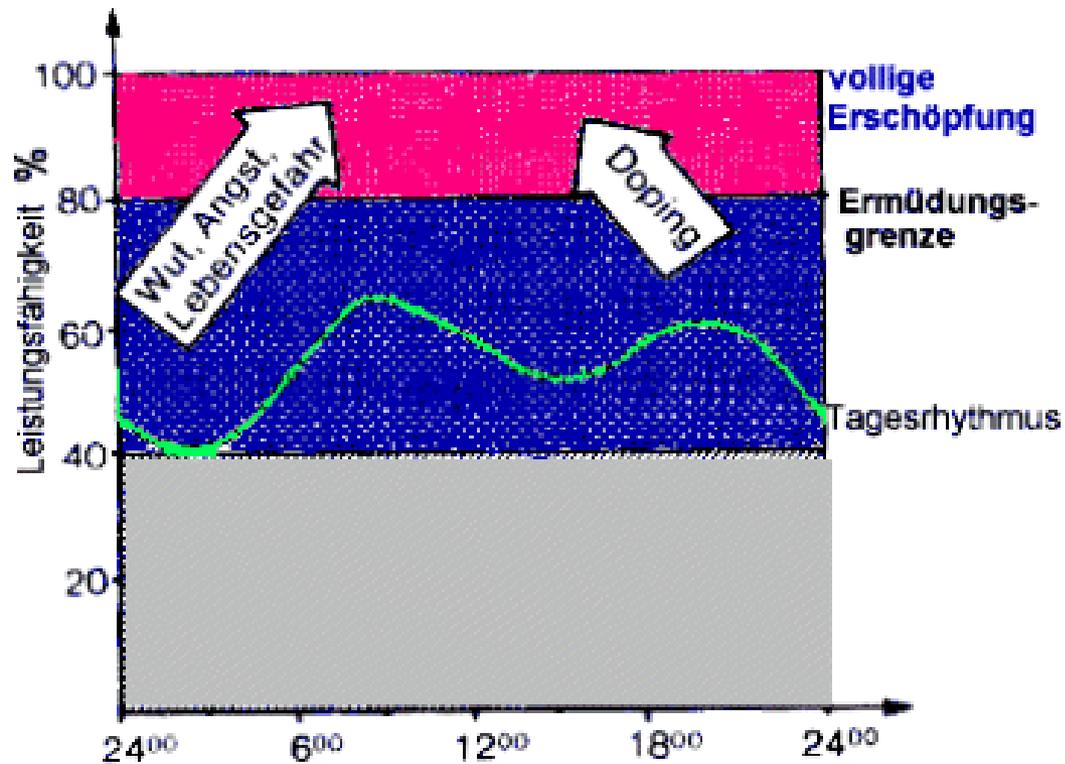


Dopingdefinition des IOC von 1996

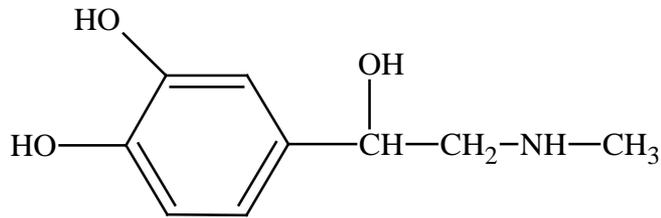
Dopingdefinition der medizinischen Kommission des internationalen Olympischen Komitees von (IOC) 1996



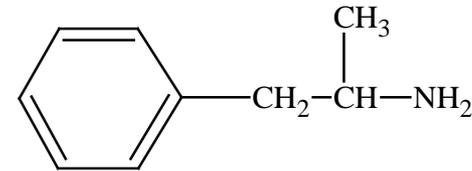
Wirkung von Stimulanzien



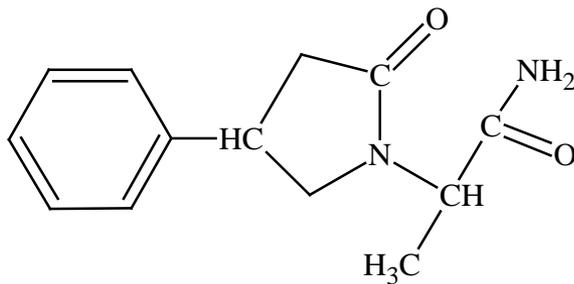
Adrenalin und synthetische Stimulantien



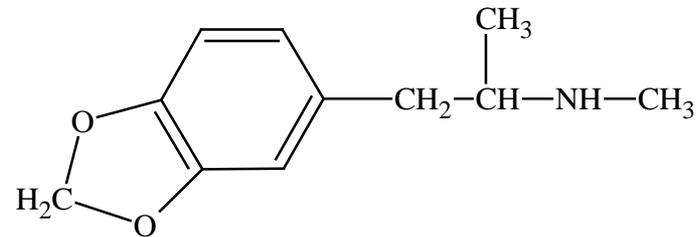
Adrenalin



Amphetamin

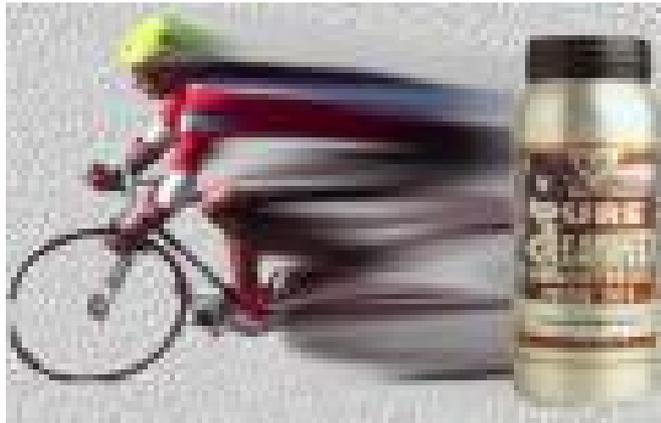


Carphedon



Ecstasy

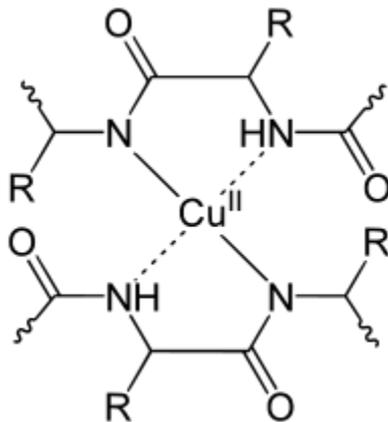
Danilo Hondo als aktuelles Beispiel



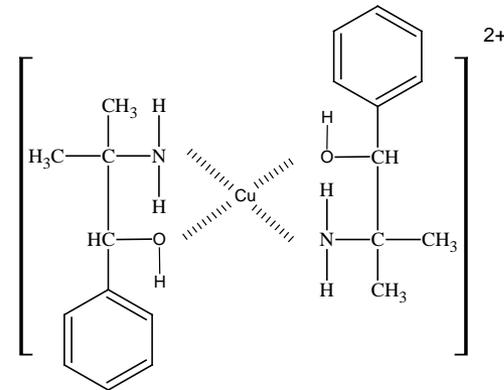
- B-Probe am 15.04.2005 auf Carphedon positiv
- Sperre für 2 Jahre und weitere 2 Jahre wegen des Ethik-Codes der Profi-Teams
- Comeback 2010



Nachweis von Ephedrin / Aminosäuren mit der Biuretreaktion



Biuretreaktion mit
Proteinen



Biuretreaktion mit
Ephedrin

[Versuchsdurchführung](#)

Doping im Fußball



- „Ich sag Ihnen eins: Wenn ich damit die Nation befriedigen kann, machen wir am nächsten Wochenende überall Blutkontrollen. Und sie werden zu dem gleichen Ergebnis kommen. Weil das Thema im Fußball keines ist.“

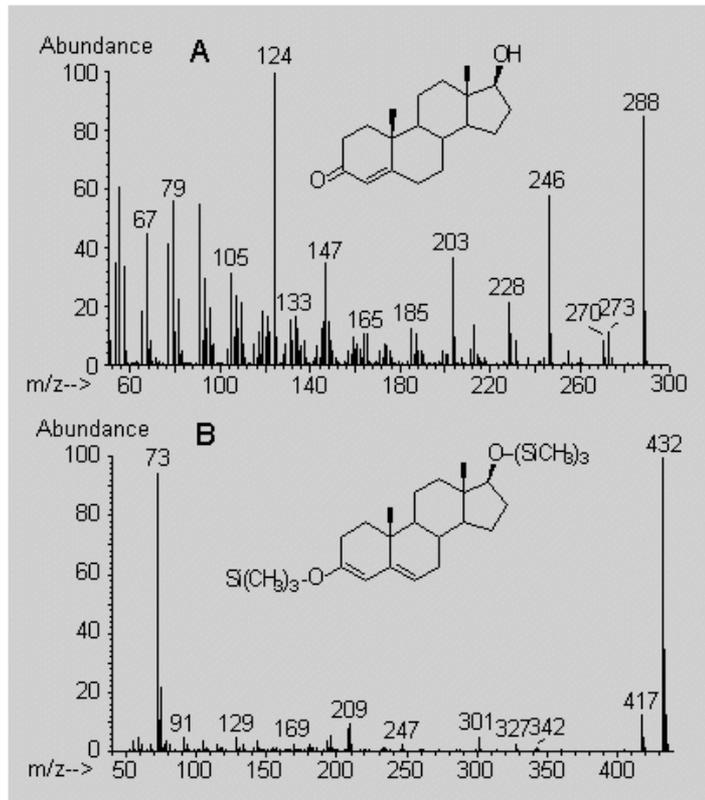
M. Sammer 2012

Europameisterschaft 2012



- Doping-Untersuchungs-Experte Prof. Fritz Sörgel aus Heroldsberg bei Nürnberg sieht ebenfalls Anhaltspunkte für Dopingmissbrauch im Nationalteam des EM-Co-Gastgebers Ukraine. Beim Länderspiel vor der EURO 2012 in Ingolstadt hatten die ukrainischen Spieler angeblich unter einer Lebensmittelvergiftung gelitten.

Nachweis von Steroiden



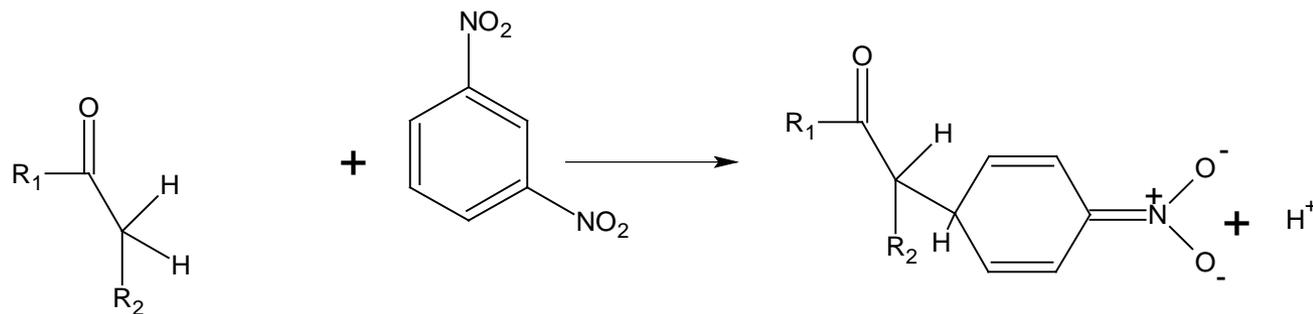
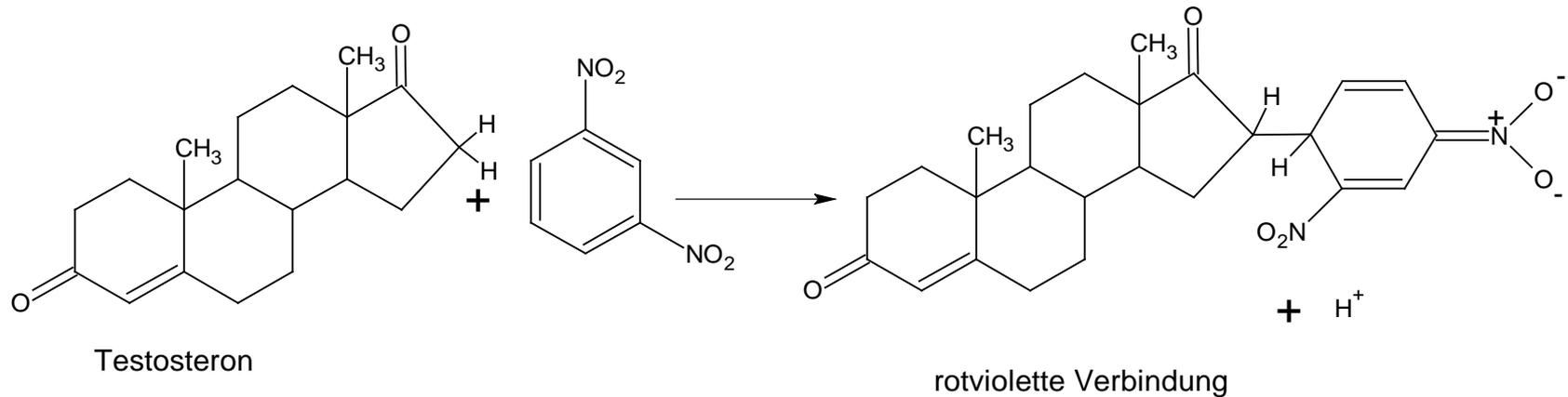
Prof. Schänzer, deutsche
Sporthochschule in
Köln:
Kombination von
Massenspektroskopie
und
Gaschromatographie

Nebenwirkungen von Anabolika

- **Allgemeine Nebenwirkungen:** Ausbildung von Akne und Wassereinlagerungen im Gewebe.
- **Schädigung des Herzkreislaufsystems:** Unter Anabolikaanwendung wird die Konzentration der HDL-Fetteiweiße im Blutplasma erniedrigt und gleichzeitig die Konzentration der LDL-Fetteiweiße erhöht. Damit erhöht sich der Quotient LDL/HDL, was als Risikofaktor zu sehen ist.
- **Herzhypertrophie ohne Kapillarisation:** Bei Hypertrophie der Herzmuskelzelle fehlt die notwendige Kapillarisation, wodurch es zu einem Sauerstoffmangel und zu Schädigungen kommt.

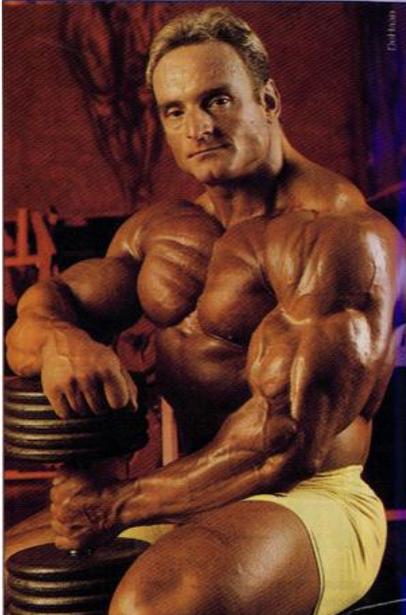
- **Leberschäden:** Anabolika über eine längere Zeit genommen, können zu irreversiblen Leberschäden führen. Besonders 17-methylierte Steroide wie Stanazolol sollen besonders gefährlich sein. Darin liegt wohl auch der Grund, weshalb Stanazolol heute so gut wie nicht mehr verwendet wird.
- **Virilisierung (Vermännlichung bei Frauen):** Alle Anabolika verursachen bei Frauen eine Zunahme der Körperbehaarung, eine Veränderung der Stimme, Störungen des Menstruationszyklus und eine irreversible Klitorishypertrophie.
- **Gynäkomastie beim Mann (Verweiblichung):** Dies können sein: Eine abnormale Brustvergrößerung, Abnahme der Potenz bis zur Impotenz.
- **Allgemeine Gefahren durch Schwarzmarktpräparate:** Neben der Beschaffungskriminalität sind hier die Gefahr der Verwendung von nicht sterilen Spritzen (Infektionsgefahr) und die Gefahr der falschen Dosierung zu nennen.

Dopingnachweis für C17 Ketosteroide nach Zimmermann



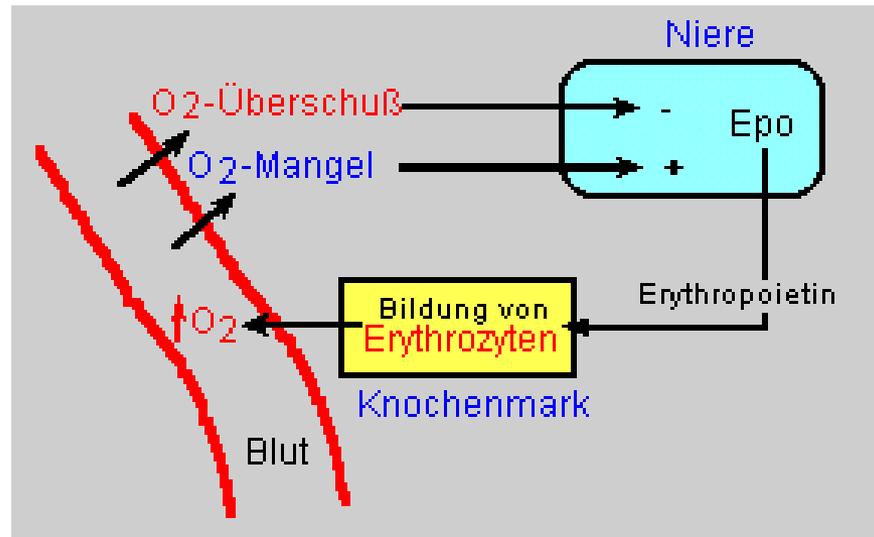
Versuchsbeschreibung

Andreas Münzer



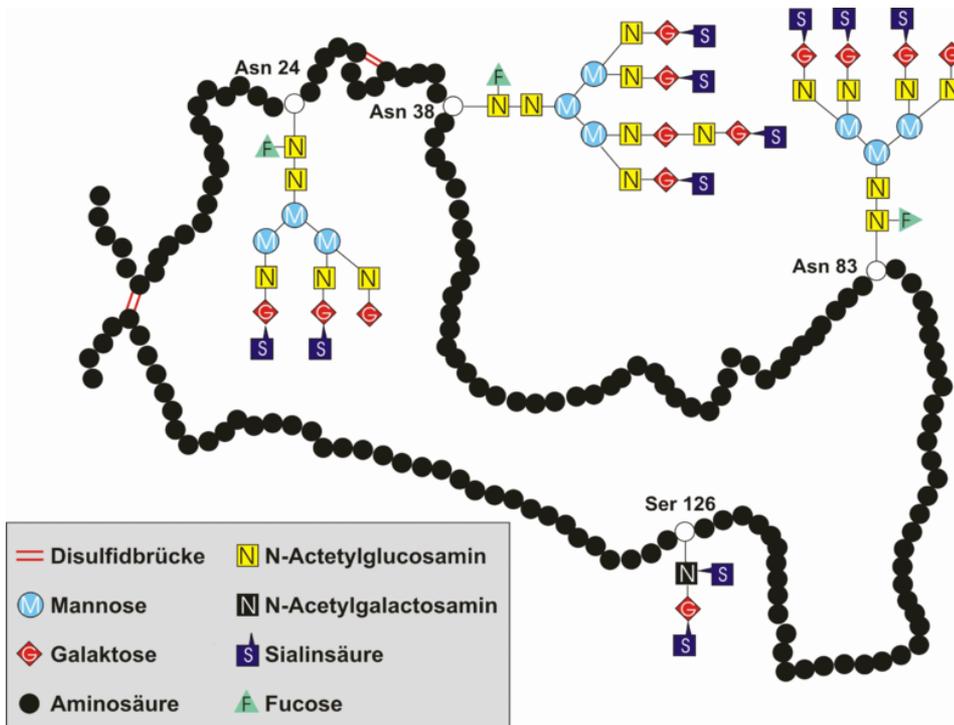
- Top Bodybuilder aus Österreich
- Starb 1996 an multiplen Organversagen
- Nachgewiesene Dopingsubstanzen: Clenbuterol, Halotestin, Testosteron, Valium, Stanozolol, die anabolen Steroide Masteron und Parabolan, das Wachstumshormon STH, Insulin, Aspirin, die Aufputschmittel Ephedrin, AN 1 und Captagon. Vor Wettkämpfen nahm Münzer Aldactone und Lasix, um subcutanes Wasser zu reduzieren.

Erythropoietin (EPO)



- Wirkung wie Höhenttraining
- oder wie Blutdoping
- Bildung roter Blutkörperchen

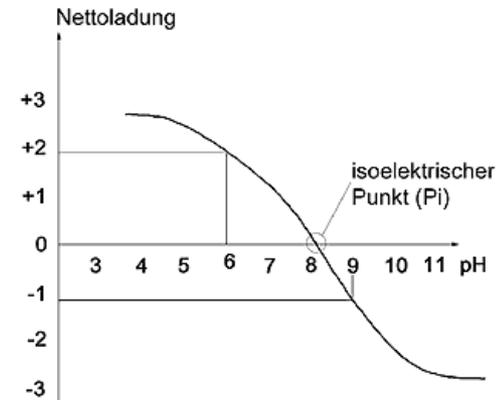
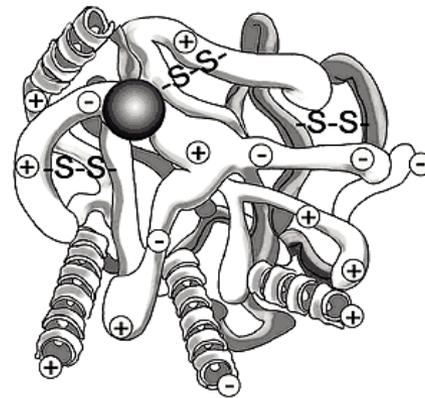
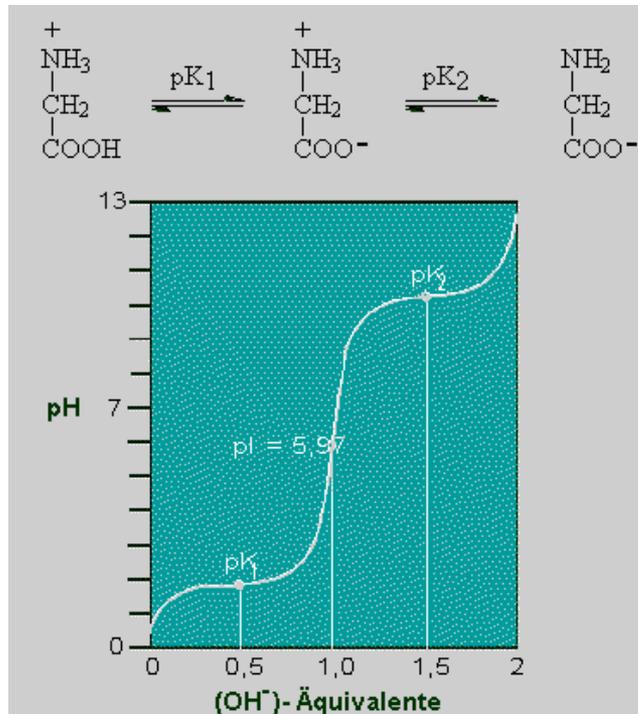
Erythropoietin Epo



- Glykoprotein
- 34 kDa
- 165 Aminosäuren
- 4 Zuckerreste

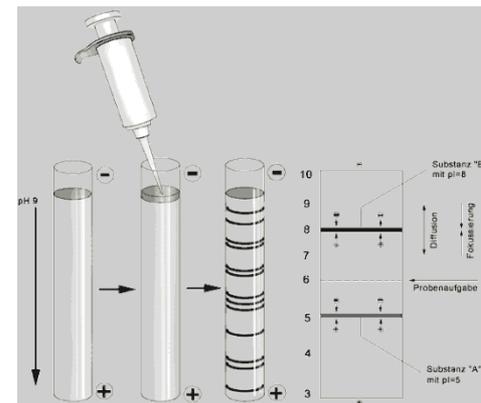
EPO-Nachweis - IP 2000

Holfeld
2013

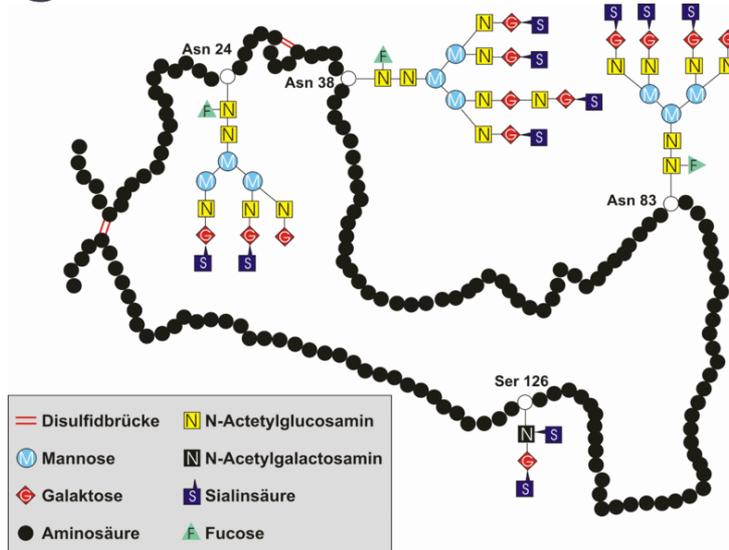


■ Isoelektrischer Punkt (IP) von Proteinen

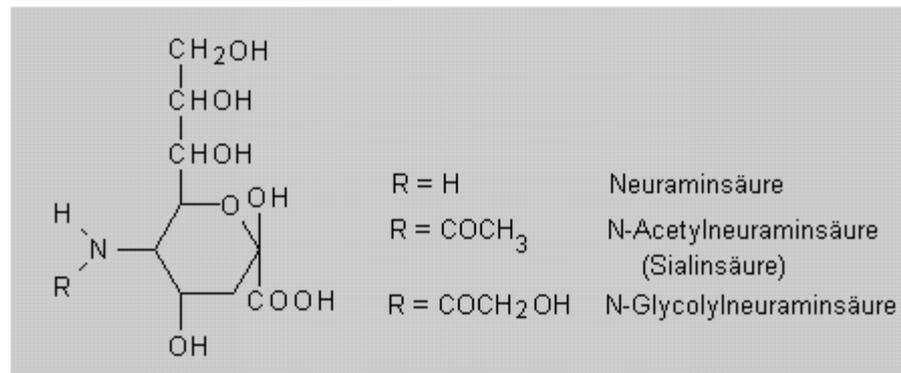
- Isoelektrischer Punkt (IP) von Aminosäuren



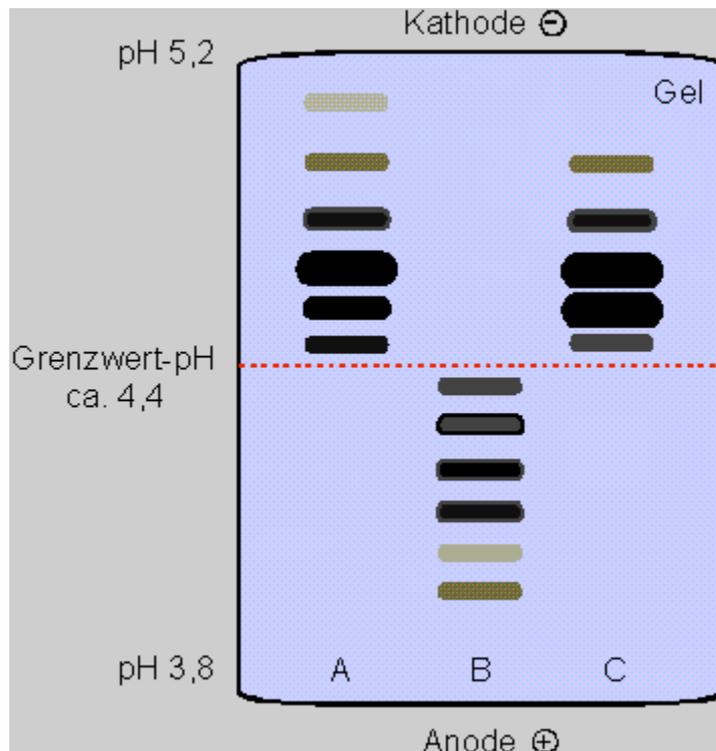
Vergleich von EPO und rEPO



- EPO - Neuraminsäure liegt vor
- rEPO - 95% Neuraminsäure am Stickstoff actyliert => Sialinsäure

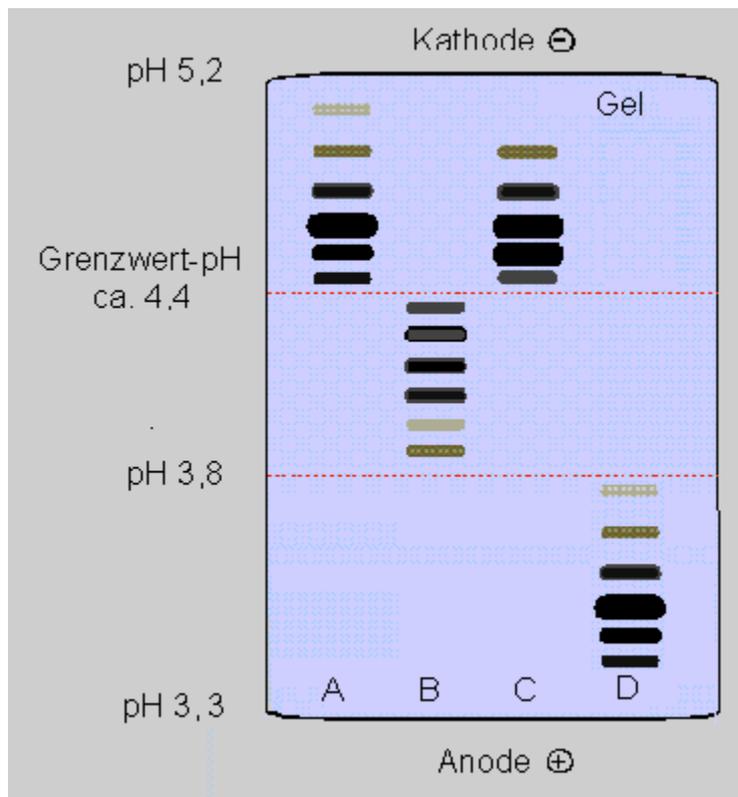


Epo-Nachweis



- Probenaufarbeitung über Immuno-Blot
- Vergleich der EPO-Banden
- **A** rekombinantes EPO
- **B** humanes EPO
- **C** rekombinantes EPO aus einer pos. Urinprobe

Darbepoetin alfa (2002) Aransp®



- Darbepoetin
- Austausch von 5 AS
- Zusätzliche Zuckerketten
- 38,5 kDa
- $t/2$ (DEPO) = 21h
- $t/2$ (EPO) = 8,5h

Fall Ullrich / Spanischer Dopinskandal (Fuentes)

- 2002 sechsmonatige Sperre wegen Ecstasy-Einnahme (Amphetamin)
- Juli 2006 Spanische Behörden übergeben Dokumente an T-mobile
- Ullrich und Sevilla bestreiten gedopt zu haben
- Ein Treffen von Ullrich mit Fuentes wird nachgewiesen
- 20. Juli 2006 T-mobile kündigt Ullrich



Holfeld
2013

Lance Armstrong

- Gewann die Tour von 1999 bis 2005 sieben mal in Folge
- 2005 Dopingvorwürfe der Zeitschrift *Lé Equipe* wegen EPO-Proben aus dem Jahr 1999.
- Im Zusammenhang mit seinem geplanten Comeback 2009 lehnt er eine Untersuchung der Proben von 1999 durch die (AFLD) ab, weil sie falsch gelagert seien.....
- Dopinggeständnis 2013



Claudia Pechstein



Mit fünf olympischen Goldmedaillen (94,98,2002 und 2006) und vier weiteren Medaillen die erfolgreichste deutsche Winterolympionikin

- Am 03.07.2009 des Blut dopings überführt und für 2 Jahre gesperrt
- Der Retikulozytenanteil ist mit 3,5% ca. 1,1% höher als der von der ISU festgelegte Wert
- Erste Athletin, die ohne positiven Nachweis verurteilt wurde.
- Seit 2011 wieder aktiv

Olympiade 2012



Der kenianische weltklasseläufer Kisorio erklärt in der Sportschau die Dopingpraktiken in Kenia.



Die karibische Sprinterin Williams wird positiv auf Stanazolol getestet.

Die usbekische Turnerin Luisa Galjulina wird positiv auf das Diuretikum Furosemid getestet.



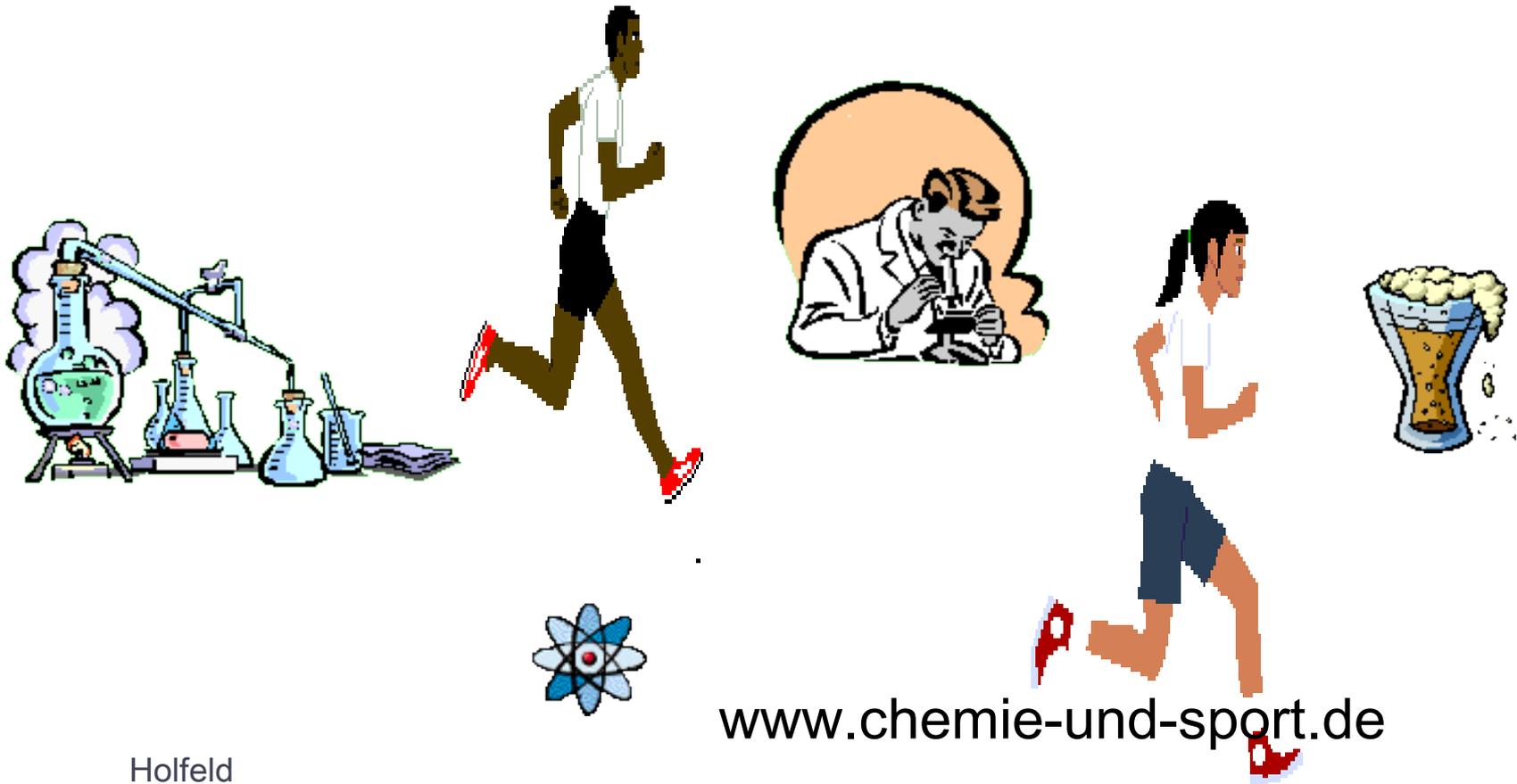
LA-Weltmeisterschaften 2013

Usain Bolt



Justin Gatlin
2004 Gold in Athen
2006 für 8 Jahre
gesperrt,
dann begnadigt.

Viel Spaß beim Forschen und beim Trainieren



www.chemie-und-sport.de

Versuchsdurchführung zum Vitamin-C-Nachweis

Eine Lösung aus 100ml dest. H₂O wird mit 1ml verdünnter Essigsäure versetzt und 10ml Tillmanns-Reagenzlösung hinzugegeben.

Ein Teil der rot-violetten Lösung wird in verschiedene Reagenzgläser verteilt, so dass die Reagenzgläser halb gefüllt sind.

- a) In ein Reagenzglas wird ein Stück Paprika gegeben.
- b) In ein weiteres Reagenzglas werden 2ml des Sportdrinks z.B. "Isostar" oder "ZELL-TECH" gegeben.
- c) In ein drittes Reagenzglas wird eine Vitamin C-Depot-Kapsel gegeben.

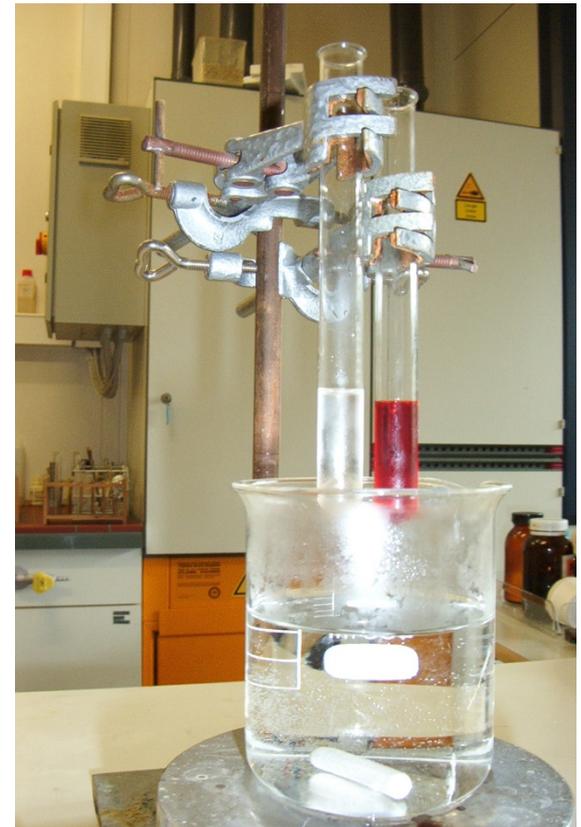
Versuchsdurchführung zum Vitamin-B1-Nachweis

- a) 3ml einer 1%-igen Kaliumhexacyanoferrat-(III)-Lösung wird in einem Reagenzglas mit 4ml 20%-iger Natronlauge versetzt, anschließend werden 4ml eines Fitness-Getränks zugegeben. Nach ca. 5min wird die Lösung unter eine UV-Lampe bei 365nm gehalten.

- b) 3ml einer 1%-igen Kaliumhexacyanoferrat-(III)-Lösung wird in einem Reagenzglas mit 4ml 20%-iger Natronlauge versetzt, anschließend werden 4ml einer Vitamin-B₁-Lösung zugegeben. Nach ca. 5min wird die Lösung unter eine UV-Lampe bei 365nm gehalten.

Versuchsdurchführung zum Vitamin-E-Nachweis

- 5 bis 6 Vitamin E Kapsel werden mit dem Messer aufgeschlitzt und in 10ml Ethanol aufgelöst anschließend wird 2ml 65% Salpetersäure zugesetzt.
- Bei Vorhandensein von Vitamin E wird die Lösung rot gefärbt. Eventuell muss noch im Wasserbad erhitzt werden.



Versuchsdurchführung zum Kreatin-Nachweis

Das Getränk wird zunächst durch Schütteln mit Aktivkohle und anschließendes Filtrieren entfärbt. 0,5g Filtrat werden mit 50ml demineralisiertem Wasser verdünnt. 3ml dieser verdünnten Lösung werden im Reagenzglas mit 0,5g Diacetyl-Lösung (0,5g Butan-2,3-dion in 1l demineralisiertem Wasser) und 1 ml alkalischer β -Naphthol-Lösung (1 g in 100 ml 3%iger Natronlauge) versetzt. Der Ansatz wird umgeschüttelt und dann 10 Minuten stehen gelassen. Während dieser Zeit laufen Kondensationsreaktionen ab, die zu einer rot gefärbten Verbindung führen.

[Zurück zu Kreatin](#)

Versuchsdurchführung zum Ephedrin-Nachweis (Biuretreaktion)

Chemikalien:

2% ige Kupfersulfatlösung; Natronlauge ($c = 3 \text{ mol/L}$), ätzend, C; Wick[®] MediNait (oder anderer ephedrinhaltiger Erkältungssaft)

Durchführung:

In einem Reagenzglas werden zu 3 mL Wick[®]-MediNait 1mL Kupfersulfatlösung und 2mL Natronlauge gegeben.

Beobachtung:

Das ursprünglich dunkelgrüne Wick[®]-MediNait ändert die Farbe nach blau violett.

Deutung und Erklärung:

Die Biurestreaktion ist eine Farbreaktion zum Nachweis von Proteinen. In alkalischer Lösung bilden sich violette Cu (II)-Komplexe:

[zurück zu](#)
Ephedrin

Versuchsbeschreibung zum Steroidnachweis (n. Zimmermann)

- Von jeder Probe wird 1 ml in einem Reagenzglas mit 1 ml 2%iger ethanolischer Dinitrobenzen- und 1 ml 3 mol/l Kaliumhydroxid-Lösung versetzt, gemischt und 15 Minuten im Dunkeln stehen gelassen. Dann ist der „Übeltäters“, dessen Probe sich rot verfärbt hat, erwischt

[Zurück zu Steroidnachweis](#)