

Link

[www.sport.tu-muenchen.de/sportpsychologie](http://www.sport.tu-muenchen.de/sportpsychologie)

# Fliegen beginnt im Kopf

Wie schafft es der Körper von Leistungssportlern, den perfekten Salto zu wiederholen? Forscher der TUM enträtseln das Zusammenspiel von Muskeln und Hirn – und entwickeln neue Trainingsmethoden, die Sportlern helfen, noch besser zu werden

**E**igentlich war alles perfekt: Der Schnee weder zu fest noch zu weich, die Sicht gut, etwas Sonne, kein Wind. Wie vor jedem Wettkampf tauchte Gerhard Blöchl oben am Start ab in seinen Kokon. Die 20 000 Menschen unten am Ziel nahm er nicht wahr und nicht die Musik aus den Lautsprechern. Wie immer spulte er Buckelpistenfahrt und Sprünge in seinem Kopf ab wie einen Film, tausendmal trainiert, verbessert, einwandfrei gemeistert – und dann fuhr er los. Tempo, Körperhaltung, Stellung der Ski, alles war stimmig. Fast alles: Blöchl setzte an zum Schraubensalto, drehte sich in sieben Meter Höhe korrekt einmal um die eigene Achse, drehte sich zudem einmal rückwärts, legte dabei in der Luft 14 Meter zurück – und dann öffnete er beim Landen plötzlich ganz kurz die Knie. In dieser einen Sekunde und mit diesem einzigen Fehler endeten für ihn die Olympischen Spiele 2006 in Turin. Der Weltcup-Athlet erreichte das Finale nicht. Was war passiert? „Man kann das leider nicht ganz genau rekonstruieren“, sagt Frieder Beck (37), Trainer der Deutschen Nationalmannschaft im Ski-Freestyle. Nirgendwo liegen Erfolg und Scheitern so dicht beieinander wie im Sport. Der Mensch kann seine Muskeln stählen, bis die T-Shirts spannen. Er kann joggen, bis er allen davon läuft. Und er feilt an Bewegungsabläufen, bis sie richtig sitzen. Trotzdem geht manchmal im

Wettkampf etwas schief. Weil der Mensch eben keine Maschine ist, bleibt immer ein Rest an Unsicherheit, an mangelnder Perfektion. Hätte der Trainer Frieder Beck einen Wunsch offen, würde er diesen Rest gern kennen und wegtrainieren. Gern würde er sich der perfekten Bewegung nähern, bei der alles passt, auf den Millimeter, auf die Zehntelsekunde. Deshalb ist Beck nicht nur Trainer, sondern auch Doktorand am Lehrstuhl für Sportpsychologie der TUM im Olympiapark.

## Vom Kopf-Kino zum Zauberstoff Dopamin

Im Fokus seiner Forschung steht die Schaltzentrale für Bewegungen: das Gehirn. Ist es möglich, dort zum Beispiel den Ablauf eines Schraubensaltos so zu speichern, dass der Sportler ihn jederzeit optimal abrufen und ausführen kann, in jeder Situation? Diese Frage treibt Frieder Beck und seinen Doktorvater Professor Jürgen Beckmann um.

Das Wachstum von Muskeln kann man leicht vom Maßband ablesen. Die Schnelligkeit des Sportlers sieht man schlicht auf der Stoppuhr – doch mit der Messung von Bewegung im Gehirn ist es nicht so einfach: Bildgebende Ver-



fahren, wie die Positronen-Emissions-Tomografie (PET) und die funktionelle Magnetresonanztomografie (fMRT), zeigen Aktivität im Kopf nur in Ruhelage. Die Lösung: Beim Experiment verharrt der Sportler ganz still und stellt sich einen gewohnten Bewegungsablauf nur vor, als Freestyle-Athlet zum Beispiel den Schraubensalto. Erstaunlich, was das fMRT zeigt: Im Kopf-Kino genügen allein Bilder von der verschneiten Piste oder von Sonnenschutzcreme und das Gehirn schüttet sofort große Mengen vom Botenstoff Dopamin aus. Das passiert in tieferen Regionen des Gehirns, im Belohnungszentrum. Und zwar immer dann, wenn der Mensch eine Handlung als besonders lohnend abgespeichert hat. Wie zum Beispiel ein Kleinkind, das es zum ersten Mal schafft, allein zu stehen. Das Dopaminsystem kodiert die Bewegung als gut, legt eine entsprechende Struktur an und speichert diese für ein ganzes Leben. Weitere Stehversuche werden folgen und wahrscheinlich bald die ersten Schritte.

Im Negativen funktionieren so Süchte: Dopamin sorgt dafür, dass der Alkoholiker einen starken Drang nach Schnaps und dem damit verbundenen schwummrigen Gefühl im Kopf verspürt. Viel gesunde Belohnung bietet der Sport: Das wissen schon Kinder nach dem ersten Sprung vom 5-Meter-Turm im Freibad; Jugendliche, die mit ihren Skateboards auf nur einem Rad kreisen; der Golfer, dem ein besonderer Abschlag gelingt. Sie alle erleben diese belohnenden Momente. Die Folge: Sie haben den Wunsch nach Wiederholung, das Verlangen nach der typischen Bewegung. Das alles hat mit Dopamin zu tun und ist Motivation fürs Lernen. Frieder Beck: „Springt das Belohnungszentrum im Gehirn an, verinnerlicht der Sportler Abläufe besonders gut. Er führt sie dann souveräner aus.“ ▶

### Zu viel Dopamin: Wenn Sport zur Droge wird

Sport in Maßen ist gesund. Gefährlich wird er, wenn der Sportler an seine körperlichen Grenzen geht und immer mehr davon braucht. Auch das hängt sehr wahrscheinlich mit Dopamin zusammen. Es sorgt generell für einen hohen Anreiz, etwas zu wiederholen, was man als lohnenswert empfunden hat. Das heißt: Bei der Bewegung springt das Belohnungssystem an, Dopamin wird ausgeschüttet. Es entsteht der Wunsch, diese Bewegung nochmals auszuführen.

Dopamin versetzt also den Körper in einen Zustand des Wiederhaben-wollens. Das an sich ist ganz normal. Ist der Mensch jedoch nur noch auf die belohnenden Erlebnisse im Sport fokussiert, empfindet er sein sonstiges Leben als eintönig, kann daraus eine Sucht entstehen. Die im Belohnungssystem gespeicherten Reize nehmen überhand. Das Verlangen nach Sport (häufig tritt das bei Ausdauersportarten wie Joggen auf) steigt dann übermäßig an.

Um Belohnung zu empfinden, braucht der Süchtige aber immer neue Kicks und Herausforderungen. Er muss weiter laufen, mehr Gewichte im Fitnessstudio stemmen etc. – bis zum körperlichen Zusammenbruch. Gleichzeitig treten seine sozialen Kontakte mehr und mehr in den Hintergrund. Kann er einmal nicht trainieren, hat er Entzugerscheinungen (z. B. Stimmungsschwankungen). Im Hochleistungssport sind die Grenzen oft fließend: Bis wann gilt ein Sportler als sehr engagiert und diszipliniert? Ab wann ist er süchtig? Prof. Beckmann: „Der gesunde Leistungssportler verfolgt mit seinem Training ein sportliches Ziel. Der Süchtige benutzt den Sport als Medium, um andere bei ihm zugrunde liegende Probleme zu bewältigen.“ Zum Beispiel der Zwang, immer erfolgreich sein zu wollen, oder der besessene Wunsch nach einem perfekten Körper. Ein Trainer sollte das bei seinen Sportlern immer im Auge behalten und falls nötig für Phasen der Regeneration sorgen.

Für das Sporttraining heißt das: Etwas Dopamin sollte immer im Spiel sein.

Doch das ist schwierig, denn das Belohnungszentrum ist sensibel und vielen Störungen unterworfen. So hemmt zum Beispiel bewusste Aufmerksamkeit den Fluss von hoch trainierten Bewegungen – etwa, wenn gleichzeitig die Sprachzentren in der linken Hirnhälfte aktiv sind. Das ist der Fall, wenn dem Sportler während des Wettkampfes die Worte des Trainers durch den Kopf gehen. Dann lässt die Leistung nach, die Bewegung wird unsicher.

#### Das Sprachzentrum soll schweigen

Becks Doktorvater Jürgen Beckmann hat aus verschiedenen Studien einen Weg hergeleitet, das Gehirn zu überlisten: Drückt der Sportler während des Wettkampfes die linke Hand zur Faust, senkt das die Aktivität in den Sprachzentren. Doch der Bereich für die Motorik in der rechten Hirnhälfte wird angeregt. Eine Sprinterin verbesserte sich mit dieser Methode deutlich. Doch es gibt eine Einschränkung: Das Belohnungssystem wird nur dann aktiv, wenn eine Fifty-Fifty-Chance besteht,



eine Bewegungsaufgabe zu bewältigen. Eine solche Aufgabe darf dem Sportler also einerseits nicht zu vertraut sein (weil Routine langweilt) und nicht zu fremd sein (weil Unbekanntes verunsichert). Der Wissenschaftler Beck versucht deshalb als Trainer immer Neues zu bieten, den Schwierigkeitsgrad zu steigern und zu loben, wenn es angebracht ist. Der Trainer lässt seine Kandidaten wechseln zwischen komplizierten und einfachen Sprüngen; oder er variiert die Umgebung: Von der Schneepiste geht es zur Wasserschanze am See oder zum Trampolin in der Turnhalle.

Auch bei stupidem Wiederholen von Bewegungen rührt sich nichts im Belohnungssystem. Anders ist es, wenn der Trainer Aufgaben zum induktiven Lernen stellt: Es geht darum, Bewegung selbst auszuprobieren, zu erleben. Steht der Ski-Freestyle-Athlet zum Beispiel in einer Kurve zu starr, soll er beim nächsten Mal so fahren, dass mehr Druck auf dem Großzehenballen seines äußeren Fußes lastet. Er spürt dann selbst, wann er richtig in der Kurve steht. Frieder Beck: „Besser den Skifahrer so oft wie möglich die Piste runter schicken, als zu viel ▶

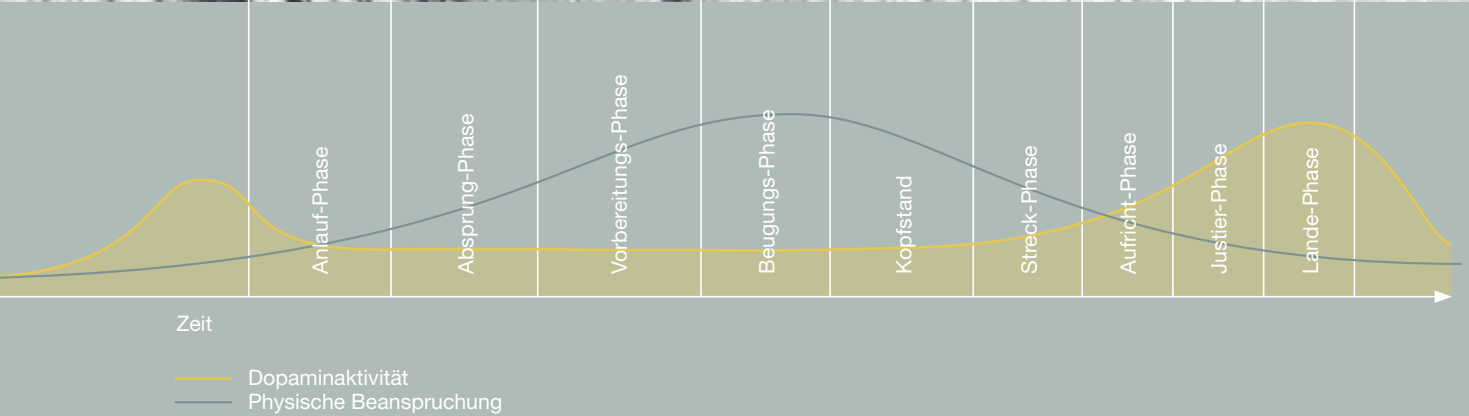


- 1 zum Striatum
- 2 präfrontaler Cortex
- 3 zu den Basalganglien
- 4 hinterer Hypothalamus
- 5 mesolimbisches System
- 6 Substantia nigra
- 7 vorderer tegmentaler Bereich

**Blick ins Gehirn:** Dopaminneurone der Substantia nigra (6) und Area ventralis tegmentalis (7) antworten auf unerwartet auftretende Belohnungen und auf Reize, die eine Belohnung vorhersagen. Dopaminerge Fasern der Substantia nigra ziehen v. a. ins Striatum (1) der Basalganglien (3). Man vermutet, dass eine Funktion der Basalganglien die Auswahl passender motorischer Aktionen ist. Hierbei scheinen nicht zur Situation passende Bewegungen gehemmt zu werden. Der Sportler wird also nicht plötzlich einen Vorwärtssalto machen, wenn eigentlich ein Rückwärtssalto vorgesehen ist. Dopaminerge Fasern der vorderen tegmentalen Bereiche ziehen u. a. in das limbische System, das Emotionen verarbeitet, und in den präfrontalen Cortex (2), dem die Verhaltensplanung zugeschrieben wird. Der präfrontale Cortex (2) und die Basalganglien (3) sind über viele Nervenverbindungen sehr stark miteinander verbunden und stehen im ständigen Austausch.



Foto: Blöchl/Blöchl (2005): New School – Faszination auf Skiern. Meyer&Meyer-Verlag, S. 78/79



**Unerwartet auftretende Belohnungen und Reize**, die eine zukünftige Belohnung vorhersagen, führen zur Ausschüttung großer Mengen von Dopamin. Beck vermutet, dass der Anblick der Schanze und die Anfahrt dorthin zu einer ersten Dopaminausschüttung führen werden, die das kommende belohnende Bewegungsereignis reflektiert. Eine zweite Dopaminausschüttung erfolgt bei erfolgreicher Bewältigung des Rückwärtssaltos mit Skiern, die den überraschenden Bewegungserfolg reflektiert.



### Interne Bewegungsorganisation

#### Kodierung

Synaptische Plastizität

Stärkung der Verbindungen korreliert aktivierter Netzwerkelemente

#### Flexible Vernetzung

Entladungssynchronisationen

**Wie lernt das „sportliche“ Gehirn? Beck vermutet, dass hierbei insbesondere drei Vorgänge eine wichtige Rolle spielen:**

**1** Synaptische Plastizität entwickle u. a. über Veränderungen der Übertragungsstärken der Verbindungen zwischen Gehirnzellen ein Bewegungsgedächtnis.

**2** Das Feuern im Gleichtakt würde die dynamische Einbindung unterschiedlicher kortikaler Zellbereiche koordinieren, deren gemeinsame Aktivierung die sportliche Bewegung hervorbringe. Diese Synchronisation beschleunige auf Zellebene Lernprozesse.

**3** Das kurzzeitige Ausschütten großer Mengen von Dopamin vermittele insbesondere in den Schaltkreisen zwischen Kortex und den Basalganglien Lernvorgänge, die u. a. für die Auswahl einer situationsangemessenen Bewegung bedeutend seien. Da Bewegungsereignisse, die besser sind als ursprünglich erwartet, solche Dopaminaktivierungen hervorrufen könnten, sei nach Beck überraschender Bewegungserfolg im Sport für Lernvorgänge sehr wichtig. Dopamin spiele weiterhin auch bei der Entwicklung des Verlangens nach sportlicher Betätigung eine bedeutende Rolle.

#### Interne Bewertung

Dopaminsignale

- Lernsignal  
- Motivation

Aktivierungsanlass:  
Unerwarteter Bewegungserfolg

Grafik: edlundsepp nach Frieder Beck; Foto: Laura Egger

reden. Wichtig sind zunächst die großen belohnenden Bewegungserlebnisse. An Feinheiten arbeiten wir danach.“

#### Fahren, ohne darüber nachzudenken

Schließlich die Sondersituation Wettkampf: Ist der Sportler zu nervös oder zu entspannt, passiert im Dopaminsystem wenig. Seine Leistung wird folglich schwächer. Vor dem Start soll der Sportler stattdessen gespannt und konzentriert sein. Er soll ruhig atmen und seinen Kopf frei machen. Dabei helfen langfristig Entspannungsmethoden. Dann lässt er die Pistenfahrt vor seinem inneren Auge Revue passieren. Während der Abfahrt soll er die gelernte Bewegung ausführen, ohne darüber nachzudenken. Scheitert er trotzdem, muss er mit Misserfolg umgehen können und motiviert weitermachen.

So auch Gerhard Blöchl: Über den Patzer bei den Olympischen Spielen hat er sich sehr geärgert. Aber schon am Tag darauf hatte er ein neues Ziel: Olympia 2010 in Vancouver. Er trainiert dreimal täglich - an 160 Tagen im Jahr auf der Piste, sonst auf dem Fahrrad, mit dem Springseil, an Hanteln, auf dem Trampolin.

Beim Training in der Turnhalle lässt Beck ihn wieder einen Schraubensalto rückwärts drehen. Blöchl läuft über zwei Böcke, berührt das Sprungbrett, hebt ab, dreht sich um die eigene Achse, überschlägt sich ganz gerade und landet - jetzt mit geschlossenen Knien. Frieder Beck fin-

det das gut. Blöchl sei ein großes sportmotorisches Talent, sagt er. Sportlern wie ihm durch optimales Training die ganze Palette an Fertigkeiten mitzugeben, damit sie auf jede Situation mit genau der richtigen Bewegung reagieren, das ist das Ziel. Forscher sind auf dem Weg dahin: Becks Doktorvater Beckmann und wissenschaftliche Mitarbeiter der Fakultät für Sportpsychologie befassen sich zum Beispiel mit sportlichen Hirnstrukturen in Drucksituationen wie dem Wettkampf. Sie untersuchen die Rolle von Angst und Cortisol. Noch gibt das Gehirn den Wissenschaftlern viele Rätsel auf. Aber Beck kommt ihm mit seiner Arbeit näher. Sein Traum: „Genau zu wissen, wie das Gehirn funktioniert. Und dann die Lern-Bedingungen darauf abstimmen, für ein noch ausgefeilteres Techniktraining. Bis dahin dauert es aber sicher noch zehn Jahre.“

Gerhard Blöchl denkt darüber nicht nach. Für ihn ist es einfach so: „Beim Wettkampf gibt es 20 Top-Athleten. Sie alle können gewinnen. Aber am Ende siegt der mit der größten Coolness im Kopf.“ Dann läuft er an, schwingt seine Arme wie ein Vogel auf und nieder, stößt sich vom Sprungbrett ab, macht einen Salto und noch einen, vorwärts und rückwärts und vorwärts. Bis man es schließlich glauben mag: Der Mensch kann wirklich fliegen, ganz ohne Motor und Antrieb. Und das ist doch schon ziemlich perfekt.

Lena Reseck