

Quelle: <http://www.loges.de/sport/superkompensation>



Das Modell der Superkompensation - noch praktikabel?

Wer regelmäßig Sport treibt, ist meist auch an den Hintergründen und Mechanismen interessiert, die zur Leistungsverbesserung führen. Eine erste Antwort hierzu gab bereits der Leistungsphysiologe Wilhelm Roux vor über 100 Jahren: „Um eine Anpassung auszulösen, muss ein Belastungsreiz eine bestimmte Schwelle überschreiten“ (ROUX, 1895). Die genauen Abläufe die zur Anpassung führen sind zwar bis heute nicht eindeutig aufgeklärt, doch liefern aktuelle Forschungen neue Erkenntnisse zum Verlauf der Anpassungsreaktionen des Körpers nach dem Sport (Wackerhage et al., 2009). Durch diese Erkenntnisse werden die derzeitigen zeitlichen Vorstellungen zur Anpassung teilweise revidiert.

Es ist daher an der Zeit, ein differenzierteres Verständnis für die komplizierten Vorgänge der Trainingsanpassungen im Körper des Sportlers zu entwickeln. In der Trainingslehre wird nach wie vor das Modell der Superkompensation vermittelt, welches sehr simpel die theoretische Vorstellung zum Ablauf der Anpassung darstellt.

Dabei geht man davon aus, dass der Körper nach einer sportlichen Belastung (Training/Wettkampf) sich nicht nur bis zum ursprünglichen Leistungsniveau erholt, sondern die Regeneration darüber hinaus zu einem Anstieg der Leistungsfähigkeit über das Ausgangsniveau hinaus führt (vgl. Abb. 1). Dieses neue Niveau kann dann für einen bestimmten Zeitraum aufrechterhalten werden, bevor es wieder abnimmt.

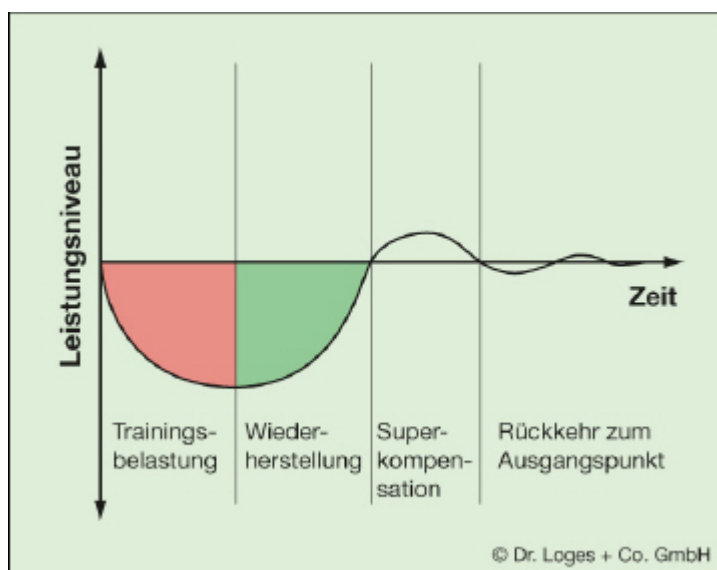


Abb. 1: Einfaches Modell der Superkompensation in Anlehnung an Jakowlew (1977).

Diesem Modell fehlt jedoch jeglicher zeitliche Bezug zur Anpassung, wie auch die nötige Höhe

des wirksamen Belastungsreizes völlig offen gelassen wird. Gegenwärtig wird also an Universitäten, Schulen, sowie in der Trainer- und Übungsleiterausbildung die Anpassung des Körpers anhand eines fiktiven Superkompensationsmodells vermittelt.

Entwicklung des Modells

Der Ursprung des Modells der Superkompensation basiert auf Forschungsarbeiten von JAKOWLEW (1977) im Tierversuch. Er konnte nachweisen, dass nach einer intensiven muskulären Belastung das Muskel- und Leberglykogen der Tiere in der nachfolgenden Wiederherstellungsphase über das Ausgangsniveau hinaus gespeichert wurde.

Seine Erkenntnisse wurden in der Folgezeit verallgemeinert und auf die Gesamtentwicklung der Leistungsfähigkeit beim Menschen übertragen. Von biologischer Seite fehlte anfangs das Interesse und die Kenntnis, was das Training eigentlich im Körper und insbesondere in der Muskulatur bewirkt. Seitens der Sportwissenschaft wurden, ohne Bezug zur biologischen Realität, allgemeine Ableitungen für die Trainingsplanung und Belastungssteuerung getroffen, die sich heute mehrheitlich als unzulässig oder falsch erwiesen haben. Unzulässig deshalb, weil die vielfältigen Trainingsanpassungen und die Veränderungen der Leistungsfähigkeit ausschließlich mit dem Modell der Superkompensation erklärt werden.

So wird angenommen, dass hohe Trainingsbelastungen zur Ermüdung und zu einer Störung des Stoffwechselgleichgewichts führen. In der anschließenden Wiederherstellungsphase schwingen die beanspruchten Funktionssysteme über das Ausgangsniveau hinaus (Abb. 1). Eine Verbesserung der Leistungsfähigkeit sei dann erreichbar, wenn die nachfolgenden Trainingseinheiten jeweils in der Phase der Superkompensation durchgeführt werden (Abb. 2). Die Leistungsentwicklung stagniere aber, wenn die Erholungsphase zu lang sei oder sie soll abnehmen, wenn die Belastungsreize zu frühzeitig, d. h. bei noch unvollständiger Wiederherstellung, gesetzt werden (Abb. 3).

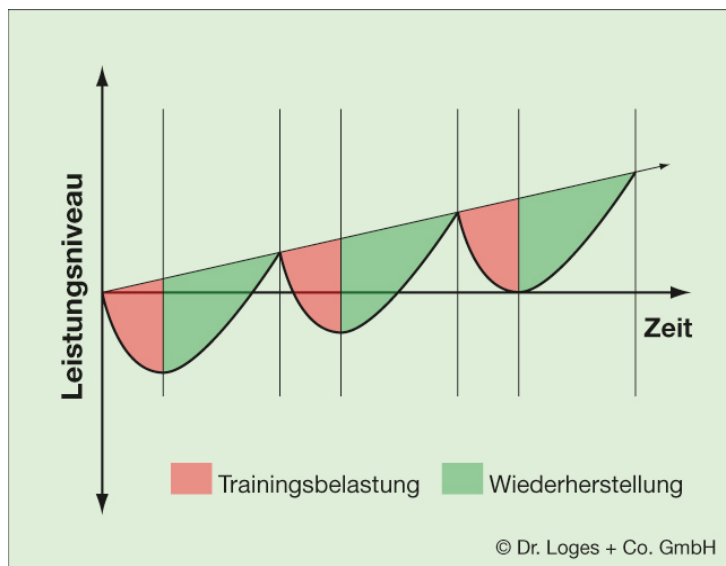


Abb. 2: Änderung der Leistungsfähigkeit bei optimaler Pause.

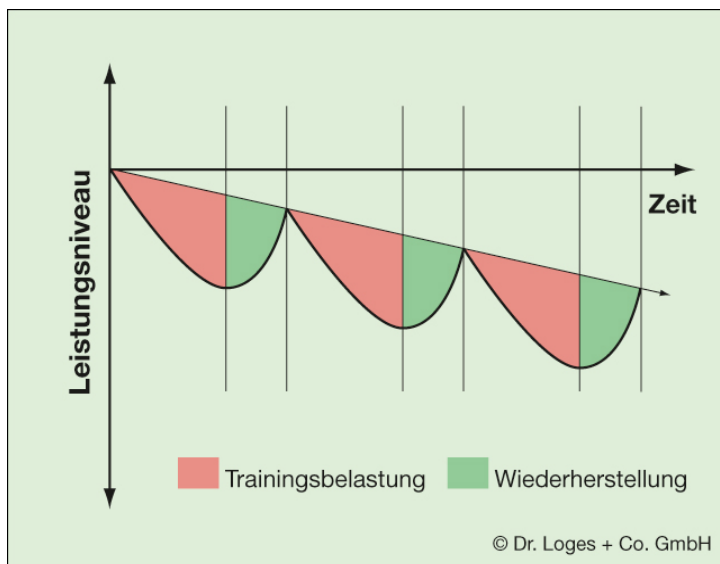


Abb. 3: Änderung der Leistungsfähigkeit bei zu kurzer Pause.

Auf den ersten Blick scheint die Argumentation plausibel. In Wirklichkeit können die von der Analyse der Energiespeicher (Muskelglykogen) abgeleiteten Modellvorstellungen jedoch nicht verallgemeinert werden. Die zeitweilige Erhöhung der Energiespeicherkapazität im Muskel über das Ausgangsniveau hinaus, kann nicht auf die vielen unterschiedlichen Vorgänge der Trainingsanpassung im Körper übertragen werden.

Grenzen des Modells

Die unterschiedlichen Energiebereitstellungssysteme im Muskel beispielsweise, unterscheiden sich deutlich in der benötigten Regenerationszeit. So dauert die Wiederherstellung des schnellen Energieträgers Kreatinphosphat nur etwa 3 Minuten, die Auffüllung der Kohlenhydratspeicher (Glykogen) wird, abhängig von der Dauer- und Intensität der Belastung, erst nach mehreren Tagen Regeneration erreicht. Nach Extrembelastungen (z. B. Marathonlauf, Langtriathlon, 100-km-Lauf) kann es mehrere Wochen dauern, bis der Muskel seine Zellstruktur wieder hergestellt hat (Abb. 4).

Eine Erhöhung des Ausgangsniveaus im Sinne der Superkompensation ist nach einer erschöpfenden Trainingsbelastung bislang nur für das Muskelglykogen, nicht aber für andere leistungsbestimmende Faktoren wie bspw. das Zentralnervensystem gezeigt worden. Obwohl die Steuerung und Kommunikation zwischen Gehirn und Muskulatur einen bedeutenden Einfluss auf die sportliche Leistung hat.

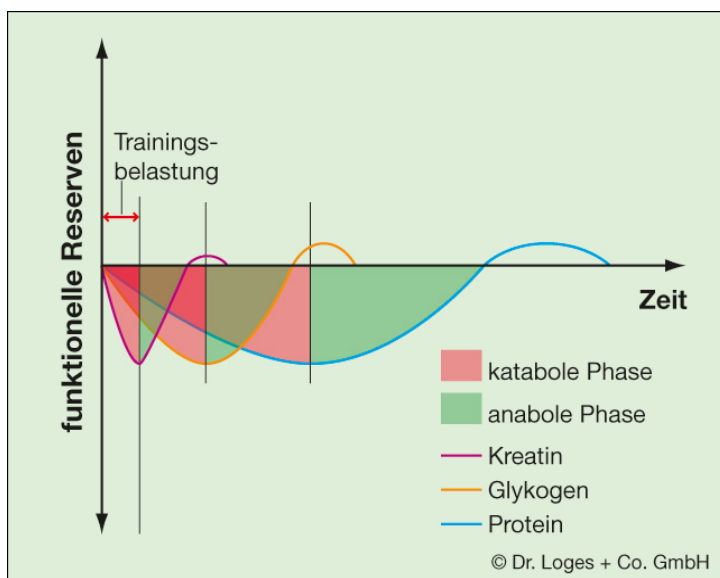


Abb. 4: Unterschiedliche Zeitverläufe von Funktionssystemen nach einer Trainingsbelastung:

Kurzandauernde Wiederherstellung (Sekunden bis Minuten, z. B. Kreatinphosphat)
Mittlere Zeitdauer der Wiederherstellung (10 Minuten bis wenige Stunden, z. B. Glykogen)
Langandauernde Wiederherstellung (Mehrere Stunden bis Tage, z. B. Muskelzellen)

Die Prozesse der Regeneration nach hohen Belastungen laufen beim Trainierten im Vergleich zum Untrainierten unterschiedlich schnell ab. Selbst bei ähnlich gut trainierten Sportlern bewirkt eine gleich hohe Anforderung unterschiedliche Erholungszeiträume. Das Modell der Superkompensation lässt jedoch keine Altersdifferenzierung, keine geschlechtsspezifischen Unterschiede, keinen Unterschied zwischen Trainierten und Untrainierten zu. Das Modell stößt an die Grenzen der realen Belastbarkeit und der Zeitbezogenheit des Trainings. Bei einer ausschließlichen Orientierung des Trainings am Modell der Glykogensuperkompensation und einem dadurch linear geplanten Leistungsanstieg ist der Misserfolg vorprogrammiert.

Die unterschiedlichsten Graphiken zur Superkompensation in Trainingsbüchern, Fachzeitschriften und im Internet suggerieren Trainern und Sportlern eine zeitlich exakte Trainingsplanung, sowie einen linearen Formanstieg bei Einhaltung des Prinzips von Belastung, Ermüdung und Wiederherstellung mit Superkompensationseffekt. Dies entspricht allerdings nicht den realen Gegebenheiten der biologischen Abläufe des Organismus. Eine in Dauer und Höhe unendlich fortsetzbare Anpassungsmöglichkeit kann es natürlich nicht geben.

Was in der Praxis beachtet werden muss

Das Niveau der aktuellen Leistungsfähigkeit hängt nicht nur von der Kapazität der Energiespeicher ab, sondern ist beeinflusst von einer Vielzahl an leistungsbestimmenden Faktoren. Insofern darf in der grafischen Darstellung des Superkompensationsmodells nie die gesamte sportliche Leistungsfähigkeit bzw. der Trainingseffekt gesehen werden.

Insbesondere die Planung eines Trainingsprozesses nach dem Prinzip der Superkompensation ist in dieser Einfachheit nicht möglich. Durch die unterschiedlich langen Zeiträume, die von den beanspruchten Funktionssystemen zur Regeneration benötigt werden, kann ein optimaler Zeitpunkt für die nächste Trainingseinheit, am Höhepunkt der Superkompensation, nicht allgemein bestimmt werden.

Die kürzesten Anpassungszeiträume benötigt das Nervensystem. Die Zellen, welche Gehirn und Muskel verbinden, erholen sich wahrscheinlich binnen Sekunden. Deutlich länger dauern die Anpassungen in den Muskelzellen. Deshalb muss die Trainingsplanung auf die sehr unterschiedliche Regenerationszeiträume abgestimmt werden.

Was bleibt vom Superkompensationsmodell übrig? Nur die Feststellung, dass es zur Beschreibung des Verbrauchs und der Wiederauffüllung der Glykogenspeicher genutzt werden kann. Das Prinzip der Superkompensation ist jedoch zu einfach, um die vielen komplexen Anpassungserscheinungen des Körpers in der Realität erklären zu können. Bei schematischer Anwendung auf alle Funktionssysteme, könnte es zu unsinnigen trainingsmethodischen Ableitungen für das individuelle Training führen.

Es geht kein Weg daran vorbei – eine gezielte, langfristige Leistungsentwicklung basiert auf einer Trainingsmethode, welche die unterschiedlichen Leistungsfaktoren individuell einbezieht und dabei die Zusammenhänge von Belastung, Beanspruchung, Regeneration und Adaptation berücksichtigt.

Anwendung der Glykogensuperkompensation in der Wettkampfwoc

Unabhängig der Kritik zu den Vorstellungen der Superkompensation für den Trainingsaufbau, kann die isolierte Erhöhung der Glykogenspeicher zur gezielten Ausprägung von persönlichen Bestleistungen genutzt werden. Das kann besonders vor wichtigen Ausdauerwettkämpfen von Vorteil sein. Hierbei geht es allein um eine größtmögliche Speicherung von Glykogen in der Muskulatur (sog. Tapering), was dazu führt, dass dem Körper ein Höchstmaß an Energie zur

Verfügung steht.

Um am Wettkampftag in Topform zu sein, ist ein gut durchdachter methodischer Trainingsaufbau über das gesamte Trainingsjahr notwendig. Besondere Bedeutung für den Wettkampferfolg hat, neben dem Training, auch die Ernährung. Damit eine größtmögliche Energiemenge bei der sportlichen Belastung verfügbar ist, liegt ein besonderer Fokus auf der Wettkampfwocche. Jeder Sportler versucht, für sich individuelle Strategien zu entwickeln, mit welchen er am Wettkampftag persönliche Spitzenleistungen erzielen kann. Ein bewährtes Modell zur Gestaltung der Wettkampfwocche wird in Abb. 5 aufgezeigt.

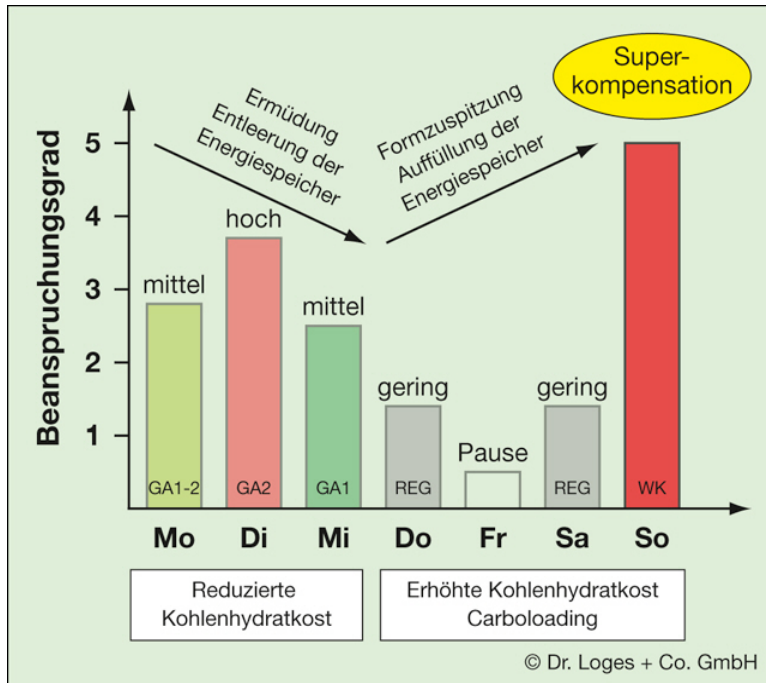


Abb. 5 Gestaltung einer Wettkampfwocche nach dem Superkompensationsprinzip (GA: Grundlagenausdauertraining, REG: Regeneratives Training, WK: Wettkampf).

Danach teilt sich die Woche in zwei Abschnitte. Im ersten Abschnitt (z. B. Montag bis Mittwoch) sollte der Anteil der durch Nahrung aufgenommenen Energie nur etwa zu 30-40 % aus Kohlenhydraten gewonnen werden. Durch das Training entsteht ein Kohlenhydrat-Mangel, der anschließend nicht mehr komplett ersetzt wird. Die Glykogenspeicher in der Muskulatur werden zunehmend entleert.

Im zweiten Wochenteil (z. B. Donnerstag bis Samstag) werden die Glykogenspeicher bei leichtem Training und erhöhter Kohlenhydrataufnahme (ca. 60 % der Energie) gefüllt. Eine erhöhte Aufnahme von Kohlenhydraten (Carboloading) am Vortag des Wettkampfes, wie man es von den Pasta-Partys vor großen Ausdauer-Wettkämpfen kennt, fördert zusätzlich die Füllung der Glykogenspeicher in Muskulatur und Leber.

Bei über dem normalen Maß gefüllten Speichern, spricht man von einer Superkompensation der Glykogenspeicher. Der Vorteil im Wettkampf besteht darin, dass der Sportler bei längeren Ausdauerwettkämpfen (z. B. Marathonlauf) auf eine verbesserte Energieversorgung zurückgreift und somit auch eine höhere Geschwindigkeit durchhalten kann.