

Atomic Endurance

Nils Kindel

2026

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	9
2	Chemie und Sport	15
2.1	Das Periodensystem	16
2.2	Biorelevante Elemente	18
2.3	medizinisch-relevante Elemente	27
2.4	Makronährstoffe	28
2.5	Energiegewinnung im Körper	37
2.6	Laktat	40
2.7	Leistungssteigernde Substanzen	46
2.8	Thermodynamik	55
2.9	Zusammenfassung	56
3	Triathlontraining	59
3.1	Wie viel Training ist genug?	61
3.2	Leistungszonen	62
3.3	Test & Re-Test	64
3.4	Trainingsbereiche	66
4	Disziplinen	69
4.1	Laufen	70
4.2	Radfahren	74
4.3	Schwimmen	76
4.4	Ergänzungstraining	87
4.5	Wechselzone	95
4.6	Koppeltraining	97

5	Workouts	99
5.1	Grundlagen Workouts	101
5.2	Sprintdistanz	113
5.3	Olympische Distanz	123
5.4	Mitteldistanz	134
5.5	Lanthanoide	146
5.6	Langdistanz	157
5.7	Actinoide	172
5.8	Trainingspläne	187
5.9	Kategorisierung	193
6	Übergreifende Konzepte	197
6.1	Superkompensation	197
6.2	Saionplanung	199
6.3	Regeneration	204
6.4	Individualität	206
7	Für Fortgeschrittene	209
8	Bibliothek	211
9	Danksagung	213
10	Bildnachweise	215
11	Weiterführende Literatur	217
	Literatur	219
	Glossar	227
11.1	Abkürzungen	233
12	Über uns	235

Abbildungsverzeichnis

1.1 Die vier Säulen des Triathlonerfolges	11
2.1 Biologisch relevante Elemente im Periodensystem	19
2.2 Phosphat und Vanadat im Vergleich	21
2.3 Drei Komplexe, den Krebs zu vernichten	28
2.4 Der Grundbaustein aller Kohlenhydrate: Glukose	29
2.5 Die Propriionsäure als einfachste Fettsäure	30
2.6 ungesättigte Fettsäure	31
2.7 Der Unterschied zwischen trans- und cis-Fetten wird deutlich durch Elaidinsäure und Ölsäure	32
2.8 Übersicht der verschiedenen Fettarten	33
2.9 Übersicht der verschiedenen essentiellen Aminosäuren	34
2.10 Trialcylglycerine	38
2.11 Das Stoffwechselprodukt Laktat	40
2.12 Der Scheideweg der aeroben und anaeroben Glykolyse	41
2.13 Laktatkonzentration und Herzfrequenz im Vergleich	42
2.14 Der selbe Sportler ein Jahr später	44
2.15 Die Leistungen des Sportlers im Vergleich	45
2.16 Zwei der bekanntesten Anabolen Steroide	48
2.17 Speziell zum Dopen entwickelt: Tetrahydrogestrinon	48
2.18 Das Molekül Koffein	49
2.19 Unser Botenstoff Adenosin	50
2.20 Wenn es richtig knallen soll	50
3.1 Die Quadranten der Energieversorgung im Ausdauersport	63

4.1	Die Phasen der Laufbewegung	70
4.2	Die drei Dimensionen des Lauf-ABCs	73
4.3	Der runde Tritt und seine vier Phasen	75
4.4	Der Verlauf des Kraularmzuges angelehnt an [41]	81
6.1	Die drei Phasen der Superkompensation	198
6.2	Die vier Ebenen einer Trainingsperiode	200
6.3	Die vier Phasen der Saison im Triathlon	202
6.4	Die Entwicklung des Tempotrainings	203
11.1	Das Periodensystem der Elemente	234

Kapitel 1

Entfessele die Kraft der Elemente

Im Triathlon wie im Leben gilt, dass alles aus großen komplexen Zusammenhängen besteht. Es gibt keine einfachen Lösungen. Wer Erfolg im Triathlon haben will, der muss alle drei Disziplinen - Schwimmen, Radfahren & Laufen - beherrschen. Dieses Werk soll den Triathloninteressierten dieser Welt als Handwerkszeug dienen, um sich erfolgreich auf Triathlons vorzubereiten. Und zwar nicht nur durch angewandtes Trainings sondern auch durch Analogien zur Chemie. Insgesamt soll dieses Werk keinen wissenschaftlichen Leitfaden darstellen, sondern viel mehr einen Ratgeber aus der Praxis für die Praxis, aber mit wissenschaftlichem Anspruch.

Beim Namen dieses Werkes treten sicherlich ein paar Fragen auf. *ATOMARE AUSDAUER??* Nun der Titel ist Programm. Und zwar benötigt man keinen Teilchenbeschleuniger oder irgendwelche starken Physik- oder Chemie-Kenntnisse, um dies zu verstehen. Atom kommt aus dem Griechischen und bedeutet so viel wie unteilbar. Atome seien also die kleinsten Teile der Materie¹. Das bedeutet, wenn man in der Chemie Reaktionen betrachten will, dann schaut man nicht auf das ganze große System, sondern man versucht herauszufinden, was auf atomarer Ebene passiert. Ebenso will dieses Werk genau da angreifen. Es bricht Ausdauer-

¹ Allgemein ist man sich heute einig, dass es auch noch kleiner Teile als Atome gibt. Mit Protonen, Neutronen und Elektronen sind drei dieser Teilchen sehr gut bekannt und nachgewiesen, während alles noch kleinere wir der Quantenphysik überlassen.

und Triathlontraining auf die kleinsten Bauteile herunter: die einzelnen Trainingseinheiten. Ausgehend davon wird erklärt, wie sie sinnvoll aufeinander abgestimmt werden müssen, um langfristig Leistung aufzubauen und erfolgreich im Triathlon zu werden. Also steigt ein auf dieser Reise in die kleinst uns bekannte Welt. Triathlon ist mehr als nur eine Sportart – es ist eine Herausforderung, die Kraft, Ausdauer, Technik und mentale Stärke vereint. Dieses Werk gibt dir die Werkzeuge an die Hand, deinen Körper so zu formen, dass du dich dieser Herausforderungen annehmen kannst. Du bekommst mit den Workouts konkrete Handlungsmöglichkeiten an die Hand, aber durch die Theorieteile auch genügend Hintergrundwissen.

Dieses Werk beruht auf meinen zehn Jahren Erfahrung im Triathlon, in denen ich alle Distanzen absolvierte und von Did-Not-Finish bis zur neuen Bestzeit alles erreichte. Die Idee Workouts nach dem **Periodensystem** zu strukturieren kam mir, als ich im Training für meinen ersten **Ironman®** die letzten Einheiten vor dem Tapering auf **Strava** nach den letzten Elementen im Periodensystem benannte - superschwere Einheiten benannt nach superschweren Elementen. Doch was hat das Periodensystem mit Triathlon zu tun? Ganz einfach: Es ist die Grundlage aller Materie – die Bausteine unseres Körpers, unseres Planeten und der gesamten Natur. Die Elemente sind in Gruppen angeordnet, die ihre Eigenschaften widerspiegeln. Die einzelnen Workouts sind inspiriert von den Elementen und sorgen so für eine ganz einzigartige Struktur des Trainings. 118 maßgeschneiderte Workouts, inspiriert von den chemischen Elementen, helfen dir, deine Leistung gezielt zu steigern und dein volles Potenzial auszuschöpfen. Egal, ob du dich auf eine Sprintdistanz, eine Olympische Distanz, eine Mitteldistanz oder sogar einen Langdistanz-Triathlon vorbereitest – mit *ATOMIC ENDURANCE* wirst du stärker, schneller und ausdauernder. Dein Körper ist ein Wunderwerk der Biochemie – nutze das Wissen der Elemente und bringe deine Performance auf das nächste Level!

Triathlon ist ein Sport aus vielen Elementen. In meinen 10 Jahren Erfahrungen im Triathlonsport habe ich viele Erfahrungen sammeln können und habe gelernt, dass vier Elemente im Triathlon essentiell sind. Neben dem Training, welches aus den einzelnen Trainingseinheiten besteht, muss auch die mentale Einstellung stimmen, ebenso wie das Material (Fahrrad etc.) und auch die Ernährung. All das zusammen sorgt für Erfolg im Triathlon. Es wäre anmaßend zu meinen, dass man alle dieser vier Punkte gänzlich in einem Werk abbilden kann. Deswegen fokussiert sich *ATOMIC ENDURANCE* auf die Säule des Training und arbeitet sich von den einzelnen Trainingseinheiten hoch zu übergreifenden Trainingskonzepten für die

einzelnen Disziplinen. Deswegen, wer te Leserschaft, seid euch bewusst, dass dieses Werk nicht die Bibel darstellt, die alles umfassen soll, sondern eine Säule im Detail beleuchtet. Natürlich werden die anderen Säulen insbesondere die Ernährung ebenfalls hier beleuchtet, doch in seiner Gesamtheit wird nur das Training erfasst.

Man muss sich bewusst sein, dass man diese Säulen nicht komplett von einan-

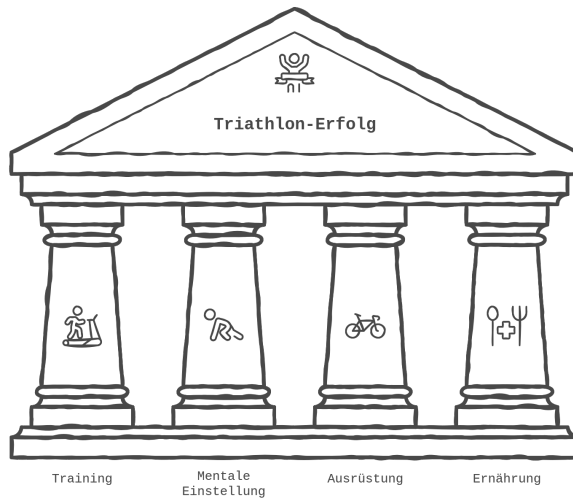


Abbildung 1.1: *Die vier Säulen des Triathloneerfolges*

der trennen kann. So spielt im Training natürlich auch die Ernährung eine Rolle besonders wenn es um längere Distanzen geht. Auch die mentale Einstellung ist im Training nicht zu vernachlässigen. Insbesondere bei den Workouts für die Mittel- und Langdistanz werden diese beiden Aspekte immer wieder aufgegriffen. Als Konsequenz daraus soll an dieser Stelle kurz etwas zu den vier Säulen gesagt werden. *Training* ist ein zielgerichteter, langfristiger Prozess - es passt sich immer an das Ziel an. Training muss aktiv durchgeführt werden und systematisch aufeinander aufgebaut werden. Die vielen Facetten und Ausprägungsformen des Trainings werden mit den 118 Workouts sicherlich zur Genüge abgedeckt.

Die mentale Einstellung ist neben dem Training ein sehr schwammiges Konstrukt. Es ist ein Zusammenspiel aus den Gedanken, die das Individuum auf der Reise im Ausdauersport begleiten. Es gibt verschiedenste Motivationen, die den Triath-

leten antreiben, jede davon hat ihre eigene Vorteile. Wichtig ist, dass die Psyche vor allem im Wettkampf einen Großteil der Leistung bestimmt. Es gilt, dran zu bleiben und sich immer wieder ins Gedächtnis zu rufen, worauf es ankommt, und dass Schmerz nicht das Ende bedeutet. Ausführlich zu (sport-)psychologischen Strategien habe ich bereits in Kapitel 11 "Toughen the fuck up, Buttercup" in meinem Vorgängerwerk [Handbuch Laufen](#) geschrieben. Es lohnt sich also da nachzuschlagen.

Über *Ausrüstung* im Triathlon könnte man ganze Romane schreiben. Jede der drei Sportarten erfordert eine adäquate Ausrüstung. Für das Schwimmen benötigt man eine gute Schwimmbrille, für das Radfahren Helm, Schuhe und Fahrrad und für das Laufen natürlich Laufschuhe. Über viele dieser Dinge kann man lange diskutieren, ob es das Vollcarbon-Zeitfahrrad sein muss, oder ob es erstmal das Rennrad tut. Ebenso kann dieser Carbonfetischismus beim Laufschuh zu wüsten Diskussionen führen. Etwas, das aus meiner Erfahrung her für den Triathleten ein absolutes Muss ist, ist ein guter Trisuit. Ein fleischgewordene zweite Haut aus Lycra, die so konzipiert ist, dass sie für alle drei Disziplinen geeignet ist. Er erspart im Wettkampf das lästige Wechseln von Kleidung und bietet sich auch für Trainingszwecke an. Im Abschnitt zu den einzelnen Disziplinen findet sich eine Liste der Basisausrüstung, die für die einzelnen Sportarten sinnvoll sind.

Ernährung ist in allen Lebenslagen wichtig. Im Triathlon spielt sie einerseits eine Rolle, weil sie die Körperkomposition diktiert. Je fatter der Triathlet, desto langsamer ist er. *Lean is fast* ist hier die Kernaussage. Wer also übermäßig Körperfett mit sich rumschleppt, wird nie sein volles Potenzial entfalten können. Muskulatur ist hingegen ein anderer Punkt. Die zweite Rolle der Ernährung ist die Versorgung für das Training und den Wettkampf. Nahrung ist Treibstoff; Kohlenhydrate und Fett sind wichtige Energielieferanten und Eiweiß ist wichtig für das eigene Muskelgewebe. Konkreter wird dies im Abschnitt über [2.4\[Makronährstoffe\]](#) und Energiegewinnung im Körper angesprochen. Wer sich intensiv mit Ernährung beschäftigen will, dem sei das Buch von Grosshauser empfohlen, das sich im Kapitel weiterführende Literatur befindet.

Es zeigt sich also, dass für wirklichen Erfolg im Triathlon viel zusammenkommen muss. Deswegen sollte dem Triathleten auch gleich zu Beginn der Reise bewusst werden, dass es immer noch mehr zu tun gibt. Sobald man denkt, man hätte eine dieser vier Säulen stabil, da fällt einem auf, dass an einer anderen noch etwas geht. Die Ausrüstung kann immer verbessert werden, egal wie highend schon das Fahrrad ist, das man fährt. Auch im Training lässt sich immer etwas tun, weil es keinen perfekten Trainingsplan gibt, der in allen Lebenslagen gilt. Von Anfang an

muss klar sein, dass Triathlon eine Welt der Kompromisse ist und jeder, der sie betritt, muss sich selbst überlegen, was er opfern will für den Erfolg. Man kann sich ein Zeitfahrrad für 10.000€ anschaffen, 20 Stunden die Woche trainieren und sich ernähren wie ein Bundesliga-Profi und gleichzeitig meditieren wie ein Shaolin-Mönch; es tut aber auch ein Rennrad für unter 1000€ und 6 Stunden Training bei einer kompromitierten Ernährung, um in dieser Sportart Fuß zu fassen.

2.5 Energiegewinnung im Körper

Jede sportliche Anstrengung benötigt **Energie**. Energie, die die Muskulatur antreibt und den Körper vorantreibt. Im Vorangegangenen wurde aufgezeigt, dass in der Sonne Energie erzeugt wird, indem leichte Elemente miteinander fusioniert wird. Dieser sehr ertragreiche Prozess funktioniert im menschlichen Körper leider nicht. Deswegen hat die Evolution einen anderen Weg gefunden, um Energie zu erzeugen. Im menschlichen Muskel wird Energie dadurch gewonnen, dass Adenosintriphosphat (ATP) zu Adenosindiphosphat und Phosphat gespalten wird. In der Chemie spricht man von endothermen oder exothermen Prozessen, wenn sich bei einer Reaktion die Energie von den Edukten zu den Produkten verändert. Bei endothermen Prozessen wird Energie aus der Umgebung aufgenommen, um ein energiereiches Produkt zu schaffen. Energie wird an die Umgebung abgegeben, wenn es sich um einen exothermen Prozess handelt. Bei der Spaltung von ATP handelt es sich also um einen exothermen Prozess. In der Energiedifferenz der Edukte und Produkte zeigt sich dies in einem negativen Vorzeichen von ΔH bzw. ΔG .



Dieser Prozess läuft in kürzester Zeit ab und gibt sofort Energie frei. Allerdings ist das im Muskel gespeicherte ATP (ca. $4 \frac{\text{mmol}}{\text{l}}$) nicht ausreichend, um uns durch einen Triathlon hindurch zu leiten, geschweige denn um 100m am Stück zu laufen, deswegen hat der Körper verschiedene Wege der ATP-Resynthese gefunden, also Wege über die ADP wieder ATP werden kann. Der einfachste dieser Wege ist der des Kreatinphosphates. Hierbei gibt das Kreatinphosphat seinen Phosphatrest an das ADP ab und es entsteht neues ATP.



Aber auch das Kreatinphosphat in unserem Körper ist begrenzt. Mit knapp $25 \frac{\text{mmol}}{\text{l}}$ im Muskel reicht auch diese Energie nicht aus, um den Menschen mehr als 200 m laufen zu lassen. Deswegen müssen für längere Belastungen andere Quellen angezapft werden. Von den drei Makronährstoffen Kohlenhydrate, Fett und Eiweiß, bieten sich die Kohlenhydrate besonders an, um **Energie** daraus zu gewinnen. Fett sind auch gut brennbar und werden auch gerne vom Körper verwendet, um daraus wieder ATP herzustellen. Diese beiden Prozesse werden **Glykolyse** und **Lipolyse** genannt. Die Besonderheit der Glykolyse ist es, dass sie auch ohne Sauerstoff ablaufen kann. Dabei wird das Muskelglykogen, also der im Muskel

gespeicherte Zucker, zerlegt, um daraus Energie zu gewinnen. Runtergebrochen wird die Glukosekette aus sechs Kohlenstoffen in zweimal drei Kohlenstoffketten zerbrochen und mit Phosphatresten versehen, die dann wiederum aus ADP ATP erzeugen. Als Endprodukt entsteht hier Pyruvat - das wird später noch wichtig ([13], S.11). Um den Sechsring der Glucose aufzubrechen, wird zunächst ATP in ADP umgewandelt. Es werden pro Molekül zwei ATP aufgewandt, um es zu zerbrechen. Jedoch erhält der Körper im Laufe des Prozesses viel ATP wieder, sodass der Nettogewinn dieses Prozesses positiv ist.

Bei Kohlenhydraten besteht der Vorteil darin, dass alle Formen, die zugeführt werden, immer in Glukose umgewandelt werden und so im Blut oder im Muskel vorliegen. Bei Fetten kann man ganz unterschiedliche Formen im Körper betrachten. Für die Energiegewinnung durch die Lipolyse werden allerdings nur Triacylglyceride verwandt. Das sind Lipide (also Fett), die aus einem Glycerol-Rückgrat und drei Alcyketten (hier mit R dargestellt) bestehen.

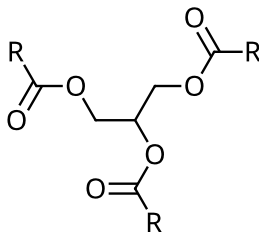


Abbildung 2.10: *Triacylglycerine*

Während dieses Prozesses wird immer wieder Acetyl Coenzym A frei.⁶ Auch diese werden später noch wichtig, aber ATP wird hierbei nicht direkt synthetisiert, sondern erst später in dem wichtigsten Kreislauf für die Energiegewinnung, den es gibt: Den Zitratzyklus auch Krebszyklus genannt. In diesem Zyklus laufen die Stoffwechselwege der Aminosäuren, Fett und Glucose zusammen. Acetyl Coenzym A wird ebenso aus dem Pyruvat am Ende der Glykolyse wie auch in der Lipolyse und der Zerlegung von Aminosäuren gebildet, sodass es benutzt werden kann für den Krebszyklus (benannt nach seinen Entdecker)[13].

Er ist ein langwieriger Prozess, der damit beginnt, dass Acetyl Coenzym A mit Oxalsäure zu Zitronensäure reagiert, dieser Zitronensäure (6 Kohlenstoffe) ist das

⁶Durch β -Oxidation kann auch aus anderen Fettsäuren Acetyl CoA erzeugt werden.

Ausgangsprodukt des Zitratzykluses. Dieses wird im Zyklus durch verschiedene Enzymen gepalten. Es wird mehrfach CO_2 und Wasserstoff (H) frei und es werden insgesamt zehn Äquivalente ATP erzeugt. Am Ende des Zyklus entstehen wieder Oxalsäure und Pyruvat bzw. Acetyl CoA, welches dann wieder als Zitronensäure in den Kreislauf eingeht. Der Kreislauf kann nie still stehen, sondern nur langsamer oder schneller ablaufen [7] .

Der entstandene Wasserstoff kann zudem mit Sauerstoff in einer Knallgas-Reaktion zur Energie- bzw. Wärmeengewinnung umgesetzt werden.

Zusammenfassend kann also gezeigt werden, dass drei verschiedene Energieträger am Ende im Krebszyklus Energie für die Muskeln liefern können, jedoch bieten sie alle unterschiedliche Brennwerte. Wenn man auf Nahrungsmitteln nachschaut, dann haben Fette einen Brennwert von 9 kcal/g , Kohlenhydrate $4 \frac{\text{kcal}}{\text{g}}$ und Eiweiße auch 4 kcal/g . Im menschlichen Körper lassen sich aber nicht alle gleich gut verstoffwechseln. Hier ergibt sich eine klare Rangfolge: Kohlenhydrate haben als kalorische Äquivalent im Organismus $5,05 \text{ kcal/l}(O_2)$, Fette $4,65 \text{ kcal/l}(O_2)$ und Eiweiße $4,48 \text{ kcal/l}(O_2)$. Deswegen bevorzugt der Körper Kohlenhydrate vor allen anderen Metaboliten. Eiweiß bzw. Aminosäuren werden nur dann verwandt, wenn die anderen Quellen zur Neige gehen.

Neben dem Brennwert kann man bei den verschiedenen Stoffwechselprozessen zur ATP-Resynthese noch unterscheiden zwischen der Energieflussrate, also der Geschwindigkeit in der ATP für den Muskel wieder verfügbar wird. Am schnellsten funktioniert der Kreatinphosphatstoffwechsel mit 4 Millimol ATP die in einer Minute gebildet werden; Anaerobe Glykolyse schafft 3 mmol/min , aerobe Glykolyse im Muskel schafft 1 mmol/min während sie in der Leber $0,4 \text{ mmol/min}$ schafft. Auch die Lipolyse schafft $0,4 \text{ mmol/min}$. Für das Tempo bedeutet dies, dass kurze, schnelle Belastungen über Kreatinphosphat am besten versorgt werden, während lange, langsame Belastungen über Fett laufen. Dazwischen liegt der große Bereich der Kohlenhydrate.

Nun könnte man sich vorstellen, dass diese Stoffwechselprozesse sind, wie die Gangschaltung beim Auto. Man schaltet von den Fetten langsam weiter hoch, bis man Vollgas erreicht hat. Allerdings ist der menschliche Körper wesentlich intelligenter. Alle Prozesse können gleichzeitig ablaufen - es wird immer nur das prozentuale Verhältnis zueinander verlagert.

Wir können es uns so vorstellen: Unser Körper ist ein experimenteller Rennwagen, der neben eine Raketendüse, die mit Kerosin läuft, auch einen Benzin- und einen Elektromotor eingebaut hat. Der Akku des Elektromotors hatte eine sehr hohe Kapazität, aber er schafft keine hohe Drehzahl. Der Benzinmotor hat eine moder-