
THE NORWEGIAN METHOD

29. MAI 2025

Vincent Bur

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung: The Norwegian Method	1
2. Training	2
2.1 Trainingsansatz	2
2.2 Höhenttraining	2
2.3 Lactate Threshold Training	3
2.4. Intervalltraining	5
2.5. Hitze-Training	5
2.6 Laufbandtraining und Fahrradergometer	6
3. Leistungsdiagnostik	7
3.1 Laktattest.....	7
3.2 Das metabolische Profil.....	8
3.3 biomechanisches Profil	9
4. Ergebnisse.....	10
5. Diskussion.....	10
6. Literaturverzeichnis	11

1. Einleitung: The Norwegian Method

Die „Norwegian Method“ hat in den letzten Jahren erhebliche Aufmerksamkeit in der Sportwissenschaft und der Trainingslehre erlangt. Diese Trainingsmethode, die maßgeblich zum internationalen Erfolg norwegischer Ausdauersportler beigetragen hat, zeichnet sich durch eine spezifische Kombination aus Intervalltraining, präzisen Laktatmanagement und innovativen Ansätzen wie Hitze- und Schwellen Training aus. Prominente Athleten wie die Ingebrigtsen-Brüder im Mittel- und Langstreckenlauf sowie die Triathleten Kristian Blummenfelt und Gustav Iden haben durch Anwendung dieser Methode neue Maßstäbe in ihren Disziplinen gesetzt.

Norwegen, ein Land mit einer kleinen Bevölkerung von rund 5.4 Millionen Menschen, hat trotz dieser Größe eine beeindruckende Anzahl an Spitzensportlern hervorgebracht. Dies wirft die Frage auf, inwiefern Talent und sportliche Leistung zusammenhängen?

Diese wissenschaftliche Arbeit zielt darauf ab, die theoretischen Grundlagen und praktischen Anwendungen der „Norwegian Method“ eingehend zu analysieren. Es soll untersucht werden, wie diese spezifische Trainingsmethodik zur Leistungssteigerung beiträgt. Durch die detaillierte Betrachtung der „Norwegian Method“ und ihrer Integration im Training von Norwegens professionellen Ausdauerathleten soll ein umfassendes Verständnis für die Erfolgsfaktoren der Trainingsstrategie entwickelt werden.

Durch die Verbindung von sportwissenschaftlichen Erkenntnissen und bekanntgegebenen Methoden der „Norwegian Method“ soll in dieser Arbeit erklärt werden, welche Trainingsmethoden die norwegischen Athleten nutzen und warum diese zu leistungssteigernden Adaptionen im Körper führen. Daraufgehend sollen die Testverfahren erklärt werden, die die Athleten und Trainer nutzen, um die Leistungsfähigkeit der Athleten zu bestimmen, um daraus das Training der Athleten auf die individuellen Stärken und Schwächen anzupassen.

2. Training

2.1 Trainingsansatz

Die norwegischen Athleten trainieren wie alle Internationalen professionellen Ausdauersportler mit einem hohen Gesamtvolumen (bspw. die norwegischen Triathleten mit deutlich über 30h pro Woche (1) und die Ingebrigtsen Brüder mit über 180km Wochenumfang). Beim norwegischen Training liegt ein pyramidaler Trainingsaufbau vor, dies bedeutet, dass der größte Anteil des Trainings bei Intensitäten unter bis an der aeroben Schwelle durchgeführt werden. Ungefähr 2-4 Trainingseinheiten werden unter bis an der anaeroben Schwelle durchgeführt und nur wenige Trainingseinheiten, meist eine pro Woche, wird in einer Intensität über der anaeroben Schwelle durchgeführt (2).

2.2 Höhenttraining

Höhenttraining ist eine etablierte Methode im Ausdauersport, die darauf abzielt, die Leistungsfähigkeit auf Meereshöhen zu verbessern. Durch das Training in Höhenlagern, die typischerweise auf 1800m oder höher über dem Meeresspiegel liegen, wird der verringerte Sauerstoffpartialdruck (Hypoxie) als stimulierender Reiz genutzt. Hypoxie führt zu einer Reihe von physiologischen Anpassungen beim Sauerstofftransport und der Effizienz des Körpers. Dieses Kapitel beleuchtet die Mechanismen des Körpers und die darauffolgenden Anpassungen (3).

In höheren Lagen nimmt der barometrische Druck ab, was zu einem geringeren Sauerstoffpartialdruck führt. Dies stellt eine Herausforderung für den Körper dar. Die Hypoxie sorgt für eine geringere Menge an Sauerstoff, welcher von Hämoglobin aus den Alveolen (Lungenbläschen) aufgenommen werden kann. Die meisten Anpassungen des Körpers auf das Höhenttraining haben mit einer Verbesserung der Sauerstoffaufnahme, des Transports und der Verarbeitung zu tun. Die roten Blutkörperchen sind im Körper für den Sauerstofftransport verantwortlich, indem das in ihnen enthaltene Hämoglobin Sauerstoff an sich bindet, sodass dieses dann zu den Zellen transportiert werden kann. Hypoxie-Training stimuliert die Niere, dies führt zur vermehrten Produktion von Erythropoese und dem Hormon Erythropoetin (EPO), was die Bildung roter Blutkörperchen fördert. Durch die erhöhte Anzahl an roten Blutkörperchen und somit das für den Transport verantwortliche Protein Hämoglobin erhöht sich die aerobe Ausdauer (3).

Der Körper versucht auch durch ein erhöhtes Herzschlagvolumen [die Menge an Blut, die das Herz pro Minute pumpt ($\text{Herzschlag} \times \text{Schlagvolumen} = \text{Herzschlagvolumen}$)] den Sauerstoffmangel zu kompensieren. Außerdem erhöht sich die Kapillarisation, sodass die Muskeln besser mit Sauerstoff und anderen Nährstoffen versorgt werden und Stoffwechselprodukte besser abtransportiert werden können. Höhenttraining kann eine Hyperventilation hervorrufen, welche durch eine erhöhte Atemtiefe und oder Frequenz die alveoläre Sauerstoffaufnahme und CO_2 Abgabe erhöht. Dies geschieht jedoch nur zu Beginn der Hypoxie, nach einem längeren Zeitraum stabilisiert sich die Atemfrequenz und der Körper passt sich den niedrigen Sauerstoffwerten an. Mit der Zeit erhöht sich das Lungenvolumen, dies führt zu einer verbesserten Sauerstoffaufnahme und -abgabe. Die Atemmuskulatur wird auch stärker und effizienter, dadurch verbessert sich die Belastbarkeit der Atemmuskulatur in hohen sowie tiefen Lagen (3).

Die Muskelzellen des Körpers passen sich an, indem die mitochondriale Dichte und Effizienz erhöht wird. Dies verbessert die Verarbeitung von Sauerstoff oder Nährstoffen zu ATP

(Adenosintriphosphat) und verbessert somit den aeroben- und anaeroben Stoffwechsel. Weiterhin erhöht sich die Anzahl oxidativer Enzyme, welche die Effizienz der Muskelzellen verbessert, aus Sauerstoff Energie zu gewinnen. Auch wenn es nicht möglich ist durch Training die Muskelfasermuskelzusammensetzung zu verändern, hilft Höhenttraining dabei, Typ-I-Muskelfasern, die für eine langsamere Muskelkontraktion verantwortlich sind, effizienter und leistungsstärker zu machen. Die Typ-I-Muskelfasern sind wichtiger für Ausdauersport als die schnell zuckenden Typ-II a/b-Muskelfasern. In den Muskeln erhöht sich weiterhin der Bicarbonatpuffer. Dieser ist für die Pufferung von Laktat (Milchsäure) verantwortlich, dies führt zu einer verbesserten Ermüdungsresistenz (3).

Indirekt kann Höhenttraining die thermoregulatorische Fähigkeit des Körpers positiv verändern, da bspw. durch ein erhöhtes Herzschlagvolumen mehr wärmetransportierendes Blut durch den Körper fließt, kann dies helfen die Körperkerntemperatur zu senken. Weiterhin erhöht sich die Kapillardichte in den Muskeln und der Haut, dies führt zu einer größeren Gesamtoberfläche auf der Wärme effektiv an die Umwelt abgegeben werden kann. Durch die erhöhte kardiovaskuläre Effizienz und den gesteigerten Stoffwechsel kann es zu einer Anpassung der Schweißdrüsen kommen, welche dadurch effizienter arbeiten, um die Thermoregulation des Körpers zu unterstützen. Auch der durch Höhenttraining optimierte Energieverbrauch senkt die benötigte Thermoregulation. Es ist zu erwähnen, dass alle genannten thermoregulatorischen Adaptionen nur indirekt mit Höhenttraining in Verbindung stehen und Höhenttraining grundsätzlich nicht zur Verbesserung der Thermoregulation durchgeführt wird.

Es gibt zwei gängige Ansätze, wie ein Höhenttraining durchgeführt werden kann. Einerseits gibt es den Live High -Train High (LHTH) Ansatz. Bei diesem leben und trainieren die Athleten unter kontinuierlicher hypoxischer Exposition, was die bereits genannten leistungssteigernden Effekte anregen soll. Bei dieser Methode ist jedoch vor allem für Athleten, die an die hypoxischen Bedingungen noch nicht gewöhnt sind, zu Beginn kein hochintensives Training möglich, da sie sich so womöglich eine Höhenkrankheit zuziehen. Die Anpassung an die Höhe lässt sich aber trainieren, sodass wiederholtes Hypoxie-Training zu einer kürzeren Anpassungsphase für die Athleten führt. Die zweite Methode des Höhenttrainings ist Live High – Train Low (LHTL). Bei dieser Methode leben die Athleten zwar in höheren Regionen, führen ihr Training jedoch in niedrigeren Lagen durch. Die Vorteile sind, dass die hämatologischen Anpassungen beinahe wie bei LHTH geschehen können, jedoch die Trainingsintensität beibehalten werden kann (3, 5).

Höhenttraining ist auch mit Risiken verbunden. Für den Fall, dass der Athlet zu früh mit zu hohen Intensitäten trainiert, kann es zu generellen Überbelastungserscheinungen und in manchen Fällen auch zur Höhenkrankheit führen (16).

Die norwegischen Athleten nutzen Höhenttraining wegen der bereits angesprochenen Verbesserungen der Leistungsfähigkeit für größere Trainingsblocks. Im Fall der Triathleten liegen diese Blocks häufig direkt nach der Saison und kurz vor dem Beginn der nächsten („Road to Japan“ YouTube Kristian Blumenfelt).

2.3 Lactate Threshold Training

Die Laktatschwelle, oft auch anaerobe Schwelle oder LT2 (Lactate Threshold 2) genannt, definiert den Punkt, an dem der Körper bei zunehmender Belastung vermehrt auf den anaeroben Energiestoffwechsel zurückgreifen muss. Bis zu diesem Intensitätsniveau ist der aerobe

Energiestoffwechsel dominant, was bedeutet, dass der Körper den zugeführten Sauerstoff effizient nutzen kann, um Energie zu erzeugen, und die während der Muskulaturarbeit entstehende Laktatmenge nahezu vollständig abzubauen. Sobald jedoch die Belastung so hoch wird, dass die Laktatproduktion die Fähigkeit des Körpers zum Abbau übertrifft, steigt die Laktatkonzentration im Blut rapide an. Diese Verschiebung markiert die anaerobe Schwelle, da sie den Übergang von einer vorwiegend aeroben zu einer zunehmend anaeroben Energiebereitstellung signalisiert. Der resultierende Anstieg der Milchsäure führt zu lokalen pH-Veränderungen, die die Muskelfunktion beeinträchtigen und zu vorzeitiger Ermüdung beitragen (4).

Laktatschwellentraining führt zu mehreren leistungssteigernden Adaptionen. Zum einen erhöht sich die Mitochondriendichte, also die Anzahl an energiebereitstellenden „Kraftwerken“ in den Zellen, und zum anderen verbessert sich die Enzymaktivität (Enzyme unterstützen Reaktionen und tragen zum Auf- oder Abbau von Stoffen bei). Eine höhere Mitochondriendichte und verbesserte Enzymaktivität ermöglichen es den Muskeln, Kohlenhydrate und Fettsäuren effektiver zu oxidieren, was die Energiegewinnung vorwiegend auf aerober Basis optimiert und den Bedarf an anaeroben Prozessen reduziert. Laktatschwellentraining verbessert auch die Fähigkeit des Körpers, Laktat zu verwerten. Dies geschieht durch die Erhöhung der Anzahl und Aktivität von MCT (monocarboxylaten Transportern) und durch die Verbesserung der Pufferkapazität von Zellen, was die Versäuerung von Zellen verzögert. Ein regelmäßiges Training in diesem intensiven, aber kontrollierten Bereich, führt zu einer Umstrukturierung des Gefäßsystems in den Muskeln. Die Dichte der Kapillaren steigt, wodurch die Sauerstoffzufuhr in das Muskelgewebe optimiert und metabolische Abfallprodukte, wie Laktat, effizienter abtransportiert werden. Diese verbesserte Durchblutung trägt maßgeblich zur Verzögerung der Muskelermüdung bei und unterstützt die Leistungsfähigkeit über längere Trainingsdauern. Weiterhin passt sich das Herz-Kreislauf-System an, indem das Schlagvolumen des Herzens sich erhöht und die Atmung effizienter wird, was bedeutet, dass bei gleicher Intensität weniger Energie für die Atmung aufgewendet werden muss. Zwar stehen die peripheren Anpassungen (also Anpassungen, bei denen die arbeitenden Muskeln oder das umliegende Gewebe sich anpasst) im Vordergrund, aber auch auf neuronaler Ebene finden Veränderungen statt. Wiederholtes Training in der Schwellenintensität kann zu einer besseren Rekrutierung der Muskelfasern führen und die neuromuskuläre Koordination verbessern. Diese Veränderungen ermöglichen es, die vorhandenen Energiereserven effizienter einzusetzen und die Belastbarkeit der Muskulatur zu erhöhen (4).

Die norwegischen Athleten haben mit der systematischen Anwendung von Schwellen-Training begonnen, weil dies nach ihren Testergebnissen die Leistung signifikant verbessert hat (6). Unter anderem führen die norwegischen Athleten ein double Threshold Training durch. Unter diesem Begriff versteht man das Zusammenlegen von zwei Laktatschwellentrainingseinheiten, sodass zwei solcher Einheiten an einem Tag durchgeführt werden. Durch die kontrollierte Intensität der Einheiten und der Pause zwischen der Einheit am Morgen und der am Mittag findet genug muskuläre Erholung statt, sodass diese Trainingseinheiten mit höherer Intensität häufiger durchgeführt werden können. Vom Training der Ingebrigtsen Brüder ist bekannt, dass sie zwei solcher Tage pro Woche in ihrem Trainingsplan haben, sodass sie pro Woche vier Einheiten an der anaeroben Schwelle haben. Dies variiert jedoch über den Jahresverlauf, da sie bspw. im intensiveren Vorbereiten auf einen Wettkampf mehr spezifisches Training für die Geschwindigkeit während des Wettkampfes durchführen (6, 2). Die norwegischen Athleten haben allerdings keine kontinuierlichen Einheiten an der Laktatschwelle, sondern sie teilen das Training immer in Intervalle auf. Vom norwegischen Athleten Marius Bakken ist bekannt, dass

diese Schwellentrainingseinheiten an der Laktatschwelle in der Norwegian Method bei einem Laktatwert von 2mmol-3mmol durchgeführt werden (6).

2.4. Intervalltraining

Intervalltraining ist eine Trainingsmethode, bei der sich Phasen hoher Intensität mit Phasen niedriger Intensität abwechseln. Dieses Training wird von vielen Athleten verwendet, weil es eine effektive Steigerung der konditionellen Fähigkeiten und eine effiziente Nutzung der Trainingszeit bietet. Das Prinzip des Intervalltrainings beruht auf der gezielten Beanspruchung verschiedener Energiesysteme des Körpers. Je nach gezielter Intensität führt das Abwechseln von Belastungs- und Erholungsphase zu einer Verbesserung des aeroben- und/ oder des anaeroben Energiesystems. Je nach Trainingsziel trainiert der Athlet während der intensiveren Phasen Intensität, Geschwindigkeit oder Ausdauer (auch eine Kombination ist möglich) (7).

Zu den bekanntesten Intervall Trainingseinheiten gehört das High-Intensity-Intervall-Training. Das HIIT kennzeichnet sich durch intensive Belastungsphasen, die sich mit kurzen Erholungsphasen abwechseln. Die intensiven Belastungsphasen werden bei einer Herzfrequenz >85% der maximalen Herzfrequenz durchgeführt. Die Intervalle können von 20-30Sek bis 2-5Min variieren. HIIT-Training führt beim richtigen Einsatz zu einer Steigerung des VO₂max (17).

Gerade für längere Wettkämpfe wie den Marathon wird häufiger extensives Intervalltraining durchgeführt. Beim Extensiven Intervalltraining werden längere Intervalle benutzt, welche zwischen 2-10min dauern, bei denen die Belastung zwischen 60-80% der maximalen Herzfrequenz liegt. Auf diese folgt eine 1-3Min Erholungsphase, sodass der Puls nicht vollständig herabsinkt. Das Extensive Intervalltraining verbessert die aerobe Ausdauer und somit die Grundlagenausdauer und die effiziente Verwendung von Sauerstoff als Energielieferant (7).

Für viele kürzere Strecken wird jedoch das intensive Intervalltraining durchgeführt, da es zu passenderen Adaptionen führt. Das intensive Intervalltraining benutzt Belastungsphasen zwischen 30Sec und 2Min, bei denen die Herzfrequenz zwischen 80-95% der maximalen Herzfrequenz liegt. Auf die Belastung folgt eine 2-5min Erholungsphase, um eine vollständige oder nahezu vollständige Erholung zu ermöglichen. Das intensive Intervalltraining verbessert die anaerobe Leistungsfähigkeit und somit auch den VO₂max und die Laktatschwelle (7).

Die norwegischen Athleten benutzen oft Intervalltraining, um bestimmte Intensitäten oder Geschwindigkeiten zu trainieren, ohne danach eine lange Erholungsphase für den Körper zu brauchen (6).

2.5. Hitze-Training

Hitzetraining, auch bekannt als Hitzeakklimatisation, gewinnt zunehmend an Bedeutung im Ausdauersport. Durch gezielte Exposition von hohen Temperaturen zielt diese Methode darauf ab, physiologische Anpassungen zu induzieren, die die Leistungsfähigkeit verbessern, sowohl in heißen als auch in gemäßigten Bedingungen. Dieses Training ist nicht nur für Athleten relevant, die in heißen Klimazonen antreten, sondern bietet generell Potenzial für Leistungssteigerung im Ausdauersport. Es ist zu beachten, dass in diesem Kapitel nur die Effekte des Hitzetrainings betrachtet werden und nicht andere Möglichkeiten der Hitzeexposition wie Saunagänge oder Hitzebäder (8).

Hitzetraining stellt eine Stresssituation für den Körper dar, die zu mehreren Adaptionen führt. Nach wenigen Tagen expandiert das Plasmavolumen im Blut, was zu einem erhöhten

Schlagvolumen des Herzens führt, sodass die Belastung des Herz-Kreislauf-Systems reduziert wird. Um die thermische Belastung zu reduzieren, schwitzt der Körper mehr und früher als zuvor, damit durch die Wärmeabgabe über das Verdunsten des Schweißes weiter die Körperkerntemperatur und somit die thermische Belastung gesenkt wird. Weiterhin führt Hitzetraining auch zu einer Reduktion der Herzfrequenz, da sich das autonome Nervensystem anpasst, was die kardiovaskuläre Belastung reduziert. Der Elektrolythaushalt passt sich auch an, indem die Rückresorption von Natrium und Chlorid in den Schweißdrüsen sich erhöht. Dadurch wird das Risiko für Muskelkrämpfe und Erschöpfung verringert. Außerdem wird eine erhöhte Anzahl von HSP (Hitzeschockproteinen) induziert, um die zelluläre Stabilität und die Regenerationsfähigkeit der Muskeln zu verbessern (8).

Eine Studie hat gezeigt, dass Hitzetraining zu einer Steigerung des VO_2max , einer höheren anaeroben Schwelle, einer höheren Hämoglobinmasse und einem höheren 15min maximalen power Output geführt hat.

Es gibt mehrere Methoden für Hitzetraining, zum einen Klimakammern und Hitzesimulationen, die eine kontrollierte Umgebung bieten, da sowohl die Temperatur als auch die Humidität einzustellen ist. Zum anderen kann man durch wärmespeichernde Klamotten die Körperkerntemperatur steigern, oder man kann Training auf einem Fahrradergometer oder Laufband in einer Sauna durchführen.

Sowohl Hitzetraining als auch Höhenttraining stellen effektive Strategien dar, um die sportliche Leistungsfähigkeit zu steigern, unterscheiden sich aber fundamental in ihrem Ausgangsreiz und den daraus resultierenden Anpassungsmechanismen. Während Hitzetraining vor allem die kardiovaskuläre Stabilität, die Schweißmechanismen und die thermische Regulation optimiert, zielt Höhenttraining darauf ab, die Sauerstofftransportkapazität des Blutes und die muskuläre Effizienz bei reduzierter Sauerstoffversorgung zu verbessern. Eine wachsende Anzahl von Trainingsprotokollen versucht, die Vorteile beider Ansätze komplementär zu nutzen.

Von den norwegischen Triathleten Gustav Iden und Kristian Blummenfelt ist bekannt, dass sie Hitzetraining zum Verbessern ihrer Leistungsfähigkeit nutzen. Die Triathleten nutzen speziell Hitzekammern, um Temperatur und Luftfeuchtigkeit zu regulieren und so präzises Training durchzuführen und die Gefahr der Überhitzung zu verringern.

Es muss gesagt werden, dass zum Zeitpunkt des Schreibens (April 2025) es noch keinen allgemein anerkannten Grund gibt, warum Hitzetraining zu bspw. einer Verbesserung der Hämoglobinmasse führt. Daher stützt sich dieses Kapitel nur auf die Ergebnisse von verschiedenen Studien und Untersuchungen.

2.6 Laufbandtraining und Fahrradergometer

Das Laufband und das Fahrradergometer werden beide von den norwegischen Athleten genutzt, da es mehrere Vorteile mit sich bringt. Zum einen helfen diese das Training präziser und wiederholbarer durchzuführen, da das Training in ein und derselben Umgebung durchgeführt werden kann, ohne bspw. von Wetter oder Gelände beeinflusst zu werden. Da sowohl Geschwindigkeit als auch Anstieg einstellbar sind, können metabolische Werte wie Herzfrequenz und Laktatwert besser von Trainingseinheit zu Trainingseinheit verglichen werden (6, Kapitel 3). Studien haben auch belegt, dass Laufbandtraining zu einer verringerten vertikalen Bewegung von durchschnittlich 1,5cm führt, was ein höherer Wert ist als die durchschnittliche Abweichung. Die Studie zeigte auch, dass Laufbandtraining zu einer erhöhten Schrittfrequenz führt. Dies sind beides Indizien für eine verbesserte Bewegungsökonomie (9). Es ist jedoch zu

bedenken, dass aufgrund der fehlenden Umwelteinflüsse auf das Laufen diese Adaptionen nicht unbedingt auch für Läufe gelten, die draußen stattfinden.

3. Leistungsdiagnostik

Leistungsdiagnostiken liefern objektive Daten und stellen quantitative Messwerte bereit, von denen eine fundiertere Leistungsbeurteilung ermöglicht wird. Sie helfen auch bei der Früherkennung von ineffizientem Training oder der Erkennung von Überlastungssymptomen. Außerdem hilft eine wissenschaftliche Basis bei der evidenzbasierten Trainingsplanung (10).

Die norwegischen Triathleten führen ca. alle 6. Wochen eine Leistungsdiagnostik durch. Während dieser untersuchen sie mehrere Leistungsparameter, um den Effekt auf die Leistungsfähigkeit zu erfahren und diesen, sofern es ein beeinflussbarer Parameter ist, in das Training mit einzubinden. Auch von den Ingebrigtsen Brüdern ist bekannt, dass sie öfters Leistungsdiagnostiken durchführen, jedoch werden die dort verwendeten Parameter nicht veröffentlicht.

3.1 Laktattest

Laktatleistungsdiagnostiken sind ein zentrales Instrument in der Norwegian Method. Durch Messung der Blutlaktatkonzentration während Leistungsdiagnostiken und im Training lassen sich wichtige Informationen über den energetischen Stoffwechsel und die individuelle Leistungsfähigkeit eines Athleten gewinnen. Diese Daten sind entscheidend für die Erstellung personalisierter Trainingspläne und die Optimierung der Leistungsentwicklung.

Bei der Energiebereitstellung des Körpers werden mehrere Systeme benutzt, die sich auch überlappen können. Bei niedriger bis moderater Intensität gewinnen Muskeln hauptsächlich durch aerobe Prozesse Energie, das heißt, dass bei dieser Intensität Sauerstoff zur Oxidation (Energiegewinnung) aus Fetten und Kohlenhydraten ausreicht. Dies wird als aerober Stoffwechsel bezeichnet. Bei höheren Intensitäten kommt es zur anaeroben Glykolyse. Bei der anaeroben Glykolyse wird Glukose (ein Kohlenhydrat) in Abwesenheit von Sauerstoff abgebaut. Die wichtigsten Schritte führen hierbei zur Bildung von Pyruvat. Da jedoch kein Sauerstoff für die vollständige Oxidation verfügbar ist, wird überschüssiges Pyruvat in Laktat umgewandelt. Anders als weiträumig angenommen sorgt Laktat (Milchsäure) nicht ausschließlich für die schlechtere Funktion der Muskeln, es hilft teilweise sogar dem Körper, indem es als temporärer Energiespeicher dient. Muskeln ermüden aus verschiedenen Faktoren, wobei jedoch auch der pH-Wert eine wichtige Rolle spielt. Und da Laktat eine Säure ist und Muskelzellen schlechter arbeiten, wenn sie sauer werden (also sich H^+ -Ionen anreichern), kann man am Laktatwert die Intensität von Belastungen erkennen (11).

In der Leistungsdiagnostik werden 2 Laktatschwellen definiert. Die Laktatschwelle 1 (LT1) zeigt hierbei den Punkt an, bei dem der Laktatwert im Blut leicht zu steigen beginnt, jedoch immer noch effizient verarbeitet werden kann (ca. 2 mmol/L). Bei der Laktatschwelle 2 (LT2) ist die Eliminationsgrenze überstiegen und Laktat beginnt sich im Blut zu akkumulieren (ca. 4 mmol/L). Diese Werte sind Durchschnittswerte von verschiedenen Studien, der norwegische Läufer Marius Bakken hat jedoch herausgefunden, dass die LT2 bei professionellen Athleten niedriger liegt und dieser Wert auch stark variieren kann. Bspw. fand er kenianische Athleten mit einer LT2 von 2 mmol/L (6).

Eine Laktatleistungsdiagnostik beginnt mit einer Aufwärmphase. Darauf folgt ein Stufentest, bei dem in festgelegten Intervallen die Intensität gesteigert wird, bis die Person, die getestet wird,

die Intensität nicht mehr halten kann. Nach jedem Intervall wird Kapillarblut aus entweder dem Ohrläppchen oder der Fingerspitze entnommen. Meistens werden während der Laktatleistungsdiagnostik auch andere Faktoren wie Herzfrequenz oder Sauerstoffaufnahme gemessen, um diese später mit den Laktatwerten in Verbindung zu setzen.

Mithilfe der Laktatschwellen lassen sich auch die verschiedenen Intensitätsbereiche individuell erfassen. Somit kann dann der Regenerationsbereich, welcher unterhalb der aeroben Schwelle liegt und während dem die Regeneration gefördert wird, weil der Körper kaum belastet wird, die Grundlagenausdauer 1 (GA1), welche zwischen Regenerationsbereich und LT1 liegt und wobei die aerobe Basis verbessert wird, die Grundlagenausdauer 2, die zwischen der LT1 und LT2 liegt, bei der auch die aerobe Ausdauer gefördert wird, für jeden Athleten angepasst werden. Auch der Entwicklungsbereich, an der anaeroben Schwelle und der Spitzenbereich, welcher oberhalb der LT2 liegt und bei der die maximale Leistungsfähigkeit trainiert wird, können individuell auf den Athleten zugeschnitten werden. Die norwegischen Athleten nutzen Laktatleistungsdiagnostiken als integralen Bestandteil ihres Trainings, um präzise Daten über ihren Stoffwechselzustand und ihre Leistungsfähigkeit zu erhalten. Sie benutzen den Laktattest einerseits zur Bestimmung der LT1 und LT2 und der daraus resultierenden Trainingsbereiche, andererseits aber auch als Bestandteil des Trainings zur Intensitätskontrolle während Trainingseinheiten. Dies führt dazu, dass sie während Intervalleinheiten nach jedem Intervall einen Laktattest durchführen, um bei der exakten Intensität zu trainieren (12).

Das Problem bei Laktatwerten ist, dass sie durch externe Faktoren beeinflusst werden können. Diese Faktoren könnten Ernährung, körperliche Verfassung, Stress oder Hydratation sein. Außerdem sind eine sorgfältige Kalibrierung der Messgeräte und Probenentnahme erforderlich, um qualitativ hochwertige Messergebnisse zu haben. Bei Leistungsdiagnostiken wird Fachwissen benötigt, damit die Auswertung und Anwendung der Ergebnisse richtig verlaufen (18).

3.2 Das metabolische Profil

Das metabolische Profil eines Athleten liefert tiefgehende Einblicke in die individuellen energetischen Stoffwechselprozesse während körperlicher Belastung. Es ermöglicht eine präzise Beurteilung der Leistungsfähigkeit und gibt notwendige Informationen für eine effektive Leistungssteuerung. In der modernen Sportwissenschaft gewinnt das Verständnis für die metabolischen Abläufe zunehmend an Bedeutung, um die Effektivität der Trainingseinheiten zu optimieren, Überbelastung zu vermeiden und das Leistungspotenzial der Athleten auszuschöpfen (13).

Es gibt mehrere Energiebereitstellungssysteme im Körper, die während Belastung vom Körper genutzt werden.

Das ATP-PCr-System, welches ohne Bildung von Laktat genutzt wird (Alaktazid), benutzt in den Muskeln gespeichertes Adenosintriphosphat (ATP) und Kreatinphosphat (PCr) zur Energiegewinnung. Diese Energievorräte halten für maximal 10Sek und werden bspw. beim Sprinten genutzt. Sie werden somit im Ausdauersport kaum gebraucht.

Die anaerobe Glykolyse, welche mit Bildung von Laktat auftritt (Laktazid), benutzt Kohlenhydrate und funktioniert ohne Sauerstoff. Es wird bei intensiven Belastungen bis 2min gebraucht und hat als Nebenprodukt Laktat. Bei der anaeroben Glykolyse entstehen 2 ATP-Moleküle pro Glukosemolekül. Dieses System wird beim Ausdauersport nur für bspw. die 800m oder die Geschwindigkeitssteigerung am Ende eines Rennens benutzt.

Bei der aeroben Oxidation, auch als Zellatmung bekannt, wird Glukose mit Sauerstoff vollständig in Kohlendioxid und Wasser abgebaut. Dies ist das effizienteste Energiesystem, bei dem 36 bis 38 ATP-Moleküle pro Glukosemolekül freigesetzt werden. Dieses System kommt bei allen Ausdauerbelastungen, die länger als 2min dauern, zum Einsatz (11).

Es gibt mehrere verschiedene Verfahren zur Bestimmung des metabolischen Profils. Zum einen gibt es die Spiroergometrie, bei der es sich um die Messung der Atemgase, Sauerstoffabgabe (VO_2) und Kohlendioxidabgabe (VCO_2) während Belastung handelt. Dies wird bspw. bei der Bestimmung des VO_2max oder den ventilatorischen Schwellen genutzt. Die Spiroergometrie gibt Aufschlüsse über die aerobe Kapazität und Effizienz der Atmung. Damit lassen sich Trainingsbereiche identifizieren (13).

Die Messung des VLamax [Die maximale Bildungsrate mit der Laktat entstehen kann] erfolgt in der Regel im Rahmen einer Leistungsdiagnostik und umfasst mehrere Schritte. Zunächst wird der Sportler vorbereitet, wobei oft auch die Ruhe-Laktatwerte erfasst werden, um eine Basis zu schaffen. Anschließend wird ein Testprotokoll durchgeführt, das aus einer kurzen, hochintensiven Belastung besteht. Diese erfolgt in der Regel auf einem Fahrradergometer oder einem Laufband und ist so gestaltet, dass die maximale Laktatbildungsrate angeregt wird. Nach der Belastung wird Kapillarblut entnommen, um die Laktatkonzentration zu bestimmen. Diese Messungen erfolgen über mehrere Zeitpunkte hinweg, um die Veränderung der Laktatwerte genau zu analysieren. Anhand der Ergebnisse wird dann die maximale Laktatbildungsrate, also die VLamax, berechnet. Dabei wird die Veränderung der Laktatkonzentration in Bezug auf die Intensität der Belastung berücksichtigt. Häufig wird die Messung der VLamax mit anderen Diagnostiken, wie der Bestimmung der VO_2max oder der anaeroben Schwelle, kombiniert, um ein umfassendes Bild der individuellen Leistungsfähigkeit zu erhalten. Die Resultate der VLamax-Messung bieten wertvolle Erkenntnisse für die Trainingssteuerung und ermöglichen die gezielte Anpassung von Trainingsbereichen und -methoden an die Bedürfnisse des Sportlers. Je nach Sportart ist ein hoher VLamax Wert nicht förderlich. Gerade im Ausdauersport ist ein hoher VLamax Wert hinderlich, weil dieser zeigt, dass die Laktatproduktion schnell ansteigt (14).

Mithilfe des metabolischen Profils bestimmen die norwegischen Athleten und Trainer exakte Trainingszonen, durch die das Training präziser durchgeführt werden kann. Auch lässt sich das Training zielgerichteter durchführen, da die spezifischen Stärken und Schwächen der Athleten individuell in dem Trainingsplan mitberücksichtigt werden können. Das Training kann somit besser periodisiert werden, wobei die Belastungsspitzen und Regenerationsphasen bereits im Voraus geplant werden können (13).

3.3 biomechanisches Profil

Beim biomechanischen Profil werden die Kraft, Geschwindigkeit und Leistung in einer spezifischen Bewegung miteinander in Beziehung gesetzt. Es wird anhand quantitativer Messverfahren (Bewegungsanalysen, Kraftmessplatten oder EMG) die Qualität und Effizienz sportartspezifischer Bewegungsabläufe analysiert. Im Ausdauersport wird es zur Verbesserung der Bewegungsökonomie genutzt. Durch die Analyse biomechanischer Parameter wie Schrittfrequenz, Schrittlänge, Gelenkwinkel und Bodenreaktionskraft lassen sich sowohl Leistungspotenziale als auch asymmetrische Belastungen oder Fehlbelastungen erkennen. Jedoch ist zu bedenken, dass im Laufe von Trainingszyklen sich das mechanische Profil ändern kann, da durch sowohl Ermüdung des Körpers als auch durch Verbesserung der Bewegungsökonomie sich die Werte des biomechanischen Profils ändern. Nach intensiven Trainingszyklen hat sich bspw. die Muskelkraft erhöht, die Gelenke sind stabiler und die Bodenkontaktzeit verringert sich, was zu einer Verbesserung der Bewegungsökonomie beiträgt.

Da durch das biomechanische Profil genauere Verbesserungen an den Bewegungsabläufen vorgenommen werden können, kann auch das Verletzungsrisiko gesenkt werden, da Fehlbelastungen oder asymmetrische Belastungen verringert werden (15).

4. Ergebnisse

Die Norwegian Method zeichnet sich durch eine Vielzahl von angewendeten Methoden aus. Die norwegischen Athleten und Trainer benutzen weithin anerkannte Methoden wie das Höhenttraining zur Steigerung der Sauerstoffaufnahme und Intervalltraining, um genaue Geschwindigkeiten und Intensitäten zu trainieren, ohne eine lange Erholung zu benötigen. Im Training benutzen sie auch moderne Trainingsmethoden wie das double Threshold Training zur Verbesserung der anaeroben Schwelle der Athleten, oder auch Hitzetraining zur sowohl Anpassung an schwierige Wettkampfbedingungen und um die physiologischen Anpassungen, die dem Höhenttraining ähneln, auszunutzen, um ihre Leistung zu verbessern. Durch sowohl weithin bekannte Messmethoden der körperlichen Leistungsfähigkeit, wie die Überprüfung der Sauerstoffaufnahme bei variierenden Intensitäten, als auch weniger bekannte Leistungsdiagnostiken, wie die Überprüfung des metabolischen- und biomechanischen Profils, können die Athleten genauere Informationen über die Adaptionen ihres Körpers erfahren und ihr Training individualisierter gestalten. Schlussendlich ist zu sagen, dass die norwegischen Athleten ein Trainingskonzept zusammengestellt haben, welches die Athleten nahe an ihr individuelles Leistungsmaximum bringt. Hierbei muss gesagt werden, dass sowohl die Ingebrigtsen Brüder als auch die Triathleten Kristian Blummenfelt und Gustav Iden talentierte Athleten sind, die bereits seit der Kindheit trainieren.

5. Diskussion

Dieser wissenschaftliche Artikel ist dazu geschrieben worden, das Training der norwegischen Athleten zu beschreiben und zu erklären, und obwohl durch sowohl diverse Studien als auch durch Rekorde bewiesen ist, dass das Training nach der Norwegian Method einen immensen Effekt auf die körperliche Leistungsfähigkeit hat, ist es nicht für jeden geeignet. Da das Training, wie die Norweger es durchführen, weniger auf Spaß an der Bewegung ausgelegt ist, sondern auf die maximale Leistungsfähigkeit der Athleten, ist das Modell nicht für jeden zu empfehlen. Vor allem Amateurläufer sollten im Blick behalten, dass dieses Trainingsmodell für die Spitze der jeweiligen Disziplinen erstellt wurde. Da die Methoden der Norwegian Method bewiesenermaßen zur Leistungssteigerung führt, können Amateurläufer die Ansätze des Trainings kopieren, wie beispielsweise das Training an der anaeroben Schwelle, jedoch ist zu bedenken, dass es im Laufen im Amateurbereich nicht in erster Linie um die maximale Leistungsfähigkeit geht. Bei allen diesen trainingsmethodischen Ansätzen muss man jedoch im Kopf behalten, dass diese genutzt werden, um die Spitzenathleten besser zu machen, da diese Athleten so leistungsfähig sind, dass nur ein hohes Laufvolumen allein nicht ausreicht. Im Amateursport ist dies jedoch anders, da dort noch viel Leistung aus einem höheren Trainingsvolumen gezogen werden kann.

6. Literaturverzeichnis

- (1)** Marcus S. Dasa, Olav Aleksander Bu, Øyvind Sandbakk, Bent R. Rønnestad, Guy Plasqui, Hilde Gundersen, and Morten Kristoffersen. Veröffentlicht am 26 Nov 2024. Verfügbar unter: Journal of Applied Physiology. Quelle: <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00706.2024>
- (2)** Kelemen, B., Benczenleitner, O., & Toth, L. Veröffentlicht 2024. Verfügbar unter: Scientific Journal of Sport and Performance, <https://doi.org/10.55860/NBXV4075>
- (3)** Kira Reichling. Veröffentlicht 30.07.2021. Quelle: https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&opi=89978449&url=https://mediatum.ub.tum.de/doc/1621834/1621834.pdf&ved=2ahUKEwj5kuOEgLiNAXW3R_EDHeEuNAYQFnoECBsQAQ&usg=AOvVaw3ZB9NCDpAeNAY1ohiZ6qa-
- (4)** Training4Endurance: Lactate Threshold Training: The Definitive Guide. Quelle: <https://training4endurance.co.uk/improve-endurance/lactate-threshold-training/>. Zuletzt eingesehen 29.05.2025
- (5)** Levine und Stray Gundersen. Veröffentlicht 1.06.1997. Verfügbar unter: Journal of applied physiology. Quelle: <https://journals.physiology.org/doi/full/10.1152/jappl.1997.83.1.102>
- (6)** Marius Bakken. Veröffentlicht 2022. Verfügbar unter: Norwegian model of lactate threshold training and lactate controlled approach to training. Quelle: <https://www.mariusbakken.com/the-norwegian-model.html>
- (7)** L. Véronique Billat. Veröffentlicht 2001. Verfügbar unter: Research Gate. Quelle: https://www.researchgate.net/publication/12110880_Interval_training_for_performance_A_scientific_and_empirical_practice_Special_recommendations_for_middle_and_long-distance_running_Part_I_Aerobic_interval_training
- (8)** Carsten Lundby, Håvard Hamarsland, Joar Hansen, Hege Bjørndal, Simen Næss Berge, Daniel Hammarstöm, Bent R. Rønnestad; Veröffentlicht 5.07.2023. verfügbar unter: Journal of applied Physiology. Quelle: <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00115.2023>
- (9)** Bas Van Hooren, Joel T. Fuller, Jonathan D. Buckley, Jayme R. Miller, Kerry Sewell, Guillaume Rao, Christian Barton, Chris Bishop & Richard W. Willy. Veröffentlicht 2019. Verfügbar unter: <https://link.springer.com/article/10.1007/s40279-019-01237-z#citeas>

(10) German Clénin. Veröffentlicht 01.11.2019. Verfügbar unter:
<https://doi.org/10.34045/SSEM/2019/1>

(11) Academy of Sports. Verfügbar unter:
<https://www.academyofsports.de/de/lexikon/prozesse-zur-energiebereitstellung/>. Letzter Abruf:
27.05.2025

(12) Verfügbar unter: Training mit System. Quelle: <https://www.trainingmitsystem.de/allgemein-training/allgemein-training/trainingsbereiche>. Zuletzt eingesehen: 27.05.2025

(13) Katharina Dunst & Björn Sterzing. Veröffentlicht 6/2023. Verfügbar unter: Institut für Angewandte Trainingswissenschaft. Quelle: <https://sport-iat.de/digest/detail/vom-faehigkeitskonzept-zum-metabolischen-profil>

(14) Steffen Held, Ludwig Rappelt, Julia Brockherde und Lars Donath. Veröffentlicht am: 12.10.2023. Verfügbar unter: National Library of Medicine. Quelle:
<https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10907110/#abstract1>

(15) P. Cavanagh, G. C. Andrew, R. Kram, M. Rodgers, D. Sanderson. Veröffentlicht 1985. Verfügbar unter: Journal of Applied Biomechanics. Quelle: <https://doi.org/10.1123/ijsb.1.1.36P>.
Cavanagh, G. C. Andrew, R. Kram, M. Rodgers, D. Sanderson 1985 „An Approach to Biomechanical Profiling of Elite Distance Runners

(16) Yannick Achterberg. Veröffentlicht 26.8.2022. Verfügbar unter: RennRad. Quelle:
<https://www.radsport-rennrad.de/wissenschaft/hoeherentraining-effekte-risiken-hintergruende/#:~:text=%C3%9Cbertraining,%20Zudem%20steigt%20in%20der%20H%C3%B6he%20auch,Einhalten%20der%20individuell%20richtigen%20Intensit%C3%A4ten%20ist%20elementar.>

(17) Alexandra M. Coates, Michael J. Joyner, Jonathan P. Little, Andrew M. Jones und Martin J. Gibala. Veröffentlicht: 7.10.2023. Verfügbar unter: Springer Nature Link. Quelle:
<https://link.springer.com/article/10.1007/s40279-023-01938-6>

(18) Prof. Dr. med. Kai Röcker. Veröffentlicht 2013. Verfügbar unter: German Journal of Sports Medicine. Quelle:
https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&opi=89978449&url=https://www.germanjournalsportsmedicine.com/fileadmin/content/archiv2013/Heft_12/22_standard_roecker.pdf&ved=2ahUKEwjnpdjChMmNAXFxfIHHQp-Nc4Q-tANegQILxAS&usg=AOvVaw2ygmppwGZjSkueTMgIDsLDQ