

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
2. August 2007 (02.08.2007)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2007/085435 A2

(51) Internationale Patentklassifikation:
Nicht klassifiziert

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2007/000597

(22) Internationales Anmeldedatum:
24. Januar 2007 (24.01.2007)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2006 003 499.6 24. Januar 2006 (24.01.2006) DE
10 2006 011 063.3 8. März 2006 (08.03.2006) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): OPSOLUTION SPECTROSCOPIC SYSTEMS GMBH [DE/DE]; Goethestr. 25-27, 34119 Kassel (DE).

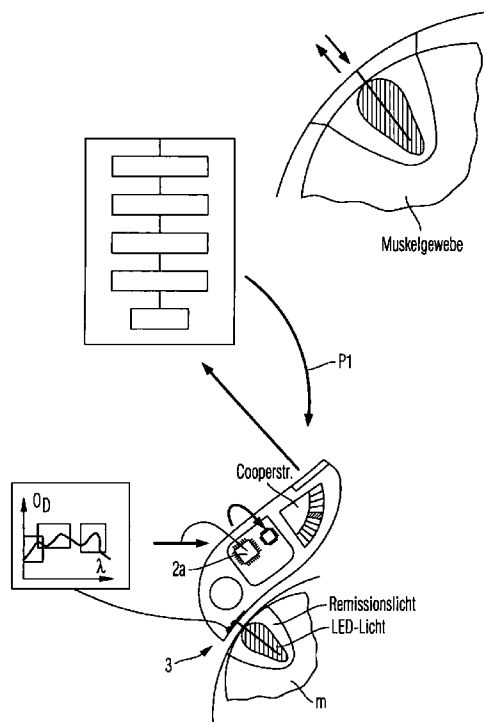
(72) Erfinder; und
(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): KÖCHER, Wolfgang [DE/DE]; Goethestrasse 25, 34119 Kassel (DE). HOHEISEL, Hardy [DE/DE]; Goethestrasse 25, 34119 Kassel (DE). KRIEG, Jürgen [DE/DE]; Hütterothstr. 16, 34613 Schwalmstadt (DE). SANDHAGEN, Carl [DE/DE]; Kölnische Str. 114c, 34119 Kassel (DE).

(74) Anwalt: RÖSSIG, Rolf; Beck & Rössig, Cuvilliesstr. 14, 81679 München (DE).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD AND EVALUATION SYSTEM FOR GENERATING AN EVALUATION RESULT INDICATING THE PHYSIOLOGICAL STATE OF A PERSON, IN PARTICULAR THE STATE OF ENDURANCE

(54) Bezeichnung: VERFAHREN UND AUSWERTUNGSSYSTEM ZUR GENERIERUNG EINES HINSICHTLICH DES PHYSIOLOGISCHEN ZUSTANDS, INSBESONDERE AUSDAUERZUSTANDES EINER PERSON INDIKATIVEN AUSWERTUNGSERGEBNISSES



Muskulgewebe... muscle tissue
Cooperstr... Cooper test
Remissionslicht... remission light
LED-Licht... LED light

(57) Abstract: The invention is directed to a method and evaluation system for generating an evaluation result indicating the physiological state of a person, in particular the state of endurance. The invention is also directed to a system and method for handling data transfer in connection with the evaluation of spectroscopically obtained measurement signals. The invention addresses the problem of providing solutions that make it possible to obtain at least substantially objective indications about the physical capabilities, in particular the state of endurance, or, in particular, also a training-induced or therapy-induced evolution of the endurance and training states of a person. This problem is solved by a first aspect of the invention by means of a method for generating an evaluation result which indicates the physical capabilities, in particular the state of endurance, of a person. According to this method, light is coupled to a vital muscle region, at least part of the light propagated through the muscle region is detected, the spectral intensity distribution of the detected light is analysed, the concentration of substances active as redox catalysts is detected from this analysis during a test, and the evaluation result is determined on the basis of the detected concentration.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung richtet sich auf ein Verfahren und ein Auswertungssystem zur Generierung eines hinsichtlich des physiologischen Zustands, insbesondere Ausdauerzustandes einer Person indikativen Auswertungsergebnisses. Weiterhin richtet sich die Erfindung auch auf ein System und ein Verfahren zur Abwicklung eines Datentransfers im Zusammenhang mit der Auswertung spektroskopisch gewonnener Messsignale. Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, Lösungen zu schaffen, die es ermöglichen, zumindest weitgehend objektive Angaben über das physische Leistungsvermögen, insbesondere den Ausdauerzustand, oder

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2007/085435 A2



(81) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG,

ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

insbesondere auch eine trainings- oder therapiebedingte Entwicklung des Ausdauer- und Trainingszustands einer Person zu erhalten. Diese Aufgabe wird gemäß einem ersten Aspekt der Erfindung gelöst durch ein Verfahren zur Generierung eines hinsichtlich des physischen Leistungsvermögens, insbesondere des Ausdauerzustands, einer Person indikativen Auswertungsergebnisses bei welchem in einen vitalen Muskelbereich Licht eingekoppelt wird, zumindest ein Teil des hierbei den Muskelbereich durchstrahlenden Lichts erfasst wird, das erfasste Licht hinsichtlich seiner spektralen Intensitätsverteilung analysiert wird, aus dieser Analyse im Rahmen einer Determinierungsaktion die Konzentration von als Redox-Katalysatoren wirksamen Substanzen erfasst wird und basierend auf der ermittelten Konzentration das Auswertungsergebnis bestimmt wird.

**Verfahren und Auswertungssystem zur Generierung eines
hinsichtlich des physiologischen Zustands,
insbesondere Ausdauerzustandes einer Person
indikativen Auswertungsergebnisses**

Die Erfindung richtet sich auf ein Verfahren und ein Auswertungssystem zur Generierung eines hinsichtlich des physiologischen Zustands, insbesondere Ausdauerzustandes einer Person indikativen Auswertungsergebnisses. Weiterhin richtet sich die Erfindung auch auf ein System und ein Verfahren zur Abwicklung eines Datentransfers im Zusammenhang mit der Auswertung spektroskopisch gewonnener Messsignale

Es besteht allgemein ein Interesse, den Ausdauerzustand, das Durchhaltevermögen oder das physische Leistungsvermögen eines Individuums festzustellen. Dies erfolgt üblicherweise durch Belastungstests wie beispielsweise den Cooper-Test.

In sportwissenschaftlicher Hinsicht versteht man unter Ausdauer die Widerstandsfähigkeit des Organismus gegen Ermüdung. Konkret ist die Ausdauer die Fähigkeit, eine bestimmte Belastung (z.B. Laufgeschwindigkeit) über eine möglichst lange Zeit aufrechterhalten zu können. Im vorliegenden Kontext beschreibt der Begriff Ausdauerzustand insbesondere das Durchhaltevermögen einer Person.

Der Cooper-Test ist ein anerkannter Test zur Überprüfung der läuferischen Ausdauer. Es handelt sich um einen Lauf von 12 Minuten Dauer, bei dem die in dieser Zeit zurückgelegte Strecke ermittelt wird. Der Test ist anspruchsvoll, da die zurückgelegte Strecke zwischen einer reinen Mittel- oder Langstrecke liegt. Die Testperson – typischerweise ein Sportler – muss den Leistungseinsatz relativ gut abschätzen und koordinieren können, um nicht zu früh in den anaeroben Bereich zu kommen, aber auch, um nicht zu langsam zu laufen. Deshalb ist der Test nicht – oder nur bedingt – für untrainierte und Anfänger geeignet.

Bei Männern unter 30 ist eine Leistung von über 2.800 Metern sehr gut, über 2.500 m gut, über 2.200 m ordentlich, über 1.800 m durchschnittlich und darunter schlecht. Ab einem Alter von 30 Jahren zieht man jeweils 150 m von den Werten ab, ab 40 Jahren 300 m, ab 50 Jahren 400 m. Der Cooper-Test wird z.B. bei der Überprüfung von Fußballschiedsrichtern, bei der Notenvergabe für Sport-Abiturienten, als Leichtathletiknote (Bayern 9. Jahrgangsstufe Gymnasium) sowie beim österreichischen Bundesheer eingesetzt. Seit dem Schuljahr 2005/06 ist der Cooper-Test für Abiturienten in Berlin Bestandteil der vierteiligen Abschlussprüfung jedes Semesters Sportpraxis.

Auch in normalen weiterführenden Schulen wird der Cooper-Test durchgeführt: Oft liegt die erreichte Leistung der Schüler im mangelhaften Bereich, da ein vorbereitendes Training oder eine theoretische Einweisung in die optimale Lauftechnik sowie in die optimale Einteilung der vorhandenen Energie völlig entfällt. Immer wieder kommt es zu Verletzungen oder völligem Zusammenbruch aufgrund der ungenügenden Vorbereitung. Eine Folge dieser Tatsache ist, dass Laufen immer unbeliebter wird, weil nur die als negativ empfundenen Erfahrungen bei für Anfänger völlig ungeeigneten Tests wahrgenommen werden.

Weiterhin sind auch Laufsport-Belastungstests, die auf die Ermittlung des maximal möglichen Sauerstoffumsatzes (VO_2max) gerichtet sind, bekannt. Auch für diese Belastungstests besteht nur eine bedingte Testbereitschaft.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, Lösungen zu schaffen, die es ermöglichen, zumindest weitgehend objektive Angaben über das physische Leistungsvermögen, insbesondere den Ausdauerzustand, oder insbesondere auch eine trainings- oder therapiebedingte Entwicklung des Ausdauer- und Trainingszustands einer Person zu erhalten.

Diese Aufgabe wird gemäß einem ersten Aspekt der Erfindung gelöst durch ein Verfahren zur Generierung eines hinsichtlich des physischen Leistungsvermögens, insbesondere des Ausdauerzustands, einer Person indikativen Auswertungsergebnisses bei welchem

- in einen vitalen Muskelbereich Licht eingekoppelt wird,
- zumindest ein Teil des hierbei den Muskelbereich durchstrahlenden Lichts erfasst wird,
- das erfasste Licht hinsichtlich seiner spektralen Intensitätsverteilung analysiert wird,
- aus dieser Analyse im Rahmen einer Determinierungsaktion die Konzentration von als Redox-Katalysatoren wirksamen Substanzen erfasst wird und
- basierend auf der ermittelten Konzentration das Auswertungsergebnis bestimmt wird.

Vorzugsweise erfolgt auf Grundlage der spektrometrischen Messung eine Ermittlung der Konzentration von Cytochromsubstanzen, insbesondere der Cytochrom-C-Oxidase, im vitalen Muskelgewebe,

insbesondere in der Laufmuskulatur, z.B. den Wadenmuskeln *musculus gastrocnemius aterale* oder dem *musculus biceps femoris longum*.

Da die Änderung der Cytochrom-Konzentration auch als systemischer Effekt betrachtet werden kann, ist auch der Schluss von z.B. am Oberarm-Bizeps gemessenen Konzentrationen auf den allgemeinen Ausdauerzustand möglich.

Es ist auch möglich, die Auswertung der spektrometrischen Signale so abzustimmen, dass eine Spektralselektion ermittelt und ausgewertet wird, durch welche unter Berücksichtigung mehrerer Stoffspektren ein besonders zuverlässiger Rückschluss auf den Ausdauerzustand gezogen werden kann. Es ist hierbei insbesondere möglich, die Konzentration weiterer Gewebe- oder Blutinhaltsstoffe wie Fett, Wasser und Hämoglobin zu ermitteln und anhand dieser zusätzlichen Messinformationen die Auswertung abzustimmen und die Aussage über den Ausdauerzustand zu präzisieren.

Im Rahmen der Determinierungsaktion wird vorzugsweise die Konzentration der Cytochrom-C-Oxidase der Person gemessen. Anhand dieses Messergebnisses kann auf Grundlage bestehender Korrelationen, vorzugsweise unter Berücksichtigung weiterer Parameter, auf den Ausdauerzustand geschlossen werden.

Cytochrom an sich ist ein Enzym, welches bei der Zellatmung, bei der Photosynthese und bei anderen biochemischen Vorgängen als Redoxkatalysator (Oxidoreduktase) wirkt. Es gibt circa 50 verschiedene Typen. Die biologische Funktion der Cytochrome besteht in der Elektronenübertragung. Nach ihren charakteristischen Licht-Absorptionsspektren unterscheidet man die Cytochrome a, b und c.

Im Gegensatz zu vielen anderen Cytochromen, die Aufgaben beim Elektronentransport wahrnehmen, katalysiert das Cytochrom P450 die Hydroxylierung nichtaktivierter Kohlenwasserstoffe.

Das im vorliegenden Zusammenhang besonders relevante Cytochrom ist das Cytochrom c. Es enthält ungefähr 100 Aminosäuren und die molekulare Struktur ist durch Proteinkristallographie gut charakterisiert. Cytochrom c ist evolutionsgeschichtlich ein sehr altes Protein.

Ein wesentlicher Bestandteil aller Cytochrome ist das Häm, in dessen Mitte ein Eisen-Atom liegt. Die einzelnen Cytochrome unterscheiden sich durch die Proteine, welche das Häm umgeben. Dieses Hämoprotein mit einer relativen Molekülmasse zwischen 45 und 55 Kilodalton (kD) ist in der Membran des endoplasmatischen Retikulums der Zelle verankert. Zur Phase-I-Reaktion benötigt es

molekularen Sauerstoff, NADPH, NADPH-Cytochrom P450-Reduktase und Phospholipide, insbesondere Phosphatidylcholin.

Es ist möglich, für die Detektion verschiedenster Cytochrome besondere Detektions- und Konzentrationsermittlungskonzepte vorzuhalten. Es ist möglich, die Auswertung so abzuwickeln, dass zur Beurteilung verschiedener Kategorien von Ausdauerzuständen besondere Auswertungskonzepte, insbesondere auf die Erfassung und hinsichtlich des zu klassifizierenden Zustands spezifische Relevanz der verschiedenen Cytochrome und Begleitstoffe abgestimmte Auswertungskonzepte herangezogen werden. Der momentan ermittelte Ausdauerzustand kann beispielsweise klassifiziert werden hinsichtlich der zeitlichen Dimension der Ausdauerleistung, z.B. als Kurzzeitausdauer, Mittelzeitausdauer und Langzeitausdauer. Die Ausdauer kann weiterhin im Hinblick auf die Erbringung verschiedener motorischer Fähigkeiten unterteilt werden, z.B. in Schnelligkeitsausdauer und Kraftausdauer.

Es ist möglich, auf Grundlage der erfassten Cytochrom- Konzentrationen auch weitere Angaben vorzunehmen, z.B. anhand der ermittelten Konzentrationen der Cytochromsubstanzen auch Aussagen zu generieren, die Aufschluss über die geistige Leistungsfähigkeit bzw. das biologische Alter eines Menschen geben.

Die spektrometrische Messung der Cytochrom-C-Oxidase kann an verschiedenen Körperstellen durchgeführt werden. Die Messergebnisse können ggf. gewichtet, zusammengefasst oder individuell weiterverarbeitet werden, sowohl um auf einzelne Muskelgruppen bezogene Ausdauerleistungswerte zu generieren als auch um aus der Menge aller Werte eine präzisere Aussage über den Gesamt-Ausdauerzustand zu erzeugen.

Die Auswertungsprozedur zur Auswertung der spektrometrischen Messdaten wird erfindungsgemäß durch ein elektronisches Rechnersystem abgewickelt. Es ist möglich, das Rechnersystem derart zu konfigurieren, dass durch dieses eine Datenverarbeitung erfolgt, deren Ergebnis Aufschluss gibt über einen im Wesentlichen auf Grundlage der Konzentration der Cytochrom-C-Oxidase anzunehmenden Ausdauerzustand.

Das Rechnersystem kann in ein mobiles Messgerät integriert sein. Das Rechnersystem kann auch aus dem Messgerät ausgelagert sein. Das Rechnersystem kann als über ein Mobilfunknetz oder anderweitig wireless oder internetbasiert zugängliches Rechnersystem ausgeführt sein. Die Datenauswertung und ggf. auch die Anzeige des Auswertungsergebnisses kann damit auch separat von dem Messgerät erfolgen. Das Rechnersystem kann auch direkt drahtgebunden an das Datenaufnahmesystem angeschlossen sein.

Die durch das Rechnersystem abgearbeitete Prognostizierungsfunktion kann so abgestimmt sein, dass das Auswertungsergebnis unter Einbindung weiterer personenspezifischer Parameter, z.B. von Body-Indizes wie Body-Mass Index und ggf. anderweitiger typcharakteristischer Parameter generiert wird.

Die Erfindung richtet sich auch auf ein Auswertungssystem zur Generierung eines hinsichtlich des physiologischen Zustands, insbesondere des Ausdauerzustands, einer Person indikativen Auswertungsergebnisses, mit:

- einer Messeinrichtung zur Erhebung von hinsichtlich der Konzentration einer Cytochrom-Substanz, insbesondere der Cytochrom-C-Oxidase, einer Person indikativen Konzentrations-Messsignalen auf spektrometrischem Wege und
- einer Datenverarbeitungseinrichtung,
- wobei die Datenverarbeitungseinrichtung derart gestaltet ist, dass über diese eine Verarbeitung der ermittelten Konzentrations-Messsignale und hierauf basierend eine Angabe eines erwarteten Ausdauerzustands erfolgt.

Die Datenverarbeitungseinrichtung ist vorzugsweise derart konfiguriert, dass durch diese die Verarbeitung der Messsignale nach Maßgabe des vorgenannten Verfahrens im Allgemeinen oder auch nach Maßgabe des vorgenannten Verfahrens in den beschriebenen speziellen Ausgestaltungen erfolgt.

Unter dem Begriff Trainingslehre ist im vorliegenden Kontext die Lehre der Vermittlung von Kenntnissen zur Durchführung eines sportlichen Trainings mit der Zielsetzung der Leistungssteigerung und/oder Erhaltung oder Verbesserung der Gesundheit (Fitness) zu verstehen. Durch das erfindungsgemäße Verfahren wird eine Kontrolle und Dokumentation der Trainingswirkung möglich.

In der Trainingslehre werden allgemein gültige sportartübergreifende Trainingsprinzipien, Trainingsmethoden und Trainingsinhalten beschrieben. Die Durchführung wird auf der Grundlage von didaktischen und pädagogischen Grundsätzen durchgeführt. In der Trainingssteuerung werden physiologische Faktoren (Alter, Trainingszustand, Erholungsfähigkeit) berücksichtigt. Die langfristige Trainingsplanung umfasst die Schritte der Istzustandsanalyse, der Setzung von Trainingszielen, Umsetzung der Ziele durch Trainingseinheiten, Trainingsplänen und Trainingsperiodisierung zur Erreichung eines maximalen Leistungsvermögens zu einem bestimmten Zeitpunkt.

Die Ausdauer stellt neben Kraft, Schnelligkeit, Koordination und Flexibilität eine der grundlegenden motorischen Fähigkeiten dar. Für die einzelne Sportart sind diese Grundfertigkeiten in unterschiedlichem Maße bedeutsam. Ein Langstreckenläufer wird beispielsweise darauf bedacht sein, primär seine Ausdauerleistungsfähigkeit zu erhöhen.

Die hier rein formell aufgezeigten Arten der Ausdauer müssen stets vor dem Hintergrund der auszuübenden Sportart betrachtet werden. Anders gesagt: Eine bestimmte Art der Ausdauer kann nur bedingt isoliert betrachtet werden, und steht im Grunde in direktem Zusammenhang mit den anderen Arten der Ausdauer. Hierbei kommt der allgemeinen, erfindungsgemäß besonders vorteilhaft feststellbaren aeroben Ausdauer eine Schlüsselstellung zu, da sie als Basis für die Ausprägung aller anderen Arten der Ausdauer mitbestimmend ist. So absolviert jeder 100-Meter-Läufer im Rahmen seines Aufbautrainings einige Langlaufeinheiten, um sich die optimale Grundlage für die Entwicklung seiner Zielfertigkeiten (Kraft, Schnelligkeit) zu schaffen.

Mit dem Begriff Ausdauer bei sportlichen Betätigungen wird gemeinhin das Durchhaltevermögen für typische Ausdauersportarten wie Langstreckenlauf, Radrennfahren, Skilanglauf, Gehen, Schwimmen, Triathlon, Rudern etc. assoziiert.

Unter aerober Ausdauer versteht man die Fähigkeit des Organismus, die zur Aufrechterhaltung einer bestimmten Belastungsintensität (z. B. Laufgeschwindigkeit) notwendige Energie ausschließlich durch die Oxidation mit Sauerstoff (daher aerob) bereitzustellen. Bei einer entsprechenden Erhöhung der Belastungsintensität (sprich Laufgeschwindigkeit) wird so viel Energie benötigt, dass das durch die Atmung zur Verfügung gestellte Angebot an Sauerstoff nicht mehr ausreichend ist, um den erhöhten Energiebedarf zu decken. In diesem Fall ist der Körper gezwungen, einen Teil der benötigten Energie ohne Sauerstoff (daher anaerob) zu gewinnen. Als Maß für die aerobe Ausdauer kann die sogenannte spezifische maximale Sauerstoffaufnahme (VO_2max) herangezogen werden. Sie gibt an, welches Volumen Sauerstoff der Organismus pro Zeit und Körpermasse verarbeiten kann. Aerobes Ausdauertraining führt neben einer Reihe weiterer Anpassungsreaktionen des Körpers insbesondere zu einer Vergrößerung des Herzmuskels. Dies hat zur Folge, dass pro Herzschlag eine größere Menge an Blut ausgestoßen wird, was gleichbedeutend mit einer höheren Menge an Sauerstoff ist, der mittels der roten Blutkörperchen zu den Muskeln transportiert wird. Dadurch ist auch zu erklären, dass durch ein Ausdauertraining der Ruhepuls sinkt: Für die gleiche Leistung, das heißt die gleiche Menge an mittels des Blutes zu transportierendem Sauerstoff braucht das Herz weniger oft zu schlagen, da pro Herzschlag ein höheres Volumen an Blut ausgestoßen werden kann.

Die Anaerobe Ausdauer ist die Fähigkeit des Körpers, zu Beginn einer hohen Belastungsstärke ein Sauerstoffdefizit einzugehen. Belastet man den Körper, so ist er noch nicht darauf eingestellt, viel

Sauerstoff aufzunehmen und somit kann er den auftretenden Sauerstoffbedarf nicht decken. Um die Energie trotzdem bereitzustellen, sind anoxydative Prozesse (Glycolyse) nötig. Hierbei entsteht Milchsäure, welche man früher für den berühmten Muskelkater verantwortlich machte; heute schreibt man ihn allerdings hauptsächlich kleinen Rissen in den Muskelfasern zu. Nachdem die Belastung vorüber ist, wird das Sauerstoffdefizit als Sauerstoffschuld nachgearbeitet. Die Größe der maximalen Sauerstoffschuld ist trainierbar und somit ein wichtiges Kriterium der Ausdauer.

Die Erfindung bezieht sich weiterhin auch auf ein System und ein Verfahren zur Abwicklung eines Datentransfers im Zusammenhang mit der Verarbeitung und Auswertung von Messsignalen, insbesondere der vorangehend beschriebenen Art die als solche unter Verwendung eines mobilen Spektrometers gewonnen werden.

Der Erfindung liegt diesbezüglich die Aufgabe zugrunde, Lösungen zu schaffen durch welche es möglich wird, im Zusammenhang mit der Erfassung spektroskopischer Messsignale und der Verarbeitung derselben Vorteile insbesondere für den Anwender zu bieten.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß gelöst durch ein Verfahren zur Auswertung spektroskopischer Messsignale, bei welchem

- im Rahmen eines Spektroskopievorganges Licht in einen Gewebebereich eingekoppelt wird und aus diesem Gewebebereich austretendes Licht erfasst wird,
- wobei zu diesem Licht Messsignale erfasst werden, die indikativ sind für die spektrale Intensitätsverteilung des erfassten Lichtes,
- wobei diese Messsignale, im Rahmen eines Datentransfervorganges zu einem Auswertungssystem übertragen und ausgewertet werden, und
- wobei sich dieses Verfahren dadurch auszeichnet, dass im Rahmen einer dem Datentransfervorgang vorgelagerten Datenverarbeitungsprozedur eine Prüfung der Messsignale auf Grundlage von Plausibilitätskriterien erfolgt und dass die Abwicklung bzw. der Start des Datentransfervorganges in Abhängigkeit von dem Ergebnis der Plausibilitätsprüfung erfolgt.

Dadurch wird es auf vorteilhafte Weise möglich, noch im Bereich des Anwenders festzustellen, ob die Messung an sich eine brauchbare Messung darstellt. Der Anwender kann dann entscheiden, ob er die Messung wiederholen will, nachdem er ggf. vermutete, oder anhand der Plausibilitätsprüfung ausgewiesene Störeinflüsse – z.B. Verschmutzungen – beseitigt, oder die Messstelle gewechselt hat.

Im Rahmen der Plausibilitätsprüfung kann eine Prüfung der Lichtquelleneinrichtung des zur Generierung der spektrometrischen Signale vorgesehenen Spektrometers erfolgen. Bei einer Ausgestaltung der Lichtquelleneinrichtung als LED-Lichtquelle wird es möglich bestimmte Funktionseigen-

schaften derselben, z.B. den Strom-, Spannungs-, und Leistungsbezug, die Betriebstemperatur und anderweitige für das Spektrum des durch die Lichtquelleneinrichtung generierten Lichtes maßgebliche Eigenschaften zu ermitteln.

Die Plausibilitätsprüfung kann auch als Hilfsprozedur gestaltet sein, durch welche die voraussichtliche Eignung einer Messstelle durch rasch abarbeitbare Prüfkriterien festgestellt werden kann. Es ist möglich, im Rahmen der Prüfprozedur die Spektrometereinrichtung so zu betreiben, dass zunächst ein Spektrum generiert wird anhand dessen die Eignung der Messstelle bewertet werden kann. Bei gegebener Eignung kann ein Signal, beispielsweise ein akustisches Signal, oder eine optische Anzeigeeinrichtung angesteuert werden, die als solche die Eignung der Messstelle anzeigt. Im Rahmen dieser Messstelleneignungsprüfung kann bei einer *in vivo* Messung, die beispielsweise der Ermittlung einer Cytochromkonzentration dient, festgestellt werden, ob innerhalb des durchleuchteten Gewebebereiches signifikante Inhomogenitäten beispielsweise durch Gefäße, Haarwurzeln, Fettschichten und Hautpigmentierungen festgestellt werden.

Erfindungsgemäß werden spektroskopische Daten, die mit einem Messgerät aufgenommen werden, vor der Weiterleitung zu einer Auswerte-Einheit schon im Messgerät daraufhin überprüft werden, ob das gemessene Spektrum überhaupt plausibel ist. Nur wenn dies der Fall ist, wird das Spektrum weitergeleitet. Wird das Spektrum als unplausibel erkannt, dann wird eine Fehlermeldung erzeugt und das Spektrum nicht weitergeleitet, oder zumindest ausdrücklich als mangelbehaftet klassifiziert und hinsichtlich der Weiterleitung zur Disposition gestellt.

Ein Spektrum, welches die erste Plausibilitätsprüfung auf dem Messgerät positiv bestanden hat, wird vorzugsweise einer weiteren, aufwendigeren Plausibilitätsprüfung unterworfen. Diese zweite Überprüfung kann schon auf dem Messgerät erfolgen, vorzugsweise erfolgt diese tiefergehende Überprüfung auf einem Computer mit entsprechender Rechenleistung, der sich nicht unbedingt am Ort der Messung befinden muss.

Weitere Einzelheiten und Merkmale der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung in Verbindung mit der Zeichnung. Es zeigt:

Figur 1 eine Schemadarstellung zur Veranschaulichung eines erfindungsgemäßen mobilen Spektrometers zur Erfassung von hinsichtlich der Konzentration einer Cytochromsubstanz in einem Muskelsystem indikativer spektrometrischer Messsignale;

- Figur 2** eine vereinfachte graphische Darstellung zur Veranschaulichung des Zusammenhangs der spektrometrisch ermittelten Cytochromkonzentration mit einem nach Cooper klassifizierten Ausdauerzustand;
- Figur 3** eine vereinfachte graphische Darstellung zur Veranschaulichung des Zusammenhangs der spektrometrisch ermittelten Cytochromkonzentration mit dem maximalen Sauerstoffdurchsatzpotential;
- Figur 4** eine weitere Schemadarstellung zur Veranschaulichung des erfindungsgemäßen Konzeptes mit optional teil-externer Datenverarbeitung;
- Figur 5** ein mobiles Spektrometer das hier beispielhaft an einen Muskelbereich eines Anwenders angesetzt ist und das im Rahmen der Messung eine Plausibilitätsprüfung der spektrometrischen Messsignale ermöglicht.

In Figur 1 ist ein zur erfindungsgemäßen Ermittlung eines Ausdauerzustands gestaltetes mobiles Handgerät dargestellt. Dieses umfasst eine Gehäuseeinrichtung 1 und eine darin aufgenommene elektronische Schaltungseinrichtung 2.

Das Handgerät ist mit einem Detektionskopf 3 versehen. Der Detektionskopf 3 umfasst eine LED-Lichtquelle und eine Lichtabgriffseinrichtung zur Erfassung von remittiertem Licht und zu dessen Weiterleitung an eine hier nicht näher dargestellte Spektrometereinrichtung, die als solche in das Handgerät integriert ist.

Über die LED-Lichtquelle kann Licht mit einer geeigneten Spektralverteilung in einen zu untersuchenden Muskelabschnitt eingekoppelt werden.

Das aus dem Gewebe remittierte Licht wird durch den Detektionskopf teilweise aufgegriffen. Das aufgegriffene Licht weist eine spektrale Intensitätsverteilung auf, die durch die Inhaltsstoffe des durchleuchteten Gewebes, hier insbesondere auch durch die Inhaltsstoffe der Muskelzellen, geprägt ist. Diese spektrale Intensitätsverteilung wird durch die integrierte Spektrometereinrichtung bestimmt und als Datensatz, ggf. logarithmiert, abgelegt. Der entsprechende Speicher kann durch die elektronische Schaltungseinrichtung 2 bereitgestellt sein.

Die elektronische Schaltungseinrichtung 2 ist derart gestaltet, dass durch diese zunächst die gewonnenen und hinsichtlich der spektralen Intensitätsverteilung indikativen Messdaten vorverarbeitet,

insbesondere skaliert, normiert und eventuell auf eine das eingekoppelte Licht widerspiegelnde Referenz bezogen werden.

Aus den vorverarbeiteten Daten werden anhand von Auswertungsprozeduren die Konzentrationen ausgewählter Gewebeinhaltsstoffe ermittelt. Als detektionsrelevante Gewebe- und Blutinhaltsstoffe werden insbesondere Cytochrom-Substanzen sowie ggf. Fette, Wasser und Hämoglobin ermittelt.

Über eine hier nicht näher dargestellte Eingabeeinrichtung können weitere Eingaben erfolgen. So können insbesondere Eingaben zur Körpergröße, zum Geschlecht, zum Alter und zum Body-mass Index erfolgen.

Über diese Angaben und vorzugsweise über die Konzentrationen eines Teils der detektierten Gewebe- und Blutinhaltsstoffe kann eine Abbildungsgrundfunktion präziser auf den konkreten Untersuchungsfall abgestimmt werden. Anhand dieser Abbildungsfunktion kann auf Grundlage der Konzentration der Cytochrom-Substanzen, insbesondere der Cytochrom-C-Oxidase, ein hinsichtlich des Ausdauerzustands oder auch hinsichtlich anderweitiger physiologischer Zustände des Probanden indikatives Auswertungsergebnis generiert werden.

Dieses Auswertungsergebnis kann über eine Anzeigeeinrichtung, die vorzugsweise Bestandteil eines Handgeräts, entweder eines separaten Handgeräts oder des eigentlichen Datenaufnahmegeräts, ist, angezeigt werden.

Das Handgerät kann so ausgestaltet werden, dass dieses lediglich an den zu untersuchenden Muskel –z.B. den Bizepsmuskel oder einen Muskel der Laufmuskulatur – angesetzt werden muss. Nach Betätigung eines Tasters oder Schalters 4 wird das Gerät aktiviert. Der Detektionskopf 3 beleuchtet den zu untersuchenden Muskelbereich und greift einen Teil des remittierten Lichtes wieder auf. Es ist möglich, das Gerät so auszubilden, dass dieses in kurzen Zeitabständen mehrere Spektren aufnimmt und diese zusammenfassend auswertet. Der Detektionskopf 3 kann so ausgebildet sein, dass dieser mehrere, auf unterschiedliche Wellenlängenbereiche ausgelegte LED-Lichtquellen umfasst, so dass die Erfassung der Cytochromsubstanzen in Wellenlängenbereichen („Fenstern“) erfolgen kann, die besonders indikativ sind.

Es ist möglich, das Handgerät so auszubilden, dass dieses primär der Messdatenerhebung dient. Diese Messdaten können funkbasiert zu einem externen Rechnersystem übertragen und dort ausgewertet werden. Die Übermittlung zu einem externen Rechnersystem kann sowohl auf direktem Weg als auch unter Benutzung eines beliebigen mobilen Kommunikationsgeräts erfolgen. Es ist auch möglich, das mobile Handgerät mit einer Schnittstelleneinrichtung zu versehen, oder einen Daten-

transfer über eine entfernbare Datenträgereinrichtung, z.B. einen USB-Stick, zu ermöglichen. Ferner kann die Schnittstelle auch als Infrarotschnittstelle ausgestaltet sein. Auch kann das erfindungsgemäße Handgerät insgesamt in ein mobiles Kommunikationsgerätes integriert sein. Ebenso kann das erfindungsgemäße Handgerät auch direkt an einen Auswerterechner angeschlossen sein.

In Figur 2 ist stark vereinfacht dargestellt, wie anhand einer Abbildungsfunktion f_1 aus der ermittelten Konzentration der Cytochrom-C-Oxidase ein Ausdauerzustand nach Cooper ermittelt werden kann. Die Abbildungsfunktion ist unter Berücksichtigung des Body-mass Indexes sowie weiteren zuverlässig feststellbaren Eigenschaften des Probanden festgelegt.

In Figur 3 ist ebenfalls stark vereinfacht dargestellt, wie anhand einer Abbildungsfunktion f_2 aus der ermittelten Konzentration der Cytochrom-C-Oxidase ein $VO_2\text{max}$ -Ausdauerzustand ermittelt werden kann.

In Figur 4 ist vereinfacht eine weitere Variante eines erfindungsgemäßen Gerätes in angesetztem Zustand dargestellt. Der Detektionskopf ist so ausgebildet, dass über diesen Licht über einen relativ breiten, und für Cytochrom-Substanzen besonders indikativen, Bereich generiert werden kann. Der Detektionskopf 3 kann hierzu mehrere LED-Lichtquellen umfassen, die gleichzeitig, sukzessive, oder zeitabschnittsweise aktiviert werden können.

Über den Detektionskopf 3 wird das Licht wie in der Darstellung angedeutet in einen vitalen Muskel m eingestrahlt. Das eingestrahlte Licht wird im Muskel m gestreut und nach Maßgabe der Gewebehaltstoffe in bestimmten Spektralbereichen absorbiert. Das durch Absorptionseffekte geprägte Licht wird durch die in den Detektionskopf 3 integrierte Lichtabgriffseinrichtung abgegriffen und einer Spektrometereinrichtung zugeführt. Über diese Spektrometereinrichtung kann die hier angedeutete Spektralverteilung der Intensität des Remissionslichtes aufgezeichnet werden. Diese Spektralverteilung kann in dem Datenspeicher 2a abgespeichert werden.

Der Dateninhalt des Datenspeichers 2a kann über die Schaltungseinrichtung 2 ausgelesen und über ein hier nicht näher dargestelltes Mobilfunksystem einer externen Datenverarbeitungseinrichtung zugeführt werden. Im Bereich dieser externen Datenverarbeitungseinrichtung erfolgt eine Datenverarbeitung durch welche anhand der Spektralverteilung die Konzentration von hinsichtlich der Ausdauer indikativen Stoffen ermittelt werden kann. Anhand dieser Ermittlung kann eine weitere Berechnung des Ausdauerzustands erfolgen. Das Berechnungsergebnis kann, wie durch das Pfeilsymbol P1 angedeutet, zum Erfassungsgerät oder einer anderweitigen Anzeigeeinrichtung übertragen werden.

Die Auswertungsprozeduren insbesondere zur Ermittlung der ausdauerindikativen Aussagen, sowie Darstellungskonzepte zur Wiedergabe der Auswertungsergebnisse können im Bereich der externen Datenverarbeitungseinrichtung gepflegt werden. Es ist möglich, die so gewonnenen Daten auch anderweitigen Systemen, insbesondere Archivierungssystemen zuzuführen. Hierdurch wird es möglich, die Spektralaufzeichnungen späteren Auswertungen zuzuführen.

Zum weiteren Verständnis der Erfindung:

Sportliche Handlungen sind durch unterschiedliche Dauer und Intensität gekennzeichnet (100m-Lauf – Marathon-Lauf). Verbunden damit ist eine unterschiedliche, an die jeweilige Ausführungsform gebundene Energiebereitstellung. Grob werden zwei unterschiedliche Ausdauerarten unterschieden:

anaerobe Ausdauer: Für die Gewinnung von Energie werden muskeleigene Energiereserven weitgehend ohne Sauerstoffzufuhr verbraucht.

aerobe Ausdauer. Hierbei geschieht die Energiegewinnung durch Verbrennung von Kohlenhydraten und Fetten unter Zufuhr von genügend Sauerstoff. Der Sauerstoffverbrauch des betreffenden Muskels wird bis zu 100-mal höher als in der Ruheaktion des Muskels. Bis zu einer bestimmten Leistung werden Fette und Kohlenhydrate mit Hilfe des Sauerstoffs verbrannt. Oberhalb einer bestimmten Leistungsgrenze wird zusätzlich Glykogen anaerob, also ohne Sauerstoff, abgebaut. Dabei wird 2 bis 3-mal mehr Energie gewonnen als mit der aeroben Oxidation. Kann der oxidative Fett- und Kohlenhydratabbau über einen sehr langen Zeitraum erfolgen, so ist die Energiegewinnung aus dem anaeroben Abbau zeitlich sehr begrenzt (etwa 30s). Durch das Training soll die aerobe Leistungsgrenze nach oben hin verschoben werden. Trainiert wird also eine Ausweitung der aeroben Energiegewinnung, (d.i.) die aerobe Kapazität.

Der Mensch speichert 98-99% seiner Energiereserven in Form von Fett und nur 1-2% in Form von Kohlenhydraten. Zu einem Ausdauertraining gehört, dass etwa 50% der Energie aus dem Fett- und 50% aus dem Kohlenhydratabbau gewonnen werden. Denn Fette werden aerob zu CO_2 und H_2O abgebaut, während der anaerobe Abbau der Kohlenhydrate unter Bildung von Laktat abläuft. Laktat übersäuert den Muskel, womit eine schwerwiegende Limitierung der Leistung und eine frühzeitige Erschöpfung einhergeht. Die Erweiterung der aeroben Kapazität bedeutet damit auch, den Anteil der Energie zu steigern, der aus der Fettverbrennung stammt, da der Körper vorrangig die Kohlenhydrate zur Energiegewinnung verbrennt. Die Erweiterung der aeroben Kapazität geht unter diesen Umständen einher mit dem Abbau von Fett. Dies sind bei weitem nicht die einzigen physiologischen Änderungen, die bei einem Ausdauertraining stattfinden. Da die Muskeln mit mehr Sauerstoff versorgt werden, kommt es zu Veränderungen des Muskelmetabolismus. Der Muskelfaserquerschnitt

nimmt zu, die Anzahl und der Umfang der Kapillaren steigen, so dass es zu mehr Kapillaren pro Myofibrille kommt. Die Folge ist eine vermehrte Durchblutung insbesondere bei maximaler Belastung. Weiterhin kann an der trainierten Skelettmuskulatur gezeigt werden, dass Ausdauerbelastung geringer Intensität zu einer Größenzunahme und Mengenvermehrung der Mitochondrien führt. Dies geht einher mit einer Zunahme der Aktivität vor allem aerober Enzyme, insbesondere der Cytochrom-C-Oxidase. Eine Folge davon ist, dass die Mitochondrien mehr Sauerstoff aus der vorhandenen Blutmenge aufnehmen. Insbesondere kann nach ca. sechsmonatigem leichtem Training ein signifikanter ($p < 0.05$) Anstieg der Cytochrom-C-Oxidase um 41% nachgewiesen werden. Als Folge der gesteigerten Sauerstoffaufnahme aus dem Blut vergrößert sich bei trainierten Personen die arteriovenöse Sauerstoffdifferenz. Dies führt zu einem verzögerten Beginn des anaeroben Stoffwechsels und somit zu einer verminderten Laktatproduktion auf vergleichbaren submaximalen Belastungsstufen. Es kann beobachtet werden, dass es hierdurch zu einer Steigerung der körperlichen Leistungsfähigkeit um durchschnittlich 30% kommt, ohne einen Anstieg des Herzminutenvolumens oder der Ejektionsfraktion.

Die Änderung der Cytochrom-C-Oxidase-Konzentration ist, im Gegensatz etwa zur Gewebedurchblutung, ein Vorgang mit einer großen Zeitkonstanten, d.h. die Cytochrom-C-Oxidase-Konzentration ist sehr konstant, wohingegen der Oxidierungszustand eine sehr kleine Zeitkonstante besitzt. Damit ist die Konzentration der Cytochrom-C-Oxidase ein Maß für die Leistungsfähigkeit einer Person, welches nicht durch physiologische Schwankungen im Tagesverlauf beeinflusst wird.

Die Konzentration der mitochondrialen Cytochrom-C-Oxidase wird erfindungsgemäß nicht-invasiv spektroskopisch gemessen. Insbesondere erfolgt die Messung der Cytochrom-C-Oxidase mittels Near Infrared Spectroscopy (NIRS). Near Infrared Licht (NIR) durchdringt problemlos biologisches Gewebe. NIRS erlaubt die Messung von lichtabsorbierenden Chromophoren. Hauptsächlich setzt sich das Spektrum aus der Absorption von Hämoglobin in kleinen Arteriolen, Kapillaren und Venolen zusammen. Im Muskel werden ca. 10% des NIRS Absorptionssignals vom Myoglobin besetzt. Cytochrom-C-Oxidase trägt mit 2-5% zum Absorptionsspektrum bei. Cytochrom-C-Oxidase und Hämoglobin liegen im selben Spektrumsbereich und lassen sich deshalb nicht voneinander getrennt beobachten. Durch spezielle Algorithmen kann das Signal der Cytochrom-C-Oxidase vom Signal des Hämoglobin separiert werden. Weiterhin vermehrt sich unter dem Training die Kapillarisation in den Muskeln, um den gesteigerten Sauerstoffbedarf unter der sportlichen Aktivität decken zu können. Jedoch ändert sich die Anzahl der durchbluteten Kapillaren relativ schnell und ist zudem von verschiedenen Umweltfaktoren stark abhängig.

Die erfindungsgemäße Muskeldurchleuchtung ist geeignet, den Trainingszustand einfach, nicht-invasiv, ohne Strahlenbelastung und beliebig oft zu quantifizieren.

Weiter ist es möglich, die Konzentration der Cytochrom-C- Oxidase im Weiteren mit dem bekannten, d.h. unabhängig mit anderer Methode bestimmten, Ausdauerzustand von Probanden zu korrelieren. Dazu wird der Ausdauerzustand der Probanden mit Hilfe bekannter Messverfahren (Spirometrie, EKG) ermittelt. Damit stellt die gemessene Cytochrom-C-Oxidase-Konzentration bei folgenden spektroskopischen Messungen; ein präziseres Maß für den jeweiligen Ausdauerzustand der gemessenen Person dar.

Die Ermittlung der Konzentration der Cytochrom-C-Oxidase-Konzentration mittels Reflektionsspektroskopie kann dabei auf den verschiedensten mathematischen und statistischen Verfahren beruhen, die in der Spektroskopie unter dem Begriff ‚Multivariate Kalibration‘ bekannt sind etwa: PLS (Partial Least Square), PCA (Principal Compound Analysis), einfachen multilinearen Verfahren, aber auch univariate Verfahren. Ebenso ist es möglich, die Konzentrationsbestimmung mit Hilfe Neuronaler Netze durchzuführen. Dabei können alle bisher bekannten unterschiedlichen Arten Neuronaler Netze zum Einsatz kommen. Die Konzentrationsbestimmung kann unter Benutzung von Monte-Carlo-Simulationen erfolgen. Aber auch strenge mathematische Verfahren die auf der Lösung der Maxwell’schen Gleichungen oder der Diffusionsgleichung beruhen, können dabei eingesetzt werden.

Die Messung ist auch geeignet, Verläufe des Trainingszustands zu erfassen. Dieses verbessert erheblich die Durchführung und das individuelle Monitoring von Ausdauertrainingsmaßnahmen. Eine solche Bestimmung des Ausdauerzustandes ist neu und bisher noch nicht beschrieben worden. Weiterhin können mit Hilfe der Methode krankhafte Zustände des Zellstoffwechsels bei Menschen und Tieren festgestellt werden, etwa mitochondrialer Myopathien oder neuromuskulärer Erkrankungen. Gemessen wird mit einem Reflektionsspektrometer im Wellenlängenbereich von 500 – 900 nm. Eine entsprechende Beleuchtungsquelle emittiert Licht in diesem Wellenlängenbereich.

Figur 5 zeigt ein mobiles Spektrometer 1 das hier beispielhaft an einen Muskelbereich angesetzt ist. Über dieses Spektrometer 1 wird im Rahmen eines Spektroskopievorganges Licht in einen Gewebereich m eingekoppelt und hierbei aus diesem Gewebereich austretendes Licht erfasst. Aus dem erfassten Licht werden die hier vereinfacht dargestellten Messsignale MD generiert, die indikativ sind für die spektrale Intensitätsverteilung des erfassten Lichtes. Diese Messsignale MD können im Rahmen eines Datentransfervorganges DT zu einem Auswertungssystem A übertragen und dort ausgewertet werden.

Die über das Auswertungssystem A generierten Auswertungsergebnisse können nach verschiedenen Auswertungskonzepten generiert und verschiedenen Datennutzern DU1, DU2, sowie insbesondere auch dem Anwender des Messgerätes zur Verfügung gestellt werden. Erfindungsgemäß wird im Rahmen einer dem Datentransfervorgang DT vorgelagerten Datenverarbeitungsprozedur DEX eine Prüfung der Messsignale MD auf Grundlage von Plausibilitätskriterien durchgeführt. Zur Abarbeitung dieser Datenverarbeitungsprozedur ist im Bereich des Messgerätes 1 eine Datenverarbeitungseinrichtung 2 vorgesehen. Die Abwicklung des Datentransfervorganges DT erfolgt in Abhängigkeit von dem Ergebnis der durch die lokale Datenverarbeitungseinrichtung 2 abgearbeiteten Plausibilitätsprüfung DEX.

Anhand der Plausibilitätskriterien kann festgestellt werden, ob das Spektrum MD hinreichend plausibel ist oder nicht. Hierzu kann ein Erfüllungsdatensatz generiert werden der den Erfüllungsgrad verschiedener Plausibilitätskriterien beschreibt. Die lokale Datenverarbeitungseinrichtung 2 zur Durchführung der Plausibilitätsprüfung muss nicht zwingend in das Messgerät 1 integriert sein. Es ist auch möglich, diese lokale Datenverarbeitungseinrichtung 2 auf einem Transmittersystem, z.B. PDA Insbesondere Mobiltelefon zu realisieren, über welches optional der Datentransfer zu dem Auswertungsrechnersystem A abgewickelt werden kann. Die Plausibilitätsprüfung kann die Bewertung von Abweichungen der Messsignale von möglichen Messsignalen umfassen. Im Rahmen der Plausibilitätsprüfung kann ermittelt werden, ob sich die Messsignale innerhalb eines bestimmten jeweils wellenlängenspezifischen Wertebereichs befinden. Hierbei kann insbesondere eine Kurvenanalyse durchgeführt werden. Es ist möglich die Plausibilitätsprüfung derart vorzunehmen, dass diese prüft, ob sich für einen gesuchten Stoff, insbesondere Cytochrom hinreichend markante Signaturen in den aufgenommenen Messsignalen finden.

Ein von dem Messgerät als unplausibel erkanntes Spektrum braucht nicht weitergeleitet zu werden, um somit Kosten und Zeit für eine unnötige weitere Auswertung zu sparen. Im Rahmen der Plausibilitätsprüfung kann ermittelt werden, welche Ursachen für etwaige unplausible Signalsequenzen angenommen werden. Weiterhin ist es möglich, inplausible Abschnitte des erfassten Spektrums zu visualisieren. Das Gerät 1 kann derart ausgebildet sein, dass durch dieses eine Reparaturprozedur aktivierbar ist, zur Schaffung eines hinreichend plausiblen Datensatzes auf Grundlage der Messsignale. Grundsätzlich ist es auch möglich, an sich auch unplausible Datensätze zum Auswertesystem A zu senden, beispielsweise um den Zustand der im Feld befindlichen Messsysteme statistisch zu erfassen und entsprechende Maßnahmen einleiten zu können.

Das mobile Spektrometer kann so ausgebildet sein, dass durch dieses bei Vorliegen unplausibler Messdaten entsprechende Fehlercodes oder Handlungsanweisungen ausgegeben werden. Das

Untersuchen der spektroskopischen Messdaten auf Plausibilität erweist sich beim Einsatz eines mobilen Spektrometersystems als besonders vorteilhaft. Die Untersuchung kann noch unmittelbar im Messgerät im Rahmen der Messung, oder unmittelbar im Anschluss daran erfolgen. Die Kriterien der Überprüfung werden dabei den jeweiligen Bedürfnissen angepasst. Auch der Umfang der Überprüfung im Bereich des Messgerätes und vorzugsweise auch im Bereich eines externen, leistungsfähigeren Rechnersystems kann auf den Anwendungsfall abgestimmt werden. Er kann von einer einfachen Prüfung, ob ein Signal vorhanden ist oder nicht, bis zu umfangreichen Tests der Messdaten selbst reichen.

Der Sinn der Plausibilitätsprüfung auf dem Messgerät ist es insbesondere, eine versehentliche Fehlbenutzung zu erkennen. Dann besteht die Möglichkeit einer zeitnahen erneuten Messung. Außerdem wird damit verhindert, dass eventuell zusätzliche Kosten für einen Nutzer in Form von Übertragungsgebühren anfallen. Zu diesem Zweck wird auf dem Messgerät eine Software implementiert, deren prinzipieller Ablauf im Folgenden unter dem Begriff „Fenstervergleich“ beschrieben werden soll.

Korrekt aufgenommene Spektren liegen für eine Anwendung innerhalb eines bestimmten Bereiches (in willkürlichen Einheiten), der von Wellenlänge zu Wellenlänge bei unterschiedlichen Einheiten liegen kann. Die Bandbreite des Bereiches wird zuvor mit Hilfe einer hinreichend großen Anzahl statistisch verteilter Spektren ermittelt. Die eigentliche Prüfung benötigt nicht den gesamten Wellenlängenbereich, sondern nur eine gewisse Anzahl von Prüfstellen innerhalb des Bereiches. Die Anzahl richtet sich dabei nach der Anwendung und wird in der Regel zumindest hinreichend sein. Aus dem gemessenen Spektrum werden nun die Messwerte an den Prüfstellen dahingehend überprüft, ob sie innerhalb des Bereiches liegen oder nicht. Nur wenn alle Messwerte positiv bewertet werden, wird das Spektrum als plausibel akzeptiert.

Bei einem negativen Ergebnis erhält beispielsweise der Nutzer je nach Anwendung eine Fehlermeldung und/oder eine Aufforderung zu einer Wiederholungsmessung. Das ungültige Spektrum wird nicht weitergeleitet. Damit werden unnötig anfallende Kosten für eine Übertragung vermieden. Die Wiederholung der Messung kann gegebenenfalls auch automatisch erfolgen.

War die erste Plausibilitätsprüfung auf dem Messgerät positiv, dann kann sich daran eine weitere Plausibilitätsprüfung anschließen. Diese kann entweder ebenfalls auf dem Messgerät stattfinden oder aber nach Weiterleitung (z.B. per Funk auf einen Zentralrechner, per Kabel/Bluetooth auf den Laptop) auf einem Computer erfolgen. Dies hängt von der Speicher- und der Rechenkapazität des

Messgerätes ab. Gegebenenfalls kann sie auch auf dem Transmittersystem erfolgen, das die Daten zur Auswertung weiterleitet.

Bei dieser Plausibilitätsprüfung wird das Spektrum (z.B. ein Gewebespektrum der menschlichen Haut) mit einem oder mehreren synthetischen Spektren (z.B. zusammengesetzt aus einzelnen Melanin- und Hämoglobinspektren) verglichen. Daraus ergeben sich Schwellwerte ober- bzw. unterhalb derer die Werte aus dem Vergleich liegen. Mit einer hinreichend großen Anzahl statistisch verteilter Spektren werden auch hier im Voraus die Schwellwerte ermittelt. Das Ergebnis des Vergleichs eines gemessenen Spektrums mit einem oder mehreren synthetischen Spektren ist positiv, wenn die Werte ober- bzw. unterhalb des jeweiligen Schwellwertes liegen. Das Spektrum kann nun weiter bearbeitet werden. Bei einem negativen Ausgang wird das Spektrum nicht weiter bearbeitet und der Nutzer erhält eine Fehlermeldung.

Für beide Verfahren gilt, dass an Hand der Prüfstellen ggf. ermittelt werden kann, was der Grund der Fehlermeldung ist. Dies kann dem Nutzer oder dem Zentralrechner mitgeteilt werden. Aus der Analyse dieser Störungen kann auf den Zustand des Messsystems oder typischer Fehlhandlungen bei der Nutzung des Messsystems zurück geschlossen werden. Diese Erkenntnis kann in eine Verbesserung der Hardware und/oder Software oder in eine Optimierung der Betriebsanleitung münden. Es ergibt sich in vorteilhafter Weise eine Zustandsmatrix der im Feld befindlichen Messgeräte.

Der Nutzer kann auf verschiedene Weise (z.B. per mail, SMS, telefonisch etc.) vor dem tatsächlichen Ausfall eines Messgeräts infolge von z.B. zu starker Verschmutzung oder UV-Veränderungen optisch relevanter Bauteile, Verkratzungen der Optik oder anderweitig dem Nutzer nicht direkt erkennbaren dauerhaften Beeinträchtigungen des Messsystems informiert werden, so dass er rechtzeitig das Messsystem einer autorisierten Stelle zur Inspektion übergeben kann. Das hat den Vorteil, dass von ihm geplante Messungen auch termingerecht durchgeführt werden können, und es nicht dazu kommt, dass das System unvorhergesehen ausfällt oder permanent unbrauchbare Messdaten erzeugt und eventuell Regressansprüche auf den Inverkehrbringer des Messsystems zukommen.

Ogleich die vorliegende Erfindung im Zusammenhang mit der Erhebung und Verarbeitung spektroskopischer Messdaten entstanden ist - und beschrieben wurde, ist sie nicht auf diesen Anwendungsbereich eingeschränkt. Sie kann insbesondere im medizinischen und technischen Bereich grundsätzlich dort angewendet werden wo es gilt Messdaten zu erheben und diese zur weiteren Auswertung an ein entferntes Auswertungssystem zu übermitteln.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Generierung eines hinsichtlich des physiologischen Zustands, insbesondere Ausdauerzustandes, einer Person indikativen Auswertungsergebnisses bei welchem:
 - in einen vitalen Muskelbereich Licht eingekoppelt wird,
 - zumindest ein Teil des den Muskelbereich durchstrahlenden Lichts erfasst wird,
 - das erfasste Licht hinsichtlich seiner spektralen Intensitätsverteilung analysiert wird,
 - aus dieser Analyse im Rahmen einer Determinierungsaktion die Konzentration einer Cytochromsubstanz, insbesondere der Cytochrom-C-Oxidase in dem Muskelbereich erfasst wird,
 - und basierend auf der ermittelten Konzentration der Cytochromsubstanz das Auswertungsergebnis bestimmt wird.
2. Verfahren nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass das Auswertungsergebnis derart generiert wird, dass dieses als Angabe eines Ausdauerzustandes im Zeitbereich der Determinierungsaktion interpretierbar ist.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass im Rahmen einer zeitlich nachfolgenden Observationsaktion der Muskelbereich erneut durchleuchtet und der Ausdauerzustand erneut bestimmt wird.
4. Verfahren nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass das Auswertungsergebnis derart generiert wird, dass dieses als Angabe eines Trainingsfortschrittes interpretierbar ist.
5. Verfahren nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass das Auswertungsergebnis derart generiert wird, dass dieses als Prognose zur Trainingswirkung, oder einer anderweitigen Entwicklung interpretierbar ist.
6. Verfahren nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Erfassung der Konzentration der Cytochrom-C-Oxidase die Messung an mehreren Körperstellen beinhaltet.
7. Verfahren nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass die spektrometrische Messung der Cytochrom-C-Oxidase die Messung an Laufmuskeln, insbesondere der Waden- und/oder Schenkelmuskulatur beinhaltet.
8. Verfahren nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass zusätzlich zur spektrometrischen Messung hinsichtlich des Ausdauerzustandes indikative Daten im Rahmen eines Belastungstests ermittelt werden.

9. Verfahren nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass der Belastungstest die Erhebung spirometrischer, plusfrequenzspezifischer, und/oder blutdruckspezifischer Messdaten beinhaltet.
10. Verfahren nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Erfassung der Konzentration der Cytochrom-Substanz unter Verwendung eines als mobiles Handgerät ausgeführten Spektrometers erfolgt.
11. Verfahren nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Auswertungsprozedur durch ein elektronisches Rechnersystem abgewickelt wird.
12. Verfahren nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass dieses Rechnersystem einen Teil des mobilen Handgerätes bildet.
13. Verfahren nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass das Rechnersystem als externes Rechnersystem ausgeführt ist, und dass die spektrometrischen Messdaten zu diesem Rechnersystem übertragen werden.
14. Verfahren nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass durch das Rechnersystem eine Prognostizierungsfunktion abgearbeitet wird, die unter Benutzung eines typischen Zusammenhangs zwischen der Konzentration der Cytochrom-C-Oxidase und dem Ausdauerzustand auf diesen schließt.
15. Verfahren nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass die Prognostizierungsfunktion unter Einbindung weiterer personenspezifischer Parameter, z.B. Body-Indizes abgearbeitet wird.
16. Auswertungssystem zur Generierung eines hinsichtlich des physiologischen Zustands, insbesondere Ausdauerzustandes einer Person indikativen Auswertungsergebnisses, mit:
- einer Messeinrichtung zur Erhebung von hinsichtlich der Konzentration der Cytochrom-C-Oxidase einer Person indikativen Konzentrations-Messsignalen auf spektrometrischem Wege und
 - einer Datenverarbeitungseinrichtung,
 - wobei die Datenverarbeitungseinrichtung derart ausgebildet ist, dass über diese auf Grundlage der spektrometrischen Messsignale ein Auswertungsergebnis generiert wird, das Aufschluss über einen erwarteten Ausdauerzustand gibt.
17. Auswertungssystem nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, dass die Datenverarbeitungseinrichtung derart konfiguriert ist, dass durch diese die Verarbeitung der Messsignale nach Maßgabe des Verfahrens gemäß wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 15 erfolgt.

18. Mobiles Messgerätesystem mit:

- einer Spektrometereinrichtung zur Erfassung eines hinsichtlich der Konzentration einer Cytochrom-Substanz in einem vitalen Gewebebereich indikativen Messsignales und
- einer Anzeigeeinrichtung zur Anzeige der Konzentration der Cytochromsubstanz, und/oder zur Anzeige eines unter Berücksichtigung dieser Konzentration ermittelten Auswertungsergebnisses.

19. Mobiles Messgerätesystem nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, dass die Anzeigeeinrichtung als Bildwiedergabedisplay ausgebildet ist, und die Anzeige des Auswertungsergebnisses in Form einer graphischen Darstellung erfolgt.

20. Mobiles Messgerätesystem nach Anspruch 18 oder 19, dadurch gekennzeichnet, dass dieses eine Rechneinrichtung umfasst zur Auswertung der Messsignale und zur Generierung von zur Ansteuerung der Anzeigeeinrichtung vorgesehenen Signalen.

21. Verfahren zur Auswertung spektroskopischer Messsignale, bei welchem:

- im Rahmen eines Spektroskopievorganges Licht in einen Gewebebereich eingekoppelt wird und aus diesem Gewebebereich austretendes Licht erfasst wird,
- wobei zu diesem Licht Messsignale generiert werden, die indikativ sind für die spektrale Intensitätsverteilung des erfassten Lichtes,
- wobei diese Messsignale, im Rahmen eines Datentransfervorganges zu einem Auswertungssystem übertragen und ausgewertet werden,
- **dadurch gekennzeichnet**, dass im Rahmen einer dem Datentransfervorgang vorgelagerten Datenverarbeitungsprozedur eine Prüfung der Messsignale auf Grundlage von Plausibilitätskriterien erfolgt, und dass die Abwicklung des Datentransfervorganges in Abhängigkeit von dem Ergebnis der Plausibilitätsprüfung erfolgt.

22. Verfahren nach Anspruch 21, dadurch gekennzeichnet, dass anhand der Plausibilitätskriterien festgestellt wird, ob das Spektrum hinreichend plausibel ist oder nicht.

23. Verfahren nach Anspruch 21 oder 22, dadurch gekennzeichnet, dass ein Erfüllungsdatensatz generiert wird, der den Erfüllungsgrad verschiedener Plausibilitätskriterien beschreibt.

24. Verfahren nach wenigstens einem der Ansprüche 21 bis 23, dadurch gekennzeichnet, dass die Plausibilitätsprüfung die Bewertung von Abweichungen der Messsignale von möglichen Messsignalen umfasst.

25. Verfahren nach wenigstens einem der Ansprüche 21 bis 24, dadurch gekennzeichnet, dass im Rahmen der Plausibilitätsprüfung ermittelt wird, ob sich die Messsignale innerhalb eines bestimmten jeweils wellenlängenspezifischen Wertebereichs befinden.
26. Verfahren nach wenigstens einem der Ansprüche 21 bis 25, dadurch gekennzeichnet, dass im Rahmen der Plausibilitätsprüfung eine Kurvenanalyse erfolgt.
27. Verfahren nach wenigstens einem der Ansprüche 21 bis 26, dadurch gekennzeichnet, ein auf einem Messgerät als unplausibel erkanntes Spektrum nicht weitergeleitet wird, um somit Kosten und Zeit für eine unnötige weitere Auswertung zu sparen.
28. Verfahren nach wenigstens einem der Ansprüche 21 bis 27, dadurch gekennzeichnet, dass im Rahmen der Plausibilitätsprüfung ermittelt wird, welche Ursachen für etwaige unplausible Signalsequenzen angenommen werden.
29. Verfahren nach wenigstens einem der Ansprüche 21 bis 28, dadurch gekennzeichnet, dass inplausible Abschnitte des erfassten Spektrums visualisiert werden.
30. Verfahren nach wenigstens einem der Ansprüche 21 bis 29, dadurch gekennzeichnet, dass eine Reparaturprozedur aktivierbar ist, zur Schaffung eines hinreichend plausiblen Datensatzes auf Grundlage der Messsignale.
31. Verfahren nach wenigstens einem der Ansprüche 21 bis 30, dadurch gekennzeichnet, dass auch unplausible Datensätze zum Auswertesystem gesendet werden, um den Zustand der im Feld befindlichen Messsysteme statistisch zu erfassen und entsprechende Maßnahmen einleiten zu können.
32. Verfahren nach wenigstens einem der Ansprüche 21 bis 31, dadurch gekennzeichnet, dass bei Vorliegen unplausibler Messdaten entsprechende Fehlercodes oder Handlungsanweisungen ausgegeben werden.
33. Mobiles Spektrometersystem zur Erhebung und Auswertung spektroskopischer Messsignale, mit:
- einer Lichtquelleneinrichtung zum Einkoppeln von Licht in einen zu untersuchenden Gewebebereich,
 - einer Lichterfassungseinrichtung zum Erfassen von Licht das aus diesem Gewebebereich heraustritt,
 - einer Messsignalaufzeichnungseinrichtung zum Aufzeichnen von Daten die zu dem erfassten Licht generiert werden, und welche indikativ sind für die spektrale Intensitätsverteilung des erfassten Lichtes,

dadurch gekennzeichnet, dass im Bereich des Spektrometersystems eine Datenverarbeitung vorgesehen ist, die derart konfiguriert ist, dass im Rahmen einer Datenverarbeitungsprozedur eine Prüfung der Messsignale auf Grundlage von Plausibilitätskriterien erfolgt.

34. Mobiles Spektrometersystem nach Anspruch 33, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Gerät derart gestaltet ist, dass die Abwicklung eines Datentransfervorganges der als solcher der Übertragung der Messdaten, oder hiervon abgeleiteter Messdaten zu einem Auswertungsrechnersystem dient, in Abhängigkeit von dem Ergebnis der Plausibilitätsprüfung erfolgt.

35. Verfahren zur Auswertung von Messsignalen, bei welchem:

- im Rahmen eines Messvorganges Messsignale generiert werden,
- wobei diese Messsignale, im Rahmen eines Datentransfervorganges zu einem Auswertungssystem übertragen und ausgewertet werden,
- **dadurch gekennzeichnet**, dass im Rahmen einer dem Datentransfervorgang vorgelagerten Datenverarbeitungsprozedur eine Prüfung der Messsignale auf Grundlage von Plausibilitätskriterien erfolgt, und dass die Abwicklung des Datentransfervorganges in Abhängigkeit von dem Ergebnis der Plausibilitätsprüfung erfolgt.

36. Verfahren zur Auswertung von Messsignalen, bei welchem:

- im Rahmen eines Messvorganges Messsignale generiert werden,
- wobei diese Messsignale, im Rahmen eines Datentransfervorganges zu einem Auswertungssystem übertragen und ausgewertet werden,
- **dadurch gekennzeichnet**, dass im Rahmen einer dem Datentransfervorgang vorgelagerten Datenverarbeitungsprozedur eine Prüfung der Messsignale auf Grundlage von Plausibilitätskriterien erfolgt, und dass nach Maßgabe dieser Prüfung angegeben wird, ob die Messung voraussichtlich aussagekräftig ist.

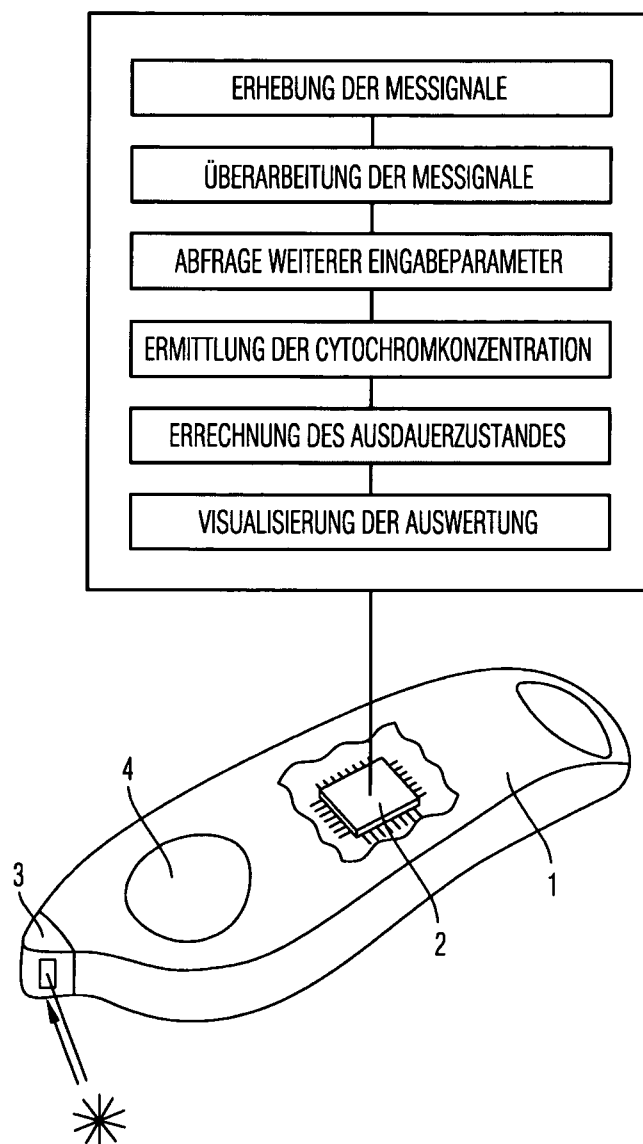


Fig. 1

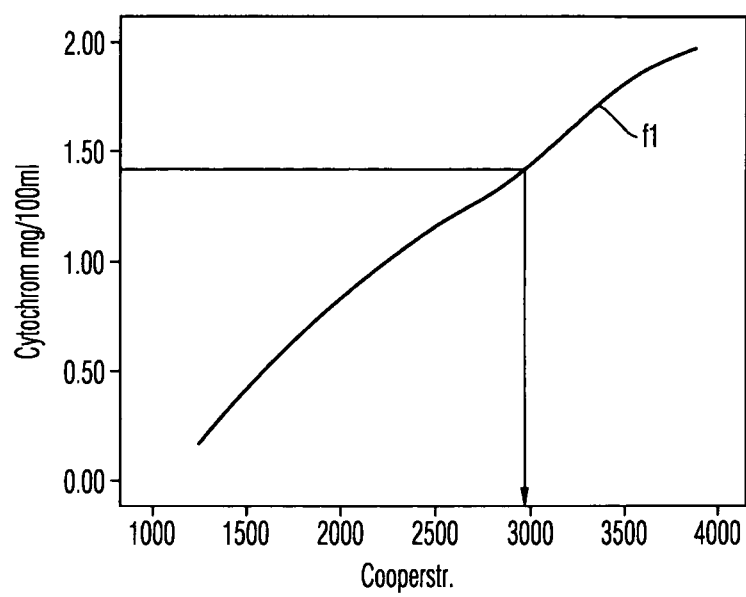


Fig. 2

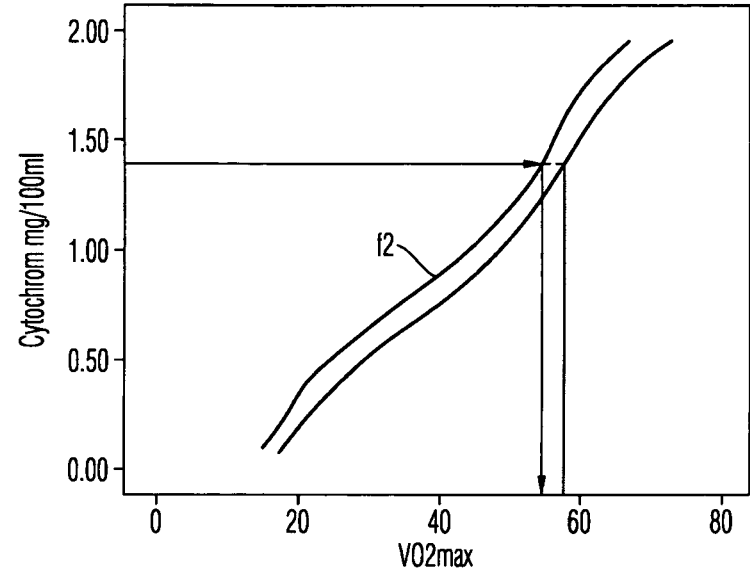


Fig. 3

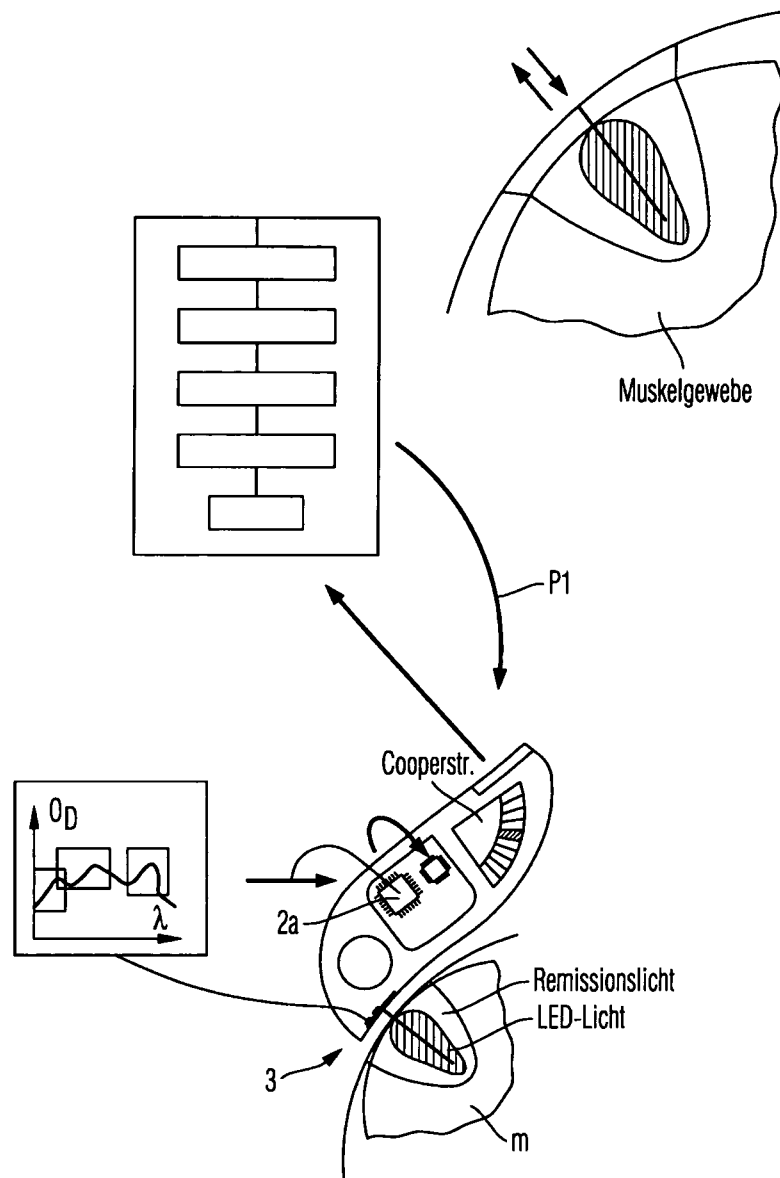
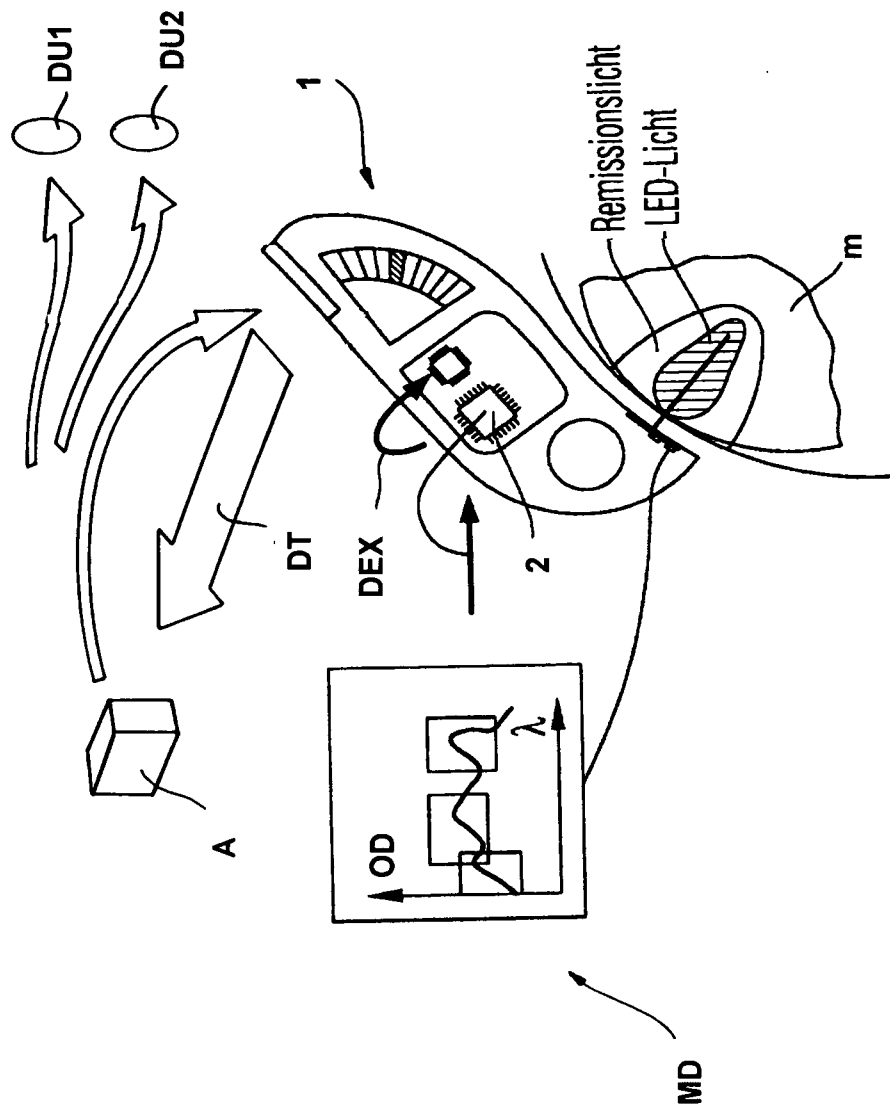


Fig. 4

**Fig. 5**

专利名称(译)	用于生成指示人的生理状态，特别是耐力状态的评估结果的方法和评估系统		
公开(公告)号	EP1981398A2	公开(公告)日	2008-10-22
申请号	EP2007703002	申请日	2007-01-24
[标]申请(专利权)人(译)	OPSOLUTION光谱SYST		
申请(专利权)人(译)	OPSOLUTION光谱系统有限公司		
当前申请(专利权)人(译)	OPSOLUTION光谱系统有限公司		
[标]发明人	KOCHER WOLFGANG HOHEISEL HARDY KRIEG JURGEN SANDHAGEN CARL		
发明人	KÖCHER, WOLFGANG HOHEISEL, HARDY KRIEG, JÜRGEN SANDHAGEN, CARL		
IPC分类号	A61B5/00 G01N21/49 G01N21/35 G01N21/47 G01N21/31		
CPC分类号	A61B5/0059 A61B5/0002 A61B5/145 A61B5/4519 A61B5/4884 G01N21/359		
代理机构(译)	RÖSSIG , ROLF		
优先权	102006003499 2006-01-24 DE 102006011063 2006-03-08 DE		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

本发明涉及一种用于产生指示人的生理状态，特别是耐力状态的评估结果的方法和评估系统。本发明还涉及一种用于处理与光谱获得的测量信号的评估有关的数据传输的系统和方法。本发明解决了提供解决方案的问题，该解决方案使得可以获得关于身体能力，特别是耐力状态的至少基本上客观的指示，或者特别是，训练诱导或治疗引起的耐力和训练一个人的状态。该问题通过本发明的第一方面通过用于产生评估结果的方法来解决，该评估结果指示人的身体能力，特别是耐力状态。根据该方法，光被耦合到重要的肌肉区域，检测通过肌肉区域传播的光的至少一部分，分析检测到的光的光谱强度分布，从中检测作为氧化还原催化剂活性的物质的浓度。在测试期间进行该分析，并且基于检测到的浓度确定评估结果。