

Schwimmassistenz durch Erkennung der körperlichen Aktivität im Wasser

Gerald Bieber¹, Claudia Herzig¹, Marian Lüder², Ralf Salomon²

¹ Fraunhofer IGD, J.-Jungius-Str. 11, 18059 Rostock, gerald.bieber@igd-r.fraunhofer.de

² Universität Rostock, Richard-Wagner-Str. 31, 18119 Rostock

Kurzfassung

Das Schwimmen ist eine olympische Sportart und gilt als die derzeit gesündeste Freizeitbeschäftigung mit dem geringsten Verletzungsrisiko. Die Belastung der Gelenke und Knochen ist durch den Auftrieb im Wasser deutlich reduziert. Die Wassertemperatur wirkt anregend auf den Kreislauf und fast alle Muskeln werden bei der Schwimmbewegung genutzt. Besonders für Ältere ist das Schwimmen vorteilhaft, da eine körperliche Aktivität sanft und kostengünstig ausgeführt werden kann. In Rostock wurde in den letzten Jahren mit DiaTrace eine Technologie entwickelt, die es ermöglicht, mittels dreiachsigen Beschleunigungssensoren die Ausübung von körperlicher Aktivität zu messen. Aktivitätsmonitoring im Wasser kann genutzt werden, um Probleme des Schwimmers zu detektieren und somit schnelle Hilfe und Rettung zu erleichtern. Der vorliegende Beitrag beschreibt die Möglichkeiten einer Aktivitätserkennung beim Schwimmen und die damit verbundenen Optionen zum Erkennen einer kritischen Situation und Einleiten von Schutzmaßnahmen (Alarmmeldung, Aufblasen von Notbojen etc.).

Abstract

Swimming is an Olympic sport and is regarded as one of the healthiest sport with a minimum risk of injury. The body weight for joints and bones is reduced in the water. The water temperature stimulates the circulation and almost all the muscles used while swimming. Especially for older people swimming is advantageous, because the physical activity is smooth and constantly as well as quite cheap. The technology DiaTrace enables physical activity recognition by three-axis acceleration sensors. This technology can be adapted to activity monitoring in the water, which can be used to detect problems while swimming with the aim to provide a swim support or a fast rescue. This paper describes the possibilities of activity recognition from swimming, and associated options for recognizing a critical situation and introduction of protective measures (alarms, inflate swim aids etc.).

1 Einführung

Das Schwimmen ist eine olympische Sportart und gilt als die derzeit gesündeste Freizeitbeschäftigung mit dem geringsten Verletzungsrisiko. Die Belastung der Gelenke und Knochen ist durch den Auftrieb im Wasser deutlich reduziert. Die Wassertemperatur wirkt anregend auf den Kreislauf und fast alle Muskeln werden bei der Schwimmbewegung genutzt. Besonders für Ältere ist das Schwimmen vorteilhaft, da eine körperliche Aktivität sanft und kostengünstig ausgeführt werden kann.

Das Schwimmen ist auch bis zum hohen Lebensalter geeignet, es fördert Beweglichkeit sowie Lebensqualität und ermöglicht auch Einsparungen an teurer Krankengymnastik. Leider erlernen immer weniger Kinder frühzeitig das Schwimmen, oder trainieren das einmal Erlernte nicht ausreichend, so dass es öfter zu tödlichen Unfällen kommt. Auch Ältere vermeiden häufig aus Unsicherheit über ihre eigene Leistungsfähigkeit das Schwimmen.

In Rostock wurde in den letzten Jahren eine Technologie entwickelt, die es ermöglicht, mittels dreiachsigen Beschleunigungssensoren die Ausübung von körperlicher Aktivität zu messen. Mittels dieser Technologie, DiaTrace [1], ist man bereits heute in der Lage, häufig an Land aus-

geführte Bewegungen wie Gehen, Laufen, Hüpfen, Auto- oder Fahrradfahren zu detektieren.

Beim Schwimmen bewegt sich der Körper ebenfalls mit spezifischen Bewegungen, die durch einen am Körper getragenen Beschleunigungssensor messbar sind [2].

Es ist daher möglich, die Dauer und Intensität des Schwimmens durch eine Aktivitätsmesssystem zu erfassen und dem Schwimmer in Form geeigneter Visualisierungskomponenten darzustellen. Für Schwimmanfänger bietet es sich an, spielerisch die Schwimmleistung als elektronisches Schwimmbzeichen zu visualisieren. Hierfür wurde ein mobiles Schwimmmessgerät entwickelt, welches neben der Schwimmart und der Ausführung des Schwimmszuges auch die Schwimmszugfrequenz erkennt.

Die erste prototypische Umsetzung des Gerätes wird an einem Badeanzug oder an der Badehose angebracht. Je nach erreichter Schwimmleistung leuchtet es in unterschiedlichen Farben und dient somit als elektronisches Schwimmbzeichen.

Dieses „Seesternchen“ [3] ist vor allem geeignet, um Kinder an das Schwimmen heranzuführen und sie zu intensiverem Training und korrekter Ausführung der Schwimmbewegungen in den verschiedenen Stilen zu motivieren. Das Seesternchen erkennt ebenfalls Sprünge vom 3 Meter Sprungturm und visualisiert die erfolgreiche Ausführung.

Für ältere Schwimmer sind nicht die Motivation zur Ausführung des Schwimmens, sondern die mit dem Schwimmen einhergehenden Risiken relevant. Hierzu zählen plötzlich auftretende Krämpfe oder Ermüdungserscheinungen. Die Detektion von Unregelmäßigkeiten in den Schwimm-ausführungen kann hierbei das Ziel verfolgen, diese Notfälle rechtzeitig zu erkennen und entsprechende Maßnahmen einzuleiten.

2 Stand der Technik

Eine Bewegungserkennung an Land mittels Beschleunigungssensoren wird bereits seit den 90er Jahren durch internationale Forschungsinstitutionen adressiert. Im Fokus der Arbeiten steht hierbei die Identifikation der Bewegungsform im Alltag, d.h. die Unterscheidung zwischen Ruhe, Gehen, Laufen etc. Das MIT zeigte in [4],[5] die Machbarkeit der Bewegungserkennung mit Mehrpunkt-Sensorsystemen auf. Intel Research nutzt zur Bewegungserkennung eine Spezialhardware iMote, die durch Nutzung hoher Leistungskennwerte (beispielsweise Abtastfrequenzen von 550 Hz) eine Bewegungserkennung ermöglicht [6]. Die Miniaturisierung der Messsensorik von der Größe einer Uhr erlaubt im Rahmen des Projektes eWatch [7] eine Aktivitätserfassung am Handgelenk. In Form von Datenloggern (d.h. ohne umfassende oder nur grobe Bewegungserkennung) sind kommerzielle Produkte am Markt, hierzu zählt das GT3, xSense, Shimmer-Research, ActiWatch, Aipermon oder Philips DirectLife etc. Durch das Projekt DiaTrace [8] ist das Standardhandy mit integriertem Beschleunigungssensor zum Bewegungsmesser im Alltag geworden.

Im Bereich des Schwimmens wurde die Nutzung der Bewegungsmessung bereits 1978 mittels Beschleunigungssensoren untersucht [9]. 2002 wurde im Rahmen des Projektes Dr. Feelgood [10] von dem früheren EML Research, dem heutigen HITS, Heidelberger Institut für Theoretische Studien, ein mobiles Erfassungssystem zur Messung verschiedener Bewegungen des Schwimmers (DigiCoach) entwickelt. Die Arbeiten wurden jedoch nach Projektende nicht weiter vorangetrieben. Die ETH Zürich erforscht im Projekt SwimMaster [11] das Konzept zur mobilen Schwimmassistenz. Hierbei werden ebenfalls Beschleunigungssensoren eingesetzt. Seit Ende 2009 ist durch die britische Firma Swimovate das Produkt Pool-Mate am Markt verfügbar [12]. Pool-Mate wird am Handgelenk getragen und unterstützt die automatische Erkennung der Bahnenanzahl und ist dadurch Ausdauerschwimmern sehr hilfreich. In den Arbeiten der Griffith University, Australien [13] konnte gezeigt werden, dass eine Analyse von Beschleunigungssensordaten im Beckenbereich eine genauere automatische Zählung der geschwommenen Bahnen zulässt als eine manuelle. Eine gute Erkennungsrate der Schwimmbewegung wurde ebenfalls bei Handgelenksensoren nachgewiesen [14] und mittels Videoanalyse evaluiert [15]. Eine Aktivitätserkennung mit dem Ziel ein elektronisches Schwimmabzeichen für Schwimmanfänger oder Hobbysportler aufzubauen, welches u.a. auch Sprünge

vom 3m-Turm erkennt, wird in dem Projekt Seesternchen [3] verfolgt.

Typische Schwimmhilfen sind Auftrieb gebende Schwimmkörper. Diese werden an den Oberarmen (Schwimmflügel) oder als Bauchgurt (z.B. back bubble) getragen. Einige Schwimmhilfen, beispielsweise Schwimmbretter oder Schwimnudeln müssen stets festgehalten werden. Die Schwimmhilfen sind jedoch voluminös und sofort als Schwimmhilfe erkennbar. Zur Abwehr von Notzuständen im Wasser existieren in unterschiedlichsten Ausführungen und Sicherheitsklassen Rettungs- bzw. Schwimmwesten. Der Fachverband Seenot-Rettungsmittel (FSR) unterscheidet hierbei zwischen Feststoffwesten, bei denen der Auftriebskörper stets über das gleiche Volumen verfügt sowie aufblasbare Rettungswesten, deren Schwimmkörper erst im Einsatzfall den Auftrieb erzeugt. Für Rettungswesten gelten entsprechende EU-Vorschriften für die Zulassung. Es existieren ebenfalls Rettungswesten mit integriertem Funk-Seenotsender sowie diverse Leuchtfunktionen. Der automatische Auslösemechanismus basiert stets auf Wasserkontakt, nicht jedoch auf die Bewegungserkennung oder Anomalien in der Schwimmausführung.

Die Analyse des Standes der Technik zeigt auf, dass eine Schwimmdetektion mittels Beschleunigungssensorik möglich sowie der Einsatz der Schwimmbewegungserkennung als Auslösemechanismus für aufblasbare Schwimmhilfen denkbar ist.

3 Bewegungserkennung

Das Ziel von Not- und Unterstützungssystemen im Wasser ist es, Probleme des Schwimmers zu detektieren und somit schnelle Hilfe und Rettung zu erleichtern. Dafür ist es notwendig, das Schwimmen zu detektieren und Anomalien abzuleiten.

Für die Schwimmbewegung werden Beschleunigungsdaten mit einem dreidimensionalen Beschleunigungssensor erhoben. Hierbei ist der Datenbereich von $+2g$ ausreichend. Die Beschleunigungsdaten werden mit einer Abtastfrequenz von 20Hz sowie 32 Hz erhoben und mit 6bit/g digitalisiert. Als Trageposition des Sensors wurde der Hüftbereich ausgewählt, da hier eine Sensorik am unaufdringlichsten befestigt werden kann.

Aus den aufgezeichneten Rohdaten wurden Datensätze (Frames) zusammengestellt, die aus 64 Einzelmesswerten (8Samples) bestehen. Die Bewegungserkennung wird auf einem mobilen Gerät am Körper durchgeführt.

Bei einer Evaluation wurde davon ausgegangen, dass der Sensor fest am Körper fixiert und die Orientierung des Sensors bekannt ist. Durch die Lage und der Messung der Richtung der Erdgravitation ergibt sich ein gutes Merkmal zur Identifikation, ob die Bewegung Brust- oder Rückenschwimmen ausgeführt wurde. Das System klassifiziert im Laborumfeld die Bewegungsformen Brust-, Kraul- und Rückenschwimmen mit einer Gesamterkennungsrate von 99,5% (244 / 245 Instanzen). Die Erkennungsrate zur Un-

terscheidung, ob Rücken- oder Brustschwimmen ausgeführt wurde, lag bei 100%.

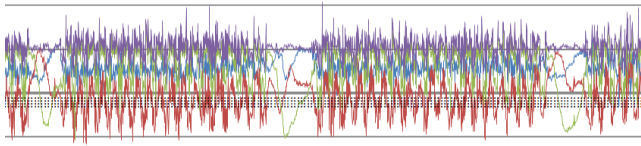


Abbildung 1: Gemessene Beschleunigungswerte beim Kraulen

Zur Klassifizierung wurde der Entscheidungsbaum J48 eingesetzt, der es erlaubt, eine mobile Klassifizierung auf dem Prototypen zum Einsatz zu bringen.

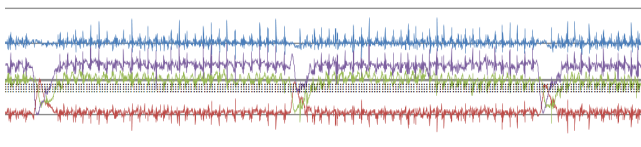


Abbildung 2: Gemessene Beschleunigungswerte beim Brustschwimmen

In den Abbildungen Abb.1 und Abb.2. sind die gemessenen Beschleunigungswerte in m/s^2 des Messsystems hinsichtlich der drei Achsen über die Zeit in Sekunden abgebildet. Die Abb.1 verdeutlicht, dass die Hüftbewegung beim Kraulen anders ist, als die Hüftbewegung die in Abb.2, d.h. beim Brustschwimmen erhoben wurde. Die grafische Darstellung der Beschleunigungskräfte bestätigt das Klassifikationsverhalten, dass sich die Kraulbewegung stärker von der Brust- bzw. Rückenschwimmbewegung unterscheidet.

4 Kritische Situationen

Das Erkennen von Unregelmäßigkeiten beim Schwimmen kann ein Indikator für das Auftreten von Notfallsituationen sein. Durch eine frühzeitige Detektion dieser Situationen können entsprechende Gegenmaßnahme eingeleitet werden. So kann z.B. eine elektronische Nachricht an den Rettungsturm am Strand geschickt oder ein akustischer Alarm in der Hotelschwimmhalle ausgelöst werden. In trüben oder unübersichtlichen Gewässern könnte das Gerät mit einer Notboje kombiniert werden, die sich im Ernstfall automatisch aufblasen und so den Standort des Schwimmers an der Wasseroberfläche anzeigen kann bzw. als Notfall-Schwimmhilfe Unterstützung leistet. Diese proaktiven Schwimmhilfen sind nur im Notfall aktiv und begegnen den Sicherheitsbedenken älterer, unsicherer Schwimmer, dass sie bei Erschöpfung, Kreislaufprobleme oder Krämpfen den Weg zurück zum Ufer nicht mehr schaffen könnten. Im Jahr 2001 sind in Deutschland 90 Kinder unter 15 Jahren ertrunken, 50 davon waren unter fünf Jahre alt. Damit ist Ertrinken die häufigste Todesursache für Kleinkinder.

Es kann daher zwischen folgenden kritischen Schwimmsituationen unterschieden werden:

- Der Schwimmer ist noch in der Lage sich fortzubewegen und über Wasser zu halten, kritisch ist, ob er sich eigenständig außerhalb eines Gefahrenbereiches bringen kann. Dieses ist bei z.B. Erschöpfung nicht mehr gegeben.
- Der Schwimmer ist nicht mehr in der Lage sich fortzubewegen, er kann sich nur noch über Wasser halten. Dieses ist bei z.B. einem Krampf gegeben.
- Der Schwimmer ist nicht mehr in der Lage sich über Wasser zu halten. Dieses ist bei z.B. Nichtschwimmern im Wasser (Kleinkind stürzt in den Pool) gegeben.

Vor dem Eintritt der kritischen Situationen liegt eine unkritische Situation vor, die als Normalzustand definiert wird. Es ist daher das Ziel, den Normalzustand und den Übergang (Transition) in den kritischen Zustand zu erkennen oder zusätzlich dazu, die Transition oder die kritische Situation direkt zu detektieren. Die kritische Situation kann darüber hinaus willentlich oder willenlos erfolgen.

Es zeigt sich, dass bei dem Vorliegen einer kritischen Situation der Schwimmer selbst nicht mehr in der Lage ist, sich selbständig zu helfen. Die Unterstützung kann daher nur durch ein automatisiertes Hilfssystem (z.B. Aufblaskörper) oder durch fremde Hilfe erfolgen.

Das Wasser als Medium ist ungeeignet, elektronische Signale mit der Wellenlänge von GSM/UMTS oder Bluetooth oder WLAN zu übertragen. Es bieten sich daher besonders für Pools oder Schwimm- und Freibäder Ultraschallverfahren an.

5 Gesamtarchitektur

Die Bewegungserkennung beim Schwimmen besteht aus mehreren Modulen und Verarbeitungsschritten. Diese Module können vereinfacht als ein Modell abgebildet und in einer Gesamtarchitektur zusammengefasst werden, welche in Abbildung 3 dargestellt ist. Das erste Modul „Sensor selection and Preprocessing“ beinhaltet neben der Aufnahme der Sensordaten die Vorverarbeitung der Rohdaten für eine effiziente Weiterverarbeitung. Im zweiten Modul „Feature Extraction“ werden aus den vorbereiteten Daten die zur Detektion der Bewegung relevanten Merkmale extrahiert. Das dritte und vierte Modul „Classification“ sorgt dann auf Basis der Sensorwerte sowie der zuvor extrahierten Merkmale für die Klassifikation der vorliegenden Bewegungen. Das abschließende Modul „Task Execution“ ist anschließend in der Lage, abhängig von den zuvor getroffenen Entscheidungen entsprechende Unterstützungs-/Rettungsmaßnahmen einzuleiten. So kann es beispielsweise einen Notruf absetzen oder einen Alarm aktivieren.

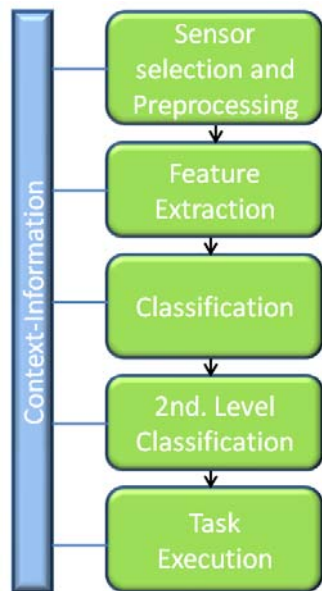


Abbildung 3: Gesamtarchitektur zur Bewegungserkennung während des Schwimmens

In Zukunft ist es denkbar die Anwendung auch auf Wristphones (Armbanduhren-Handy) zu installieren. Es existieren bereits wasserdichte, javafähige Wristphones auf dem Markt, allerdings bislang noch ohne Beschleunigungssensor. Der vorliegende Prototyp klassifiziert die Sensordaten bereits auf einem Java-basierenden Handy und kann die Bewegungsformen Brustschwimmen, Kraulen und Rückenschwimmen unterscheiden. Es ist jedoch sinnvoll, eine speziell angepasste Hardware zum Einsatz zu bringen, welche es ermöglicht, das System in die Badekleidung zu integrieren. Anhand von aufblasbaren Schwimmkörpern könnte eine Signalisierung und Schwimmunterstützung erreicht werden.

6 Zusammenfassung und Ausblick

Das vorliegende Paper beschreibt die Möglichkeiten der automatischen Erkennung von Schwimmbewegungen mittels dreidimensionalen Beschleunigungssensoren. Durch die Bewegungserkennung wird es möglich Anomalien des Schwimmens zu erkennen und dieses zur Detektion eines Notfalls zu nutzen. Dieses bietet die Möglichkeit, unaufdringliche Schwimmhilfen zur Verfügung zu stellen, die nur für den Bedarfsfall aktiv werden und eine Unterstützung bzw. Notfallmeldung geben. Dieses Systeme könnten ungeübten Schwimmern oder unsicheren Senioren eine Unterstützung liefert, die den Schwimmspaß unterstützen und einer Notfallsituation vorbeugen.

Die bisherige Entwicklung untermauert diese Vision, jedoch sind bedarfsgerechte Notfallerkennungssysteme nur Gegenstand aktueller Forschung.

7 Danksagung

Wir danken Christopher Sablowski, Rene Gradewald und Matthias Hinkfoth für Ihre Projektunterstützung.

8 Literatur

- [1] Bieber G., Voskamp J., Urban B., Activity Recognition for everyday life on Mobile Phones, HCHI 2009, 15th International Conference on Human-Computer-Interaction, San Diego, U.S.A., July 19-24, 2009
- [2] Baechlin M., Foerster K., Tröster G.: SwimMaster: A wearable assistant for swimmer, in: Ubicomp '09: Proceedings of the 11th international conference on Ubiquitous computing, Orlando, Florida, USA, pages 215-224, ACM, 2009
- [3] Bieber G., Sablowski C., Luthardt A., Lueder M., Salomon R., Urban B.: Erkennung der körperlichen Aktivität beim Schwimmen mittels Beschleunigungssensoren, 5. Kongress der Multimedialechnik 30.9.2010, Wismar, Germany, 2010
- [4] DeVaul R. W., Dunn S., Real-Time Motion Classification for Wearable Computing Applications, Technical report, Media Laboratory, Massachusetts Institute of Technology, 2001
- [5] Bao L. Intille S., Activity Recognition from User-Annotated Acceleration Data, Eds. A. Ferscha and F. Mattern (Eds.): Pervasive 2004, LNCS 3001, pp. 1-17, Springer-Verlag, 2004
- [6] Lester J., Choudhury T., Borriello G., Consolvo S., Landay J., Everitt K., Smith L., Sensing and Modelling Activities to Support Physical Fitness, Ubicomp Workshop: Monitoring, Measuring and Motivating Exercise: Ubiquitous Computing to Support Fitness, October 2005
- [7] Maurer U. et al., Location and Activity Recognition Using eWatch: A Wearable Sensor Platform, Ambient Intelligence in Every Day Life, LNCS 3864, Springer, pp. 86-100, 2006
- [8] Bieber G., Peter C., Using Physical Activity for User Behavior Analysis, Selected Readings in Computer Graphics 2008, Fraunhofer IRB Verlag, 2009
- [9] Boeckh M., Elektronischer Trainer, Spektrum der Wissenschaft, 4 / 2002
- [10] Holmer. I.: Analysis of Acceleration as a Measure of Swimming Proficiency, in: Terauds, J. and Bedingfield, E.W., eds., Swimming III, University Park Press, Baltimore, MD, p. 118-124, 1978
- [11] Baechlin M., Foerster K., Tröster G.: SwimMaster: A wearable assistant for swimmer, in: Ubicomp '09: Proceedings of the 11th international conference on Ubiquitous computing, Orlando, Florida, USA, pages 215-224, ACM, 2009
- [12] Swimovate Ltd, 4 The Worple, Wraysbury, Staines, Middlesex, TW19 5NY, United Kingdom, www.swimovate.com
- [13] Craig AB Jr, Skehan PL, Pawelczyk JA, Boomer WL: Velocity, stroke rate, and distance per stroke during elite swimming competition, Med Sci Sports Exerc. 1985 Dec;17(6):625-34, 1985
- [14] Davey, N.P., Acquisition and Analysis of Aquatic Stroke Data from an Accelerometer Based System, Masters of Philosophy Dissertation, Griffith University, 2004
- [15] Callaway A.: A comparison of video and accelerometer based approaches applied to performance monitoring swimming, International Journal of Sports Science & Coaching Volume 4, Number 1, 2009
- [16] Ohgi, Y.: Microcomputer-Based Acceleration Sensor Device for Sports Biomechanics – Stroke Evaluation by Using Swimmer's Wrist Acceleration, IEEE Sensors, 2002a, p. 699- 704, 2002