

Prognose von Wettkampfleistungen im Schwimmen von Menschen mit Behinderungen - Einsatz Neuronaler Netze

Lutz Schega (Projektleiter), Jürgen Edelmann-Nusser & Jan Pabst

Universität Magdeburg, Institut für Sportwissenschaft

Problem

Die Zielsetzung des Betreuungsprojektes bestand darin, auf der Basis von individuellen Trainingsdaten und Wettkampfleistungen, den Prozess der Modellierung Neuronaler Netze für das Schwimmen von Menschen mit Behinderung zu ermöglichen. Darauf abgestellt können Hinweise für die Vorbereitungsphasen (Taper- und Hochbelastungsphase), die der unmittelbaren Wettkampfvorbereitung dienen und als wesentlicher Bestandteil der Wettkampfleistung gelten, analysiert und abgeleitet werden. Ausgehend von diesem modellorientierten Datentransfer in die Praxis und den trainingsmethodischen Erkenntnissen bez. individuell zu entwickelnder Belastungsumfänge und Belastungsintensitäten, werden Grundlagen für die Trainingsplanung und perspektivisch notwendige Leistungsentwicklungen bereitgestellt, die u. a. das Abschneiden bei den Paralympics 2008 prognostizieren.

Methode

Grundlage zur Modellierung der Wettkampfleistung stellen künstliche Neuronal Netze dar. Diese werden anhand der protokollierten Trainingsinhalte trainiert und errechnen, auf der Basis der dokumentierten Trainingsbelastungen der letzten vier Wochen vor dem Wettkampf, die Wettkampfleistung. Das Training über die Datenblöcke erfolgt zunächst über eine Zuordnung aus den Eingangsmerkmalen bzw. unabhängigen Variablen (vgl. Datenerfassung) sowie dem Ausgangsmerkmal bzw. der abhängigen Variable „Wettkampfleistung“. Zusätzlich wird der Vergleich der durch die Neuronalen Netze erzielten Modellierungsergebnisse mit den Ergebnissen einer multiplen linearen Regression vorgenommen.

Datenerfassung: Im Hinblick auf die Paralympics 2008 in Peking wurden 12 A- und B-Kaderathleten im Schwimmen auf der Basis von Wettkampfhöhepunkten mit den dazugehörigen Trainingsprotokollierungen analysiert. Für die gewonnenen Ergebnisse wurde anschließend eine Prognose der Wettkampfleistung auf Grundlage der optimierten Trainingsinhalte der unmittelbaren Wettkampfvorbereitung für die Paralympics im September 2008 berechnet. Die Protokollierung der Trainingsinhalte erfolgte für jede Trainingswoche jeweils in den Kategorien „Grundlagenausdauer I“ (GA I in km), „Grundlagenausdauer II“ (GA II in km), „Schnelligkeits-/Schnelligkeitsausdauertraining“ (GA III in km), „Technik- und Koordinationstrainings“ (Te/Ko in km und Te/Ko in min), „Krafttraining an Land“ (Kraft in min) und „allgemeines Konditionstraining an Land“ (Kood in min).

Datenauswertung: Als Neuronales Netz wurde ein Multilayer-Perceptron verwendet, da dieser Netzwerk-Typ einen universellen Approximator darstellt. Das Neu-

ronale Netz ist in der Lage, Zuordnungen analoger und intervall- bzw. proportionalskalierter Eingabe- und Ausgabemuster überwacht zu erlernen und über die Generalisierungsfähigkeit auf unbekannte Eingabemuster mit einem adäquaten Ausgabemuster zu antworten (Nauck et al., 1996). Die nachfolgenden drei Neuronalen Netze (Modell H, Modell T und Modell H+T) stellen die Grundlage für die Modellierung der Wettkampfleistung dar (Edelmann-Nusser et al., 2006). In Annahme der Kausalität der Trainingsdaten zur Wettkampfleistung werden die beschriebenen Trainingsparameter in Orientierung auf die individuell anzustrebende Wettkampfleistung optimiert.

Am Beispiel eines Kraulschwimmers (25 Jahre; 86 kg, 175 cm) mit einer Peromelie der unteren Extremitäten sowie einer Unterarm-Aplasia rechts (Startklasse – S6) wird nachfolgend das analytische Vorgehen erläutert und werden exemplarische Ergebnisse dargestellt. Die Prognoseabschätzung geht auf 13 Wettkämpfe auf der vom Athleten bevorzugten Wettkampfstrecke 100-m-Freistil zurück.

Ergebnisse und Diskussion

In Abb. 1 werden die mittels Neuronaler Netze modellierten Wettkampfleistungen (Gesamtmodell H+T), die realen Wettkampfleistungen sowie der sich daraus ergebende Modellfehler dargestellt. Ergänzend dazu werden die Ergebnisse der modellierten Wettkampfleistungen einer Kreuzvalidierung durch das Neuronale Netz und einer multiplen linearen Regression unterzogen und die Differenzen zwischen realer und prognostizierter Wettkampfleistung als Modellfehler in Punkten angegeben (vgl. Tab. 1).

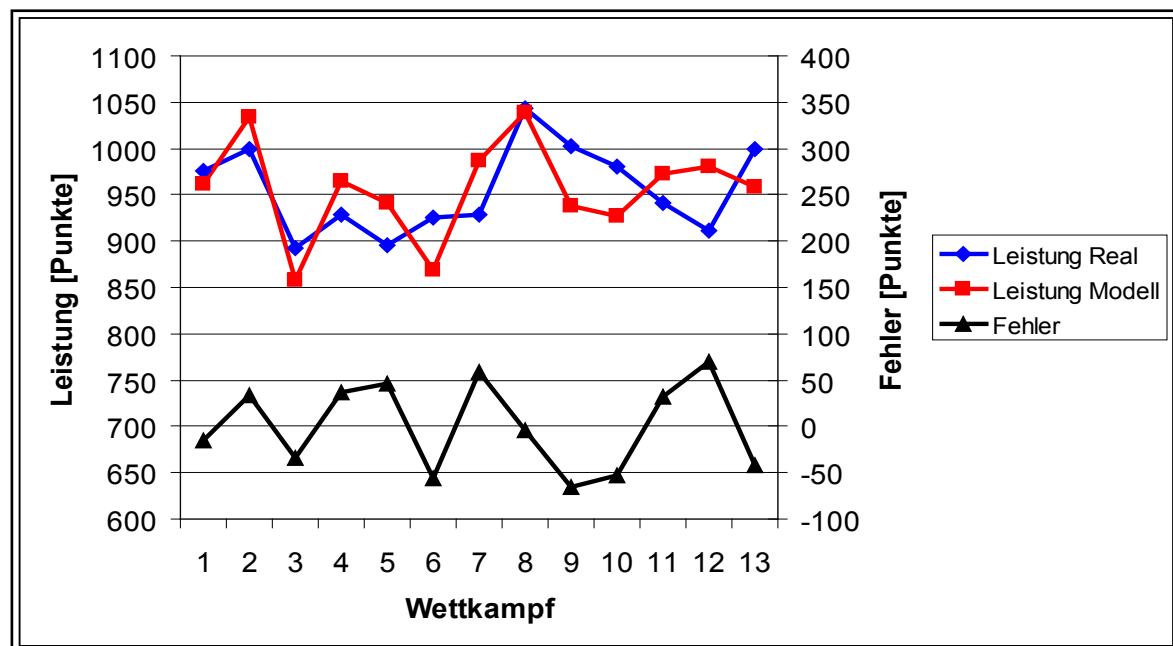


Abb. 1: Darstellung der mittels Neuronaler Netze modellierten (Gesamtmodell H+T) und realen Wettkampfleistungen (100-m-Freistil), sowie des Modellfehlers.

Tab. 1: Kreuzvalidierung der Wettkampfleistung (100-m-Freistil) mit Hilfe von Neuronalen Netzen bzw. durch multiple lineare Regression: Mittelwert (Standardabweichung) des Modellfehlers in Punkten.

| | Modell H | Modell T | Gesamtmodell H+T |
|--------------------------|---------------|---------------|---------------------|
| Neuronales Netz | 69,2 (44,8) | 45,9 (45,2) | 42,0 (19,0) |
| Multiple Lin. Regression | 215,5 (252,4) | 275,3 (269,1) | 172,7 (148,6) |

Die dargestellten Ergebnisse der Kreuzvalidierung zeigen einen mittleren Modellfehler von 69,2 Punkten (Standardabweichung: 44,8 Punkte) für das Modell H (Hochbelastungsphase) und 45,9 Punkte (Standardabweichung: 45,2 Punkte) für das Modell T (Taperphase)¹. Für das Gesamtmodell ergibt sich daraus ein mittlerer Fehler von 42 Punkten (Standardabweichung: 19,0 Punkte). Damit liegt der mittlere Modellfehler etwas unterhalb der Standardabweichung der erreichten Leistungspunkte in den 13 Wettkämpfen (Mittelwert: 956 Punkte; Standardabweichung: 47,6 Punkte). Über die Wettkampfstrecke 100-m-Freistil der Männer (Startklasse S6) entspricht ein mittlerer Fehler von 42 Punkten einer Abweichung von ca. 1,1 Sekunden bei einer mittleren Wettkampfleistung von 956 Punkten (gleichzusetzen einer Wettkampfzeit von 1:13,06 min). Da das Modell T einen deutlich geringeren Fehler liefert als das Modell H, scheint die erreichte Leistung für diesen Athleten stärker von den Trainingsinhalten der letzten beiden Wochen (Taperphase) als von den Trainingsinhalten der Wochen 3 und 4 vor dem Wettkampf (Hochbelastungsphase) bestimmt worden zu sein. Insgesamt liegt der mittlere Modellierungsfehler bei Einsatz der Neuronalen Netze deutlich unter der Standardabweichung, die durch die multiple lineare Regression bestimmt werden konnte. Hieraus ergibt sich für das Gesamtmodell ein mittlerer Modellfehler von 172,7 Punkten (Standardabweichung: 148,6 Punkte; Modell H: Mittelwert: 215,5 Punkte; Standardabweichung: 252,4 Punkte; Modell T: Mittelwert: 275,3 Punkte; Standardabweichung: 269,1 Punkte). Insgesamt kann geschlussfolgert werden, dass die eingesetzten Neuronalen Netze im Vergleich zu den linearen Verfahren (multiple lineare Regression) besser geeignet sind den Zusammenhang von Trainingsinput und Leistungsoutput abzubilden. Ausgehend von einer äquivalenten Datenbasis ist für die Berechnungen bei den noch ausstehenden Athleten eine vergleichbar präzise Bestimmung der Prognoseleistung durch die Modellierung mit Hilfe Neuronaler Netze zu erwarten. Für eine anzustrebende hinreichende Generalisierungsfähigkeit und damit auch eine bessere Vorhersagbarkeit des Modells ist weiterführend eine Erhöhung der zu analysierenden Wettkampfhöhepunkte notwendig.

Literatur

- Edelmann-Nusser, J., Hohmann, A. & Henneberg, B. (2006). Modellierung von Wettkampfleistung im Schwimmen bei den olympischen Spielen 2000 und 2004 mittels Neuronaler Netze. *Leistungssport*, 36 (2), 45-50.
- Nauck, D., Klawonn, F. & Kruse, R. (1996). *Neuronale Netze und Fuzzy-Systeme*. Braunschweig: Vieweg Verlag.

¹ Regeneration in der unmittelbaren Wettkampfvorbereitung

