



Bundesinstitut  
für Sportwissenschaft



Wir helfen  
dem Sport

Alexander Hagg · Alexander Asteroth · Christian Rasche · Kevin Bach ·  
Mark Pfeiffer

# Künstliche Intelligenz für den Spitzensport im Spannungsfeld zwischen Big und Small Data

(KISs-BiS)



Alexander Hagg · Alexander Asteroth · Christian Rasche ·  
Kevin Bach · Mark Pfeiffer

# Künstliche Intelligenz für den Spitzensport im Spannungsfeld zwischen Big und Small Data

(KISs-BiS)

SPORTVERLAG *Strauß*

## Schriftenreihe des Bundesinstituts für Sportwissenschaft 2021 | 03

### **Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek**

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

#### **Herausgeber:**

Bundesinstitut für Sportwissenschaft (BISp)  
Graurheindorfer Str. 198  
53117 Bonn  
[www.bisp.de](http://www.bisp.de)

#### **Ansprechpartner:**

Frau Katharina Schorr  
Graurheindorfer Straße 198  
53117 Bonn  
[katharina.schorr@bisp.de](mailto:katharina.schorr@bisp.de)  
[www.bisp.de](http://www.bisp.de)  
Tel.: +49 228 99 640 9062

Hagg, Alexander; Asteroth, Alexander; Rasche, Christian; Bach, Kevin; Pfeiffer, Mark

### **Künstliche Intelligenz für den Spitzensport im Spannungsfeld zwischen Big und Small Data (KISs-BiS)**

Sportverlag Strauß, Hellenthal – 1. Aufl. 2021

(Schriftenreihe des Bundesinstituts für Sportwissenschaft, Bd. 2021,03)

ISBN 978-3-86884-551-8 (Print)

ISBN 978-3-86884-718-5 (E-Book)

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt.

Kein Teil dieses Werkes darf ohne ausdrückliche Genehmigung des Bundesinstituts für Sportwissenschaft digital oder analog vervielfältigt werden.

Die Empfehlungen und Erhebungsinstrumente in diesem Manual wurden von den Autoren und dem Verlag (Bundesinstitut für Sportwissenschaft) sorgfältig erwogen und geprüft. Dennoch kann keine Garantie übernommen werden, dass Daten fehlerinterpretiert bzw. unsachmäßige Interventionen erfolgen. Eine Haftung der Autoren, des Herausgebers bzw. des Verlages und seiner Beauftragten für Personen-, Sach- und Vermögensschäden ist ausgeschlossen.

### **© SPORTVERLAG Strauß**

Neuhaus 12 – 53940 Hellenthal

Fon (+49 2448) 247 00 40 - Fax (+49 2448) 919 56 10

E-Mail: [info@sportverlag-strauss.de](mailto:info@sportverlag-strauss.de)

<http://www.sportverlag-strauss.de>

Satz & Layout: Mike Hopf, Berlin

Umschlag: Mike Hopf, Berlin

Umschlagillustration: AdobeStock (Olga)

Herstellung: CPI Druckdienstleistungen GmbH

Ferdinand-Jühlke-Straße 7, 99095 Erfurt

Printed in Germany

# Inhaltsverzeichnis





# Inhaltsverzeichnis

	<b>Tabellenverzeichnis</b> .....	<b>9</b>
	<b>Abbildungsverzeichnis</b> .....	<b>13</b>
	<b>Vorbemerkung</b> .....	<b>19</b>
<b>1</b>	<b>Einführung</b> .....	<b>23</b>
<b>2</b>	<b>Was ist Künstliche Intelligenz?</b> .....	<b>27</b>
<b>3</b>	<b>Methoden und Anwendungsbereiche der KI</b> .....	<b>33</b>
3.1	S: Sensorik, Messung und Wahrnehmung .....	33
3.1.1	Maschinelles Sehen. ....	33
3.1.2	Wearables, Sensorik & Realzeitverfahren für große Datenmengen. ....	35
3.1.3	Multimodale Daten. ....	36
3.2	M: Modellierung, Lernen und Vorhersage .....	37
3.2.1	Deep Learning .....	38
3.2.2	Transferlernen .....	43
3.2.3	Erklärbarkeit (Explainability) .....	44
3.2.4	Robustes Lernen .....	47
3.2.5	Statistische („Grey-Box“) Modellierungsmethoden .....	48
3.2.6	Fehler- und Risikoerkennung .....	49
3.2.7	Verarbeitung menschlicher Sprache .....	49
3.2.8	Verteiltes Lernen (Federated Learning) .....	50
3.2.9	Automatisiertes vs. augmentiertes Lernen. ....	51
3.2.10	Small Data. ....	52
3.2.11	Dedizierte Hardware .....	56
3.3	P: Planung, Strategie und Optimierung .....	56
3.3.1	Integration der Teilschritte S, M und P (direkte Verknüpfung) .....	57
3.3.2	Lösungsdiversität. ....	57
3.3.3	Multiple Kriterien .....	59
3.3.4	Effiziente Optimierung. ....	59

3.3.5	Robuste Optimierung .....	60
3.3.6	Reinforcement Learning.....	61
3.4	I: Intervention, Interaktion und Manipulation .....	62
3.4.1	Mensch-Maschine-Interaktion.....	62
3.4.2	Simulation / VR / AR.....	65
3.4.3	Dimensionsreduktion und Visualisierung.....	67
<b>4</b>	<b>Möglichkeiten der KI im Spitzensport .....</b>	<b>71</b>
4.1	Methodologischer Mismatch .....	71
4.2	Struktureller Mismatch .....	74
4.3	Mangelnde Awareness .....	75
<b>5</b>	<b>Use Cases .....</b>	<b>79</b>
5.1	Trainingssteuerung .....	79
5.1.1	Methodische Festlegungen des anwendungs- spezifischen SMPI-Zyklus .....	81
5.1.2	S: Sensorik, Messung und Wahrnehmung (Datenerfassung) .....	82
5.1.3	M: Modellierung, Lernen und Vorhersage .....	85
5.1.4	P: Planung, Strategie und Optimierung .....	90
5.1.5	Prototypische Umsetzung des SMPI-Zyklus .....	92
5.1.6	Diskussion und Ausblick.....	100
5.2	Wettkampfdiagnostik in den Sportspielen.....	102
5.3	Leistungsdiagnostik in multitechnischen Individualsportarten.....	105
<b>6</b>	<b>Handlungsempfehlungen.....</b>	<b>111</b>
6.1	Daten- und Methodenlage .....	111
6.2	S: Sensorik, Messung und Wahrnehmung .....	113
6.3	M: Modellierung, Lernen und Vorhersage .....	115
6.4	P: Planung, Strategie und Optimierung .....	117
6.5	I: Intervention, Interaktion und Manipulation .....	118
6.6	Allgemeine Empfehlungen für die Forschungsförderung ..	120
<b>7</b>	<b>Abschließende Beurteilung von KI im Spitzensport ...</b>	<b>123</b>
<b>8</b>	<b>Literaturverzeichnis.....</b>	<b>127</b>



# Tabellenverzeichnis





# Tabellenverzeichnis

Tab. 1: .....	84
Übersicht der für den KI-Schritt S (Wahrnehmung und Sensorik) erhobenen Parameter bezüglich des Trainings. Die im realisierten Use Case im Radfahren exemplarisch genutzten Informationen sind fett markiert.	
Tab. 2: .....	94
Zusammenfassende Parameter- und Modellauswahl im Rahmen der vorliegenden prototypische Umsetzung eines SMPI-Kreislauf für den Use Case Trainingssteuerung im Radsport.	



# Abbildungsverzeichnis





# Abbildungsverzeichnis

Abb. 1:	29
Allgemeine Darstellung eines KI-Modells (in Anlehnung an Russel & Norvig, 2020).	
Abb. 2:	30
Der SMPI-Handlungszyklus und Komponenten eines intelligenten Agenten und Interaktion mit der Umgebung (Sportler und Sportlerin) am Beispiel der Trainingssteuerung.	
Abb. 3:	34
Beispielhafter Datenfluss in einem System des Maschinellen Sehens (vgl. Weinland et al., 2011).	
Abb. 4:	72
Datenmenge und Vorhersagefehler für Small und Big Data im Vergleich (vgl. Hestness, 2017).	
Abb. 5:	79
Die Interaktion eines KI-Systems mit seiner Umgebung. Durch Wahrnehmung kann ein Modell gelernt werden, welches dazu verwendet wird, eine Strategie zu entwickeln, die durch Intervention auf die Umgebung angewendet werden kann.	
Abb. 6:	83
Exemplarische Darstellung der Trainingsdauer unter- und oberhalb der VT2 (blaue/rote Balken, vgl. Abschnitt S/1) und der virtuellen Leistungsfähigkeit (rote Kreuze, vgl. S/2 und M/1) von Proband 1 im Verlauf des Studienzeitraums von August bis Dezember 2020.	
Abb. 7:	86
Beispielhafte Darstellung eines synthetischen Belastungsprofils („Benchmark“, blaue Linie), welches für die Bestimmung der	