



Thomas Lehmann

Entwicklung eines Modells zur Bestimmung der Absprungkräfte auf dem Sprungbrett

**Entwicklung eines Modells
zur Bestimmung der Absprungkräfte
auf dem Sprungbrett**

Die Reihe

In der *Schriftenreihe für Angewandte Trainingswissenschaft* möchte das Institut für Angewandte Trainingswissenschaft (IAT) zeitnah und themenorientiert wichtige Veranstaltungen des IAT dokumentieren, aktuelle Forschungsergebnisse aus der angewandten Trainingswissenschaft präsentieren sowie wissenschaftliche Qualifizierungsarbeiten veröffentlichen, die unter dem Dach des IAT entstanden sind. Die Schriftenreihe folgt der bisherigen Zeitschrift für Angewandte Trainingswissenschaft, die von 1996-2014 vom Institut für Angewandte Trainingswissenschaft ebenfalls gemeinsam mit dem Meyer & Meyer Verlag Aachen herausgegeben wurde.

Band 1: Ulf Tippelt & Jürgen Wick (Hrsg.) – Angewandte Trainingswissenschaft im Forschungs- und Serviceverbund Leistungssport

Band 2: Ronny Lüdemann – Belastungsinduzierte Veränderung der Kraft

Band 3: Thomas Moeller – Leistung und Training im Triathlon

Band 4: Ina Fichtner (Hrsg.) – Technologien im Leistungssport

Band 5: Dirk Büsch, Hans-Dieter Heinisch & Ronny Lüdemann (Hrsg.) – Leistungsfaktoren in den Spiel- und Zweikampfsportarten

Band 6: Ina Fichtner (Hrsg.) – Technologien im Leistungssport 2

Band 7: Jürgen Wick, Ilka Seidel & Dirk Büsch (Hrsg.) – Olympianalyse Rio 2016 – Olympiazyklusanalysen und Auswertungen der Olympischen Spiele 2016

Band 8: Jürgen Wick (Hrsg.) – Wettkampf, Training und Leistungsdiagnostik in den Ausdauersportarten

Band 9: Ingo Sandau – Untersuchungen zur Bewegungsstruktur der Wettkampfübung Reißen und der Trainingsübung Zug breit im Gewichtheben

Band 10: Antje Hoffmann & Juliane Wulff (Hrsg.) – Die Spitze im Blick. Tagungsband zum gleichnamigen Nachwuchsleistungssport-Symposium vom 8.-10. Mai 2017 in Leipzig

Schriftenreihe für Angewandte Trainingswissenschaft
Band 11

Thomas Lehmann

Entwicklung eines Modells zur Bestimmung der Absprungkräfte auf dem Sprungbrett

Dissertation

zur Erlangung des akademischen Grades
Doktor der Philosophie
(Dr. phil.)

Genehmigt durch die
Fakultät für Humanwissenschaften
der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg

von Dipl.-Sporting. Thomas Lehmann
geb. am 22.02.1984 in Lutherstadt Wittenberg

Gutachterin: Prof. Dr. Kerstin Witte
Prof. Dr. Ilka Seidel

Eingereicht am 21.02.2017
Verteidigung der Dissertation am 24.01.2018

Meyer & Meyer Verlag

Herausgeber der Schriftenreihe für Angewandte Trainingswissenschaft:
Institut für Angewandte Trainingswissenschaft Leipzig

Redaktionskollegium: Dr. U. Tippelt, Dr. H. Sandner, B. Franz, K. Henschel
Assistenz des Redaktionskollegiums: B. Kühn

Anschrift:
Marschnerstraße 29
D-04109 Leipzig
Tel.: 0341-4945-100
Fax: 0341-4945-400
iat@iat.uni-leipzig.de
www.sport-iat.de

Entwicklung eines Modells zur Bestimmung der Absprungkräfte auf dem Sprungbrett

Bibliografische Information der Deutschen Bibliothek
Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen
Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Details sind im Internet über
<<http://dnb.ddb.de>> abrufbar.

Alle Rechte, insbesondere das Recht der Vervielfältigung und Verbreitung sowie das Recht der
Übersetzung, vorbehalten. Kein Teil des Werkes darf in irgendeiner Form – durch Fotokopie,
Mikrofilm oder ein anderes Verfahren – ohne schriftliche Genehmigung des Verlages reprodu-
ziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme verarbeitet, gespeichert, vervielfältigt oder
verbreitet werden.

© 2018 by Meyer & Meyer Verlag, Aachen
Auckland, Beirut, Dubai, Hügendorf, Hongkong, Indianapolis, Kairo, Kapstadt,
Manila, Maidenhead, Neu-Delhi, Singapur, Sydney, Teheran, Wien



Member of the World Sport Publishers' Association (WSPA)

Titelbild: Qingwei Chen (Rechte liegen bei Autor)

ISBN: 978-3-8403-1267-0
E-Mail: verlag@m-m-sports.com
www.dersportverlag.de

Zusammenfassung

Dem Sprungbrett wird eine Schlüsselrolle für das erfolgreiche Ausführen von Elementen am Sprung im Gerätturnen zuteil. Der Athlet muss hierbei die translatorische Eingangsenergie aus dem Anlauf nutzen, um einen genügend großen Drehimpuls um seine Breitenachse sowie eine möglichst hohe vertikale Abfluggeschwindigkeit für seinen Sprung zu erzeugen (Bernstein, 1990). Aufgrund der kurzen Kontaktzeit von 0,12 s Čuk und Karáčsony (2004) wird vorrangig Highspeed-Video-Kinemetrie zur Bestimmung biomechanischer Absprungsparameter eingesetzt. Für die Generierung von Sofortinformationen im Trainingsprozess erweisen sich diese allerdings als wenig geeignet. Vor diesem Hintergrund befasst sich die vorliegende Arbeit mit der Entwicklung einer Modellmethode zur Ermittlung der Absprungskräfte auf dem Sprungbrett. Anhand dieser Kräfte und der Ausgangsposition des Körperschwerpunktes (KSP) kann so der Drehimpuls berechnet werden. Die Generierung eines Sprungbrettmodells in einem iterativen Modellierungsprozess (Perl & Uthmann, 1997a) sowie dessen statische und dynamische Optimierung und Evaluation sind ausführlich anhand der vertikalen Verschiebung des Oberbretts und der wirkenden Bodenreaktionskräfte dargestellt. Die sportpraktische Anwendung des Modells wird am Beispiel von Überschlag-vorwärts-Sprüngen dargelegt. Abgeschlossen wird diese Arbeit mit der Einbindung der entwickelten Modellmethode in das Mess- und Informationssystem „Sprungtisch“ des Instituts für Angewandte Trainingswissenschaft Leipzig.

Abstract

In artistic gymnastics' vault the springboard plays a key role for successful execution. To generate enough momentum and vertical take-off velocity the athlete must utilize the translational kinetic energy. Due to the short contact time of 0.12 s (Čuk & Karáčsony, 2004) high frequency video is primarily used for determining specific take-off parameters. This however is not applicable for immediate feedback during training. Against this background, the present paper deals with developing a method for a springboard model which is supposed to determine acting forces. The generation of a springboard model is implemented in an iterative modeling process (Perl & Uthmann, 1997a). It includes a static and dynamic optimization and evaluation. This is demonstrated by the upper boards' vertical shift and (acting) ground reaction forces. The practical application of the model and the subsequent calculation of acting forces is given by the example of handsprings. The thesis is concluded with an illustration of including the developed model method into the existing Measuring and Information System "springboard" (IAT, Leipzig).

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	6
Abbildungsverzeichnis	9
Tabellenverzeichnis	14
Abkürzungsverzeichnis	15
Vorbemerkung	17
1 Einleitung	19
2 Forschungsgegenstand und Problemstellung	20
3 Zielstellung der Arbeit	26
4 Theoretische Grundlagen	28
4.1 Sportliche Technik	28
4.1.1 Gerätturndisziplin Sprung	28
4.1.2 Biomechanische Aspekte des Sprungs	29
4.2 Grundlagen der Modellierung und Simulation	37
4.2.1 Modellbildung	38
4.2.2 Modellevaluation	39
4.2.3 Methoden der Modellentwicklung	40
4.2.4 Grundlagen zur Simulation	41
4.2.5 Simulationsmethoden	41
4.3 Darstellung des Konzepts für die Sprungbrett-Modellentwicklung	42
4.4 Entwicklung eines Brettmodells	46
4.4.1 Modellierung des Sprungbretts	47
4.4.2 Evaluierung des Sprungbrettmodells	50
5 Entwicklung eines Prototypmodells	51
5.1 Bestimmung der physikalischen Eigenschaften des Sprungbretts als Grundlage der Modellierung	51
5.1.1 Bestimmung der Biegelinie	52
5.1.2 Bestimmung der Federparameter – Federhärte und Dämpfung	54
5.1.3 Bestimmung des Elastizitätsmoduls des Oberbretts	55
5.2 Modellierung des Gymnova-Sprungbretts	56
5.3 Modellevaluierung	59
5.3.1 Federkomponenten	59

5.3.2	Vertikale Verschiebung des Oberbretts	60
5.4	Zusammenfassung	62
6	Modelloptimierung.....	63
6.1	Statische Modelloptimierung – Anpassung der physikalischen Eigenschaften des Sprungbretts.....	63
6.1.1	Bestimmung der Biegelinie	63
6.1.2	Neuberechnung der Ersatz-Drehfedersteifigkeit.....	65
6.1.3	Simulative Näherung der Drehfedersteifigkeiten der Segmentverbindungen.....	66
6.1.4	Vergleich der vertikalen Oberbrettverschiebung.....	68
6.2	Dynamische Modelloptimierung – dynamischer Fallversuch.....	70
6.2.1	Analyse Oberbrett- und Bodenreaktionskräfte bei der Einleitung eines Kraftstoßes	70
6.2.2	Modellierung – Kontaktkraft Fallmasse – Oberbrett	76
6.2.3	Modellierung Oberbrettschaum	76
6.2.4	Modellierung – Kontaktkraft Rahmen – Umgebung.....	77
6.2.5	Simulation und Auswertung des FIG-Falltests.....	79
6.2.6	Vergleich der Oberbrett- und Bodenreaktionskräfte zwischen Modell und Sprungbrett.....	81
6.3	Zusammenfassung	82
7	Simulation und Analyse wirkender Bodenreaktionskräfte beim Drop-Jump	83
7.1	Experimentelle Durchführung von Drop-Jumps.....	83
7.2	Simulation von Drop-Jumps.....	85
7.3	Vergleich zwischen simulierten und real ausgeführten Drop-Jumps...	88
7.4	Zusammenfassung	88
8	Simulation und Analyse von Bodenreaktionskräften bei Überschlagsprüngen.....	89
8.1	Experimentelle Durchführung von Überschlagsprüngen	89
8.2	Simulation von BRK bei Überschlagsprüngen.....	91
8.3	Vergleich zwischen simulierten und realen Bodenreaktionskräften bei Überschlagsprüngen.....	94
8.4	Zusammenfassung	98
9	Ableitung der auf den Sportler wirkenden Kräfte.....	99

10	Modellanpassung auf weitere Sprungbretttypen	102
11	Überführung in die Sportpraxis	104
11.1	Integration in das MIS-Sprungtisch-Konzept	104
11.1.1	Ermittlung der Kräfte	105
11.1.2	Bestimmung des Körperschwerpunkts (KSP).....	106
11.1.3	Erfassung Kraftangriffspunkt	107
11.1.4	Berechnung des Drehimpulses.....	108
11.1.5	Berechnung der Abfluggeschwindigkeit.....	108
11.2	Praktische Anwendung der Parameterberechnung	109
11.2.1	Einleitung	109
11.2.2	2-D-Kinemetrie zur Bestimmung der KSP-Lage und Geschwindigkeit.....	109
11.2.3	Vertikale KSP-Abfluggeschwindigkeit.....	110
11.2.4	Breitenachsendrehimpuls	111
11.3	Ergebnis und Diskussion	112
12	Diskussion.....	113
13	Ausblick.....	118
14	Literatur.....	120

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1.	Drehimpulsgruppen am Sprung (Bessi & Knoll, 2010, S. 228)....	24
Abb. 2.	Schaubild der Modellevaluation (Modellerweiterung: FMP – Fallmassenprüfstand, DPJ – Drop-Jump, Ü – Überschlag).....	27
Abb. 3.	Sprungpferd (rechts) und -tisch (links) der Firma SPIETH (SPIETH Gymnastics, 2016, S. 6)	28
Abb. 4.	Sprungbrett mit Holzfeder (links), Sprungbrett mit Stahlfedern (rechts) (SPIETH Gymnastics, 2016, S. 12)	29
Abb. 5.	Sprungphasen und relevante Parameter (T: Zeit, H: Höhe, W: Weite, F: Kraft, α_A : Einstützwinkel, α_E : Abflugwinkel, v: Geschwindigkeit).....	31
Abb. 6.	Drehmoment um die Breitenachse (Bessi & Knoll, 2010, S. 200)	33
Abb. 7.	Beispiel – Bildreihe für vorwärts abgesprungene Sprünge.....	34
Abb. 8.	Gestaltung des Absprungs zum Sprungbrett für Vorwärtssprünge.....	35
Abb. 9.	Veränderung der Körperhaltung in der Flugphase zum Sprungbrett	35
Abb. 10.	Schematische Darstellung der Drehimpulserzeugung mit angenommenen Kraftbeträgen – unmittelbar nach Bretteinsprung (links) und vor Brettabflug (rechts)	35
Abb. 11.	Veränderung der Körperhaltung auf dem Sprungbrett	36
Abb. 12.	Darstellung der Arbeitsschritte der Modellmethode	39
Abb. 13.	Iterativer Prozess der Modellbildung (Perl & Uthmann, 1997a, S. 45)	40
Abb. 14.	Modellbildung – strukturell (links) und pragmatisch (rechts) (Perl & Uthmann, 1997a, S. 51).....	40
Abb. 15.	Klassifizierung der Simulationsmethoden (Perl & Uthmann, 1997b, S. 72)	42
Abb. 16.	Darstellung des mathematischen Modellansatzes (Sano et al., 2007)	43
Abb. 17.	Programmablaufplan – Modellentwicklung	45
Abb. 18.	Funktionsebenen: Oberbrett (durchgezogen); Federeinheit (gestrichelt); Unterbrett (gepunktet).....	46
Abb. 19.	Ergotop 8-Sprungbrett der Firma SPIETH (Holzunterbrett) (SPIETH Gymnastics, 2016).....	47
Abb. 20.	Gymnova-Sprungbrett der Firma Gymnova (Stahlunterbau) (Gymnova, 2011)	47
Abb. 21.	JointRevolute – alaska Drehgelenk (Institut für Mechatronik, 2012, S. 139)	48
Abb. 22.	Wirkungsprinzip ForceSingle (Institut für Mechatronik, 2012, S. 159)	49

<i>Abb. 23.</i> Loslager (links), Festlager (mittig), Einspannung (rechts) (Gabbert & Raecke, 2003, S. 51)	50
<i>Abb. 24.</i> Kraffteinleitpositionen und erwartete vertikale Oberbrettverschiebung (links MP110, Mitte MP80, rechts MP50)	52
<i>Abb. 25.</i> Messpositionen zur Bestimmung der Gesamtbiegelinie des Gymnova-Bretts	52
<i>Abb. 26.</i> Messvorrichtung für die Kraffteinleitung (Kraftmessbügel mit entsprechender Messuhr, Spindel, Vorrichtung zur Simulation der Schrittbreite)	53
<i>Abb. 27.</i> Biegelinien der Brettaußenkanten bei Kraffteinleitposition am Messpunkt 110.....	53
<i>Abb. 28.</i> Biegelinien der Brettaußenkanten bei Kraffteinleitposition am Messpunkt 80.....	54
<i>Abb. 29.</i> Biegelinien der Brettanten bei Kraffteinleitposition Mess- punkt 50 (Da am MP110 keine Durchbiegung erfolgt, ist dieser Verlauf der x-Achse gleichgesetzt.)	54
<i>Abb. 30.</i> Versuchsvorrichtung zur Bestimmung der Federkonstante (links) und der Federdämpfung (rechts)	55
<i>Abb. 31.</i> Einfeldträger auf zwei Stützen mit Einzellast.....	56
<i>Abb. 32.</i> Versuchsaufbau zur Bestimmung des E-Moduls (Lehmann & Knoll, 2011).....	56
<i>Abb. 33.</i> BRK bei der Simulation von Laststufen	59
<i>Abb. 34.</i> Simulierte statische Belastung der Federelemente (Lehmann et al., 2015, S. 40).....	59
<i>Abb. 35.</i> Vergleich der realen und simulierten Federkennlinie.....	60
<i>Abb. 36.</i> Kraffteinleitposition am MP80 und Messpunkte für vertikale Verschiebung	60
<i>Abb. 37.</i> Vergleich der vertikalen Oberbrettverschiebung der MP110 und MP80 bei KE MP110.....	61
<i>Abb. 38.</i> Vergleich der vertikalen Oberbrettverschiebung der MP110 und MP80 bei KE MP80.....	61
<i>Abb. 39.</i> Schaubild des aktuellen Stands der Modellentwicklung und Evaluation	62
<i>Abb. 40.</i> Prototypmodell des Gymnova-Sprungbretts	63
<i>Abb. 41.</i> Messvorrichtung zur Bestimmung der Gesamtfeder- konstanten des Gymnova-Bretts (mittig: Kraftmessbügel, Stahllineal und Druckfuß, rechts: digitales Höhenrissgerät)	64
<i>Abb. 42.</i> Biegelinien der Brettanten bei Kraffteinleitposition am Messpunkt MP95	64
<i>Abb. 43.</i> Biegelinien der Brettanten bei Kraffteinleitposition am Messpunkt MP80	65
<i>Abb. 44.</i> Biegelinien der Brettanten bei Kraffteinleitposition am Messpunkt MP60	65

<i>Abb. 45.</i>	Funktion zur simulativen Einleitung statischer Kräfte	67
<i>Abb. 46.</i>	Simulative Annäherung der Drehfedersteifigkeit der Segmentverbindungen.....	68
<i>Abb. 47.</i>	Vergleich der vertikalen Oberbrettverschiebung an den MP95 und MP80 bei Kraffteinleitung MP95	69
<i>Abb. 48.</i>	Vergleich der vertikalen Oberbrettverschiebung an den MP95 und MP80 bei Kraffteinleitung MP80	69
<i>Abb. 49.</i>	Vergleich der vertikalen Oberbrettverschiebung an den MP80 und MP60 bei Kraffteinleitung MP60	70
<i>Abb. 50.</i>	Stoßeinleitpositionen (links) und FMP zur Einleitung eines definierten Kraftstoßes (rechts).....	71
<i>Abb. 51.</i>	Beispiel für einen Beschleunigungsverlauf beim Auftreffen des Fallgewichts auf das Oberbrett am MP60.....	72
<i>Abb. 52.</i>	Beispiel für die resultierende vertikale Bodenreaktionskraft bei der Stoßeinleitung am MP60	73
<i>Abb. 53.</i>	Geneigtes Brettmodell zur Betrachtung des Unterbrett-rahmens und der Lagerkontakte (Kugeldarstellung).....	74
<i>Abb. 54.</i>	Kontaktrealisierung (Kugeldarstellung) zwischen Fallmasse und Oberbrettschaum	74
<i>Abb. 55.</i>	Schematische Übersicht der Einflussfaktoren für das dynamische Modellverhalten beim FIG-Falltest.....	75
<i>Abb. 56.</i>	Simulative Näherung der Kontaktsteifigkeit zwischen Fallmasse und Oberbrettschaum.....	76
<i>Abb. 57.</i>	Schaummodellierung: Schaumfeder, Schaumkörper, Flächenkontakt-Koordinatensystem (grau), Kontakt (Kugeldarstellung).....	77
<i>Abb. 58.</i>	Simulative Näherung der Federwegänderung der modellierten Schaumfeder bei unterschiedlichen Federsteifigkeiten.....	77
<i>Abb. 59.</i>	Simulative Näherung der Kontaktsteifigkeit (c) zwischen Unterbrettrahmen und Umgebung	78
<i>Abb. 60.</i>	Detaillierte Betrachtung der simulativen Näherung des Kontaktwegs im Millimeterbereich bei unterschiedlichen Kontaktsteifigkeiten (c).....	78
<i>Abb. 61.</i>	Neigung des Brettmodells für die Stoßeinleitung am MP60 (links) und am MP80 (rechts) sowie zusätzliche Flächenkoordinatensysteme (grau)	79
<i>Abb. 62.</i>	Modell zur Stoßeinleitung am MP95 (geführte Fallmasse [Schubgelenk], Haltekontakt [oberhalb der Fallmasse])	79
<i>Abb. 63.</i>	Kraft-Zeit Verläufe der simulierten Vertikalkräfte an den Stoßeinleitstellen MP95, MP80 und MP60	80
<i>Abb. 64.</i>	Kraft-Zeit-Verläufe der simulierten vertikalen Bodenreaktionskräfte entsprechend der Stoßeinleitstellen MP95, MP80 und MP60.....	81

<i>Abb. 65.</i>	Schaubild des aktuellen Stands der statischen und dynamischen Modellevaluation	83
<i>Abb. 66.</i>	Beispiel für die Ausführung eines Drop-Jumps.....	84
<i>Abb. 67.</i>	Beispiel für die vertikalen BRK beim Drop-Jump (ungeglättet und geglättet).....	85
<i>Abb. 68.</i>	Beispiel für Beschleunigungs-Zeit-Verläufe beim Drop-Jump	85
<i>Abb. 69.</i>	Beispiel für die Weg-Zeit-Verläufe beim Drop-Jump	86
<i>Abb. 70.</i>	Beispiel für vertikale BRK (geglättet und ungeglättet)	87
<i>Abb. 71.</i>	Vertikale Verschiebung der BRK-Kontakte beim simulierten Drop-Jump	87
<i>Abb. 72.</i>	Vergleich zwischen simulierten und experimentell bestimmten BRK bei Drop-Jumps.....	88
<i>Abb. 73.</i>	Aktueller Stand der dynamischen Modellevaluation	89
<i>Abb. 74.</i>	VICON Markermodell (Lorz, 2016, S. 12).....	90
<i>Abb. 75.</i>	Übersicht der vertikalen BRK bei real gemessenen Überschlagsprüngen.....	90
<i>Abb. 76.</i>	Übersicht der horizontalen BRK bei real gemessenen Überschlagsprüngen.....	91
<i>Abb. 77.</i>	Implementierung eines viskoelastischen Kraftelements am Unterbrettrahmen.....	92
<i>Abb. 78.</i>	Vertikale Verschiebung der BRK-Kontakte beim simulierten Überschlag (durchgezogen: $c = 2 \cdot 10^7 \text{ Nm}^{-1}$, gestrichelt: $c = 8 \cdot 10^7 \text{ Nm}^{-1}$).....	92
<i>Abb. 79.</i>	Vergleich der BRK-Zeit-Verläufe bei unterschiedlichen Steifigkeiten der Kontaktelemente	93
<i>Abb. 80.</i>	Übersicht der simulierten vertikalen BRK von Überschlagsprüngen.....	93
<i>Abb. 81.</i>	Übersicht der simulierten horizontalen BRK von Überschlagsprüngen.....	94
<i>Abb. 82.</i>	Vergleich der simulierten und realen vertikalen BRK \dot{U}_1	95
<i>Abb. 83.</i>	Vergleich der simulierten und realen vertikalen BRK \dot{U}_2	95
<i>Abb. 84.</i>	Vergleich der simulierten und realen vertikalen BRK \dot{U}_3	96
<i>Abb. 85.</i>	Vergleich der simulierten und realen horizontalen BRK \dot{U}_1	97
<i>Abb. 86.</i>	Vergleich der simulierten und realen horizontalen BRK \dot{U}_2	97
<i>Abb. 87.</i>	Vergleich der simulierten und realen horizontalen BRK \dot{U}_3	98
<i>Abb. 88.</i>	Schaubild des aktuellen Stands der dynamischen Modellevaluation	99
<i>Abb. 89.</i>	Simulierte Vertikal-, Horizontal- und resultierende Kraft \dot{U}_1	100
<i>Abb. 90.</i>	Simulierte Vertikal-, Horizontal- und resultierende Kraft \dot{U}_2	101
<i>Abb. 91.</i>	Simulierte Vertikal-, Horizontal- und resultierende Kraft \dot{U}_3	101
<i>Abb. 92.</i>	Beispiel für die Darstellung des resultierenden Kraftvektors (Überschlag 3)	102
<i>Abb. 93.</i>	Schema der Vorgehensweise der Modellanpassung auf weitere Sprungbretttypen.....	104