

# Guideline Values for Men's High Bar Deflections Prior to Airborne Skills<sup>1</sup>

By Falk Naundorf, Benedikt Becker, Thomas Lehmann, and Alexander Sinn

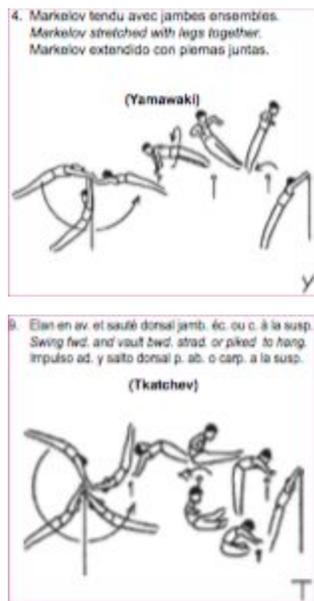
Translated by James Major, Davis Diamonds Gymnastics

Naundorf, F., Becker, B., Lehmann, T., and Sinn, A. Orientierungswerte für die Reckstangenauslenkung vor Flugelementen [Guideline Values for Men's High Bar Deflections Prior to Airborne Skills]. In: Thienes, G., Giage, D., & Randl, K. (eds.). Turnen trainieren und vermitteln. 10. Jahrestagung des dvs-Kommission Gerätturnen von 3.-5. September 2018 in Göttingen. Schriften der Deutschen Vereinigung für Sportwissenschaft, Band 287, Feldhaus, Hamburg, 2019

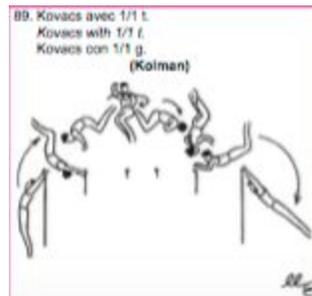
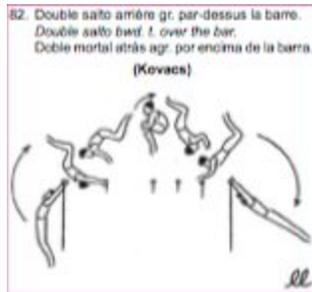
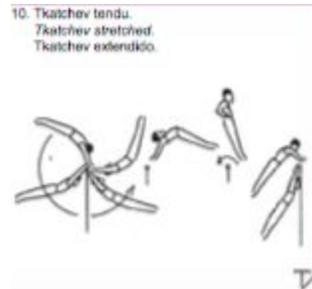
## 1. Problem Statement

Airborne skills are not just the most exciting skills of men's high bar gymnastics, but because of their high point values, they are also the most important content of the routine. This is why the high bar finalists of the 2018 Doha World Championships got 48.7% of their difficulty score from airborne skills (on average and ignoring skill group points).

Fig. 1. Airborne skills selected for guideline values (FIG, 2018).



<sup>1</sup> This article was written as part of a project supported by research funds from the Federal Ministry of the Interior, Construction, and Housing, based on a resolution of the Federal Parliament of Germany.



## 2. Methods

The technology and development of the High Bar MIS [Measurement and Information System<sup>2</sup>] are described by Knoll (1999), and the components and use of the current MIS by Naundorf, et al. (2019). From over 1,500 routines, connections, and individual skills recorded with the High Bar MIS (during the 2010 Championships of Germany, the 2011 European Championships in Berlin, and training during German National Team camps), we selected the straddled hecht over the high bar (Tkatchev), layout Tkatchev, tucked double back over the bar to re-grasp (Kovacs), full twisting Kovacs (Kolman), and back uprise to layout hecht with half twist to re-grasp (Yamawaki). (Fig. 1.) Only those airborne skill performances were chosen for analysis here that met the requirements for content (complete data set, airborne skill made from a preparatory back giant swing) and quality (successfully performed airborne skill without intermediate or gross error). If a gymnast made more than one successful attempt [of the same skill], his data were averaged. Consequently, the data for the

<sup>2</sup> Translator's note: an MIS is an integrated, synchronized, digital video and force measurement system developed for use in daily training. The High Bar MIS was developed by K. Knoll at the Institute for Applied Training Science, University of Leipzig, Germany.

guideline values came from the straddled Tkatchevs of 11 gymnasts, 17 doing layout Tkatchev, 16 doing Kovacs, 16 doing Kolmans, and 19 doing Yamawakis. The following parameters were recorded by the High Bar MIS:

- The force peaks (relative to body weight [G]);
- The direction of the force vector [°] (hanging vertical under the bar prior to the release was defined as 0°; release was therefore made at a positive angle)<sup>3</sup>;
- The time span between force peaks [s].

The means and 90% confidence intervals (90% CI) were calculated for the guideline values.

### 3. Results

Between two and five force peaks were recorded to identify the skill-specific elementary structure of the preparatory back giant swing. In this article, the layout Tkatchev and Kovacs are analyzed as examples of guideline values.

The back giant swing preparing a layout Tkatchev has a characteristic three deflections of the high bar. It is important to correctly perform these [three deflections] in space and time, transferring energy between the gymnast and the high bar (Arampatzis & Brüggemann, 2001).

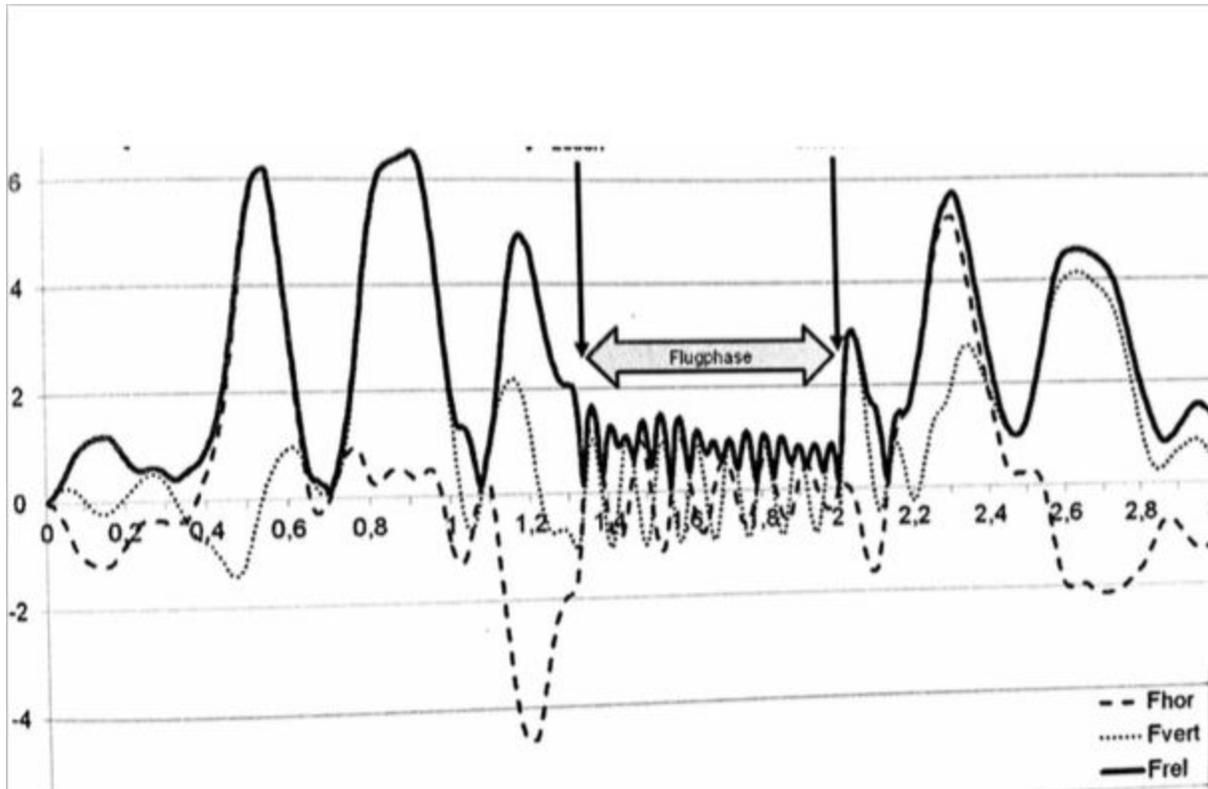
The three force peaks before the layout Tkatchev were an average 5.9 (90% CI 5.6-6.2), 6.7 (90% CI 6.4-6.9), and 5.2 (90% CI 4.9-5.5) times body weight (Fig. 2). During this skill, the bar was first deflected roughly horizontally at -89° (90% CI between -92° and -87°). After the recoil, there is the next deflection of the bar immediately before the lower vertical position at -3° (90% CI -6° to -1°). The last deflection then followed at 75° (90% CI 73° to 76°). The time span between force peaks was 0.36 s (90% CI 0.37 s to 0.38 s) between the first and second peak and between the second and third peak 0.28 s (90% CI 0.27 s to 0.28 s)<sup>4</sup>.

Fig. 2. The force-time curve of a layout Tkatchev (Naundorf, et al. 2016). [The horizontal axis shows elapsed time in seconds. The left-hand, vertical axis shows relative force in multiples of body weight].

---

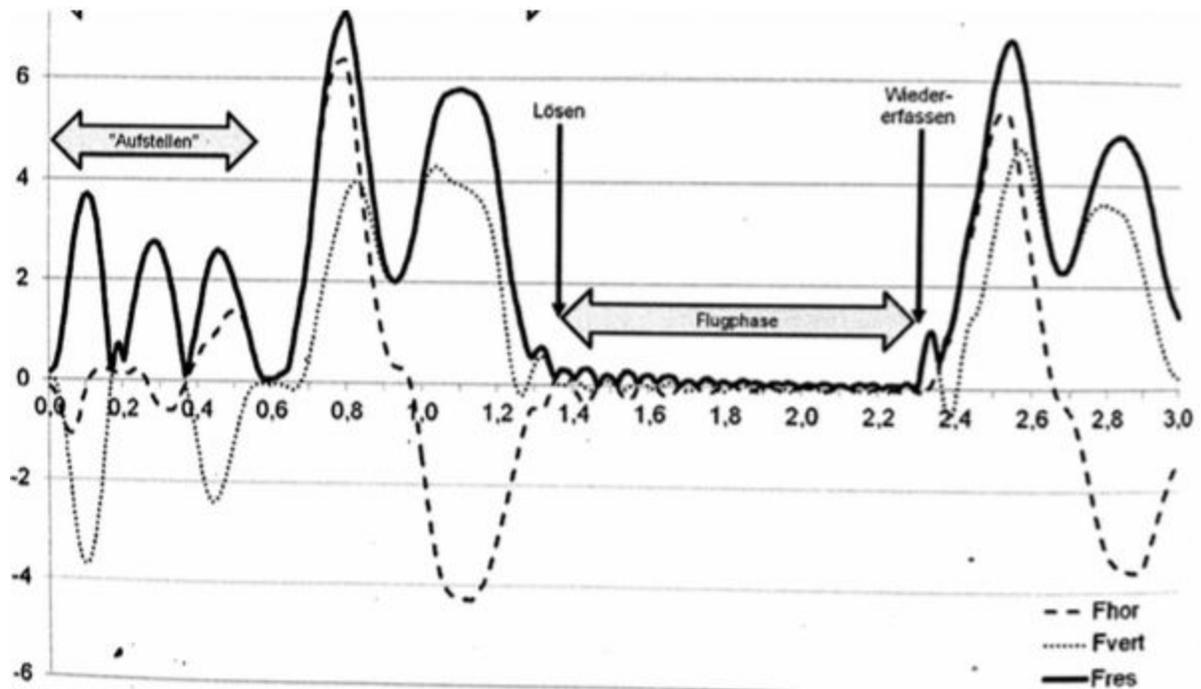
<sup>3</sup> Translator's note: the motion of the gymnast is clockwise around the bar. Therefore, six o'clock would be 0° and 12 o'clock 180°. From 12 back to 3 (-90°) and then 6 (-0°) o'clock again would be negative degrees.

<sup>4</sup> Translator's note: see the illustration of the gymnast in the lower right of Fig. 4.



During a Kovacs, the movements of the bar are characterized by three, smaller force peaks and two bigger peaks (Fig. 3.). The first three peaks occur in the

Fig. 3. The force-time curve of a tucked Kovacs (Naundorf, et al. 2016).



zone of the upper vertical [handstand], described in coaches jargon as “setting up” [ger. “Aufstellen”]. Here, the first and third force peaks occur as the bar is displaced upwards and the force peak between these two during a downwards deflection. On average, the relative force of the first peak is 2.6 times body weight (90% CI 2.4 to 2.7), the second peak also attains 2.6 (90% CI 2.5 to 2.8), and the third is somewhat lower at 2 times body weight (90% CI 1.9 to 2.2). At  $-193^\circ$  (90% CI  $-197^\circ$  to  $-189^\circ$ ) the bar is pulled during the first force peak at  $13^\circ$  before the upper vertical [handstand]. Even if the recoil of the second peak is directed downwards, for better understanding, it is placed above the bar (where the gymnast was), at  $-177^\circ$  (90% CI  $-180^\circ$  to  $-175^\circ$ ). At the third force peak, the high bar is then flexed diagonally upwards at  $-143^\circ$  (90% CI  $-149^\circ$  to  $-139^\circ$ ) at  $37^\circ$  past the vertical. The difference in time of the three force peaks is a constant at either 0.19 s (90% CI 1.9 to 1.9) or 0.21 s (90% CI 2.0 s to 0.21 s). The significantly greater bar deflections during the giant swing preparing the Kovacs occurred during two force peaks while the gymnast was below the bar. During the first force peak, an average was attained of 6.2 times body weight (90% CI 5.9 to 6.6) and the second 6.2 (90% CI 5.2 to 5.7). The direction of the bar deflection during the first peak was  $-52^\circ$  (90% CI  $-54^\circ$  to  $-49^\circ$ ) and during the second big peak,  $48^\circ$  (90% CI  $-46^\circ$  to  $-49^\circ$ ). The difference in time was an average of 0.36 s (90% CI 0.35 s to 0.37 s).

The results from the other airborne skills can be found in Becker (2018). From these analyses, a poster was created for each skill (Becker & Naundorf, 2017 a-e) with the most important MIS information on the skill, the specific values for the airborne skill, and further references. The directions of the force vectors are presented [clockwise] around a circle (Fig. 4).

Fig. 4. A poster giving the guideline values for a layout Tkatchev (Becker & Naundorf, 2017 d).

# Tkatchev am MIS-Reck gestreckt

## Empfehlungen zur Analyse des Kraft-Zeit-Verlaufs

### Hintergrund

Beim Turnen am Reck liegt ein ständiger Energieaustausch zwischen Athlet und Stange vor. Es besteht ein Wechsel zwischen Phasen bei denen der Athlet Energie an die Stange überträgt und Phasen in denen die Stange die Energie wieder an den Turner zurückgibt. Durch Muskelarbeit kann der Athlet diesen Energieaustausch positiv beeinflussen, sodass ihm ein erhöhtes Energiepotential für die Ausführung verschiedener Elemente zur Verfügung steht. Dazu muss der Athlet in den vorbereitenden Resenflügen an entscheidenden Schlüsselpositionen bestimmte muskuläre Aktionen ausführen. Diese bestehen vorwiegend aus einem fortlaufenden Wechsel von Flexion und Extension in Schulter- und Hüftgelenk unter Einbeziehung des Rumpfes der Wirbelsäule. Mit Hilfe des MIS-Reck kann ein exakter Kraft-Zeit-Verlauf der vorbereitenden Resenflüge für Flugelemente und Abgänge am Reck erfasst und analysiert werden. Mit den synchronisierten Videobildern lässt sich der Kraft-Zeit-Verlauf auch im Hinblick auf die Bewegung des Turners interpretieren. Die hier dargestellten Parameterempfehlungen sollen beim Messplatztrainings dazu führen, dass Athleten eine verkürzte Lernphase für die Aneignung neuer Elemente benötigen. Im Lernverlauf ergeben sich individuelle Orientierungswerte für den einzelnen Turner.

### Das Element

Der Tkatchev gestreckt (Vorschung und Konter gestreckt über die Stange mit Widergräten) ist ein häufig genutztes Flugelement bei Spitzenturnern am Reck. Er ist Ausgangspunkt für das Erernen weiterer Flugelemente wie Moznik, Likun, Kulesza... bei denen der Tkatchev durch Längsachsenänderungen ergänzt wird und in unterschiedlichen Griffarten endet. Geografische bzw. gestreckte Varianten sind wie bei vielen anderen Elementen nur eine „Zwischenstation“. Zur Schulung der Arbeit mit der Stange (Rhythmus) eignet sich die leichtere Variante des gestreckten Tkatchev, die es dann in Serien auszuführen gilt. Aus dem Erlernen des gestreckten Tkatchev legen, welcher in Nachwuchsbereich eine herausgehobene Position hat und somit mit hoher technischer Qualität erlernt werden sollte.

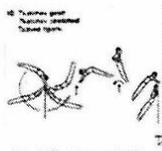


Abb. 1: Tkatchev gestreckt (FIG. 2016, S. 148)

### Spezifische Kennwerte des Tkatchev

Der charakteristische Kraft-Zeit-Verlauf der Vorbereitung für den Tkatchev besteht aus drei aufeinanderfolgenden lokalen Kraftmaxima während des Ab- und Aufschwüngen vor dem Verlassen der Stange (siehe Abb. 2). Dabei übt der Athlet an jedem Maximum einen Zug auf die Stange aus. Jedes Maximum ist gekennzeichnet durch seine Höhe (Kraft in G) und die entsprechende Winkelposition des resultierenden Kraftvektors. Aus 41 erfolgreichen Tkatchev-Versuchen (gestreckt) von 17 verschiedenen Turnern wurden Mittelwerte und das 90%-Konfidenzintervall (90% KI) berechnet um Orientierungswerte für Kraft und Winkel zu generieren. Dabei wurden nur Tkatchev ausgetrennt, bei denen die vorbereitende Resenflüge mit einem dynamischen „Überturnen“ der oberen vertikalen („Topf“-Technik“) ausgeführt wurde. Zusätzlich sind die Zeitintervalle zwischen den Maxima angegeben. Die Darstellung der mittleren Kraftmaxima findet sich in Abb. 3. Die Kraftrichtung (Winkel der Stangenauslenkung) sind in Abb. 4 veranschaulicht. Tab. 1 liefert die zugehörigen Werte.

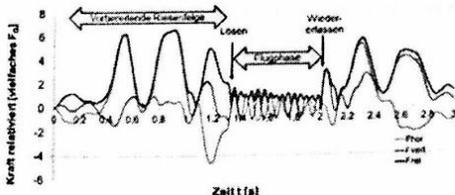


Abb. 2: Charakteristischer Kraft-Zeit-Verlauf des Tkatchev (Naundorf et al., 2016, S. 79)

Tab. 1: Kräfte, Winkel und zeitliche Differenzen der Maxima bei der vorbereitenden Resenflüge beim Tkatchev (gestreckt)

1. Maximum	2. Maximum	3. Maximum
5,9 (5,6 bis 6,2)	6,7 (6,4 bis 6,9)	5,2 (4,9 bis 5,5)
-89 (-92 bis -87)	-3 (-6 bis -1)	75 (73 bis 78)
0,38 (0,37 bis 0,38)		0,28 (0,27 bis 0,29)

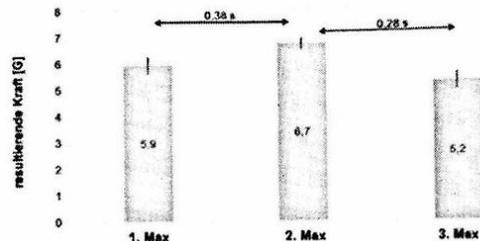


Abb. 3: Mittlere Kraftmaxima (±90% KI) der vorbereitenden Resenflüge beim Tkatchev (gestreckt)

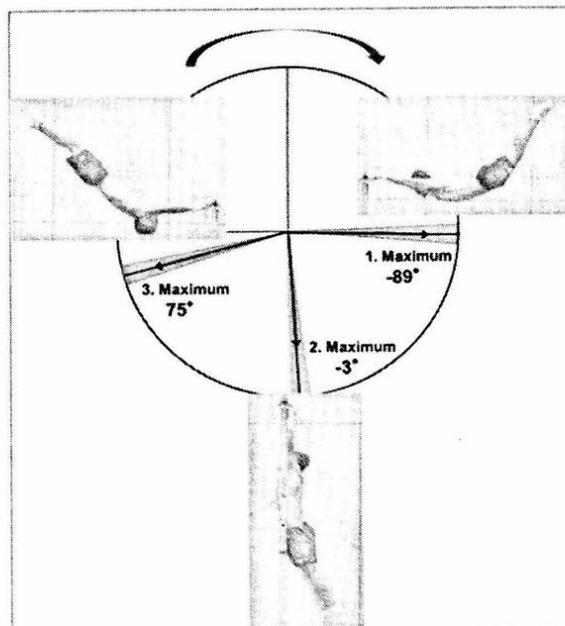


Abb. 4: Winkelpositionen der vorbereitenden Resenflüge beim Tkatchev (gestreckt)

### Weiterführende Literatur

- Arampatzis, A. & Brüggemann, G. P. (2011). Mechanical energetic processes during the gait swing before the Tkatchev exercise. *Journal of Biomechanics*, 44(1), 505-512.
- Herr, M. J., & Haddad, M. N. (2012). Achieving consistent performance in a complex whole body movement: the Tkatchev on high bar human movement science, 31(4), 834-843.
- Wen, Q., Eyal, T. A., Manning, M. L., & Kavic, D. G. (2017). Functional phases and angular momentum characteristics of Tkatchev and Kovacs. *Journal of Sports Sciences*, 35(8), 830-838.
- Kretz, K., Klug, J., & Völkner, R. (1993). Biomechanische Datenanalysen am Reck und an Handgelenk. *Leistungssport*, 4(1), 47-65.
- Naundorf, F., Steiner, S., Luchner, T. & Seidel, J. (2017). Ein Check: Erhebung der Voraussetzung des Technetrainings durch den Einsatz des Video- und Schmalbandsystems Reck. *Leistungssport*.

#### **4. Discussion**

The guideline values presented here in a poster, and for each of the five airborne skills, give the Olympic Support Center coaches (female and male) target values for the feedback process. The posters can also be used to teach development level gymnasts the fundamental theoretical principles behind the bar deflections. During the training process, the guideline values presented here need to be adapted to the individual performance abilities (power and flexibility) of each gymnast and replaced with individual target values. Depending on the possibilities to collect data, the data base for establishing guideline values can be expanded and the posters updated. If there are fundamental changes in the technique, then new guidelines have to be worked out. In addition to the five airborne skills described here, this process can also be applied to other skills, for example dismounts.

#### **References**

Arampatzis, A. & Brüggemann, G. -P. (2001). Mechanical energetic processes during the giant swing before the Tkatchev exercise. *Journal of Biomechanics*, 34 (4), 505-512.

Becker, B. (2018). Analyse des Kraft-Zeit-Verlaufs der vorbereitenden Riesenfelgen beim verschiedenen Flugelementen am Reck [Analysis of the Force-Time Curves of Preparatory Giant Swings to Various Airborne High Bar Skills]. Masterarbeit, Karlsruher Institut für Trainingswissenschaft.

Becker, B. & Naundorf, F. (2017a). Kolman am MIS-Reck. Empfehlungen zur Analyse des Kraft-Zeit-Verlaufs [Kolman on the High Bar MIS. Recommendations for Analyzing the Force-Time Curve]. Poster. Leipzig: Institut für Angewandte Trainingswissenschaft.

Becker, B. & Naundorf, F. (2017b). Kovacs am MIS-Reck. Empfehlungen zur Analyse des Kraft-Zeit-Verlaufs [Kovacs on the High Bar MIS. Recommendations for Analyzing the Force-Time Curve]. Poster. Leipzig: Institut für Angewandte Trainingswissenschaft.

Becker, B. & Naundorf, F. (2017c). Tkatchev am MIS-Reck-gegrätscht. Empfehlungen zur Analyse des Kraft-Zeit-Verlaufs [Tkatchev on the High Bar MIS-Straddled. Recommendations for Analyzing the Force-Time Curve]. Poster. Leipzig: Institut für Angewandte Trainingswissenschaft.

Becker, B. & Naundorf, F. (2017d). Tkatchev am MIS-Reck-gestreckt. Empfehlungen zur Analyse des Kraft-Zeit-Verlaufs [Tkatchev on the High Bar MIS-Layed Out. Recommendations for Analyzing the Force-Time Curve]. Poster. Leipzig: Institut für Angewandte Trainingswissenschaft.

Becker, B. & Naundorf, F. (2017e). Yamawaki am MIS-Reck. Empfehlungen zur Analyse des Kraft-Zeit-Verlaufs [Yamawaki on the High Bar MIS. Recommendations for Analyzing the Force-Time Curve]. Poster. Leipzig: Institut für Angewandte Trainingswissenschaft.

International Gymnastics Federation (2018). 2017 Wertungsvorschriften Kunstturnen Männer [2017 Men's Artistic Gymnastics Code of Points]. Lausanne: International Gymnastics Federation

Knoll, K. (1999). Entwicklung von biomechanischen Meßplätzen und Optimierung der Sporttechnik im Kunstturnen [The Development of Biomechanical Measurement Stations and the Optimization of Gymnastics Technique]. Köln: Sport und Buch Strauß

Naundorf, F., Brehmer, S., Lehmann, T. & Seidel, I. (2017). Erhöhung der Wirksamkeit des Techniktrainings durch den Einsatz des Mess- und Informationssystems Reck [Increasing the Effect of Technique Training Through the Use of the High Bar Measurement- and Information System]. Leistungssport 47 (6), 43-47.

Naundorf, F., Brehmer, S., Lehmann, T., Jentsch, H., Wagner, R., Bunk, M., Wehmann, M., Kindler, M. & Seidel, I. (2016). MIS Reck - Untersuchung zur Wirksamkeit und Überführung ins Heimtraining an die Bundesstützpunkte [High Bar MIS - Investigation on the Effect and Transfer to Home Gym Practice in Federal Training Centers]. In I. Fichtner (ed.), Technologien im Leistungssport. Tagungsband zur 17. Frühjahrsschule am 15./16. April 2015 in Leipzig. Aachen: Meyer & Meyer.