

Wolfgang Schöllhorn

3.2 Diskuswurf

3.2.1 Wurfabschnitte und -phasen

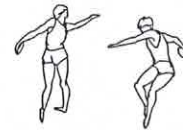
Die Diskuswurfbewegung wird in drei Abschnitte und fünf Phasen untergliedert. Die Phasengrenzen t_1 – t_6 sind wie folgt festgelegt:

- t_1 : Ende des Anschwingens, Umkehrpunkt der Bewegungsbahn des Diskus;
- t_2 : Ende der zweistützigen Andrehphase, erstes Bein verläßt den Boden;
- t_3 : Ende der einbeinigen Andrehphase, Abdruck zum Umsprung;
- t_4 : Ende der Drehumsprungphase, Aufsetzen nach dem Umsprung;
- t_5 : Ende der einstützigen Übergangsphase, zweites Bein setzt auf;
- t_6 : der Diskus verläßt die Hand.

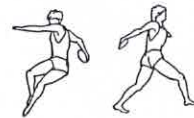
Danach ergeben sich folgende Abschnitte bzw. Phasen:

Startabschnitt:

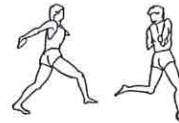
zweistützige Andrehphase Ph₁
(t_1 – t_2)



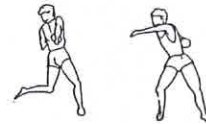
einstützige Andrehphase Ph₂
(t_2 – t_3)



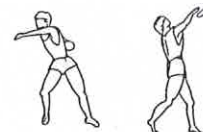
Abwurfvorbereitender Abschnitt:
Drehumsprungphase Ph₃
(t_3 – t_4)



einstützige Übergangsphase Ph₄
(t_4 – t_5)



Abwurfabschnitt:
zweistützige Abwurfphase Ph₅
(t_5 – t_6)



3.2.2 Bewegung des Wurfgeräts

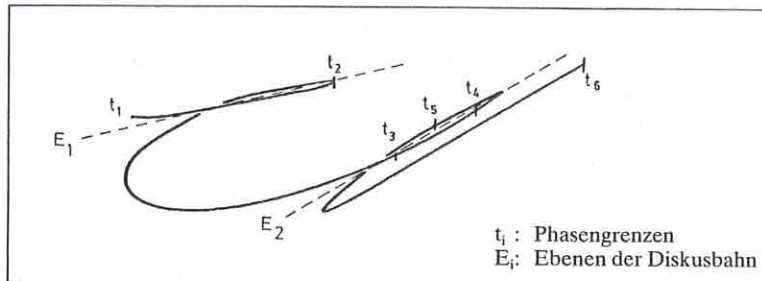
3.2.2.1 Bahnverlauf des Diskus während der Wurfbewegung

Der Bahnverlauf wird ab dem Umkehrpunkt des Diskus am Ende des Anschwingens nach Richtung und Länge gekennzeichnet. Richtung des Bahnverlaufs: Abbildung 1 zeigt einen typischen Trend des Diskusbahnverlaufs von der Seite (xz-Ebene).

Schon von Beginn des Startabschnitts an wird die Bahn des Diskus ähnlich der Neigung des Bahnverlaufs vor dem Abwurf gestaltet. Die Ebene E_1 der Diskusbahn während des ersten Umlaufs verläuft parallel zur Ebene E_2 des zweiten Umlaufs. Bei t_6 verläßt der Diskus die Hand und folgt den Gesetzmäßigkeiten eines ballistischen Wurfs. Je größer der Abstand zwischen den Ebenen E_1 und E_2 der Diskusbahn während der beiden Drehungen, desto länger ist der «Schritt» des Werfers zur Mitte des Wurfkreises hin. Bei einem zu langen «Schritt» kommt es im Abwurfabschnitt zu einer unterdurchschnittlich ausgeprägten Bewegung des Werfers in Wurfrichtung. Ist der Schritt zu kurz, dann wird die Wurfauslage zu groß, und die zweite Ebene E_2 der Diskusbahn wird flacher. Bei einer flachen Ebene E_2 der Diskusbahn kann eine Korrektur in Richtung eines optimalen Abflugwinkels nur durch eine relativ isolierte und damit leistungsmindernde Bewegung des Wurfarms erfolgen.

Einen typischen Trend des Diskusbahnverlaufs von oben (yz-Ebene) zeigt Abbildung 2. Der Diskus legt während des Wurfs mehr als zwei ganze Umläufe U_1 und U_2 zurück. Die Form des zweiten Umlaufs (U_2) zeigt im Vergleich zum ersten (U_1) eine Zunahme der Bewegung in Wurfrichtung im Abwurfabschnitt (t_5-t_6). Der Diskus verläßt die Hand etwa über dem Wurfkreisrand.

Abb. 1: Verlauf der Diskusbahn von der Seite



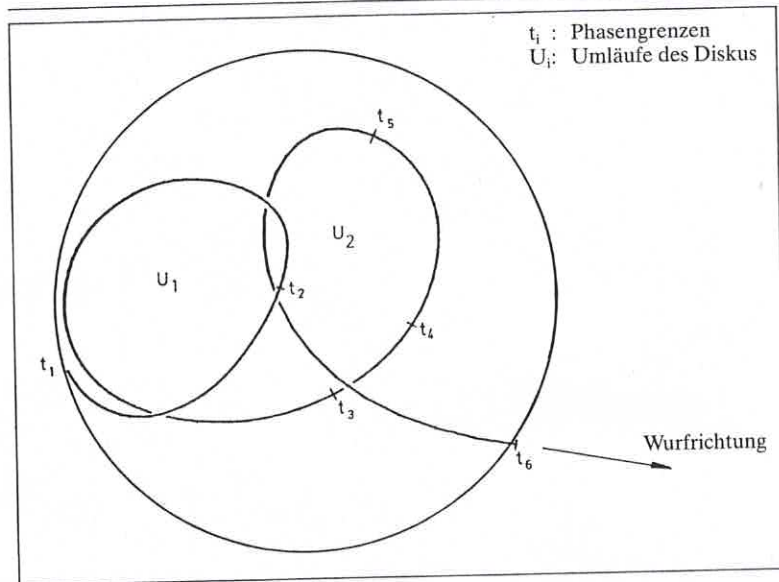


Abb. 2: Verlauf der Diskusbahn von oben

Länge des Bahnverlaufs: Primären Einfluß auf die Flugweite des Diskus hat die Abfluggeschwindigkeit. Sie kann über eine Optimierung des Beschleunigungswegs der Diskusbahn vergrößert werden, sofern die eingesetzten Beschleunigungskräfte zu einem Geschwindigkeitszuwachs des Diskus führen.

Die Länge des Beschleunigungswegs im Startabschnitt weist sowohl bei den Männern als auch bei den Frauen eine sehr individuelle Ausprägung auf und läßt keinen statistischen Zusammenhang mit der Abfluggeschwindigkeit erkennen (Tab.1). Statistisch gesichert sind die geschlechtsspezifischen Unterschiede im darauffolgenden, abwurfvorbereitenden Abschnitt. Mit zunehmender Wurfweite verkürzt sich der Beschleunigungsweg des Diskus in der Drehumsprungphase (Ph₃) zugunsten eines längeren Beschleunigungsweges in der einstützigen Übergangsphase (Ph₄). Diese Umverteilung des Beschleunigungswegs ist dadurch zu erklären, daß eine positive Beschleunigung des Gesamtsystems nur bei Bodenkontakt möglich ist. Während bei den Männern im Abwurfabschnitt der längste Beschleunigungsweg zurückgelegt wird, trifft dies bei den Frauen im zweiten Teil des Startabschnitts (Ph₂) zu. Die Vermutung einer geschlechtsspezifischen Andrehtechnik liegt nahe, die besagt, daß Frauen das erste

Längenmerkmale Einheit	FK 86 [m]	FE 86 [m]	MZ 83 [m]	MK 82 [m]
Wurfweite W	53.38	64.58	43.93	58.37
$W_{\min} - W_{\max}$	46.22-57.72	60.00-68.34	36.16-47.12	52.62-62.38
Diskusweg wäh- rend der...				
zweistützigen Andrehphase (Ph ₁)	2.18	1.83	2.11	1.97
einstützigen Andrehphase (Ph ₂)	2.65	2.34	2.43	2.47
Drehumsprung- phase (Ph ₃)	0.76	0.40	0.80	0.64
einstützigen Übergangsphase (Ph ₄)	0.96	1.61	1.19	1.37
zweistützigen Abwurfphase (Ph ₅)	2.31	2.23	2.66	2.58
Gesamt- beschleunigungs- weg des Diskus	8.86	8.41	9.17	9.05
FK 86: 6 Frauen Nationalkader Diskus 1986				
FE 86: 5 Frauen Europameisterschaftsteilnehmerinnen Diskus 1986				
MZ 83: 7 Männer Nationalkader Zehnkampf 1983				
MK 82: 5 Männer Nationalkader Diskus 1982				
$W_{\min} - W_{\max}$: minimale und maximale Wurfweite der jeweiligen Teilnehmergruppe				

Tab. 1: Wegmerkmale

Bein früher vom Boden abheben als Männer. Die geschlechtsspezifischen Unterschiede bezüglich der Länge des Gesamtbeschleunigungswegs sind in erster Linie durch die Längenunterschiede im Startabschnitt bedingt.

3.2.2.2 Geschwindigkeits-Zeit-Verlauf des Diskus

Der Geschwindigkeitsverlauf des Diskus wird nach dem Betrag der Geschwindigkeitszunahme während der Wurfabschnitte bzw. Wurfphasen gekennzeichnet.

Tabelle 2, S. 216, ist zu entnehmen, daß die Startgeschwindigkeit des Diskus (Δv_1) bei Frauen über der Startgeschwindigkeit der Männer liegt. Dieser Geschwindigkeitsunterschied wird in der einstützigen Andrehphase

Geschwindigkeitsmerkmale	FK 86	FE 86	MZ 83	MK 82
Einheit	[m/s]	[m/s]	[m/s]	[m/s]
Wurfweite W	53.38	64.58	43.93	58.37
Geschwindigkeitszu- bzw. -abnahme des Diskus während der ...				
zweistützigen Drehphase (Ph ₁): Δv_1	24% 5.7	21% 5.5	21% 5.2	22% 5.4
einstützigen Drehphase (Ph ₂): Δv_2	5% 1.3	38% 1.5	28% 1.9	33% 3.4
Drehumsprungphase (Ph ₃): Δv_3	-0.8	-0.1	-0.5	-0.5
einstützigen Übergangsphase (Ph ₄): Δv_4	0.7	-0.2	0.2	-0.4
zweistützigen Abwurfphase (Ph ₅): Δv_5	7 317.1	7 318.4	6.7 14.4	6.7 16.4
Abfluggeschwindigkeit des Diskus	23.3	25.1	21.2	24.3

Tab. 2: Geschwindigkeitsmerkmale

(Ph₂) von den männlichen Werfern überkompensiert, so daß die Männer mit einer insgesamt höheren Diskusgeschwindigkeit in den abwurfvorbereitenden Abschnitt gehen. Hierbei muß berücksichtigt werden, daß ein Vergleich der Geschlechter nur bei ungefähr gleichem Niveau derwurfweite zulässig ist (FE 86 und MK 82). Den höchsten Geschwindigkeitszuwachs in Phase 2 verzeichnet die männliche Gruppe MK 82 mit 3.4 m/s. Auffallend ist der geschlechtsunabhängige größere Geschwindigkeitsverlust bei den leistungsstärkeren Gruppen mit -0.9 m/s (Männer) und -0.3 m/s (Frauen) im abwurfvorbereitenden Abschnitt. Offensichtlich besteht ein Trend zur Steigerung der Abfluggeschwindigkeit darin, in diesem Abschnitt auf einen Geschwindigkeitszuwachs zugunsten des Abwurfabschnitts zu verzichten. Die bei den männlichen Werfern MK 82 im Vergleich zu den drei anderen Gruppen höchste Geschwindigkeit des Diskus am Ende des Startabschnitts ist verbunden mit dem größten Geschwindigkeitsverlust von -0.9 m/s im folgenden Abschnitt. Hieraus läßt sich eine zu hohe Geschwindigkeitszunahme in den ersten beiden Phasen vermuten.

Die betragsmäßig höchsten Geschwindigkeitszunahmen finden in den zweistützigen Phasen statt. Im Abwurfsabschnitt werden von den Frauen 73 %, bei den Männern 67 % der Abfluggeschwindigkeit erzeugt. Der höhere Geschwindigkeitszuwachs der Frauen im Abwurfsabschnitt ist durch das im Mittel höhere Leistungsniveau zu erklären.

3.2.2.3 Flugbahn des Diskus

Nach dem Verlassen der Hand unterliegt der Diskus der Schwerkraft und, aufgrund seiner Form, der Luftkraft. Durch die Luftkraft kommt es zur Abweichung der Flugbahn des Diskus von der eines Massenpunktes bzw. angenäherten Massenpunktes in Form einer Kugel (Abb. 3).

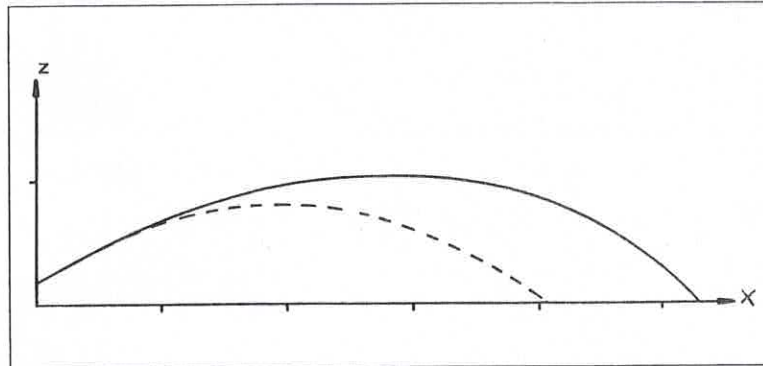


Abb. 3: Flugbahn eines Diskus (—) und einer Kugel (-----) mit gleicher Masse und gleicher Abfluggeschwindigkeit

Die Form des Diskus führt im Vergleich zur Kugel (Luftwiderstandskraft) zu einer qualitativ (Luftwiderstands- und Auftriebskraft) und vor allem quantitativ anderen «Luftkraft». Die Kraft ist nicht nur durch die im Verhältnis zu Volumen und Gewicht größere Oberfläche betragsmäßig größer, sondern sie besitzt vor allem durch die Wirkung des Diskus als Tragfläche eine Richtung, die deutlich von der Bewegungsrichtung des Diskus abweicht. Durch die Rotation um die Figurenachse A verhält sich der Diskus als Kreisel und behält die Richtung seiner Figurenachse als Drehachse während des Fluges bei (Abb. 4, S. 218). Nach vorliegenden Untersuchungen ändert sich die Rotationsgeschwindigkeit des Diskus während des ganzen Fluges nicht.

Die Lage des Diskus wird im allgemeinen durch drei Winkel beschrieben: a) den Flugwinkel α , b) den Anstellwinkel β und c) den Angriffswinkel γ

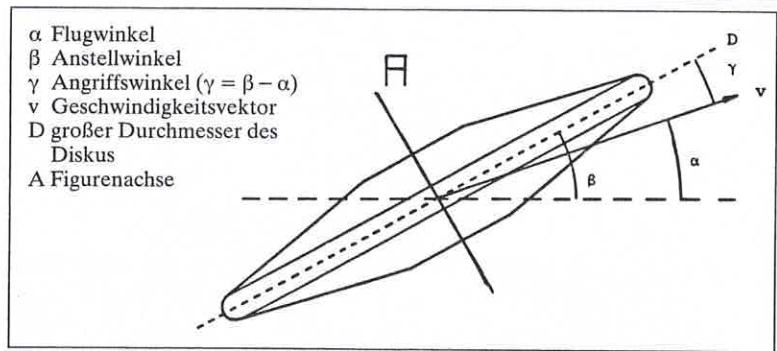


Abb. 4: Definition der Lagewinkel

(Abb. 4). Eine maximale Flugweite des Diskus ergibt sich, wenn der Luftwiderstand minimal und der Auftrieb relativ hoch ist. Dazu sollte beim Abflug (Windstille) ein optimaler Angriffswinkel von $\gamma = -10^\circ$ eingehalten werden, d. h., der Anstellwinkel muß um 10° kleiner sein als der Flugwinkel. Bei Rückenwind sollte der Anstellwinkel vergrößert, bei Gegenwind entsprechend verkleinert werden.

3.2.3 Bewegung des Athleten

3.2.3.1 Startabschnitt

Im Startabschnitt liegt ein typischer Trend darin, den Diskus in der Neigung einer Ebene zu bewegen, die der des Abwurfwinkels gleicht. Die äußerst individuelle Gestaltung der ersten beiden Phasen in bezug auf Länge und Geschwindigkeitszuwachs des Diskus bestätigt die von SCHLÜTER/NIXDORF (1984, S. 21) erwähnte Aussage, wonach die optimale Ausführung der Diskuswurfbewegung von den individuellen Voraussetzungen (konditionelle, technomotorische, anthropometrische etc.) des Werfers abhängt.

3.2.3.2 Vorbereitender Abwurfabschnitt

Durch spätes Lösen des zweiten Drehbeins und schnelles, aber räumlich nicht zu kurzes Setzen des Fußes nach der Drehumsprungphase wird der Energie- und damit Geschwindigkeitsverlust des Diskus gering gehalten.

ten. Die einstützige Übergangsphase dient dem Vordrehen des Körpers (Schulter-Hüftachse) gegenüber dem Diskus (Armachse) zur Erzeugung einer größtmöglichen Vorspannung im ersten Teil des Abwurfabschnitts. Hierbei wird sogar ein Geschwindigkeitsverlust des Diskus in der einstützigen Übergangsphase in Kauf genommen. Die Geschwindigkeitszunahmen von 0.2 m/s (MZ83) und 0.7 m/s (FK86) im zweiten Teil des abwurfvorbereitenden Abschnitts sind auf ein gleichzeitiges Drehen des Arms mit dem Rumpf und damit auf eine fehlende Relativbewegung des Rumpfes gegenüber dem Arm zurückzuführen.

3.2.3.3 Abwurfabschnitt

Der Abwurfabschnitt beginnt mit dem Aufsetzen des zweiten Fußes und endet damit, daß der Diskus die Hand verläßt. GREGOR et. al. (1985) untersuchen bei der Untersuchung der Medaillengewinner der Olympischen Spiele 1984 diesen Abschnitt weiter bezüglich des verschiedenartigen Abhebens der Füße vom Boden. Die festgestellte Verwendung geschlechtsspezifischer Abwurftechniken konnte in der zentralen Tendenz bestätigt werden. Während die Frauen einen Standabwurf bevorzugen, verwenden die Männer fast ausschließlich einen Sprungabwurf.

Im ersten Teil des Abwurfabschnitts wird die Vorspannung weiter verstärkt. Im zweiten Teil geht die Rotationsbewegung des Gesamtsystems in eine Translationsbewegung über. Die Hauptaufgabe dieses zweiten Teils besteht in der Erzeugung des größten phasenbezogenen Geschwindigkeitszuwachses des Diskus. Der Geschwindigkeitszuwachs wird zum einen durch Übertragung von Bewegungsenergie des vorher beschleunigten Gesamtsystems <Werfer - Diskus> auf das Teilsystem <Diskus> erzeugt und zum anderen durch die <Eigenbewegung der Abwurfmotorik>.

Dem Naturgesetz von der Erhaltung der Energie zufolge muß ein Teilsystem an Energie abnehmen, wenn ein anderes Teilsystem an Energie zunimmt. Das heißt, das Teilsystem <Werfer> muß abgebremst werden, um die Energie auf das Teilsystem <Diskus> übertragen zu können. Dabei soll das Endglied der offenen kinematischen Kette (HOCHMUTH 1982, S. 70) des menschlichen Bewegungsapparates (Hand, Diskus) eine möglichst große Geschwindigkeit erhalten. Die Geschwindigkeitsreduktion der Körpersegmente erfolgt sukzessive vom Fuß ausgehend über das Knie-, Hüft- und Schultergelenk zur Hand. Die Geschwindigkeitsmaxima der jeweiligen Körpersegmente nehmen in gleicher Reihenfolge zu und erreichen ihren höchsten Wert am Endglied der kinematischen Kette <Hand - Diskus>.