

Harald Jansenberger

Darts-Sport

Sportwissenschaftliche
Leistungsdiagnostik
und Trainingsansätze



Inhalt

1	Einleitung	7
2	Versuch einer Standardbewegung	9
2.1	Vorbereitungsphase	10
2.2	Pfeilaufnahme und Ausholbewegung	10
2.3	Hauptphase	11
2.4	Abschlussphase	12
3	Der Dartwurf aus funktionell anatomischer Sicht	13
3.1	Das Schultergelenk	13
3.2	Das Ellbogengelenk	15
3.3	Das Handgelenk und die Hand	16
4	Motorisches Lernen im Darts	18
4.1	Hintergründe zum motorischen Lernen	18
4.1.1	Modelle der Motorik	18
4.1.2	Ansätze des motorischen Lernens	21
4.1.3	Studien zum Thema motorisches Lernen und Darts	22
4.2	Stadien des motorischen Lernens	24
4.2.1	Aufmerksamkeitskapazität	24
4.2.2	Motorisches Lernen bei Anfängern	25
4.2.3	Motorisches Lernen und Leistungsfähigkeit bei Könnern	26
4.2.4	Choking under pressure	27
4.3	Instruktion und Feedback	29
4.3.1	Externer und interner Fokus	29
4.3.2	Externer und interner Fokus beim Darts	30
4.3.3	Feedback geben – interner und externer Fokus	31

5	Leistungsbestimmende Faktoren bei Darts	33
5.1	Der Stand	35
5.2	Der Wurf	38
5.2.1	Die Stabilität der Schulter	40
5.2.2	Die Stabilität des Oberarmes	41
5.2.3	Die seitliche Beschleunigung der Wurfbewegung	42
5.2.4	Das Bewegungsausmaß der Streckbewegung	42
5.2.5	Die Konstanz der Wurfstärke	44
5.3	Methodik der Dartwurfanalyse	47
5.3.1	Der 5D-Darts-Screen	47
5.3.2	Der 5D+-Darts-Screen	48
5.3.3	Der 7D-Darts-Screen	49
5.4	Der 5D+-Darts-Screen bei Jugendspielern und Frauen	50
5.5	Weitere leistungsbestimmende Parameter beim Wurf	51
5.5.1	Das ruhige Auge – „Quiet Eye“	51
5.5.2	Der Wurfrhythmus	53
5.5.3	Die Bewegung des Handgelenks	54
5.5.4	Die Kopfposition	54
5.6	Nicht leistungsbestimmende bzw. individuelle Parameter des Wurfes	55
5.6.1	Das Loslassen des Pfeiles – „Release“	55
5.6.2	Das komplette Strecken des Armes	56
5.6.3	Die Wurfstärke	57
5.6.4	Seite des dominanten Auges	58
5.6.5	Die horizontale Beschleunigung des Körperschwerpunkts	58
5.6.6	Der Griff (Grip)	58
6	Praxisteil Technik	61
6.1	Exkurs Koordinatives Training	61
6.1.1	Steuerung der Informationsanforderungen	65
6.1.2	Training der relevanten Druckbedingungen	67
6.1.3	Fähigkeitsorientiertes koordinatives Training	68
6.2	Praktische Tipps: Bewegungslernen Anfänger	70
6.3	Praktische Tipps: Bewegungslernen Könnner	71
6.4	Übungen zur Verbesserung der Wurftechnik	72
6.4.1	Wurf mit offenen und geschlossenen Augen	73
6.4.2	Stabilität der Schulter	73
6.4.3	Stabilität des Oberarmes – Korridor	74

6.4.4	Stabilität des Oberarmes – Visualisierungsübung	74
6.4.5	Bewegungsausmaß Startpunkt berühren	74
6.4.6	Bewegungsausmaß Schlag auf Ziel	76
6.4.7	Visualisierung langes Bewegungsausmaß	76
6.4.8	Wurfkonstanz Ampel	76
6.4.9	Wurfkonstanz Trichter/Trapezförmiges Ziel	76
6.4.10	Wurfkonstanz Variation der Flugbahn	77
6.4.11	Seitliche Abweichung Ampel/Balken	77
6.4.12	Seitliche Abweichung „Laser“	79
6.4.13	Seitliche Beschleunigung mit Korridor oder Nähe zur Wand	79
6.4.14	Standübung Ampel (Software)	80
6.4.15	Standübung Personenwaage	81
6.4.16	Standübung – Visualisierung der Gewichtsverteilung	81
6.4.17	Standübung Bild des Halmes/Baumes	81
6.4.18	Standübung mit vorheriger Drehung	82
6.4.19	Standübung mit Gegenstand auf dem Kopf	82
6.4.20	Standübung stabilisierendes Bein	84
6.4.21	Standübung Stabilisationstrainer	84
6.4.22	Übungsmöglichkeiten für das Quiet Eye	84
6.4.23	Schulung des Wurfrhythmus	86
6.4.24	Visualisierung der Handgelenksbewegung	87
6.4.25	Anpassung der Kopfposition	87
6.5	Ausgleichsübungen – Moderates Krafttraining	88
6.5.1	Standbeintraining	89
6.5.2	Rumpfausgleichstraining	94
6.5.3	Schulterübungen	97
6.5.4	Handgelenks- und Fingerübungen	106
6.6	Dehnen beim Darts	107
7	Darts als Mentalsport	113
7.1	Mentales Training im Dartsport	114
7.2	Dartitis	116
7.3	Praxisteil Mentaltraining	118
7.3.1	Positives Besetzen des Wurfes und des Spiels	119
7.3.2	Mentaltraining und Wurftechnik – Mentales Techniktraining	119
7.3.3	Bildhaftes Vorstellen mit Musik	121
8	Spielrelevante Trainingsvariationen für 501 D.O.	122
8.1	Scoring	122
8.1.1	Übungen für das enge Gruppieren	123

8.1.2	Präziser erster Dart	123
8.1.3	Korrektur des ersten Darts	123
8.1.4	Präzision auf die „großen“ Triplefelder	124
8.1.5	Präzision auf das Bullseye	124
8.2	Übergang	124
8.2.1	Stabilität auf die großen Triplefelder	125
8.2.2	Wechsel zwischen den großen Triplefeldern	125
8.2.3	Sicheres Stellen eines möglichen Finishes	125
8.2.4	Lernen der entsprechenden Zahlen	126
8.3	Checking	126
8.3.1	Erlernen der erfolgsversprechenden Finishwege	126
8.3.2	Training der einzelnen Finishwege	128
8.3.3	Sicherheit auf die Triplefelder (16 bis 7)	128
8.3.4	Sicherheit auf möglichst alle Doppelfelder	128
8.3.5	Heranarbeiten an das Doppelfeld – Setzen eines Markers	128
8.4	Zehn Trainingsspiele und ihre Schwerpunkte	129
9	Fallbeispiel	131
1	Konkrete Beispiele für koordinatives Training und Darts	133
10.1	Systematisches Training eines leistungsbestimmenden Parameters	133
10.2	Systematisches Training spielrelevanter Aspekte	134
10.3	Systematisches Training eines Trainingsspiels als Wettkampfvorbereitung ..	135
11	Eine zusätzliche Perspektive	137
12	Anhang	139
12.1	Empfehlenswerte Links zum Thema Darts	139
12.2	Literatur	139

1

Einleitung

Darts ist ein Sport, der sich international und im deutschsprachigen Raum immer größerer Beliebtheit erfreut. Das Phänomen Darts, über das immer noch unsinnigerweise diskutiert wird, ob es nun Sport sei oder nicht, ist medienpräsent wie kaum eine andere „Nischensportart“. Heinecke (2017) schreibt in einem Artikel zum Thema Darts aus medialer Sicht: „Darts dürfte in Deutschland eigentlich nicht als medientaugliche Sportart funktionieren“ (S. 90). Trotzdem funktioniert es. Die angegebene fehlende Tradition, der nicht vorhandene olympische Status und auch der nicht vorhandene deutsche Star-Athlet klingen schlüssig. Vor allem letzteres muss aber differenziert werden: Zwar ist bisher mit Mensur Suljović nur ein deutschsprachiger Spieler in der absoluten Weltklasse angekommen, aber man muss doch dazu sagen, dass einige deutsche und auch österreichische Spieler immer wieder mit Leistungen aufhorchen lassen und auch in der erweiterten Weltklasse zu finden sind.

Die hohe mediale Präsenz verdankt Darts zu einem großen Teil der optimalen Vermarktungsstrategie der PDC. Der polarisierende Charakter (vgl. Heinecke, 2017) von Darts und auch der Spieler trägt sicher seinen Teil dazu bei, jedoch hat Darts trotz des Fehlens akrobatischer oder konditioneller Höchstleistungen einen großen Vorteil: Darts bietet schnelle Entscheidungen und Spannung in relativ kurzer Zeit, was das Zusehen unterhaltsam macht.

Und während diskutiert wird, ob Darts Sport ist, wird zeitgleich darüber spekuliert, ob Darts olympisch werden sollte. Dabei gehen die Meinungen klar auseinander (vgl. Heinecke, 2017). Darts, die Randsportart ist also in der Breite angekommen, fristet bislang trainingstheoretisch und zum Teil auch trainingspraktisch ein Schattendasein. Dabei sind trainingstheoretische und auch überlastungspräventive Ansätze bei einer Sportart mit teilweise hohem Trainingsumfang durchaus von Bedeutung. Die Forschungslage beim Dartwurf ist aus bewegungswissenschaftlicher und biomechanischer Sicht knapp und von unterschiedlicher Qualität, scheint aufgrund der durchaus begrenzten Bewegungsvariation ausreichend (z. B.: Analyse von Gelenkbewegungen beim Dartwurf (vgl. Bugdon, 2013; Lee et al., 2014; Kutznetsova et al., 2017)). Es fehlt bislang eine evidenzbasierte Überprüfung zur Entwicklung einer anzustrebenden Technik beim Wurf. Zwar gibt es Machbarkeitsstudien mit geringer Probandenzahl ($n = 2$): Walsh et al. (2011a und 2011b) haben in zwei Untersuchungen mit Beschleunigungssensoren, Kraftmessplatte und EMG Aufnahmen bei zwei Dartspielern (Ein Profi der PDC und ein Freizeitspieler) die Umsetzbarkeit einer solchen Messung erhoben.

In den meisten Sportarten werden Techniken erarbeitet beziehungsweise Standardbewegungen definiert. Beginnt der interessierte Neuling mit dem Lernen des Wurfes gibt es zwar grundlegende Empfehlungen zum Stand und zum Wurf selbst, allerdings wird im selben Atemzug empfohlen einen eigenen individuellen Wurfstil zu entdecken. Der individuelle Wurfstil mag auch durchaus zutreffend sein, wenn man die unterschiedlichen Ausprägungen des Wurfes beim Profi beobachtet. Trotzdem muss es sowohl Faktoren geben, die grundsätzlich anzustreben sind, als auch solche, die als individuelle Ausprägung gesehen werden können.

Es ist bekannt, dass die Variabilität des Wurfergebnisses beim trainierten Spieler deutlich geringer ist als beim Ungeübten. Allerdings ist die Reduzierung der Variabilität des Wurfergebnisses deutlich höher als die Reduzierung der Variabilität in der Bewegung (vgl. Müller et al., 1999). Es greifen also bei der Wurfbewegung kompensatorische Mechanismen.

Gerade in einer Sportart wie Darts, die aus biomechanischer Sicht sehr simpel erscheint, ergibt sich folgendes Problem: Je einfacher die Bewegung, je weniger Fehler gemacht werden können, umso gravierender sind die möglichen Fehler auf das Ergebnis. Aus diesem Grund werden hier die Ergebnisse einer Studie zur Dartwurfanalyse (vgl. Jansenberger, 2017) vorgestellt und durch eine inzwischen deutlich größere Probandenzahl ($n = 404$) verfeinert. Das hat zum Ziel einen ersten Schritt zur Bestimmung der Standardbewegung (Kapitel 2) im Dartsport zu werden. Das Kapitel 3 beleuchtet den Dartwurf aus funktionell anatomischer Sicht. Darin werden involvierte Muskelgruppen und erste Begründungen für kräftigendes Training gegeben.

Ein weiteres Problem, dass sich nach dem Kapitel 4 „Motorisches Lernen“ auftun wird, ist die Tatsache, dass der entscheidende Teil des Dartwurfs zu schnell ist, um kognitiv daran zu arbeiten. Es werden aber Möglichkeiten vorgestellt, die helfen sollen den idealen Wurf möglichst rasch zu erlernen, um Rückschrittphasen möglichst abzuschwächen.

Kapitel 5 setzt sich mit den einzelnen gemessenen Variablen (vgl. Jansenberger, 2017) der Wurfbewegung auseinander, und stellt ein aus fünf Parametern bestehendes Modell vor, das dem Dartspieler vor Augen führt, an welchen Teilbereichen der Technik es zu arbeiten gilt. Die Konsequenz für die Praxis findet sich dann ausführlich in Kapitel 6 wieder. Hier werden konkrete Übungen vorgestellt, um an der eigenen Technik arbeiten zu können. Abgerundet wird das Buch mit dem Kapitel 7, das den mentalen Aspekt und die aktuelle Forschungslage dazu beleuchtet.

Darts ist eine mental dominierte Sportart. Aber damit der mentale Aspekt wichtig werden kann, muss erst die korrekte Wurftechnik erarbeitet werden.

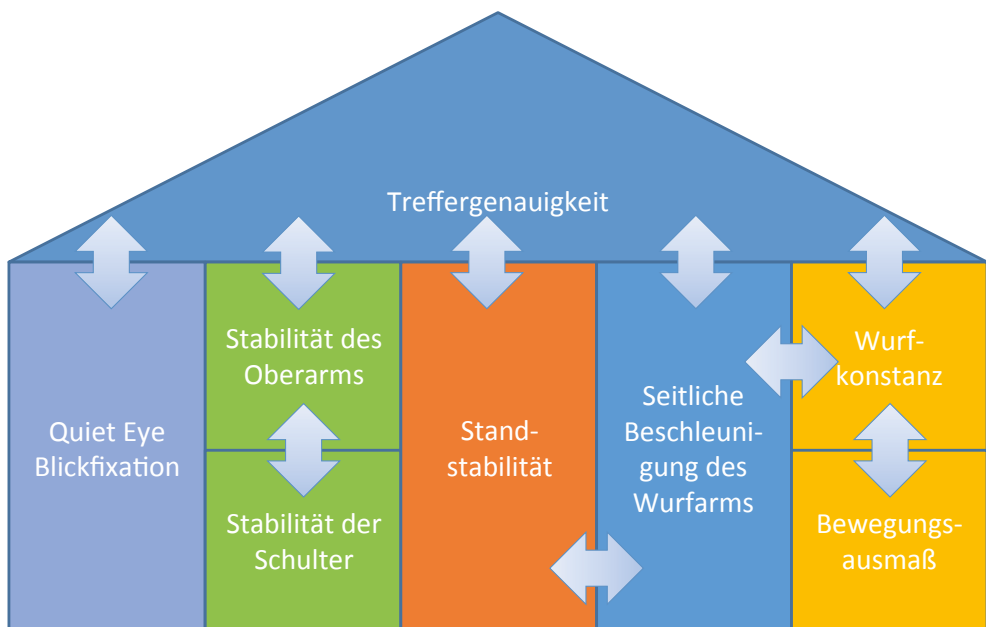
5

Leistungsbestimmende Faktoren bei Darts

Schon Walsh et al. (2011b) beschreiben, dass die Konzentration auf einzelne Faktoren keine optimale Möglichkeit darstellt den komplexen Dartwurf hinsichtlich der Einschränkungen der Treffergenauigkeit zu beurteilen. Aus diesem Grund muss man sich die Komplexität der scheinbar so einfachen Bewegung hinsichtlich ihrer leistungsbestimmenden und hemmenden Parameter ansehen. In der Studie zum 5D-Darts-Screen (vgl. Jansenberger, 2017) haben sich für die Wurfbewegung einige interessante Ergebnisse ergeben, die die Faktoren vertikale Beschleunigung des Körperschwerpunkts, mediolaterale Abweichung des Wurfarmes, Konstanz der Wurfstärke, Stabilität des Oberarms und Bewegungsausmaß der Wurfbewegung hervorkehren. Zusätzlich ist auch die Stabilität der Schulter ein wichtiger Faktor, den es zu berücksichtigen gilt.

Die vorgestellten Daten beruhen auf Messungen von 404 Personen unterschiedlicher Leistungslevels. Unter den gemessenen Personen findet sich unter anderem Mensur Suljović, sowie einige andere namhafte Spieler und PDC-Spieler aus dem deutschsprachigen Raum.

Wie in Abbildung 4 zu sehen, bestimmen fünf Säulen die Treffergenauigkeit beim Wurf. Diese sind: Die Fähigkeit zur ausreichenden Blickfixation (Quiet Eye), die Stabilität des Armes (Stabilität des Oberarms und Stabilität der Schulter bei der Wurfbewegung), eine geringe vertikale Beschleunigung beim Körperschwerpunkt (Standstabilität), eine geringe mediolaterale bzw. seitliche Beschleunigung während des Wurfes und eine hohe Konstanz der Wurfbeschleunigung mit einem Mindestmaß an Bewegungsausmaß. Die Standstabilität korreliert mit der mediolateralen Beschleunigung des Wurfarmes, diese korreliert wiederum mit der Wurfkonzanz, und diese korre-

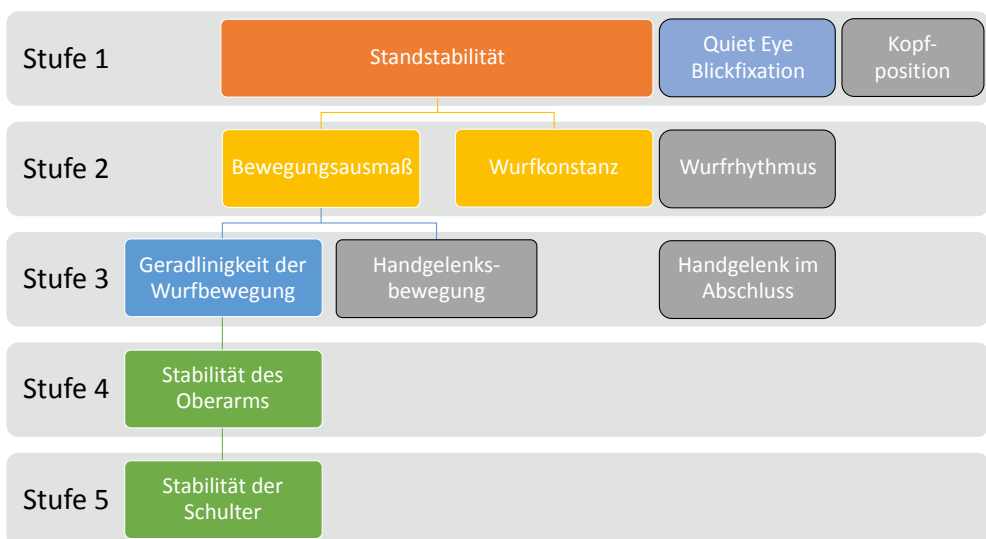


▲ Abb. 4 Leistungsbestimmende Faktoren beim Dartwurf – Die sieben Dimensionen (7D) des Darts

liert mit dem Bewegungsausmaß der Wurfbewegung. Ohne ein gewisses Mindestmaß an Bewegungsausmaß der Wurfbewegung und mit der Kombination aus instabilem Stand und starker mediolateraler Abweichung wird kaum eine entsprechende Wurfkonzanz erreicht werden können. Somit hängen einige wichtige Faktoren am stabilen Stand und dem Bewegungsausmaß.

Das bedeutet für das Training in der Prioritätenliste für Anfänger genauso wie Könner:

- Es muss an einer stabilen Standposition ohne starke vertikale Beschleunigung (ohne „Hüpfen“) gearbeitet werden. Mit dem stabilen Stand hängt der Faktor mediolaterale Abweichung (seitliche Beschleunigung) des Wurfarmes zusammen. Diese wiederum korreliert mit der Wurfkonzanz, die auch mit dem Bewegungsausmaß zusammenhängt. Daher ist es auch entscheidend, nach Erarbeitung eines stabilen Standes an der mediolateralen Abweichung zu arbeiten. Neben dem stabilen Stand als Verbindung zum Boden ist am Quiet Eye bzw. der Blickfixation zu arbeiten. Diese kann als Verbindung des Spielers zum Board gesehen werden.
- Zusätzlich ist das Bewegungsausmaß auf ein Mindestmaß zu erhöhen, um den leistungsbestimmenden Faktor „Wurfkonzanz“ in Kombination mit stabilem Stand und geringer mediolateraler Abweichung, zu erreichen.
- Ist das Bewegungsausmaß ausreichend, sollte an der Geradlinigkeit der Wurfbewegung, also an der Reduktion der seitlichen Beschleunigung, gearbeitet werden. Zusätzlich sollte in dieser Phase die Handgelenksbewegung optimiert und besonders der lockere Abschluss der Wurfbewegung im Handgelenk erarbeitet werden.
- Die Oberarmstabilität ist ein zentraler Faktor eines erfolgreichen Wurfes: Es muss an einem stabilen Oberarm während des Wurfes gearbeitet werden.
- Ist die Oberarmstabilität ausreichend ausgeprägt, sollte an einer stabilen Schulter während der Wurfbewegung gearbeitet werden.



▲ Abb. 5 Prioritätenliste im Techniktraining

In den nächsten Kapiteln werden die einzelnen leistungsbestimmenden Faktoren gesondert näher behandelt. Die erhobenen Werte sollen als Orientierung für den ambitionierten Dartspieler oder auch Trainer dienen. Sie sind aber nicht als in Stein gemeißelt zu verstehen, denn wie auch in der Wurfbeurteilung (vgl. Kapitel 5.3) zu sehen, ist der Wurf eines Dartspielers eine sehr individuelle Bewegung, die sich auf einige Säulen stützt, die in einem gewissen Rahmen bleiben sollten, um den Wurf zu präzisieren.

Parallel zu den einzelnen Bereichen können die weiteren leistungsbestimmenden Faktoren Wurfrhythmus, Kopfposition und Quiet Eye bearbeitet werden. Da alle keine direkte Auswirkung auf die Wurfbewegung haben, ist das Training dieser Faktoren zu jeder Phase möglich. Vor allem die Nähe der Kopfposition zum Stand spricht für ein frühzeitiges Thematisieren. Die Nähe des Wurfrhythmus zum Bewegungsausmaß deutet ebenfalls an, dass man in dieser Prioritätsstufe auch den Wurfrhythmus ansiedeln sollte.

Zusammenfassend ist es sinnvoll als Neueinsteiger oder mit Neueinsteigern beim Erlernen der Wurftechnik nach der Prioritätenliste vorzugehen. Als Spieler mit Vorerfahrung sollte man nach einer Wurfanalyse mit dem in der Prioritätenliste am höchsten stehenden erhobenen Defizit beginnen. Sind zum Beispiel bei der Wurfanalyse eines Spielers die Faktoren Bewegungsausmaß und Stabilität der Schulter auffällig, sollte zuerst mit dem Bewegungsausmaß im Techniktraining begonnen werden.

Achtung: Die Prioritätsliste soll nicht die Wichtigkeit der einzelnen Faktoren bewerten, sondern nur eine Empfehlung angeben, in welcher Reihenfolge trainiert werden sollte. So ist zum Beispiel die Oberarmstabilität, der Wurfparameter der allein stehend am präzisesten zwischen erfolgreichem und weniger erfolgreichem Spieler unterscheidet, in der Prioritätsliste relativ spät angesetzt, weil er sich erst ausprägen kann, wenn die Faktoren in der Reihenfolge davor zumindest in einer Basisform ausgebildet sind.

5.1 Der Stand

Der Stand wird definiert als Position der unteren Extremitäten und Oberkörperhaltung mit Ausnahme des Wurfarmes.

Der richtige Stand wird üblicherweise als „ruhig“ und „stabil“ dargestellt und folgendermaßen umrissen. Häufig wird darauf verwiesen, dass man sich bequem (vgl. Gutschreiter, 2015) aufstellen sollte. Der Komfort des Standes ist definitiv ein Faktor, den es zu berücksichtigen gilt, da jede unnötige Verdrehung zu einer Instabilität und jede Missempfindung oder Verspannung zu einer Ablenkung werden kann. Gutschreiter (2015) spricht vom Einnehmen des Standes als wichtiges Ritual zum Aufbau von Spannung und Konzentration. Vor allem in ungewohnten Situationen ist eine Ritualisierung der Bewegung empfehlenswert, weil das Sicherheit und ein positives Grundeempfinden gibt, was wiederum die Leistungsfähigkeit positiv beeinflusst (vgl. Kap. 7: Mentaltraining, S. 113 ff.).

Rechtshänder stellen den rechten und Linkshänder den linken Fuß an das Oche (Standleiste). Der Winkel des Fußes, der dabei gewählt wird, liegt üblicherweise zwischen 45° und der kompletten Außenseite des Fußes, die das Oche berührt. Es gibt auch Spieler, die den Fuß direkt mit der Fußspitze 90° zum Oche stellen. Von letzterer Standposition wird häufig abgeraten, was mit einer notwendigen starken Außenrotation des Hüftgelenks argumentiert werden kann.

Oberkörper und Kopf werden üblicherweise so gehalten, dass die Linie zwischen Ohr zum vorderen belasteten Fuß, durch den das Lot des Körperschwerpunkts geht, eine Senkrechte bildet.



▲ Abb. 6 Der Stand

Beide Hüften sollten gestreckt sein, während der Oberkörper aufrecht oder maximal in Verlängerung des hinteren Beines gehalten werden sollte.

Das hintere Bein wird nach hinten gestellt und dient, je nach Vorlage mehr oder weniger als Gegengewicht, um den Stand stabil zu halten. Es sollte vermieden werden, dass das hintere Bein während des Wurfes den Bodenkontakt verliert.

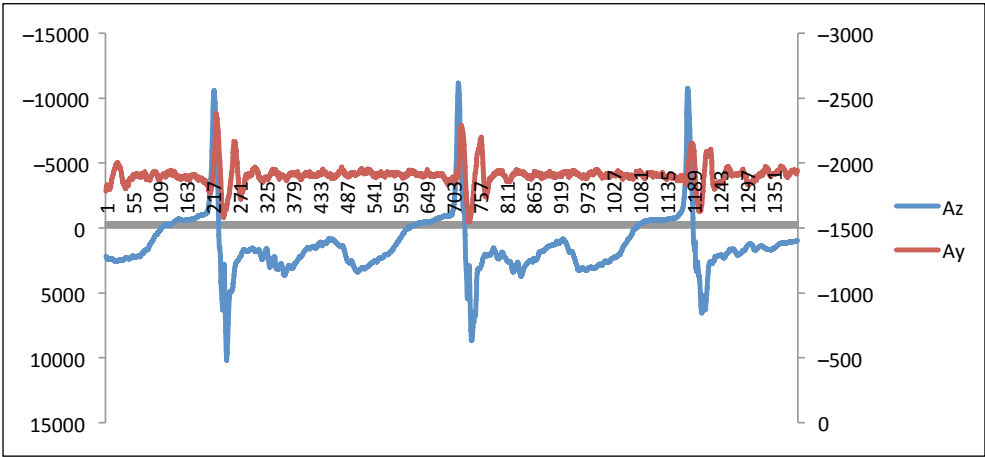
Über den gesamten Wurf sollte der Stand in der Vertikalen möglichst stabil bleiben. Das bedeutet, dass jede Art des Hüpfens zu vermeiden ist.

Der Stand wird oft als entscheidend genannt. Ein „stabiler“ Stand wird in Praxisbüchern zum Thema Darts empfohlen. So sprechen Silberzahn (2009) und Chaplin (2015) davon, dass der Körper keine Bewegung machen sollte, um eine stabile Plattform für den Wurf zu bieten. Ansonsten wird aus der Scheibe ein bewegtes Ziel. Das klingt schlüssig, allerdings ist es interessant, ob es tatsächlich einen Zusammenhang zwischen stabilem Stand und präzisiertem Wurf gibt. Endo et al. (2014) sprechen

in einem direkten Vergleich von Profi-Spielern und Hobby-Spielern genau davon, dass ein Unterschied der stabilere Stand, geringere Schulter- und Ellbogenbewegungen sind. Einige sehr gute Spieler haben jedoch einen aus dem Rumpf heraus bewegten Wurfstil. Eine Studie konnte im Hinblick auf mögliche Bewegungsformen für ältere Personen herausfinden, dass Bewegungen des Ellbogens des Wurfarms und der unteren Extremität (Knies/Sprunggelenks) beim Dartwurf korrelieren (Nakagawa et al. 2013). Bei der Studie zum 5D-Darts-Screen konnte diese Korrelation zwischen den Variablen vertikale Beschleunigung des Körperschwerpunkts und der mediolateralen Beschleunigung des Wurfarmes ebenfalls nachgewiesen werden (vgl. Jansenberger, 2017).

Im Rahmen von mehreren Messungen mit Dartspielern unterschiedlicher Leistungsklassen wurden beim Stand die Parameter vertikale Beschleunigung, horizontale Beschleunigung durch Messung eines am unteren Rücken (L5/S1) angebrachten Beschleunigungsmessers mit einer Aufzeichnungsrate mit 100 Hz gemessen. Dabei kamen Sensoren von Gulf coast Data concepts und X-iO zum Einsatz. Die Daten wurden mittels Software aufgezeichnet. Zusätzlich wurde die Stabilität der Körperhaltung mittels Videoanalyse beurteilt. Die Wurfbewegung wurde dabei mit 120 fps (Bilder pro Sekunde) aufgezeichnet. Die Spieler führten zweimal fünf Aufnahmen (zu je drei Pfeilen) durch. Beim zweiten Durchgang wurden zwei Videos aufgenommen, wobei die Spieler nicht informiert wurden, wann sie gefilmt wurden. Die Spieler sollten darauf hin 99 Würfe auf das bevorzugte Feld (19 oder 20) ausführen. Nach der Trefferquote (jeder Treffer wurde mit „1“ gewertet) wurden die Spieler in Klassen eingeteilt. Diese Einteilung wird in der Abbildung 9 ersichtlich.

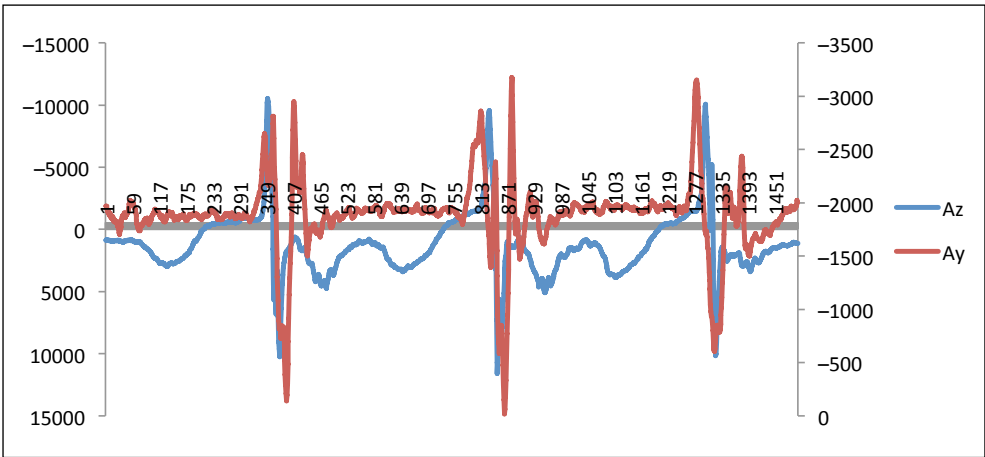
Wenn, wie in Abbildung 7 die vertikale Beschleunigung gering ist, und die maximale Beschleunigung nach dem Release des Pfeiles erzielt wird, ist keine negative Auswirkung zu erwarten. Kommt vertikale Beschleunigung sehr hoch oder sehr früh, wie in Abbildung 8 zu sehen ist, also



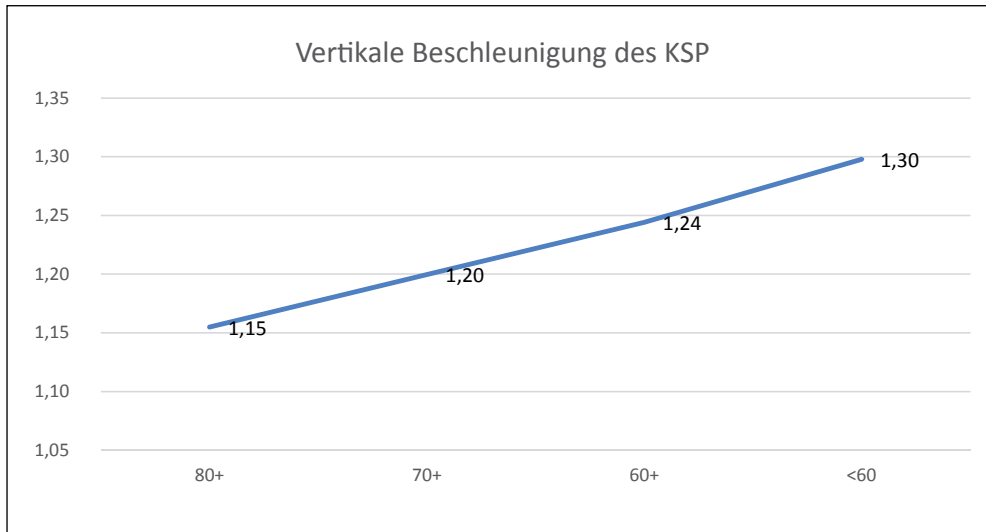
▲ Abb. 7 Vertikale Beschleunigung und Beschleunigung des Wurfarmes synchronisiert (Werte in counts $g \cdot 2048$). Az = Beschleunigungsdaten in Wurfrichtung, Ay = Beschleunigungsdaten am Körperschwerpunkt in der Vertikalen

noch während der Wurfbewegung mit Pfeil in der Hand, dann ist eine erhebliche Störung der Wurfpräzision zu erwarten.

Die Variable des Standes, die mit einem Beschleunigungsmesser am Körperschwerpunkt erhoben wurde, die für die Erstellung des fünfteiligen Modells von entscheidender Bedeutung ist, war die vertikale Beschleunigung des Körperschwerpunkts. Juras et al. (2013) untersuchten die Körperschwankungen vor dem eigentlichen Wurf. Es kam zu keinerlei Veränderungen bei unterschiedlichen Zielvorgaben. Die Körperschwankungen entsprechen in anderer Ausprägung den Beschleunigungen des Körperschwerpunkts. Bei den Messungen zum 5D-Darts-Screen (vgl. Jansenberger, 2017) zeigte sich die horizontale Beschleunigung (wiegende Bewegung des Spielers) als individuelle Komponente, die als nicht leistungsbestimmend angesehen werden kann. Eine erhöhte ver-



▲ Abb. 8 Vertikale Beschleunigung und Beschleunigung des Wurfarmes synchronisiert (Werte in counts $g \cdot 2048$). Az = Beschleunigungsdaten in Wurfrichtung, Ay = Beschleunigungsdaten am Körperschwerpunkt in der Vertikalen



▲ Abb. 9 Beschleunigung des Körperschwerpunkts (KSP) in g in der Vertikalen nach Trefferquote (80+ = 80 und mehr Treffer von 99 Würfeln, 70+ = über 70, 60+ = über 60 und mehr Treffer und unter 60 Treffern auf das bevorzugte Feld (20 oder 19))

Die vertikale Beschleunigung ist als Störfaktor anzusehen. Ein kritischer Wert wird bei 1,17 g überschritten. Idealerweise liegt die vertikale Beschleunigung unter 1,09 g. In der Abbildung sind die Beschleunigungen nach Trefferquote aufgelistet. Dabei wird deutlich: Je höher die Trefferrate umso geringer sind die vertikalen Beschleunigungen am Körperschwerpunkt des Spielers.

5.2 Der Wurf

Die für den Wurf entscheidende Struktur ist der jeweilige Wurfarm. Dieser sollte auf einer möglichst soliden Basis (dem Stand) aufbauen können. Während Spieler mit höherer horizontaler Beschleunigung den Wurf oft von unten aufbauen (Beschleunigung des Körperschwerpunkts beginnt vor der eigentlichen Wurfbewegung), so sind bei sehr stabil stehenden Spielern die horizontalen und vertikalen Beschleunigungen des Körperschwerpunkts Resultat der Wurfbewegung. Für die Wurfbewegungen werden häufig folgende Empfehlungen gegeben:

- Die Linie zwischen Schulter und Ellbogen sollte während der Ausholbewegung horizontal sein.
- Die Ausholbewegung sollte flüssig in einem Stück und ohne Teilbewegungen erfolgen.
- Die Wurfbewegung sollte möglichst in einer kompletten Streckung des Armes enden und von einem Abklappen des Handgelenks abgeschlossen werden. Diese abschließende Bewegung wird als „Follow through“ bezeichnet, und ist ein Kriterium, das in Veröffentlichungen und Internetforen als unbedingt notwendig erachtet wird.

Aufgrund der Messungen kann zu diesen Empfehlungen folgendes ergänzt werden:

Die Linie zwischen Schulter und Ellbogen muss nicht horizontal sein. Das ist abhängig von der Körpergröße und der Oberkörperhaltung. Dieser Hinweis kann somit als individuelles Charakteristikum angesehen werden.

Die Ausholbewegung kann durchaus rhythmisch sein und eine bis mehrere Vorbewegungen aufweisen. Ein langes statisches nach vorne strecken, bevor die Wurfbewegung startet, wird nicht empfohlen.

Aufbauend auf den Messungen (vgl. Jansenberger, 2017) und darauf folgenden Erhebungen kann der „Follow through“ kritisch betrachtet werden. Allerdings sollte die Wurfbewegung ein möglichst hohes Bewegungsausmaß beinhalten. Das wird im Folgenden näher erörtert.

Bei den Messungen wurde ein Beschleunigungssensor an der Elle des Unterarms knapp unter dem Handgelenk, dem Processus styloideus ulnae (Griffelfortsatz der Elle) in Wurfrichtung angebracht. Die Dartspieler hatten bis zu fünf Aufnahmen (je drei Würfe) bevor mit der Aufzeichnung der Daten begonnen wurde. Das wurde aus dem Grund so definiert, da viele Dartspieler einen mit Klettband angebrachten Sensor als sehr ungewohnt empfanden.

Die Variablen, die untersucht wurden, waren: Beschleunigung des Wurfarmes in Wurfrichtung, die Konstanz der Beschleunigung in Wurfrichtung, die seitliche Beschleunigung des Wurfarmes und die Konstanz der seitlichen Beschleunigung des Wurfarmes mittels Beschleunigungsmesser. Zusätzlich wurden die Streckung des Wurfarmes, das Bewegungsausmaß und die Stabilität des



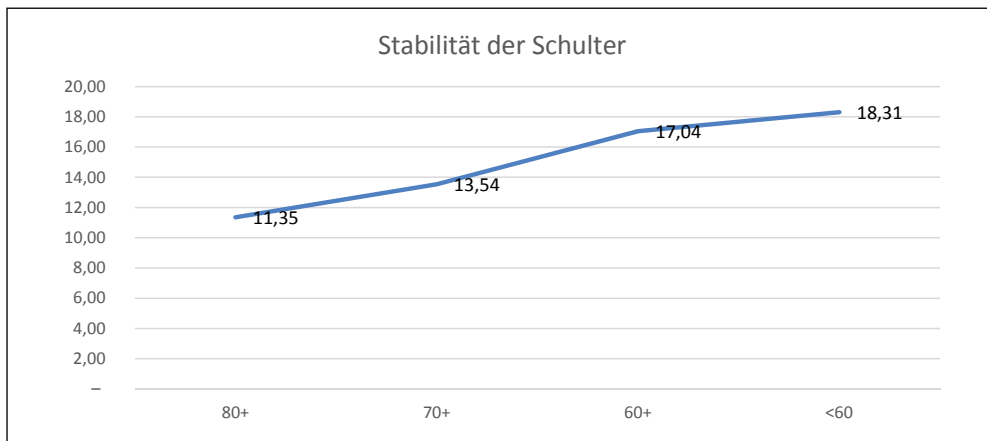
▲ Abb. 10 Der Wurf

Oberarmes mittels Videoanalyse erhoben. Die Drehmomente der Gelenke wurden in einer kleinen Studie von Tamei et al. (2011) erhoben, in der sich deutliche Zusammenhänge zwischen höherer Stabilität der Gelenke des Wurfarms und Treffsicherheit zeigten. Endo et al. (2014) sprechen von der höheren Stabilität des Oberarms und der unteren Extremität beim professionellen Spieler.

5.2.1 Die Stabilität der Schulter

Tamei et al. (2011) beschreiben die Stabilität des Schultergelenks als essentiell für eine stabile Wurftechnik. Diese Beurteilung kann nur unterstrichen werden. Bei den durchgeführten Messungen zeigten sich vor allem zwei Formen der Bewegung:

- Wird der Oberarm stark während des Wurfes gehoben (vgl. Kapitel 5.2.2), macht auch die Schulter häufig eine vertikale Bewegung mit. Diese Bewegung ist weniger ausgeprägt und nicht als problematisch für die Wurfgenauigkeit einzustufen.
- Die Schulter wird horizontal Richtung Dartboard mitbewegt. Das kann auch bei stabilem Oberarm erfolgen und ist problematisch für die Wurfgenauigkeit.



▲ Abb. 11 Schulterstabilität in Prozent der Oberarmlänge (Schultergelenk Mitte bis Drehpunkt Ellbogengelenk) nach Trefferklassen (80+, 70+ und 60+ und unter 60 von 99 Würfen)



▲ Abb. 12 Stabilität der Schulter

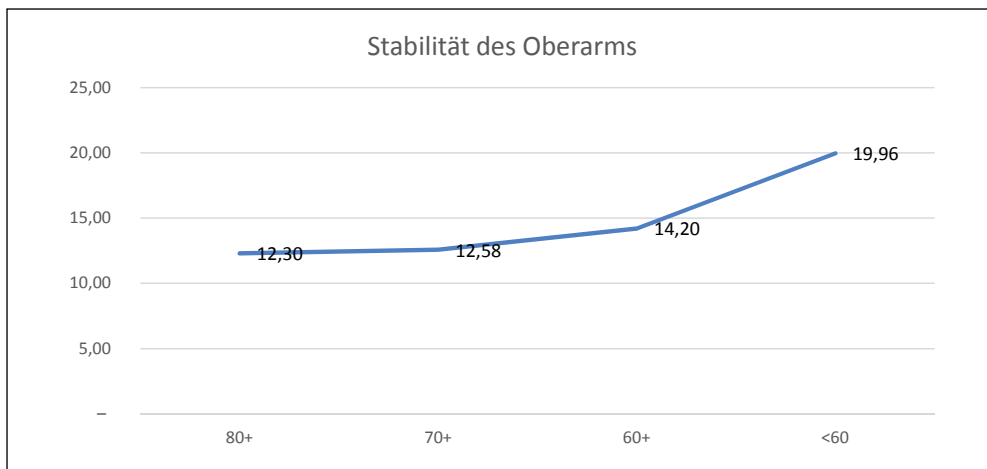
Werden die Messungen in Leistungsklassen unterteilt, fällt auf, dass mit zunehmender Spielstärke auch die Stabilität der Schulter zunimmt. Die in Abbildung 11 angeführten Werte sind Prozent der Oberarmlänge gemessen vom Zentrum des Schultergelenks bis zum Drehpunkt des Ellbogengelenks. Die Abbildung 12 zeigt eine Bewegung der Schulter während der Wurfbewegung. Diese stellt schematisch die Bewegung Richtung Dartboard bei leichtem Heben des Oberarms dar. Der Trennwert liegt bei 13 % der Oberarmlänge als Idealwert. Für den Hobbyspieler ist ein Unterbieten des Trennwerts von 16 % der Oberarmlänge anzustreben.

5.2.2 Die Stabilität des Oberarmes

Die Stabilität des Oberarms wird häufig als essentiell erachtet. Und tatsächlich ist die Stabilität des Oberarms eine Variable, die für sich allein genommen, einen aussagekräftigen Trennwert bietet. So kann die Stabilität als wichtiges Kriterium definiert werden. Der Cut-Off für den 5D-Dartsscreen beträgt $17,5^\circ$ Bewegung des Oberarms. Das bedeutet, dass eine Bewegung des Oberarms bis 17° als unproblematisch einzustufen ist, während ab 18° an dem Parameter gear-



▲ Abb. 13 Die Stabilität des Oberarms



▲ Abb. 14 Stabilität des Oberarms in ° nach Trefferklassen (80+, 70+, 60+ und unter 60 von 99 Würfeln)