

# **DIE LEICHTATHLETISCHEN WURF- UND STOßDISZIPLINEN**

EIN INTERDISZIPLINÄRER UNTERRICHTSANSATZ IM  
MECHANIKUNTERRICHT DER SECHSTEN KLASSE

**Mag. Dr. Martin Apolin**

**GRG 17, Parhamerplatz 18**

Wien, 2003

# INHALTSVERZEICHNIS

1 Kurzzusammenfassung

2 Erklärungen zum Unterrichtskonzept allgemein

2.1 fächerübergreifender Unterricht

2.2 von den Fragen zu den Antworten

2.3 Verbindung mit der Praxis

2.3.1 Gleichgewichtsübungen

2.3.2 Energiestoffwechsel

2.3.3 Videoanalysen und Standbildauswertung

2.4 Videoanalyse mit doppeltem Effekt

3 Erläuterung dieses Konzepts am Beispiel der gezeigten Stunde

3.1 Die besprochenen Inhalte

3.1.1 Schlagballwurf

3.1.2 Kugelstoß

3.1.3 Speer- und Diskuswurf

3.1.4 Videoaufnahme und -analyse verschiedener Kugelstöße

3.2 Die verwendeten Overhead-Folien

3.3 Schülerhandouts

4 Reflexionsteil

5 Infos zur eigenen Person und zur Schule

6 Weiterführende Literatur

## **1 Kurzzusammenfassung**

Das Thema der Stunde ist Werfen und Stoßen in der Leichtathletik. Folgende Fragen werden dabei erörtert: Unter welchem Winkel werden die größten Weiten beim Schlagballwurf erzielt? Welchen Einfluss haben dabei Luftwiderstand und Abwurfhöhe? Welche Abwurfgeschwindigkeit benötigt man für einen Schlagballwurf auf 40 m? Welche Unterschiede gibt es zwischen dem Schlagballwurf und Kugelstoß in bezug auf den Abwurfwinkel? Wie verändert sich der Winkel bei aerodynamischen Geräten wie Diskus und Speer?

Nach der theoretischen Einführung werden einige Schülern beim Kugelstoßen gefilmt. Diese Filme werden dann ausgewertet und der Abstoßwinkel wird gemessen. Anhand der Stoßweite und der Abwurfhöhe wird eruiert, ob die Schüler den richtigen Winkel getroffen haben. Die Gesamtdauer dieser Einheit betrug zwei Schulstunden.

## **2 Erklärungen zum Unterrichtskonzept allgemein**

Das allgemeine Unterrichtskonzept, das hinter dieser Stunde steht, ist auf folgende Punkte ausgelegt:

### **2.1 fächerübergreifender Unterricht**

Die Mechanik ist eine sehr große Spielwiese, um Verbindungen zum Sport und zur Biologie herzustellen. Beispiele dazu sind: Geschwindigkeiten im Sport (etwa Weg-Zeit-Diagramme von 100m-Läufen, Abwurfgeschwindigkeiten,...), Kräfte im Sport (Fuß, Arm und Wirbelsäule als Hebel, Reißfestigkeit von Sehnen und Bändern, Kräfte von Muskeln, Beschleunigungskräfte in der Formel  $1, \dots$ ), Gleichgewicht und Stabilität, Energiestoffwechsel, Biomechanik verschiedener Sportarten und so weiter. Diese Fächerverbindung ist natürlich auch im normalen Gymnasien möglich, allerdings was den Sport betrifft in etwas eingeschränkterem Maße.

### **2.2 von den Fragen zu den Antworten**

Ein Konzept, das sich durch alle meine Stunden zieht, ist, mit Fragen zu beginnen. Im „richtigen“ Leben kommen immer zuerst die neugierigen Fragen, manchmal darauf auch die Antworten. In der Schule kommen meistens zuerst die Antworten auf Fragen, die die Schüler gar nicht gestellt haben. In allen meinen Stunden gehe ich von den Fragen aus, um das Interesse der Schüler zu wecken. Wenn sie nämlich auf die Fragen die Antworten wissen wollen, dann hat man als Lehrer schon gewonnen.

## **2.3 Verbindung mit der Praxis**

Fächerübergreifend zu unterrichten heißt noch nicht, auch praxisorientiert zu unterrichten. Durch das Verbinden mit der Erfahrung der eigenen Bewegung bleibt das Gelernte besser haften. Dazu drei Beispiele zum Bereich Mechanik:

### **2.3.1 Gleichgewichtsübungen**

Ein im Unterricht einfach zu realisierendes Beispiel sind Gleichgewichtsübungen, bei denen sich die Standfläche verringert: beidbeiniges Stehen, einbeiniges Stehen, einbeiniger Ballenstand, einbeiniger Ballenstand mit geschlossenen Augen. Diese Übungen verdeutlichen den Einfluss der Stützfläche auf die Stabilität und die Bedeutung des optischen Sinns für das Gleichgewicht).

### **2.3.2 Energiestoffwechsel**

Mit Hilfe von Stufenläufen kann mit einfachsten Mitteln (Stoppuhr, Maßband und Waage) auf die Nettoleistung geschlossen werden (Leistung = Hebearbeit pro Zeit) und ein Zusammenhang mit dem Energiestoffwechsel hergestellt werden (anaerob, aerob, Laktat, ...).

### **2.3.3 Videoanalysen und Standbildauswertung**

Weiters gibt es im Sport viele Möglichkeiten der Video- oder Standbildanalyse (etwa bei Weitsprung, Sprintstart, Hochsprung etc.). In der hier vorgestellten Stunde wurde der Abstoßwinkel beim Kugelstoß ausgewertet.

## **2.4 Videoanalyse mit doppeltem Effekt**

Durch die Videoanalyse kann man einerseits die Bewegung genauer betrachten und technische Fehler beurteilen, andererseits überprüfen, ob der richtige Winkel getroffen wurde (was ja keine technischer Fehler sein muss).

Mit dem Konzept des animierenden Fragenstellens (2.1) arbeite ich seit Beginn meiner Unterrichtstätigkeit (1990). Ich leite neue Kapitel immer mit (Rätsel)fragen ein, etwa aus „Epsteins Physikstunde“. Verstärkt fächerübergreifend (2.1) unterrichte ich seit meiner Tätigkeit als Buchautor. Ich habe 1996 zwei Schulbücher für den Sportkundeunterricht geschrieben (siehe Anhang), und dieses Fach ist quasi systemimmanent fächerübergreifend. In meinen Physikbüchern (siehe Anhang) versuche ich, die einzelnen physikalischen Bereiche miteinander zu vernetzen, und ich ziehe auch viele Verbindungen - vor allem zur Biologie.

Auch die Verbindung mit der Praxis (2.3) hat sich durch den Unterricht des Fachs Sportkunde (seit 1992) verstärkt. Dieses Fach bietet sich an, auch praktisch ausprobiert zu werden und Teile davon sind sehr gut mit der Physik zu verknüpfen.

### 3 Erläuterung dieses Konzepts am Beispiel der gezeigten Stunde

Mit den folgenden vier Fragen (siehe Overheadfolie 1, Kapitel 3.2.1) wurde der Unterricht eingeleitet.

- 1) Unter welchem Winkel sollte man einen Schlagball abwerfen, damit man eine möglichst große Wurfweite erzielt?
- 2) Hat das Gewicht eines Balles bei gleicher Abwurfgeschwindigkeit einen Einfluss auf die Wurfweite?
- 3) Schätze die Abwurfgeschwindigkeit eines Schlagballes bei einem Wurf über etwa 40m ab!
- 4) Unter welchem Winkel sollte man eine Kugel abstoßen, damit man eine möglichst große Weite erzielt?

Die Schüler wurden aufgefordert, entweder alleine über diese Fragen nachzudenken oder mit dem Nachbarn darüber zu diskutieren. Die Antworten auf diese Fragen erfolgten nicht direkt, sondern ergaben sich im Laufe der nächsten 20 Minuten (das war die Dauer zum Vermitteln in Kapitel 3.1 aufgeführten Fakten). Es handelt sich dabei um einen Auszug aus dem Buch *Martin Apolin/Sepp Redl, Know How 2, Materialien für den Sportkundeunterricht, ÖBV et hpt 2000*. Die im Zuge dieser Ausführungen verwendete Folien sind in Kapitel 3.2 abgebildet.

Zusätzlich wurden den Schülern Handouts ausgeteilt, auf denen sämtliche Abbildungen und die meisten Bildlegenden zu sehen waren. Es wurde also bewusst redundant gearbeitet: Vortrag, Folien und Handouts. Zusätzlich wurden die Schüler aufgefordert, die nicht auf den Handouts befindlichen Fakten handschriftlich zu ergänzen. Der Wechsel zwischen Vortrag, Fragen, Betrachten der Folien, Betrachten der Handouts und schriftliches Arbeiten soll die Schüler bei ständiger Aufmerksamkeit halten.

Nach dem Besprechen der Inhalte wurde zusammenfassend folgende Fragen gestellt (siehe Overheadfolie 7, Kapitel 3.2.7):

- 1) Welcher Winkel ist im luftleeren Raum für einen möglichst weiten Wurf optimal?
- 2) Welche zwei Effekte verändern den Winkel bei einem Schlagballwurf und wie verändert er sich? Wie groß ist der Winkel bei einem Schlagballwurf über 40m etwa?
- 3) In welchem Winkelbereich sollte man beim Schlagball daher werfen?
- 4) Welche Effekte spielt beim Kugelstoßen keine Rolle und wieso nicht?
- 5) Wie verändert sich der optimale Winkel beim Kugelstoßen mit der Weite?
- 6) Warum gibt es seit 1986 einen neuen Männerspeer? Was hat sich gegenüber dem alten Speer geändert?

Insgesamt dauerte dieser Teil 20 Minuten. Anschließend wurde den Schüler anhand einer Folie erklärt, welche organisatorischen Maßnahmen bei den folgenden Videoaufnahmen des Kugelstoßens zu beachten waren (siehe Kapitel 3.1.4). Bereits in der Stunde davor wurden vier Schüler bestimmt, die dann am Sportplatz das Kugelstoßen in der Praxis durchführten.

Der praktische Teil am Sportplatz und der vorherige theoretische Teil dauerten in Summe genau eine Schulstunde (50 Minuten). Die zweite Stunde war für das Auswerten der Videos geplant. Durch ein technisches Problem konnte diese Analyse leider nicht durchgeführt werden. Aus Erfahrung weiß ich aber, dass man in Summe mit einer Doppelstunde problemlos auskommt.

### 3.1 Die besprochenen Inhalte

#### 3.1.1 Schlagballwurf

Aus der Physik ist dir vielleicht bekannt, dass man die größte Weite bei einem Wurf unter einem Winkel von  $45^\circ$  erzielt. Abbildung 1 zeigt, dass steilere und flachere Würfe zu einer geringeren Weite führen. Strenggenommen gilt dieser Sachverhalt jedoch nur im luftleeren Raum (siehe Abb.2) und wenn der Punkt des Abwurfes auf demselben Niveau liegt, wie der Auftreffpunkt (siehe Abb.3).

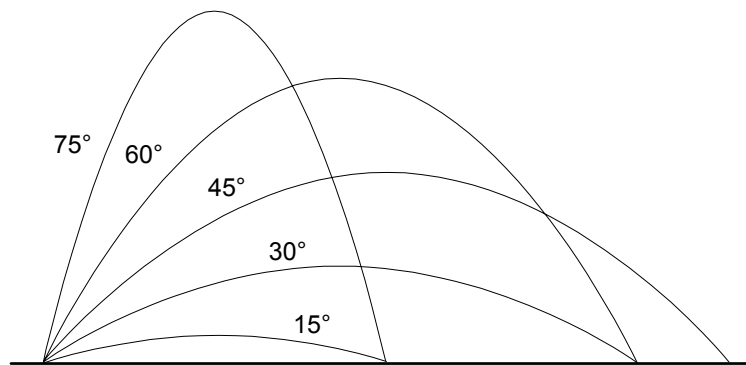


Abb.1: Wurfweite bei verschiedenen Abwurfswinkeln. Bei  $45^\circ$  wird die größte Wurfweite erzielt.

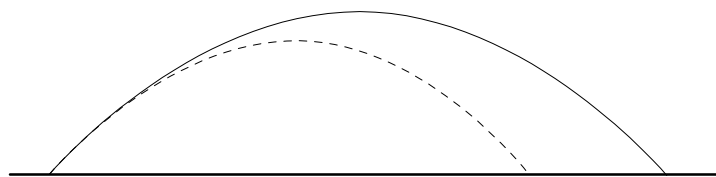


Abb.2: Wurf im luftleeren und im luftgefüllten Raum.

Durch den Luftwiderstand ist die Wurfweite geringer und die Wurfbahn nicht ganz symmetrisch. Der Effekt ist umso größer, je leichter der Ball ist. Der Abwurfswinkel für den optimalen Wurf im luftgefüllten Raum ist bei einem Schlagball bei  $43^\circ$  bis  $44^\circ$ .

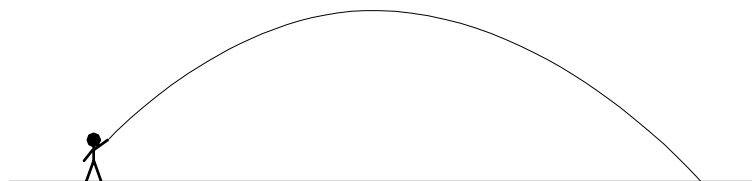


Abb.3: Bei einem Schlagballwurf ist der Auftreffpunkt des Balles etwas unter dem Niveau des Abwurfes.

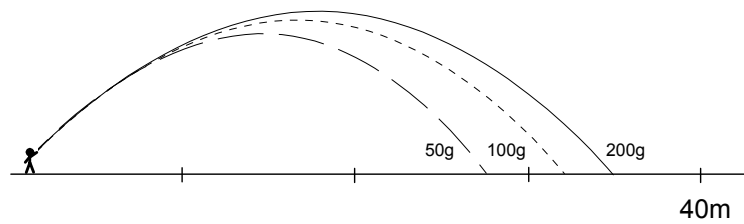


Abb.4: Würfe mit gleich großen Bällen unterschiedlicher Masse unter einem Winkel von  $45^\circ$ . Man sieht, dass leichtere Bälle durch die Luft stärker gebremst werden. Schlagbälle haben nach den Leichtathletikbestimmungen eine Masse von 70-85g. Ein Wurf mit einem Tennisball würde deutlich schlechtere Ergebnisse bringen.

Simulationen können jedoch zeigen, dass die Summe dieser beiden Effekte den optimalen Abwurfswinkel beim Schlagballwurf kaum verändern. Dieser liegt bei einer angenommenen Wurfweite von 40m und einer Abwurfhöhe von 2m bei etwa  $42^\circ$ . Es werden im folgenden daher diese beiden oben erwähnten Faktoren vernachlässigt, und der optimale Abwurfswinkel beim Schlagballwurf wird mit  $45^\circ$  angenommen. Abb.5 zeigt die Veränderung der erzielten Weite bei verschiedenen Abwurfswinkeln. Die Abwurfgeschwindigkeit ist immer gleich und beträgt 20m/s bzw. 72km/h. Es können unter günstigsten Bedingungen etwa 41m erzielt werden. In Abb.6 ist der Weitenverlust bei nicht optimalen Würfen dargestellt. Um nicht zu viel Weite zu verschenken, sollte man in einem Winkel zwischen  $40^\circ$  und  $50^\circ$  abwerfen.

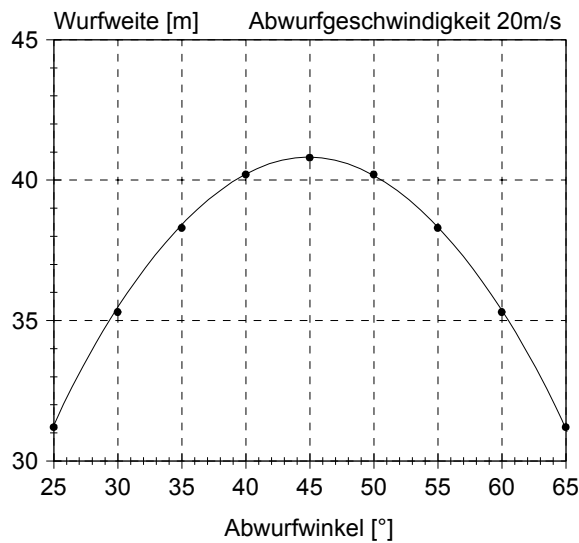


Abb.5: Variation des Abwurfwinkels bei gleicher Abwurfgeschwindigkeit von 20m/s (72km/h).

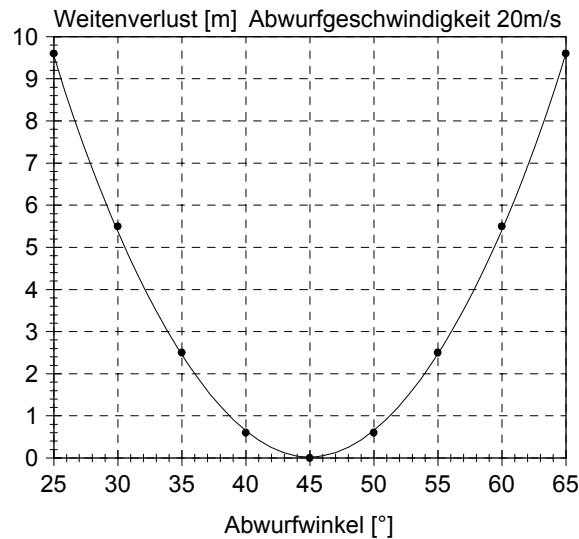


Abb.6: In einem Bereich um  $\pm 5^\circ$  differiert die erzielte Leistung nur um 60cm. Wirft man  $10^\circ$  zu steil oder zu flach, so ergibt sich schon ein Verlust von 2.5m, bei  $\pm 15^\circ$  schon von 5.5m. Das Ziel beim Schlagballwurf sollte daher sein, den optimalen Winkel zumindest mit einer Genauigkeit von  $\pm 5^\circ$  zu treffen.

### 3.1.2 Kugelstoß

Beim Kugelstoß spielt der Effekt der Abbremsung durch die Luft aufgrund der hohen Masse keine Rolle (vgl. Abb.4). Durch die kurze Flugweite spielt jedoch die Asymmetrie der Flugbahn eine wesentliche Rolle. Je kürzer die Stoßweite, desto geringer muss der Winkel sein, unter dem Du die Kugel abstößt. Abbildung 8 zeigt eine Gegenüberstellung zwischen Stoßweite und optimalem Abwurfwinkel. Für jede Abwurfhöhe (siehe Abb.7) ergibt sich natürlich eine eigene Kurve. Es wurden vier verschiedene Abwurfhöhen berechnet.



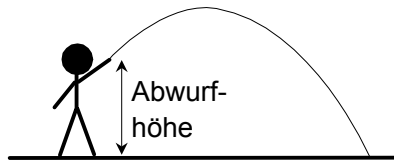


Abb.7: Beim Kugelstoß tritt aufgrund der kurzen Flugweite im Gegensatz zum Schlagballwurf eine große Asymmetrie der Wurfparabel auf.

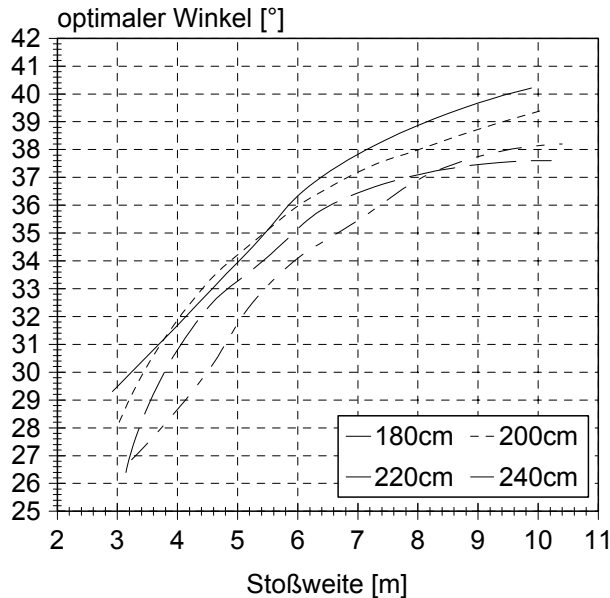


Abb.8: Stoßweite und zugehöriger optimaler Winkel für vier Abflughöhen durch Computersimulationen ermittelt.

### 3.1.3 Speer- und Diskuswurf

Bei kugelförmigen Wurfobjekten (die nicht rotieren) kann man keinen Auftrieb beobachten. Speer und Diskus erfahren jedoch aufgrund ihrer Form während des Fluges einen Auftrieb - ähnlich der Tragfläche eines Flugzeuges (siehe Abb.9). Dadurch verändert sich die Flugbahn gegenüber nicht-aerodynamischen Objekten. Der Diskus erhält vor allem gegen Ende der Flugbahn sehr viel Auftrieb (siehe Abb.10). Auch der Speer zeigt ein aerodynamisches Verhalten. Da die Wurfweiten schon weit über 100m lagen und somit der Speerwurf bei Leichtathletikmeetings zu gefährlich wurde, änderte man 1986 die Beschaffenheit der Speere. Die „neuen“ Männerspeere haben den Schwerpunkt weiter vorne als die „alten“, wodurch die Spitze früher abkippt und sich die Flugbahn verkürzt. Trotzdem liegt der Weltrekord im Speerwurf mit dem neuen Speer schon wieder um die 95m.

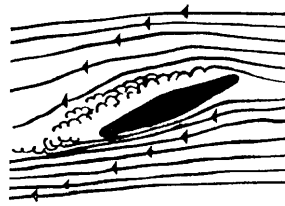


Abb.9: Luftströmung bei einem Diskus (aus DYSON 1977, S.224)

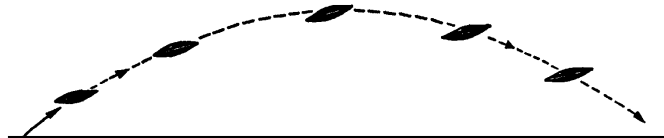


Abb.10: Beim Abwurf (links) beträgt der Winkel zwischen Diskus und Abwurfrichtung noch  $-10^\circ$ . Durch die Drehung ist der Diskus in der Luft sehr stabil und die Richtung der Drehachse ändert sich nicht. Dadurch vergrößert sich automatisch der Winkel gegen Ende der Flugbahn, und der Diskus erfährt durch die von unten anströmende Luft einen Auftrieb. (aus DYSON 1977, S.230)

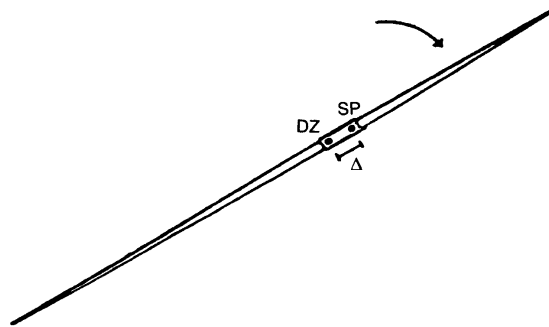


Abb.11: DZ: Angriffspunkt des Auftriebs; SP: Schwerpunkt des Speers. Dadurch, dass der Schwerpunkt vor dem Angriffspunkt des Auftriebs liegt, kippt der Speer mit der Zeit nach vorne. Bei den „neuen“ Speeren ist  $\Delta$  größer als bei den „alten“. Es beträgt trotzdem nur etwa 2cm. (aus MENZEL 1986, S.118)

### 3.1.4 Videoaufnahme und -analyse verschiedener Kugelstöße

Für die Analyse werden eine Videokamera und ein Recorder mit Einzelbildschaltung bzw. Standbild benötigt. Es sollten mehrere Stöße von verschiedenen Schülern gefilmt werden. Bei der Aufnahme ist auf folgendes zu achten:

- Die Kamera muss so aufgestellt werden, dass die Flugbahn normal zur optischen Achse liegt, damit Winkelverzerrungen vermieden werden.
- Die Bildausschnitt sollte groß genug gewählt werden, damit die Schüler ganz zu sehen sind und auch ein ausreichend langer Teil der Flugbahn (zumindest die ersten 3 bis 5 Kugelpositionen in der Einzelbildschaltung; siehe Abb. 12).

- Der Hintergrund sollte möglichst einfarbig sein und sich deutlich von der Farbe der Kugel abheben. Wenn dieses Analyse beim Schlagballwurf gemacht wird, dann spielt der Kontrast eine noch wesentlich größere Rolle, da aufgrund der großen Geschwindigkeit und der geringen Ballgröße im Standbildmodus nichts mehr zu erkennen ist.
- Die Stoßweiten müssen notiert werden, damit später die Analyse möglich wird.

Bei der Analyse wird einfach eine Overheadfolie über den Bildschirm gegeben. Sie haftet durch die statische Aufladung von selbst. Nun werden die einzelnen Positionen der Kugel eingezeichnet und mit einer Kurve verbunden (siehe Abb.12). So werden einige Würfe ausgewertet und verglichen, ob man im optimalen Winkelbereich liegt (siehe Abb.8). Dazu muss man für jeden Schüler die Stoßweiten wissen (die am Sportplatz notiert wurden) und die Reichhöhe, also jene Höhe in der sich zum Zeitpunkt des Ablösens der Kugel die Hand befindet. Diese Reichhöhe kann man auch später in der Klasse abmessen.

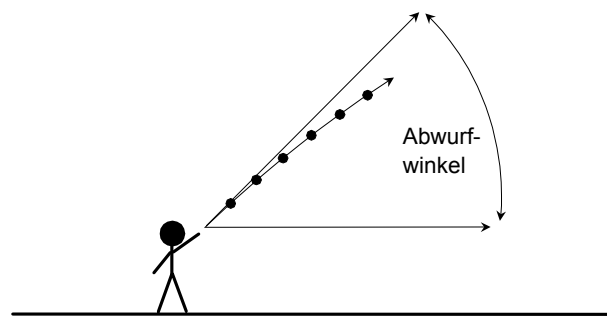


Abb.12: Schematische Darstellung der Auswertung eines Kugelstoßes mit Hilfe einer Videokamera. Einige der Anfangspunkte werden markiert. Dann wird die Tangente an den Anfangspunkt der Wurfparabel gelegt und der Winkel zur Horizontalen gemessen.

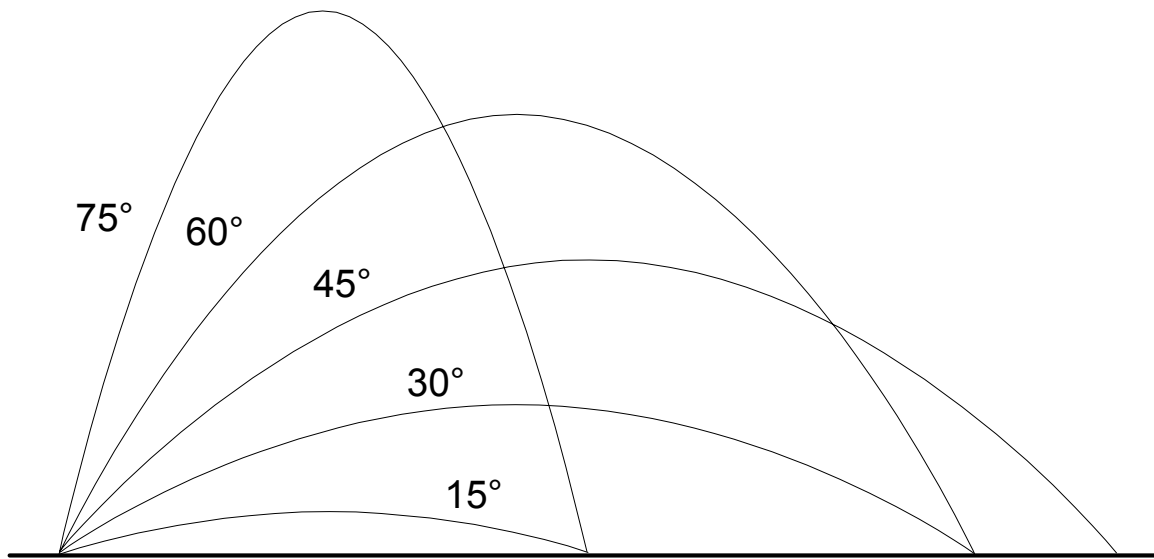
Dieses Verfahren ist im Prinzip ein numerisches und kein analytisches! Beispiel: Ein Schüler hat eine Reichhöhe von 200 cm und erzielt mit einem Winkel von  $30^\circ$  eine Weite von 8 m. Sein günstiger Winkel wäre aber  $38^\circ$  (siehe Abb. 8). Wenn er beim nächsten mal  $38^\circ$  stößt, wird aber seine Weite größer werden und der Winkel muss abermals korrigiert werden. Im Wesentlichen geht es daher bei dieser Analyse darum, den Schülern ein ungefähres Gefühl für den Abstoßwinkel zu vermitteln und keine biomechanische Analyse zu betreiben.

## **3.2 Die verwendeten Overhead-Folien**

### **3.2.1 Folie 1 – einleitende Fragen**

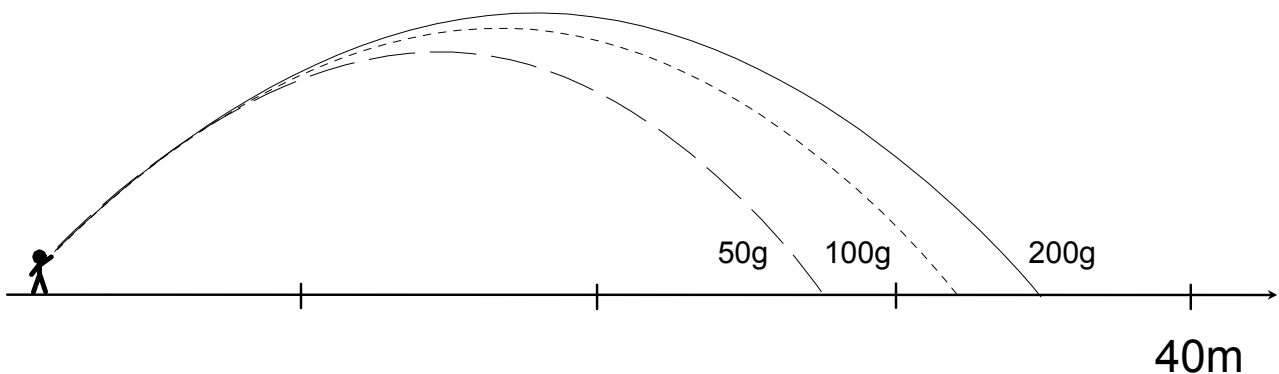
- ? Unter welchem Winkel sollte man einen Schlagball abwerfen, damit man eine möglichst große Wurfweite erzielt?
- ? Hat das Gewicht eines Balles bei gleicher Abwurfgeschwindigkeit einen Einfluss auf die Wurfweite?
- ? Schätze die Abwurfgeschwindigkeit eines Schlagballes bei einem Wurf über etwa 40m ab!
- ? Unter welchem Winkel sollte man eine Kugel abstoßen, damit man eine möglichst große Weite erzielt?

### 3.2.2 Folie 2



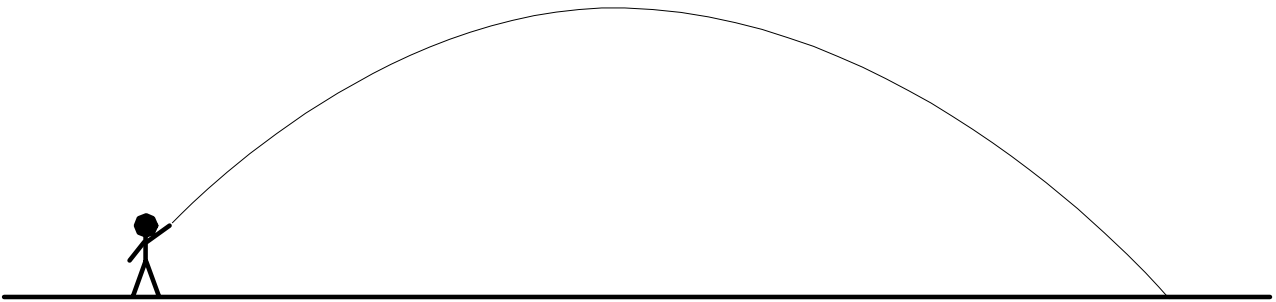
Wurfweite bei verschiedenen Abwurfwinkeln. Bei 45° wird die größtewurfweite erzielt.

**Voraussetzung: symmetrische Flugbahn und luftleerer Raum!**



Würfe mit gleich großen Bällen unterschiedlicher Masse unter einem Winkel von 45°. Man sieht, dass leichtere Bälle durch die Luft stärker gebremst werden. Schlagbälle haben nach den Leichtathletikbestimmungen eine Masse von **70-85g**. Ein Wurf mit einem Tennisball würde deutlich schlechtere Ergebnisse bringen.

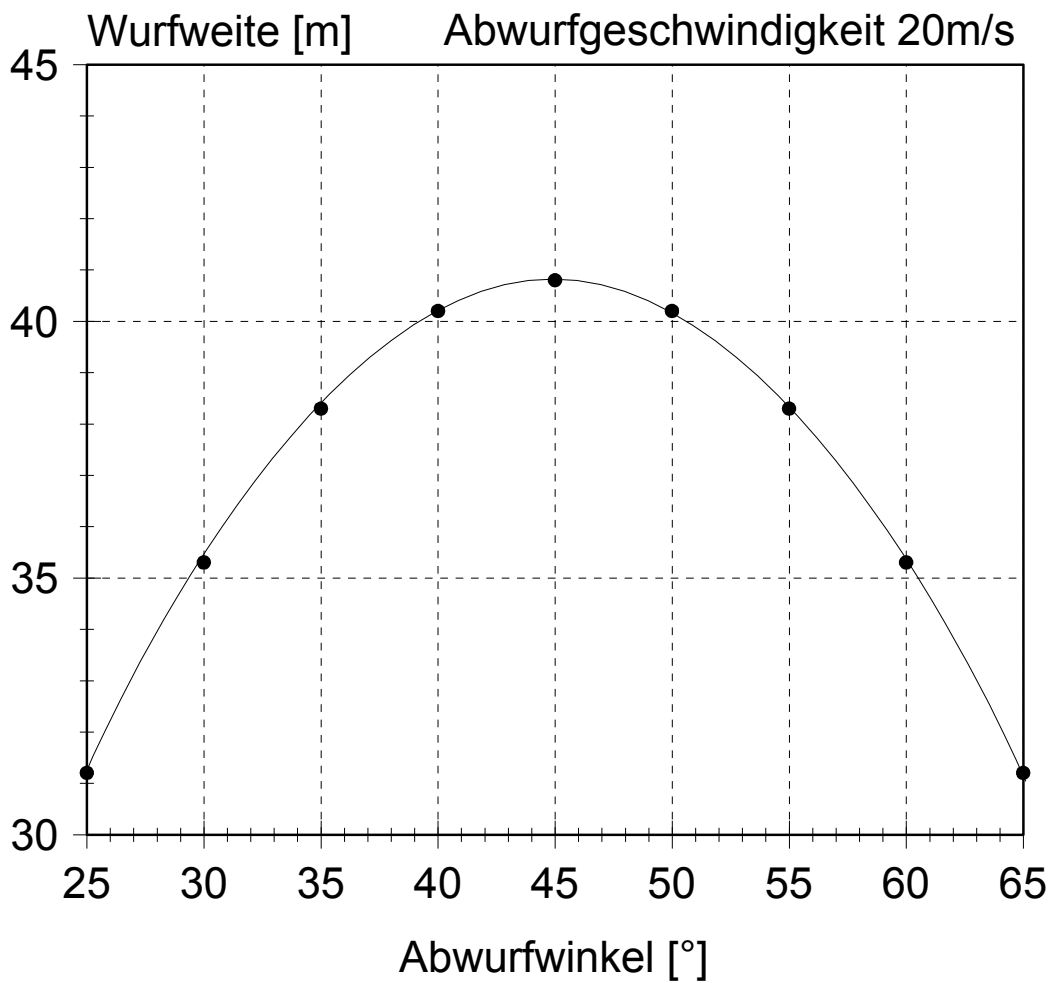
### 3.2.3 Folie 3



Bei einem Schlagballwurf ist der Auftreffpunkt des Balles etwas unter dem Niveau des Abwurfes.

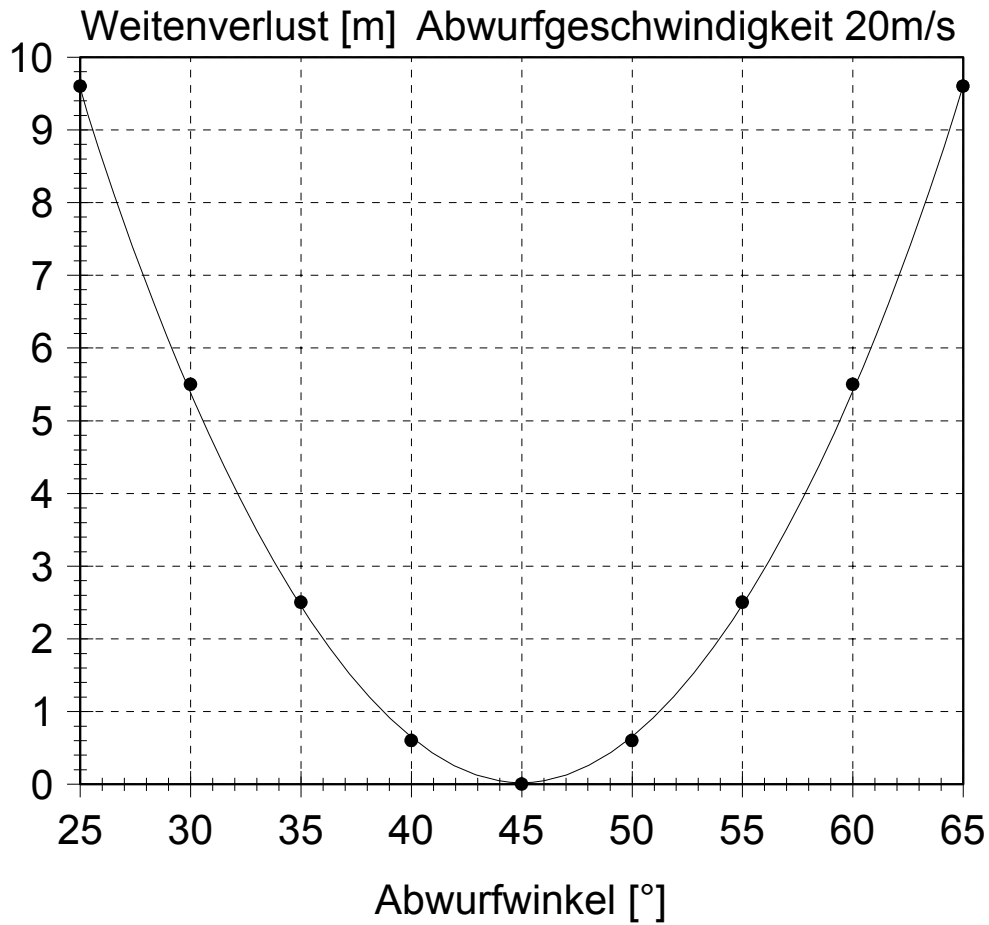
Simulationen können jedoch zeigen, dass die Summe dieser beiden Effekte den optimalen Abwurfwinkel beim Schlagballwurf kaum verändern. Dieser liegt bei einer angenommenen Wurfweite von 40m und einer Abwurfhöhe von **2m bei etwa 42°**. Es werden im folgenden daher diese beiden oben erwähnten Faktoren vernachlässigt, und der optimale Abwurfwinkel beim Schlagballwurf wird mit 45° angenommen.

3.2.4 Folie 4



Variation des Abwurfwinkels bei gleicher Abwurfgeschwindigkeit von 20m/s (72km/h).

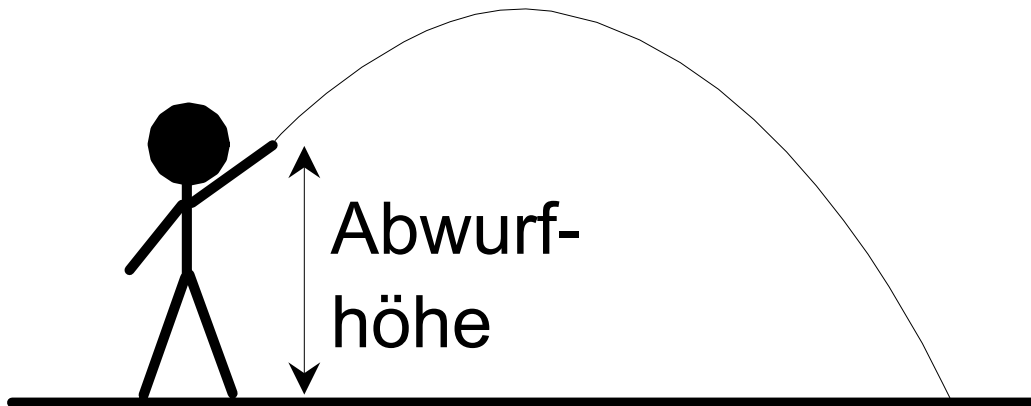
### 3.2.5 Folie 5



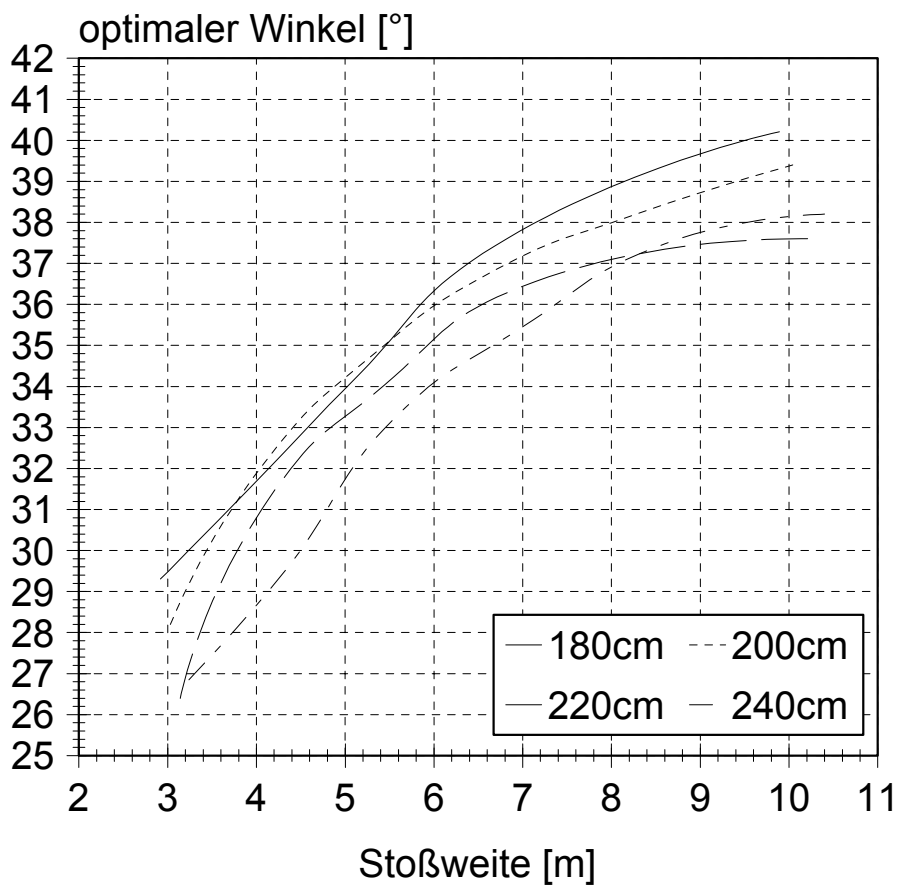
In einem Bereich um  $\pm 5^\circ$  differiert die erzielte Leistung nur um 60cm. Wirft man  $10^\circ$  zu steil oder zu flach, so ergibt sich schon ein Verlust von 2.5m, bei  $\pm 15^\circ$  schon von 5.5m. Das Ziel beim Schlagballwurf sollte daher sein, den optimalen Winkel zumindest mit einer Genauigkeit von  $\pm 5^\circ$  zu treffen.



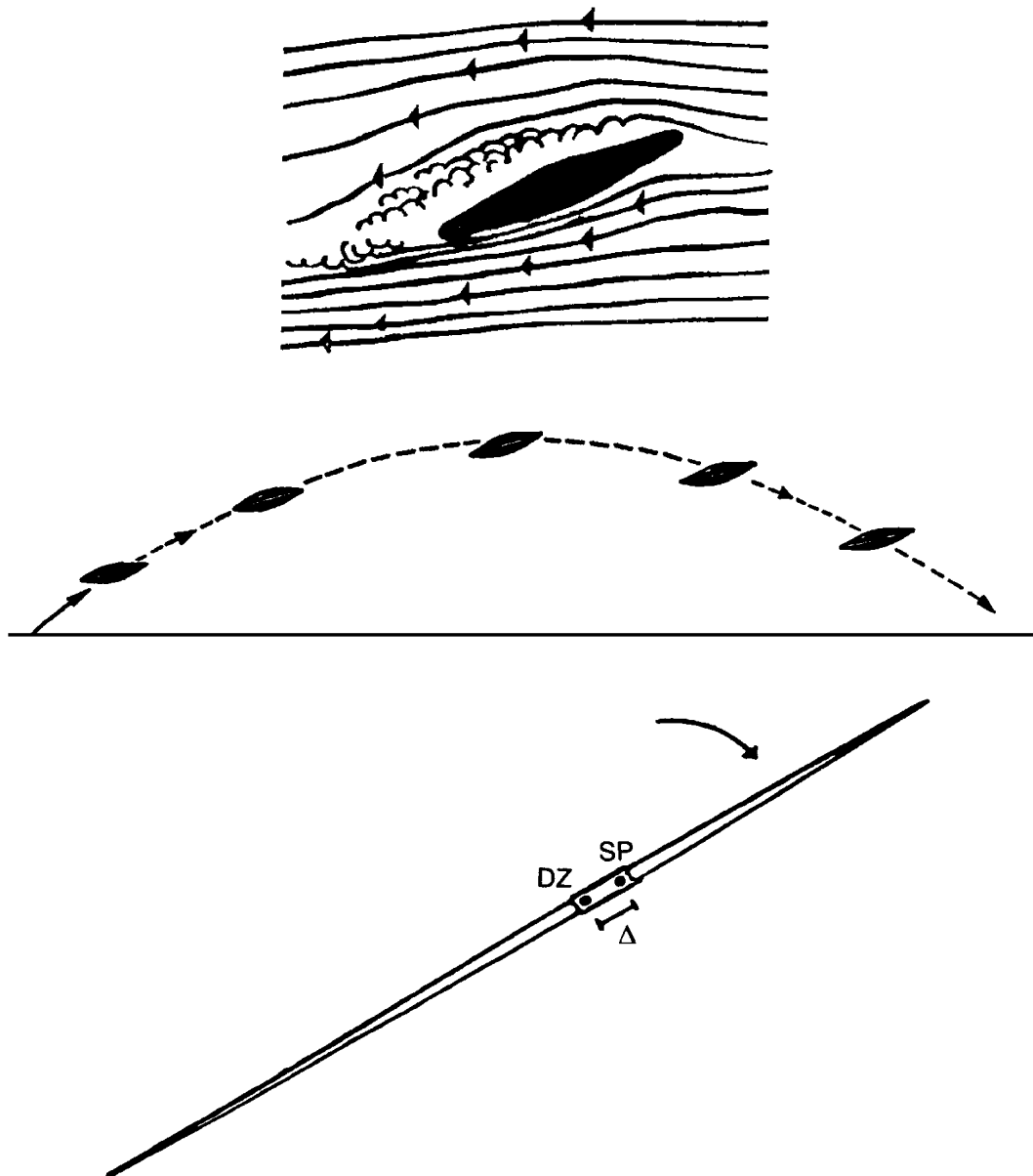
3.2.6 Folie 6



Beim Kugelstoß tritt aufgrund der kurzen Flugweite im Gegensatz zum Schlagballwurf eine große Asymmetrie der Wurfparabel auf.



### 3.2.7 Folie 7

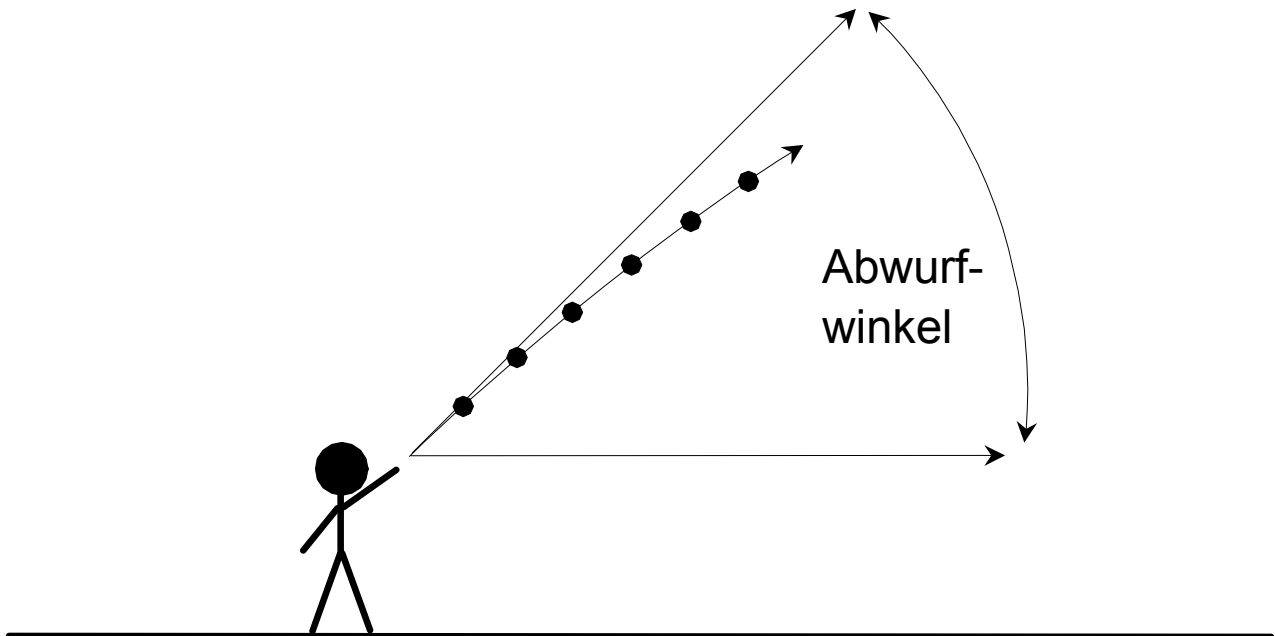


Da die Wurfweiten schon weit über 100m lagen und somit der Speerwurf bei Leichtathletikmeetings zu gefährlich wurde, änderte man 1986 die Beschaffenheit der Speere. Die „neuen“ Männerspeere haben den Schwerpunkt weiter vorne als die „alten“, wodurch die Spitze früher abkippt und sich die Flugbahn verkürzt.

### 3.2.8 Folie 8 – zusammenfassende Fragen

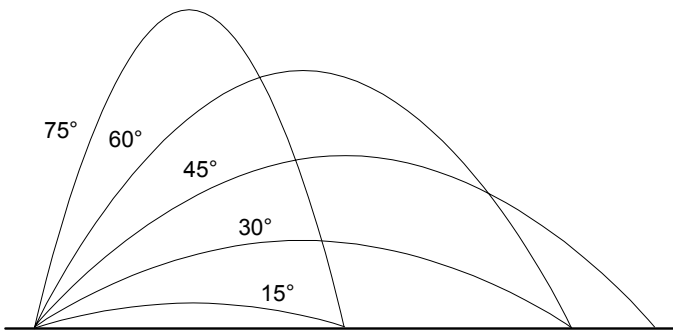
- ? Welcher Winkel ist im luftleeren Raum für einen möglichst weiten Wurf optimal?
- ? Welche zwei Effekte verändern den Winkel bei einem Schlagballwurf und wie verändert er sich? Wie groß ist der Winkel bei einem Schlagballwurf über 40m etwa?
- ? In welchem Winkelbereich sollte man beim Schlagball daher werfen?
- ? Welche Effekte spielt beim Kugelstoßen keine Rolle und wieso nicht?
- ? Wie verändert sich der optimale Winkel beim Kugelstoßen mit der Weite?
- ? Warum gibt es seit 1986 einen neuen Männerspeer? Was hat sich gegenüber dem alten Speer geändert?

### 3.2.9 Folie 9



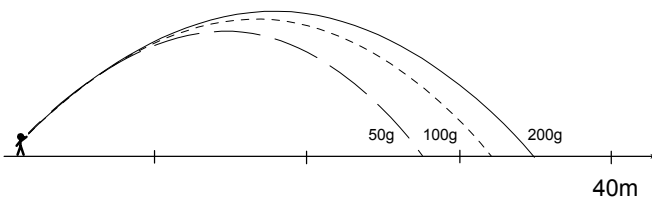
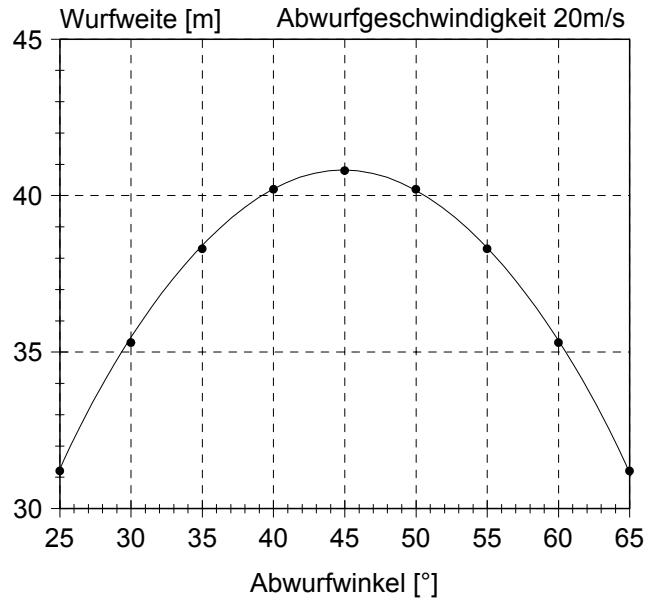
Schematische Darstellung der Auswertung eines Schlagballwurfes mit Hilfe einer Videokamera. Einige der Anfangspunkte werden markiert. Dann wird die Tangente an den Anfangspunkt der Wurfparabel gelegt und der Winkel zur Horizontalen gemessen.

### 3.3 Schülerhandouts

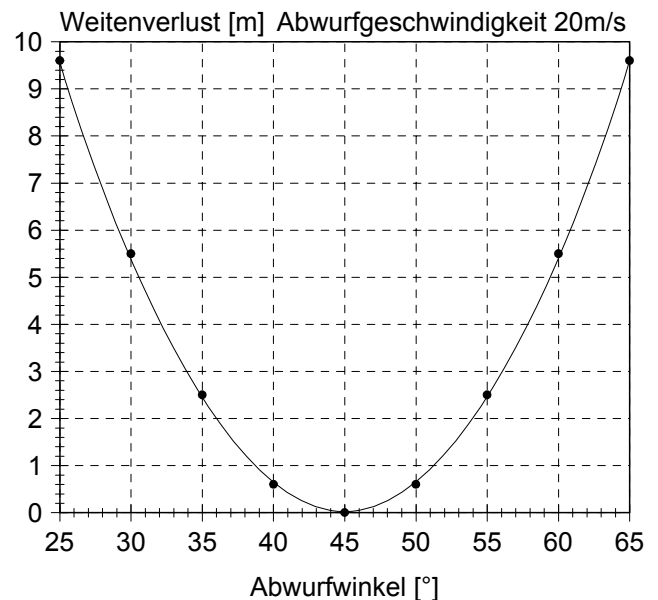


Wurfbreite bei verschiedenen Abwurfswinkeln. Bei 45° wird die größte Wurfbreite erzielt.

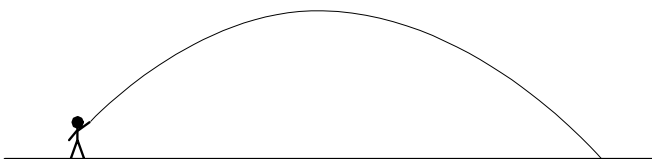
Voraussetzung: symmetrische Flugbahn und luftleerer Raum!



Würfe mit gleich großen Bällen unterschiedlicher Masse unter einem Winkel von 45°. Man sieht, dass leichtere Bälle durch die Luft stärker gebremst werden. Schlagbälle haben nach den Leichtathletikbestimmungen eine Masse von 70-85g. Ein Wurf mit einem Tennisball würde deutlich schlechtere Ergebnisse bringen.

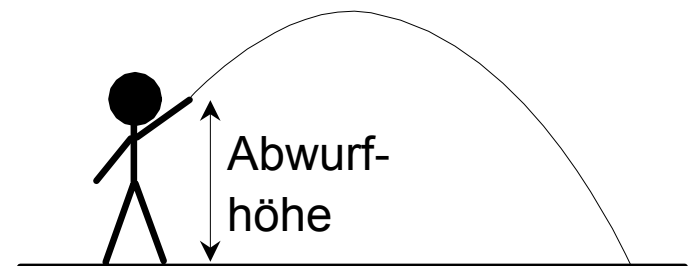


Variation des Abwurfswinkels bei gleicher Abwurfgeschwindigkeit von 20m/s (72km/h).

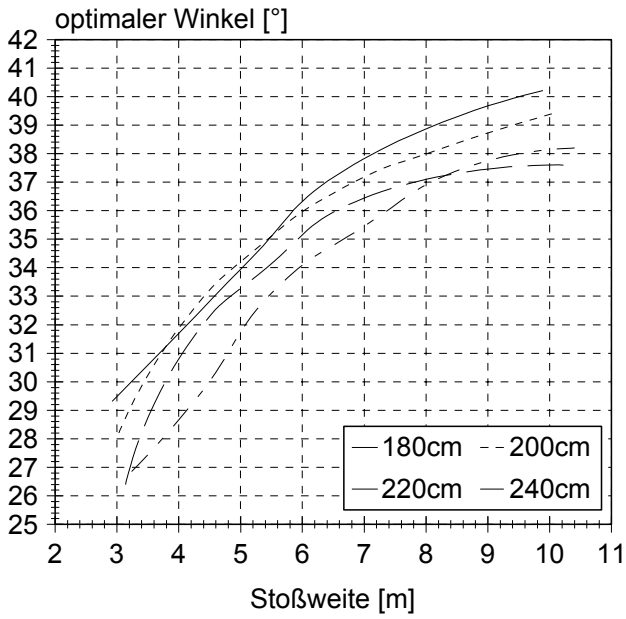


Bei einem Schlagballwurf ist der Auftreffpunkt des Balles etwas unter dem Niveau des Abwurfes.

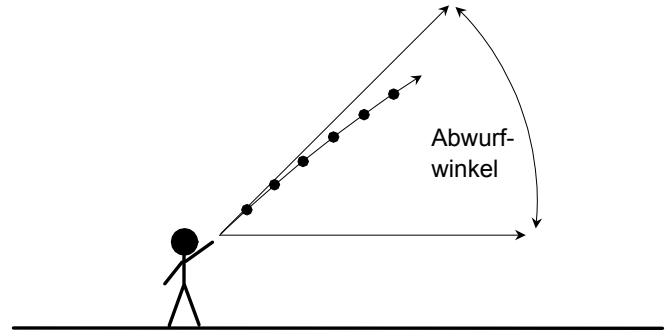
Simulationen können jedoch zeigen, dass die Summe dieser beiden Effekte den optimalen Abwurfswinkel beim Schlagballwurf kaum verändern. Dieser liegt bei einer angenommenen Wurfbreite von 40m und einer Abwurfhöhe von 2m bei etwa 42°. Es werden im folgenden daher diese beiden oben erwähnten Faktoren vernachlässigt, und der optimale Abwurfswinkel beim Schlagballwurf wird mit 45° angenommen.



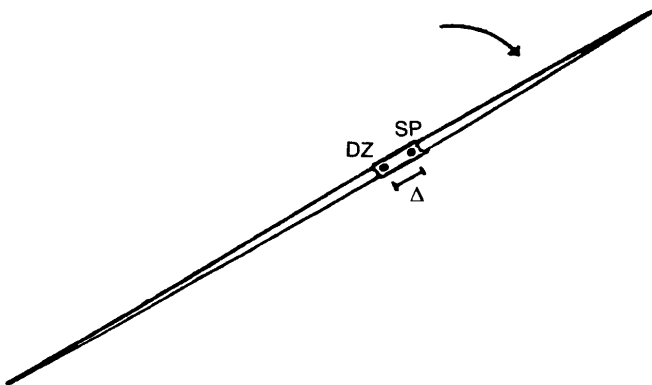
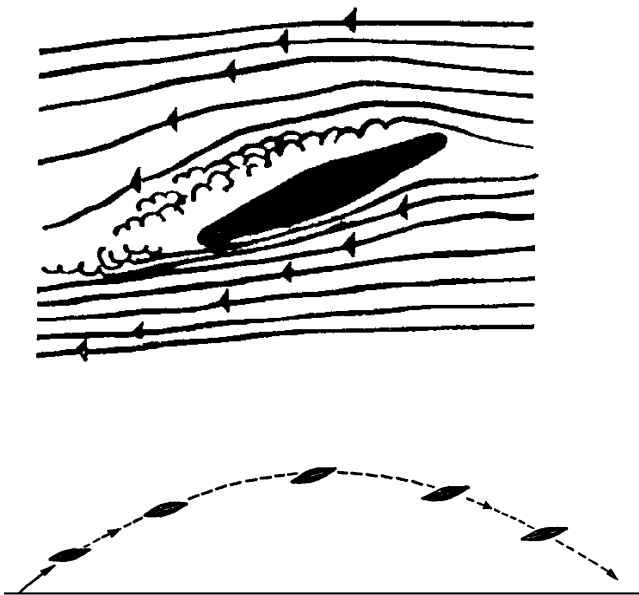
Beim Kugelstoß tritt aufgrund der kurzen Flugweite im Gegensatz zum Schlagballwurf eine große Asymmetrie der Wurfparabel auf.



tikmeetings zu gefährlich wurde, änderte man 1986 die Beschaffenheit der Speere. Die „neuen“ Männerspeere haben den Schwerpunkt weiter vorne als die „alten“, wodurch die Spitze früher abkippt und sich die Flugbahn verkürzt.



Schematische Darstellung der Auswertung eines Schlagballwurfes mit Hilfe einer Videokamera. Einige der Anfangspunkte werden markiert. Dann wird die Tangente an den Anfangspunkt der Wurfparabel gelegt und der Winkel zur Horizontalen gemessen.



Da die Wurfweiten schon weit über 100m lagen und somit der Speerwurf bei Leichtathle-

## 4 Reflexionsteil

Kommentar zum Video aus der Sicht des Lehrers:

Die 6. Klasse, die bei diese Aufnahmen gefilmt wurde, ist eine sehr gute, willige und auch meistens aufmerksame Sportklasse – mit Ausnahme einiger notorischer Nichtaufpasser. Das ist auch am Video sehr gut zu erkennen. Ich unterrichte die Klasse in Physik (3 Stunden) und Sportkunde (1 Stunde; siehe Punkt 2), sowie einen Teil auch im Wahlpflichtfach Sportkunde (2 Stunden). Daher habe ich einen sehr guten Draht zu den Schülerinnen.

Weiters sind die Schülerinnen durch das Fach Sportkunde, das von der Anlage her fächerübergreifend ist (siehe Fußnote), gewohnt, auch fächerübergreifend und nicht schubladisiert zu denken. In diesem Schuljahr (2000/2001) wurden zum Beispiel im Sportkundeunterricht bereits die Themen Gleichgewicht und Stabilität sowie Biomechanik und Bewegungslehre des Hochsprungs, des Weitsprungs, des Skifahrens und Skispringens durchgenommen. Themen, die einen starken Bezug zur Physik aufweisen.

## 5 Infos zu eigenen Person und zur Schule

Martin Apolin

geb. 1965, Studium Physik und Sportwissenschaften, Promotion in Sportwissenschaften im Bereich Leistungsdiagnostik, Leichtathletiktrainer, Nationaltrainer für Langstreckenlauf; zahlreiche Publikationen, vor allem Schulbücher für Physik und Sportkunde (siehe unten). Lehrertätigkeit seit 1990 in den Fächern Physik und Leibeserziehung, seit 1992 auch im Fach Sportkunde.

GRG 17 Parhamerplatz

Das GRG 17 Parhamerplatz ist unter anderem ein Sportgymnasium für Mädchen. Es gibt insgesamt nur etwa 25 solcher Sportschulen in ganz Österreich. Im Schnitt haben die SchülerInnen doppelt so viele Turnstunden wie an anderen Gymnasien. Zusätzlich gibt es an diesen Schulen das maturapflichtige Fach Sportkunde. Die Stundentafel sieht folgendermaßen aus: 5. und 6. Klasse 1 Stunde, 7. und 8. Klasse 2 Stunden Sportkunde. In der 7. Klasse werden 2 einstündige Schularbeiten, in der 8. Klasse eine 2- und eine 3-stündige Schularbeit durchgeführt. Bei der Matura muss eine 4-stündige Klausur geschrieben werden. Die Inhalte des Fachs Sportkunde sind u.a. Biomechanik und Bewegungslehre, Trainingslehre, Sportbiologie, Sportgeschichte und Sportpsychologie. Zusätzlich müssen die Schülerinnen in der 7. Klassen praktische Vorprüfungen ablegen, und zwar in den Fächern Gerätturnen, Gymnastik oder Spiele und Leichtathletik oder Schwimmen.

## 6 Weiterführende Literatur

APOLIN M., Mechanik-Puzzle, ÖBV et hpt 1999

APOLIN M., REDL Sepp, Know How Band 2, Materialien für den Sportkundeunterricht, ÖBV et hpt 1999

BALLREICH R., KUHLOW A.: Biomechanik des Kugelstoßes; in: BALLREICH R., KUHLOW A. (Hg.); Biomechanik der Leichtathletik; Enke 1986

DYSON Geoffry; The Mechanics of Athletics; Hodder and Stoughton 1977

MENZEL Hans-Joachim.; Biomechanik des Speerwurfs; in: BALLREICH R., KUHLOW A. (Hg.); Biomechanik der Leichtathletik; Enke 1986

MENZEL Hans-Joachim.; Tennis; in: BALLREICH R., KUHLOW A. (Hg.); Biomechanik der Leichtathletik; Enke 1986

WILLIMCZIK Klaus (Hrsg.); Biomechanik der Sportarten; Rowohlt 1989