

## Fragenkatalog für die Vorlesung

### **Bewegungswissenschaft II: „Grundlagen der Sportbiomechanik“ (Wank / Stand: SS 2024 / 24-06-2024)**

#### **0. Einführung Sportbiomechanik (nicht klausurrelevant, nur für mündliche Prüfungen)**

1. Was ist Biomechanik (2P)? Nenne die Mutterwissenschaften und deren inhaltliche Beiträge zur interdisziplinären Biomechanik ( $4 \times 0.5 = 2P$ )! **(4P)**
2. Definiere Sportbiomechanik (3P)! Welche Zielfelder hat dieses Fach (3P)? Die Biomechanik der Sportarten ist ein Teilbereich der Sportbiomechanik. Welche Themen werden hier bearbeitet ( $4 \times 0.5 = 2P$ )? **(8P)**
3. Skizziere die Entwicklung der Methoden zur kinematischen Analyse menschlicher Bewegungen mit exemplarischer Nennung und Kurzbeschreibung von 3 wichtigen Verfahren (von MUYBRIDGE bis heute, 3P)! Gehe dabei auf die Abhängigkeit vom Fortschritt der Foto-, Film- und Videotechnik ein(1P)! **(4P)**
4. Wie und wann entstand die Sportbiomechanik (2P)? Welche (auch politischen) Faktoren, haben zur rasanten Entwicklung der Sportbiomechanik in ihren Anfängen beigetragen(2P)? **(4P)**

#### **1. Leichtathletik: Gehen / Laufen / Sprint- und Hürdenlauf**

5. Nenne charakteristische Bewegungsmerkmale von Gehen und Laufen! Warum ist Gehen nur für geringe Geschwindigkeiten geeignet und warum läuft man nicht bei geringer Geschwindigkeit? Welche Effekte treten bei höheren Gehgeschwindigkeiten auf? **(6P)**
6. Skizziere typische **horizontale und vertikale Kraft-Zeit-Verläufe** für **Gehen und Laufen** in je ein Diagramm ( $2 \times 2 = 4P$ )! Achte dabei auf die charakteristischen Unterschiede in der Stützzeit und der Kraftamplitude zwischen Gehen und Laufen! Beschreibe den Bewegungsablauf nur für das Laufen unter besonderer Beachtung der KSP-Bewegung mit Bezug zu den horizontalen und vertikalen Kraftverläufen ( $2 \times 3 = 6P$ )! Gehe dabei von der horizontalen und vertikalen KSP-Geschwindigkeit zu Stützbeginn aus! Wie kann man aus dem  $F_z(t)$ -Verlauf beim Laufen den Zeitpunkt der vertikalen Bewegungsumkehr bestimmen (1P)? **(11P)**

7. Skizziere die **vertikalen und horizontalen Kraft-Zeit-Verläufe beim Laufen** in zwei getrennte Diagramme nebeneinander (2P). Zeichne die  $F_G$ -Linie in das  $F_Z(t)$ -Diagramm ein! Erläutere, wie die horizontale und vertikale KSP-Geschwindigkeit in der Stützphase aus den gemessenen Reaktionskräften berechnet werden kann (mit Formeln, gehe von der jeweiligen KSP-Geschwindigkeit zu Stützbeginn aus,  $2 \times 1 = 2P$ )! Skizziere die Verläufe der vertikalen und horizontalen KSP-Geschwindigkeit jeweils zeitlich passend unter die entsprechenden Kraft-Zeit-Verläufe! ( $2 \times 2 = 4P$ )! **(8P)**
8. Skizziere typische horizontale Bodenreaktionskräfte beim **Laufen mit konstanter Geschwindigkeit, beim Beschleunigungslauf und beim Bremsen** mit verschiedenen Farben in ein  $F_X(t)$ -Diagramm! Erkläre, wie durch eine geeignete Körperhaltung vor und während der Stützphase dazu beigetragen werden kann, dass Laufen mit konstanter Geschwindigkeit, mit Beschleunigung oder mit Abbremsen begünstigt wird! **(6P)**
9. Welche drei Hauptzielstellungen verfolgt der Sprinter mit dem Tiefstart(3P)? Skizziere die Zeitverläufe der Messdaten einer komplexen Tiefstartdynamographie (alle Kurven **inklusive Startimpuls und Handkräfte** untereinander: 7P)! Erläutere mit Formeln, wie die Qualität eines Starts bezogen auf jedes der drei genannten Hauptziele anhand der Messkurven quantitativ beurteilt werden kann. Zeige dies jeweils mittels der konkreten Herleitung der Bestimmung geeigneter Auswertegröße aus den Messkurven (3P)! **(13P)**
10. Nenne drei relevante Schrittparameter beim Laufen (3P)! Die KSP-Bahn gibt Aufschluss über die Effizienz der Lauftechnik. Welche beiden KSP-Parameter charakterisieren die Effizienz der Lauftechnik treffend (2P)? **(5P)**
11. Nenne drei relevante Schrittparameter beim Laufen (3P)! Die KSP-Bahn gibt Aufschluss über die Effizienz der Lauftechnik. Nenne zwei KSP-Parameter, die die Effizienz der Lauftechnik treffend charakterisieren (2P)? **(5P)**
12. Gegeben sind die Zwischenzeiten für z.B. 30m, 60m, 80m und 100m (Endzeit) von 3 Läufern (oder ähnlich). Fertige ein Differenzzeit-Diagramm an, wobei der schnellste Läufer der Referenzläufer sein soll! (siehe Aufgabe 2.2 im Skript)! **(6P)**
13. Charakterisiere die Bewegungsstrategie und die Lauftechnik beim Sprintlauf bei maximaler Geschwindigkeit (3P) und beim Langstreckenlauf (3P)! **(6P)**
14. Vergleiche die Bewegungsabläufe beim Laufen unter verschiedenen Randbedingungen und erläutere, welche wesentlichen Unterschiede sich jeweils im Bewegungsablauf ergeben: Laufbandlaufen versus Laufen auf der Bahn (3P), Laufen auf weichem versus hartem Untergrund (2P), Laufen bergan versus Ebene (2P), Laufen bergab versus Ebene (2P), Laufen bei gleicher Geschwindigkeit: großer Läufer versus kleiner Läufer (2P)! **(11P)**
15. Nenne die wichtigsten Bewegungskriterien (7P) für einen effizienten Hürdenschritt (7P)! Warum wird beim Stütz nach der Hürde eine möglichst hohe KSP-Position empfohlen (2P)? **(9P)**

## 2. Leichtathletik: Sprungdisziplinen

16. Erläutere das Prinzip der Summation von Teilgeschwindigkeiten am Beispiel des Weitsprungs mit Skizze der Vektoraddition (3P)! Nenne typische Anfangsbedingungen der KSP-Bewegung zu Beginn der Stützphase zum Absprung (am Ende des Anlaufs, 2P)! Welche Wirkung haben die Stützkräfte beim Absprung auf die Bewegung des KSP (betrachte horizontale und vertikale Wirkungen getrennt, 2P)? **(7P)**
17. Welche Unterschiede gibt es prinzipiell in der Absprunggestaltung zwischen Weitsprung, Dreisprung und Hochsprung, wovon hängt die Umlenkstrategie ab (2P)? Skizziere dazu jeweils auch die Vektoraddition von Anlauf- zur Abfluggeschwindigkeit (3P)! **(5P)**
18. Nenne (4x0.5=2.5P) und gewichte (1P) die Einflussfaktoren auf die Flugweite beim Weitsprung inklusive typischer Parameterwerte für einen guten Weitsprung (4x0.5=2P)! **(5P)**
19. Skizziere typische Verläufe der Bodenreaktionskräfte  $F_x(t)$  und  $F_z(t)$  beim Weitsprung (Absprung) mit ihren relevanten Charakteristiken (2P)! Bezeichne die Gewichtskraftlinie und markiere die Zeitpunkte der Bewegungsumkehr in  $F_z(t)$  und der Beschleunigungsumkehr in  $F_x(t)$  (2x0.5=1P)! Skizziere zu den bestehenden Messkurven jeweils eine weitere Kurve (andere Farbe), die sich ergeben würde, wenn der Springer beim Absprung mehr stemmt (2P)! **(5P)**
20. Gegeben sind die Verläufe der Bodenreaktionskräfte  $F_x(t)$  und  $F_z(t)$  bei einem Absprung zum Weitsprung. Skizziere diese (2P)! Leite mit Formeln her, wie ausgehend von den Anfangsbedingungen der KSP-Bewegung zu Stützbeginn die Abflugparameter (resultierende Abfluggeschwindigkeit und Abflugwinkel) berechnet werden können (2+2=4P)! Was ist bei der Auswertung der horizontalen und vertikalen Bodenreaktionskraft-Verläufe jeweils zu beachten (siehe Skript: Übungsaufgabe 3.2, 2x0.5=1P)? **(7P)**
21. 2D-Videoanalyse: Auf welche Art von Bewegungen beschränkt sich die 2D-Videoanalyse (1P)? Beschreibe den Messablauf (Kriterien für Kameraaufstellung, Präparation, Was wird aufgezeichnet? (4P)! Welche Primärinformationen können den Videodaten (Videoband oder Videodatei) entnommen werden (2P)? **(7P)**
22. Gegeben sind die Original-Koordinaten des KSP in zwei aufeinanderfolgenden Videobildphasen eines handelsüblichen Videosystems beim Absprung zum Weitsprung:  $(x_1, z_1)$  und  $(x_2, z_2)$ . Skizziere die Situation in ein  $z(x)$ -Diagramm mit Andeutung der KSP-Bahn um die Stützphase herum (2P)! Zeige mit Formeln, wie die Wegstrecke zwischen beiden Punkten (1P), die Geschwindigkeitskomponenten (2x0.5=1P), die resultierende Geschwindigkeit (0.5P) und der Abflugwinkel (0.5P) aus den beiden Koordinatenpunkten berechnet werden können? **(7P)**
23. Nenne die Hauptgründe für die rasante Entwicklung des Hochsprungweltrekords von 1900 bis heute (3P)! Welche Techniken wurden im Hochsprung von den Anfängen dieser Disziplin bis heute angewandt (5x0.5=2.5P). Welcher Parameter war bei der Effizienzsteigerung der Techniken von besondere Bedeutung (1P)? **(6.5P)**
24. Wie funktioniert die Hay-Technik (1P)! Welchen biomechanischen Vorteil hat sie (1P)? Warum sprang kein Top-Hochspringer mit dieser Technik (1P)? **(3P)**
25. Vergleiche und bewerte Wälzer (Straddle) und Flop aus biomechanischer Sicht! Betrachte dabei Anlauf (2P), Absprung/Stützphase (4P) und Lattenüberquerung (2x0.5=1P) separat. (Achtung: Gegenüberstellung von **biomechanischen** Parametern, **keine Bewegungsbeschreibung!**) **(7P)**

26. Vergleiche Speedflop und Powerflop hinsichtlich ihrer biomechanischen Parameter ( $6 \times 0.5 = 3P$ ) und der verfolgten Strategie ( $2 \times 1 = 2P$ ), um möglichst hoch zu springen! **(5P)**
27. Welche Energieformen reihen sich beim komplexen Energiefluss beim Stabhochsprung aneinander ( $7 \times 0.5 = 3.5P$ ). Beachte, dass Energieformen mehrfach auftreten können. Warum kann ein guter Stabhochspringer am Gipfelpunkt seiner Flugphase mehr Gesamtenergie haben, als er beim Absprung mitbringt (1P)? **(4.5P)**
28. Skizziere einen typischen Kraft-Zeit-Verlauf der vertikalen Bodenreaktionskraft bei einem Counter-Movement-Jump aus der ruhenden Grundstellung (CMJ = Sprung mit vorherigem Absenken, 1P)! Markiere den unteren Umkehrpunkt und zeichne die Anfangskraft ein ( $2 \times 0.5 = 1P$ )! Zeige mit Formeln, wie aus dem Messverlauf der Bodenreaktionskräfte  $F_z(t)$  der Zeitverlauf der KSP-Geschwindigkeit  $v_z(t)$  und die KSP-Höhe  $z(t)$  bzw.  $h(t)$  berechnet werden kann (2P)! **(4P)**
29. Es gibt drei gängige Verfahren zur Bestimmung der Flughöhe bei Vertikalsprüngen (CMJ). Nenne jeweils die Messgrundlage ( $3 \times 0.5 = 1.5P$ ) und skizziere den Auswertungsweg für diese drei Verfahren (mit Formeln,  $3 \times 2P$ )! Welche Einschränkungen (Messfehler) gibt es jeweils ( $3 \times 1 = 3P$ )? **(10.5P)**

### 3. Leichtathletik: Wurfdisziplinen

30. Leite die Wurfparabel  $z(x)$  für den schrägen Wurf mit den Anfangsbedingungen  $z_0=0$  und  $x_0=0$  her! Skizziere die Flugbahn mit den gegebenen Anfangsbedingungen (1P) Gehe bei der Herleitung von den in horizontaler und vertikaler Richtung wirkenden Beschleunigungen aus! (Hinweis: Leite zunächst die Geschwindigkeiten und die Orts-Zeit-Verläufe für die  $x$ - und  $z$ -Komponenten getrennt her (2P) und überführe die Gleichung  $z(t)$  in  $z(x)$ , (2P)! **(5P)**
31. Eine Kugelstoß-Kugel wird vom Boden mit einer bestimmten Anfangsgeschwindigkeit „abgeschossen“ und landet wieder auf dem Boden. Skizziere die Bahnkurven für einen zu flachen, einen optimalen und einen zu hohen Abflugwinkel bei jeweils gleicher Abfluggeschwindigkeit (3P)! Wo liegt der optimale Abflugwinkel (0.5P)? **(3.5P)**
32. Erläutere, warum der optimale Abflugwinkel beim Kugelstoßen individuell vom Kugelstoßer abhängt(1P)! Warum kann es in Einzelfällen beim Kugelstoßen sinnvoll sein, nicht zwingend den für die gegebenen Abflugwerte aus physikalischer Sicht optimalen Abflugwinkel anzusteuern (1P)? **(2P)**
33. Welche Kräfte wirken während des Fluges auf diverse Wurfgeräte (3)? Nenne jeweils Wurfdisziplin, Ursache und Wirkungsrichtung! Wovon hängt die Kraftwirkung jeweils ab? **(3P)**
34. Skizziere in ein  $z(x)$ -Diagramm die Flugbahnen für ein Wurfgerät bei jeweils gleicher Abfluggeschwindigkeit in verschiedenen Farben: a) theoretisch ohne Widerstände, b) mit Luftwiderstand, c) mit Luftwiderstand und Auftriebswirkung (z.B. beim Diskuswurf)! **(3P)**
35. Vergleiche die Strategien der Drehstoßtechnik ( $4 \times 0.5=2P$ ) und der O'Brien-Technik ( $4 \times 0.5=2P$ ) aus biomechanischer Sicht! **(4P)**
36. Erläutere die Kraftwirkung von Luftwiderstand (Drag) und dynamischem Auftrieb (Lift) am Beispiel des Diskuswurfs kurz nach dem Abwurf (2P)! Nach welchen Kriterien wird der optimale Anstellwinkel beim Diskuswurf definiert (2P)? **(4P)**
37. Erläutere die **Strategie** des Hammerwerfers zum Maximieren der Abfluggeschwindigkeit (1P): Beschreibe die physikalischen Zusammenhänge vom Drehantrieb bis zur Abfluggeschwindigkeit lückenlos mit Formeln: Wie erfolgt der Antrieb beim Hammerwurf, mit Skizze ( $2 \times 0.5=1P$ )? Erkläre, wie die Drehgeschwindigkeit physikalisch entsteht und wie letztendlich die Abfluggeschwindigkeit (Bahngeschwindigkeit) des Hammerkopfes zustande kommt (2P)? Wodurch wird die Geschwindigkeit des Hammerkopfes limitiert (mit Begründung) (1P)? **(5P)**
38. Erläutere die mathematischen Zusammenhänge zwischen Weg-, Geschwindigkeits-, Beschleunigungs- und Kraft-Zeit-Verläufen! Wie können diese Größen ineinander überführt werden (mit Formeln,  $2 \times 2 \times 0.5=4P$ )? **(4P)**
39. Skizziere den Zeitverlauf der Bahngeschwindigkeit des Hammerkopfes bei einem Wurf aus drei Drehungen (1P)! Wie kann die Bahnbeschleunigung daraus berechnet werden (0.5P)? Skizziere die Bahnbeschleunigung unter die Geschwindigkeits-Kurve! Achte dabei insbesondere auf den korrekten **Kurvenverlauf zu Beginn und am Ende** der Bewegung (2P)! **(3.5P)**
40. Erläutere, wie beim Speerwurf der Flug des Speeres durch dessen spezielle Eigenschaften beeinflusst wird(1P)! Welche Kräfte bzw. Drehmomente wirken (mit Skizze der Kraftwirkungen, 2P)? (3P)
41. Wie kann die Abfluggeschwindigkeit beim Speerwurf bestimmt werden. Erläutere drei gängige Messverfahren **(3P)**!

42. Wie kann der axiale Beschleunigungs-Zeit-Verlauf in der finalen Beschleunigungsphase beim Speerwerfen gemessen werden (0.5P)? Skizziere einen typischen  $a(t)$ -Verlauf (1P)! Wie wird aus dem Messergebnis  $a(t)$  die Abwurfgeschwindigkeit berechnet (1P)? Welche Zusatzinformation wird benötigt, woher kann man diese bekommen (0.5P)? **(3P)**
43. Welche Informationen liefert der Beschleunigungs-Verlauf beim Speerwurf über die technische Qualität der Abwurfphase ( $2 \times 0.5 = 1P$ )? Skizziere die Beschleunigungs-Zeit-Verläufe für einen Anfänger und einen Spitzenwerfer (mit Zeitmarken beim Setzen des Stemmbeins, 2P)! Achte darauf, dass die Unterschiede im Geschwindigkeitszuwachs und in der Bewegungstechnik in den beiden Kurven **deutlich** zum Ausdruck kommen! **(3P)**

#### 4. Akrobatische Sportarten (+ KSP, Massenträgheit, Energie, Statik)

44. Berechne den Körperschwerpunkt (analytische Methode, 3P) bzw. das Massenträgheitsmoment (3P) für einen gegebenen Körper (mit 3-6-Gliedern, siehe Skript: Übung 5.1)! **(6P)**
45. Wie erfolgt die Berechnung des Massenträgheitsmomentes eines Turners, wenn er nicht um den KSP rotiert (z.B. beim Kippen oder Schwingen am Reck, 2P)? Begründe, warum in diesen Fällen die Methode für die Standard-Berechnung des Massenträgheitsmomentes zu kleine Werte liefert (1P)! **(3P)**
46. Erläutere den Zusammenhang zwischen Winkel, Winkelgeschwindigkeit, Winkelbeschleunigung und Drehmoment (Rechenoperationen und grafische Veranschaulichung,  $2 \times 2 \times 0.5 = 2P$ )? **(2P)**
47. Erläutere lückenlos mit Formeln, wie ein Saltospringer beim Absprung vom Boden seine Drehgeschwindigkeit „erzeugt“ (3P)! Skizziere eine typische Absprungposition zum Vorwärtssalto mit Bezeichnung von KSP und Krafrichtungsvektor und zeige, wie dort Drehmomente entstehen (1P)! **(4P)**
48. Erläutere lückenlos mit Formeln, wie ein Wasserspringer beim  $1\frac{1}{2}$ -fachen Salto vorwärts die Drehgeschwindigkeit reguliert! Gehe dabei auf den Beginn der Flugphase, den Mittelteil des Fluges und die Eintauchphase ein ( $1+3=4P$ )! Skizziere die Zeit-Verläufe von Drehimpuls, Winkelgeschwindigkeit und Massenträgheitsmoment (schematisch) (3P)! **(7P)**
49. Wie kann ein Salto (reine Breitenachsenrotation) in eine Kombination von Längs- und Breitenachsendrehung überführt werden (1P)? Konstruiere die Vektorkomponenten des Drehimpulses bei Erhaltung des Gesamtdrehimpulses für diese Situation (2P)! **(3P)**
50. **Erläutere** drei Möglichkeiten, mit denen eine Längsachsenrotation (Schraubenbewegung) erzeugt werden kann ( $3 \times 1 = 3P$ )! **(3P)**
51. Wie funktioniert die Katzendrehung (2P)? Welche physikalischen Prinzipien liegen dabei zugrunde (1P)? **(3P)**
52. Ein Absprung zum Salto vorwärts dauert 0.4s. In der ersten Hälfte wirken dabei Bodenreaktionskräfte von 1000N, wobei der Kraftvektor 5cm am KSP vorbeigeht. In der zweiten Hälfte des Absprungs geht eine Kraft von 800N mit ihrer Wirkungslinie 10cm am KSP vorbei. Skizziere das Drehmoment-Zeit-Diagramm (2P) und berechne den daraus resultierenden Drehimpuls (1P)! **(3P)**

53. Ein Turner hat beim Absprung zum Salto vorwärts einen Drehmomentstoß von z.B. 60 Nms erzeugt. Wie groß ist die daraus resultierende Drehgeschwindigkeit beim Abflug, wenn das Massenträgheitsmoment um den KSP  $10 \text{ kgm}^2$  beträgt (2P)? Wie viele Umdrehungen kann der Springer bei unveränderter Körperhaltung in 1.5s Flugzeit schaffen (2P)? (Achtung: Bei der formalen Berechnung ergibt sich die Drehgeschwindigkeit in Bogenmaß. Diese muss noch umgeformt werden:  $2\pi = 6.28$  (rad) = 1 Umdrehung). **(4P)**
54. Beschreibe den Energiefluss beim Trampolinspringen (mit Formeln)! Gehe dabei von einem Fall aus der Höhe  $h_0$  auf das Trampolin-Tuch aus (Hinweis: Betrachte alle Eckpunkte mit Übergängen zwischen kinetischer und potentieller Energie (4P)! Setze die minimale Höhe zum Zeitpunkt der maximalen Tuchoauslenkung:  $h_U=0$ ) Wie gelingt es dem Springer, höher als die ursprüngliche Fallhöhe zu springen? Begründe, warum das funktioniert (1P)! **(5P)**
55. Beschreibe die Energieumwandlung beim Schwingen am Reck (2P)! Wie kann der Schwung aus dem Hang in Gang gebracht werden? Erläutere und begründe, wie man zweckmäßig die Schwungamplitude erhöht (2P)! **(4P)**
56. Erläutere und begründe die Strategie des Turners bei einer Riesenfelge am Reck! Gehe von der ruhenden Handstandposition auf der Reckstange aus und betrachte Abwärts- und Aufwärtsbewegung separat (4P)! Skizziere die Zeitverläufe von Drehwinkel, Drehgeschwindigkeit und Drehmoment bei einer Riesenfelgumschwung aus dem Handstand qualitativ (zu Beginn und am Ende der Riesenfelge steht der Turner im Handstand in Ruhe bei  $0^\circ$  bzw. bei  $360^\circ$ , 5P)! **(9P)**

## 5. Schwimmen

57. Nenne Ursachen, Angriffspunkt und Wirkungsrichtung der Kräfte und Drehmomente, die auf einen im Wasser ruhenden Schwimmer wirken (3P)! Nenne die zusätzlich wirkenden Kräfte, wenn sich der Schwimmer aktiv im Wasser fortbewegt ( $5 \times 0.5 = 2.5P$ )! **(5.5P)**
58. Unter welchen Bedingungen kann ein Schwimmer seine Schwimmgeschwindigkeit beibehalten, wann erhöht sich die Schwimmgeschwindigkeit (1P)? Erläutere die physikalischen Hintergründe (klassische Erklärung, Basiserklärung für den Antrieb), wie sich ein Schwimmer aus der Ruhe in Bewegung setzen kann (3P)! **(4P)**
59. Erkläre die Begriffe Drag und Lift (Prinzip, Kraftangriffspunkt und Kraftwirkungsrichtung)! Erläutere an einem prägnanten Beispiel, wie ein Schwimmer auch bei Bewegungen der Antriebsflächen quer zur Schwimmrichtung Vortrieb erzeugen kann ( $2 \times 3 \times 0.5 = 3P$ )! Welche Bedingungen müssen dabei erfüllt sein (1P)? **(4P)**
60. Skizziere am Beispiel des Kraularmzuges, wie Drag und Lift nach dem Wasserfassen, im Hauptzug und am Ende der Zugphase (kurz vor dem Ausheben) zusammenwirken! Zeichne an die Zugbahn der Hand jeweils die aktuelle Anströmrichtung, die optimale Stellung der Handfläche und die Kraftvektoren von Drag und Lift ein! (drei Punkte bezeichnen: Wasserfassen, Mittelzug, Ausheben ( $3 \times 4 \times 0.5 = 8P$ ))! Die globale Wasserströmung entgegen der Schwimmrichtung darf bei der Bezeichnung der Kraftvektoren an der Hand vernachlässigt werden. **(8P)**

61. Erläutere das Zusammenwirken von Drag und Lift bei der Abwärtsbewegung der Beine beim Kraulbeinschlag! Skizziere die Bewegungsbahn eines Fußes in der Mitte eines Abwärtsbeinschlags bei passender Fußstellung (1P) und zeichne die Vektoren von Drag, Lift, der resultierenden Kraft und der Vortriebskraftkomponente ein ( $4 \times 0.5 = 2P$ ), so dass ein Vorwärtsantrieb entstehen würde! **(3P)**
62. Welche Antriebskonzepte werden im Schwimmsport zur Erklärung des Vortriebs herangezogen? Erläutere ausgehend vom physikalischen Grundprinzip der Antriebswirkung (1P) das Wesen der drei gängigen Konzepte und bewerte deren Gesamteinfluss auf die Vortriebswirkung ( $3 \times 2 = 6P$ )! **(7P)**
63. Was sind Vortex-Effekte (1P)? Erläutere anhand von zwei Beispielen, wie im Schwimmsport Antriebskraftwirkungen durch Vortex-Effekte zustande kommen können ( $2 \times 2 = 4P$ )! **(5P)**
64. Welche grundlegenden Handlungsstrategien verfolgen Schwimmer zur Maximierung ihrer Schwimgeschwindigkeit (5P)! Nenne jeweils ein plausibles Beispiel für die sinnvolle Anwendung ( $5 \times 2 \times 0.5 = 10P$ )! **(10P)**
65. Wie funktioniert ein Strömungskanal für den Schwimmsport (2P)? Bewerte Möglichkeiten und Grenzen von Strömungskanälen für Training und Leistungsdiagnostik ( $5 \times 0.5 = 2.5P$ )? **(4.5P)**
66. Skizziere die KSP-Geschwindigkeitsprofile eines Schwimmers für die Brust- und für die Kraullage (zwei Farben) in ein  $v$ - $t$ -Diagramm (2P)! Zeichne jeweils auch die mittlere Schwimgeschwindigkeit ein ( $2 \times 0.5 = 1P$ ) Begründe die drastischen Unterschiede in der KSP-Kinematik beim Brust- (2P) und Kraulschwimmen (3P)! **(8P)**

## 6. Skilanglauf / Ski-Alpin

67. Beschreibe den Bewegungsablauf (Beine und Arme, 3P) bei der klassischen Diagonalschritt-Technik im Skilanglauf und bewerte diesen hinsichtlich der Effizienz zur Vortriebsentwicklung ( $5 \times 0.5 = 2.5P$ )! **(5.5P)**
68. Beschreibe den Bewegungsablauf (Beine und Arme, 3P) bei der 2:1\_Skating-Technik im Skilanglauf und bewerte diesen hinsichtlich der Effizienz zur Vortriebsentwicklung ( $5 \times 0.5 = 2.5P$ )! Wodurch wird die höhere Laufgeschwindigkeit bei der Skatingtechnik vor allem bewirkt (1P)? **(6.5P)**
69. Skizziere die sich aus dem Gewichtskraftvektor bei einem schussfahrenden Skiläufer ergebenden Kräfte ( $2 \times 0.5P = 1P$ )! Zeichne in die Skizze auch die bei der Schussfahrt wirkenden Gegenkräfte ein ( $2 \times 0.5 = 1P$ ) Wovon hängt die Höhe der Kraftwirkung jeweils ab ( $4 \times 0.5 = 2P$ )? **(4P)**
70. Wodurch wird die Gleitreibung zwischen Ski und Schnee beeinflusst? Erläutere die gegebenen Möglichkeiten zur Reduktion des Reibungswiderstandes (3P)! **(3P)**
71. Erläutere das Zusammenwirken von Hangabtriebskraft und Antriebskräften bzw. Querkräften auf den geradeaus fahrenden Skiläufer bei unterschiedlichen Fahrtrichtungen bezüglich der Falllinie (mit Skizze: Antriebs- und Querkräfte!,  $3 \times 1 = 3P$ )! **(3P)**
72. **Skizziere** die spezifischen Kraftwirkungen und Drehmomente, die sich bei einer Fahrt durch eine Kurve ergeben (5P)! Erläutere, wie die Kraftwirkungen mit der Fahrgeschwindigkeit und dem Kurvenradius zusammenhängen (2P)? **(7P)**
73. Unter welchen Bedingungen kann ein Skifahrer stabil durch eine Kurve fahren (1P)? Welche Kompensationsmöglichkeiten hat der Skifahrer, wenn er (a) in die Kurve zu



fallen droht oder (b), wenn er aus der Kurve zu kippen droht (2P)? Begründe jeweils! **(3P)**

74. Ein Skifahrer fährt aufrecht mit konstanter Geschwindigkeit im ebenen Gelände. Skizziere und erläutere den Verlauf der Auflagekraft zwischen Ski und Schnee, wenn der Fahrer zügig in die Hocke geht, eine kurze Zeit in der Hocke fährt und sich anschließend zügig wieder aufrichtet (3P)! Bezeichne die Phasen, die für die Einleitung von Richtungsänderungen geeignet sind und begründe dies (2P)! **(5P)**
75. Zur Funktionsweise von Pflug und Pflugbogen: Erkläre, wie beim Pflug die Geschwindigkeit reguliert werden kann (2P) und wie mittels Pflugbogen die Kurvenfahrt gesteuert wird (2P)! Durch welche Mechanismen wird die Kurvenfahrt beim Pflugbogen bewirkt (2P)? **(6P)**
76. Beschreibe den Bewegungsablauf beim „konservativen“ parallelen Grundsprung (old school) bzw. beim Kurzsprung im steilen Gelände (3P)! Erläutere, durch welche Faktoren die Richtungsänderung im Einzelnen unterstützt wird ( $4 \times 0.5 = 2P$ )? **(5P)**
77. Beschreibe die wesentlichen Merkmale der Kurvenfahrt beim sportlichen Carven (2P)! Erläutere, wie der Kurvenradius beim Carven beeinflusst werden kann (3P)? **(5P)**

## 7. Sportspiele

78. Welche Kräfte wirken auf fliegende Bälle? Nenne jeweils Einflussgrößen der verschiedenen Kraftwirkungen und deren Wirkungsrichtung ( $2 \times 3 \times 0.5 = 3P$ )! **(3P)**
79. Erkläre den Magnus-Effekt! Unter welchen Bedingungen wirken Magnuskräfte? Erläutere Ursache und Wirkungsrichtung der Magnuskraft am Beispiel eines Top-Spin! Zeichne die durch Magnuskräfte veränderte Flugbahn für ein gegebenes Beispiel (Top-/Back-Spin im Tennis oder Effet-Fußballstoß, 2P)! Zeichne an die Ball-Trajektorie zu zwei verschiedenen Positionen die Vektoren der Magnuskräfte ein ( $2 \times 0.5 = 1P$ )! **(3P)**
80. Nenne die wichtigsten biomechanischen Eigenschaften von Tennisschlägern ( $7 \times 0.5 = 3.5P$ )! **(3.5P)**
81. Der Tennisschläger hat am Kopf vier charakteristische Treffareale. Markiere diese Treffpunkte in einer Schlägerskizze und erläutere das Wesen dieser Punkte ( $4 \times 2 \times 0.5 = 4P$ )! **(8P)**
82. Der COP (Center of Percussion) gilt als Sweetspot (= Treffpunkt mit geringer Kraft-rückwirkung auf die Hand am Griff des Schlägers). Rekonstruiere die Kraftwirkungen auf das Handgelenk, die sich bei unterschiedlichem Treffpunkt des Balls (a) oberhalb, (b) im und (c) unterhalb des COP am Schlägerkopf ergeben anhand einer Skizze mit Erläuterungen ( $3 \times 2 = 6P$ )! **(6P)**
83. Warum ist die Node des Tennisschlägers ein Sweetspot (2P)? Erkläre das anhand einer Skizze (1P)! **(3P)**
84. Begründe die Auswirkungen des Rahmenmaterials auf die Schlägereigenschaften und die Kraft-rückwirkung am Griff (2P)! Worin unterscheidet sich der Schläger aus Carbon gegenüber dem aus Aluminium und dem aus Holz (2P)? **(4P)**
85. Skizziere die Rückprallwinkel am Boden für Bälle ohne Spin, mit Top-Spin und mit Back-Spin (Aufprallwinkel jeweils ca.  $45^\circ$ )! **(3P)**
86. Zeige anhand einer Skizze, wie bei schräg zur Ballrichtung geführtem Schläger **trotz senkrechter Schlägerfläche** ein Top-Spin erzeugt werden kann! **(3P)**

87. Rekonstruiere die auf den Ball wirkenden Drehmomente bei einem Back-Spin mit gegebener Schlägergeschwindigkeit bei geeigneter Schlägerführung schräg zur Ballflugrichtung mit Skizze! **(4P)**
88. Welchen Einfluss hat die Schlägerbespannung auf das Rücksprungverhalten von Bällen (Spin, Ballgeschwindigkeit) im Tennis(1P)? Begründe (1P)! **(2P)**
89. Beschreibe das Wesen (Technikmerkmale) folgender Tennis-Schläge: Grundschlag, Top-Spin, Slice und Stop(je 2P)! Wie wird der Ballflug durch den Schlägerkontakt jeweils beeinflusst (je 1P)? **(3P pro Schlag)**
90. Wodurch kommt die sukzessive Erhöhung der Geschwindigkeit in der Kette Hand – Schlägerkopf – Ball beim Tennisaufschlag bzw. beim Badminton-Smash zustande(3x2x1=6P)? **(6P)**
91. Skizziere den Verlauf der vertikalen Bodenreaktionskraft (mit Umkehrpunkt und Gewichtskraft, 2P)! Erläutere zwei Möglichkeiten zur Berechnung der Abfluggeschwindigkeit auf der Basis der Bodenreaktionskräfte (mit Gleichungen, 2x2=4P)! Welche Zusatzinformation ist jeweils notwendig? Woher kann man diese erhalten(2x1=2P)? **(8P)**
92. Erläutere Zielstellungen und Wurfstrategie beim Schlagwurf im Handball(2x2x0.5=2P) und in der Leichtathletik (z.B. Speerwurf, 2x2x0.5=2P)! **(4P)**
93. Nenne die wesentlichen Technikmerkmale verschiedener Aufschlagetechniken (4x2x0.5=4P)! Welche biomechanischen Besonderheiten treten beim Ballflug jeweils auf (Ballgeschwindigkeit, Flugbahn, 4x2x0.5=4P)? **(8P)**
94. Unter welchen formalen Bedingungen ist ein Basketballkorbwurf erfolgreich? Erläutere Vor- und Nachteile einer flachen bzw. steilen Flugkurve z.B. beim Freiwurf 2x2x1=4P)! **(4P)**
95. Beschreibe zwei Verfahren zur Analyse von Individualleistungen in den Sportspielen (2x2x0.5=2P)! **(2P)**

## 8. Biomechanische Prinzipien

96. Nenne vier Randbedingungen und zwei Kriterien (6x0.5=3P) für die Bewegungsoptimierung im Sport (mit jeweils einem Beispiel, 6x0.5=3P)! **(6P)**
97. Erläutere das Prinzip des optimalen Beschleunigungsweges(1P)! Warum wird beim Hock-Strecksprung in der Regel nicht der maximale, anatomisch verfügbare Beschleunigungsweg genutzt (2P)? **(3P)**
98. Erläutere das Prinzip der optimalen Tendenz im Beschleunigungsverlauf anhand von zwei Beispielen (z.B. Armstreckung beim Boxschlag und beim Kugelstoß, 2x3x0.5=3P)! Skizziere die schematischen Zeitverläufe von **Beschleunigung und Geschwindigkeit** für beide Bewegungen in jeweils ein Diagramm (Weg der Armstreckung soll etwa gleich lang sein, 4P)! **(7P)**
99. Warum kann man mit einem optimalen Armschwung höher springen, als ohne Armeinsatz (2P)? Unter welchen (ungünstigen) Umständen kann durch den Armschwung die Absprunggeschwindigkeit sogar reduziert werden(1P)? **(3P)**

100. Erläutere das Prinzip der optimalen Anfangskraft am Beispiel des Strecksprungs (2P)! Skizziere die Zeitverläufe der vertikalen Bodenreaktionskräfte für Strecksprünge ohne Auftakt und mit optimalem Auftakt mit zwei Farben in ein Diagramm (inklusive der Markierung des jeweils unteren Umkehrpunktes,  $2 \times 2 = 4P$ ) ! **(6P)**
101. Welche biomechanischen Prinzipien spielen beim Hochsprung eine dominierende Rolle? Erläutere diese kurz mit Zuordnung der jeweils relevanten Bewegungsphase ( $4 \times 2 \times 1 = 8P$ )! **(8P)**