

# Messen und Analysieren sportlicher Bewegungen (Wank / Stand: SS 2026)

## 2. Zeitmessung / Frequenzmessung

1. Charakterisiere das Spektrum der biomechanischen Messgrößen!
2. Was sind Schwingungen? Nenne und erläutere die charakteristischen Eigenschaften von Schwingungen anhand von Skizzen ihrer Zeitverläufe! Nenne 4 schwingfähige Systeme mit charakteristischen Eigenfrequenzen!
3. Nenne 3 Basismethoden zur Messung von Zeiten für Uhren und gehe auf Anwendungsmöglichkeiten für die Zeitmessung im Sport, Messauflösung und Messgenauigkeit der genannten Verfahren ein!
4. Wie funktioniert die Zeitmessung mittels Lichtschranken? Skizziere das Blockschaltbild vom Aufbau einer Spiegel-Lichtschranke! Welche beiden Möglichkeiten bieten Lichtschrankensysteme für die Zeitmessung? Nenne Vorteile und Limits für den Einsatz von Lichtschranken! Wo werden Lichtschranken eingesetzt (Sportarten)? Was sind Reißfehler, wie können sie vermieden werden?
5. Nenne 4 Methoden/Verfahren zur Zeiterfassung (Zeitauslösung) im Sport mit Kurzbeschreibung, Anwendungsgebiet (Sportarten, Einschränkungen)
6. Erläutere Messprinzip, Messaufbau und Zeiterfassung bei der Zielfilm-Messung! In welchen Sportarten wird sie angewendet?
7. Was ist ein Differenzzeitdiagramm, wie wird es berechnet? Welche Informationen enthält es? Wo werden Differenzzeit-Diagramme im Leistungssport angewendet?

## 3. Weg- und Winkelmessung

8. Nenne und erläutere die im Seminar vorgestellten Messprinzipien zur Erfassung von Wegen, Strecken bzw. Positionen (6)!
9. Nenne 3 Verfahren zur Messung von Gelenkwinkelverläufen?
10. Erläutere die Funktionsweise eines Laser-Distanzmessgerätes! Wie erfolgt die Weitemessung mittels Lasermessgerät beim Speerwurf? Skizziere die Messanordnung!
11. Beschreibe den Aufbau und die Funktionsweise von inkrementalen Gebern (IGR)! Skizziere den Aufbau eines IGR und die primären Messergebnisse!
12. Wie funktioniert die Wegmessung auf der Basis von linearen bzw. von Drehwiderständen! Skizziere das Blockschaltbild, so dass erkennbar ist, wie das Messsignal in Abhängigkeit von der Position (Weg) zustande kommt!
13. Beschreibe die Messprinzipien von Goniometern (Winkelmessern) auf der Basis von Drehpotentiometern und auf der Basis von Dehnmessstreifen. Erläutere (mit Skizze), wie das Messsignal in Abhängigkeit von der Winkelstellung zustande kommt!

#### 4. Geschwindigkeits- / Beschleunigungsmessung

14. Beschreibe die physikalischen Zusammenhänge zwischen Weg, Geschwindigkeit, Beschleunigung und Kraft und die Übergänge zwischen den Größen mit Formeln!
15. Erläutere die Geschwindigkeitsmessung auf der Basis eines linearen Potentiometers oder eines Wendepotentiometers! Welche Basismessgröße liegt vor? Wie kann daraus die Maximalgeschwindigkeit bestimmt werden?
16. Skizziere eine typische Messkurve  $z(t)$  der vertikalen KSP-Position beim Hock-Streck-Sprung. Bestimme das Geschwindigkeits- und Beschleunigungsprofil schematisch (qualitativ)!
17. Erläutere die Geschwindigkeitsmessung mittels Tachogeneratoren! Welches Messprinzip liegt zugrunde (Basismessgröße, Wie wird die Geschwindigkeit bestimmt)?
18. Wie ist ein Inkrementalgeber aufgebaut? Wie entstehen primäre und sekundäre Messdaten (Vervielfachung der Impulszahl / Auflösung)? Wie erhält man aus den Messdaten die Geschwindigkeit?
19. Skizziere den Zeitverlauf des Rollweges und der Rollgeschwindigkeit eines Ruderergometer-Rollsitzen, bei dem das IGR folgende Messwerte registriert hat:  
- gemessene Impulsfolge: 0,20,50,80,100,50,20,0, -20  
Achtung: die Impulse sind in ihrer Folge nicht summiert, die Werte repräsentieren die Impulszahlen, die pro 0.1s registriert wurden), Abtastezeit: 0.1s, Scheibenumfang 10cm bei 100 Impulsen je Umdrehung.
20. Erläutere das Messverfahren zur Erfassung von Geschwindigkeitsprofilen (z.B. beim Sprint) auf Laserbasis (LAVEG)! Wie wird der Geschwindigkeits-Zeit-Verlauf aus den Messgrößen hergeleitet? Skizziere einen typischen Geschwindigkeits-Weg-Verlauf für einen 30m-Sprint!
21. Wie können Abfluggeschwindigkeit und Abflugwinkel in den Wurfdisziplinen mit Lichtschranken gemessen werden (Messaufbau, Basisdaten, Rechenweg)?
22. Wie funktioniert ein Beschleunigungssensor auf DMS-Basis? Beschreibe den Versuchsaufbau zur Erfassung des Beschleunigungs-Zeit-Verlaufes  $a(t)$  beim Speerwurf und skizziere einen typischen Beschleunigungs-Zeit-Verlauf beim Abwurf! Wie kann die Abwurfgeschwindigkeit aus dem Messergebnis bestimmt werden? Welche Informationen liefert  $a(t)$  über die Qualität der Wurftechnik? Skizziere die  $a(t)$ -Verläufe beim Wurf eines Anfängers und eines Spitzenwerfers in ein Diagramm! Wo liegen die wesentlichen Unterschiede?
23. Welche Sub-Sensoren enthält ein Inertialsensor? Welche physikalischen Größen werden mit den einzelnen Sensoren jeweils gemessen bzw. berechnet? Welche Vor- und welche Nachteile haben die einzelnen Sensoreinheiten?
24. Nenne 3 plausible Beispiele, bei denen Inertialsensoren im Sport Anwendung finden?

#### 5. Video-Analyse (2D und 3D-Messungen)

22. Beschreibe den Messaufbau und den Messablauf für die 2D-Videoanalyse beim Weitsprung! Welche Bewegungsformen eignen sich für die 2D-Analyse? Welche Basisinformationen liefert das Videomaterial?

23. Leite die Formeln zur Messung von Wegstrecken, Horizontalgeschwindigkeit, Vertikalgeschwindigkeit, resultierender Geschwindigkeit und des Abflugwinkels aus dem Verlauf des Körperschwerpunktes im Bildkoordinatensystem her!
24. Welche Verfahren gibt es zur Erfassung von dreidimensionalen Bewegungen (5)? Erläutere überblicksartig die Messprinzipien, Genauigkeit und Einsatzfelder!
25. Wie funktioniert die automatische Vermessung von Markerkoordinaten bei menschlichen Bewegungen auf der Basis von Infrarot-Systemen (Prinzipskizze)? Nenne Vor- und Nachteile von automatischen IR-Systemen (z.B. VICON) gegenüber einer herkömmlichen 3D-Bewegungsanalyse auf der Basis von Videobildern!

## 6a. Kraftmessung / AD-Wandlung

26. Wie hängen Kraftwirkung und Bewegung zusammen? In welcher Form äußern sich wirkende Kräfte?
27. Nenne die Newtonschen Gesetze der Mechanik? Leite aus dem 2. Newton-Gesetz her, wie man aus einem gemessenen Kraft-Zeit-Verlauf die daraus resultierende Geschwindigkeit des beschleunigten Körpers der Masse  $m$  berechnet!
28. Beschreibe das Messprinzip zur Erfassung von Kräften auf der Basis von Dehnmessstreifen von der Krafteinleitung bis zum analogen Spannungssignal!
29. Wie funktioniert die Kraftmessung mit Piezo-Sensoren? Vergleiche Piezo- und DMS-Systeme hinsichtlich ihrer Vor- und Nachteile!
30. Welche Bauteile (Komponenten) werden zum Aufbau einer Messplatte zur Erfassung von vertikalen Bodenreaktionskräften mittels PC benötigt (Teileliste)? Skizziere den Blockschaltplan für eine 1D-Kraftmessplatte ausgehend von den DMS-Widerständen (Wheatstone-Brückenschaltung) bis zum analogen Messsignal (mit allen Komponenten inklusive der Stromversorgungen)!
31. Was ist ein analoges Messsignal? Welche Eigenschaften haben im Gegensatz dazu digitale Messsignale?
32. Erläutere die Funktionsweise eines Analog-Digital-Wandlers (A/D-Wandler)!
33. Welche Eigenschaften (Parameter) haben AD-Wandler? Was muss für die Messung eingestellt werden? Wie werden Messsignale von Kraftsensoren in Kraft-Zeit-Verläufe zur Ansicht auf dem PC umgeformt? Welche Informationen werden dafür benötigt?

## 6b. Analyse vertikaler Sprünge

34. Skizziere einen typischen Kraft-Zeit-Verlauf der vertikalen Bodenreaktionskraft bei einem **Counter-Movement-Jump** aus der ruhenden Grundstellung (CMJ = Sprung mit vorherigem Absenken)! Zeige mit Formeln, wie aus dem Messverlauf der Bodenreaktionskräfte  $F_z(t)$  der Zeitverlauf der KSP-Geschwindigkeit und der KSP-Höhe berechnet werden kann!
35. Skizziere einen typischen Kraft-Zeit-Verlauf der vertikalen Bodenreaktionskraft bei einem **Drop-Jump** (DJ) von einer erhöhten Abflugposition über den Absprung bis zum Ende der Flugphase! Zeichne zeitlich zugeordnet darunter die Verläufe der KSP-Geschwindigkeit und der KSP-Höhe (qualitativ)! Markiere den unteren Umkehrpunkt, den Zeitpunkt der Maximalgeschwindigkeit, das Abheben sowie das Erreichen der Maximalhöhe!

36. Wie kann die maximale Flughöhe aus der Abfluggeschwindigkeit mittels Energie-Erhaltungssatz berechnet werden? Warum berechnet man auf diese Weise im Vergleich zur Realität zumeist deutlich niedrigere Sprunghöhen?
37. Früher wurde die Flughöhe bei Testsprüngen oft über die Flugzeit bestimmt. Warum? Wie erfolgt dabei die Berechnung der Flughöhe, welche Voraussetzung ist dazu eigentlich nötig? Welche Fehlerquellen beeinträchtigen das Ergebnis der Flughöhenberechnung?
38. Wir haben im Seminar 3 Verfahren zur Bestimmung der Flughöhe bei Vertikalsprüngen kennengelernt. Nenne die Messbasis und skizziere den Auswertungsweg für diese drei Verfahren und bewerte die Qualität des Endergebnisses aller drei Verfahren mit Begründung (Zusammenfassung der vorhergehenden Fragen)!
39. Skizziere den Kraft-Zeit-Verlauf für einen Drop-Jump (DJ) vom Beginn des Drops bis zum Stand nach der Flugphase beim Sprung. Welche Besonderheiten ergeben sich für die Berechnung der Abfluggeschwindigkeit beim DJ hinsichtlich der Auswertung der Messkurve (im Vergleich zum CMJ)? Wie kann ohne gesonderte Erfassung der Aufprallgeschwindigkeit vom Drop ( $v_{0z}$ ) dennoch (ohne Anfangswerte!) die Abfluggeschwindigkeit und die Flughöhe aus dem Kraft-Zeit-Verlauf hinreichend genau berechnet werden?

## 6c. Fuß-Druckverteilungsmessung

38. Erläutere den Begriff Fußdruckverteilungsmessung! Wie funktioniert das Messprinzip bei Verwendung resistiver Sensoren?
39. Wie hängen die physikalischen Größen Kraft, Fläche und Druck zusammen? Wie wird die Bahn des Druckzentrums berechnet, was repräsentiert sie?
40. Nenne typische Anwendungsgebiete für Fußdruckverteilungsmessungen! Welche Informationen liefern sie? Gehe auf Unterschiede bezüglich der Messergebnisse und Einsatzfelder für Kraftmessplatten ein! Wie kann der Verlauf der vertikalen Bodenreaktionskraft aus einer Druckverteilungsmessung berechnet werden?
41. Bewerte Einsatzmöglichkeiten und Messqualität von In-Schuh- und Bodendruckverteilungsmessungen!

## 7. Elektromyographie

41. Was ist ein Oberflächen-EMG? Beschreibe, wie das Signal aus physiologischer Sicht zustande kommt!
42. Nenne EMG-Typen (verschiedene Kategorien mit kurzer Erläuterung)!
43. Welche Informationen liefert die EMG-Messung? Wann lohnt sich ihr Einsatz? Was schränkt die Anwendung des EMG ein?
44. Welche Einflussfaktoren wirken auf das Messergebnis der EMG-Messung (physiologische Signale und Störgrößen)?
45. Beschreibe Darstellungsformen der EMG-Messung (mit Skizze)! Erläutere das Wesen der Spektralanalyse (Frequenzanalyse)!