

Fragen aus dem Repetitorium V

Folgend werden die Fragen des Repetitoriums V, welche ihr im Skript II ab Seite 217 findet, behandelt. Die Seiten werden ständig aktualisiert und korrigiert, so daß es sich lohnt, hin und wieder schon gelesene Seiten nochmals abzurufen.

1. Was beschreiben die Disziplinen "Kinematik und Dynamik"?

Die Kinematik untersucht die Geometrie der Bewegung von Körpern ohne Berücksichtigung der Kräfte, die diese zeitliche Änderung von Ort, Bewegung und Gestalt verursachen.

2. Die Dynamik untersucht Wechselwirkungen von Kräften und Geometrie der Bewegung.

- a. Statik: In der Statik werden Kräftegleichgewichte an ruhenden Körpern untersucht.
- b. Kinetik: Die Kinetik untersucht die Bewegung von Körpern aufgrund von Kräften, die an diesen Körpern angreifen (--> 3 axiomatische Gesetze von Newton)

3. Was ist ein Inertialsystem?

Ein Inertialsystem ist ein Koordinatensystem, dessen Basisvektoren nicht zeitabhängig sind (ihre Zeitabhängigkeit ist identisch null!). Lediglich die Koeffizienten des Ortsvektors sind zeitabhängig. Außerdem kann sich das Inertialsystem höchstens mit konstanter Geschwindigkeit zu einem anderen Inertialsystem bewegen.

Der Unterschied zu Nichtinertialsystemen besteht darin, daß die Ableitung der Ortskoordinaten im Inertialsystem eine Geschwindigkeit und eine Beschleunigung liefert. Im Nichtinertialsystem liefert diese Ableitung der Ortskoordinaten nur einen Teil der wirklichen Geschwindigkeit und Beschleunigung; man muß deshalb die Basisvektoren mit ableiten.

4. Wieviel Freiheitsgrade hat ein Punkt im Raum?

Ein Punkt hat im Raum 3 Freiheitsgrade und zwar die Raumkoordinaten, da seine Drehung wegen der nicht vorhandenen räumlichen Ausdehnung nicht interessiert.

5. Wie kann man die Lage, die Geschwindigkeit und die Beschleunigung eines Punktes im Inertialsystem beschreiben?

Die Lage eines Punktes entspricht seinem Ortsvektor $\underline{r}(t) = [r_x(t), r_y(t), r_z(t)]$. Man nennt $\underline{r} = \{ \underline{r}(t) : t \in \mathbb{R} \}$ die Bahn oder auch die Bahnkurve des Punktes P. Dimension = Länge.

Die Geschwindigkeit ist ein Vektor, der zur Zeit t tangential an der Bahnkurve im Punkt $\underline{r}(t)$ liegt. Die Geschwindigkeit ist also die Ableitung des Ortsvektors, das heißt der Grenzwert

$$\lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{r(t + \Delta t) - r(t)}{\Delta t} = \underline{v}$$

$$\lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta r}{\Delta t} = \frac{dr}{dt} = \underline{r}'$$

Sie gibt die Richtung der Bewegung des Punktes an. Der Betrag des Vektors ist ein Maß für die tatsächliche Geschwindigkeit. $|\underline{v}| = v = s' =$ Bahngeschwindigkeit (Tachometer zeigt immer nur die Bahngeschwindigkeit an, egal welche Richtung).

Die Beschleunigung ist die zeitliche Ableitung des Geschwindigkeitsvektors $a = a(t)$.

$$\lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{v(t + \Delta t) - v(t)}{\Delta t} = \underline{a}$$

$$\lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{dv}{dt} = \underline{v}'$$

Die Beschleunigung a ist ein Vektor, der zur Zeit t die Richtung und den Betrag der zeitlichen Änderung der Geschwindigkeit angibt. Dimension = Länge / Zeit².

Die Bahngeschwindigkeit und die Bahnbeschleunigung sind konstant und ungleich null, wenn sich nicht die Länge des Geschwindigkeitsvektors, sondern nur die Richtung ändert.

6. Was kann man mit der Methode "Trennung der Veränderlichen" erreichen?

7. Was ist ein karthesisches Koordinatensystem, was ein Polarkoordinatensystem, ein Zylinderkoordinatensystem und was ein natürliches Koordinatensystem?

Das karthesische Koordinatensystem ist eine Orthonormalbasis (orthogonal, Basisvektoren haben die Länge 1). Die Basisvektoren sind zeitunabhängig. Das Koordinatensystem ist besonders für die Beschreibung gradliniger Bewegungen geeignet.

Polarkoordinaten:

- ebene Bewegung ist mit nur einer Koordinate beschreibbar
- der Basisvektor \underline{e}_r zeigt immer auf den Punkt P
- Basisvektor = Einheitsvektor, orthogonal zueinander, Ursprung unverändert $r = x(t) \underline{e}_x + y(t) \underline{e}_y = r(t) \underline{e}_r$
- Der Punkt hat in der Ebene 2 Freiheitsgrade. Die 2. Koordinateninformation ist im Winkel φ versteckt, um den sich \underline{e}_r dreht.
- Die Basisvektoren sind zeitabhängig. $\underline{r}' = d [r(t) \underline{e}_r] / dt = r'(t) \underline{e}_r + r(t) \underline{e}'_r$

- $\dot{\varphi} = \omega$ (Winkelgeschwindigkeit (Dimension 1/Zeit))

Zylinderkoordinaten

- Erweiterung der Polarkoordinaten um einen 3. Basisvektor
-

8. Für welche Bewegung eines Punktes sind sowohl die Bahngeschwindigkeit als auch die Bahnbeschleunigung konstant und ungleich null?

Es muß sich hierbei um eine kreisförmige Bewegung mit einer konstanten Bahngeschwindigkeit handeln. Die Bahnbeschleunigung a_{Bahn} wird zur Änderung der Richtung des Geschwindigkeitsvektors gebraucht. (deshalb ist dies auch eine Kreisbahn, da sonst a_{Bahn} nicht konstant wäre)

9. Wie beschreibt man die Lage, die Geschwindigkeit und die Beschleunigung eines Punktes in einem Nichtinertialsystem? Aus welchen Anteilen setzt sich die Beschleunigung dann zusammen?

Die Beschreibungen entnehmt bitte Euren Skripten, da es zu umfangreich ist, dies hier darzustellen.

Die absolute Beschleunigung setzt sich dann aus folgenden Anteilen zusammen:

- Führungsbeschleunigung: Das ist die Beschleunigung, die der Punkt P hätte, wenn er mit dem System \underline{e}' fest verbunden wäre.
- Relativbeschleunigung: Das ist die Beschleunigung des Punktes P relativ zum System \underline{e}' .
- Coriolisbeschleunigung: Diese Beschleunigung tritt nur bei der Rotation des mitbewegten Koordinatensystems \underline{e}' auf und wenn zusätzlich der Punkt P eine Relativgeschwindigkeit in \underline{e}' besitzt, die nicht parallel zum Winkelgeschwindigkeitsvektor ω ausgerichtet ist.

10. Was ist die Eulersche Geschwindigkeitsformel?

11. Wie lauten die Newtonschen Gesetze?

Das erste Newtonsche Gesetz lautet:

Ein kräftefreier Körper beharrt im Zustand der Ruhe oder der gleichförmig gradlinigen Bewegung

Die stellt eine Aussage über die Existenz von Inertialsystemen dar.

Das zweite Newtonsche Gesetz lautet

Die zeitliche Änderung der Bewegungsgröße $m \mathbf{v}$ ist gleich der wirkenden Kraft.

$$\frac{d(m \cdot v)}{dt} = F$$

Das dritte Newtonsche Gesetz beschreibt das (Reaktionsprinzip)

actio = reactio

Zu jeder Kraft gibt es eine Gegenkraft.

12. Gelten die Newtonschen Gesetze in jedem Inertialsystem?

Die Newtonschen Gesetze gelten nur im Inertialsystem. Dies ist eine Aussage über die Existenz von Koordinatensystemen in denen ein Körper ruht oder sich geradlinig, gleichförmig bewegt. Basisvektoren sind nicht zeitabhängig und können sich höchstens mit konstanter Geschwindigkeit zueinander bewegen.

13. Was sind Zwangs- und was eingeprägte Kräfte?

Zwangskräfte sind Kräfte in einem System, die bestimmte geometrische Verhältnisse festhalten, unabhängig von anderen Kräften im System. Man nennt die Zwangskräfte auch Führungs- oder Reaktionskräfte. Zwangskräfte reagieren auf die übrigen Kräfte gerade so, daß die ihnen zugehörige geometrische Bedingung eingehalten wird. Zwangskräfte sind zum Beispiel Lagerkräfte.

Eingeprägte Kräfte sind Kräfte, die, unabhängig von den übrigen Kräften im System, eine bestimmte Richtung und einen bestimmten Betrag haben. Eine eingeprägte Kraft ist zum Beispiel die Gewichtskraft.

14. Was sind Widerstandskräfte? Welche Widerstandskräfte kennen Sie?

Widerstandskräfte sind Kräfte, die der Bewegung entgegengerichtet sind und diese zu behindern suchen. Die bekanntesten drei Widerstandskräfte sind die Reibung, die viskose Dämpfung und der Luftwiderstand.

15. Was besagt das Coulombsche Gesetz?

Die Beschreibung der Reibung über die Multiplikation einer spezifischen Reibzahl (Gleitreibungs- oder Haftreibungskoeffizienten) mit der jeweiligen Normalkraft bezeichnet man als das Coulombsche Gesetz.

16. Wie überführt das Prinzip von d'Alembert die Kinetik in die Statik?

Beim Prinzip von d'Alembert wird der Massenpunkt zu einem festgehaltenen Zeitpunkt aus seiner Umgebung herausgeschnitten. An dem Massenpunkt greift eine Kraft F^* an. Nach dem zweiten Newtonschen Gesetz gilt dann $m \cdot r'' = F^*$. Hiermit ist $m \cdot r''$ praktisch eine Kraft, die der Kraft F^* die Waage hält. Dies ist der Ansatz von d'Alembert.

Der Massenpunkt hat die Trägheitskraft $m \cdot a$, die auch als d'Alembertsche Trägheitskraft bezeichnet wird. Diese Kraft greift als Reaktionskraft an dem masselosen starren Körper an. Somit ergibt sich als Kräftegleichgewicht $\sum F = 0 = F^* - F \leftarrow \rightarrow F^* - m \cdot a = 0$.

Das Ergebnis ist das statische Gleichgewicht eines masselosen starren Körpers. Die Eigenschaft Masse zu besitzen ist dem Körper durch Trägheitskraft ersetzt worden. So wird die Kinematik in die Statik übersetzt.

17. Was besagen Impuls- und Drallsatz für ein Massenpunktsystem?

Der Impulssatz ist gleich dem Integral aller äußeren Kräfte über die Zeit.

$$\frac{d(m \cdot \underline{r}')}{dt} = \sum F_i$$

oder

$$m \cdot \underline{r}' = \int \sum F_i dt + C$$

Newton nannte die Größe $m \cdot \underline{r}'$ Bewegungsgröße. Heute wird sie als Impuls bezeichnet.

Wirken keine Kräfte am Massenpunkt, dann ist der Gesamtimpuls konstant und der Impulssatz liefert gerade das erste Newtonsche Gesetz. Dies ist vorteilhaft für Kräfte, die nur in sehr kleinen Zeitintervallen existieren, dort aber extrem groß sind (z.B. beim Stoß). Die Dimension des Impulses ist (Masse * Weg) / Zeit = (kg * m) / s.

Der Drallsatz lässt sich durch Aufstellen des Momentengleichgewichtes um den Ursprung nach dem Prinzip von d'Alembert ermitteln. Man bezeichnet die Größe L mit $L = \underline{r} \times m \cdot \underline{r}'$ als Drehimpuls oder Drallvektor. Er steht wegen des Kreuzproduktes senkrecht auf dem Ortsvektor \underline{r} und auf dem Geschwindigkeitsvektor \underline{v} .

$$\frac{d(\underline{r} \times m \cdot \underline{r}')}{dt} = \underline{r} \times \sum F_i$$

oder

$$\underline{r} \times m \cdot \underline{r}' = \int \underline{r} \times \sum F_i dt + C$$

18. Was ist kinetische Energie? Was ist Arbeit?

Die kinetische Energie ist die Energie, die ein Körper aufgrund seiner Bewegung besitzt. Sie stellt sich wie folgt dar:

$$E_{\text{kin}} = \sum_i \frac{1}{2} \cdot m_i \cdot v_i^2$$

Die Dimension der kinetischen Energie ist Kraft * Weg = 1Nm = 1 Joule.

Die zeitliche Änderung der kinetischen Energie wird als Leistung P bezeichnet

$$\frac{d(1/2 m * r'^2)}{dt} = r * r'' * r' = \sum_i (F_i * r') = P$$

Die Dimension der Leistung ist (Kraft * Weg) / Zeit = 1 (N*m)/s = 1 Watt

19. Wie lautet der Arbeitssatz?

Der Arbeitssatz lautet

Die Änderung der kinetischen Energie ist gleich der Arbeit, die die Kräfte auf dem Weg von r_0 nach r_1 leisten.:

$$E_{\text{kin},1} - E_{\text{kin},0} = W_{01}$$

Man nennt W_{01} die Arbeit der Kräfte F_i . Die Einheit der Arbeit gleicht der der Energie (Joule).

20. Welche Kräfte leisten Arbeit?

Die Arbeit wird von den eingepprägten Kräften geleistet.

$$W_{01} = \sum_i \int_{r_0}^{r_1} (F_i^{(e)} * dr)$$

21. Die Arbeit welcher Kräfte ist wegunabhängig?

$$(F^{(z)} * dr \equiv 0$$

Die Arbeit der Zwangskräfte ist wegunabhängig.)

Die Arbeit der Potentialkräfte ist wegunabhängig. Es kommt jeweils nur auf den Start- und den Endpunkt an.

22. Gilt der Arbeitssatz für jedes mechanische System? Wenn ja, warum verwendet man den Arbeitssatz nicht immer zum Aufstellen der Bewegungsgleichungen?

Der Arbeitssatz gilt für jedes mechanische System. Man kann ihn allerdings nicht immer verwenden, da er nur eine skalare Gleichung für eine Unbekannte hat.

23. Was ist potentielle Energie?

Kräfte für die eine zeitunabhängige Potentialfunktion existiert, werden konservativ genannt. Es sind Potentialkräfte (also zeitunabhängig und konservativ). Die Potentialfunktion selbst nennt man potentielle Energie. Man bezeichnet sie auch als die Lageenergie eines Systemes (kann eine Höhe h oder eine elastische Verformung Δx sein).

24. Welche Kräfte haben ein Potential?

Konservative Kräfte haben ein Potential.

konservative (eingeprägte) Kraft	Potential
Gewichtskraft : $-m \cdot g$	$E_{\text{pot}} = m \cdot g \cdot z$
Federkraft: $-c \cdot \Delta l$	$E_{\text{pot}} = 1/2 \cdot c \cdot (\Delta l)^2$

25. Was sind dissipative und was konservative Kräfte?

Kräfte, für die eine zeitunabhängige Potentialfunktion existiert werden konservative Kräfte genannt (allgemein Potentialkräfte). Die Potentialkräfte sind wegunabhängig (es interessiert jeweils nur der Anfangs- und der Endpunkt).

Dissipative Kräfte zerstreuen Energie (z.B. durch Abstrahlung von Wärme). Je länger der weg ist, desto mehr Energie wird zerstreut. Sie besitzen kein Potential. Beispiel für dissipative Kräfte sind die Widerstandskräfte.

26. Was besagt der Schwerpunktsatz?

Mit dem Vektor \underline{r}_S zum Schwerpunkt des Massenpunktsystemes

$$(\sum m_i) \cdot \underline{r}_S = m \cdot \underline{r}_S = \sum \underline{r}_i \cdot m_i$$

führt die Summe der Bewegungsgleichung zum Schwerpunktsatz für Massenpunktsysteme:

$$m \cdot \underline{r}_S'' = \sum_i F_i$$

Der Schwerpunktsatz besagt, dass der Schwerpunkt eines Massenpunktsystemes sich so bewegt, als ob alle sich Masse des Systemes im Schwerpunkt befindet und alle äußeren Kräfte am Schwerpunkt angreifen. Es gibt keine inneren Kräfte, die die Schwerpunktbahn des Gesamtsystems beeinflussen können (Beispiel Feuerwerk).

27. Welche Kräfte beeinflussen die Bahn des Schwerpunktes?

Alle äußeren Kräfte beeinflussen die Bahn des Schwerpunktes. Die inneren Kräfte können dessen Bahn nicht beeinflussen, da sie immer paarweise auftreten (actio = reactio) und entgegengesetzt gerichtet sind und sich somit zu Null addieren.

28. Wieviel Freiheitsgrade hat ein starrer Körper in der Ebene und im Raum?

Ein System mit n -Massen und r -Bindungen besitzt:

- $f = n - r$, wenn jede Masse sich auf einer Linie bewegt
- $f = 2*n - r$, wenn jede Masse sich in der Ebene bewegt
- $f = 3*n - r$, wenn jede Masse sich im Raum bewegt

Freiheitsgrade.

- $f > 0 \rightarrow$ Kinetik
 $f = 0 \rightarrow$ Statik
 $f < 0 \rightarrow$ statisch
unbestimmt

Ein starrer Körper hat im Raum sechs Freiheitsgrade (3 translatorische + 3 rotatorische Bewegungsmöglichkeiten) und in der Ebene drei Freiheitsgrade (2 translatorische + 1 rotatorische Bewegungsmöglichkeiten).

29. Was ist ein Momentanpol?

Die ebene Bewegung eines starren Körpers in der Ebene ist immer als eine Drehung um einen Punkt darstellbar. Diesen Punkt nennt man den Momentanpol, um den eine rotatorische Bewegung stattfindet. Handelt es sich um eine translatorische Bewegung, so liegt der Momentanpol im Unendlichen. Beim reinen Rollen liegt der Momentanpol genau im Haftpunkt der Rolle mit dem Untergrund.

30. Wie lautet die Rollbewegung in der Ebene?

$$v_s = x' = r * \omega = r * \varphi'$$

Integration:

$$x = r * \varphi = \text{ebene Rollbedingung.}$$

Liegt der Momentanpol nicht im Berührungspunkt, so rollt die Scheibe nicht auf der Unterlage, sondern dreht sich und gleitet gleichzeitig. Die Scheibe hat dann, im Gegensatz zum reinen Rollen, zwei Freiheitsgrade. (Beispiel S. 181 Skript II).

Beim reinen Rollen ist der Momentanpol der Berührungspunkt der Scheibe mit der Unterlage. Sie hat damit keine Relativgeschwindigkeit zur Unterlage, sondern haftet im Berührungspunkt auf der Unterlage.

31. Wie lauten Impuls- und Drallsatz für einen starren Körper?

Impulssatz:

Man betrachtet das Kraftgleichgewicht eines kleinen Teilchens Δm aus dem starren Körper. Bei der Integration über alle Teilchen fallen die inneren Kräfte weg. Es verbleibt

$$\sum \underline{r}_p'' * \Delta m = \sum \underline{F}_i \text{ (Summe der äußeren Kräfte) } = \underline{F}$$

Wählt man nun die Masseteilchen differentiell klein, so ergibt sich:

$$\int \frac{r''}{dm} = E$$

setzt man r'' ein, so ergibt sich:

$$\int (r_A'' + \omega' \times r_{AP} + \omega \times (\omega \times r_{AP})) dm = F$$

Wählt man A als Schwerpunkt, so erhält man als Impulssatz:

Mit dem Gesamtimpuls $\underline{P} = m \cdot \underline{r}_S'$ erhält man den Impulssatz für einen starren Körper $\underline{P}' = \underline{E}$ ($r_S =$ Schwerpunktvektor).

Drallsatz:

Das Prinzip von d'Alembert liefert zusätzlich zu dem beim Impulssatz verwendeten Kräftegleichgewicht noch ein Momentengleichgewicht. Teilt man den Körper wieder in Δm kleine Massenelement auf und summiert, wie bei den Massenpunktsystemen, über alle Einzeldrehimpulse, so erhält man:

$$\sum (r_p \times r_p'') \Delta m = \sum (r_p \times E) = \underline{M}^{(0)}$$

geht man zu differentiell kleinen Massenelementen dm über, gelangt man zu:

$$\underline{L}^{(0)} = \int (r_p \times r_p'') dm = \underline{M}^{(0)}$$

Hierbei ist:

- $L(0)$ ist der Drehimpuls des starren Körpers bezüglich des Ursprungs 0 des Inertialsystemes.
- $M(0)$ ist die Summe aller äußeren Momente am starren Körper bezüglich Punkt 0

Der Drallsatz lautet:

$$\frac{d}{dt} \underline{L}^{(x)} = \underline{M}^{(x)}$$

a) Ursprung des Inertialsystemes

$$\underline{L}^{(0)} = \int_m (\underline{r} \times \underline{r}') \, dm$$

b) Schwerpunkt des starren Körpers mit ($\underline{r}' = \underline{r} \times \underline{\omega}$)

$$\underline{L}^{(0)} = \int_m (\underline{r} \times (\underline{\omega} \times \underline{r})) \, dm$$

c) raumfester Fixpunkt, um den der Körper rotiert (mit $\underline{r}' = \underline{r} \times \underline{\omega}$)

$$\underline{L}^{(A)} = \int_m (\underline{r} \times (\underline{\omega} \times \underline{r})) \, dm$$

32. Was sind Massenträgheitsmomente, was sind Deviationsmomente?

33. Was ist ein Hauptachsenssystem?

Ein Hauptachsensystem ist ein körperfestes Koordinatensystem, bei dem der Körper symmetrisch bezüglich der gewählten Achsen ist. Das Deviationsmoment ist hierbei gleich null und die Trägheitsmomente werden als Hauptträgheitsmomente bezeichnet. Die Achsen des körperlichen Systemes werden als Hauptträgheitsachsen und alles zusammen als Hauptachsensystem bezeichnet.

34. In welchem Koordinatensystem hat der Drallsatz für einen starren Körper im Raum eine besonders einfache Darstellung?

Dies gilt für das körperliche System, da hier die Beschreibung des Ortsvektors \underline{r} einfacher ist.

35. Was sind die Eulerschen Kreisgleichungen?

36. Was sind Scheinkräfte? Welche kennen Sie und wann treten sie auf? Nennen Sie Beispiele!

Scheinkräfte sind Kräfte, die ein Beobachter im mitbewegten Koordinatensystem registriert. Diese Scheinkräfte müssen bei der Bewegungsgleichung in einem mitbewegten Koordinatensystem als weitere äußere Kräfte berücksichtigt werden. Ein Beobachter im e' kann nur die Relativbeschleunigung messen und ordnet dem Massepunkt die Trägheitskraft $m \cdot \underline{a}_R$ zu.

$$\rightarrow m \cdot \underline{a}_R = \underline{F} - m \cdot \underline{a}_F - m \cdot \underline{a}_C$$

$$\rightarrow m \cdot a_R = F + F_F + F_C$$

$$r_P'' = a_F + a_R + a_C$$

Im Inertialsystem treten diese Kräfte nicht auf. Auf der rechten Seite stehen neben der Kraft F , die auch ein Beobachter im Inertialsystem messen würde, weitere Kräfte, die nur ein Beobachter im mitbewegten Koordinatensystem registriert.

Führungskraft:

$$F_F = -m \cdot a_F = -m(r_{00}'' + \omega' x r_m + \omega \times (\omega \times r_m))$$

Corioliskraft:

$$F_C = -m \cdot a_C = -2m(\omega \times r_m')$$

Für sie gilt nicht das Prinzip actio = reactio.

37. Welches Newtonsche Gesetz wird in einem Nichtinertialsystem verletzt?

In einem Nichtinertialsystem wird das dritte Newtonsche Gesetz (actio = reactio) verletzt, da Scheinkräfte auftreten, die keine Gegenkräfte haben.

Grundaussage:

Jedes Basissystem, das sich mit konstanter Bewegung ($r_{00}'' \equiv 0$) ohne zeitabhängige Drehung ($D' \equiv 0$) bezüglich des Inertialsystemes bewegt, ist auch ein Inertialsystem. In ihm gelten die Newtonschen Gesetze in exakt derselben Form, wie in jedem anderen Inertialsystem auch.

$$D' \equiv 0 \rightarrow \text{Corioliskraft} = 0$$

$$r_{00}'' \equiv 0 \rightarrow \text{Führungskraft} = 0.$$

38. Zwei Zylinder gleicher Masse rollen eine Ebene hinab. Der eine ist ein Vollzylinder, der andere ein Hohlzylinder. Welcher erreicht das Ende der Ebene zuerst?

Zurück zur [Homepage](#)