



Vorbereitung für
Olympische Spiele
auf dem Mars oder Mond

Martin Sust
Karl-Franzens-Universität
Graz



Interessierende Fragen auf der Erde:

Interessierende Fragen auf der Erde:

**1. Welche Abmessungen müssen
Sportanlagen haben?**

Interessierende Fragen auf der Erde:

1. Welche Abmessungen müssen Sportanlagen haben?
2. Welche Vorbereitungen auf den Wettkampf sind notwendig?

Interessierende Fragen auf der Erde:

1. Welche Abmessungen müssen Sportanlagen haben?
2. Welche Vorbereitungen auf den Wettkampf sind notwendig?
3. **Wer wird einen Wettkampf gewinnen?**

Interessierende Fragen auf der Erde:

- 1. Welche Abmessungen müssen Sportanlagen haben?**
- 2. Welche Vorbereitungen auf den Wettkampf sind notwendig?**
- 3. Wer wird einen Wettkampf gewinnen?**

Interessierende Fragen außerhalb der Erde:

- 1. Welche Abmessungen müssen Sportanlagen haben?**
- 2. Welche Vorbereitungen auf den Wettkampf sind notwendig?**
- 3. Wer wird einen Wettkampf gewinnen?**

Interessierende Fragen außerhalb der Erde:

- 1. Wie müssen die Wettkampfanlagen geändert werden?**
- 2. Muss in der Vorbereitungen auf die Wettkämpfe anders trainiert werden?**
- 3. Ändern sich die Platzierungen als Folge der veränderten Gravitation?**

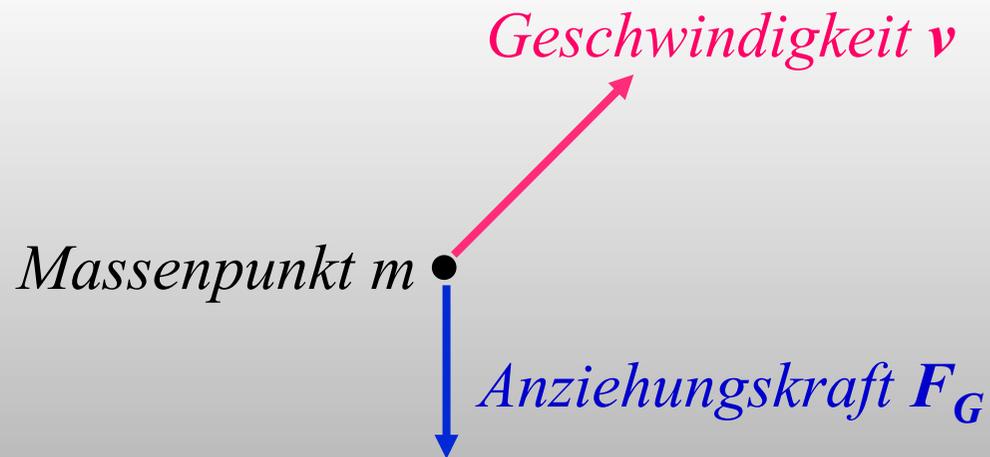
Interessierende Fragen für „Kugelstoß“ außerhalb der Erde:

- 1. Wie muss die Wettkampfanlage geändert werden?**
- 2. Muss in der Vorbereitungen auf die Wettkämpfe anders trainiert werden?**
- 3. Ändern sich die Platzierungen als Folge der veränderten Gravitation?**

Interessierende Fragen für „Kugelstoß“ außerhalb der Erde:

- 1. Wie ändern sich die sportlichen Leistungen als direkte Folge der veränderten Gravitation?**
- 2. Muss in der Vorbereitungen auf die Wettkämpfe anders trainiert werden?**
- 3. Ändern sich die Platzierungen als Folge der veränderten Gravitation?**

Kugelstoß: Modell



Planetenoberfläche

Klassische Mechanik



1642

ISAAC NEWTON

1727

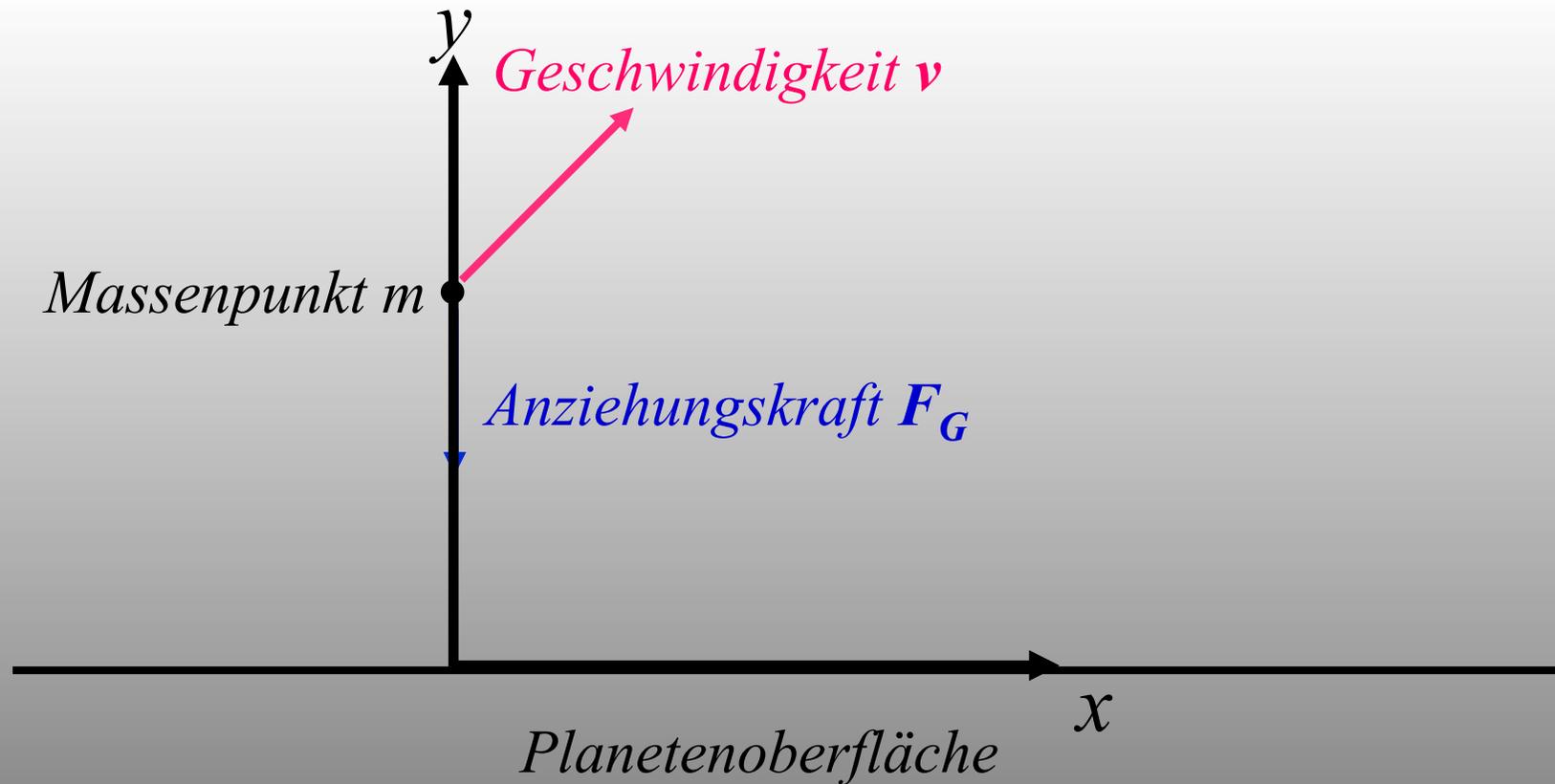
NEWTON (1687):

Kraft **F** ist die
zeitliche Änderung des Impulses **I**

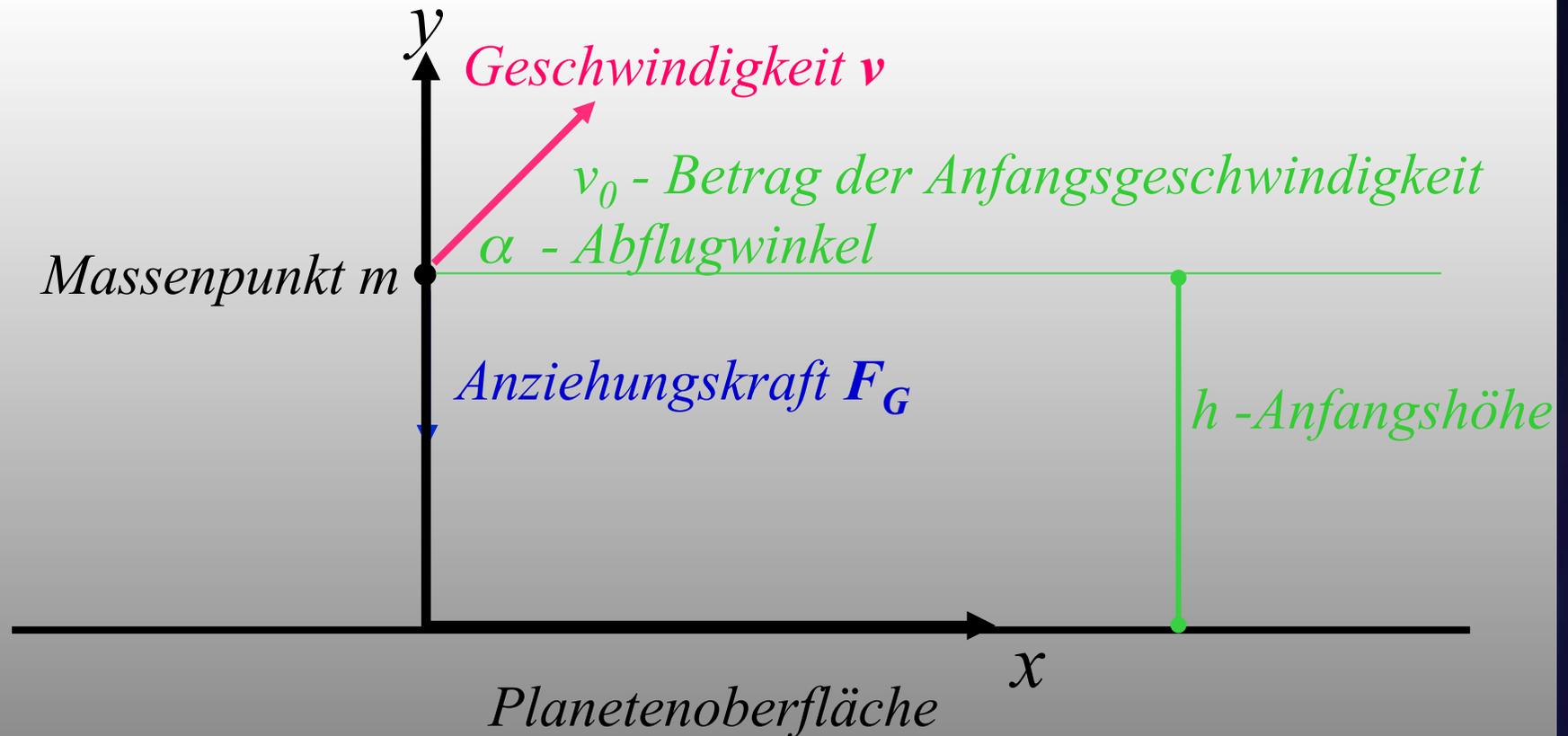
$$\mathbf{F} = d(\mathbf{I})$$

$$\mathbf{F} = \frac{d\mathbf{I}}{dt} \quad \text{mit} \quad \mathbf{I} = m \cdot \mathbf{v}$$

Kugelstoß: Modell



Kugelstoß: Anfangsbedingungen



NEWTON'sche Gleichungen im betrachteten Spezialfall

in x-Richtung:

$$\frac{dv_x}{dt} = 0$$

in y-Richtung:

$$\frac{dv_y}{dt} = -g$$

Lösungen der NEWTON'schen Gleichungen

in x-Richtung:

$$x(t) = v_0 \cdot \cos \alpha \cdot t$$

in y-Richtung:

$$y(t) = -\frac{g}{2} t^2 + v_0 \cdot \sin \alpha \cdot t + h$$

Weite beim Kugelstoß

$$W = \frac{v_0^2 \cdot \cos \alpha}{g} * \left\{ \sin \alpha + \sqrt{\sin^2 \alpha + \frac{2 * g * h}{v_0^2}} \right\}$$

und damit für $h=0$ m und $\alpha = 45$ Grad

$$W = \frac{v_0^2}{g}$$

Interessierende Fragen für „Kugelstoß“ außerhalb der Erde:

1. Wie ändern sich die sportlichen Leistungen als direkte Folge der veränderten Gravitation?

Die Änderung der Flugweite als Folge der veränderten Gravitation kann abgeschätzt werden mit der Formel

$$W = \frac{v_0^2}{g}$$

Interessierende Fragen für „Kugelstoß“ außerhalb der Erde:

1. Wie ändern sich die sportlichen Leistungen als direkte Folge der veränderten Gravitation?

Die Änderung der Flugweite als Folge der veränderten Gravitation kann abgeschätzt werden mit der Formel

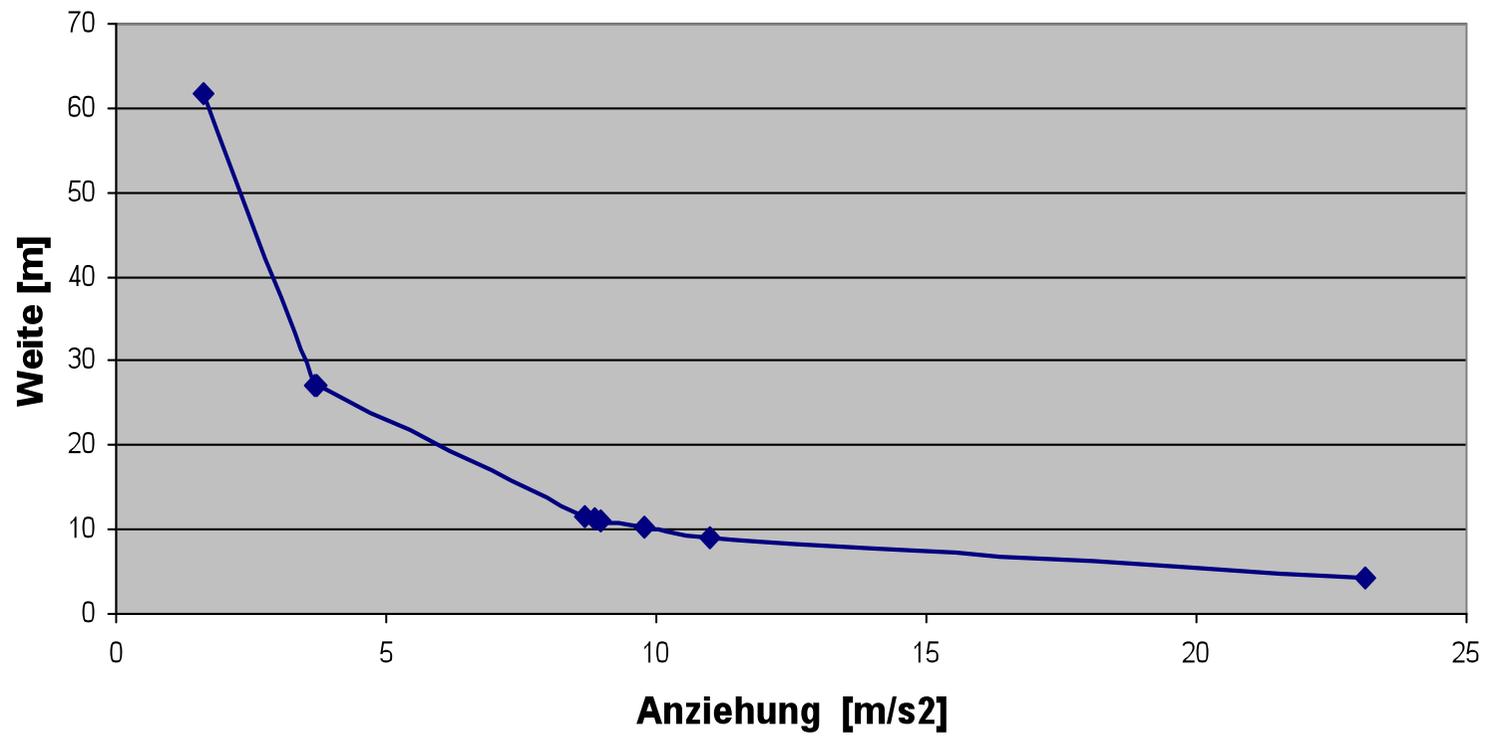
$$W = \frac{v_0^2}{g}$$

Für eine Überschlagsrechnung sei v_0 gleich 10 m/s .

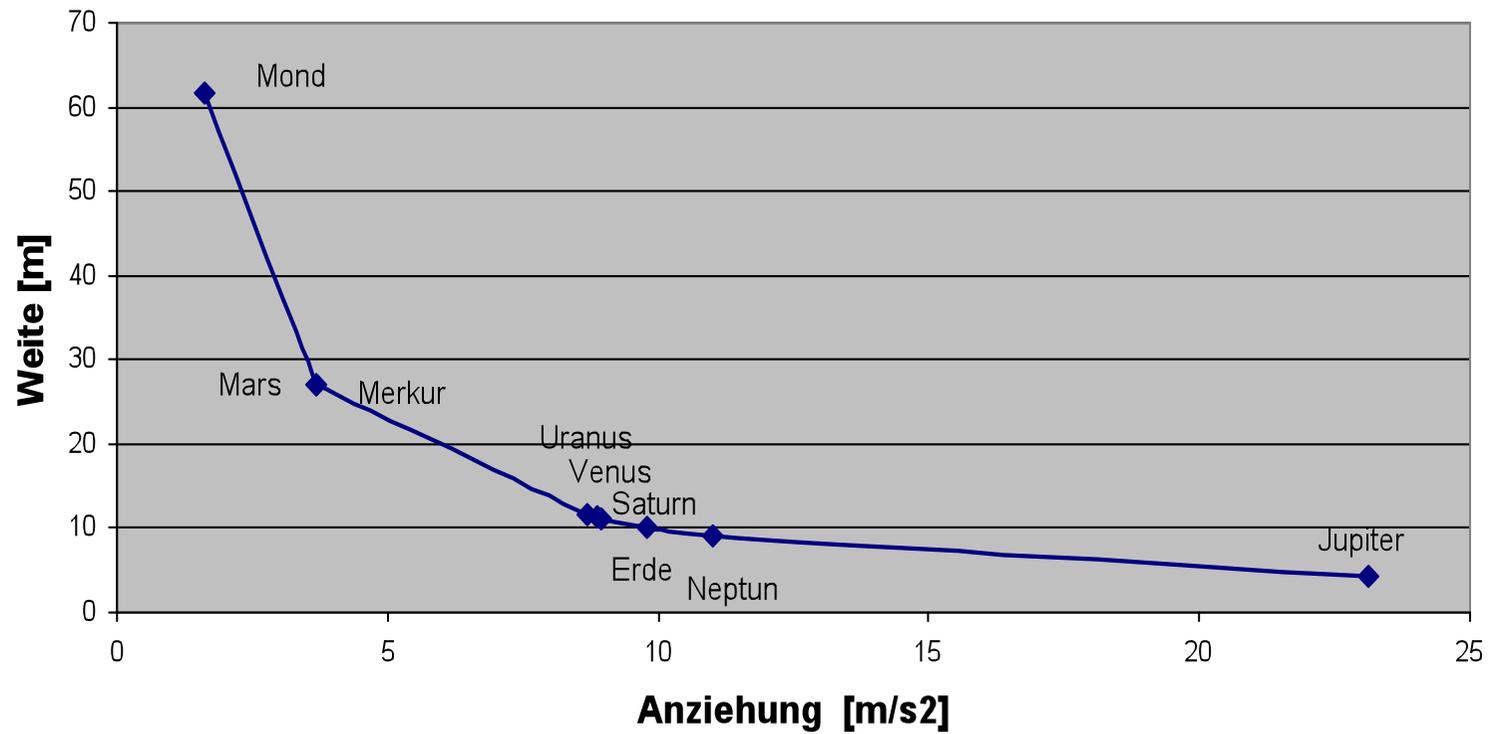
ORT	g [ms⁻²]	Weite [m]			
Merkur	3,70	27,0			
Venus	8,87	11,3			
Erde	9,78	10,2			
Mond	1,62	61,7			
Mars	3,69	27,1			

ORT	g [ms ⁻²]	Weite [m]	ORT	g [ms ⁻²]	Weite [m]
			Jupiter	23,12	4,3
			Saturn	8,96	11,2
Erde	9,78	10,2	Uranus	8,69	11,5
			Neptun	11,00	9,1
			Pluto	0,58	172

Weite in Abhängigkeit von der Anziehung



Weite in Abhängigkeit von der Anziehung



Interessierende Fragen für Kugelstoß außerhalb der Erde:

- 1. Wie ändern sich die sportlichen Leistungen als Folge der veränderten Gravitation?**
- 2. Muss in der Vorbereitungen auf die Wettkämpfe anders trainiert werden?**
- 3. Ändern sich die Platzierungen als Folge der veränderten Gravitation?**

Interessierende Fragen für Kugelstoß außerhalb der Erde:

1. Wie ändern sich die sportlichen Leistungen als Folge der veränderten Gravitation?
- 2. Muss in der Vorbereitungen auf die Wettkämpfe anders trainiert werden?**
3. Ändern sich die Platzierungen als Folge der veränderten Gravitation?

Wertigkeit der leistungsbestimmenden Faktoren:

Wertigkeit der leistungsbestimmenden Faktoren:

$$W = \frac{v_0^2 * \cos \alpha}{g} * \left\{ \sin \alpha + \sqrt{\sin^2 \alpha + \frac{2 * g * h}{v_0^2}} \right\}$$

Wertigkeit der leistungsbestimmenden Faktoren:

$$W = \frac{v_0^2 * \cos \alpha}{g} * \left\{ \sin \alpha + \sqrt{\sin^2 \alpha + \frac{2 * g * h}{v_0^2}} \right\}$$

1. Abfluggeschwindigkeit

Wertigkeit der leistungsbestimmenden Faktoren:

$$W = \frac{v_0^2 * \cos \alpha}{g} * \left\{ \sin \alpha + \sqrt{\sin^2 \alpha + \frac{2 * g * h}{v_0^2}} \right\}$$

1. Abfluggeschwindigkeit
2. Abflughöhe

Wertigkeit der leistungsbestimmenden Faktoren:

$$W = \frac{v_0^2 * \cos \alpha}{g} * \left\{ \sin \alpha + \sqrt{\sin^2 \alpha + \frac{2 * g * h}{v_0^2}} \right\}$$

1. Abfluggeschwindigkeit
2. Abflughöhe
3. Abflugwinkel

Hinweise für den Trainer:

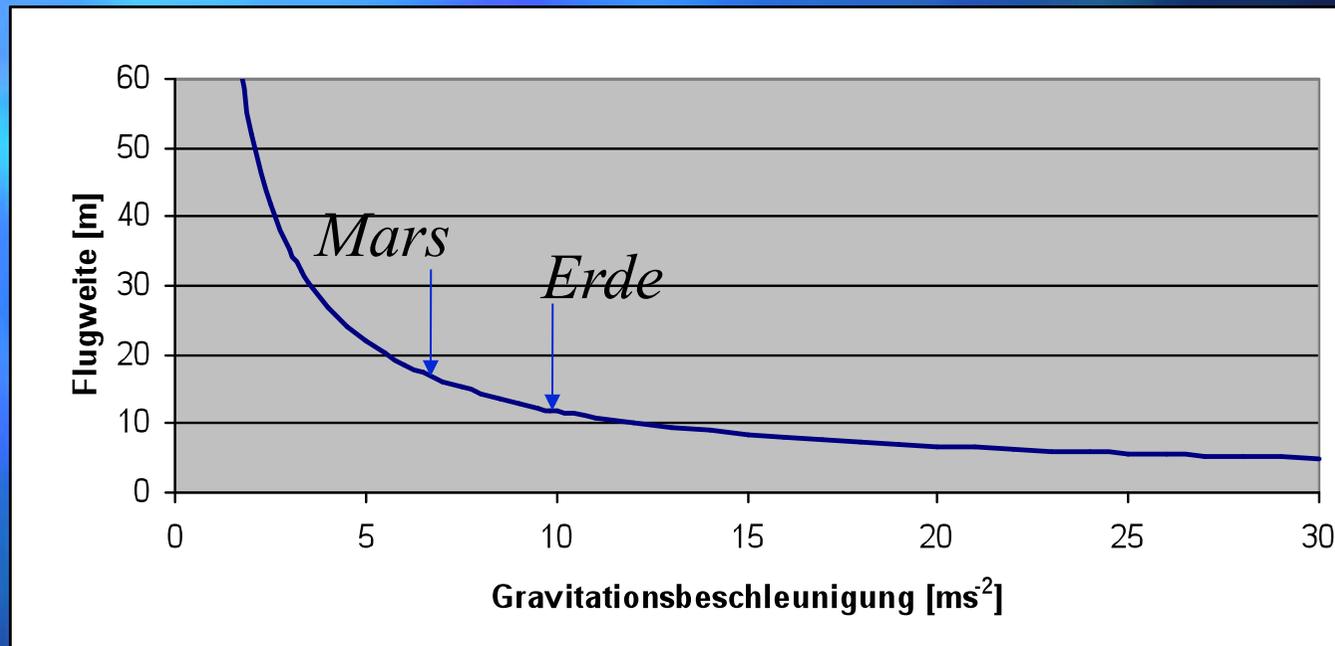
- 1. Die Wertigkeit der leistungsbestimmenden Faktoren bleibt auf dem Mars erhalten.**

Wertigkeit der leistungsbestimmenden Faktoren:

$$W = \frac{v_0^2 * \cos \alpha}{g} * \left\{ \sin \alpha + \sqrt{\sin^2 \alpha + \frac{2 * g * h}{v_0^2}} \right\}$$

1. Abfluggeschwindigkeit
2. Abflughöhe
3. Abflugwinkel

Flugweiten in Abhängigkeit von der Gravitation:



**Flugweite bei einem Anfangswinkel 45 Grad,
einer Abfluggeschwindigkeit von 10 m/s
und der Abflughöhe von 2 m.**

Hinweise für den Trainer:

1. Die Wertigkeit der leistungsbestimmenden Faktoren bleibt auf dem Mars erhalten.
2. Die Flugweiten sind auf dem Mars größer als auf der Erde, aber ...

Wertigkeit der leistungsbestimmenden Faktoren:

$$W = \frac{v_0^2 * \cos \alpha}{g} * \left\{ \sin \alpha + \sqrt{\sin^2 \alpha + \frac{2 * g * h}{v_0^2}} \right\}$$

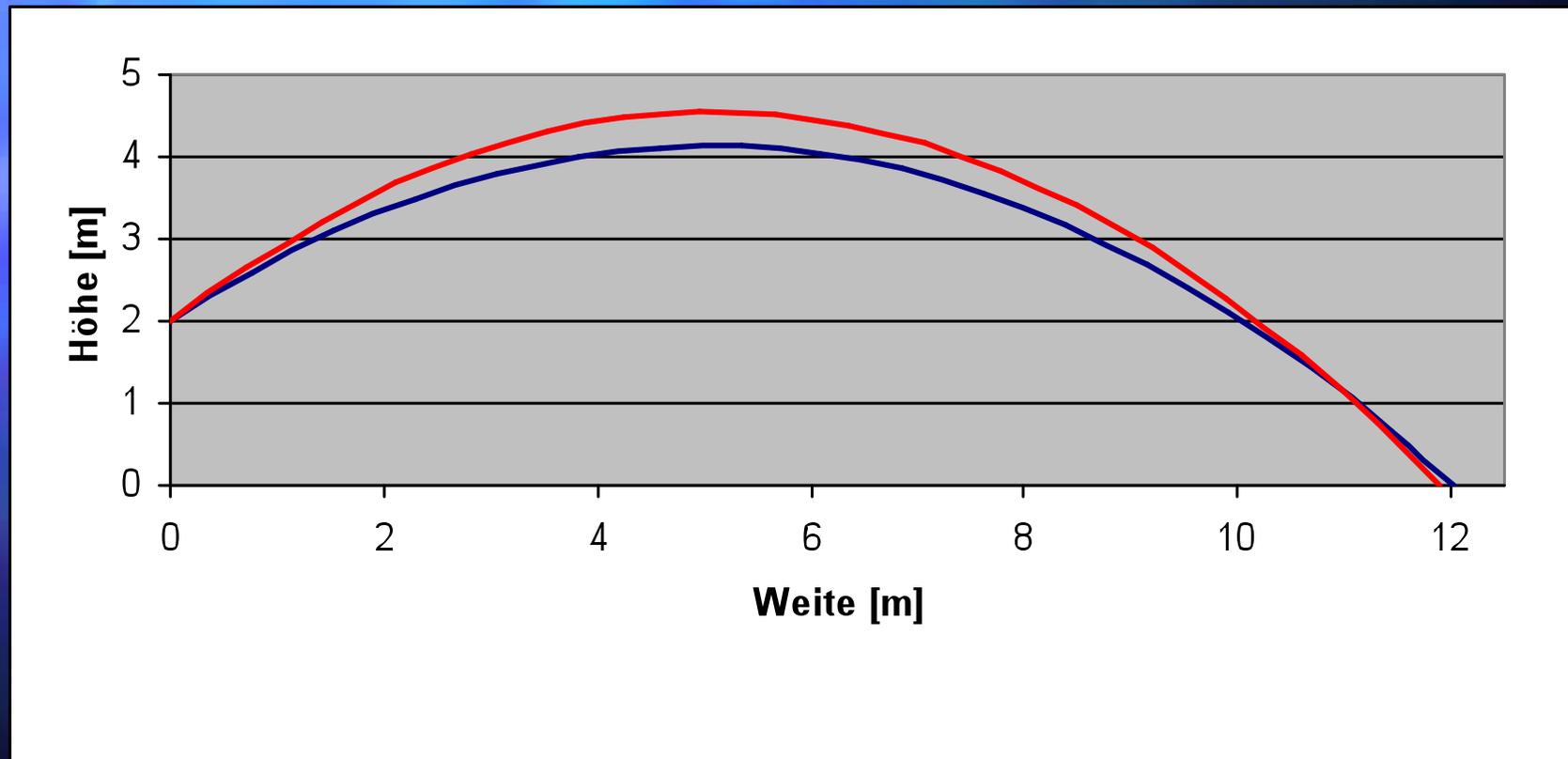
1. Abfluggeschwindigkeit
2. Abflughöhe
3. Abflugwinkel

Hinweise für den Trainer:

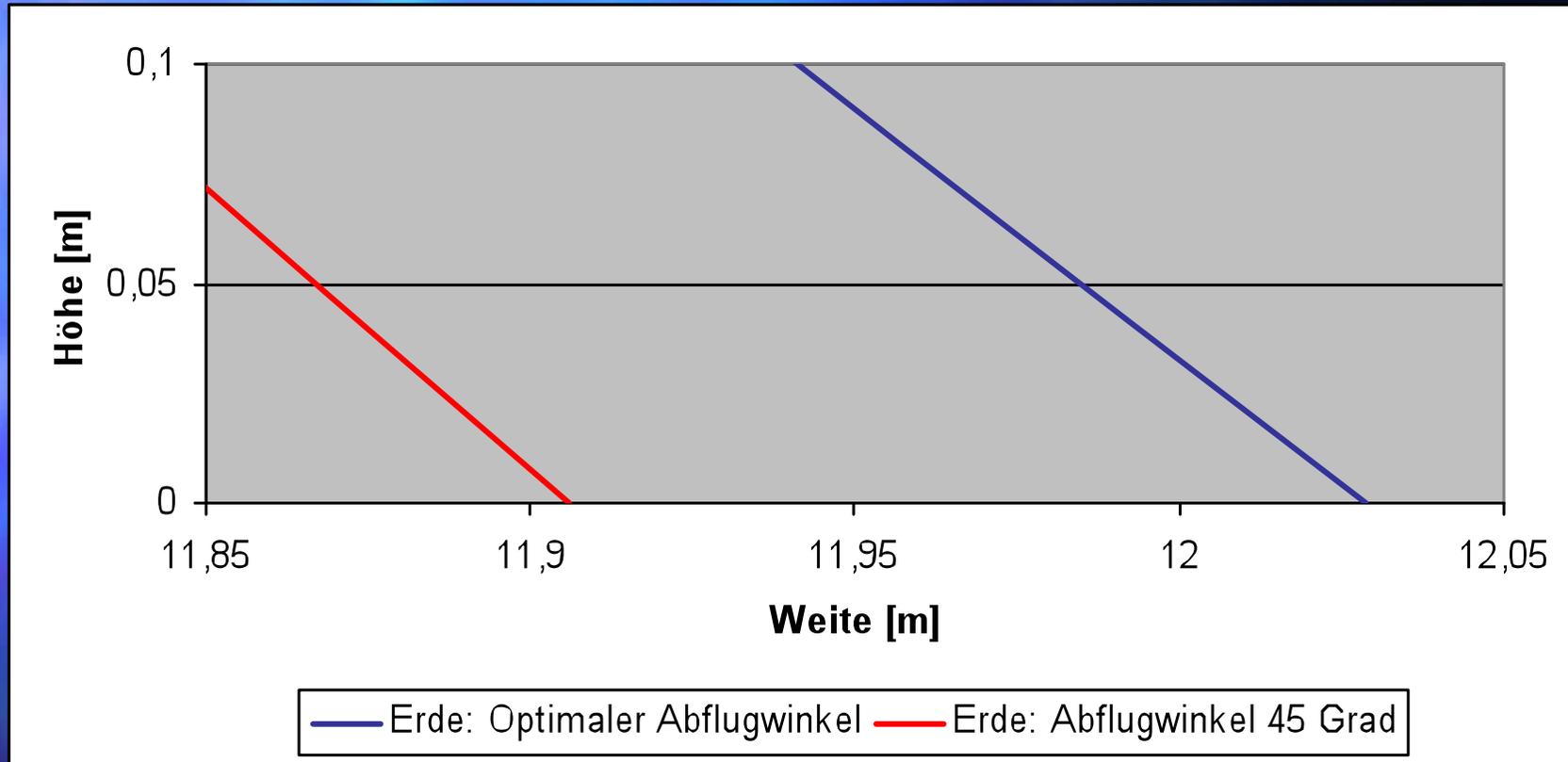
1. Die Wertigkeit der leistungsbestimmenden Faktoren bleibt auf dem Mars erhalten.
2. Die Flugweiten sind auf dem Mars größer als auf der Erde, aber ...
3. Die Unterschiede sind personenspezifisch.

Bahnkurven beim Kugelstoß auf der Erde

Anfangsbedingungen: Geschwindigkeit 10 m/s und Höhe 2 m
Winkel 40,28 Grad und 45 Grad



Bahnkurven beim Kugelstoß



Flugweite bei einem Anfangswinkel 40,28 Grad: 12,03 m
und bei einem Anfangswinkel 45 Grad: 11,91 m

Unterschied: 0,12 m

Optimaler Winkel und maximale Weite

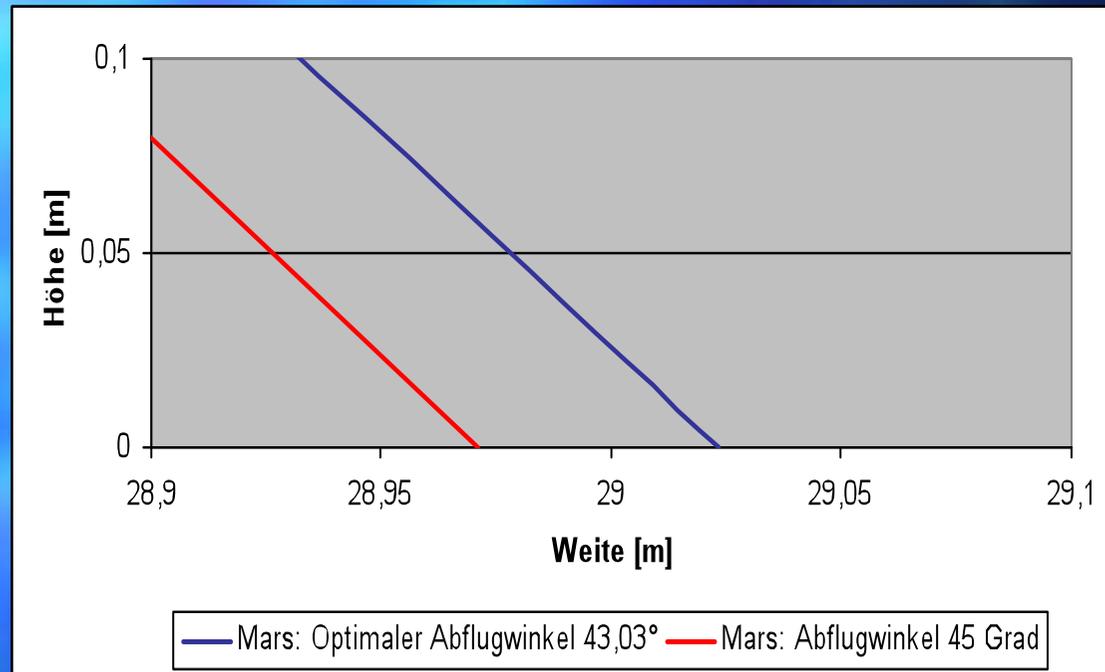
Optimaler Winkel:

$$\cos 2\alpha_{\text{opt}} = \frac{g \cdot h}{v_0^2 + g \cdot h}$$

Maximale Weite:

$$W_{\text{max}} = \frac{v_0^2}{g} \cdot \sqrt{\left(1 + \frac{2 \cdot g \cdot h}{v_0^2}\right)}$$

Bahnkurven beim Kugelstoß



**Mars: Flugweite bei einem Anfangswinkel 43,03 Grad: 29,03 m
und bei einem Anfangswinkel 45 Grad: 28,97 m.**

Unterschied: 0,06 m

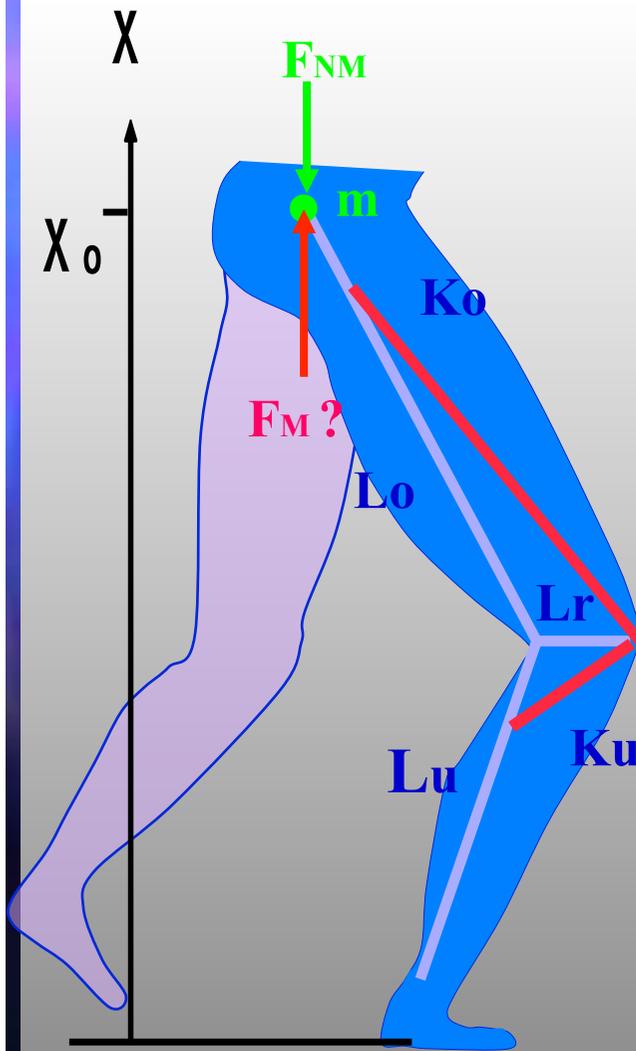
Hinweise für den Trainer:

1. Die Wertigkeit der leistungsbestimmenden Faktoren bleibt auf dem Mars erhalten.
2. Die Flugweiten sind auf dem Mars größer als auf der Erde, aber ...
3. Die Unterschiede sind personenspezifisch.
4. Die Einhaltung des optimalen Winkels ist auf dem Mars nicht so wichtig wie auf der Erde.

Bisher haben wir angenommen, dass die Abfluggeschwindigkeiten überall denen auf der Erde entsprechen.

ABER . . .

Streckermodell



m

Masse

F_{NM}

Kräfte, die nicht vom betrachteten Muskel erzeugt werden

t_0, X_0, V_0

Anfangsbedingungen

L_r, L_o, L_u

Knochenlängen

K_o, K_u

Ansatz und Ursprung des Muskels

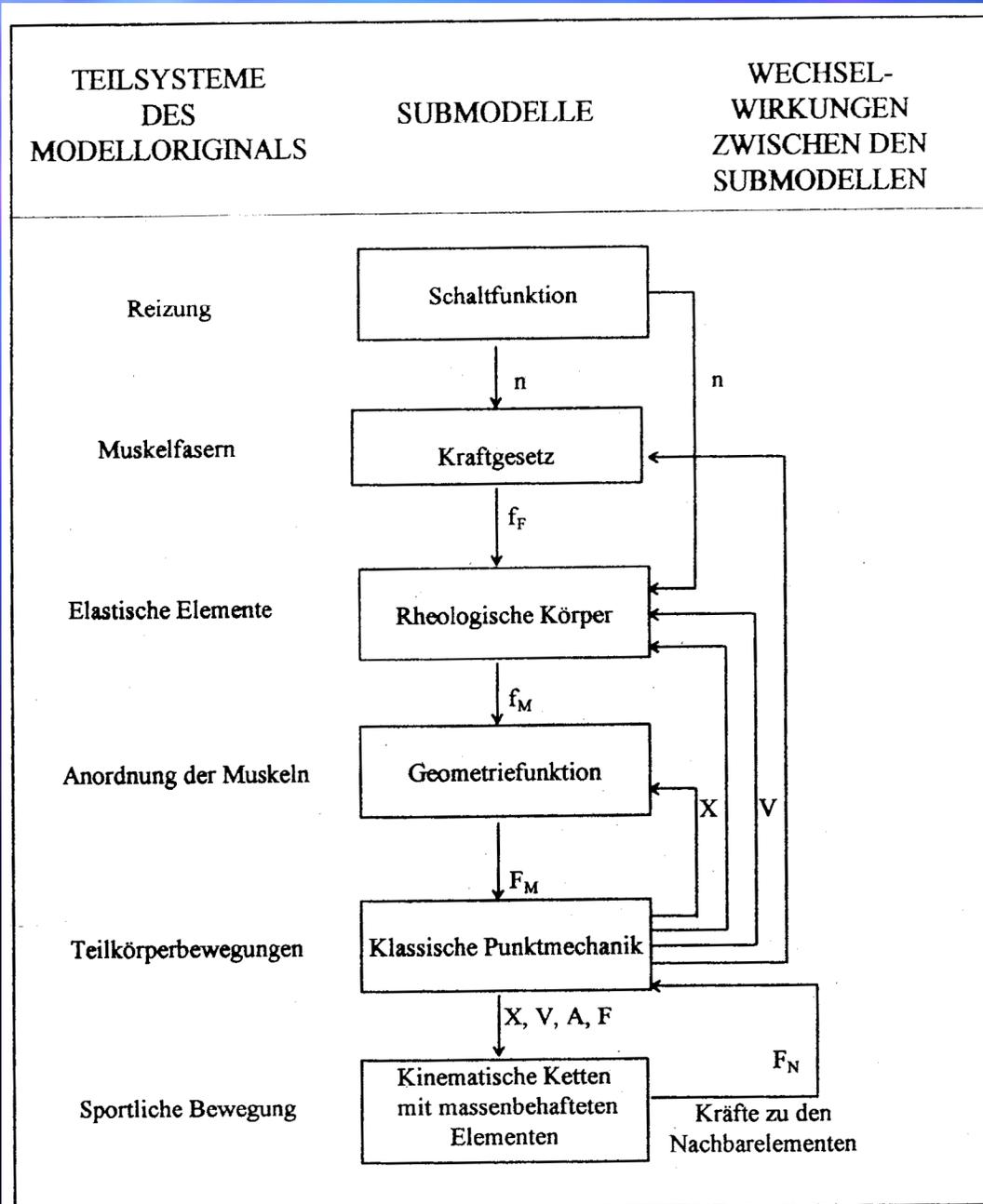
a, b, c

Hill'sche Konstanten ($f_{max}, p_{max}, v_{max}$)

S

Einschaltparameter

Gesamtmodell



- Submodelle werden durch „Eigenschaften“ des Menschen beschrieben.
- Damit werden **individuelle** Eigenschaften mit dem Ablauf der Bewegungen verbunden.
- Die **Bedingungen** unter denen eine Bewegung abläuft, bestimmen gemeinsam mit den **Eigenschaften** des Menschen den **Ablauf** der Bewegung.
- Eine der zu betrachtenden Bedingungen ist das **Schwerefeld**.

$$m \frac{d^2 X}{dt^2} = -m \cdot g \cdot \sin \alpha + G(X) \cdot \left(\frac{c}{G(X) \frac{dX}{dt} + b} - a \right) \cdot S(t)$$

Gewicht

Geometrie

Kraftgesetz:

$$f = \frac{c}{v + b} - a$$

Aktivierung

Gravitation

$$m \frac{d^2 X}{dt^2} = -m \cdot g \cdot \sin \alpha + G(X) \cdot \left(\frac{c}{G(X) \frac{dX}{dt} + b} - a \right) \cdot S(t)$$

Masse

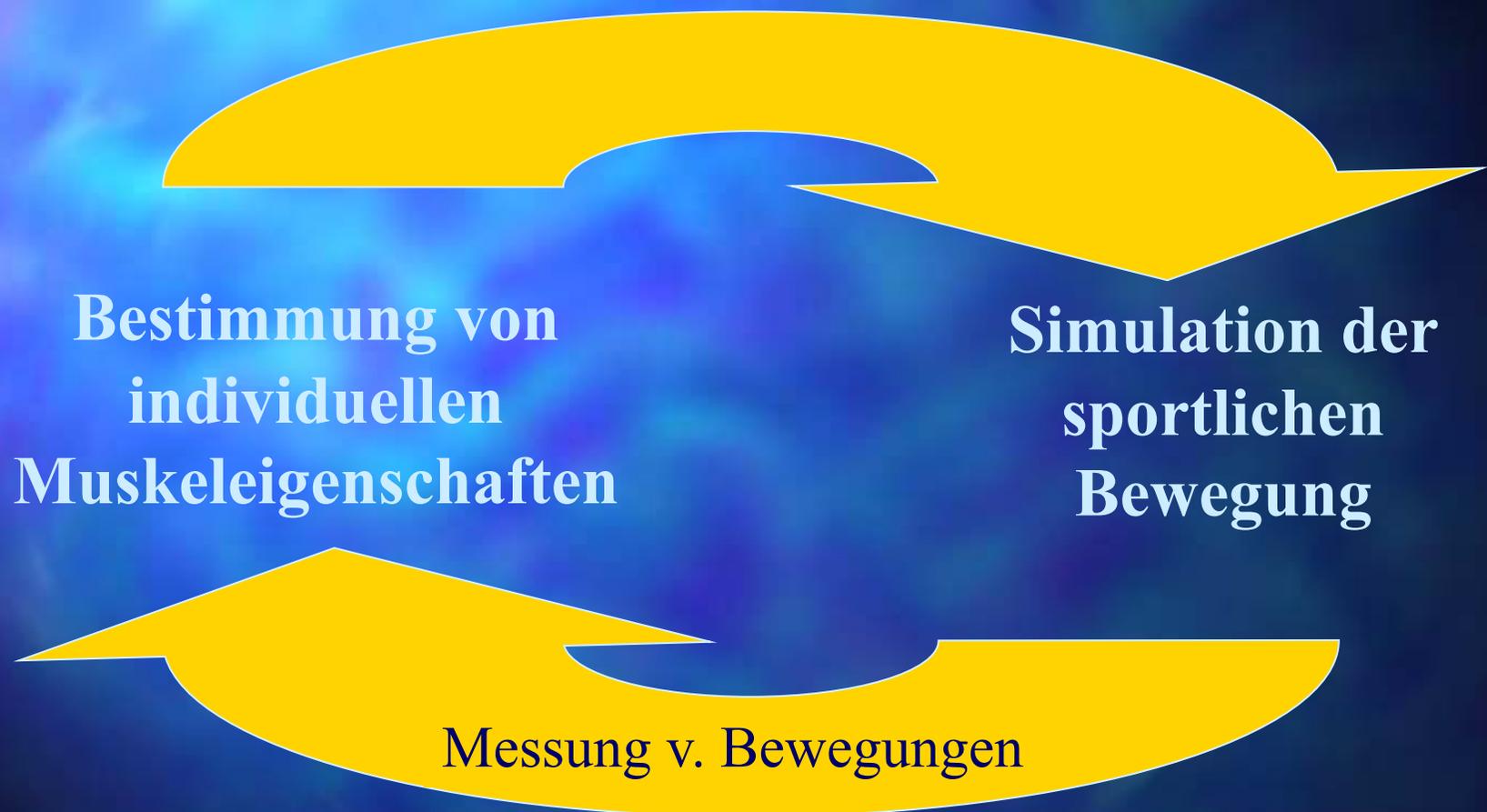
Geometrie

Kraftgesetz:

$$f = \frac{c}{v + b} - a$$

Aktivierung

Möglichkeiten



**Bestimmung von
individuellen
Muskeleigenschaften**

**Simulation der
sportlichen
Bewegung**

Messung v. Bewegungen

**Bestimmung von
individuellen
Muskeleigenschaften**

**Simulation der
sportlichen
Bewegung**

Messung v. Bewegungen

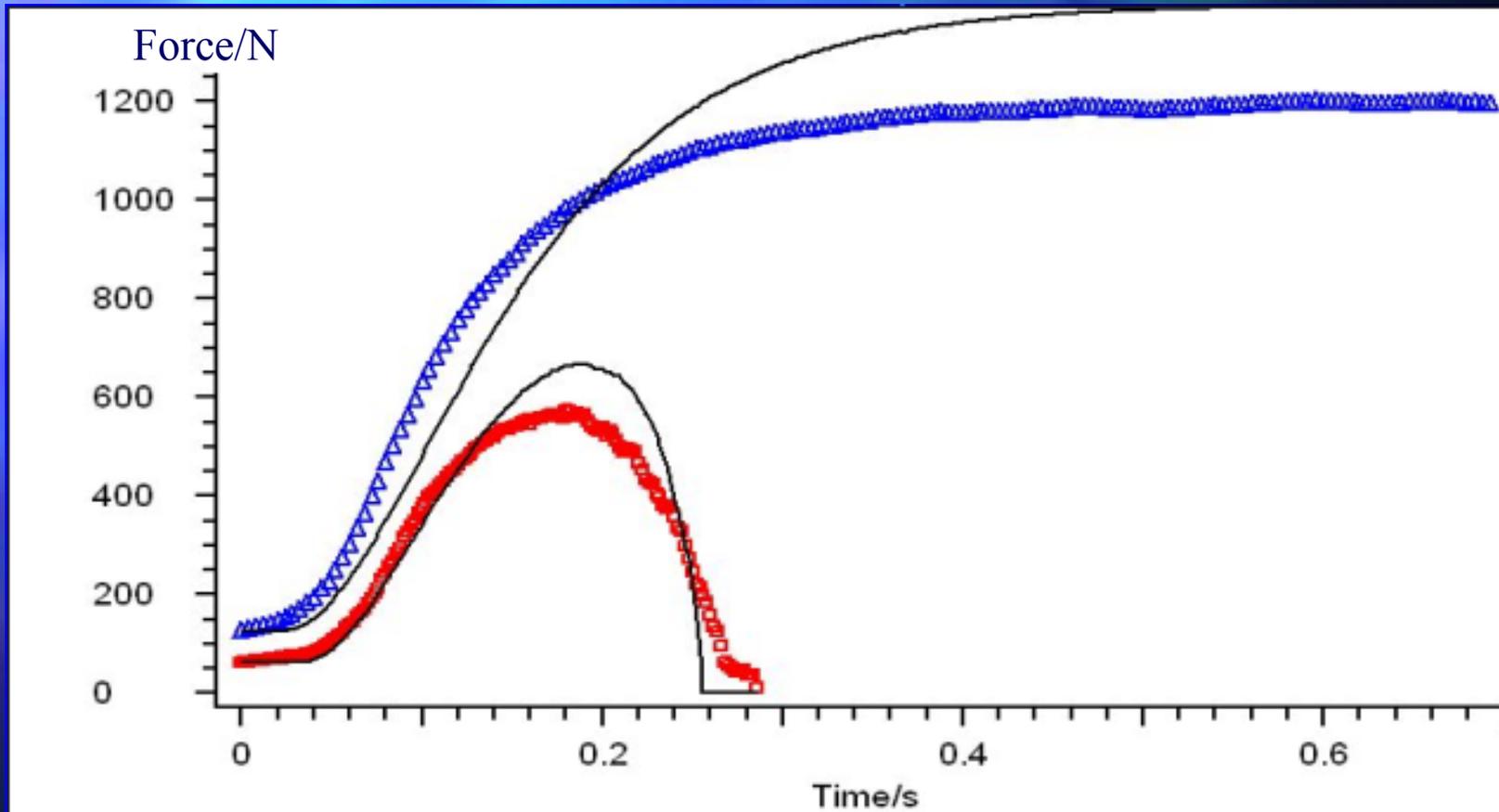
Parameterbestimmung



- Messung von
 - Kraft,
 - Weg und
 - Geschwindigkeit
- Verschiedene Arbeitsbedingungen

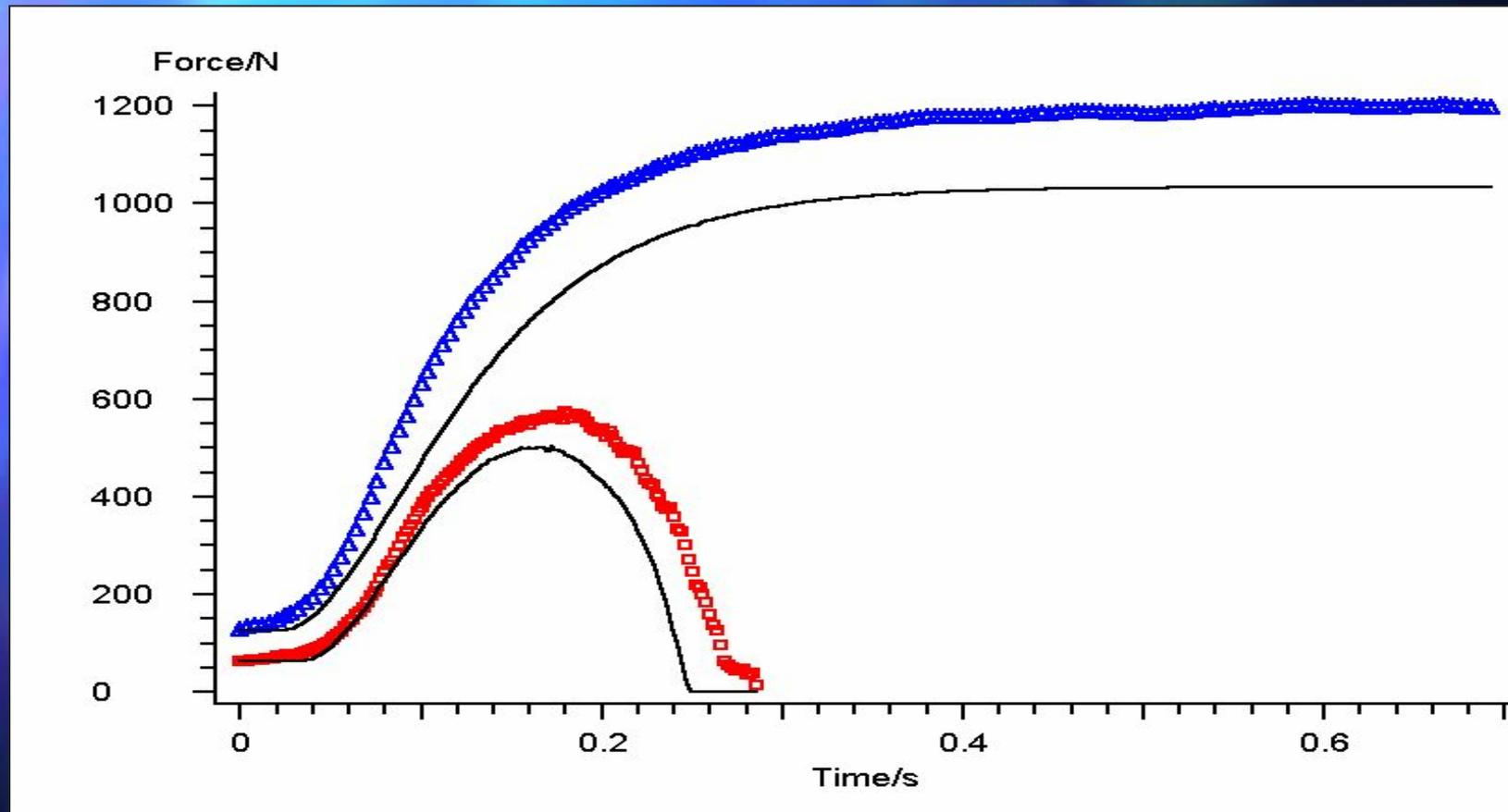
Neigbare Ebene

Parameterbestimmung



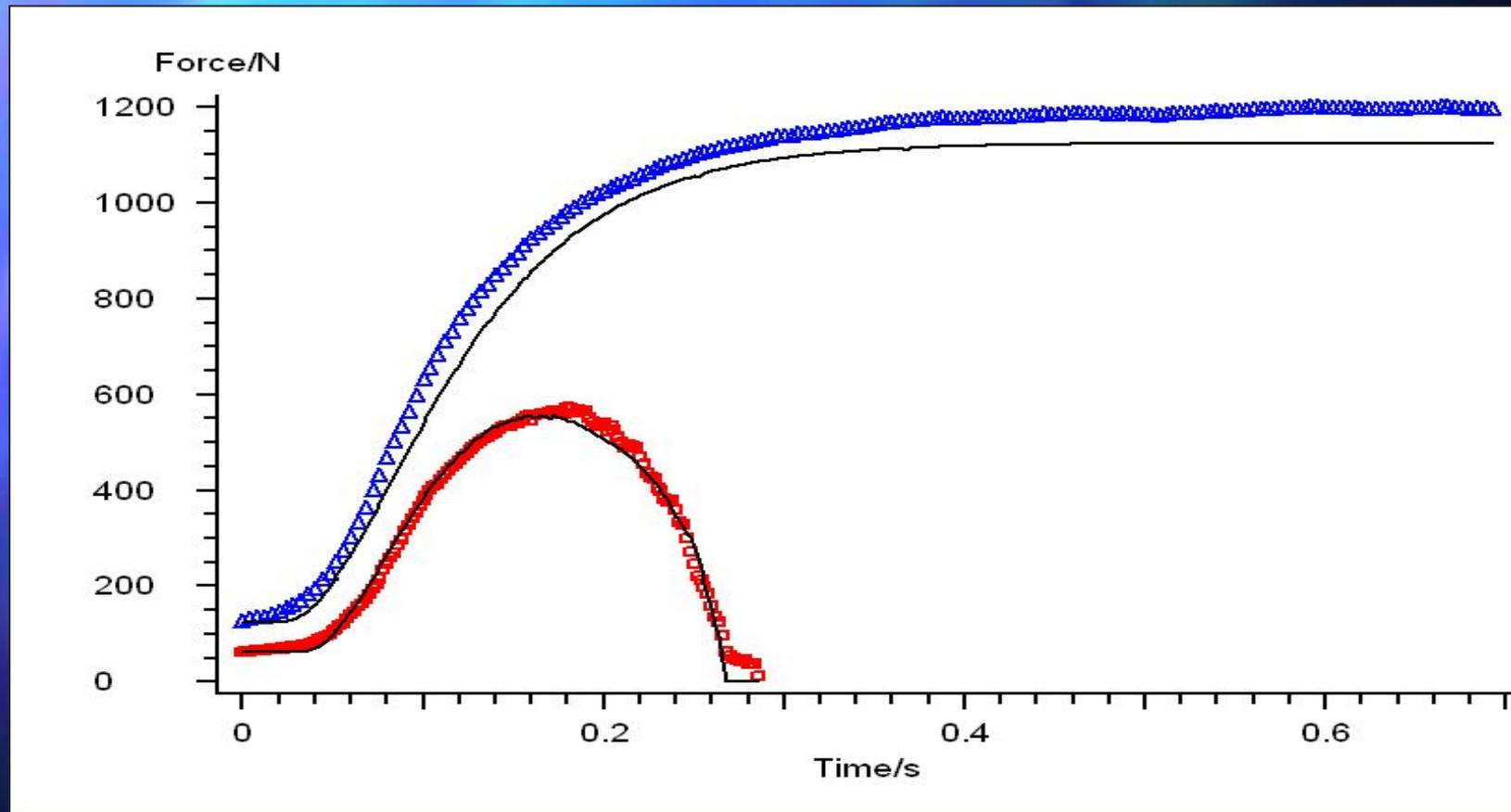
- $p_{\max}=1300$ W; $v_{\max}=0.7$ m/S; $f_{\max}= 7000$ N; $A=12$

Parameterbestimmung



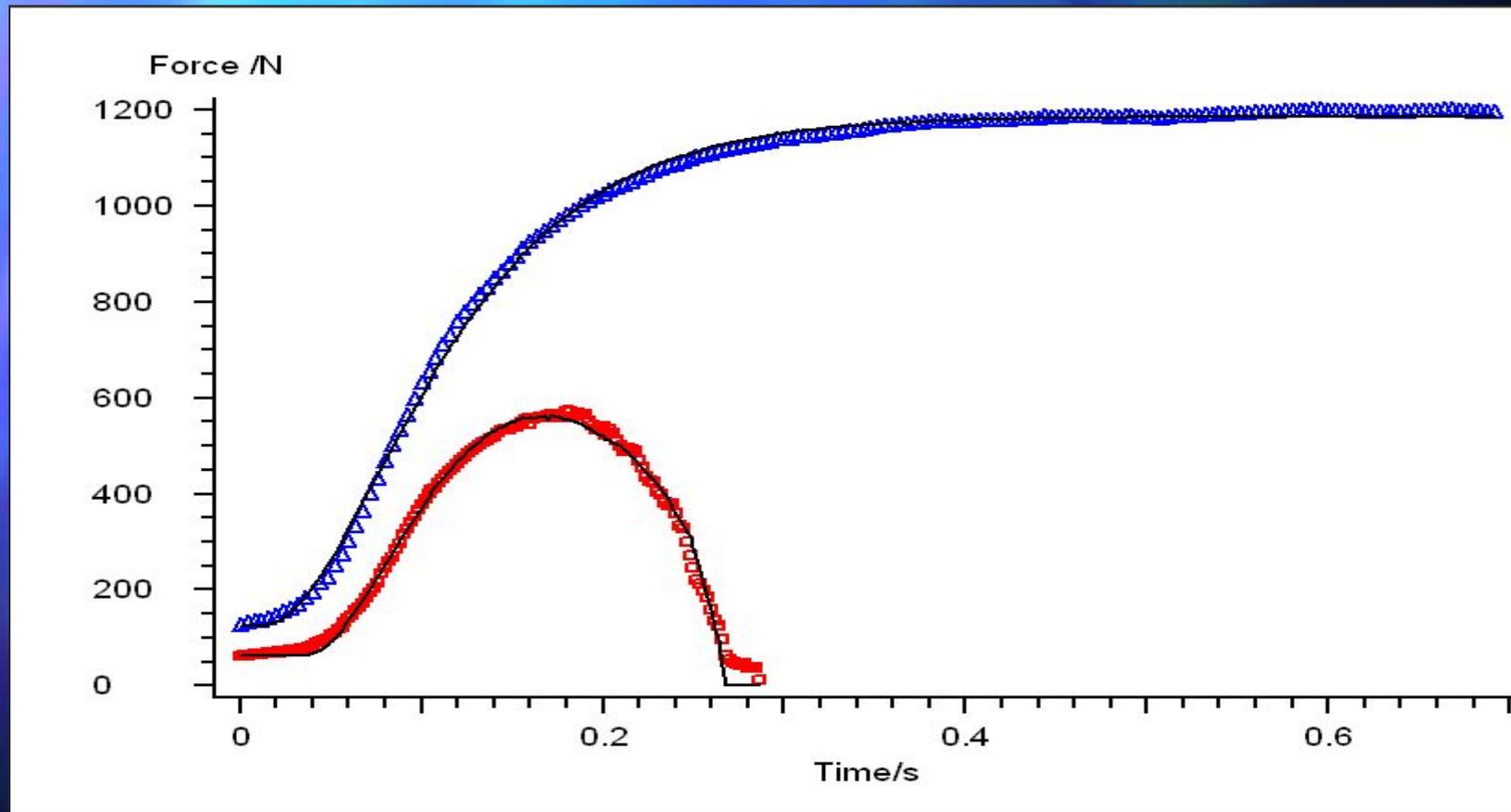
■ $p_{\max}=700$ W; $v_{\max}=0.6$ m/S; $f_{\max}=5000$ N; $A=15$

Parameterbestimmung



■ $p_{\max}=800$ W; $v_{\max}=0.85$ m/s; $f_{\max}= 5500$ N; $A=16$

Parameterbestimmung



■ $p_{\max}=840$ W; $v_{\max}=0.8487$ m/s; $f_{\max}=5839$ N; $A=15.27$

Trainingswissenschaftliche Begriffe:

- Maximalkraft $f_{ISO} = c b^{-1} - a$

- Maximale Kontraktionsgeschwindigkeit

$$v_{MAX} = c a^{-1} - b$$

- Maximale Leistungsabgabe

$$p_{MAX} = ab + c - 2 (abc)^{-1/2}$$

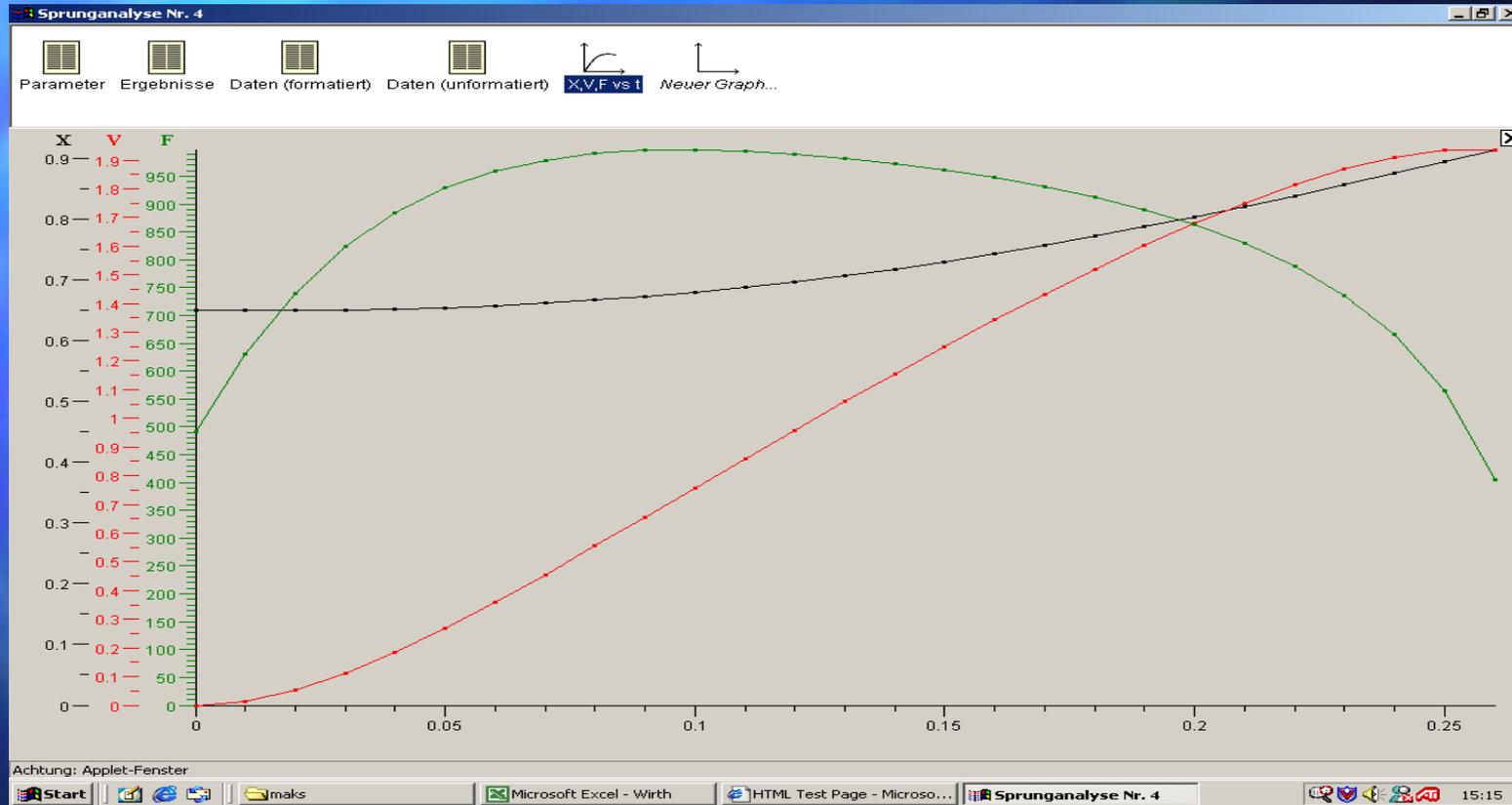
- Optimale Kraft, optimale Geschwindigkeit, Wirkungsgrad, Explosivkraft, Schnellkraft, ...

Bestimmung von
individuellen
Muskeleigenschaften

**Simulation der
sportlichen
Bewegung**

Messung v. Bewegungen

Vorausberechnungen



Möglichkeiten

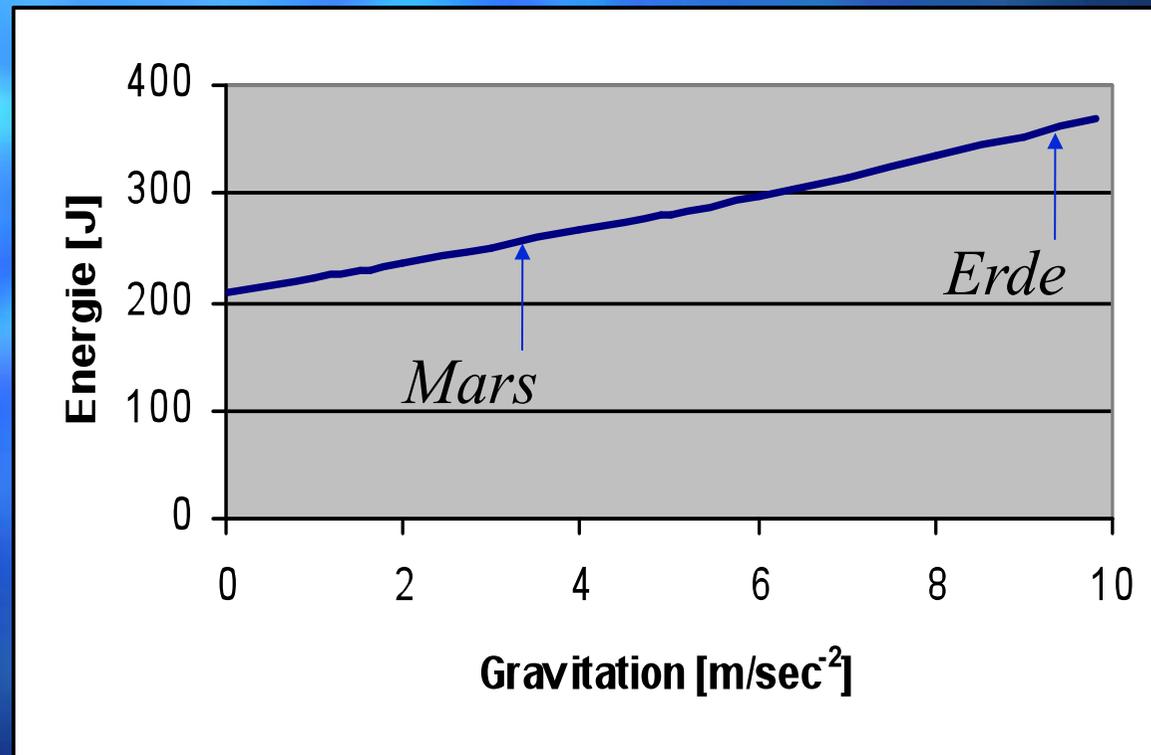
Variation v. Parametern

Bestimmung von
individuellen
Muskeleigenschaften

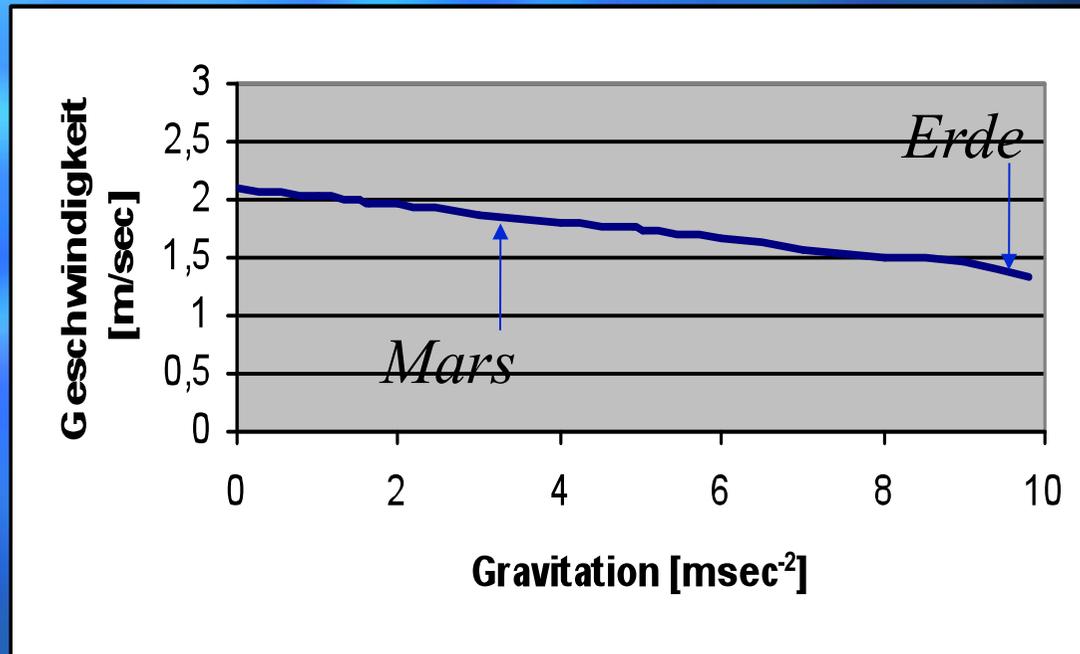
**Simulation der
sportlichen
Bewegung**

Messung v. Bewegungen

Von der Muskulatur freigesetzte Energie



Abfluggeschwindigkeiten



Interessierende Fragen für Kugelstoß außerhalb der Erde:

1. Wie ändern sich die sportlichen Leistungen als Folge der veränderten Gravitation?
- 2. Muss in der Vorbereitungen auf die Wettkämpfe anders trainiert werden?**
3. Ändern sich die Platzierungen als Folge der veränderten Gravitation?

Auf der Erde

- Eine Veränderung der Parameter um jeweils 5 % ergibt folgende Reihung der Wirksamkeit:

Person A

1. P_{\max} + 1.30 %
2. S_{ein} + 0.65 %
3. F_{\max} - 0.29 %
4. v_{\max} - 0.72 %

Auf dem Mars

- Eine Veränderung der Parameter um jeweils 5 % ergibt folgende Reihung der Wirksamkeit:

Person A

1. P_{\max} +0.84 %
2. V_{\max} +0.19 %
3. F_{\max} + 0.01 %
4. S_{ein} - 0.45 %

Auf der Erde

- Eine Veränderung der Parameter um jeweils 5 % ergibt folgende Reihung der Wirksamkeit:

Person B

1. P_{\max} +1.58 %

2. F_{\max} + 0.19 %

3. V_{\max} - 1.12 %

4. S_{ein} - 1.30 %

Auf dem Mars

- Eine Veränderung der Parameter um jeweils 5 % ergibt folgende Reihung der Wirksamkeit:

Person B

1. P_{\max} + 2.19 %

2. F_{\max} + 0.91 %

3. S_{ein} + 0.64 %

4. V_{\max} + 0.37 %

Hinweise für den Trainer:

1. Die Wertigkeit der leistungsbestimmenden Faktoren bleibt auf dem Mars erhalten.
2. Die Flugweiten sind auf dem Mars größer als auf der Erde, aber ...
3. Die Unterschiede sind personenspezifisch.
4. Die Einhaltung des optimalen Winkels ist auf dem Mars nicht so wichtig wie auf der Erde.
5. Die leistungsbestimmenden Eigenschaften sind auf dem Mars andere als auf der Erde.

Vergleich für Person A

	Erde	Mars
P_{\max}	+1,30	+0,84
V_{\max}	-0,72	+0,19
F_{\max}	-0,29	+0,01
S_{ein}	+0,65	-0,45

Vergleich für Person B

	Erde	Mars
P_{\max}	+1,58	+2,19
V_{\max}	-1,12	+0,37
F_{\max}	+0,19	+0,91
S_{ein}	-1,30	+0,64

Hinweise für den Trainer:

1. Die Wertigkeit der leistungsbestimmenden Faktoren bleibt auf dem Mars erhalten.
2. Die Flugweiten sind auf dem Mars größer als auf der Erde, aber ...
3. Die Unterschiede sind personenspezifisch.
4. Die Einhaltung des optimalen Winkels ist auf dem Mars nicht so wichtig wie auf der Erde.
5. Die leistungsbestimmenden Eigenschaften sind auf dem Mars andere als auf der Erde.
6. Die Eigenschaften mit Leistungsreserven sind auf dem Mars personenspezifisch andere als auf der Erde.

Interessierende Fragen für Kugelstoß außerhalb der Erde:

1. Wie ändern sich die sportlichen Leistungen als Folge der veränderten Gravitation?
2. Muss in der Vorbereitungen auf die Wettkämpfe anders trainiert werden?
3. **Ändern sich die Platzierungen als Folge der veränderten Gravitation?**

„Schnellkraft“

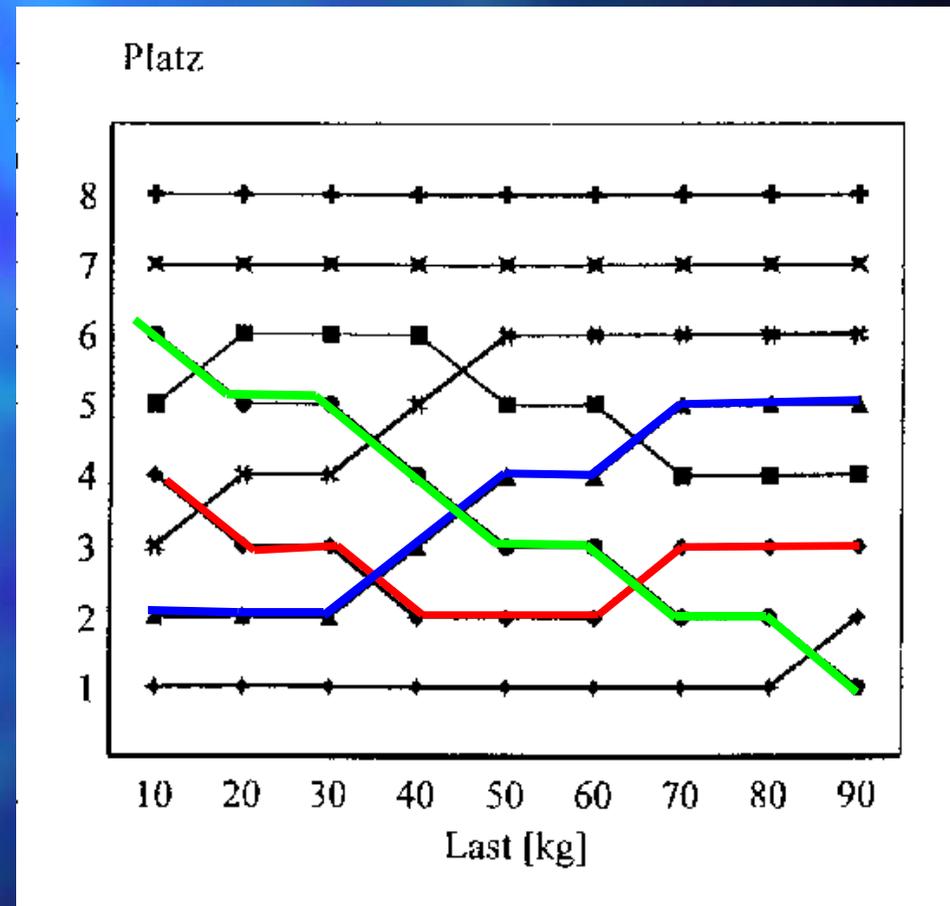
- Die Reihenfolge von Bewegungsgeschwindigkeiten ändert sich durch die Variation der Lasten.

„Schnellkraft“

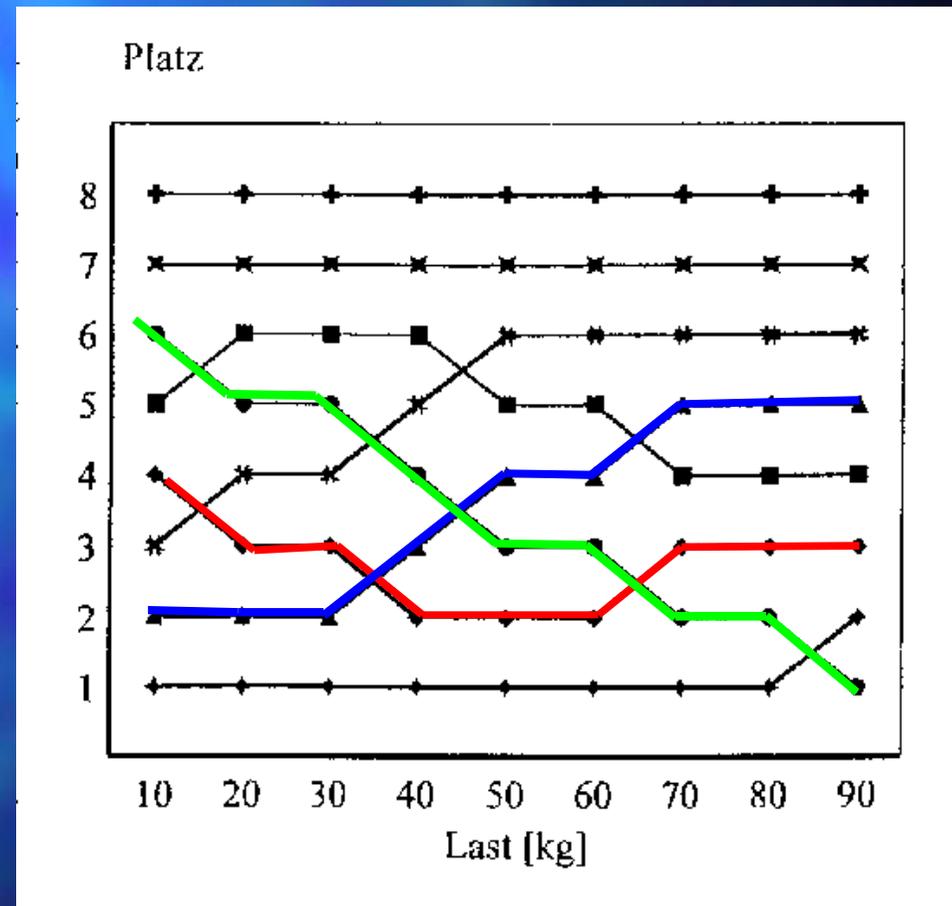
- Die Reihenfolge von Bewegungsgeschwindigkeiten ändert sich durch die Variation der Lasten, weil sich der Einfluss der Muskeleigenschaften (v_{\max} , p_{\max} , f_{iso}) sich ändert.

„Schnellkraft“

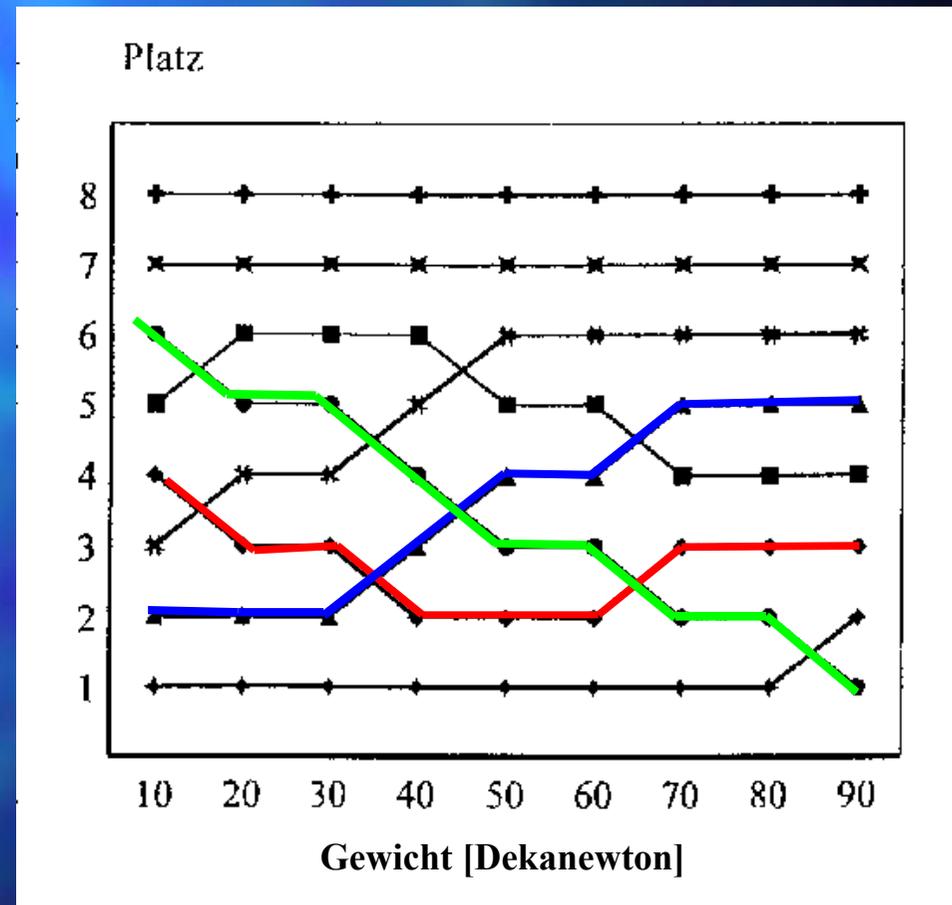
- Die Reihenfolge von Bewegungsgeschwindigkeiten ändert sich durch die Variation der Lasten, weil sich der Einfluss der Muskeleigenschaften (v_{\max} , p_{\max} , f_{iso}) sich ändert.



„Schnellkraft“

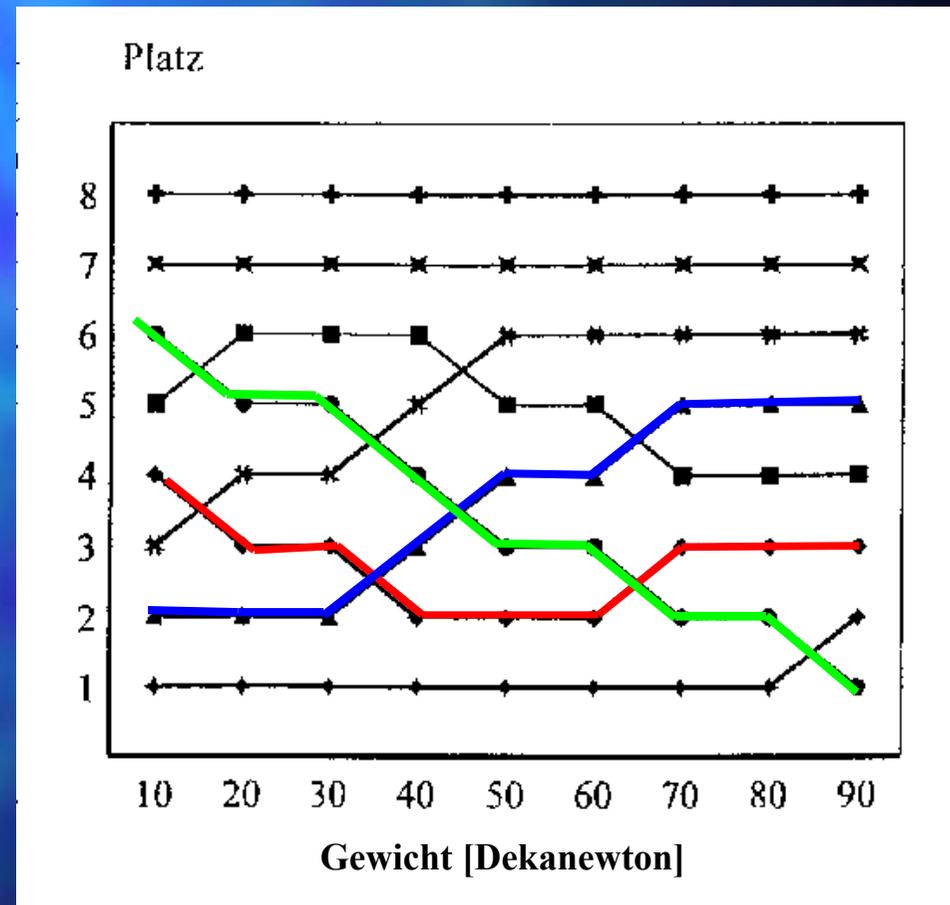


Einfluss der Gravitation



Einfluss der Gravitation

- Die Reihenfolge von Bewegungsgeschwindigkeiten ändert sich bei Änderung der Gravitation, weil sich der Einfluss der Muskeigenschaften (v_{\max} , p_{\max} , f_{iso}) sich ändert.



ANTWORT:

Ja, aber ...

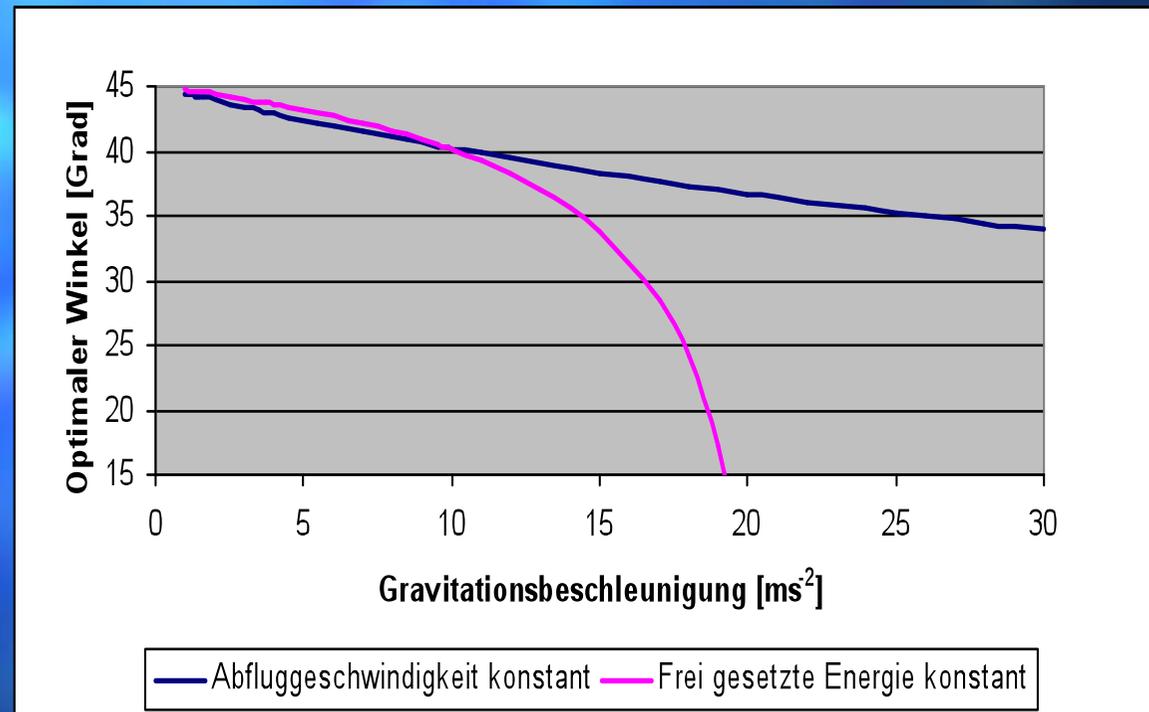
Hinweise für den Trainer:

1. Die Wertigkeit der leistungsbestimmenden Faktoren bleibt auf dem Mars erhalten.
2. Die Flugweiten sind auf dem Mars größer als auf der Erde, aber ...
3. Die Unterschiede sind personenspezifisch.
4. Die Einhaltung des optimalen Winkels ist auf dem Mars nicht so wichtig wie auf der Erde.
5. Die leistungsbestimmenden Eigenschaften sind auf dem Mars andere als auf der Erde.
6. Die Eigenschaften mit Leistungsreserven sind auf dem Mars personenspezifisch andere als auf der Erde.
7. Die Rangfolge der AthletInnen beim Wettkampf ist auf dem Mars eine andere als auf der Erde.

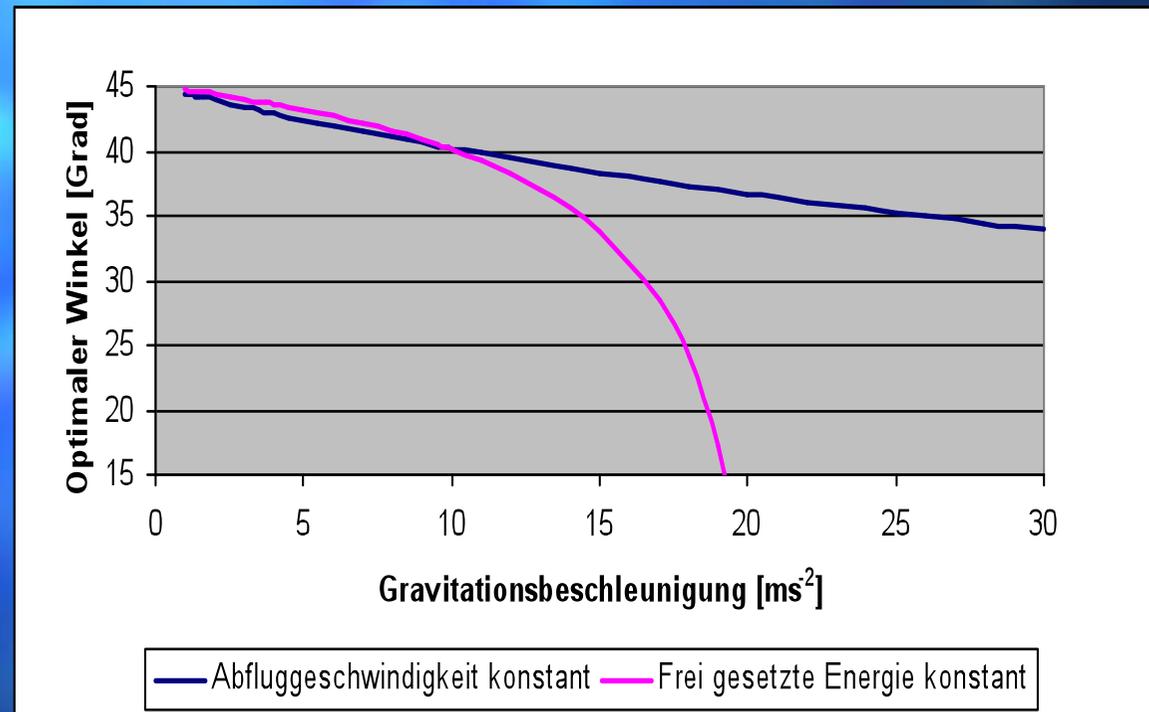
**HERZLICHEN DANK FÜR IHRE
AUFMERKSAMKEIT !**

**HERZLICHEN DANK FÜR IHRE
AUFMERKSAMKEIT !**

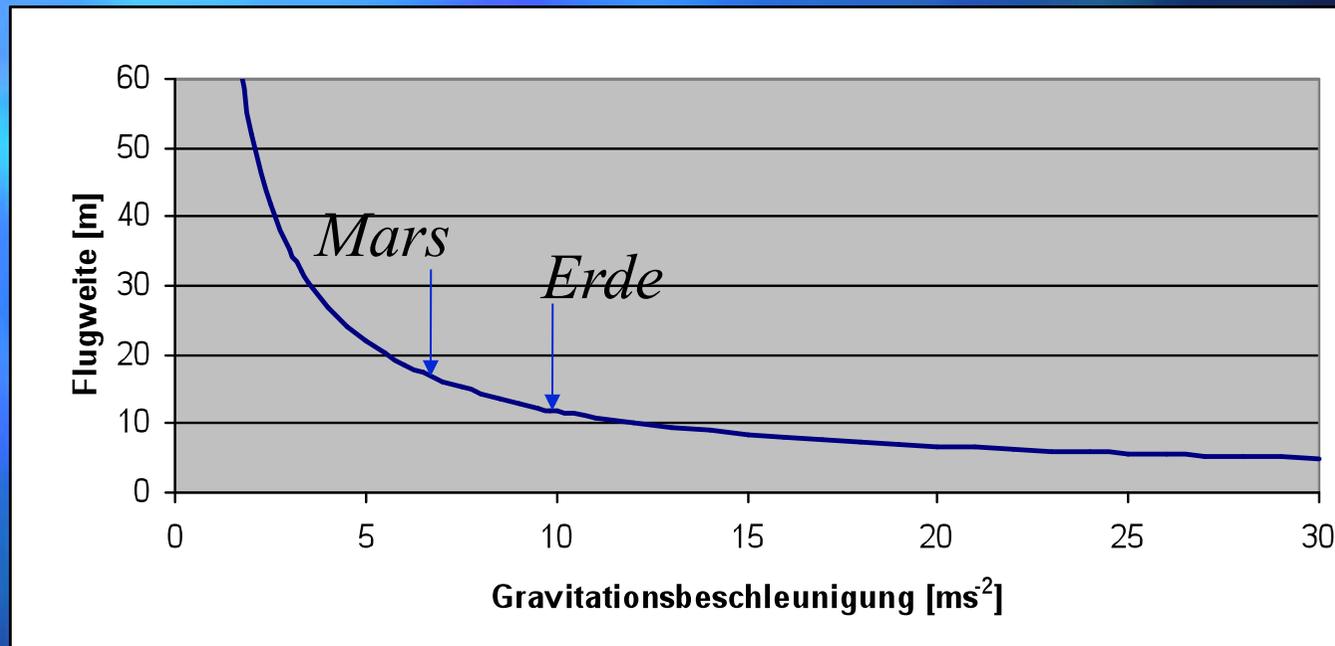
Optimale Abflugwinkel Abhängigkeit von der Gravitation:



Optimale Abflugwinkel Abhängigkeit von der Gravitation:

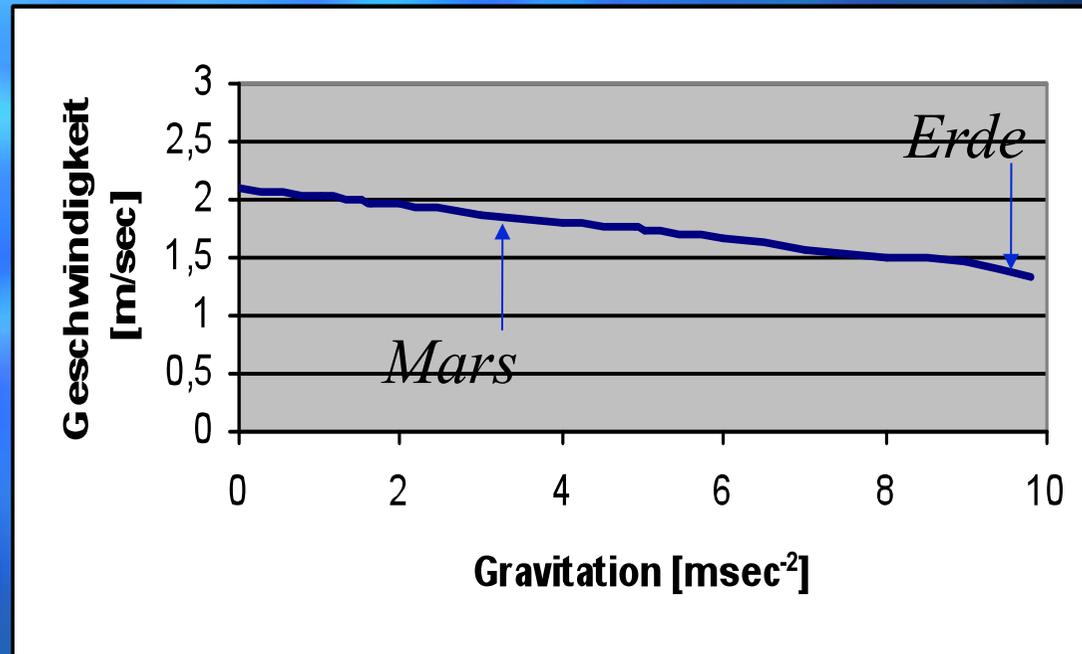


Flugweiten in Abhängigkeit von der Gravitation:

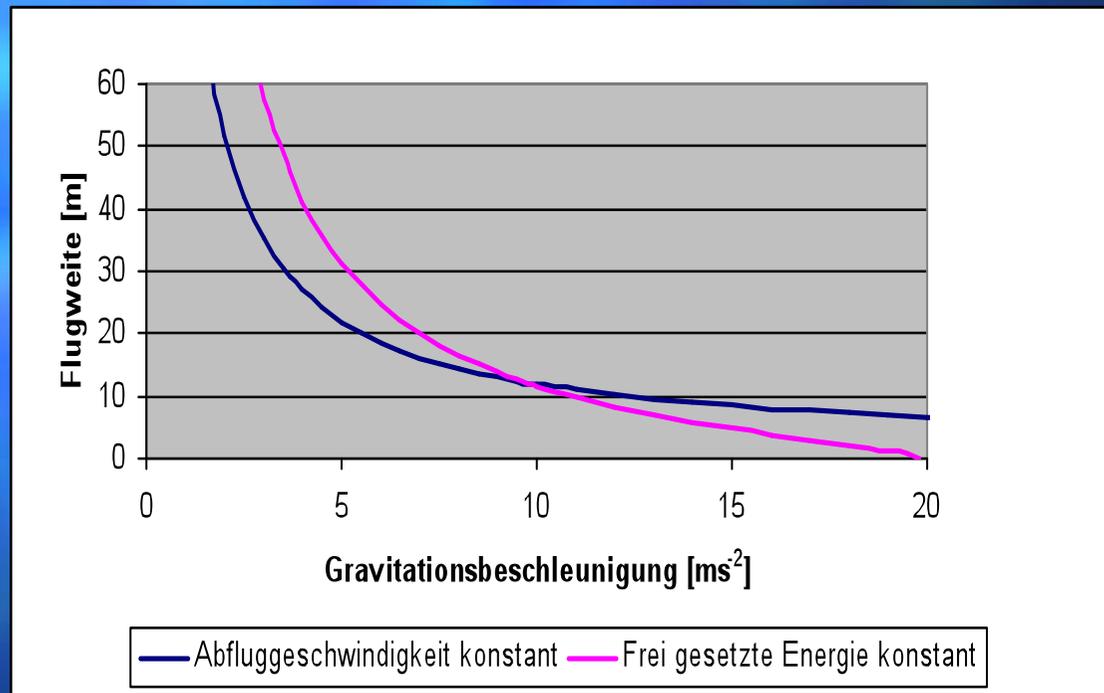


**Flugweite bei einem Anfangswinkel 45 Grad,
einer Abfluggeschwindigkeit von 10 m/s
und der Abflughöhe von 2 m.**

Absprunggeschwindigkeit bei einem Streck sprung



Flugweiten bei optimalem Abflugwinkel in Abhängigkeit von der Gravitation:



ORT	g [%]	Unter- schied W[%]	ORT	g [%]	Unter- schied W[%]
Merkur	38	164	Jupiter	236	-58
Venus	91	10	Saturn	92	9
Erde	100	0	Uranus	89	13
Mond	17	504	Neptun	112	- 11
Mars	38	165	Pluto	6	1586

Vergleich Erde - Mars

- Eine Veränderung der Parameter um jeweils 5 % ergibt folgende Reihung der Wirksamkeit:

ERDE
Person A

1. P_{\max} + 1.30 %
2. S_{ein} + 0.65 %
3. F_{\max} - 0.29 %
4. v_{\max} - 0.72 %

MARS
Person A

1. P_{\max} +0.84 %
2. V_{\max} +0.19 %
3. F_{\max} + 0.01 %
4. S_{ein} - 0.45 %

Vergleich Erde - Mars

- Eine Veränderung der Parameter um jeweils 5 % ergibt folgende Reihung der Wirksamkeit:

ERDE Person B

1. P_{\max} +1.58 %
2. F_{\max} + 0.19 %
3. V_{\max} - 1.12 %
4. S_{ein} - 1.30 %

MARS Person B

1. P_{\max} +2.19 %
2. F_{\max} + 0.91 %
3. S_{ein} + 0.64 %
4. V_{\max} + 0.37 %

Möglichkeiten

Variation v. Parametern

Bestimmung von
individuellen
Muskeleigenschaften

Simulation der
sportlichen
Bewegung

Messung v. Bewegungen

Möglichkeiten

Variation v. Parametern

Bestimmung von
individuellen
Muskeleigenschaften

**Simulation der
sportlichen
Bewegung**

Messung v. Bewegungen