

Entstehende Seilkräfte beim Einsatz von kinetischen Bubba Rope® Bergeseilen.



Bubba Rope® Bubba:



- ▶ Bruchlast ca. 13 t
- ▶ Länge 9 m
- ▶ Maximale Dehnung: ca. 30% - 35% (= ~ 2,70m)

Betrachtet man das Seil als Feder, so ist die Kraft F

$$F \text{ [N]} = k \text{ [N/m]} \cdot s \text{ [m]}$$

Die "Federkonstante" k ist bei diesem Seil aber keine Konstante, da die Dehnung s laut Diagramm nicht linear ist. Es wird daher für jedes Kraft-Dehnung-Wertepaar ein k -Wert aus $k = F / s$ berechnet, das ist eine fiktive Federkonstante bei Belastung des Seiles bis

zu diesem Punkt (rote Linie). →

Annahme: Das bergende Fahrzeug mit der Masse m kommt aus der "Anlaufgeschwindigkeit" v ganz zum Stillstand und das Kinetikseil ist maximal gespannt. In diesem Moment ist...

die kinetische Energie des bergenden Fahrzeuges $\frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$

vollständig umgewandelt in die im Seil gespeicherte Verformungsenergie

(= Fläche unter dem Kraft-Weg-Diagramm, angenähert durch das rote Dreieck)... $\frac{1}{2} \cdot F \cdot s$

Mit

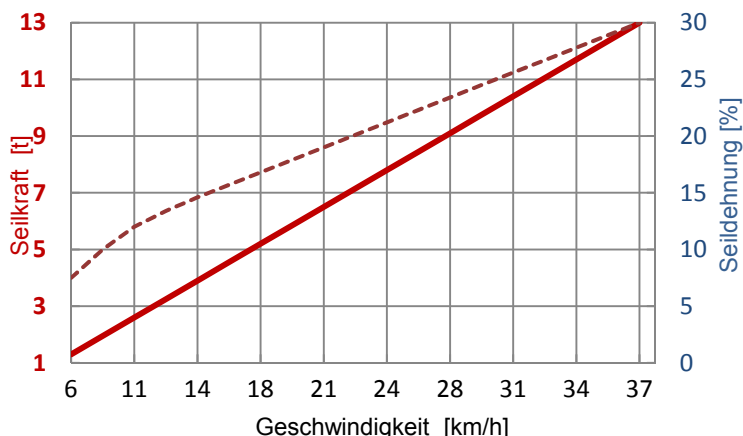
- der Bruchlast des Seiles von 13 t,
- abgelesenen Werten aus dem Kraft-Weg-Diagramm (ab 35% der Bruchlast linear extrapoliert) und
- einer angenommenen Fahrzeugmasse von 3200 kg (z.B. "reifefertiger" Land Rover Defender)

ergibt sich aus

$$E_{\text{Seil}} \text{ [Nm]} = \frac{1}{2} \cdot F \text{ [N]} \cdot s \text{ [m]} = E_{\text{kin}} \text{ [Nm]} = \frac{1}{2} \cdot m \text{ [kg]} \cdot v^2 \text{ [(m/s)^2]}$$

$$v \text{ [m/s]} = \sqrt{F \text{ [N]} \cdot s \text{ [m]} / m \text{ [kg]}}$$

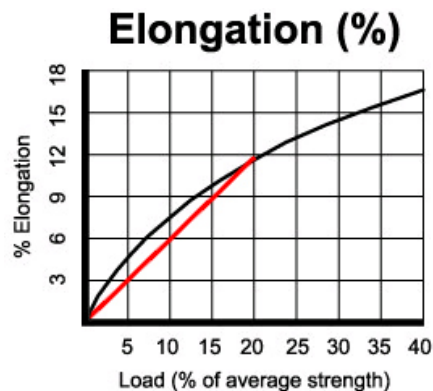
folgender Zusammenhang:



Beispiel:

Der LandRover Defender Td5 mit 285/75-Rädern schafft im 2. Gang Untersetzung bei 3.200 min⁻¹ ca. 20 km/h. Die Kraft im Seil beträgt dann ca. 6,1 t und das Seil dehnt sich dabei um ca. 1,7 m, das sind ca. 19%.

Die Bruchlast des Bubba-Seiles wird bei ca. 37 km/h erreicht - also erst bei "ordentlich Schwung".



Elongation Chart
Elongation at break:
30% - 35%

Entstehende Seilkräfte beim Einsatz von kinetischen Bubba Rope® Bergeseilen.



Anmerkung:

Wegen $F = k \cdot s$ bzw. $s = F / k$ und $E_{\text{Seil}} = \frac{1}{2} \cdot F \cdot s$ ist (näherungsweise, weil ja k nicht konstant ist).

$$\frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 = \frac{1}{2} \cdot F^2 / k \rightarrow F = \text{const} \cdot v (!)$$

Im gleichen Seil und für eine bestimmte Fahrzeugmasse des bergenden Fahrzeuges steigt daher die Seilkraft annähernd linear (!) mit der Geschwindigkeit.

Nur die im Seil gespeicherte Energie (und damit die Gefahr, wenn etwas reißt oder bricht) steigt mit dem Quadrat der Geschwindigkeit.

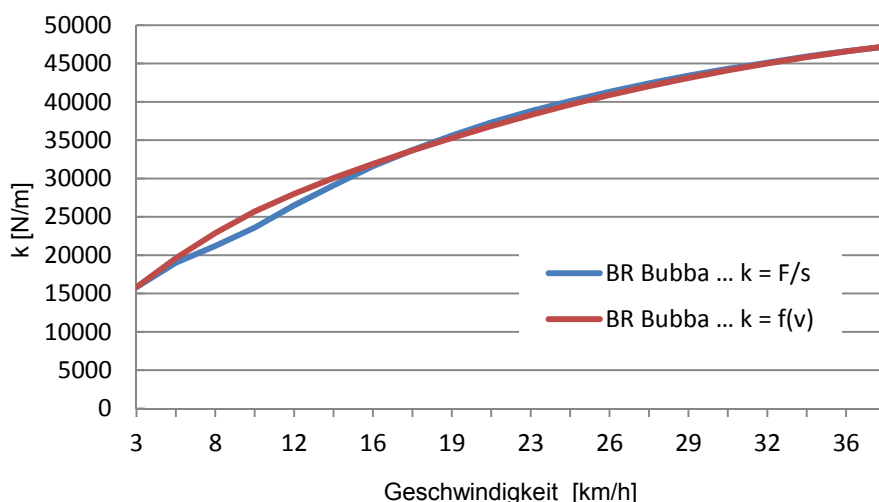
Vergleich des Bubba Rope® Bubba mit dem Bubba Rope® Defender, dem Bubba Rope® Big Bubba und dem Bubba Rope® Renegade (6 m Länge):

Um Seilkraft und Dehnung in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit des bergenden Fahrzeuges darstellen zu können, wird zunächst der aus dem Kraft-Dehnungsdiagramm mit $k = F/s$ ermittelte Verlauf des k -Wertes durch eine Näherungsformel $k = f(v)$ dargestellt.

Als brauchbare Näherungsformeln wurden gefunden...

- für das Bubba Rope® Defender... $k = 5500 + 1490 v - 21 v^2$
- für das Bubba Rope® Renegade... $k = 9800 + 2500 v - 40 v^2$
- für das Bubba Rope® Bubba... $k = 10900 + 1570 v - 16 v^2$
- und für das Bubba Rope® Big Bubba... $k = 18500 + 2250 v - 18 v^2$

jeweils mit k in [N/m] und v in [km/h].



Darstellung des k -Wertes als Funktion der Geschwindigkeit (des bergenden Fahrzeuges) am Beispiel des Bubba Rope® Bubba Seiles.

Entstehende Seilkräfte beim Einsatz von kinetischen Bubba Rope® Bergeseilen.



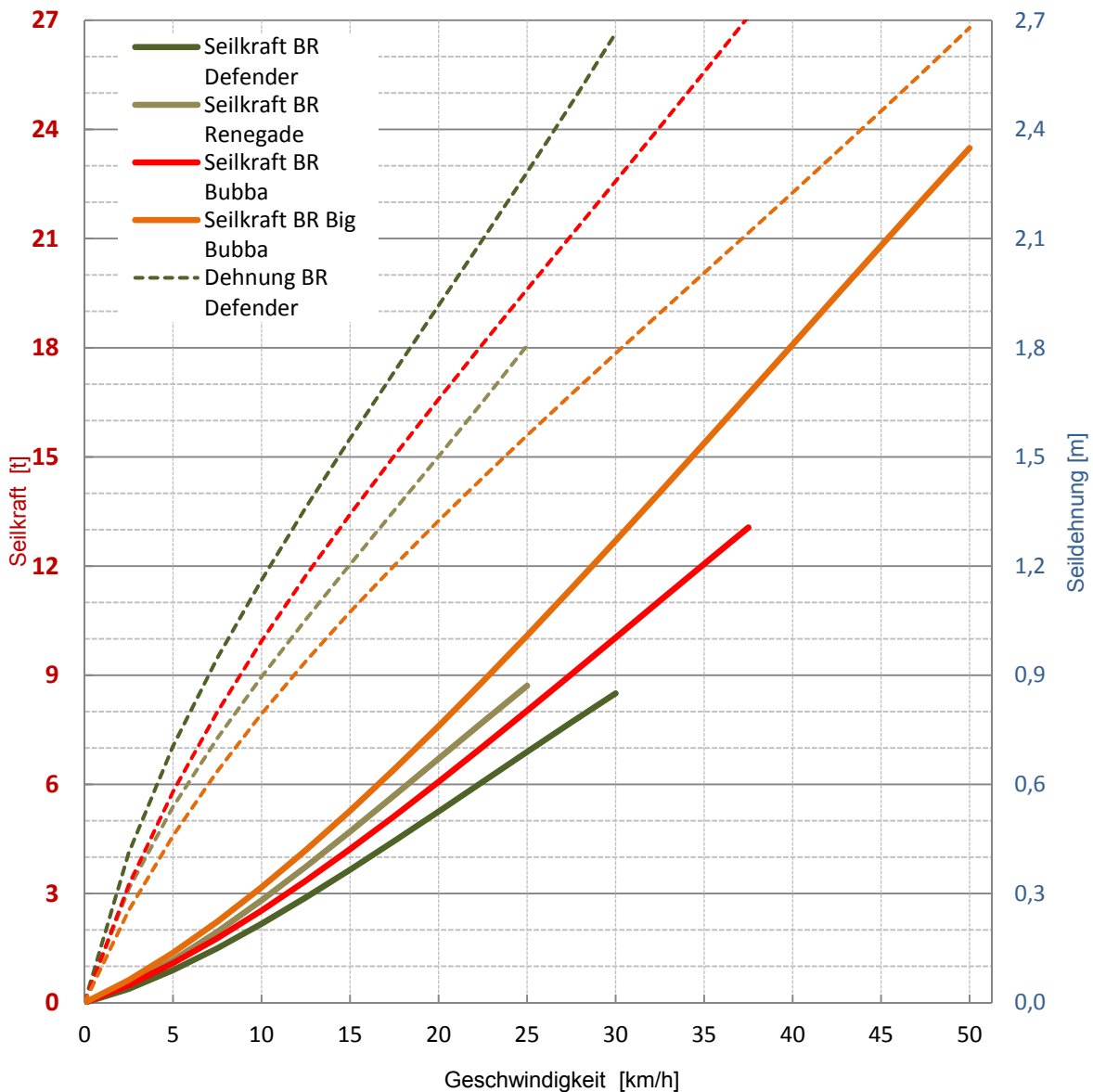
Mit diesem nun als mathematische Funktion erfassten Zusammenhang $k = f(v)$ ergibt sich für

- das Bubba Rope® Defender und Bubba Rope Renegade mit Bruchlast 8,65 t
- das Bubba Rope® Bubba mit Bruchlast 12,95 t
- und das Bubba Rope® Big Bubba mit einer Bruchlast von 23,75 t

unter der Annahme

- einer Bruchdehnung von jeweils 30% also bei 9 m Seillänge einer Dehnung bei Bruchlast von 2,70 m (beim 6 m langen Bubba Rope® Renegade 1,80 m)
- und einer Masse des bergenden Fahrzeuges von 3.200 kg

ein geschwindigkeitsabhängiger Verlauf für Seilkraft und Seildehnung wie im nachfolgenden Diagramm dargestellt.



Entstehende Seilkräfte beim Einsatz von kinetischen Bubba Rope® Bergeseilen.



Fazit:

Das Diagramm zeigt, dass der Unterschied zwischen dem Bubba Rope® Defender- und dem Bubba Rope® Bubba in der Gewichtsklasse zwischen 3,0 und 3,5 t (Gewicht des bergenden Fahrzeuges) nicht allzu gravierend ist. Für den Land Rover Defender werden daher wohl beide Seile grundsätzlich geeignet sein.

Das Big Bubba hat doch schon einen deutlicheren Elastizitätsverlust gegenüber dem Bubba, außerdem werden die Anschlagpunkte am Land Rover Kräfte gegen 20 t und mehr kaum aushalten. Das Bubba Rope® Big Bubba ist also für den Land Rover Defender auf jeden Fall "oversized".

Der Vorteil des dünneren Seiles ist natürlich, dass die Seilkraft langsamer aufgebaut wird, was für das Material tendenziell schonender ist. Mit dem dünneren Seil ist jedoch bei gleicher Anlaufgeschwindigkeit die im Seil aufgebaute und damit an dem zu bergenden Fahrzeug wirkende Kraft geringer bzw. für die gleiche Kraft ist eine höhere Geschwindigkeit notwendig.

Mit dem kurzen Bubba Rope® Renegade ist bei gleicher Geschwindigkeit wegen $\frac{1}{2} \cdot F \cdot s = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 = \text{const}$ und der geringeren absoluten Dehnung s die Seilkraft größer als beim Defender-Seil bzw. die gleiche Kraft wird bei einer geringeren Geschwindigkeit erreicht und die Seildehnung ist dann deutlich kleiner. Das kurze Seil verhält sich also wesentlich "statischer".