



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für
Wirtschaft, Bildung und Forschung WBF

Agroscope

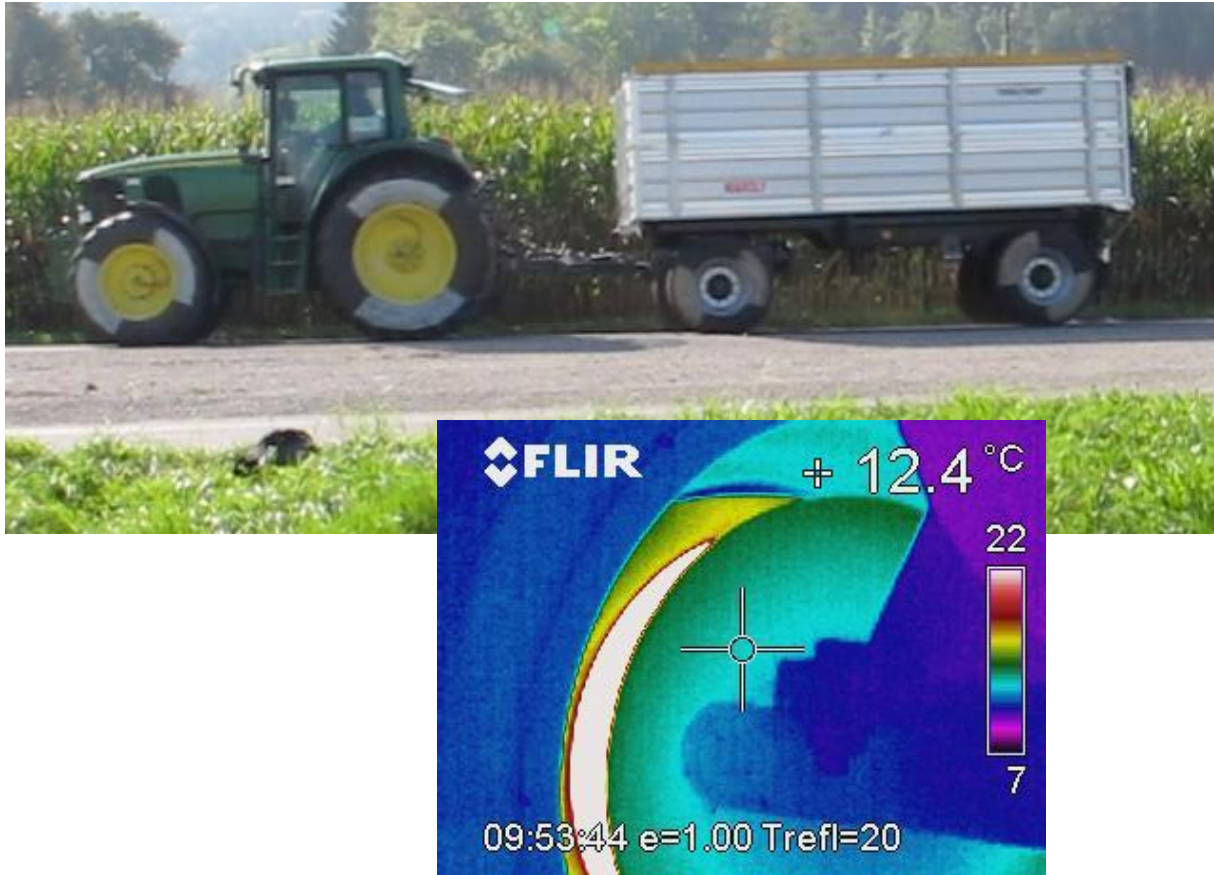
Bremsen und Verkehrssicherheit

Grundlagen: Das sind die Fakten

Marco Landis

Agrartechniktage Tänikon, 19. Juni 2013

Bewegungsenergie (kinetische Energie) wird beim Bremsen in Wärme umgewandelt



Warum das Thema Anhängerbremsen?

Aufgetauchte Fragen:

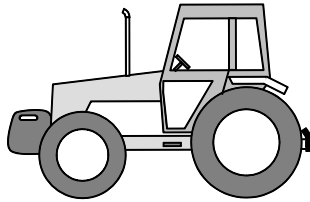
- Unfälle mit landw. Anhängerzüge – Einzelfälle oder ein Problem?
 - Bremsschäden an Traktoren, Getriebeschäden bei Stufenlosgetrieben: Fahrfehler oder Überbelastung?
 - Ungenügender Unterhalt der Bremsen
 - Auswirkungen unterschiedlicher Bremsverzögerungen
- Arbeitsgruppe wurde gebildet: SMU, Agroscope, SLV





Aktuelle gesetzliche Vorschriften

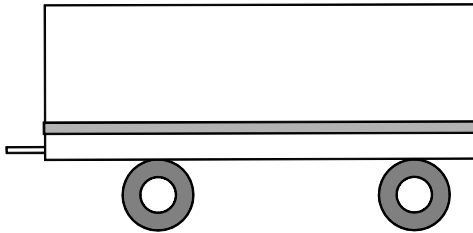
Landwirtschaftliche Traktoren



Maximaler Bremsweg

$$s_{max}[m] \leq 0,15 \times v\left[\frac{km}{h}\right] + \frac{v^2\left[\frac{km}{h}\right]}{116}$$

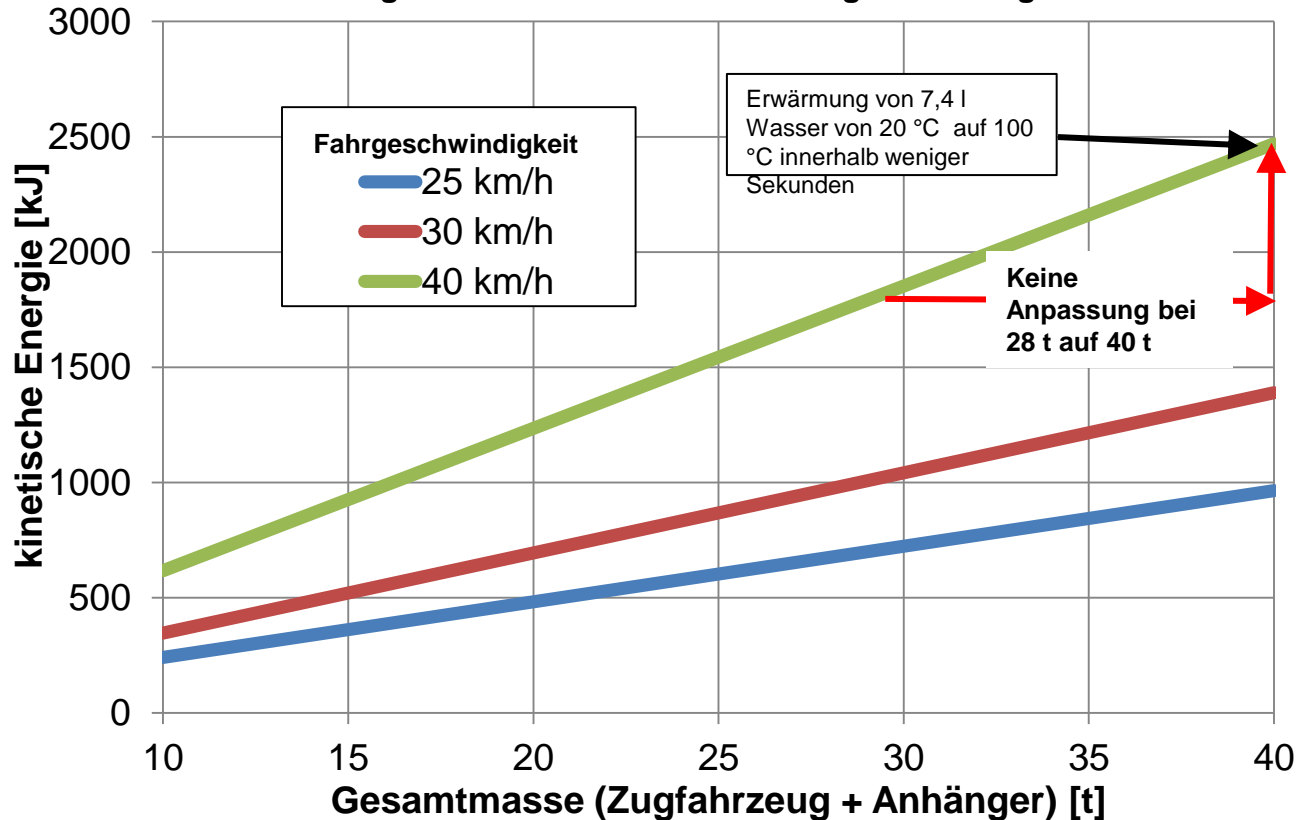
Landwirtschaftliche Anhänger



	Verzögerung [m/s ²]	Abbremsung [%]
Bis 30 km/h	2,8	34
Mehr als 30 km/h	3,1	38

Je höher Geschwindigkeit und Masse, desto höher die Bewegungsenergie

Bremsenergie bei unterschiedlichen Fahrgeschwindigkeiten

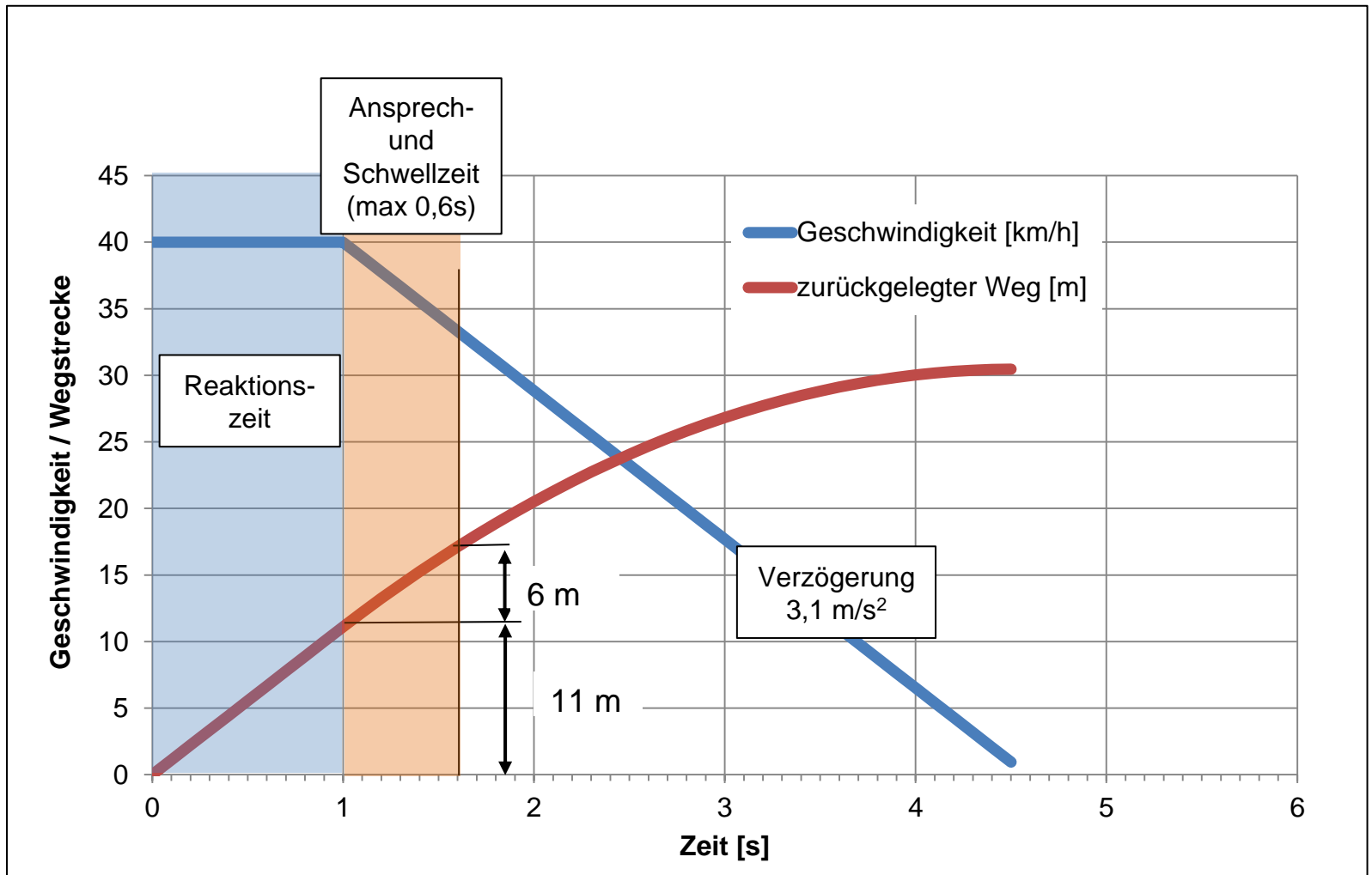


$$E_{kin} [kJ] = \frac{1}{2} m [t] * \left(\frac{v \left[\frac{km}{h} \right]}{3.6} \right)^2$$

Geschwindigkeit wirkt sich im Quadrat aus

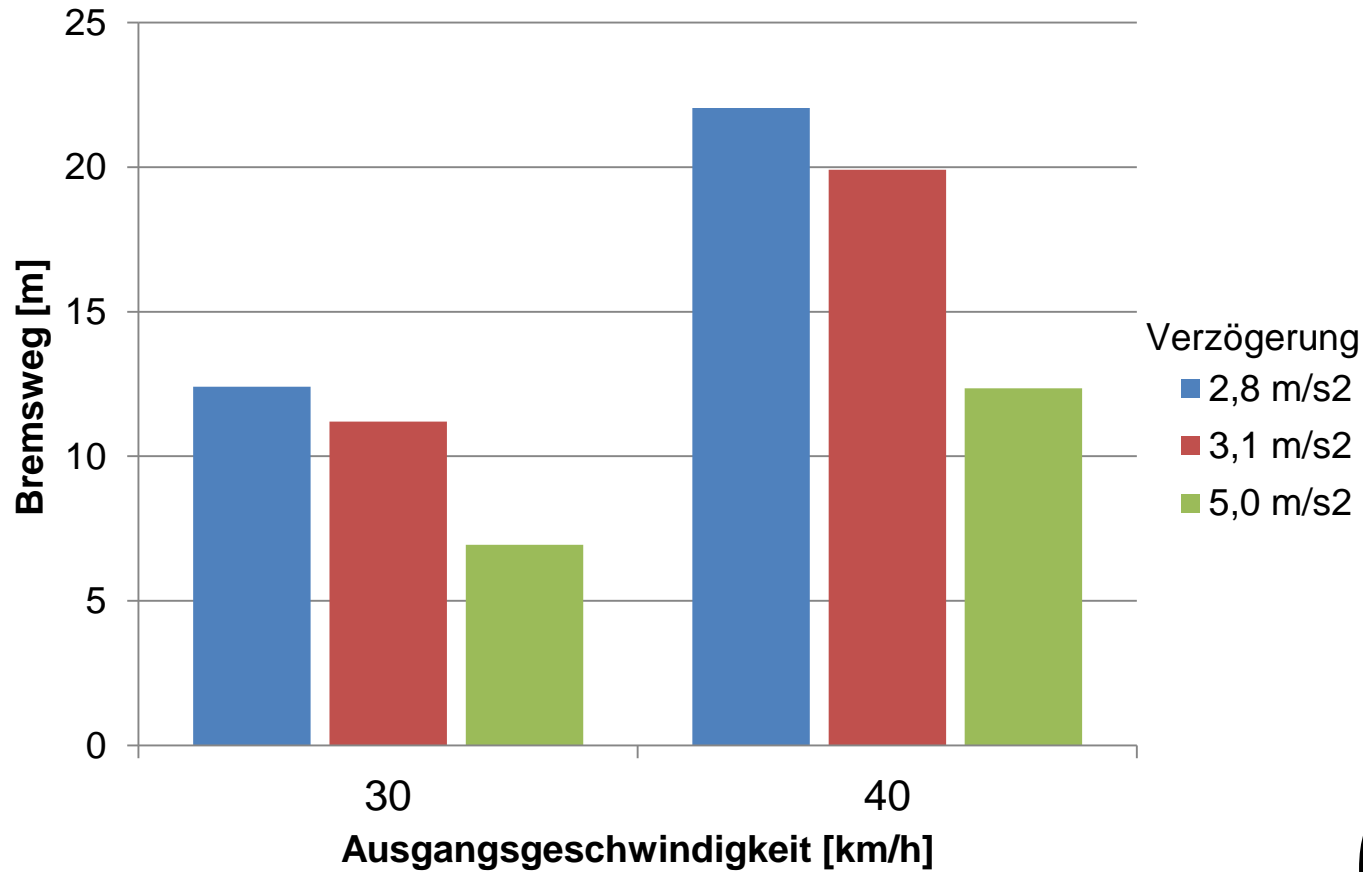


Bremsablauf von 40 km/h auf 0 km/h





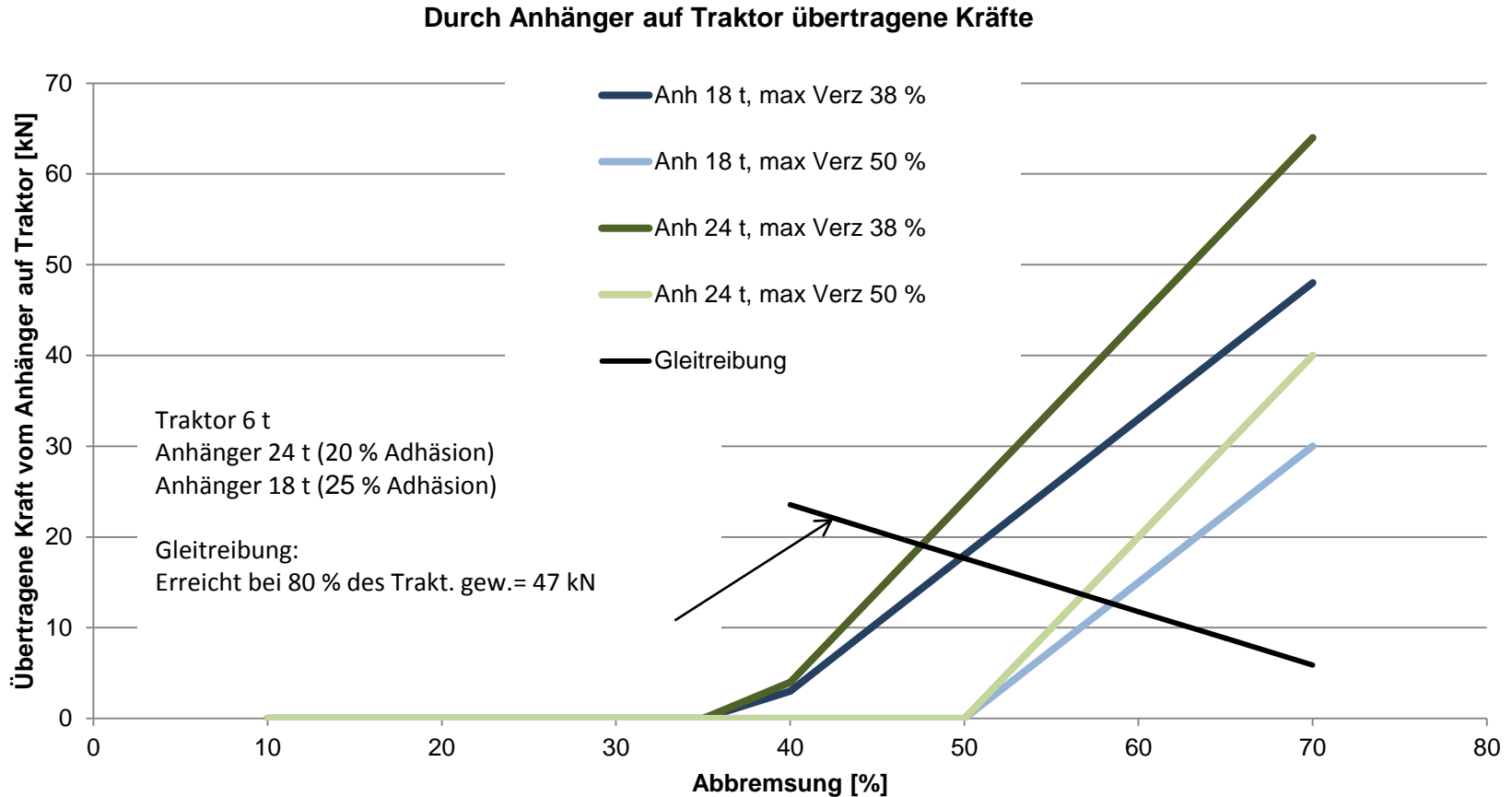
Bremswege bei 30 und 40 km/h



Von 30 auf 40 km/h verdoppelt sich der Bremsweg beinahe (Reaktionszeit nicht eingerechnet)

$$\Delta s [m] = \frac{\left(v_0 \left[\frac{km}{h} \right] \right)^2}{2 \times a \left[\frac{m}{s^2} \right]}$$

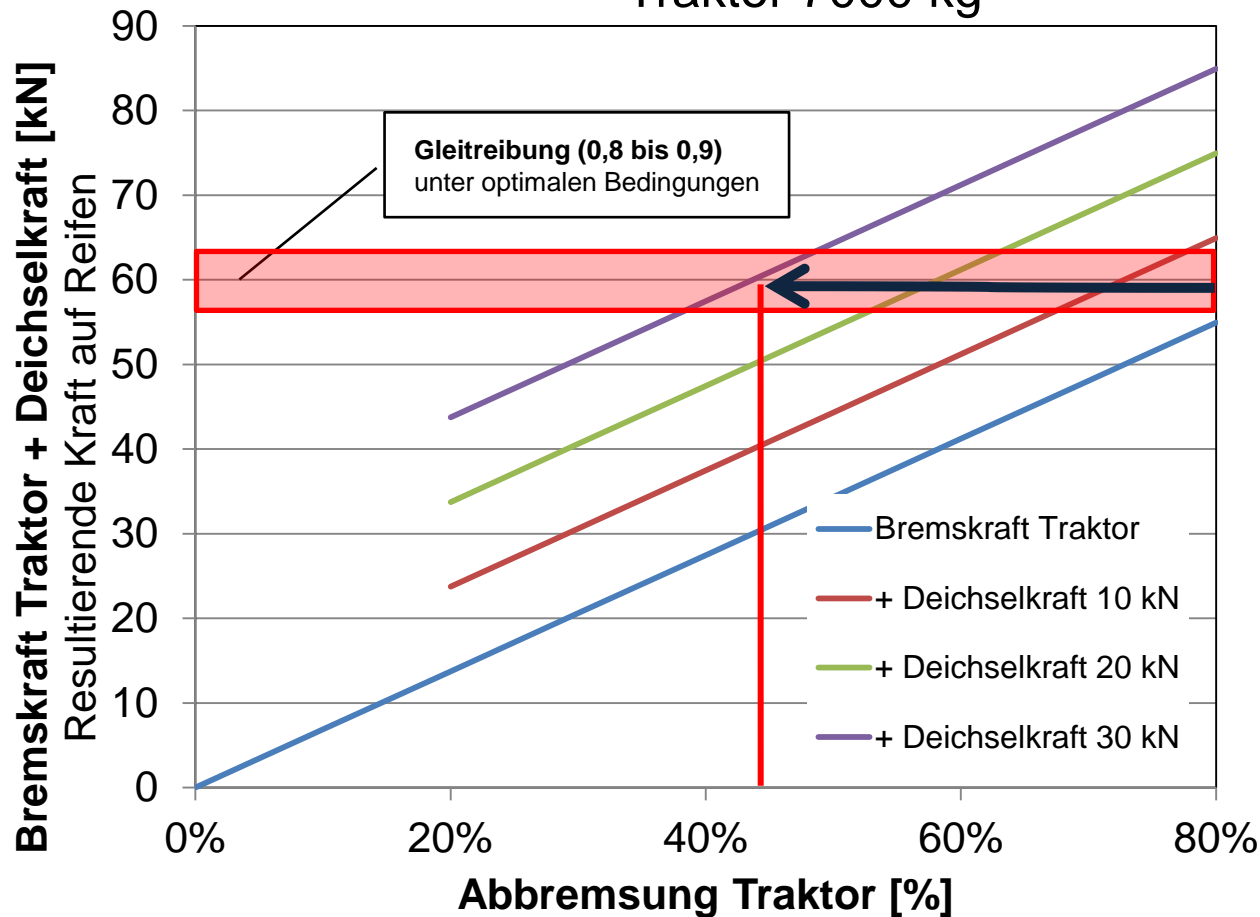
Gerechnete Übertragung Bremskräfte





Zusätzliche Schubkräfte bringen Traktor in Gleitreibung

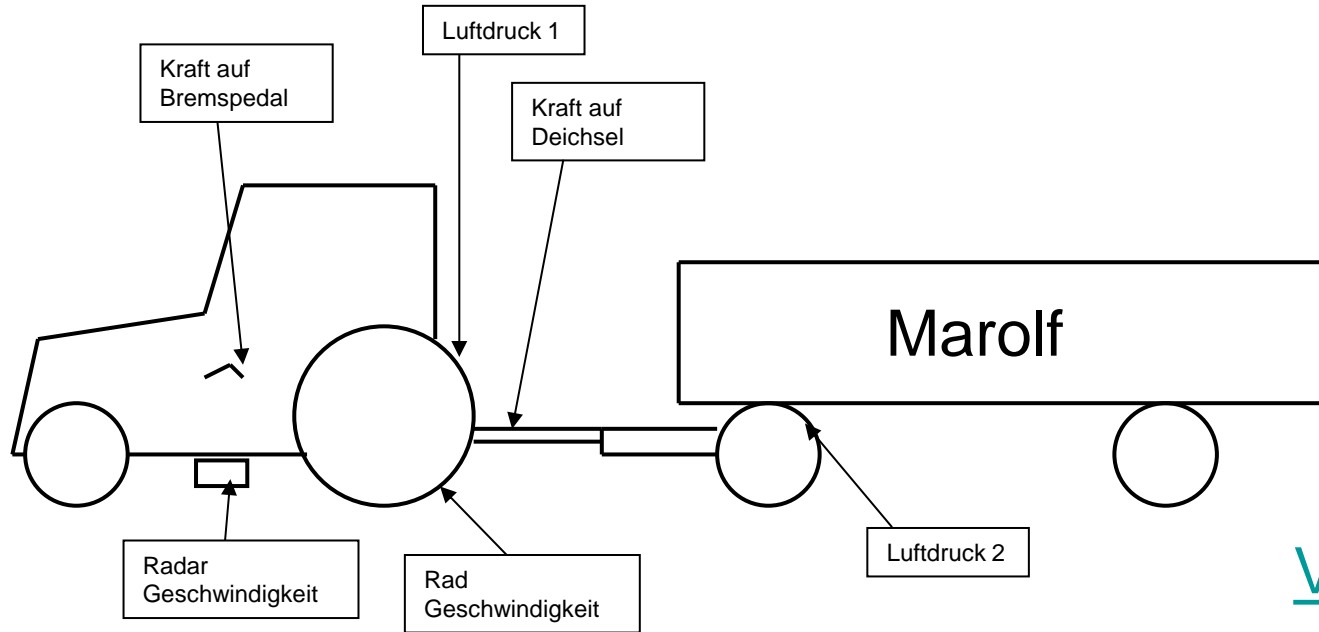
Einfluss der Deichselkraft auf Bremskräfte
Traktor 7000 kg



Bsp. Bei ca. 45 % Verzögerung und 30 kN auf Deichsel verliert Traktor Haftung (Gleitreibung)



Bremsversuche SMU, SLV, ART



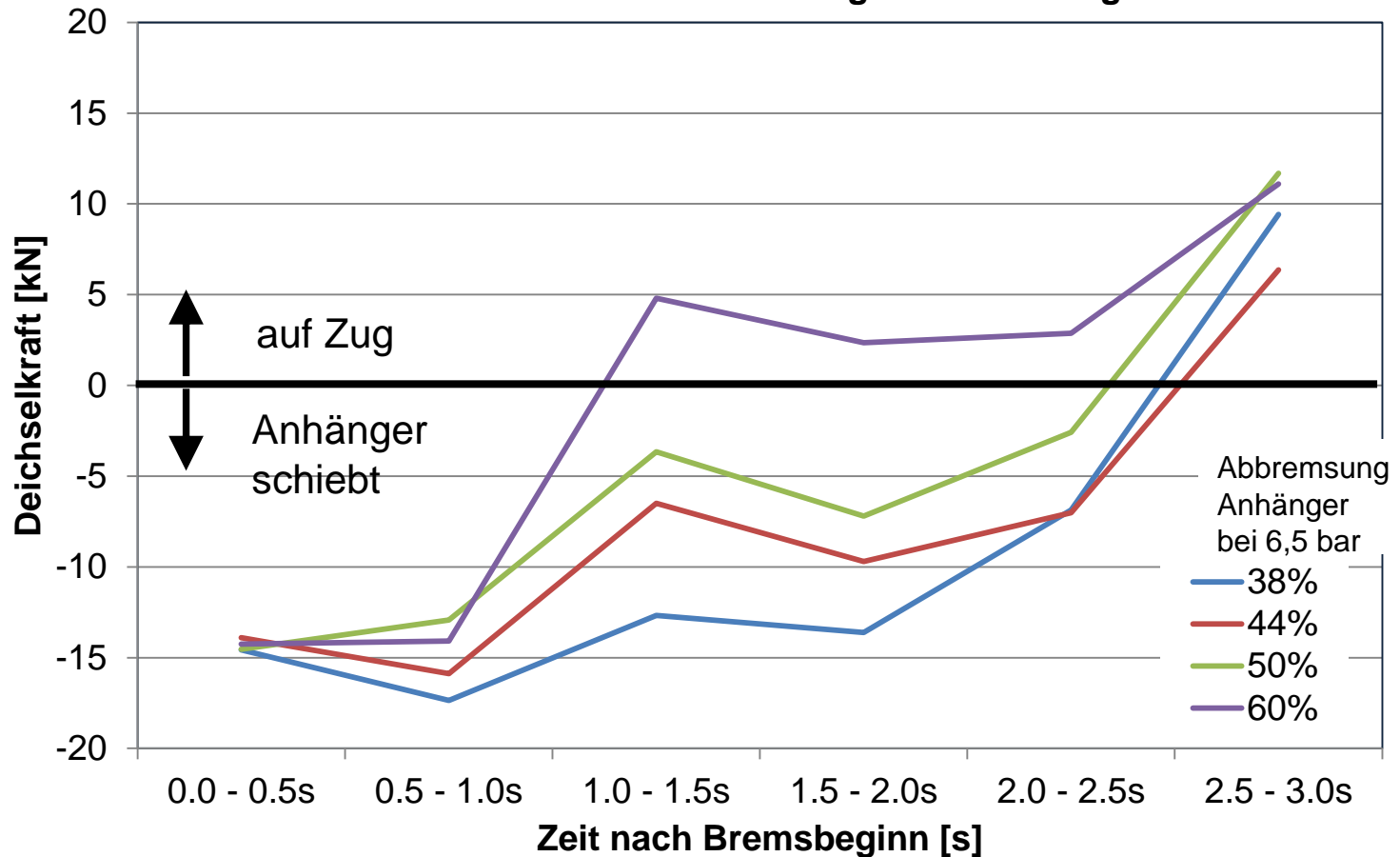
[Video](#)





Optimale Abstimmung zwischen Traktor und Anhänger wichtig

Abbremsung Traktor 50% bei 6,5 bar Aussteuerdruck und unterschiedlichen Abbremsungen des Anhängers

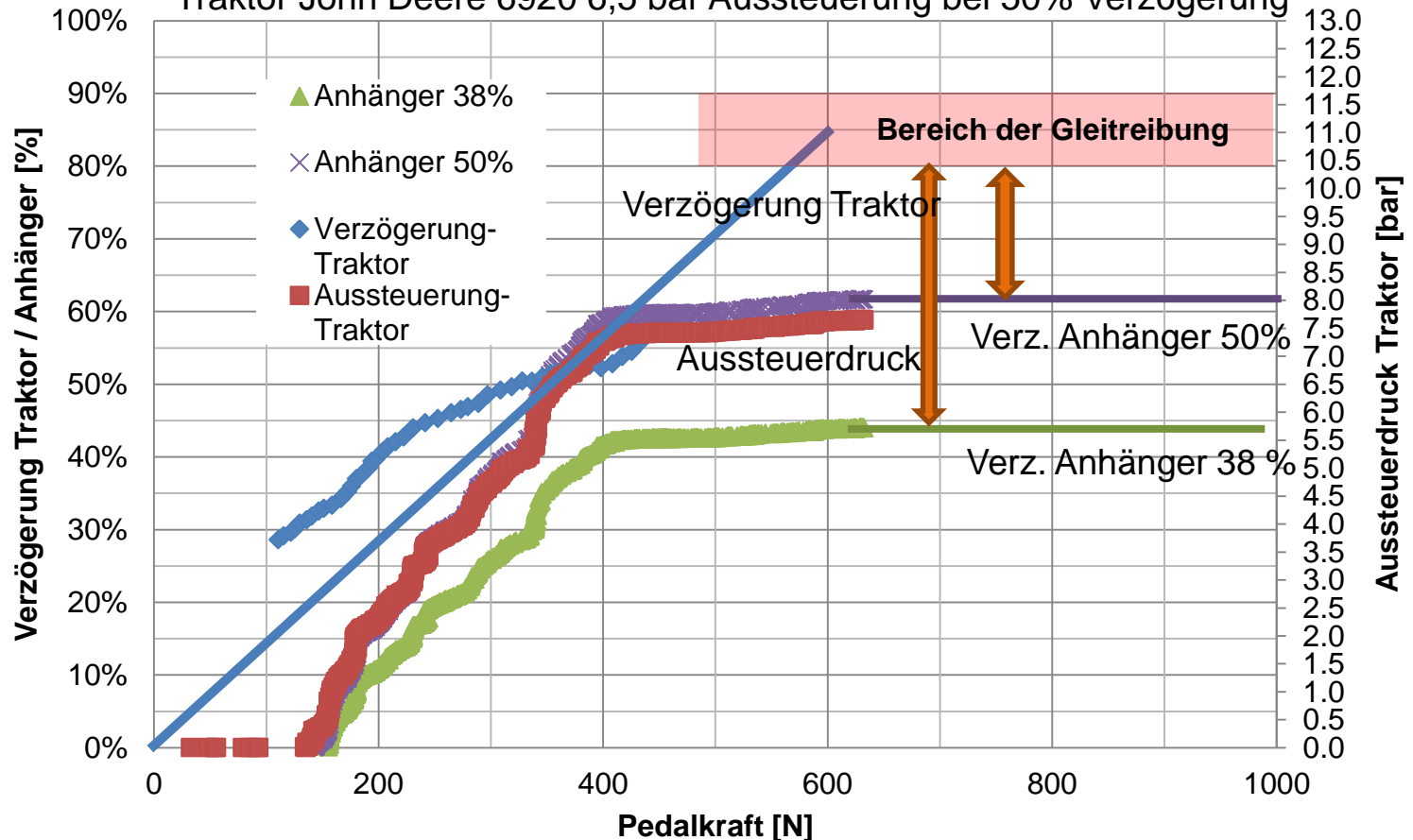




Traktor kann stärker Bremsen als Anhänger

Zusammenspiel Traktor Anhänger

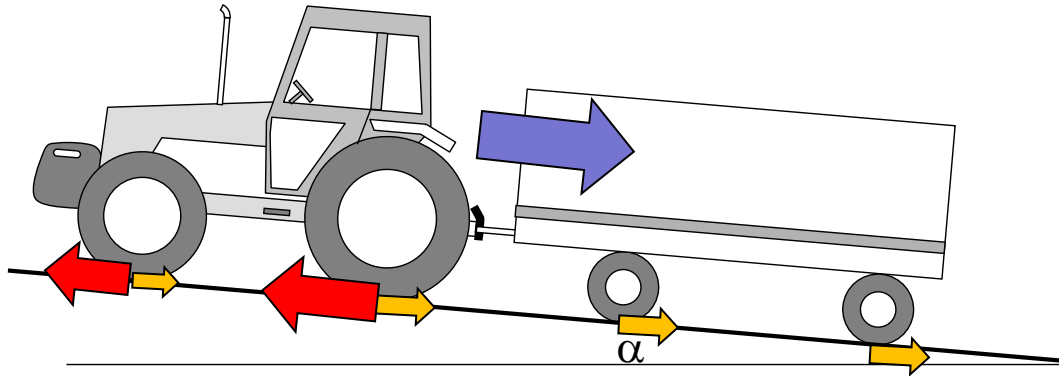
Traktor John Deere 6920 6,5 bar Aussteuerung bei 50% Verzögerung






→ Unterschiedliche maximale Verzögerungen = kritische Situation



Theoretische Betrachtung des Anfahrens am Hang



-  Rollwiderstand
-  Hangabtriebskraft
-  Anfahrkraft

Anfahrkraft > Hangabtriebskraft + Rollwiderstand

Gewicht Traktor [kg]	5000
Stützlast [kg]	0
Anhängelast [kg]	18611
Steigung [%]	15
Widerstandsbeiwert [-]	0.03
Haftreibungskoeffizient [-]	0.85
Gesamtgewicht [kg]	23611
Adhäsionsgewicht [%]	21%
Hangabtriebskraft [N]	34359
Rollwiderstand [N]	6872
Anfahrkraft [N]	41231



Messungen



Gewicht Traktor [kg]	3290 (mit Fahrer)
Stützlast [kg]	0 (Drehschemelanh.)
Anhängelast [kg]	12200
Gesamtgewicht [kg]	15490
Adhäsionsgewicht [%]	21%



Optimale Bedingungen

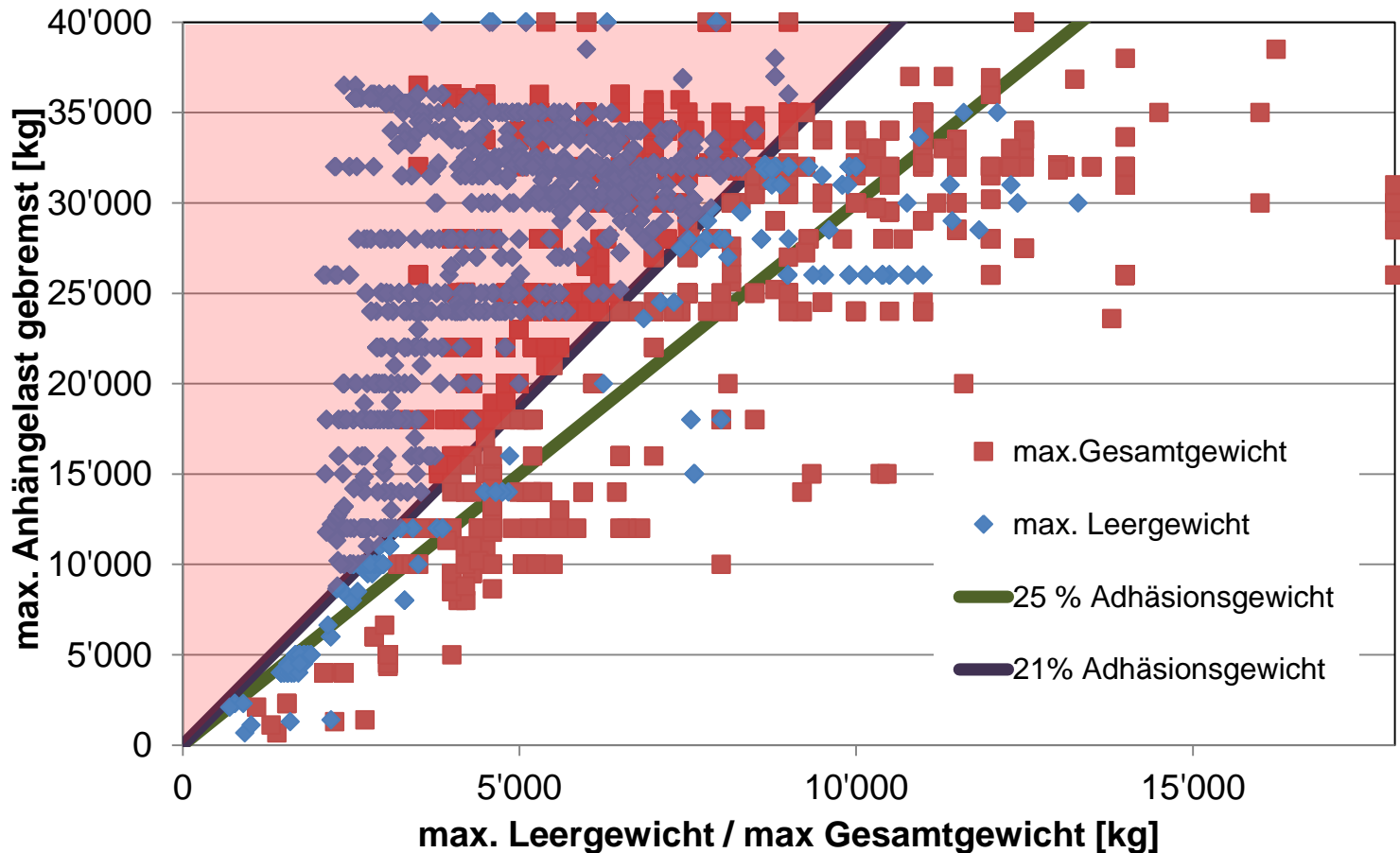
- Kein Rückrollen
- geringer Reifeninnendruck an Zugfahrzeug
- geringer Rollwiderstand Anhänger
- griffiger, sauberer und trockener Belag
- Geübter Fahrer

Achtung:

- **Strassenschäden**
- **kein sicheres Gefühl**

Traktoren haben hohe Anhängelasten

gebremste Anhängelast im Verhältnis zu Leergewicht und Gesamtgewicht



Übertragung von Stützlast auf den Traktor führt zu einer Verbesserung

Datenquelle: Typenscheine



Schlussfolgerungen

- Steigerung von 28 t / 30 km/h auf 40 t / 40 km/h hat starke Auswirkungen auf Bremskräfte und Bremsweg
- Physikalisch gesehen gerät Traktor bei Vollbremsungen bei tiefem Adhäsionsgewicht und schwacher Anhängerbremse in Gleitreibung.
- Unterschiedliche Verzögerungen von Traktoren und Anhänger wirken sich negativ aus.
- Lastenregelung beim Anhänger ist wichtig
- Anspruchsvolle Interessenabwägung:
Sicherheit - zusätzlichem Aufwand