

# Wir stellen uns dem Klimawandel

**Vortragsreihe:**

**Energieerzeugung: Windenergie**

**Saxenhammer / Hechenwang 26. Januar 2023**

**Referent: Wilhelm Lüdeker, Windach**

# Wir stellen uns dem Klimawandel

## Energieerzeugung: Windenergie

- **Grundlagen der Windenergienutzung**
  - Physik der Wind-Energie
  - Das Wirk-Prinzip der Windkraftanlage
  - Windkraftanlagen: Warum sehen die alle gleich aus?
- **Das Für und das Wider der Windenergie**
  - Schlagschatten
  - Infraschall
  - Vogelschlag
  - Von Eulen und Nachtigallen
- **Rahmenbedingungen**
  - Bürgerbeteiligung oder Großinvestor
  - Batteriespeicher / Power to Gas

# Wir stellen uns dem Klimawandel (Wind) Energie

$$E = \frac{1}{2} m * v^2$$

E = Energie [Ws bzw. Joule] (Bewegungs-Energie)  
m = Masse [kg] (des Objekts)  
v = Geschwindigkeit [m/s] (des Objekts)

## Am Beispiel einer Pistolenkugel

m = Masse [kg] 7,5 Gramm  
v = Geschwindigkeit [m/s] 400 Meter pro Sekunde

**gleich 600 Joule**

## ... und die Gewehrkugel

m = Masse [kg] 7,5 Gramm  
v = Geschwindigkeit [m/s] 800 Meter pro Sekunde

**gleich 2400 Joule**

Vergleich Abbruchhammer: 4 bis 35 Joule

# Wir stellen uns dem Klimawandel

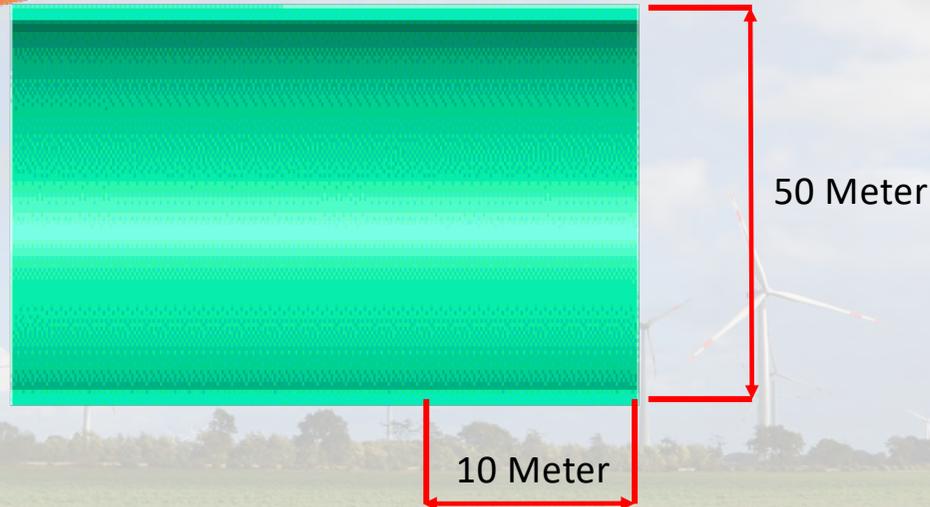
## Windenergie: Was ist die Masse des Windes?

Z.B. eine „**frische Brise**“:  $v = 10 \text{ m/s}$  entspricht  $36 \text{ km/h}$ , entspricht Windstärke 5

Querschnittsfläche der Röhre  $[A] = \Pi * (\text{Durchmesser} / 2)^2 = 3,14 * (50 / 2)^2 = 1963 \text{ m}^2 = \text{ca. } 0,2 \text{ ha}$

Länge der Luftsäule  $[L]: v * t = 10 \text{ m/s} * 1 \text{ s} = 10 \text{ m}$

Volumen einer 10 Meter langen Luftsäule  $[V] = A * L = 1963 \text{ m}^2 * 10 \text{ m} = 19630 \text{ m}^3$



Masse der Luftsäule  $[m] = V * \text{Luftdichte } [\rho = 1,2 \text{ kg/m}^3] = 23500 \text{ kg} = \mathbf{23,5 \text{ Tonnen}}$

# Wir stellen uns dem Klimawandel

## Windenergie

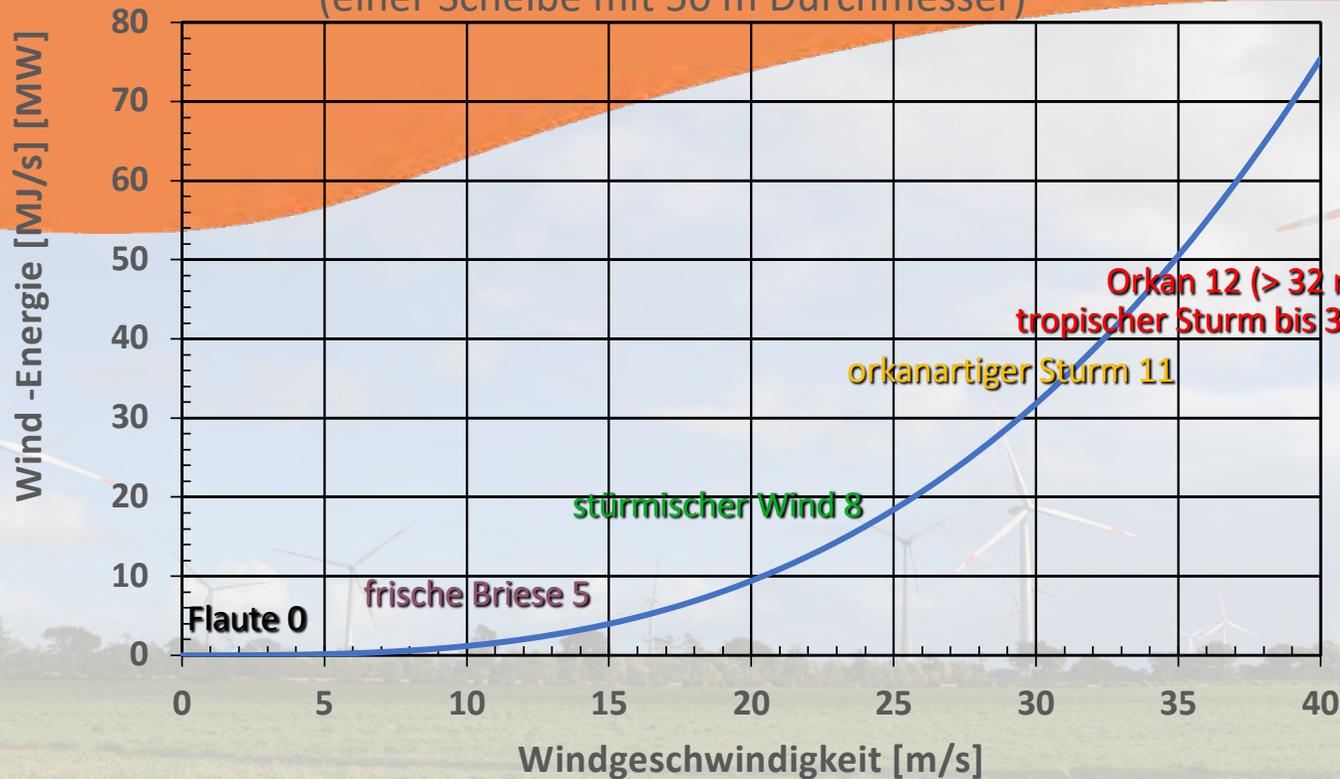
$$E_{\text{Wind}} = \frac{1}{2} * 23500 \text{ kg} * 100 \text{ m}^2/\text{s}^2 = \mathbf{1,18 \text{ MJ/s}}$$

(entspricht ca. 1,2 MW)

$$E \sim r^2 \text{ und } E \sim v^3$$

# Wir stellen uns dem Klimawandel

Wind-Energie / -Leistung  
(einer Scheibe mit 50 m Durchmesser)



Hurricane  
Kat 1 bis 42 m/s (90 MW)  
Kat 2 bis 49 m/s (120 MW)  
Kat 3 bis 59 m/s (140 MW)  
Kat 4 bis 69 m/s (390 MW)  
Kat 5 > 70 m/s (>400 MW)

Orkan 12 (> 32 m/s)  
tropischer Sturm bis 32 m/s

orkanartiger Sturm 11

stürmischer Wind 8

frische Briese 5

Flaute 0

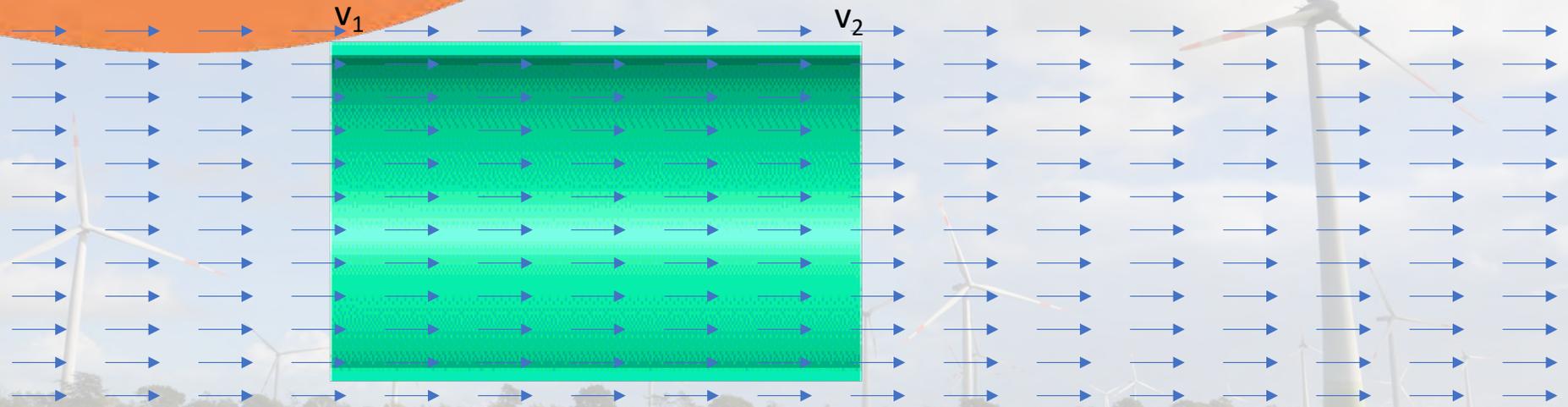
# Wir stellen uns dem Klimawandel

## Windenergie: Wie kann man die nutzen?

Man muss den Wind bremsen:

$$E(v_1) - E(v_2) = E_{\text{Entzug}}$$

Fall „1“: Die Windgeschwindigkeit am **Ein-** und **Ausgang** der Röhre sind **gleich**



d.h. dem Wind wurde in der Röhre **keine Energie entzogen**.

Die Apertur (Öffnung) ist **komplett offen**

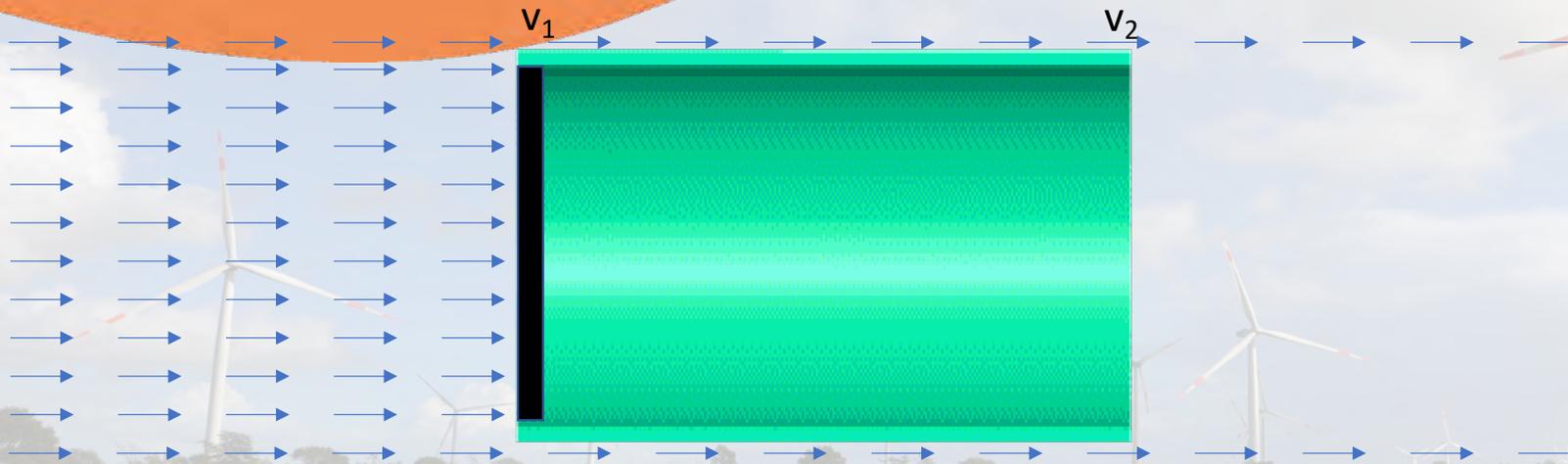
# Wir stellen uns dem Klimawandel

## Windenergie: Wie kann man die nutzen?

Man muss den Wind bremsen:

$$E(v_1) - E(v_2) = E_{\text{Entzug}}$$

Fall „2“: Die Windgeschwindigkeit am **Ein-** und **Ausgang** der Röhre sind **gleich** und **Null**



d.h. dem Wind wurde in der Röhre **keine Energie entzogen**.  
Die Öffnung ist **komplett geschlossen**

# Wir stellen uns dem Klimawandel Windenergie: Wie kann man die nutzen?

Man muss den Wind bremsen:

$$E(v_1) - E(v_2) = E_{\text{Entzug}}$$

Fall „3“: Die Windgeschwindigkeiten am **Ein-** und **Ausgang** der Röhre sind **nicht gleich**



d.h. dem Wind wurde in der Röhre **Energie entzogen**.  
Der Wind wird in der Röhre **gebremst**.

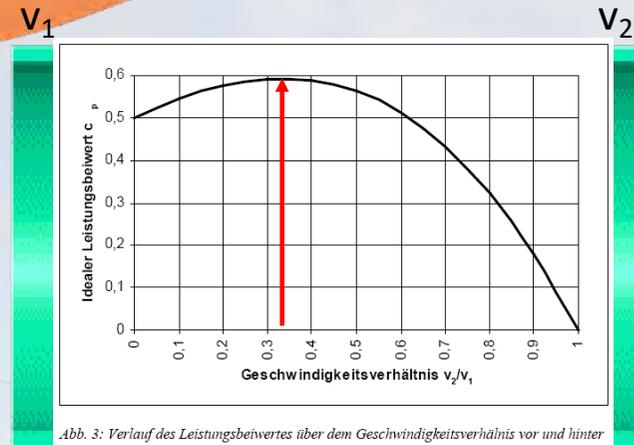
# Wir stellen uns dem Klimawandel Windenergie: Wie kann man die nutzen?

Man muss den Wind bremsen:

$$E(v_1) - E(v_2) = E_{\text{Entzug}}$$

Fall „3“: Die Windgeschwindigkeiten am **Ein-** und **Ausgang** der Röhre sind **nicht gleich**

... und wird erreicht wenn die Windgeschwindigkeiten hinter ( $v_2$ ) und vor ( $v_1$ ) der Röhre im Verhältnis 1:3 stehen.



Das ist das sogenannte „Betzsche Gesetz“

maximaler theoretischer Leistungsentzug  $P(\text{max}) = 59,3\%$  (Leistungsbeiwert)

# Wir stellen uns dem Klimawandel

## Windenergie: Wie kann man die nutzen?

Haben Sie was gemerkt?

**Die Windkraftanlage  
wurde bisher noch nicht  
einmal erwähnt!**