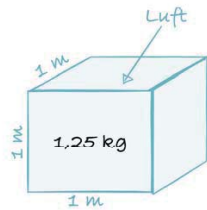


5.1 Energie in Wind



Luft „wiegt“ mehr als man denkt. Die Luftdichte beträgt grob $\rho = 1,25 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$. Für die Dichte verwendet man üblicherweise den griechischen Buchstaben ρ , also „rho“.

WIND IST BEWEGTE Luft, also bewegte Masse. Und bewegte Masse besitzt Bewegungsenergie, also kinetische Energie. Aber wie viel Energie ist im Wind enthalten? Hierzu müssen wir uns drei Dinge überlegen.

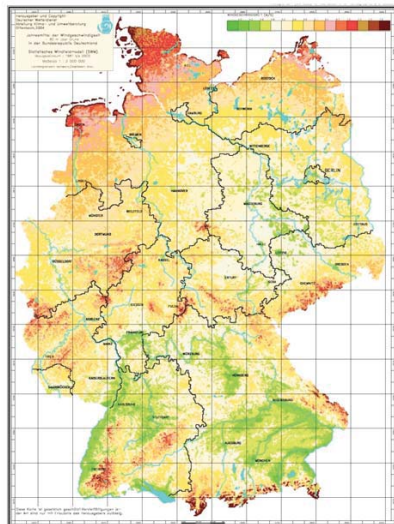
1. Wie viel wiegt ein Kubikmeter Luft?

Die Masse eines Kubikmeters Luft beträgt etwas mehr als ein Kilogramm. Bei 0°C haben wir 1,3 kg pro Kubikmeter. Bei 20°C haben wir 1,2 kg pro Kubikmeter. Lassen Sie uns mit dem Wert in der Mitte rechnen, also mit einer Luftdichte von $\rho = 1,25 \text{ kg pro Kubikmeter}$.

Für grobe Überschlagsrechnungen und als leicht zu merkende Zahl bietet sich die Faustregel an: „Ein Kubikmeter Luft hat eine Masse von 1 kg“. Das stimmt nicht ganz, aber fast. Wir werden aber den genaueren Wert benutzen.

Windkarte vom Deutschen Wetterdienst mit Durchschnittsgeschwindigkeiten in 80 m Höhe. [b21]
 Grün: $4 \frac{\text{m}}{\text{s}}$
 Gelb/Orange: $5-6 \frac{\text{m}}{\text{s}}$
 Rot: $> 7 \frac{\text{m}}{\text{s}}$

Für eine detaillierte Ansicht finden Sie diese Karte auch auf folgender Seite:



2. Wie schnell ist die Luft unterwegs?

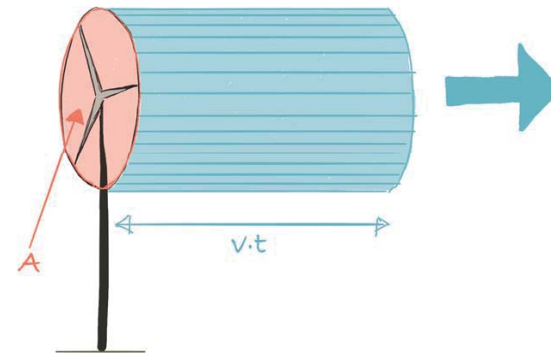
Jemand, der in Stuttgart wohnt, wird hier eine andere Antwort geben, als jemand in Wilhelmshaven. Werfen Sie ein Blatt in die Luft und beobachten Sie, wie schnell sich das Blatt von Ihnen entfernt. Ein Schwabe in Stuttgart wird selten Windgeschwindigkeiten von 20 Stundenkilometern beobachten, ein Friesländer sehr viel öfter.



Die Windgeschwindigkeit ist gleich der Geschwindigkeit, mit der ein Blatt davongeweht wird oder mit der ein Ballon fährt.

Später werden wir noch auf die Höhenabhängigkeit der Windgeschwindigkeit kommen, aber stellen wir uns zunächst einen Ort vor, an dem wir 20 Stundenkilometer haben, also 6 Meter pro Sekunde.

3. Wie viele Kilogramm Luft strömen durch die Rotorkreisfläche eines Windrades?



Die Rotorkreisfläche A ist die Fläche, die von den Rotoren bei einer Drehung überstrichen wird. Die Menge Luft, die durch so einen Reifen strömt, kann man sich als einen Schlauch vorstellen, der mit der Zeit immer länger wird.

Das Volumen des Schlauchs ist die Stirnfläche mal Länge, also $V = A \cdot v \cdot t$, wobei v die Geschwindigkeit der Luft ist.

Die Masse des Schlauchs ist dieses Volumen multipliziert mit der Luftdichte:
 $m = A \cdot v \cdot t \cdot \rho$.

Stellen wir uns zunächst das Windrad als Hula-Hoop-Reifen vor. Stellen Sie sich nun vor, dass die Luft, die in den vergangenen Sekunden durch den Reifen geströmt ist, blau ist. Wir haben dann einen blauen Schlauch der mit der Zeit immer länger wird.

Das Volumen des Schlauchs multipliziert mit der Luftdichte gibt uns die Masse (in kg) der Luft, die