

## Habt ihr schon gewusst ... 51 ... Energieerhaltung

---



Diese Windräder kennt man aus Filmen und ist vielleicht überrascht, dass man sie auf Farmen tatsächlich findet. Neben dem Windrad findet man einen Wasserfass und eine Tiertränke. Diese Art Anlagen sind mit keinen elektrischen Leitungen verbunden.

Mit dieser „Alltagsanwendung“ in den USA könnte man folgende Fragestellungen verknüpfen ... bzw. als Anlass für eine GFS verwenden:

1. Wie funktioniert dieses Windrad ( ... warum dreht es sich überhaupt im Wind ...)? Welche Rolle spielt der vertikal stehende Flügel an dem Windrad (... was würde wohl passieren, wenn er nicht vorhanden wäre ...)?
2. Wozu wird bei dieser Anlage wohl die „Windenergie“ genutzt?
3. Welche Rolle spielt bei dieser Anlage das „Strom-Antriebs-Widerstands-Konzept“?
4. Diskutiere die Funktionsweise dieser Anlage im „Energiebild“!
5. Wie aus dem bisherigen Unterricht bekannt ist, „fließt“ Energie niemals alleine. In dieser Anlage wird die Energie, die mit dem Wind „angeliefert“ wird in andere Energieformen umgewandelt ... oder in der anderen Sprechweise: Die Energie wechselt den Partner, der zusammen mit ihr durch die Anlage fließt. Erstelle für diese Anlage ein Energieflussbild, bei dem immer auch die jeweilige andere physikalische Größe – die Partnergröße ( ... oder in der anderen Sprechweise: der Energieträger ...) angegeben wird.
6. In der Prärie, wo man diese Windräder häufig findet, weht im Prinzip ständig ein hinreichend starker Wind. Warum spielt es bei dieser Anlage eine untergeordnete Rolle, wenn der Wind für einige Stunden aussetzen sollte?

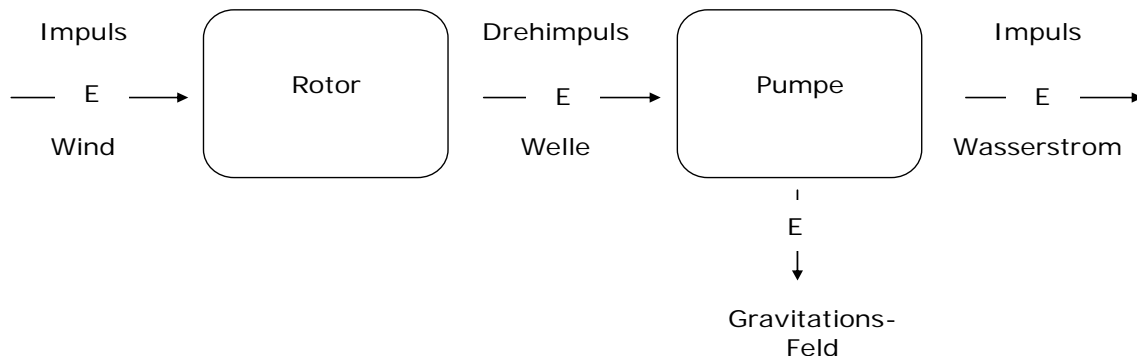
## SI-GFS-Niveau

1. Wie funktioniert dieses Windrad ( ... warum dreht es sich überhaupt im Wind ...)? Welche Rolle spielt der vertikal stehende Flügel an dem Windrad ( ... was würde wohl passieren, wenn er nicht vorhanden wäre ...)?
  - ✚ Die Luftströmung (Wind) trifft auf die Rotorblätter und wird dort reflektiert. Dabei wird ein Teil des Impulses der Luftströmung auf die Rotorblätter übertragen<sup>1</sup>. Diese Impulsübertragung auf die Rotorblätter führt zu einer Drehung der Rotorblätter ( ... führt zu einem Drehmoment, das den Rotor in Bewegung setzt ... bzw. in Bewegung hält ...)
  - ✚ Die Windenergie wird am Windrad in Rotationsenergie des Rades umgewandelt.
  - ✚ Die Energie wird am Windrad vom Wind als Energieträger auf den Drehimpuls umgeladen.
  - ✚ Im Wind strömt die Energie zusammen mit Impuls; am Windrad wechselt die Partnergröße ... denn die Energie fließt nach der Übertragung auf das Windrad zusammen mit Drehimpuls ...
  - ✚ Der vertikal stehende Flügel bewirkt, dass der Rotor mit seiner Drehachse immer automatisch in den Wind gedreht wird. In jeder anderen Stellung des Rotors würde das Drehmoment auf diesen Flügel dazu führen, dass sich der Kopf der Windanlage so dreht, dass diese „Sollstellung“ eingenommen wird.
2. Wozu wird bei dieser Anlage wohl die „Windenergie“ genutzt?

Die Windenergie wird in diesen Anlagen dazu verwendet, eine Wasserpumpe anzutreiben, die Grundwasser aus der Tiefe in das Wasserfass zu pumpen.
3. Welche Rolle spielt bei dieser Anlage das „Strom-Antriebs-Widerstands-Konzept“?

Da der Grundwasserspiegel erhebliche tiefer liegt als der Wasserspiegel im Wasserfass, muss die Pumpe eine Druckdifferenz aufbauen, die größer ist als dieser hydrostatische Druck. Die Druckdifferenz muss „größer“ sein als der hydrostatische Druck, weil bei den vorhandenen Strömungswiderständen in den Leitungen für einen Wasserstrom auch ein entsprechender Antrieb (Druckdifferenz) notwendig ist.
4. Diskutiere die Funktionsweise dieser Anlage im „Energiebild“!

Die Energie kommt mit dem Wind (Partnergröße: Impuls) an ... trifft auf den Rotor ... wird in Rotationsenergie umgewandelt (Partnergröße: Drehimpuls). In der Wasserpumpe wird diese Energie dazu genutzt, das Wasser anzuheben (Lageenergie) und eine Wasser-Strömung (Bewegungsenergie ... Partnergröße: Impuls) aufrecht zu erhalten.<sup>2</sup>
5. Wie aus dem bisherigen Unterricht bekannt ist, „fließt“ Energie niemals alleine. In dieser Anlage wird die Energie, die mit dem Wind „angeliefert“ wird in andere Energieformen umgewandelt ... oder in der anderen Sprechweise: Die Energie wechselt den Partner, der zusammen mit ihr durch die Anlage fließt. Erstelle für diese Anlage ein Energieflussbild, bei dem immer auch die jeweilige andere physikalische Größe – die Partnergröße angegeben wird.



6. In der Prarie, wo man diese Windräder häufig findet, weht im Prinzip ständig ein hinreichend starker Wind. Warum spielt es bei dieser Anlage eine untergeordnete Rolle, wenn der Wind für einige Stunden aussetzen sollte?

Die Wasserfässer neben der Windanlage haben ein so großes Fassungsvermögen, dass sie gewissermaßen als Buffer dienen, wenn einige Stunden kein Wind wehen sollte.

<sup>1</sup> ... eventuell hilft hier die Wiederholung der Darstellung der Impulsübertragung bei der Reflexion eines Balles unter einem Auftreffwinkel von 45°

<sup>2</sup> ... wieder treffen wir auf die „Fallrohrproblematik“, die wir an anderer Stelle schon diskutiert haben. So stellt sich natürlich auch hier die Frage: Dürfen wir so tun, als ob die Energie in der Wasserpumpe in einem Zwischenschritt als Energie pro Volumen (also als Druck) auftritt ... wenn man doch bedenken muss, dass Wasser so gut wie kaum kompressibel ist ... ☺

## **Analoge Fragestellungen bei Windkraftanlagen ...**

---

Windkraftparks umfassen in den USA – z.B. vor den Toren von Palm Springs – über 30 Module, die aus jeweils 15 bis 20 Einzelmasten bestehen.



**Windkraftanlagen vor den Toren von Palm Springs - USA**