



smart  science

NACHHALTIG TANKEN

WORKBOOK



GEFÖRDERT VOM



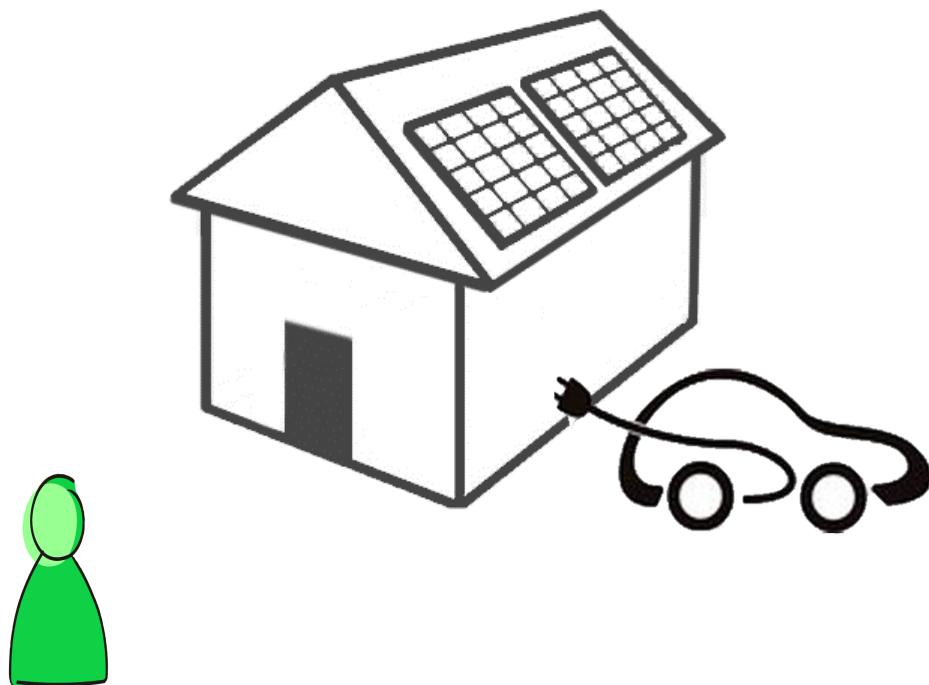
Die Drivemanns und ihr Elektroauto



Sonne tanken

Familie Drivemann will ein Elektroauto anschaffen. Da sie sehr umweltbewusst denkt, will sie die Energie zur Versorgung des Autos mit einer Solaranlage auf ihrem Hausdach bereitstellen. Dann müssten sie keinen Strom mehr aus dem normalen Netz kaufen.

An einem schönen sonnigen Sommertag scheint das sehr realistisch. Aber reicht deswegen eine Solaranlage für den Betrieb des Elektroautos tatsächlich aus? Oder müssen die Drivemanns in ihrer Entscheidung noch weitere Aspekte bedenken?



Kann es funktionieren?

Die Stadt Münster möchte gerne möglichst viele Haushalte auf Solarstrom umrüsten. Aber dafür muss auch einiges bedacht werden. Familie Drivemann lädt die Energieberaterin der Stadtwerke Münster zu sich ein.

Es ist gerade der kürzeste Tag des Jahres – der 21. Dezember. Vater Jürgen führt die Messung auf dem Hausdach am Morgen zusammen mit der Energieberaterin durch.

Sie messen die Sonneneinstrahlung, die mögliche Größe der Anlage und den Neigungswinkel des Dachs. Die Energieberaterin gibt die Werte in ihr Handy ein.



Aufgabe 1

Bearbeitet folgende Aufgaben und ladet eure Antworten ins padlet (QR-Code, Passwort: Physik) hoch.

- Nennt den Leistungswert, den die Anlage für das Elektroauto liefern müsste.
- Beschreibt, wie die Beraterin Herrn Drivemann wegen der niedrigen Leistung beruhigt.



HIER QR-CODE EINFÜGEN

Hochladen der Ergebnisse



Die erste Messung

Ein Modell steht Pate

In der nächsten Woche besucht Familie Drivemann das Forschungszentrum für Elektromobilität. Sie bekommen ihr Haus als kleineres **Modell** mit einer Solarzelle auf dem Dach und können damit nun die Messungen durchführen.



Solarzelle

Experimentieren mit **phyphox**

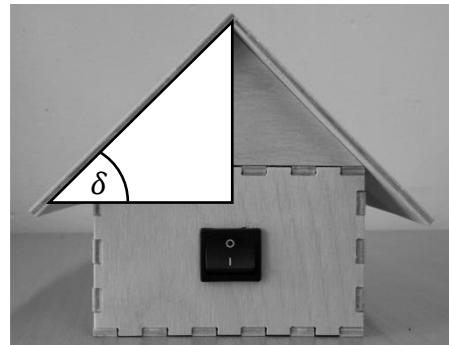


Mit der App **phyphox** könnt ihr verschiedene Experimente mit euren Smartphones durchführen und auswerten.

Heute werdet ihr die Funktionen **Neigung** und **Licht (Beleuchtungsstärke)** benötigen.
Öffnet die App auf eurem Smartphone. Bestimmt die in der Tabelle angegebenen Werte.

Hinweis
Bei iPhones funktioniert die Licht-Messung nicht.

Dachneigung δ in Grad ($^{\circ}$)	
Beleuchtungsstärke I im Raum in Lux (lx)	
Ausrichtung der Dachfläche (Himmelsrichtung)	



Tipp

Die Ausrichtung des Hauses könnt ihr online aus einer Karte ablesen (QR-Code).



Kartenmaterial

Info

Die Drivemanns sind nicht die Einzigen, die in Deutschland auf Solarenergie setzen: Schon jetzt sind so viele Solaranlagen auf privaten Häusern, Firmendächern und auf größeren Kraftwerken installiert, dass im Jahresdurchschnitt schon ca. 8,2 % der Stromversorgung durch Solarenergie gedeckt werden!

**Experimente zu *phyphox* hinzufügen**

Mit ***phyphox*** kann man auch elektrische Leistungen messen:

Dafür müsst ihr das Experiment „Solarzelle“ mithilfe des (+) - Symbols in der App hinzufügen. Falls ihr dabei ein Problem habt, könnt ihr die Anleitung hinter den QR-Codes nutzen.



phyphox Anleitung

phyphox Anleitung
Video**Vom Modell zum eigenen Haus**

Wenn Familie Drivemann nun mit dem Modellhaus misst, kommen dabei andere Ergebnisse heraus als bei ihrem richtigen Haus.

Mithilfe des Umrechnungsfaktors U können sie aber abschätzen, ob die Leistung auch bei ihrem echten Haus für das Laden des Elektroautos genügt.

Hinweis

Die elektrische Leistung gibt an, wie viel Sonnenenergie pro Stunde in elektrische Energie umgewandelt wird

 $P \approx 0,011 W$

Umrechnungsfaktor



Echtes Haus

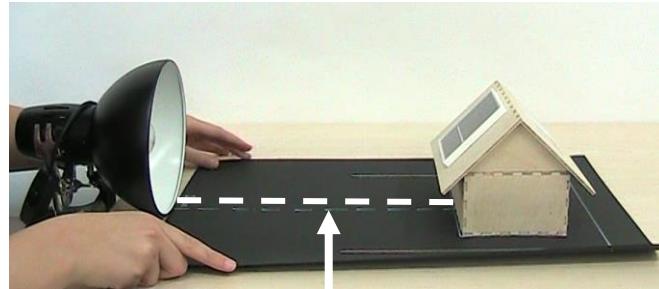


Die erste Messung



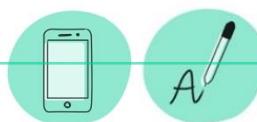
Vorbereitung

Klemmt den Schirm eurer Lampe in die Halterung am Tisch. Stellt euer Modellhaus so auf die (dunkle) Fläche, dass die Solarzelle nach Süden (zur Lampe) zeigt. Die Lampe soll **30 cm** vom Haus entfernt sein.
Im Video wird euch der Aufbau auch gezeigt.



Zum Vergleich: Ein DIN A4-Blatt hat etwa eine Länge von 30 cm.

Durchführung:



Schaltet die Lampe ein. Messt mithilfe von **phyphox** die Leistung der Solarzelle. Notiert euer Ergebnis in der Tabelle.

Tipp:

Den Referenzwert haben die Beraterin und Herr Drivemann gemeinsam bestimmt (s. „Die Drivemanns und ihr Elektroauto“).

Hinweis:

Der **Umrechnungsfaktor U** ist gleich dem Referenzwert R durch den gemessenen Wert G:

$$U = R \div G$$

$$U = R \div G$$

Gemessener Wert G in Watt (W)	<input type="text"/>
----------------------------------	----------------------

Referenzwert R in Watt (W)	<input type="text"/>
-------------------------------	----------------------

Welchen Wert hat
der Umrechnungsfaktor U?



Die Drivemanns warten, bis die Beraterin der Stadtwerke ihnen bestätigt, dass ihr Umrechnungsfaktor stimmt.

Experimentierphase A – Wolken



Durchführungsvideo



Aufgabe A:

In Münster gibt es nicht nur Sonnentage. Wenn sich Wolken vor die Sonne schieben, hat das auch einen Einfluss auf die Leistung von Solaranlagen. Untersucht den Einfluss von Wolken auf die Leistung!

Vorbereitung:

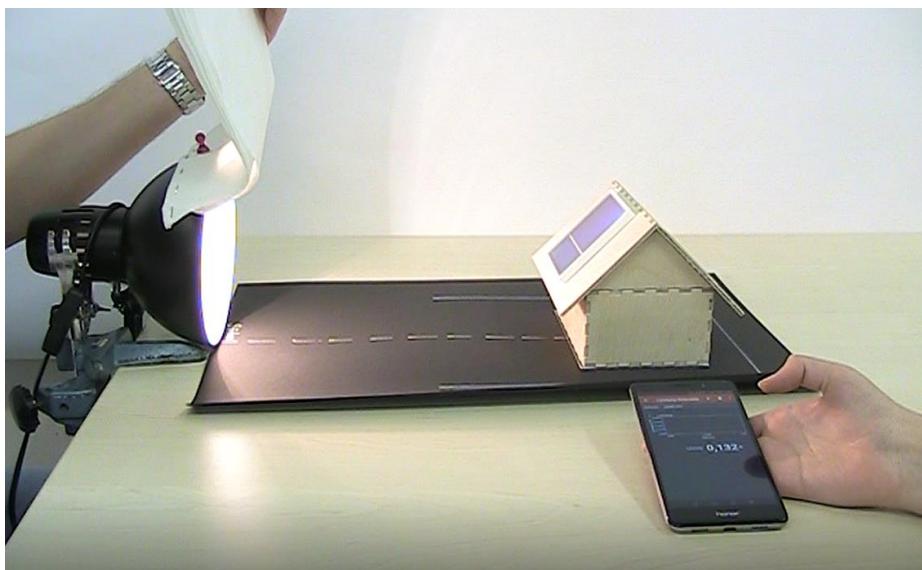
Lasst den Schirm eurer Lampe in der Halterung am Tisch. Stellt das Haus in **30 cm** Entfernung so vor die Lampe, dass die Solarzelle direkt beleuchtet wird.

Die Dichte der Wolkendecke stellen wir mit Butterbrotpapier nach: Je mehr Butterbrotpapier, desto dichter die Wolken.



Durchführung:

Schaltet die Lampe ein. Messt mithilfe von **phyphox** die Leistung der Solarzelle ohne Wolken am Himmel (kein Filter). Notiert euer Ergebnis in der Tabelle. Befestigt dann eine Filterfolie an der Lampe und wiederholt die Messung. Erhöht die Anzahl der Folien weiter, bis ihr bei sechs Folien angekommen seid.
Achtung: Ihr dürft die Position der Lampe dabei nicht verändern!

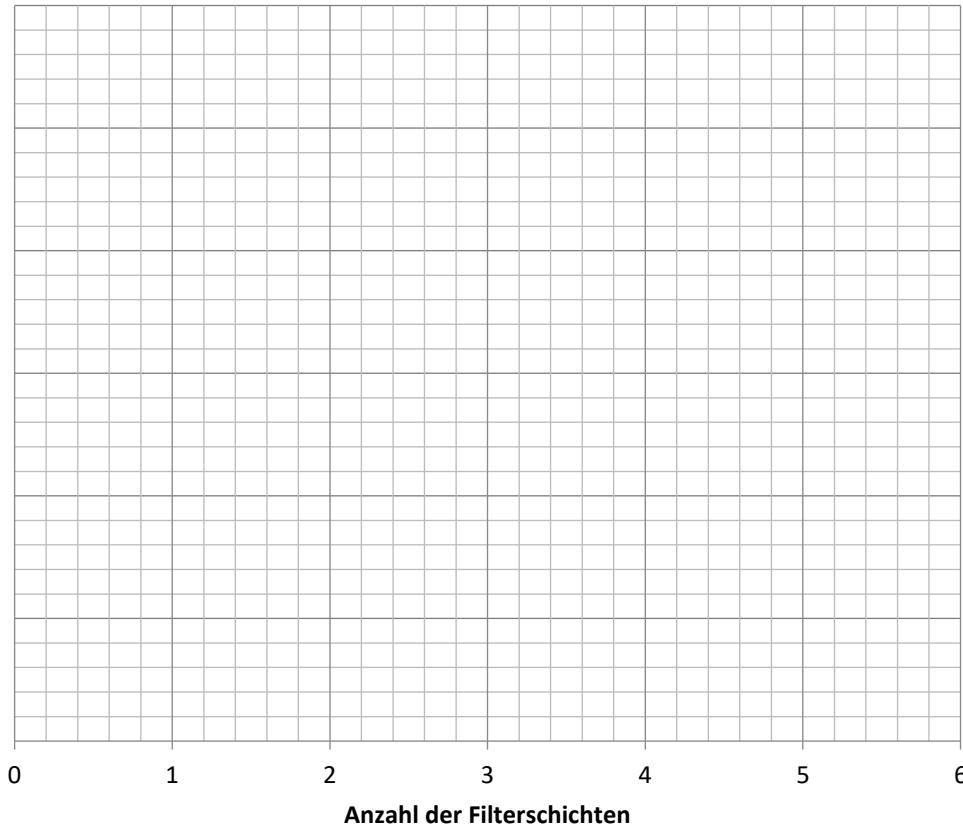


Anzahl Filterschichten	0	1	2	3	4	5	6
Leistung P der Solarzelle in Watt (W)							

Übertragt eure Messwerte in das Koordinatensystem.
Beschriftet auch die y-Achse (Leistung) mit passenden Zahlenwerten.



Leistung P der Solarzelle in W



Ergänzt die Sätze unten mit folgenden Wörtern:

Licht geringer dichter Filter

Unser Ergebnis:

Je mehr _____ man nutzt, desto _____ ist die Leistung der Solarzelle.

denn:

Je _____ die Wolken am Himmel sind, desto weniger _____ fällt auf die Solarzelle.



Welche Leistung brauchen sie laut Hr. Drivemann, um das Auto zu laden?

Welche Leistung G müssen die Drivemanns im Forschungszentrum messen, damit sie mit einer Solaranlage auf ihrem Dach ihr Auto laden könnten?

$$G = R \div U$$



Recherche



Die Anzahl der Filterfolien steht auch für unterschiedliche Arten von Wolken. Auf den drei Fotos unten seht ihr drei verschiedene Wolkenarten.

- Recherchiert im Internet, um welche Wolkenart es sich handelt. Auf der Seite „emobilitaet-erfahren.de“ findet ihr auch die Anzahl von Filtern, deren Dichte der Wolkenart ungefähr entspricht.
- Entscheidet für jeden der drei Fälle, ob sich das Elektroauto an einem solch bewölkten Tag laden ließe oder nicht.



Wolkenart: _____

Anzahl Filter: _____

Bei dieser Bewölkung ist es

- möglich
- nicht möglich

das Elektroauto zu laden.



Wolkenart: _____

Anzahl Filter: _____

Bei dieser Bewölkung ist es

- möglich
- nicht möglich

das Elektroauto zu laden.



Wolkenart: _____

Anzahl Filter: _____

Bei dieser Bewölkung ist es

- möglich
- nicht möglich

das Elektroauto zu laden.

Extra für Schnelle und Interessierte: Wie Meteorologen Bewölkung angeben

Meteorologen beschäftigen sich unter anderem damit, wie sich das Wetter entwickelt. In den Wettervorhersagen werden aber nicht die Wolkentypen genannt, die am nächsten Tag den Himmel bedecken. Das würde niemandem helfen: Denn eine kleine Cumulonimbuswolke hat einen anderen Einfluss auf das Sonnenlicht und das sonstige Wetter als ein ganz mit Cirruswolken bedeckter Himmel.

Fachleute geben die Bewölkung stattdessen in **Achteln** an. Sie beschreiben so, wie groß der Teil des Himmels ist, der von Wolken bedeckt ist (s. Graphik rechts).

Dabei ist null Achtel ($\frac{0}{8}$) der Wert für einen **wolkenlosen** Himmel.

Bewölkt heißt der Himmel erst, wenn er mehr als zur Hälfte mit Wolken bedeckt ist. Der Wert ist dann ($\frac{5}{8}$). Sieht man den Himmel nicht mehr, ist er **bedeckt**: ($\frac{8}{8}$).

Bedeckung	Bezeichnung	Symbol
0/8	wolkenlos	
1/8	sonnig	
2/8	heiter	
3/8	leicht bewölkt	
4/8	wolkig	
5/8	bewölkt	
6/8	stark bewölkt	
7/8	fast bedeckt	
8/8	bedeckt	

Warum ist das wichtig?

Für die Familie Drivemann kann es in Zukunft wichtig sein, auf den Wetterbericht zu hören, wenn sie ihr Elektroauto laden wollen: Sie haben im Forschungszentrum erfahren, welchen Einfluss Wolken auf die Leistung von Solarzellen haben können.

Überlegt in eurer Gruppe: Ist es für die Leistung von Solarzellen besser, wenn der Himmel mit Cirruswolken bedeckt ist oder wenn er mit Cumuluswolken bewölkt ist?

Unsere Vermutung:

Wenn man sein Elektroauto laden will, ist es besser, wenn der Himmel...

- ...mit Cirruswolken vollständig bedeckt ist.
- ...leicht mit Cumuluswolken bewölkt ist.

Findet in der nächsten Station mehr über die Wolken heraus!

Experimentierphase B – Direkte und diffuse Strahlung

Wenn Licht in verschiedene Richtungen zurückgestrahlt wird, spricht man von **Streuung**. Wird es in eine Richtung zurückgestrahlt, nennt man das **Reflexion**.

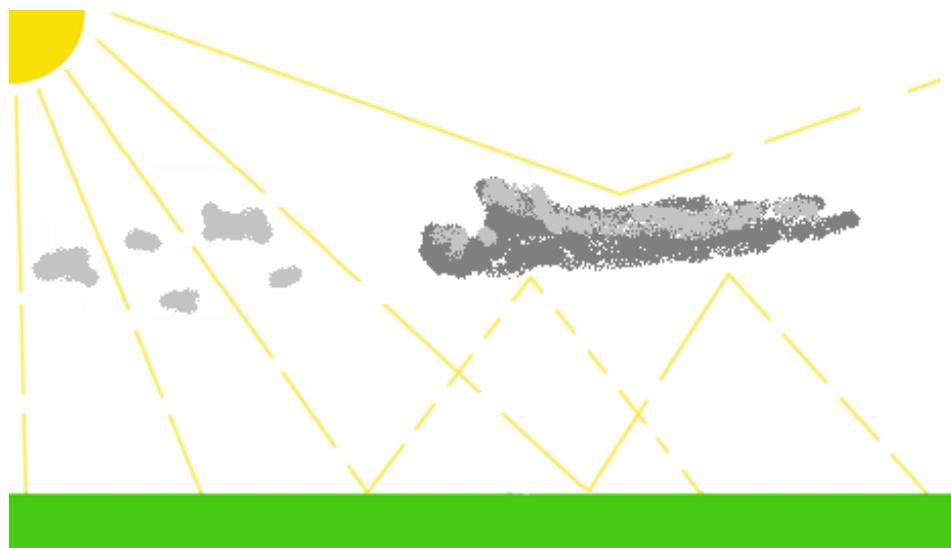
Aufgabe B:



Wolken verringern die Strahlung, die auf die Erde trifft. Sie verursachen aber auch noch einen anderen (positiven) Effekt: Die **Streuung**.

Sonnenlicht gelangt auf die Erde und wird dort zum Teil wieder nach oben zurückgestreut (1). Sind am Himmel Wolken, streuen sie das Licht wiederum auf die Erde zurück (2).

Ein dunkler Untergrund (z.B. eine Straße) verringert dabei die Lichtintensität mehr, als ein heller Untergrund es tut. Ein wolkenloser Himmel streut gar kein Licht zurück auf den Boden.



Im Experiment stellen wir den Boden von Münster mit einem dunklen Untergrund dar und den hell bewölkten Himmel mit einem weißen Kasten, den man über das Haus stellen kann.

Vorüberlegung zum Material



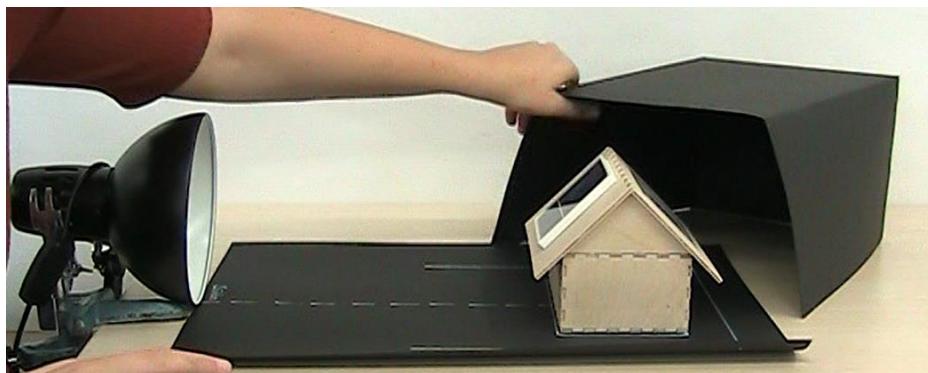
Welchen Untergrund und welchen Kasten als Himmel müsste man für ein Experiment wählen, wenn man einen bewölkten Tag im verschneiten Münster darstellen möchte? Markiert die richtige Auswahl und begründet sie!

Man braucht einen (hellen / dunklen) Untergrund und einen

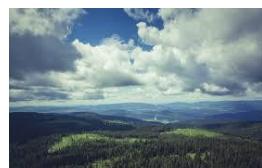
(hellen / dunklen) Kasten als Himmel, weil _____

Vorbereitung:

Stellt das Haus auf die markierte Position auf den dunklen Untergrund. Platziert dann den dunklen Kasten (Stratusbewölkung) über dem Haus.
Im Video könnt ihr den Aufbau auch sehen.

**Durchführung:**

Schaltet die Lampe ein. Messt mithilfe von **phyphox** die Leistung der Solarzelle. Wiederholt die Messung mit hellem Untergrund und hellem Kasten. Notiert euer Ergebnis in der Tabelle.



Situation	1	2	3
Farbe Untergrund	Boden (dunkel)	Boden (dunkel)	Schnee
Farbe Kasten	Statuswolken (dunkel)	Cirruswolken (hell)	Cirruswolken
Leistung P der Solarzelle in Watt (W)			
Laden des Elektro-autos möglich?			

Tipp für die letzte Zeile:

Erinnert euch an den Wert, den die Drivemanns mindestens im Forschungszentrum messen müssen, damit sie ihr Elektroauto in der Realität laden können! (vgl. Experimentierphase A).





Regentage Münster

Was bedeutet das für die Drivemanns?

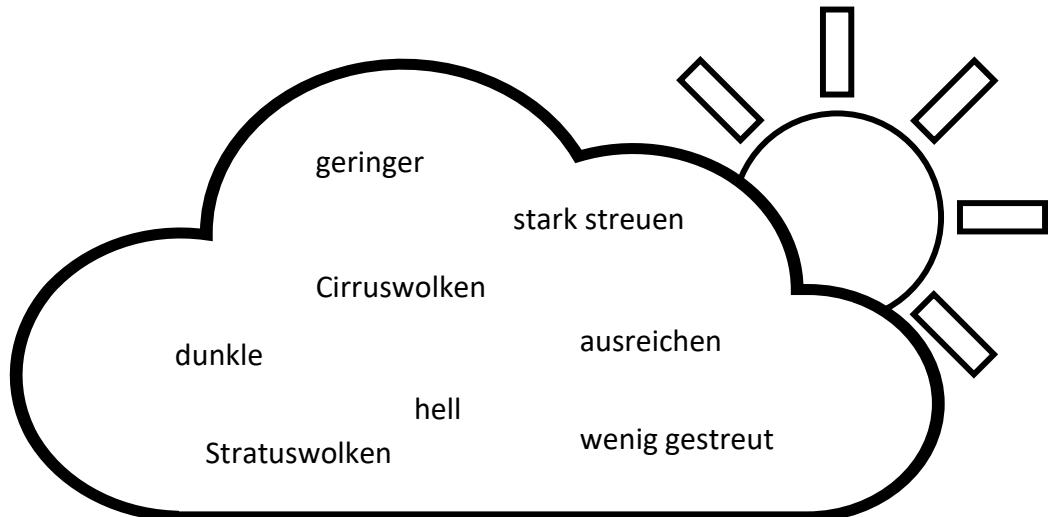
Recherchiert, wie viele Regentage es in Münster gibt. Vervollständigt den Lückentext.

Die Worte aus Wortwolke können euch helfen.

Es gibt pro Jahr etwa _____ Regentage in Münster.

Regenwolken sind häufig _____. Das sind sehr _____. Wolken, die Licht besonders _____. Deswegen ist die Leistung der Solaranlage an solchen Tagen _____ als an Sonnentagen.

Aber an Regentagen kann es auch nur kurz regnen. Dann ist der Himmel den restlichen Tag über entweder wolkenlos oder z.B. mit _____ bewölkt. Diese Wolken sind _____ und das Licht wird _____. Deswegen kann die Leistung auch an Regentagen _____.



Experimentierphase C – Die Sonne „wandert“ im Laufe des Tages (Azimut)

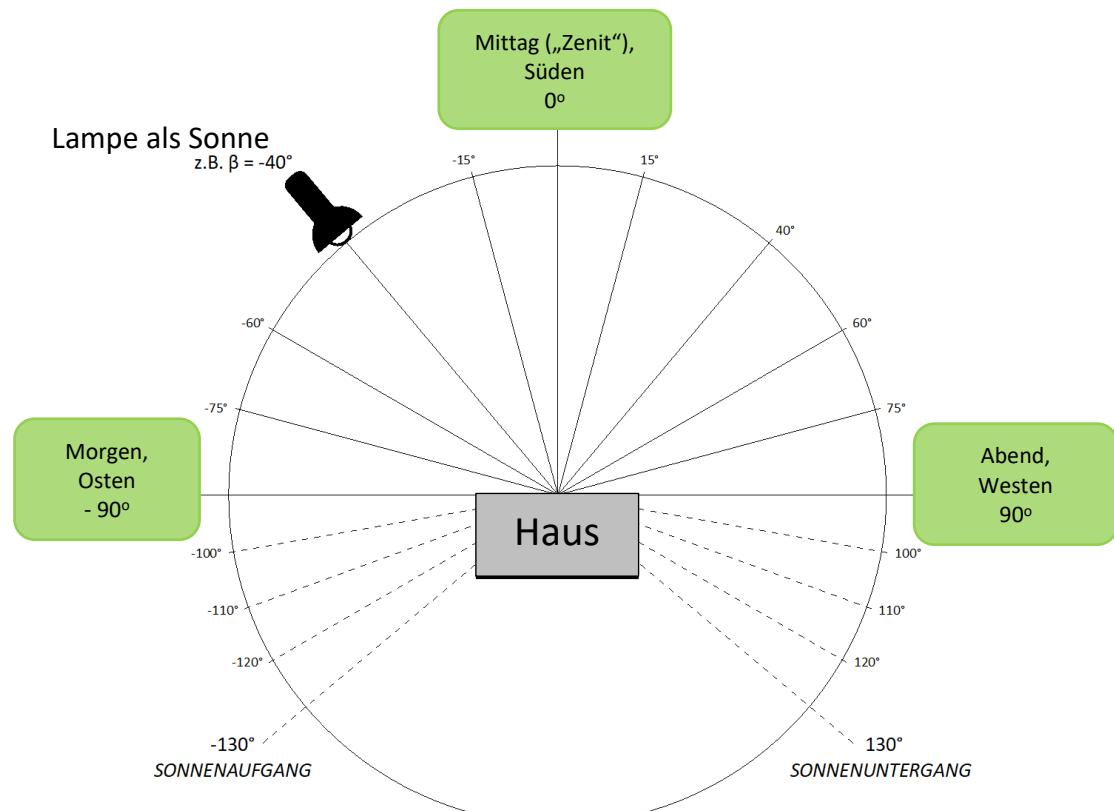


Aufgabe C: Die Sonne steht nicht nur im Süden

Bei der Messung auf dem Hausdach der Drivemanns war es genau Mittag und die Sonne stand hoch am Himmel. Die Sonne schien so optimal auf das nach Süden ausgerichtete Hausdach. Aber das gilt nicht für den ganzen Tag.

Wann und wie weit im Osten wir die Sonne morgens erscheinen und abends im Westen verschwinden sehen, hängt von der Jahreszeit ab. Den weitesten Weg über dem Horizont legt sie am längsten Tag des Jahres, dem 21. Juni, zurück. Für diesen Tag sind die Winkel und zugehörigen Uhrzeiten zwischen Sonnenaufgang und Sonnenuntergang unten eingezeichnet.

In der Abbildung ist der Sonnenstand in Winkeln angegeben.

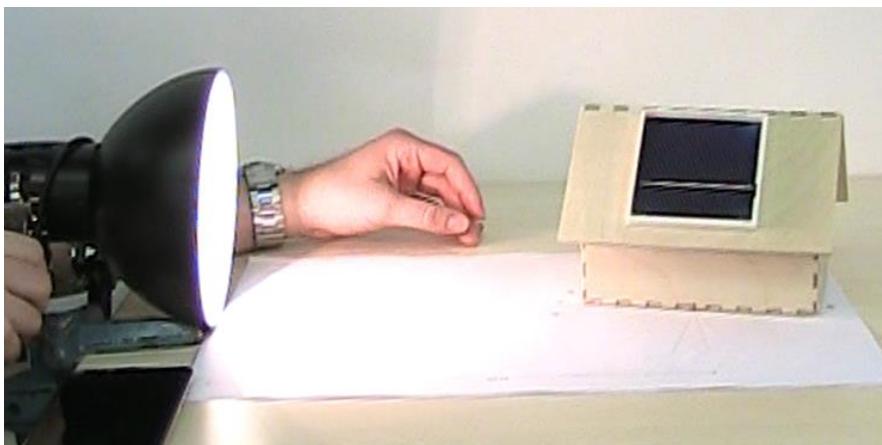


Eure Aufgabe ist es, für den Sonnenlauf eines Tages die Leistung der Solaranlage zu bestimmen.

Durchführung:

- a) Stellt das Haus in **50 cm** Entfernung so auf, dass das Licht der Lampe jeweils aus Richtung des Winkels β auf das Haus trifft. Messt dann mit dem Smartphone die Leistung P der Solarzelle für jeden Winkel und tragt die Werte in die Tabelle ein. Im Video wird euch der Aufbau auch gezeigt.

Dreht dazu das Haus auf der Schablone und bewegt die Lampe nicht!

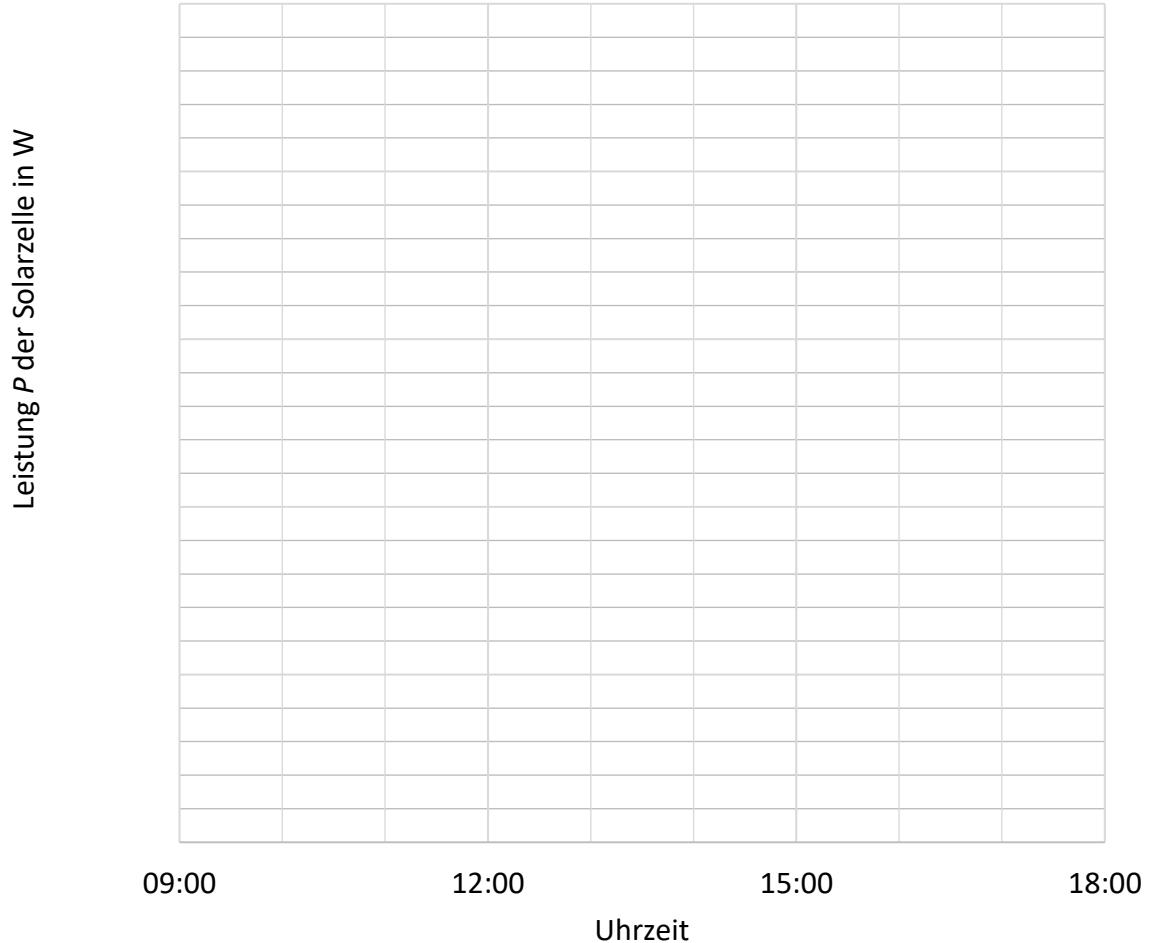


Uhrzeit	Winkel β in Grad ($^{\circ}$)	Leistung P der Solarzelle in Watt (W)
05:00 bis 08:00	-130 bis -100	Die Sonne fällt nicht direkt auf das Hausdach.
09:00	-90	
10:00	-75	
11:00	-60	
12:00	-40	
13:00	-15	
13:30 (Zenit)	0	
14:00	15	
15:00	40	
16:00	60	
17:00	75	
18:00	90	
19:00 bis 22:00	100 bis 130	Die Sonne fällt nicht direkt auf das Hausdach





- c) Zeichnet die Messwerte für die Leistung P in das Koordinatensystem ein.

**Achtung:**

Für den Wert um 13:30 Uhr müsst ihr genau hinsehen, wo ihr ihn auf der x-Achse eintragt.

- b) Überlegt gemeinsam: Wie wirkt sich die „Wanderung“ der Sonne im Laufe des Tages auf die Leistung der Solarzelle aus?

Unser Ergebnis:

**Vertiefung:**

Video: Wie funktioniert eine Solarzelle und welche Auswirkung hat die Himmelsrichtung?

Experimentierphase D – Die Sonne erreicht unterschiedliche Höhen



Aufgabe D: Die Sonne steht nicht immer auf gleicher Höhe.

Im Laufe eines Tages ändert sich nicht nur die Himmelsrichtung, in der die Sonne zu sehen ist. **Es ändert sich auch die Höhe**, in der sie über dem Horizont steht.

Im Sommer steht die Sonne mittags hoch über uns (in Münster immerhin 62°). Im Winter kommt die Sonne an ihrem höchsten Punkt nicht über 15° hinaus. In der Tabelle unten findet ihr Daten für verschiedene Monate.

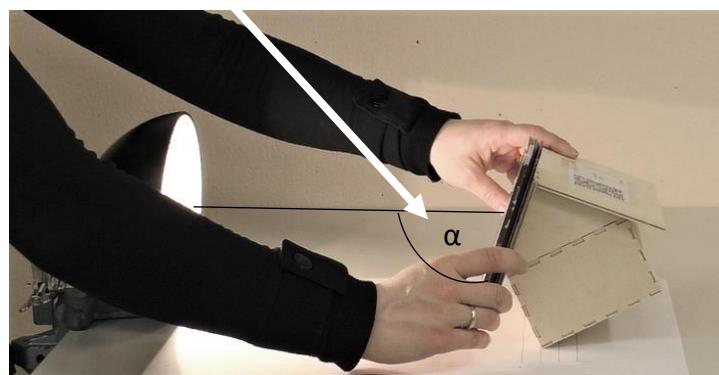
Datum	Höhenwinkel der Sonne
21. Februar	27°
21. April	40°
21. Juni	62°
21. August	40°
21. Oktober	27°
21. Dezember	15°

Um zu wissen, mit welchem Winkel α nun die Sonnenstrahlen auf unsere Dachfläche treffen, müssen wir den **Höhenwinkel** der Sonne und die **Dachneigung** einfach **addieren**.

Überlegung 1: Welchen Einfluss hat der Winkel α auf die Leistung der Solaranlage?

Stellt die Sonne mit der Lampe nach. Kippt das Haus wie in der Abbildung unten, um den Winkel α zu verändern.

α ist **nicht** der Höhenwinkel, sondern der Gesamtwinkel.



Aufgabe a)

- Fülle in der Tabelle unten die Spalte für den Winkel α aus. Der grüne Kasten links hilft dir beim Berechnen.
- Stelle das Haus so auf die Unterlage mit den Winkeln, dass die Lampe aus 30 cm Entfernung parallel zum Tisch auf die Dachfläche des Hauses leuchtet. Verändere dann den Winkel α nach den Werten in der Tabelle. Miss mit dem Smartphone die Leistung P der Solarzelle für jeden Winkel und trage die Werte in die Tabelle ein.

Im Video wird die Durchführung auch gezeigt.



Durchführungsvideo

Monat	Winkel α in Grad ($^{\circ}$)	Leistung P der Solarzelle in Watt (W)
Februar	72	
April		
Juni		
August		
Oktober		
Dezember		

Hinweis:

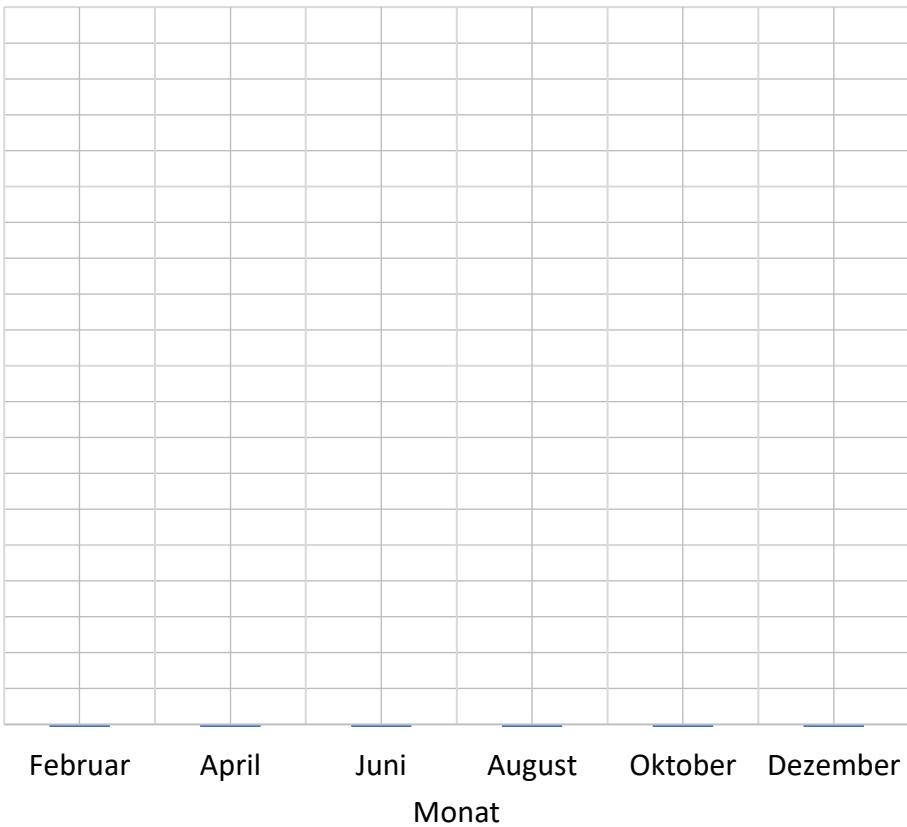
Legt ein zweites Smartphone auf die Dachfläche des Hauses neben die Solarzelle, um den Winkel α zu kontrollieren!



Aufgabe a)

3. Zeichne die Messwerte für die Leistung P mithilfe der angegebenen Werte zum jeweils passenden Datum in das Koordinatensystem ein.

Leistung P der Solarzelle in W



Vertiefung:
Video zum Sonnenverlauf



Aufgabe b)

- Die Messung zeigt, dass die Leistung zwischen April und August gleichbleibt. In der Realität sinkt sie allerdings im Juni etwas. Erkläre, warum die Leistung im Juni sinkt. Überlege dazu, welcher Winkel für die Leistung ideal wäre.

Der ideale Winkel liegt bei _____°, weil die Lichtstrahlen dann _____ auf die Solarzelle treffen.

Im Juni sinkt die Leistung etwas, weil _____

- Familie Drivemann will ihr Elektroauto das ganze Jahr über laden können. Welche Folgen hat der unterschiedliche Stand der Sonne im Jahresverlauf für die Leistung einer Solaranlage? Kann Familie Drivemann problemlos mit den Folgen umgehen? Begründe deine Antwort.

Im Winter lässt sich das Auto _____ laden als im Sommer. Weil die Tage im Winter _____ sind als im Sommer, ist auch der Zeitraum zum Laden _____.

So kann Familie Drivemann damit umgehen:

Info

Die Leistung, die eine Solaranlage erbringen kann, hängt auch davon ab, wie viel Platz auf einem Dach zur Verfügung steht. Im Idealfall lässt sich pro Quadratmeter eine Leistung von 430 W erzielen. Das kann Familie Drivemann allerdings nicht beeinflussen...

Phase E

Experten-Challenge:



In der Realität begegnen euch die Situationen, die ihr in Station A und B untersucht habt, häufig gemeinsam: Eine helle Bewölkung streut das Sonnenlicht zurück auf die Erde – sie verdeckt aber auch die Sonne, so dass weniger Licht auf die Erde kommt.

Überlegt euch eine Situation, die auftreten könnte und zeichnet sie. Versucht, sie mit dem Experimentiermaterial nachzustellen!

Zeichnet eure Situation:

Durchführung



Messt nun in eurer Situation die Leistung am Modellhaus und berechnet daraus die Leistung, die die Solaranlage der Drivemanns bereitstellen würde.

Untergrundfarbe		
Bewölkung	Dichte (Folienzahl)	
	Reflexion (Kastenfarbe)	

Leistung P in Watt (W)	
Schätzung Leistung der Solaranlage (Messwert mit Umrechnungsfaktor) in Watt (W)	



Phase F

Experten-Challenge:



In der Realität treten die beiden Effekte C und D gleichzeitig auf:
Der Stand der Sonne verändert sich im Tagesverlauf von Ost nach West.
Ebenso nimmt die Höhe der Sonnenposition stetig zu bis sie gegen Mittag den Höchststand (Zenit) erreicht. Danach nimmt die Höhe wieder ab bis auf den Horizont zur Abendzeit.

Wie sich das in verschiedenen Monaten auf die Leistung auswirkt, könnt ihr am Beispiel eines Hauses in Münster hier sehen.



Leistung im Jahresverlauf

Wenn ihr herausfinden wollt, welche Leistung eine Solaranlage auf eurem Haus bringen könnte, besucht doch mal diesen Link (QR-Code):



Mit dem *Solarkataster NRW* kann man auf einer Karte sein Haus finden, die Anzahl der Bewohner eingeben und so erfahren, wieviel der benötigten Leistung man über sein Dach beziehen kann.

Probiert es aus! Ihr könnt auch ein beliebiges Haus nehmen, in dem ihr nicht wohnt.



Unser Haus

Dachfläche: _____ m²

Dachrichtung: _____

Bewohner: _____ Personen

Benötigte Leistung: _____ kWh

Mögliche Leistung: _____ kWh

Und? Lohnt sich die Anschaffung einer Solaranlage für euch? Könntet ihr damit zusätzlich ein Elektroauto laden?



Am Ende des Tages...



Hochladen der Ergebnisse

Welche Informationen nehmt ihr mit?

Sammelt für die euch zugeteilte Station, was eure **wichtigsten Erkenntnisse** waren. Was hat euch vielleicht auch überrascht?

Ladet die Inhalte ins padlet, die ihr am wichtigsten findet. Fotografiert z.B. Diagramme oder eure Messwerttabellen, um sie vorstellen zu können.

Bestimmt eine Person, die eure Beiträge vorstellt!

Gruppe 1 – Station A

Welcher Wolkentyp verhindert das Laden des Elektroautos fast vollständig? Was kann Familie Drivemann an solchen Tagen tun?

Gruppe 2 – Station B

Welche Ergebnisse habt ihr bei Station B für die Regentage in Münster? Kann man das Auto laden? Notiert eure Antwort im padlet!

Gruppe 3 – Station C

Ab welcher Uhrzeit könnte Familie Drivemann ihr Auto laden? Was könnte man tun, wenn zu dieser Zeit keiner zu Hause ist? Notiert eure Antwort im padlet!

Gruppe 4 – Station D

Was ist euer Ergebnis bei Station D Aufgabe b)? Warum „knicken“ die Werte ein? Macht unten eine Skizze und ladet sie ins padlet!

Gruppe 5 Station X

Eine Station X gab es natürlich nicht. Überlegt in eurer Gruppe, warum noch nicht alle Bewohner von Münster eine Solaranlage installiert haben! So könnte man doch Strom und Geld sparen... oder nicht?