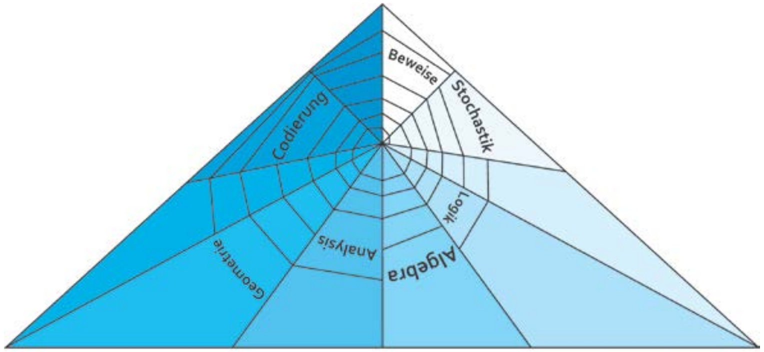


Vertikale Vernetzung über außermathematische Anwendungskontexte

Astrid Brinkmann
Universität Münster

Vortrag in Passau
28. April 2012

http://www.math-edu.de *astrid.brinkmann@math-edu.de*

Gliederung

www.math-edu.de
astrid.brinkmann@math-edu.de

1. Vertikale Vernetzung im Mathematikunterricht

Vertikale Vernetzung:

- *= Vernetzung früher vermittelter Lerninhalte mit späteren* (vertikale Zeitachse)
- *Fachsystematische Betrachtungen* bedingen immer wieder ein Voraussetzen und Wiederaufgreifen früherer Lerninhalte (z. B.: bei linearen Funktionen Rückgriff auf proportionale Funktionen).
- *Konstruktivistische Lerntheorien:* neue Informationen werden mit ähnlichen Gedächtnisinhalten, also altem Wissen, abgeglichen. Dabei festigen sich bereits bestehende Wissensstrukturen oder aber sie werden abgeändert bzw. ergänzt. Neu zu verarbeitende Informationen, speziell mathematische Lerninhalte, und alte, ihnen entsprechenden Wissensbestände werden vernetzt.

→ Berücksichtigung durch *Spiralcurriculum*

2. Vorzüge einer vertikalen Vernetzung über Anwendungskontexte

Vertikale Vernetzung über Anwendungskontexte:

- Ein früher behandelter *Anwendungskontext* wird später noch einmal zum Unterrichtsgegenstand.
- Mit zwischenzeitlich neu erworbenem mathematischen Wissen werden weitere, tiefere Erkenntnisse im Anwendungskontext erlangt.
- Gewinnbringend für den MU (s. u.)
- Vermittlung von Wissen zum betrachteten Anwendungskontext – Beitrag zu außermathematischer Bildung

2. Vorzüge einer vertikalen Vernetzung über Anwendungskontexte

- **Gewinn für den MU:**
  - Situierte Kognition: Wissen wird grundsätzlich kontextuiert erworben. Den individuellen abgespeicherten Wissensbeständen haftet ihr Erwerbszusammenhang an und nimmt Einfluss auf ihre Aktivierbarkeit und Wiederverwendbarkeit.
  - Erwerbskontexte zu mathematischen Inhalten:

    mögliche Anwendungskontexte, Art der Erschließung von Unterrichtsinhalten, verfolgte Ziele, Gefühle
  - Außermathematische Anwendungskontexte können bewirken:
    - besseres Verständnis mathematischer Konzepte
    - wecken positive Emotionen: interessant, spannend, herausfordernd
    - Motivation durch Erfahrung von Nützlichkeit der Mathematik
    - Lernenden mit Lernblockaden bei innermathematischen Problemstellungen aufgrund negativer Emotionen wird anderer Zugang zur Auseinandersetzung mit Mathematik geboten.
  - Wird ein bestimmter Anwendungskontext zusammen mit positiven Emotionen kognitiv abgespeichert, so wirken sich diese bei einem wiederholten Aufgreifen desselben Anwendungskontextes im Zuge einer vertikalen Vernetzung günstig auf den Lernprozess aus.

3. Didaktische Anmerkungen

Stoffdidaktische Überlegungen

- bzgl. der zu verwendenden *mathematischen* Inhalte

  (Curriculum-Konformität, in fachsystematischer Hinsicht in den Aufbau mathematischen Wissens bei den Lernenden einfügbar)

- *und* bzgl. der zu betrachtenden *Anwendungskontexte*

  (Sachsituation muss verständlich sein; ggf. Fachbegriffe klären, Hintergrundinformationen liefern, fachübergreifende Kooperationen)

→ Erst Zuordnung zu *Klassenstufe/Unterrichtseinheit über mathematischen Inhalt*, dann Adäquatheit der Präsentation des Anwendungskontextes für diese Klassenstufe prüfen.

3. Didaktische Anmerkungen

Vertikale Vernetzung

- *über Jahrgangsstufen hinweg*

  Derselbe Sachkontext wird wiederholt aufgegriffen, wobei mit dem zunehmend größeren mathematischen Wissen von Lernenden eine weitere und vertiefende Erschließung der Zusammenhänge erfolgen kann. (Beispiel 4.1)

- oder *innerhalb einer Unterrichtsreihe*

  Ein komplexes außermathematisches Problem wird schrittweise bearbeitet, ausgehend von einer vereinfachenden Modellierung der Realsituation, die dann durch Verfeinerungen bzw. Verbesserungen und entsprechend komplizierteren Mathematisierungen der Beschreibung der tatsächlichen Komplexität der Realsituation immer näher kommt. (Beispiel 4.2)

4. Beispiele für den Unterricht
4.1 Stromerzeugung mittels Photovoltaik als Anwendungskontext

Erneuerbare Energien

- ein wichtiges Thema in der Erziehung unserer Kinder
  - knappe Ressourcen
  - Klimaveränderung
  - dezentrale Charakter einer regenerativen Energieversorgung

- Verankerung im **Mathematik**unterricht
  - hilft Situationen und Zusammenhänge zu verstehen
  - quantifizierende Aussagen gewinnen
  - dienlich für Beurteilungs- oder Entscheidungsprozesse

4. Beispiele für den Unterricht
4.1 Stromerzeugung mittels Photovoltaik als Anwendungskontext

Beispiel: Aufgaben zur Photovoltaik für verschiedene Klassenstufen

Didaktisches Konzept der Aufgabenkonstruktion

- in bestehende Unterrichtsreihen einfügbar
- Umfang größer als der einer herkömmlichen Textaufgabe
- „*Info*"-Kästen (liefern nötige Informationen aus dem Anwendungsbereich, bilden Basis für fächerverbindendes Diskutieren, Argumentieren und Interpretieren, also horizontales Vernetzen)

Aufgaben: *Angebot* für Lehrende (sollten dem Leistungsvermögen und Wissensstand der jeweiligen Lerngruppen angepasst werden)

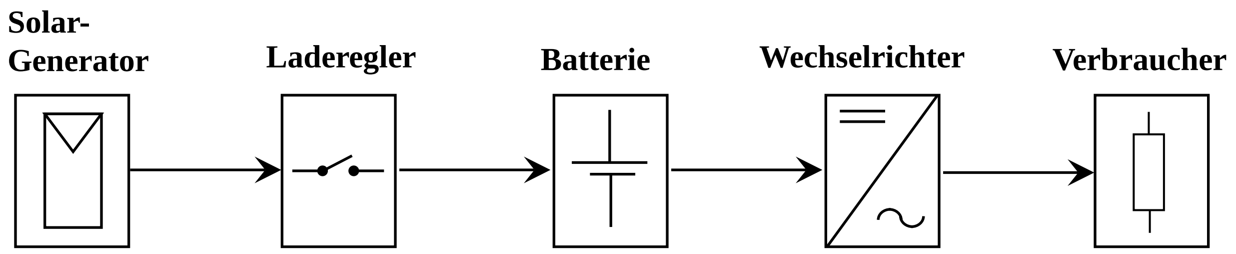
4.1 Stromerzeugung mittels Photovoltaik als Anwendungskontext

4.1.1 Netzunabhängige Photovoltaikanlage

Bruchrechnung

Wirkungsgradkette, netzunabhängige Stromversorgung mit Photovoltaik

Inselsysteme ... (Erklärungen)



Info:

… Leider ist es nicht möglich die von der Sonne eingestrahlte Energie ohne Verluste für die Verbraucher nutzbar zu machen. ... Für die jeweiligen *Wirkungsgrade* η gilt die Definition: =(Ausgangsleistung)÷(Eingangsleistung). *Leistung* ist die in einer Zeiteinheit (z. B. einer Sekunde umgesetzte Energie und wird in Watt [W] angegeben. ... Die *Eingangsleistung* bezieht sich auf die Energie, die „hineingesteckt“ wird; die *Ausgangsleistung* auf die Energie, die „herauskommt“.

4.1 Stromerzeugung mittels Photovoltaik als Anwendungskontext

4.1.1 Netzunabhängige Photovoltaikanlage

Gehe in den Teilaufgaben a) bis c) davon aus, dass der gesamte Strom zuerst in der Batterie gespeichert wird, bevor er den Verbraucher erreicht.

a) Die momentane Strahlungsleistung der Sonne auf den Solargenerator sei 20 kW. Berechne die Ausgangsleistung hinter jedem Gerät der Kette, wenn gilt: $\eta_{PV}=3/25$, $\eta_{LR}=19/20$, $\eta_B=4/5$, $\eta_{WR}=23/25$.

b) Gib die Werte der Wirkungsgrade aus Teilaufgabe a) in Dezimalzahlen und in Prozent an.

c) Der *Gesamtwirkungsgrad* stellt den Bezug zwischen der Einstrahlungsleistung der Sonne und der für die Verbraucher verfügbaren elektrischen Leistung dar. … Wie groß ist der Gesamtwirkungsgrad η_{ges}=(Eingangsleistung beim Verbraucher) $\div$ (Strahlungsleistung der Sonne)? Wie lässt sich η_{ges} direkt aus den Werten für η_{PV}, η_{LR}, η_B und η_{WR} berechnen? Gib eine allgemeine Formel an.

d) Für Spitzfindige: Nimm an, dass nur 1/3 des vom Laderegler gelieferten Stromes zwischengespeichert wird, also der überwiegende Teil, d. h. 2/3, sofort zum Wechselrichter gelangt. Wie verändern sich dann der Wirkungsgrad an der Batterie sowie der Gesamtwirkungsgrad? Was schließt du daraus?

4.1 Stromerzeugung mittels Photovoltaik als Anwendungskontext

4.1.1 Netzunabhängige Photovoltaikanlage

Zu c):

Man erhält eine *fundamentale Berechnungsformel für den Gesamtwirkungsgrad einer Wirkungsgradkette*, die nicht nur für Photovoltaikanlagen gilt:

Gesamtwirkungsgrad = Produkt der einzelnen Wirkungsgrade der Komponente der Kette

Auf mathematischer Ebene ergibt sich: *Anteile von Anteilen erhält man durch Multiplikation von Brüchen.*

Zu d):

Der Wirkungsgrad der Batterie wirkt sich nur auf den zwischengespeicherten Strom aus. Der Gesamtwirkungsgrad ist höher, wenn der erzeugte Strom direkt verbraucht wird.

4.1 Stromerzeugung mittels Photovoltaik als Anwendungskontext

Anmerkungen zur vertikalen Vernetzung:

- Photovoltaikanlagen in Städten und Gemeinden:

  i. d. R. *netzgekoppelt*, bestehen im Wesentlichen aus *Solarmodulen und Wechselrichtern*.

- *Wirkungsgrad von Wechselrichtern*: nicht konstant, sondern abhängig von der Eingangsleistung, die wiederum zeitlich mit der unterschiedlichen Sonneneinstrahlung variiert.

  → Aufgaben zu quadratischen Funktionen (Mittelstufe) und zur Differenzialrechnung (Oberstufe),

  A. Brinkmann & K. Brinkmann 2005, Verlag Franzbecker

- *Effektivität der Stromerzeugung mittels Solarmodulen:* u. a. abhängig vom Winkel der direkten Sonnenstrahlung auf die Solarmodule

  → Trigonometrie (Mittelstufe), Vertiefung: Vektorrechnung (Oberstufe)

4.1 Stromerzeugung mittels Photovoltaik als Anwendungskontext

4.1.2 Gerichtete Sonneneinstrahlung auf Solarmodule SI

Trigonometrische Berechnungen

Winkel der direkten Sonneneinstrahlung zu Solarmodulen

Info:

Sonnenenergie kann mittels Solarmodulen in elektrische Energie umgewandelt werden. Diesen Prozess nennt man *Photovoltaik*.

Die Sonnenstrahlung, die auf der Erdoberfläche ankommt, setzt sich aus einem direkten und einem diffusen Anteil zusammen. Die direkte Sonnenstrahlung kommt nur aus der Sonnenrichtung; das Licht der diffusen Strahlung besitzt keine definierte Richtung.

Die Effektivität der Stromerzeugung durch Photovoltaik ist u. a. vom Einfallswinkel der direkten Sonnenstrahlung auf ein Solarmodul abhängig.

4.1 Stromerzeugung mittels Photovoltaik als Anwendungskontext

4.1.2 Gerichtete Sonneneinstrahlung auf Solarmodule SI

Bei senkrechter Einstrahlung der Sonne ($\varphi = 90°$) betrage die augenblickliche Leistung der direkten Sonnenstrahlung E_S = 200 W je m². Für jeden anderen Einstrahlungswinkel ist nur der zur Ebene senkrechte Anteil E von E_S nutzbar.

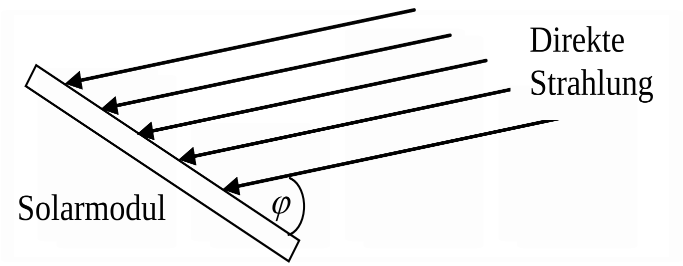
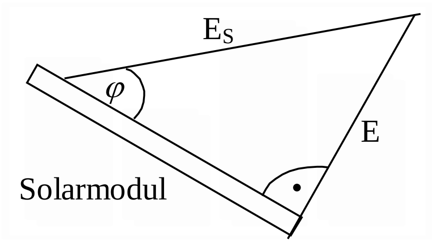


Abb. 1: Einstrahlungswinkel φ



Länge der Hypotenuse = Betrag von E_S

Länge der Kathete, die dem Winkel φ gegenüberliegt = Betrag von E

Für $\varphi = 90°$ ist $E = E_S$.

Abb. 2: Senkrechter Anteil E von E_S

4.1 Stromerzeugung mittels Photovoltaik als Anwendungskontext

4.1.2 Gerichtete Sonneneinstrahlung auf Solarmodule SI

a) Ermittle E für folgende Winkel: $\varphi_1 = 5°$, $\varphi_2 = 30°$, $\varphi_3 = 60°$, $\varphi_4 = 85°$.

b) Gib einen allgemeinen Rechenausdruck zur Bestimmung von E in Abhängigkeit von φ an.

c) Für welchen Einfallswinkel φ der Sonnenstrahlung auf ein Solarmodul ist E am größten? In welche Himmelsrichtung sollten auf der nördlichen Erdhalbkugel die Flächen von Solarmodulen vorzugsweise zeigen?

4.1 Stromerzeugung mittels Photovoltaik als Anwendungskontext

4.1.2 Gerichtete Sonneneinstrahlung auf Solarmodule SI

Info:

Solarmodule werden üblicherweise fest montiert, somit variiert der Einstrahlungswinkel der direkten Sonnenstrahlung tages- und jahreszeitenabhängig. ...
Sonnenhöhe: *Winkel* β, den die direkt einfallenden Sonnenstrahlen mit der Erdoberfläche bilden (Abb. 3)
Himmelsrichtung, in der sich die Sonne befindet: *Winkel* α zur Nordrichtung (Abb.4)

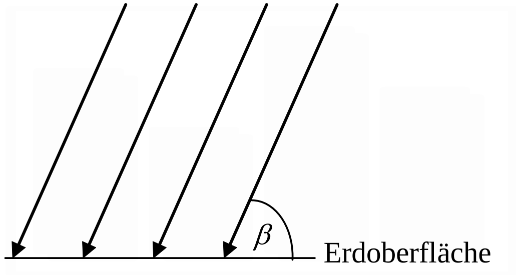


Abb. 3

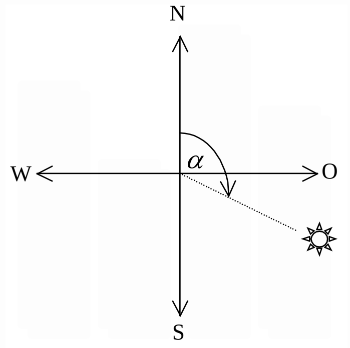


Abb. 4

4.1 Stromerzeugung mittels Photovoltaik als Anwendungskontext

4.1.2 Gerichtete Sonneneinstrahlung auf Solarmodule SI

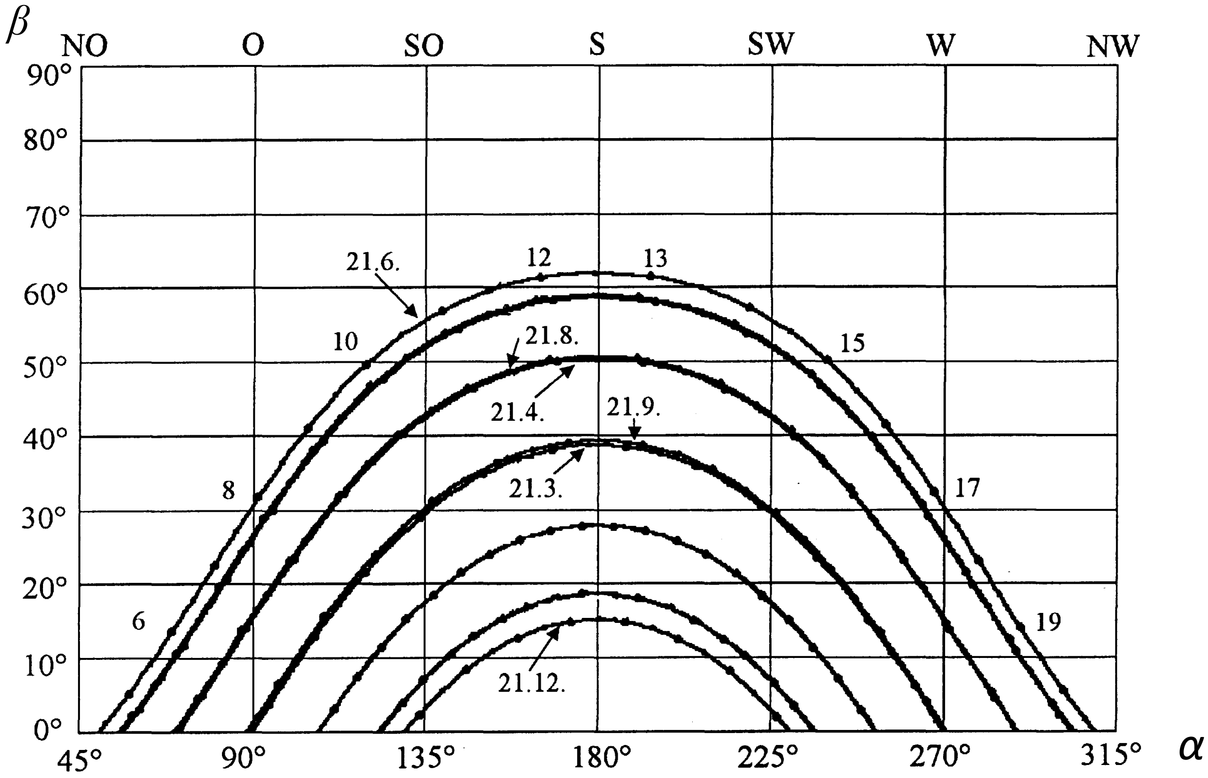
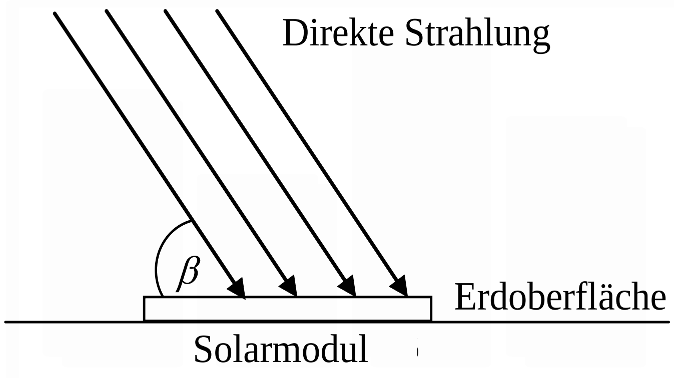


Abb. 5: Sonnenstandsdiagramm Hagen 51,5° Nord, 7,5° Ost

4.1 Stromerzeugung mittels Photovoltaik als Anwendungskontext

4.1.2 Gerichtete Sonneneinstrahlung auf Solarmodule SI

d) Ein Solarmodul wird flach auf den Boden gelegt (Abb. 6). Bestimme für einen Wintertag (21.12.), einen Frühlingstag (21.03.), einen Sommertag (21.06.) und einen Herbsttag (21.09.) jeweils den nutzbaren Leistungsanteil E/E_S der direkten Sonnenstrahlung für $\alpha_1 = 90°$, $\alpha_2 = 135°$, $\alpha_3 = 180°$. Lies hierfür die zugehörigen Werte von β aus dem Diagramm in Abbildung 5 ab. Kommentiere die Ergebnisse!



4.1 Stromerzeugung mittels Photovoltaik als Anwendungskontext

4.1.2 Gerichtete Sonneneinstrahlung auf Solarmodule SI

e) Ein Solarmodul ist auf dem Dach eines Wohnhauses in Hagen mit dem Neigungswinkel $\delta = 30°$ zur Erdoberfläche montiert; seine Fläche zeigt nach Süden (Abb. 7).

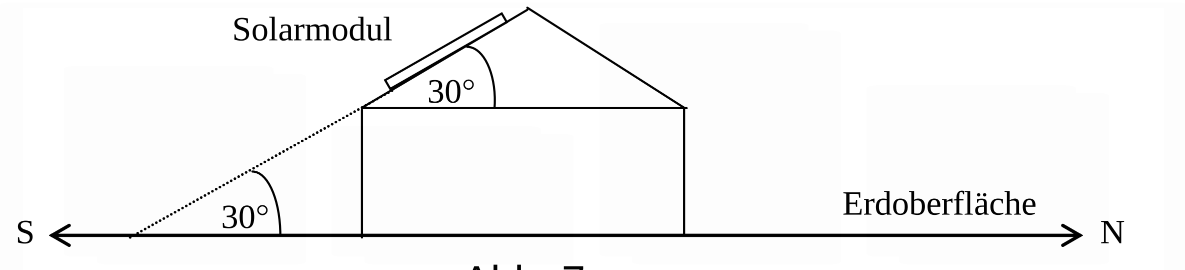


Abb. 7

Bestimme für den 21.12., den 21.03., den 21.06. und den 21.09. jeweils den nutzbaren Leistungsanteil E/E_S der direkten Sonnenstrahlung für $\alpha_3 = 180°$.

Gib zunächst einen allgemeinen Rechenausdruck zur Bestimmung von E/E_S in Abhängigkeit der Winkel β und δ an (Abb. 8).

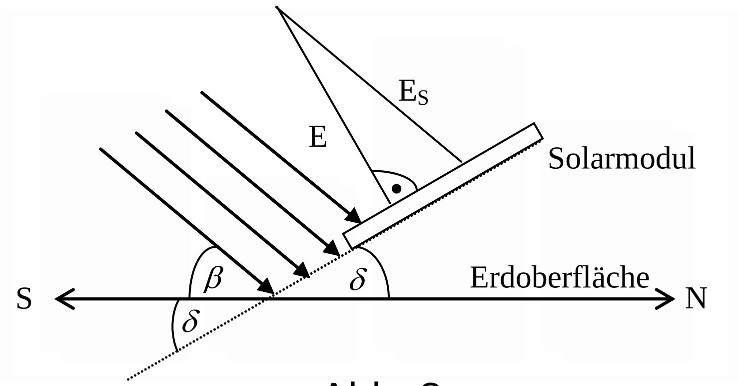


Abb. 8

4.1 Stromerzeugung mittels Photovoltaik als Anwendungskontext

4.1.2 Gerichtete Sonneneinstrahlung auf Solarmodule SI

f) Vergleiche für $\alpha_3 = 180°$ die Ergebnisse aus e) mit denen aus d). Erläutere deine Feststellung auch anhand des Rechenausdrucks für E/E_S, der unter e) anzugeben war. Wie würdest du ein Solarmodul montieren? Begründe!

Zur Lösung von f):

Zur Mittagszeit ($\alpha_3 = 180°$) ist der nutzbare Leistungsanteil E/E_S bei einem Solarmodul, das einen Neigungswinkel von 30° zur Erdoberfläche hat, deutlich größer ist als bei einem Solarmodul, das flach auf dem Boden liegt. Denn: $\sin(\beta + \delta) \geq \sin \beta$ (Monotonie der Sinusfunktion über [0°; 90°]).

4.1 Stromerzeugung mittels Photovoltaik als Anwendungskontext

4.1.3 Gerichtete Sonneneinstrahlung auf Solarmodule SII

Sonneneinstrahlungswinkel auf ein Solarmodul in Abhängigkeit von Jahres- und Tageszeit

Vektorrechnung: Anwendung des Skalarprodukts von Vektoren

Die durchzuführenden Berechnungen beinhalten eine *Koordinatentransformation von Kugelkoordinaten in kartesische Koordinaten* (exemplarisch und anschauungsgebunden).

4.1 Stromerzeugung mittels Photovoltaik als Anwendungskontext

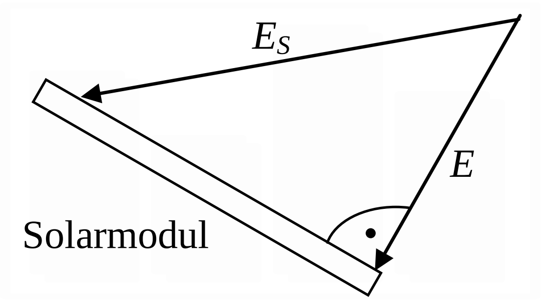
4.1.3 Gerichtete Sonneneinstrahlung auf Solarmodule SII

Die Schüler/innen eines Berliner Chemiekurses wollen für einen Versuch in der Projektwoche (19.–23. April) den Strom alternativ gewinnen. Sie haben sich für die Stromerzeugung mittels eines Solarmoduls entschieden; das Material dafür erhalten sie von der Schule. Als Zeitpunkt für den Versuchsstart haben sie sich den 21. April um 14.30 Uhr (MEZ) vorgenommen. Nun müssen sie noch überlegen, wo und wie sie das Modul anbringen wollen. Die nachfolgend angegebenen Informationen helfen ihnen dabei.

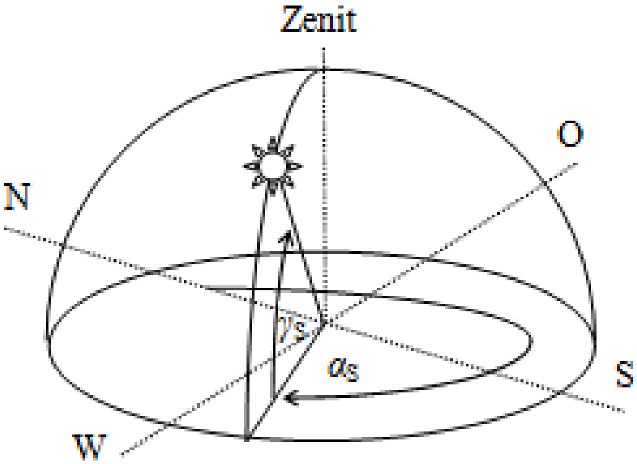
4.1 Stromerzeugung mittels Photovoltaik als Anwendungskontext

4.1.3 Gerichtete Sonneneinstrahlung auf Solarmodule SII

Info: ...



Senkrechter Anteil E von E_S

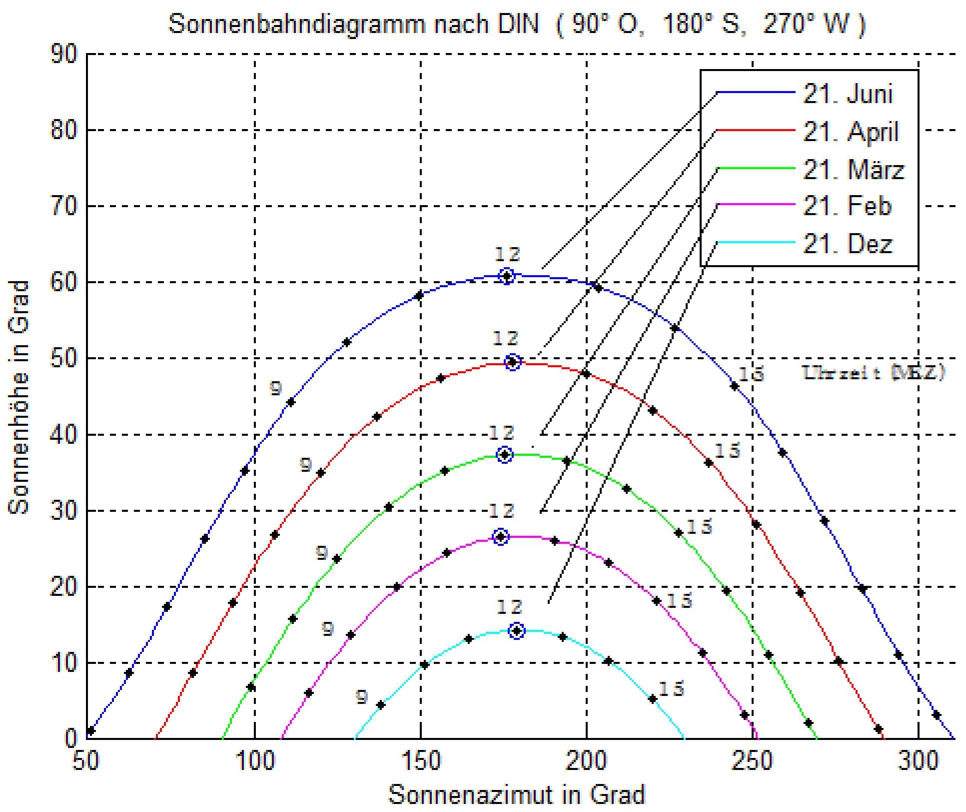


Winkelbezeichnungen des Sonnenstandes:
Sonnenhöhe (Elevation) γ_S
Sonnenazimut α_S

www.math-edu.de
astrid.brinkmann@math-edu.de

4.1 Stromerzeugung mittels Photovoltaik als Anwendungskontext

4.1.3 Gerichtete Sonneneinstrahlung auf Solarmodule SII

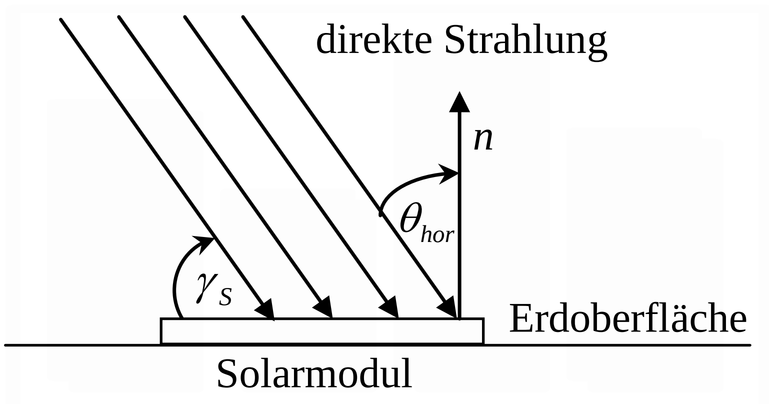


astrid.brinkmann@math-edu.de

4.1 Stromerzeugung mittels Photovoltaik als Anwendungskontext

4.1.3 Gerichtete Sonneneinstrahlung auf Solarmodule SII

a) Die einfachste Möglichkeit ist, das Modul an einer sonnigen Stelle flach auf den Schulhofboden zu legen. Welchen Einfallswinkel θ_{hor} hat die direkte Sonnenstrahlung auf das Solarmodul bei Versuchsbeginn? Zu welcher Uhrzeit wäre die Ausbeute an erzeugtem Strom am größten?



Einfallswinkel θ: Winkel zwischen der Sonnenrichtung und dem Normaleneinheitsvektor *n* der Solarmodulebene

- Solarmodul flach auf ebenem Boden: θ_{hor}
- Solarmodul geneigt: θ_{gen}

4.1 Stromerzeugung mittels Photovoltaik als Anwendungskontext

4.1.3 Gerichtete Sonneneinstrahlung auf Solarmodule SII

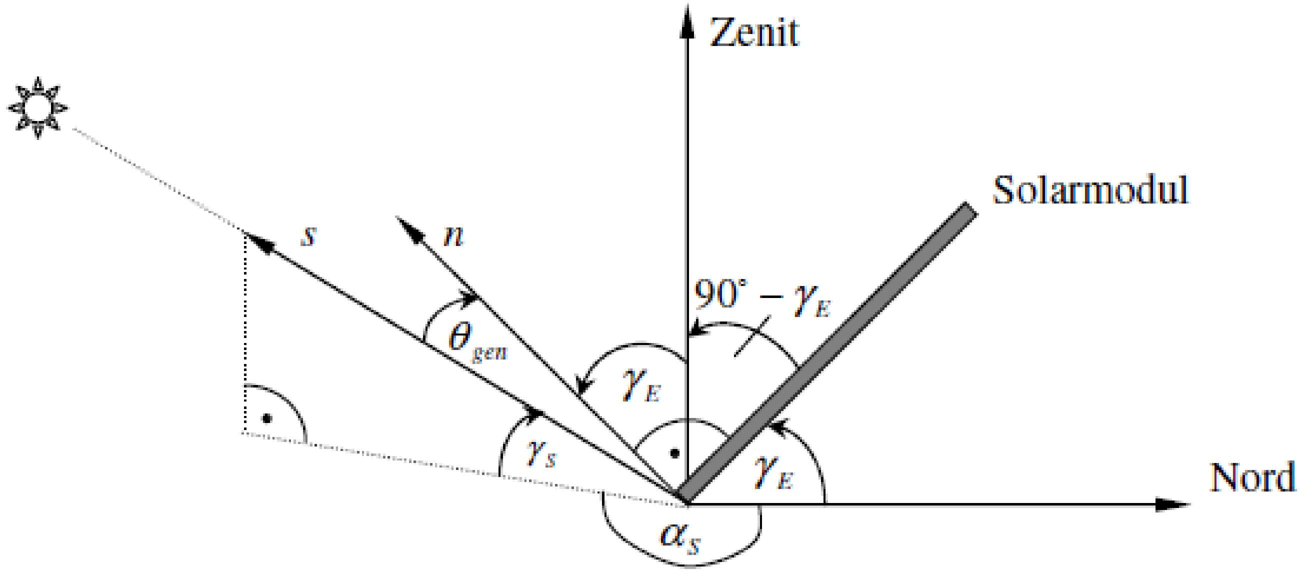
b) Vor dem Schuleingang befindet sich ein Ständer mit einer Anzeigenfläche für aktuelle Termine. Darauf könnte das Solarmodul befestigt werden. Die Fläche hat einen Winkel von $\gamma_E = 45°$ zum Erdboden und zeigt nach Süden. Welchen Einfallswinkel θ_{gen} hat bei dieser Anbringung die direkte Sonnenstrahlung zum vorgesehenen Versuchsbeginn auf das Solarmodul?

4.1 Stromerzeugung mittels Photovoltaik als Anwendungskontext

4.1.3 Gerichtete Sonneneinstrahlung auf Solarmodule SII

Hinweis:

- Begründe zunächst, warum man den gesuchten Winkel θ_{gen} über das Skalarprodukt der Vektoren n und s berechnen kann! s bezeichnet dabei einen Vektor der Länge 1, der in Sonnenrichtung zeigt.
- Bestimme die Koordinaten von n und s mit Hilfe der Werte der Winkel α_S, γ_S und γ_E. Die x-Richtung entspricht der Nordrichtung, die y-Richtung der Westrichtung und die z-Achse zeigt in Richtung Zenit.

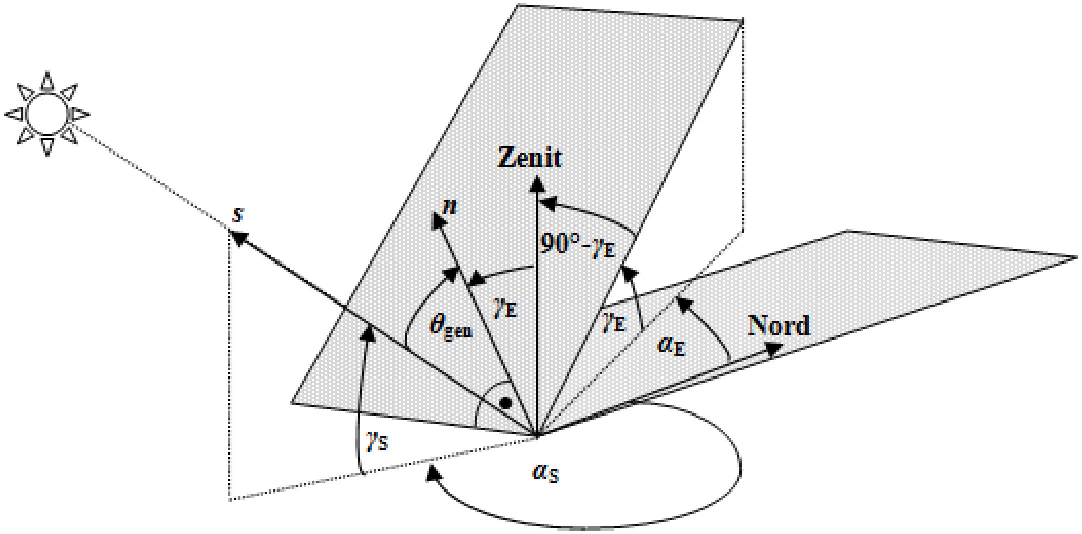


4.1 Stromerzeugung mittels Photovoltaik als Anwendungskontext

4.1.3 Gerichtete Sonneneinstrahlung auf Solarmodule SII

c) Die letzte in Erwägung gezogene Möglichkeit ist, das Solarmodul dauerhaft auf dem Schuldach zu befestigen. Dieses ist um α_E = 42° nach Westen gedreht, die Dachneigung beträgt γ_E = 35°.

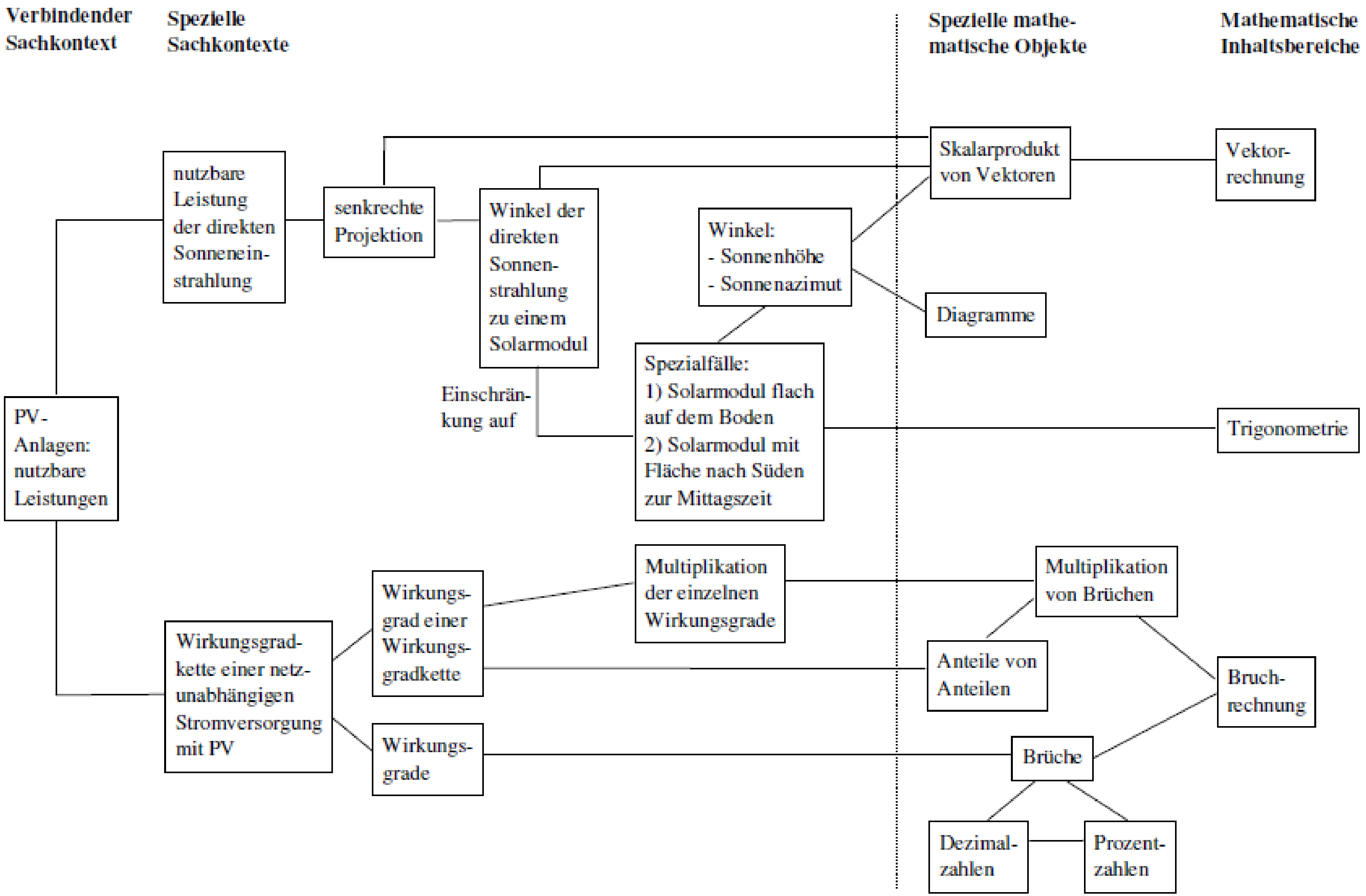
Welchen Einfallswinkel θ_{gen} hat die direkte Sonnenstrahlung nun auf das Solarmodul?



4.1.3 Gerichtete Sonneneinstrahlung auf Solarmodule SII

d) Kannst du den Schülern des Chemiekurses eine allgemeine Formel liefern, mit der sie für weitere Versuche zu unterschiedlichen Unterrichtszeitpunkten und bei beliebiger Montage des Solarmoduls den jeweiligen Einfallswinkel der direkten Sonnenstrahlung auf das Solarmodul berechnen können? Beachte, dass die Versuche nur während der Unterrichtszeit, also von 8.00–16.00 Uhr, durchgeführt werden können.

4.1 Photovoltaik als Anwendungskontext – Wesentliche Vernetzungen



4.1 Stromerzeugung mittels Photovoltaik
und allgemein erneuerbare Energien
als Anwendungskontext

Veröffentlicht u. a. in:

- *Mathematikaufgaben zum Themenbereich Rationelle Energienutzung und Erneuerbare Energien.* Verlag Franzbecker, 2005.
- *Schriftenreihe der ISTRON-Gruppe. Materialien für einen realitätsbezogenen Mathematikunterricht. Band 14.* Verlag Franzbecker, 2009.
- Schriftenreihe: *Mathe vernetzt – Anregungen und Materialien für einen vernetzenden Mathematikunterricht.* Aulis Verlag, 2012.

4.2 Physikalische Fallvorgänge als Thema einer vertikalen Vernetzung

- Eine (weitere) Möglichkeit besteht darin, fächerübergreifenden bzw. –verbindenden Unterricht in Kooperation mit anderen Fächern zu fördern (vgl. Siller, 2010).
- Dies muss nicht notwendigerweise über Jahrgangsstufen hinweg erfolgen, sondern kann auch innerhalb einer Unterrichtsreihe durchgeführt werden.

Hans-Stefan Siller:

4.2 Physikalische Fallvorgänge als Thema einer vertikalen Vernetzung

Impuls und „Kapitel“

Fallschirmspringer in Garten abgestürzt

In Dornbirn ist am Sonntagnachmittag ein Fallschirmspringer in einen Garten gestürzt. Sein Hauptschirm öffnete sich nicht richtig und verhakte sich mit dem geöffneten Reserveschirm. […] Der 20-jährige Bludenzer war aus einer Höhe von 4.000 Metern abgesprungen.

ORF–Meldung 27.04.2008 (www.orf.at)

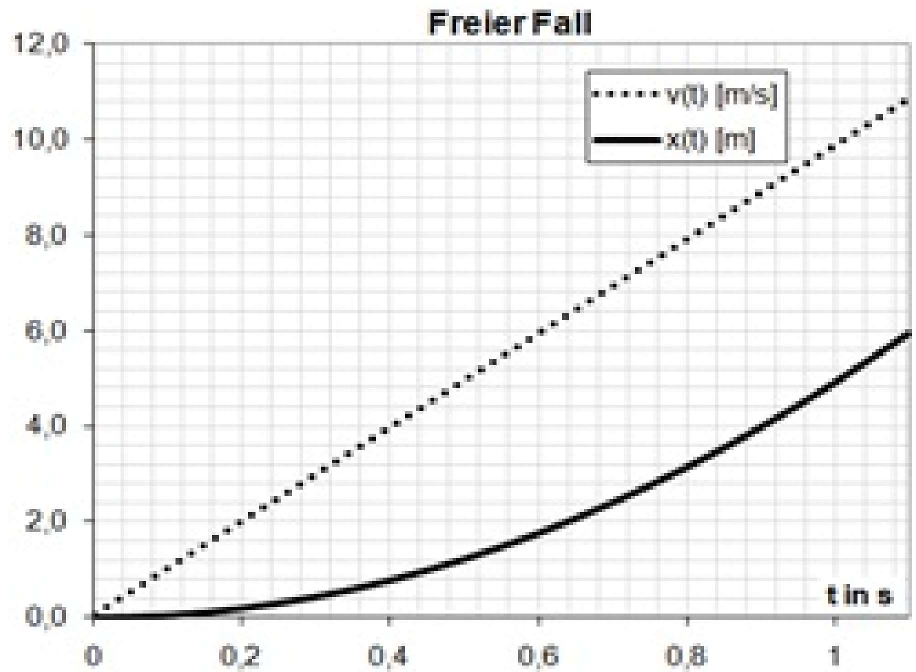
Sturz aus großer Höhe – freier Fall ohne Berücksichtigung der Luftreibung

Sturz aus großer Höhe mit Bremswirkung – freier Fall mit Berücksichtigung der Luftreibung

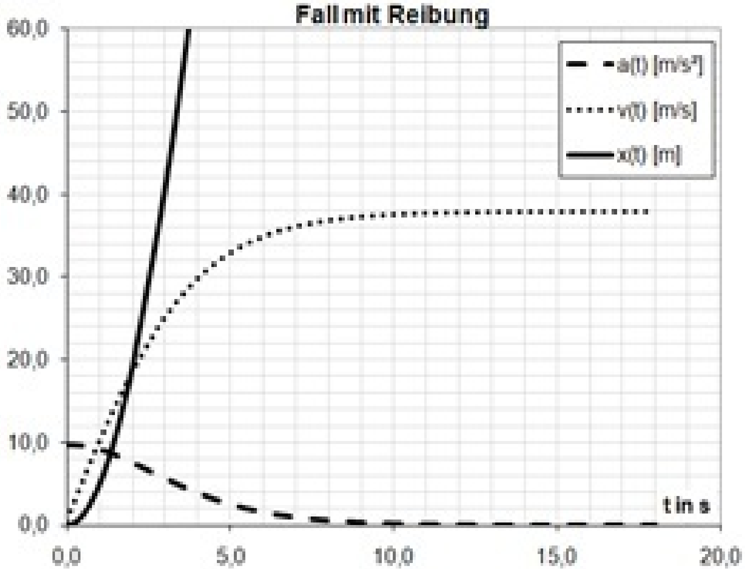
Fallschirmsprung – mit Berücksichtigung der Luftreibung und Öffnung des Fallschirms

Sturz aus großer Höhe mit Bremswirkung – freier Fall mit Berücksichtigung der Luftreibung

Aufbauend auf dem Modell des freien Falls ohne Luftreibung, dürften Schüler/innen überzeugt bzw. motiviert sein, die Situation mehr der Realität anzunähern. Durch die Berücksichtigung der Luftreibung kann eine Modellverbesserung vorgenommen werden. Wird die Luftreibung berücksichtigt, ist diese von der (Angriffs-)Fläche des fallenden Körpers abhängig.



Fallschirmsprung – mit Berücksichtigung aller Parameter



Anfangswerte

$x(0) =$	0,0	m
$v(0) =$	0,0	m/s
$\Delta t =$	0,1	s
$g =$	9,81	m/s^2
$m =$	80	kg
$A_{min} =$	1,0	m^2
$A_{max} =$	40,0	m^2
$t_{reiß} =$	9,0	s
$t_{auf} =$	13,0	s
$\rho =$	1,23	kg/m^3
$c_w =$	1,11	

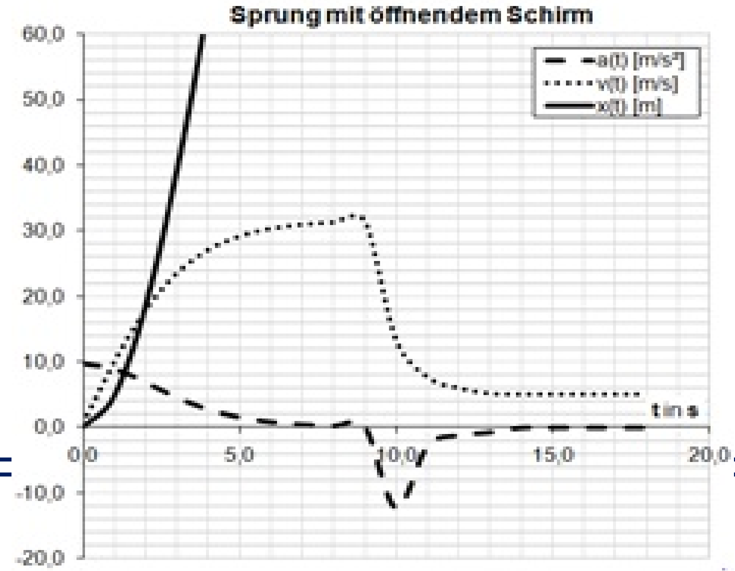
t [s]	A [m^2]	a(t) [m/s^2]	v(t) [m/s]	x(t) [m]
0	1,0	9,8	0,5	0,0
1	1,0	9,0	10,0	4,8
2	1,0	6,9	17,9	18,6
3	1,0	4,6	23,5	39,2
4	1,0	2,8	27,1	64,5
5	1,0	1,6	29,2	92,7
6	1,0	0,9	30,4	122,4
7	1,0	0,5	31,0	153,1
8	1,0	0,3	31,3	184,3
9	1,0	0,1	31,5	215,7
10	10,7	-12,3	13,3	238,8
11	20,5	-2,7	7,6	248,9
12	30,2	-1,1	6,0	255,7
13	40,0	-0,7	5,1	261,2
14	40,0	0,0	5,0	266,3
15	40,0	0,0	5,0	271,3
16	40,0	0,0	5,0	276,3
17	40,0	0,0	5,0	281,3
18	40,0	0,0	5,0	286,3

$$v_{alt}^{*} = v_{alt} + a \cdot \frac{\Delta t}{2}$$

$$t_{neu} = t_{alt} + \Delta t$$

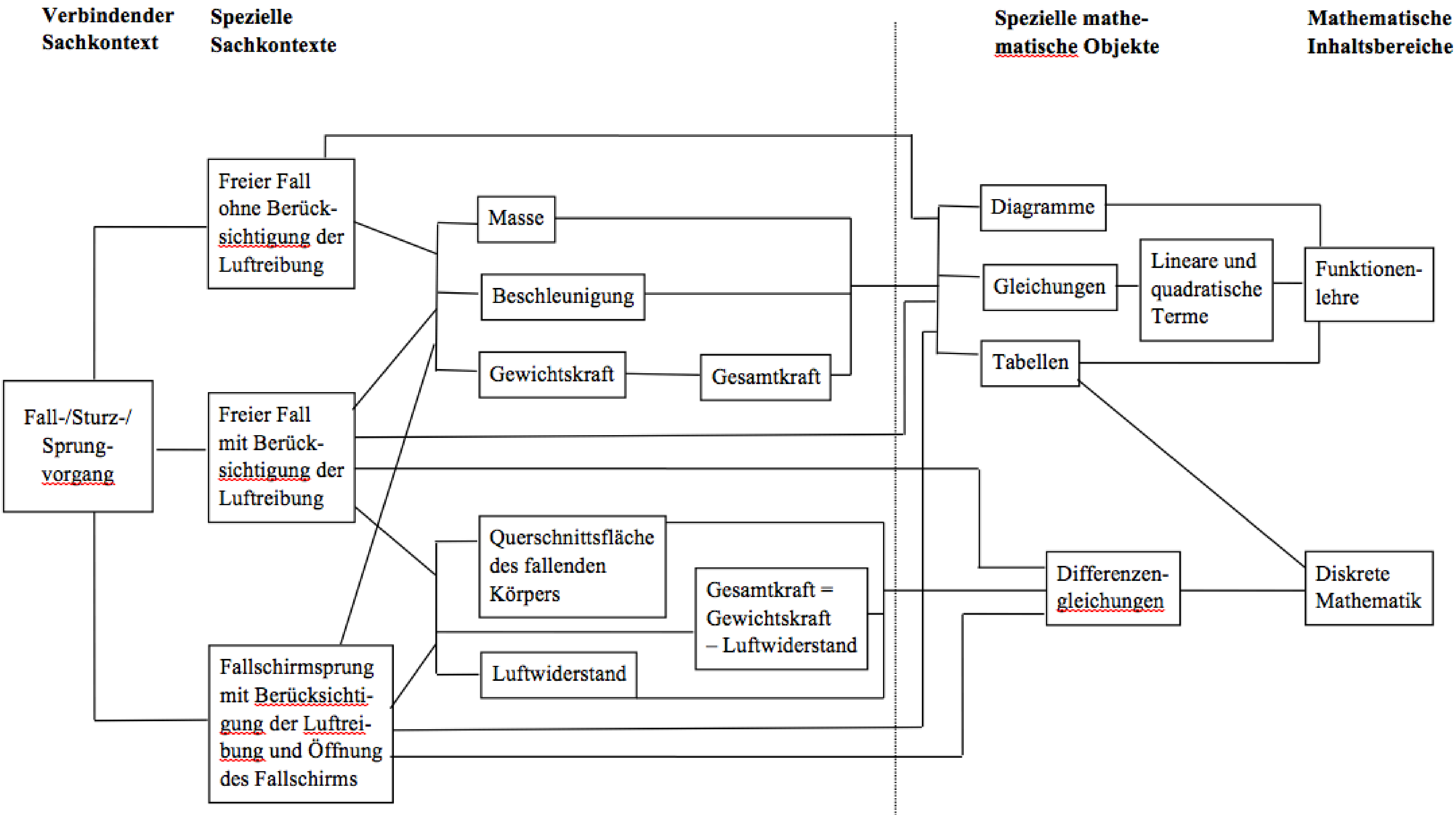
$$a = g - 0.5 \cdot c_w \cdot A \cdot \rho \cdot {v_{alt}^{*}}^{2} \ ;$$

$$v_{neu} = v_{alt}^{*} + a \cdot \Delta t$$



Hans-Stefan Siller:

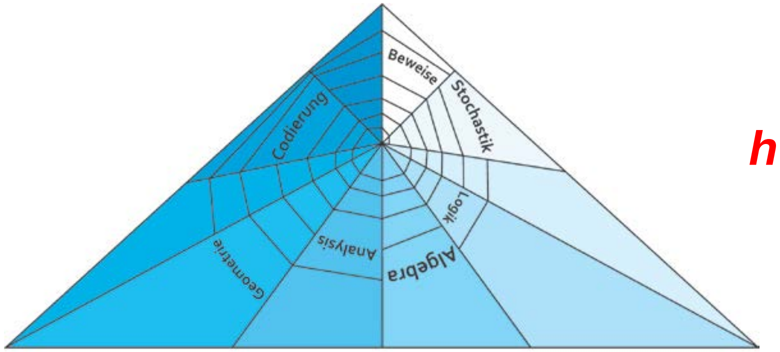
4.2 Physikalische Fallvorgänge als Thema einer vertikalen Vernetzung



5. Fazit

Berücksichtigung von Realitätsbezügen im MU, insbesondere mit vertikaler Vernetzung über die außermathematischen Anwendungskontexte

- unverzichtbare mathematische Kompetenzen werden erworben und gefestigt
- Unterricht leistet einen Beitrag zur Vermittlung von überfachlichen Fähigkeiten



http://www.math-edu.de/Vernetzungen.html

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

Astrid Brinkmann

Universität Münster

http://www.math-edu.de **astrid.brinkmann@math-edu.de**