

Solar-Dorf Kettmannshausen e.V.

Überörtlicher Träger der freien Jugendhilfe

**Regionale Solarbildungszentren für
Kinder und Jugendliche**

**Abschlussbericht über ein Umweltbildungsprojekt,
gefördert unter dem Az: 29 188 – 41 von der
Deutschen Bundesstiftung Umwelt**

gefördert durch



Deutsche Bundesstiftung Umwelt

von

Prof. Dr. sc.oec. Berthold Bley

Simona Elias

Dipl.-Ing. Bernd Vogt

Januar 2014

Projektkennblatt
der
Deutschen Bundesstiftung Umwelt



Az:	29 188-41	Referat	41	Fördersumme	120.000,00
Antragstitel	“Regionale Solarbildungszentren für Kinder und Jugendliche“				
Stichworte	Experimentiermodelle, Umweltbildung				
Laufzeit	Projektbeginn	Projektende	Projektphase(n)		
30 Monate	5.7.2011	5.1.2014			
Zwischenberichte	01/2012 07/2013	07/2012	01/2013		
Bewilligungsempfänger	Solar-Dorf Kettmannshausen e.V. Lindenanger 16 OT Kettmannshausen 99310 Wipfratal			Tel	03620750560
				Fax	03620750561
				Projektleitung	Prof. Dr. Berthold Bley
				Bearbeiter	Simona Elias
Kooperationspartner	Diözese Würzburg KdöR Domerschulstraße 2 97070 Würzburg		SPA GmbH Pfüttschbergstraße 6 98529 Suhl		
	Modul e.V. Grüntaler Straße 62 13359 Berlin				

Zielsetzung und Anlaß des Vorhabens

Mit dem Projekt soll das Interesse und die Kompetenzen der heranwachsenden Generation zu den naturwissenschaftlichen Grundlagen und den Techniken einer nachhaltigen Energieversorgung frühzeitiger und altersgerecht gefördert werden. Das soll vor allem durch das experimentell-entdeckende Lernen erfolgen.

Darstellung der Arbeitsschritte und der angewandten Methoden

Das Projekt umfasst drei miteinander verbundene Aufgabenbereiche.

Erstens: In und zwischen den Bundesländern Bayern, Berlin und Thüringen ist ein Umweltbildungszentrum zunächst mit jeweils einem regionalen Solarbildungszentrum zum experimentell-entdeckenden Lernen mit Selbstbau- und Experimentiermodellen zur Solarenergienutzung mit einem pädagogischen Beirat aufzubauen.

Zweitens: Für das experimentell-entdeckende Lernen ist das systemisch zu gestaltende Modell „Dezentrales CO₂-freies Energiesystem“ zu entwickeln und bereitzustellen. Es besteht aus zwei Modellsystemen mit 13 Teilmodellen. Das Modellsystem 1 ist ein CO₂-freies Dreiplusenergiehaus mit unterschiedlichen Energieanlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien und einer Hausenergie-tankstelle für die Elektromobilität. Das Dreiplusenergiehaus erzeugt nicht nur mehr Energie als es verbraucht, die Hausenergieproduktion ist auch wirtschaftlich.

Das Modellsystem 2 ist ein dezentrales CO₂-freies Elektroenergiesystem mit unterschiedlichen Energieerzeugern. Integriert sind alternative Speichermöglichkeiten für die Elektroenergie, auch im Wasserstoff. Modelle zur Elektro- und Wasserstoffmobilität ergänzen das Modellsystem 2, das mit dem Modellsystem 1 energetisch verbunden ist. Mit beiden Modellsystemen wird angestrebt, dass eine naturwissenschaftlich-technische Umweltbildung in verschiedenen Altersgruppen von bis zu 100 Stunden möglich wird.

Drittens: In den regionalen Solarbildungszentren sind bildungsökonomische Modellausleihsysteme mit einer hohen Modellverfügbarkeit aufzubauen. – Damit soll das Interesse an Berufen in naturwissenschaftlichen und technischen Bereichen unterstützt werden.

Ergebnisse und Diskussion

Die drei geplanten, miteinander verbundenen Projektziele wurden mit der ursprünglichen Kostenkalkulation vollständig realisiert.

Die zeitaufwändigste und anspruchsvollste Aufgabe war die Entwicklung der 13 Modelltypen des Modellsystems „Dezentrales CO₂-freies Energiesystem“. Der hierfür kalkulierte Entwicklungsaufwand wurde vollständig benötigt. Weitere 600 Stunden ehrenamtlicher Arbeit war für die Modellentwicklung erforderlich. Die entwickelten Modelltypen wurden in zwei Modellsystemen zusammengefasst. Das Modellsystem 1 ist ein „CO₂-freies Dreiplusenergiehaus“ mit sechs miteinander kombinierbaren Modelltypen: Modellhausviertel, Wärmedämmung, solarthermische und Photovoltaikanlage, Hauselektroenergieverteilung und Teststand Elektrofahrrad. Das Modellsystem 2 integriert sieben Modelle eines „Dezentralen CO₂-freien Elektroenergiesystems“. Dazu gehören eine nachgeführte Photovoltaik- und Windkraftanlage, eine Elektroenergieverteilung für fluktuierende Elektroenergieerzeuger, eine Elektroenergieverteilung mit einer induktiven Ladestation, ein Elektroauto sowie eine stationäre und mobile Wasserstoffherstellung und -nutzung. – Zu jedem Modelltyp wurden naturwissenschaftliche und technische Grundlagen, Arbeitsblätter mit Lösungen, Experimente und eine ausführliche technische Dokumentation auch zum Nachbau im Rahmen der Umweltbildung erarbeitet. Insgesamt umfassen die Unterlagen zu den 13 Modelltypen mehr als 1.100 Seiten mit rund 150 technischen Zeichnungen, 180 Themen zu Aufgaben und Experimenten sowie 550 Begriffserläuterungen. Die Modelle können altersspezifisch in den Altersgruppen 10 bis 18 Jahre in mehr als 100 Bildungsstunden eingesetzt werden. Die Einsatzmöglichkeiten der entwickelten Modelle sind deutlich größer als im Projekt geplant. Die Gründe hierfür liegen in den entwickelten Baugruppen und den Kombinationsmöglichkeiten zwischen den Modellen des Modellsystems. Die entwickelten Baugruppen lassen sich kostengünstig herstellen, haben eine geringe Störanfälligkeit, liefern stabile Messwerte und erfordern geringe technische Kenntnisse bei ihrer Montage. Alle Modelle sind so konstruiert, dass sie ihre benötigte Elektroenergie nur aus Solarmodulen oder 1,2 Volt Akkus beziehen. - Von allen Modelltypen haben die drei Solarbildungszentren i.d.R. acht Modelle erhalten, die in Handkoffern verpackt sind.

Öffentlichkeitsarbeit und Präsentation

Die entwickelten Modelle des „Dezentralen CO₂-freien Energiesystem“ wurden bisher auf Messen (z.B. Thüringen Ausstellung in Erfurt), Events (z.B. Ideen Park in Essen, Woche der Umwelt Schloss Bellevue in Berlin), zu Tagen des Handwerks in Erfurt, in Schulen und Jugendeinrichtungen mehrerer Bundesländer, zu regionalen Berufsmessen z.B. in Thüringen, bei Lehrerfortbildungen mit EU-Ländern und Bildungskonferenzen (z.B. in Köln) und bei Tagen der „Offenen Tür“ unterschiedlicher Einrichtungen der Projektpartner u.a. vorgestellt.

Über einzelne Modelle berichtete die Presse z.B. in Bayern, Rheinland-Pfalz und Thüringen.

Die Möglichkeiten der Modellnutzung sollen umfassender über www.solardorf.de verbreitet werden.

Interessierte Bildungseinrichtungen können, wie bisher auch, die Modellunterlagen elektronisch erhalten.

Fazit

Jedes der drei „Regionalen Solarbildungszentren für Kinder und Jugendliche“ verfügt über rund 100 Modelle und über umfangreiche Modellunterlagen zu einem „Dezentralen CO₂-freien Energiesystem“. Damit verfügen sie über vielfältige Möglichkeiten ein nachhaltiges Umweltbildungsnetzwerk mit ihren Partnern unter den spezifischen Bedingungen des jeweiligen Bundeslandes zu gestalten. Nach den bisherigen Erfahrungen ist für eine systematische Gestaltung einer Umweltbildung für Kinder und Jugendliche eine kontinuierliche Zusammenarbeit mit Lehrern mit zunächst ausgewählten Schulen zu sichern. Das wird als eine wichtige Voraussetzung angesehen, das Potenzial der Experimentiermöglichkeiten mit den Modellen – es wird von mehr als 200 Experimenten ausgegangen – systematisch für die einzelnen Altersgruppen zu erschließen.

Inhaltsverzeichnis	Seite
Verzeichnis der Abbildungen und Bilder.....	4
1 Zusammenfassung	5
2 Einleitung	6
3 Vorhabensdurchführung und -ergebnisse	9
3.1 Zur Erfüllung der Zielsetzungen des Projektes und aufgetretene Probleme bei der Projektbearbeitung	9
3.2 Struktur des entwickelten Modellsystems „Dezentrales CO ₂ -freies Energiesystem“.....	10
3.3 Modelle des „Dezentralen CO ₂ -freien Energiesystems“	12
3.3.1 Modell 1 „Hausformen, -dächer, -fassaden“	12
3.3.2 Modell 2 „Wärmedämmung“	14
3.3.3 Modell 3 „Photovoltaikanlage“	16
3.3.4 Modell 4 „Solarthermische Anlage“	18
3.3.5 Modell 5 „Hauselektroenergieverteilung“	20
3.3.6 Modell 6 „Elektromobilität (1)“	22
3.3.7 Modell 7 „Nachgeführte Photovoltaikanlage“	24
3.3.8 Modell 8 „Windkraftanlage“	26
3.3.9 Modell 9 „Elektroenergienetzregelung“	28
3.3.10 Modell 10 „Elektroenergiespeicherung“	30
3.3.11 Modell 11 „Elektromobilität (2)“	32
3.3.12 Modell 12 „Wasserstoffherstellung und -nutzung“	34
3.3.13 Modell 13 „Wasserstoffmobilität“	36
3.4 Kombinationsmöglichkeiten zwischen den Modellen des „Dezentralen CO ₂ -freien Energiesystems“	38
3.5 Ergebnisse beim Aufbau „Regionaler Solarbildungszentren für Kinder und Jugendliche“	41
3.6 Erfahrungen beim Aufbau eines bildungsökonomischen Modellausleihsystems	42
4 Fazit	45
5 Literaturverzeichnis	46
6 Anhang.....	48

Verzeichnis der Abbildungen und Bilder

Abbildungen	Seite
Abb. 1: Struktur des Modells „Dezentrales CO ₂ -freies Energiesystem“	11
Abb. 2: Kombinationsmöglichkeiten der Modelle des „Dezentralen CO ₂ -freien Energiesystems“	38
Abb. 3: Modellkombination bei hausinterner Elektroenergiespeicherung	39
Abb. 4: Modellkombination bei Elektroenergiespeicherung im Wasserstoff	39
Abb. 5: Modellkombination zur Deckung eines zeitlich begrenzten Elektroenergie­defizits im Dreiplusenergiehaus	40
Abb. 6: Modellkombination für die Speicherung eines zeitlich begrenzten Elektroenergie­überschusses	40
Abb. 7: Formen der Modellausleihe	43

Bilder	Seite
Bild 1: Modell 1 „Hausformen, -dächer, -fassaden“	12
Bild 2: Modell 2 „Wärmedämmung“	14
Bild 3: Modell 3 „Photovoltaikanlage“	16
Bild 4: Modell 4 „Solarthermische Anlage“	18
Bild 5: Modell 5 „Hauselektroenergieverteilung“	20
Bild 6: Modell 6 „Elektromobilität (1)“	22
Bild 7: Modell 7 „Nachgeführte Photovoltaikanlage“	24
Bild 8: Modell 8 „Windkraftanlage“	26
Bild 9: Modell 9 „Elektroenergienetzregelung“	28
Bild 10: Modell 10 „Elektroenergiespeicherung“	30
Bild 11: Modell 11 „Elektromobilität (2)“	32
Bild 12: Modell 12 „Wasserstoffherzeugung und -nutzung“	34
Bild 13: Modell 13 „Wasserstoffmobilität“	36

1 Zusammenfassung

Das Ziel des Projektes war der Aufbau von jeweils einem „Regionalen Solarbildungszentrum für Kinder und Jugendliche“ in Bayern, Berlin und Thüringen.

Für diese Zentren wurde das Modellsystem „Dezentrales CO₂-freies Energiesystem“ mit 13 Modelltypen entwickelt und bis Ende 2013 jeweils ein Klassensatz mit i.d.R. acht Modellen an die Projektpartner in den drei Bundesländern übergeben. Die Modelltypen wurden zu zwei Modellsystemen zusammengefasst. Das Modellsystem 1 ist ein „CO₂-freies Dreiplusenergiehaus“ mit sechs Modellen: Modellhausviertel, Wärmedämmung, solarthermische und Photovoltaikanlage, Hauselektroenergieverteilung und Elektromobilität (1), ein Teststand für ein Elektrofahrzeug. Das Modellsystem 2 integriert sieben Modelle eines „Dezentralen CO₂-freien Elektroenergiesystems“. Dazu gehören eine nachgeführte Photovoltaik- und Windkraftanlage, eine ElektroenergieNetzregelung für fluktuierende Elektroenergieerzeuger, eine Elektroenergie Tankstelle mit einer induktiven Lademöglichkeit, ein Elektroauto sowie eine stationäre und mobile Wasserstoffherzeugung und -nutzung. – Zu jedem Modelltyp wurden naturwissenschaftliche und technische Grundlagen, Arbeitsblätter und Experimente sowie eine ausführliche technische Dokumentation auch zum Nachbau der Modelle im Rahmen der Umweltbildungsarbeit erarbeitet. Insgesamt umfassen die Modellunterlagen mehr als 1.100 Seiten mit rund 150 technischen Zeichnungen, 180 Themen zu Aufgaben und Experimenten mit den Modellen sowie 550 Begriffserläuterungen. Die Modelle können altersspezifisch in den Altersgruppen von 10 bis 18 Jahre genutzt werden.

Bisher wurden die Modelle in verschiedenen Formen der Umweltbildungsarbeit in unterschiedlichen Schulformen, in der Berufsorientierung, für Schülerprojekte und im außerschulischen Bereich eingesetzt.

Durch die Kombinationsmöglichkeiten der entwickelten Modelltypen miteinander ergibt sich ein umfangreiches Potenzial zum Einsatz der Modelle. Um dieses weiter für eine differenzierte altersspezifische Modellnutzung zu erschließen, ist die begonnene Zusammenarbeit mit Lehrern und Erziehern unterschiedlicher Schulformen zunächst in den Bundesländern Bayern, Berlin und Thüringen nachhaltig zu gestalten.

Die Projektleitung und Modellentwicklung führte der Verein Solar-Dorf Kettmannshausen e.V. durch.

Kooperationspartner waren:

- Diözese Würzburg KdöR in Bayern
- Modul e.V. in Berlin
- SPA GmbH in Suhl in Thüringen als der Produzent der Modelle.

Die Förderung des Projektes erfolgte durch die Deutsche Bundesstiftung Umwelt unter dem Aktenzeichen Az: 29 188 – 41.

2 Einleitung

Die Herausforderungen der durchzuführenden Energiewende in Deutschland verlangen auch eine altersgerechte, frühzeitige und systematische, naturwissenschaftlich-technische Bildung der Kinder und Jugendlichen zu den Energietechniken für eine nachhaltige Entwicklung. Die Förderung der naturwissenschaftlichen und technischen Interessen der Kinder und Jugendlichen sowie die Entwicklung ihrer Bereitschaft zur aktiven, persönlichen Mitgestaltung einer umwelt- und sozialverträglichen Energieerzeugung und effizienten Energienutzung – das zeigen unsere langjährigen Erfahrungen in der Umweltbildung – können vor allem durch das experimentell-entdeckende Lernen mit ausgeprägt werden. – Wissenschaftliche Untersuchungen belegen, dass das Selbstaufführen gegenüber dem nur Hören oder Sehen zu einer deutlich höheren Behaltensleistung und zur nachhaltigen Ausprägung von Verhaltensweisen auch bei Kindern und Jugendlichen führen.

Davon ausgehend und von dem erkennbaren Trend in Deutschland, dass die Menschen immer umfassender passive Nutzer von Technik werden, aber immer weniger aktive Mitgestalter der Technik sind, wurde die Projektaufgabe abgeleitet. Sie besteht im Kern darin, Voraussetzungen zu schaffen, dass mehr Kinder und Jugendliche die Möglichkeit erhalten, sich selbstständig mit Modellen beispielhaft und altersgerecht mit der Komplexität der Energiewende zu beschäftigen und dabei eigene Erkenntnisse zu gewinnen.

Mit der Entwicklung der Sachkompetenzen durch das experimentell-entdeckende Lernen wird zugleich auch mit der Teamarbeit die Sozialkompetenz ausgeprägt. Das sind wichtige Voraussetzungen, einer potenziellen Innovationsbremse bei einer breiten volkswirtschaftlichen Umsetzung der Technologien für die Energiewende durch fehlende Fachkräfte entgegenzuwirken.

Die mehrjährigen Erfahrungen bei der Durchführung von jährlich rund 2.000 Bildungsstunden bei Kindern und Jugendlichen zu den erneuerbaren Energien in Thüringen zeigen, dass Bildungsveranstaltungen, in denen alle Teilnehmer selbstständig, z.B. die Elektroenergieerzeugung mit der Sonne und ihre zeitliche Speicherung mit Selbstbau- und Experimentiermodellen nachvollziehen können, auf ein außerordentlich großes Interesse stößt, viel Spaß bereitet und zu nachhaltigen Bildungseffekten führt.

Diese Erfahrungen wurden bis zum Projektbeginn 2011 mit zehn Modelltypen zur Nutzung der Solarenergie im Rahmen von Umweltbildungsreihen und Projekttagen in unterschiedlichen Schulformen, im Freizeitbereich und in der Berufsorientierung vom Projektbearbeiter gesammelt.

Charakteristisch für die eingesetzten Modelle, die vom Solar-Dorf Kettmannshausen e.V. seit 2005 entwickelt und produziert wurden, waren insbesondere die folgenden Merkmale:

- Mit den verschiedenen Modelltypen konnten nur ausgewählte Techniken einer nachhaltigen Energiewirtschaft demonstriert werden. Die Komplexität der Aufgaben der Energiewende konnte damit nicht dargestellt werden.

- Informationsmaterialien zu den naturwissenschaftlichen und technischen Grundlagen der jeweiligen Modelle, die von Dozenten für die Umweltbildungsveranstaltungen mit den Modellen genutzt werden konnten, lagen bisher nur in Ansätzen vor.
- Arbeitsblätter mit Aufgaben, Experimenten und Lösungen zu den bisher eingesetzten Modellen wurden bisher nur zu einzelnen Themen erarbeitet.
- Unterlagen zum Nachbau der Modelle in Schulen, z.B. in einem fächerübergreifenden Unterricht oder in Arbeitsgemeinschaften, mit den Baugruppenbeschreibungen, technischen Zeichnungen, Schaltplänen und den Stücklisten gab es nicht.
- Eine Zusammenarbeit bei der Modellnutzung mit Partnern in Thüringen und anderen Bundesländern gab es nur zu bestimmten Anlässen. Vereinbarungen zur Zusammenarbeit (z.B. Erfahrungsaustausch beim Einsatz von Umweltbildungsmodellen, Austausch von Bildungsunterlagen, Unterstützung bei der Qualifizierung von Dozenten) wurden nur zu bestimmten Veranstaltungen getroffen. Das trifft weitgehend auch auf die Zusammenarbeit mit Lehrern unterschiedlicher Schulformen zu.
- Ein Modellausleihsystem existierte bis zum Projektbeginn Mitte 2011 nicht.

Auf der Grundlage der Ausgangssituation für das experimentell-entdeckende Lernen mit Modellen zur Solarenergienutzung wurden drei Schwerpunkte für das Projekt „Regionale Solarbildungszentren für Kinder und Jugendliche“ festgelegt.

Erstens: In und zwischen drei Bundesländern soll ein **Umweltbildungsnetzwerk** zunächst mit jeweils einem **regionalen Solarbildungszentrum** zum experimentell-entdeckenden Lernen zur Solarenergienutzung geschaffen werden. Ein pädagogischer Beirat soll zur Beratung und Evaluierung der Umweltbildung aufgebaut werden.

Zweitens: Für das experimentell-entdeckende Lernen ist das **systemisch gestaltete Modellsystem „Dezentrales CO₂-freies Energiesystem“** zu entwickeln und bereitzustellen, mit dem vielfältige Experimente in unterschiedlichen Altersgruppen durchgeführt werden können.

Drittens: In den regionalen Solarbildungszentren sind **bildungsökonomische Modellausleihsysteme mit einer hohen Modellverfügbarkeit** aufzubauen.

Die Schwerpunktaufgaben des Projektes waren die Entwicklung, Tests und die Produktion von 13 Modelltypen mit i.d.R. jeweils acht Modellen für jeden der drei Projektpartner in Bayern, Berlin und Thüringen. Vgl. hierzu im Anhang A 1. Erst nach der schrittweisen Bereitstellung der Modelle waren die unter erstens und drittens gestellten Aufgaben systematisch umsetzbar.

Der Entwicklungsprozess der einzelnen Modelltypen war mit der Aufgabe verbunden, Modellunterlagen zu erarbeiten, die eine qualifizierte Vorbereitung der Bildungsveranstaltungen ermöglichen und differenzierte Angebote zu ihrer Durchführung zur Verfügung stellen. Die Modellunterlagen für jeden der 13 Modelltypen umfassen drei Teile.

Teil A: In diesem Teil werden ausgewählte naturwissenschaftliche und technische Grundlagen zu den jeweiligen Modellen für die Dozenten der Bildungsveranstaltungen weitgehend populärwissenschaftlich aus der Fachliteratur auf 20 bis 40 Seiten aufbereitet. Dieser Teil beinhaltet auch ein Glossar zu relevanten Begriffen des jeweiligen Modells und zu seinen Bezügen insbesondere zu verschiedenen Energietechniken und zu ausgewählten Teilgebieten der Physik wie z.B. zur Bauphysik oder zur Physik des Windes.

Teil B: In diesem Teil sind Aufgaben, Experimente mit Lösungen für die Modellnutzung zusammengestellt, die von unterschiedlichen Altersgruppen bearbeitet werden können.

Teil C: Dieser Teil beinhaltet die Baugruppen der Modelle mit ihren Bauteilen, die Schaltpläne, die technischen Zeichnungen für die Baugruppen und die Stückliste für alle Teile eines Modells. Damit ist die Voraussetzung gegeben, dass die Modelle selbstständig in Bildungsprozessen zusammengesetzt werden können.

Ein Überblick über den Umfang der Modellunterlagen für die 13 Modelle ist im Anhang unter A 4 aufgeführt.

Mit dem Projekt wird das Ziel verfolgt, auch nach 2013, dass Kinder ab 10 Jahre und Jugendliche bis zum Schulabschluss mindestens 100 Stunden jeweils altersgerecht die einzelnen Modelle mit ihren Aufgaben und Experimenten nutzen. – Durch die Kombinationsmöglichkeiten der 13 Modelle miteinander und der Möglichkeit, Modelle z. B. im Rahmen von Arbeitsgemeinschaften, Praktika u.a. mit oder ohne weitere Baugruppen nachzubauen, erhöhen sich die Stunden der potenziellen Modellnutzung erheblich.

Ausgehend von den Anforderungen an die zu entwickelnden Modelle und die Modellunterlagen – vergleichbare komplexe Modellsysteme standen nach durchgeführten Recherchen nicht zur Verfügung – wurden die Entwicklungsarbeiten zunächst auf das Modellsystem 1 (exakt: ein Teilsystem des Modellsystems „Dezentrales CO₂-freies Energiesystem“), ein „CO₂-freies Dreiplusenergiehaus“, bestehend aus sechs Modellen, konzentriert. Vgl. hierzu im Anhang A 2. Die Herausforderung bestand darin, die Modelle so zu gestalten, dass mit ihnen Experimente in unterschiedlichen Altersgruppen durchgeführt werden können und die Modellmontage mit der Herstellung seiner Funktionsfähigkeit auch einen unterrichtsintegrierten Einsatz ermöglicht. Der Einsatz geeigneter Materialien und Baugruppen, die ausschließliche Energieversorgung der Modelle mit Solarmodulen, solarthermischen Kollektoren oder mit Akkus (1,2 Volt) mit einer Begrenzung der Spannung i.d.R. auf 6 Volt und 1 Ampere erforderten einen erheblichen Entwicklungsaufwand und mehrfache Veränderungen der Prototypen nach ihren Tests mit potenziellen Nutzern. Parallel mit der Entwicklung der Modelle des Modellsystems erfolgten Studien zu alternativen Modellansätzen des Modellsystems 2 „Dezentrales CO₂-freies Elektroenergiesystem“. Vgl. hierzu im Anhang A 3 und A 10.

Mit der Fertigstellung der Klassensätze von jeweils acht Modellen begann ihr Einsatz mit den ausgearbeiteten Modellunterlagen in Schulen zunächst in Thüringen.

Dabei wurde erkennbar, dass eine rechtzeitige fachliche Einweisung der Dozenten durch die Modellentwickler unabdingbar ist. Die bisher erarbeiteten Möglichkeiten der Modellnutzung sind Angebote, die mit der Modellnutzung altersspezifisch weiter unterstützt werden können.

Hierzu ist – nach unseren bisherigen Erfahrungen - eine längerfristige Zusammenarbeit mit erfahrenen Lehrern unterschiedlicher Schulformen zu gestalten, auch um eine lehrplankonforme Bildungsarbeit mit den Modellen durchsetzen zu können. Das Potenzial der Nutzung der einzelnen Modelle der dezentralen CO₂-freien Energienutzung ist erst teilweise erschlossen. Die bisherigen Erfahrungen bei der Modellnutzung zeigen, dass mit ihnen mehr als 200 Experimente durchgeführt werden können. Die Auswertung erster Tests zum unterrichtsintegrierten Einsatz von einzelnen Modellen in Bayern, Berlin und Thüringen belegen, dass sie sowohl fachspezifisch als auch fächerübergreifend genutzt werden können. Die Herausforderungen in den Jahren nach 2013 werden darin gesehen, differenzierte Angebote zur Modellnutzung für den schulischen und für den Freizeitbereich sowie für die Nutzung in der Berufsorientierung mit fachdidaktisch erfahrenen Lehrern und Mitarbeitern verschiedener Bildungseinrichtungen zu erarbeiten und über das Umweltbildungsnetz zu verbreiten. Dieser Prozess kann durch die Nutzung des Modellausleihsystems befördert werden. Vgl. hierzu auch im Anhang A 8 und A 9.

3 Vorhabensdurchführung und -ergebnisse

3.1 Zur Erfüllung der Zielsetzungen des Projektes und aufgetretene Probleme bei der Projektbearbeitung

Die Zielsetzungen des Projektes mit den Schwerpunkten

- Entwicklung und Produktion von 13 Modelltypen mit fast 300 Modellen eines CO₂-freien Energiesystems und
- Aufbau von drei regionalen Solarbildungszentren zur Umweltbildung von Kindern und Jugendlichen mit einem Modellausleihsystem

wurden bis zum geplanten Projektende insgesamt erfüllt.

Die Entwicklungsarbeiten zu den Modelltypen erfolgten von August 2011 bis Oktober 2013, wie ursprünglich geplant, vom Solar-Dorf Kettmannshausen e.V. mit seinen Partnern. Die Produktion der Modelle konnte nicht wie geplant im Mai 2012, sondern erst im November 2012 beginnen. Der Grund hierfür war, dass die beiden hierfür vertraglich festgelegten Kooperationspartner (PRAGER SCHULE in Göttingen und works in Wittenberg) ihre Mitarbeit aus wirtschaftlichen Gründen Ende August 2012 kündigten. Im Oktober 2012 gelang es, mit der SPA GmbH in Suhl einen neuen Partner für die Modellproduktion zu gewinnen. Neue Partner für den Aufbau regionaler Solarbildungszentren wurden bis Ende November 2012 die Diözese Würzburg und Modul e.V. in Berlin. Seit dieser Zeit erfolgte eine intensive Zusammenarbeit mit den neuen Kooperationspartnern zur Umsetzung der ursprünglichen Projektziele. Durch einen zusätzlichen Aufwand an ehrenamtlicher

Arbeit von mehr als 600 Stunden der Thüringer Partner, bei Einhaltung des bestätigten Kostenplanes zum Projekt, gelang es, die geplanten Projektaufgaben vollständig zu realisieren.

Für die Umsetzung des Projektes waren die Entwicklungsleistungen für die Modelle mit den dafür zu erarbeitenden Modellunterlagen die größte Herausforderung.

Das im Rahmen des Projektes entwickelte und produzierte Modellsystem mit seinen Modellunterlagen bildet die Grundlage für eine qualitativ neue, altersspezifische und naturwissenschaftlich-technisch geprägte Umweltbildung zu nachhaltigen Energietechniken. Hierauf basiert das Umweltbildungsnetzwerk der regionalen Solarbildungszentren für Kinder und Jugendliche, die i.d.R. über acht Modelle von jedem Modelltyp verfügen. Von dem Modell „Elektroenergienetzregelung“ wurden nur drei Modelle bereitgestellt. Sie sind hochwertige Prototypen und ein Selbstbau durch Jugendliche wird zunächst nicht angestrebt.

Die Bildungspotenziale des entwickelten Modellsystems sollen in den nächsten Jahren mit weiteren Partnern für die Umweltbildung von Kindern und Jugendlichen umfassender erschlossen werden. Dazu wird die Zusammenarbeit mit Lehrern unterschiedlicher Schulformen und der Erfahrungsaustausch zum Modelleinsatz zwischen den Lehrern in erweitertem Umfang fortgesetzt. Die Lehrer, die in ihrer Schule den fachspezifischen und fächerübergreifenden Modelleinsatz selbst mitgestalten, bilden den pädagogischen Beirat für die „Regionalen Solarbildungszentren für Kinder und Jugendliche“.

3.2 Struktur des entwickelten Modellsystems „Dezentrales CO₂-freies Energiesystem“

Das Modellsystem „Dezentrales CO₂-freies Energiesystem“ besteht aus 13 Modellen zur Erzeugung chemischer, elektrischer und thermischer Energie aus der Sonnenenergie und ihrer effizienten Nutzung. Durch das experimentell-entdeckende Lernen mit den Modellen soll eine frühzeitige und systematische Förderung der naturwissenschaftlichen und technischen Interessen der Kinder und Jugendlichen altersgerecht unterstützt und das Verständnis für die Herausforderungen der Energiewende hin zu einer nachhaltigen Energiewirtschaft entwickelt werden. Dazu sollen mit den naturwissenschaftlichen und technischen Aufgaben zu den Modellen und durch die Experimente mit ihnen gezeigt werden, dass die reale Chance zur Erreichung der folgenden zwei globalen Aufgaben der Menschheit bis zur Jahrhundertmitte besteht.

Erstens: Der Natur darf auf Dauer nicht mehr Energie entnommen werden als sie wieder bereitstellen kann. Und zweitens: Die entnommene Energie ist mit dem größtmöglichen Wirkungsgrad zu nutzen, damit möglichst wenig nicht mehr nutzbare Energie anfällt.

Davon ausgehend wurden Modelle zur Nutzung der direkten und indirekten Sonnenenergie entwickelt, bei deren Einsatz es im realen Leben zu keinen vom Menschen verursachten CO₂-Emissionen kommt. Die entwickelten Modelle sind in der nachfolgenden Abbildung dargestellt. Vgl. auch hierzu im Anhang A 2 und A 3.

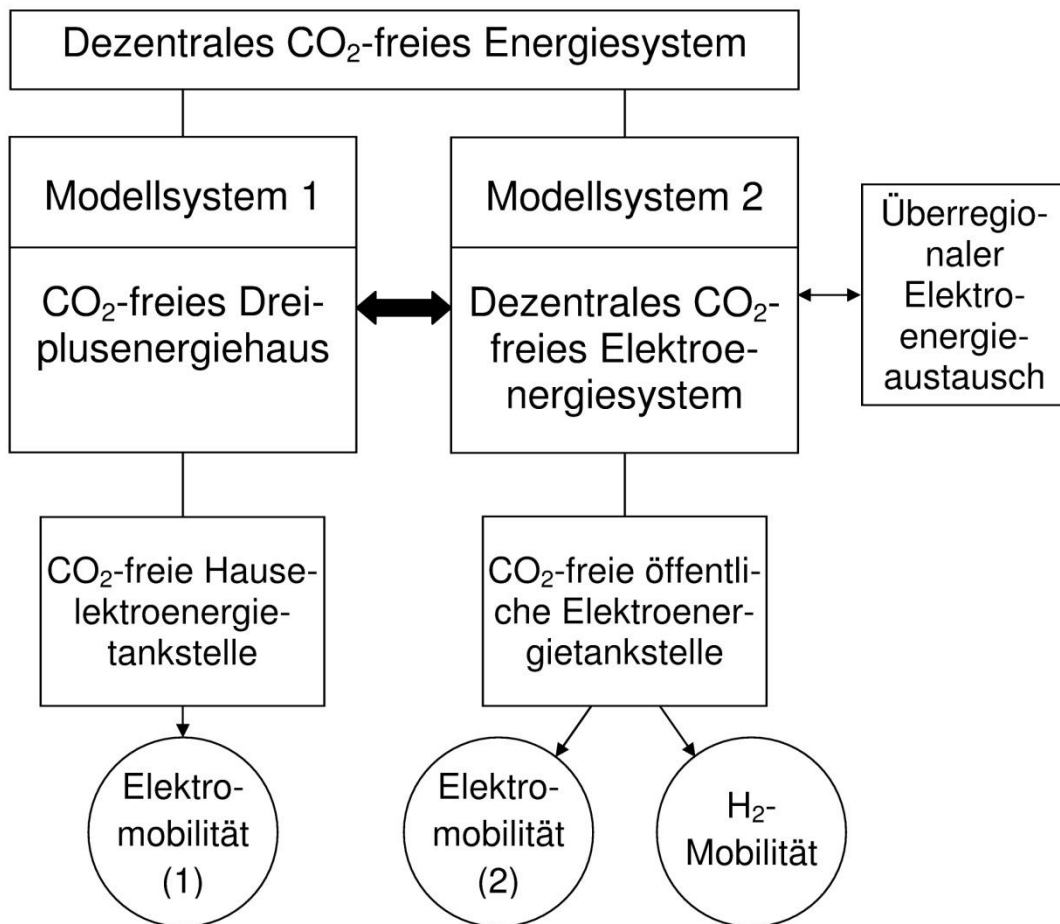


Abb. 1: Struktur des Modells „Dezentrales CO₂-freies Energiesystem“

Alle 13 Modelle wurden im Rahmen des Projektes entwickelt und getestet. Für die drei Bundesländer Bayern, Berlin und Thüringen wurden insgesamt 291 Modelle produziert. Jeweils 97 Modelle wurden den drei regionalen Solarbildungszentren für Kinder und Jugendliche für die Umweltbildung im Jahr 2013 zur Verfügung gestellt. Vgl. im Anhang A 5.

Im nachfolgenden Abschnitt werden für jedes der entwickelten 13 Modelle folgende Angaben gemacht:

- Modellgegenstand – technische Komponenten des Modells, die Modellabmessungen, die Anzahl der unterschiedlichen Modellteile nach Modelltypen, die Dauer der Modellmontage in Unterrichtseinheiten UE (1 UE entspricht 45 Minuten)
- Modellnutzung – naturwissenschaftliche und technische Informationen zum jeweiligen Modell, Aufgabenstellungen und Vorschläge für Experimente mit Lösungshinweisen, Mindestalter der Kinder und Jugendlichen beim Modelleinsatz und eine Orientierung für die Anzahl der UE für den Modelleinsatz sowie zur Kombinierbarkeit der Modelle untereinander. Vgl. hierzu im Anhang A 6.

Die im Rahmen des Projektes entwickelten Modelltypen mit ihren spezifischen Eigenschaften werden im nachfolgenden Abschnitt 3.3 im Überblick dargestellt.

3.3 Modelle des „Dezentralen CO₂-freien Energiesystems“

3.3.1 Modell 1 „Hausformen, -dächer, -fassaden“

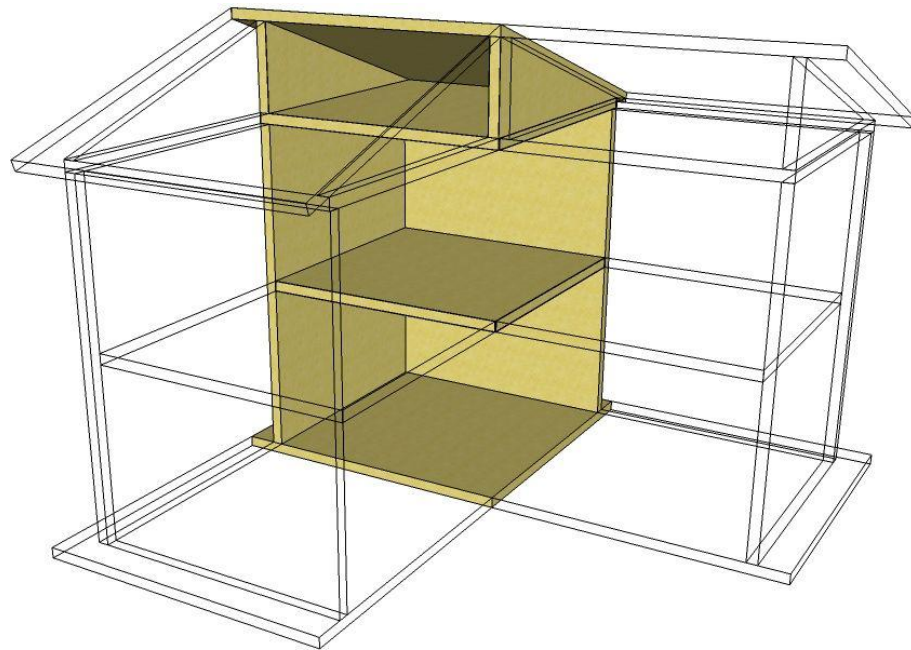


Bild 1: Modell 1 „Hausformen, -dächer, -fassaden“

Modellgegenstand

Das Modell „Hausformen, -dächer, -fassaden“ ist ein Modellhausviertel. Es hat drei alternative Dachformen: Flach-, Pult- und Satteldach. Ein Modellhausviertel mit einem Satteldach hat eine Bodenplatte, zwei Hauswände, eine Zwischen- und eine Dachdecke sowie ein Dach mit zwei Dachseiten. Die Hausteile sind aus Sperrholz oder einem Kunststoff mit einer Materialdicke von 9 mm.

Abmessungen des Modells	Länge 25 cm; Breite 25 cm; Höhe 37,5 cm
Unterschiedliche Modellteile	6
Dauer der Modellmontage	Bis 0,5 UE
Einsatzalter	Ab 10 Jahre
Materialien zum Modell	Teil A: Informationsmaterial – Anforderungen an die Gestaltung von Häusern mit einem günstigen Oberflächen-Volumen-Verhältnis mit alternativen Dachformen
Glossar	21 Begriffe Teil B: Arbeitsblätter und Lösungen zu Aufgaben und Experimenten <ul style="list-style-type: none"> • Skizzen zu Hausflächen • Oberflächen-Volumen-Verhältnis bei unterschiedlichen Hausformen • Hausteile für ein Viertel eines Modellhauses mit einem Flach-, Pult- und Satteldach • Flächenberechnung der Hausteile eines Modellhauses mit alternativen Dachformen • Herstellung und Zusammenbau der Hausteile für ein Modellhausviertel mit einem Satteldach • Gestaltung von Hausfassaden <p>Bearbeitungsdauer: bis 30 UE</p> <p>Teil C: Bauteile, Komponenten und Schaltpläne (einschließlich Konstruktionsunterlagen zum Modellselbstbau)</p> <p>Anzahl der Seiten der Teile A, B und C: 85</p>
Arbeitsblätter	14 Themen
Technische Zeichnungen	15
Kombinierbarkeit des Modells	Das Modell 1 kann mit den Modellen 2, 3, 4 und 5 verbunden werden.

3.3.2 Modell 2 „Wärmedämmung“



Bild 2: Modell 2 „Wärmedämmung“

Modellgegenstand

Das Modell „Wärmedämmung“ ist ein Teststand zur Untersuchung der Dämmwirkung unterschiedlicher Stoffe. Zum Modell gehören ein Holzrahmen mit einer Kupferplatte von 15 cm x 10 cm, ein Thermometer zur Ermittlung der Temperatur der Kupferplatte, eine Infrarotlampe, ein Infrarotthermometer und fünf unterschiedliche Dämmstoffe.

Abmessungen des Modells	Länge 17 cm; Breite 8 cm; Höhe 19,5 cm
Unterschiedliche Modellteile	17
Dauer der Modellmontage	Bis 0,5 UE
Einsatzalter	Ab 12 Jahre
Materialien zum Modell	Teil A: Informationsmaterial – Grundlagen und Berechnung der Wärmeübertragung von Gebäudeteilen, Dämmstoffarten und Dämmungsmöglichkeiten von Gebäuden
Glossar	48 Begriffe Teil B: Arbeitsblätter und Lösungen zu Aufgaben und Experimenten <ul style="list-style-type: none"> • Wärmeverluste eines Hauses • Aufgaben der Wärmedämmung • Anforderungen an Dämmmaßnahmen • Dämmstoffarten • Experimente zur Dämmwirkung von unterschiedlichen Dämmstoffen im Zeitverlauf bei unterschiedlichen Temperaturen der Kupferplatte Bearbeitungsdauer: bis 10 UE Teil C: Bauteile, Komponenten und Schaltpläne (einschließlich Konstruktionsunterlagen zum Modellselbstbau) Anzahl der Seiten der Teile A, B und C: 79
Arbeitsblätter	10 Themen
Technische Zeichnungen	7
Kombinierbarkeit des Modells	Das Modell 2 kann mit dem Modell 1 verbunden werden.

3.3.3 Modell 3 „Photovoltaikanlage“



Bild 3: Modell 3 „Photovoltaikanlage“

Modellgegenstand

Das Modell „Photovoltaikanlage“ ist ein Teststand zur Elektroenergieerzeugung mit der Photovoltaik. Zu ihm gehört eine Grundplatte mit vier Solarmodulen mit je 2 Volt und 380 Milliampere, eine Halterung für die Grundplatte und eine Platte mit Buchsen zur Verschaltung der Solarmodule. Die Grundplatte kann auch als Satteldach eines Modellhausviertels genutzt werden.

Abmessungen des Modells	Länge 20 cm; Breite 25 cm; Höhe 27,5 cm
Unterschiedliche Modellteile	24
Dauer der Modellmontage	Bis 0,5 UE
Einsatzalter	Ab 12 Jahre
Materialien zum Modell	Teil A: Informationsmaterial – Naturwissenschaftliche und technische Grundlagen zur Photovoltaik
Glossar	32 Begriffe Teil B: Arbeitsblätter und Lösungen zu Aufgaben und Experimenten <ul style="list-style-type: none"> • Direkt-, Diffus- und Reflexstrahlung • Nutzbare Globalstrahlung auf Hausflächen • Wirkungsgrad einer Solarzelle • Füllfaktor einer Solarzelle • Komponenten einer netzgekoppelten Photovoltaikanlage • Solare Stromerzeugung auf alternativen Dachflächen • Reihen- und Parallelschaltung von Solarzellen und Solarmodulen • Amortisationszeit einer Photovoltaikanlage Bearbeitungsdauer: bis 20 UE Teil C: Bauteile, Komponenten und Schaltpläne (einschließlich Konstruktionsunterlagen zum Modellselbstbau) Anzahl der Seiten der Teile A, B und C: 92
Arbeitsblätter	24 Themen
Technische Zeichnungen	6
Kombinierbarkeit des Modells	Das Modell 3 kann mit den Modellen 1 und 5 verbunden werden.

3.3.4 Modell 4 „Solarthermische Anlage“



Bild 4: Modell 4 „Solarthermische Anlage“

Modellgegenstand

Das Modell „Solarthermische Anlage“ basiert auf dem Schwerkraftprinzip und hat folgende Komponenten: Grundplatte mit Halterungen für den thermischen Kollektor und das Gehäuse des Schichtenspeichers, Dachelement mit thermischem Kollektor, Schichtenspeicher mit Gehäuse, Messpult, Wasserschläuche und Experimentierlampe.

Abmessungen des Modells	Länge 22 cm; Breite 18 cm; Höhe 24 cm
Unterschiedliche Modellteile	30
Dauer der Modellmontage	Bis 1 UE
Einsatzalter	Ab 12 Jahre
Materialien zum Modell	Teil A: Informationsmaterial – Naturwissenschaftliche und technische Grundlagen der Solarthermie sowie technische Komponenten von solarthermischen Anlagen
Glossar	98 Begriffe Teil B: Arbeitsblätter und Lösungen zu Aufgaben und Experimenten <ul style="list-style-type: none"> • Energieformen • Bestandteile der Globalstrahlung • Technische Anlagen zur Nutzung der Sonnenenergie • Nutzung der Sonnenenergie durch einen thermischen Kollektor • Solare Trinkwassererwärmungsanlagen • Experimente zur Temperaturentwicklung im Schichtenspeicher • Wirtschaftlichkeitsberechnungen Bearbeitungsdauer: bis 20 UE Teil C: Bauteile, Komponenten und Schaltpläne (einschließlich Konstruktionsunterlagen zum Modellselbstbau) Anzahl der Seiten der Teile A, B und C: 118
Arbeitsblätter	20 Themen
Technische Zeichnungen	20
Kombinierbarkeit des Modells	Das Modell 4 kann mit dem Modell 1 verbunden werden.

3.3.5 Modell 5 „Hauselektroenergieverteilung“

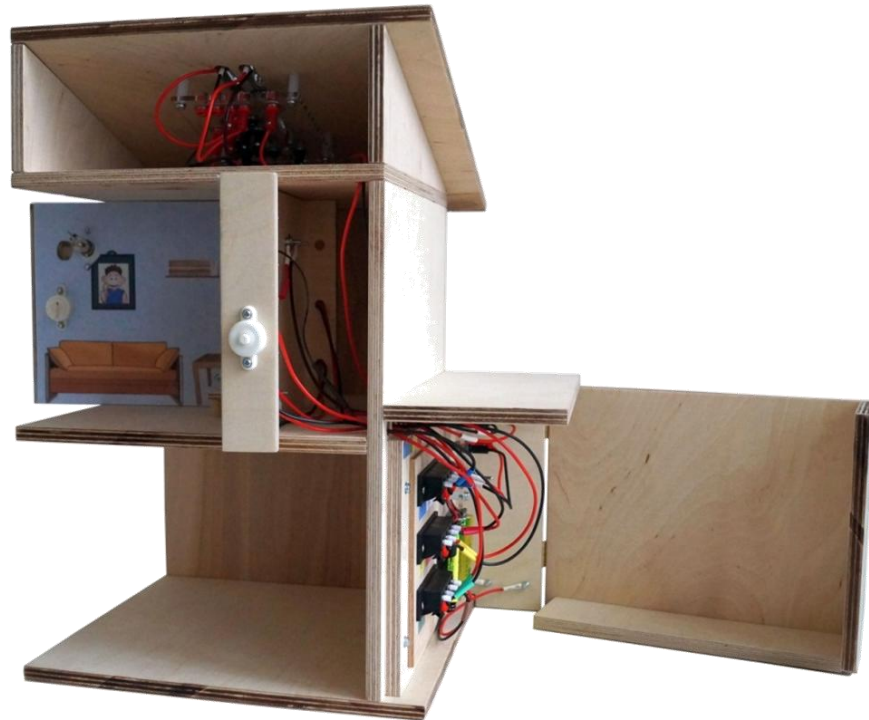


Bild 5: Modell 5 „Hauselektroenergieverteilung“

Modellgegenstand

Das Modell „Hauselektroenergieverteilung“ besteht aus einem Hausanschlussraum mit einer Stromverteiltertafel für fünf Stromkreise, einem Elektroenergiespeichermodul mit vier Akkus, einem Anschluss für eine Photovoltaikanlage und einer Steckdose für die Elektromobilität. Vier Stromkreise mit elektrischen Verbrauchern (z.B. Summer, Lampen) können auf einen Etageneinschub montiert werden. Das Modell „Hauselektroenergieverteilung“ kann in ein Modellhausviertel integriert werden.

Abmessungen des Modells	<p>Hausanschlussraum: Länge 10 cm; Breite 22,5 cm; Höhe 18 cm</p> <p>Etageneinschub für die Elektroinstallation: Länge 18,5 cm, Breite 18,5 cm, Höhe 14 cm</p>
Unterschiedliche Modellteile	40
Dauer der Modellmontage	Bis 3 UE
Einsatzalter	Ab 12 Jahre
Materialien zum Modell	Teil A: Informationsmaterial – Elektrotechnische Grundlagen und Umsetzungskonzepte für Elektroenergieverteilungen in Wohnhäusern
Glossar	<p>34 Begriffe</p> <p>Teil B: Arbeitsblätter und Lösungen zu Aufgaben und Experimenten</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ermittlung der solaren Stromerzeugung • Elektroenergieverbraucher in einer Küche • Technische Komponenten einer Hauselektroenergieverteilung • Nutzung einer Photovoltaikanlage eines Hauses für die Elektroenergieversorgung im Haus und für die Elektromobilität • Installation von Stromkreisen für elektrische Verbraucher <p>Bearbeitungsdauer: bis 20 UE</p> <p>Teil C: Bauteile, Komponenten und Schaltpläne (einschließlich Konstruktionsunterlagen zum Modellselbstbau)</p> <p>Anzahl der Seiten der Teile A, B und C: 92</p>
Arbeitsblätter	9 Themen
Technische Zeichnungen	23
Kombinierbarkeit des Modells	Das Modell 5 kann mit den Modellen 1, 3, 6 und 9 verbunden werden.

3.3.6 Modell 6 „Elektromobilität (1)“

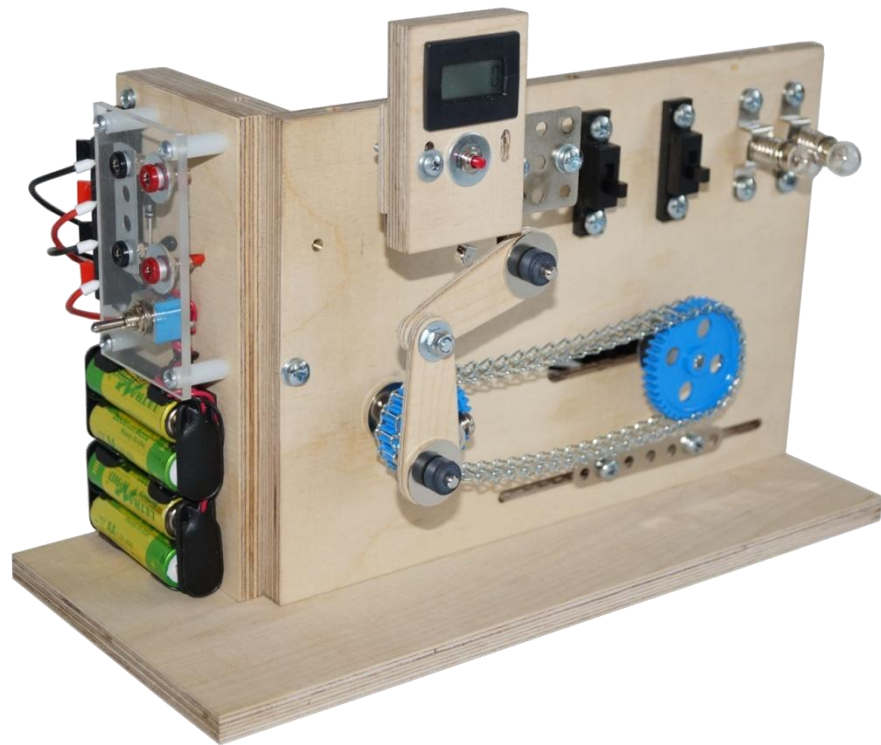


Bild 6: Modell 6 „Elektromobilität (1)“

Modellgegenstand

Das Modell „Elektromobilität (1)“ ist ein Teststand für ein Elektrofahrrad. Er verfügt über vier Akkus mit je 1,2 Volt, zwei Lampen, einen Elektromotor, einem Pedalrad mit einem Bein, einer Zählleinrichtung für die Umdrehungen der Pedalachse, einer Verteilerplatte mit einem Elektroanschluss für einen Energieaustausch mit anderen Modellen, acht Zahnräder und zwei Gewichte.

Abmessungen des Modells	Länge 27 cm; Breite 25 cm; Höhe 20 cm
Unterschiedliche Modellteile	76
Dauer der Modellmontage	Bis 1 UE
Einsatzalter	Ab 10 Jahre
Materialien zum Modell	Teil A: Informationsmaterial – Naturwissenschaftliche und technische Grundlagen zur Elektromobilität
Glossar	24 Begriffe Teil B: Arbeitsblätter und Lösungen zu Aufgaben und Experimenten <ul style="list-style-type: none"> • Ladezeiten für Akkumulatoren von Elektrofahrzeugen • Komponenten zur Elektrifizierung des Antriebsstrangs • V2G - Konzept • Zahnradkombination mit der höchsten Anzahl der Umdrehungen der Pedalachse pro Zeiteinheit • Ermittlung der Zahnradkombination mit der höchsten Anzahl der Umdrehungen der Pedalachse pro Zeiteinheit bei einem Anstieg der Fahrstrecke Bearbeitungsdauer: bis 20 UE Teil C: Bauteile, Komponenten und Schaltpläne (einschließlich Konstruktionsunterlagen zum Modellselbstbau)
Arbeitsblätter	Anzahl der Seiten der Teile A, B und C: 92 14 Themen
Technische Zeichnungen	12
Kombinierbarkeit des Modells	Das Modell 6 kann mit dem Modell 5 verbunden werden.

3.3.7 Modell 7 „Nachgeführte Photovoltaikanlage“

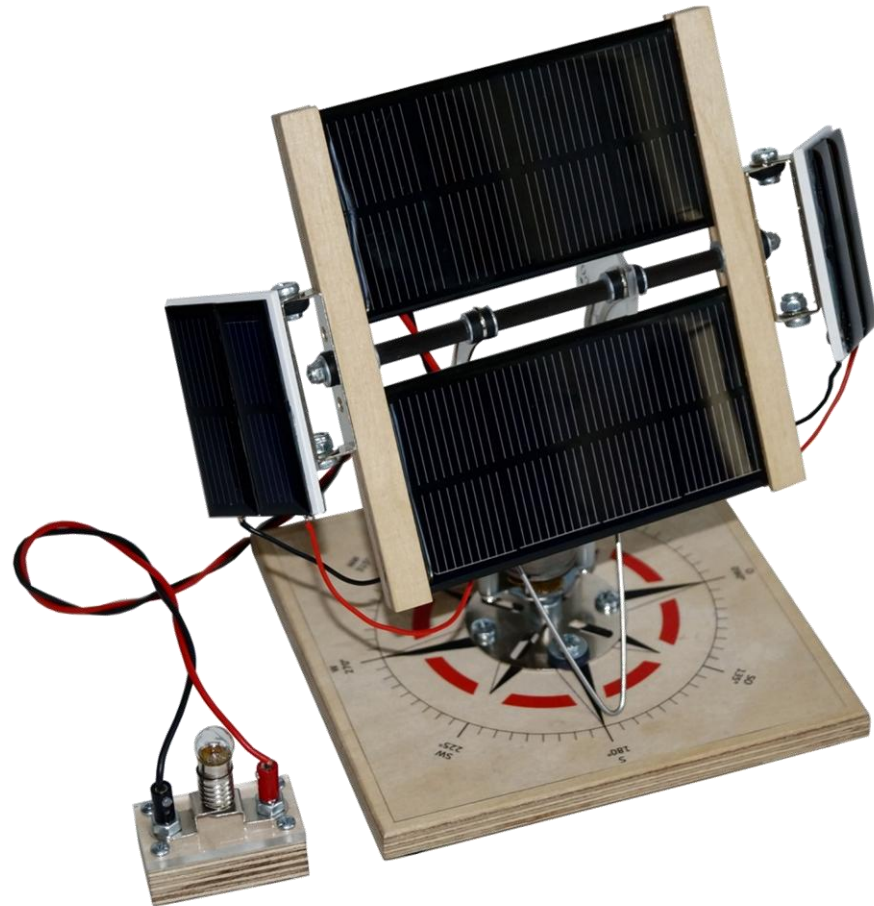


Bild 7: Modell 7 „Nachgeführte Photovoltaikanlage“

Modellgegenstand

Das Modell „Nachgeführte Photovoltaikanlage“ besteht aus einer Solarmodulkipphalterung mit zwei Solarmodulen mit je 2 Volt und 380 Milliampere sowie vier Sensorsolarmodulen mit 0,5 Volt und 150 Milliampere, einer Trägerplatte mit einem Getriebemotor, einer Steckplatte für die Kabelverbindungen und der Grundplatte für die Photovoltaikanlage.

Abmessungen des Modells	Länge 15 cm; Breite 15 cm; Höhe 20 cm
Unterschiedliche Modellteile	42
Dauer der Modellmontage	Bis 1 UE
Einsatzalter	Ab 12 Jahre
Materialien zum Modell	Teil A: Informationsmaterial – Naturwissenschaftliche und technische Grundlagen zur Photovoltaik sowie zu den Nutzungspotenzialen der Sonnenenergie für die Photovoltaik
Glossar	38 Begriffe Teil B: Arbeitsblätter und Lösungen zu Aufgaben und Experimenten <ul style="list-style-type: none"> • Diffus-, Direkt- und Reflexstrahlung • Siliziumkristall • Dotierungsmöglichkeiten des Siliziumkristalls • Solarzellenkennlinien • Wirkungsgrad einer Solarzelle • Reihen-, Parallel- und Antiparallelschaltung von Solarzellen • Berechnung der Erzeugung von Elektroenergie mit Photovoltaikanlagen Bearbeitungsdauer: bis 20 UE Teil C: Bauteile, Komponenten und Schaltpläne (einschließlich Konstruktionsunterlagen zum Modellselbstbau)
Arbeitsblätter	Anzahl der Seiten der Teile A, B und C: 90 17 Themen
Technische Zeichnungen	9
Kombinierbarkeit des Modells	Das Modell 7 kann mit dem Modell 9 verbunden werden.

3.3.8 Modell 8 „Windkraftanlage“



Bild 8: Modell 8 „Windkraftanlage“

Modellgegenstand

Das Modell „Windkraftanlage“ ist modular aufgebaut und dient der Erzeugung von Elektroenergie. Es besteht aus den Baugruppen Bodenplatte, der Generatorhalterung mit Generator, der Kanzel mit der Rotorwelle und der Nabe für die Rotorblätter, acht Zahnrädern für die Rotor- und Generatorwelle, einer Steckplatte, einem Elektromotor sowie einem Stab für die Generatorhalterung. Zur Erzeugung unterschiedlicher Windgeschwindigkeiten wird ein Ventilator benutzt. Zum Modell „Windkraftanlage“ gehört auch ein Windmesser.

Abmessungen des Modells	Windkraftanlage: Länge 25 cm; Breite 20 cm; Höhe 60 cm Ventilator: Länge 11,6 cm; Breite 41 cm; Höhe 48 cm
Unterschiedliche Modellteile	63
Dauer der Modellmontage	Bis 2 UE
Einsatzalter	Ab 12 Jahre
Materialien zum Modell	Teil A: Informationsmaterial – Grundlagen zum Winddargebot, zur Energie des Windes und zur Windkraftnutzung sowie der Aufbau von Windkraftanlagen
Glossar	39 Begriffe Teil B: Arbeitsblätter und Lösungen zu Aufgaben und Experimenten <ul style="list-style-type: none"> • Entwicklung der Windkraftanlagen • Hauptbaugruppen von Windkraftanlagen • Berechnung der Elektroenergieerzeugung mit einer Windkraftanlage onshore und offshore • Ermittlung der Leistung des Windes • Experimente mit der Veränderung der Rotorblätter, unterschiedlichen Zahnradkombinationen und Rotorblattwinkeln sowie Veränderung der Windgeschwindigkeiten Bearbeitungsdauer: bis 30 UE Teil C: Bauteile, Komponenten und Schaltpläne (einschließlich Konstruktionsunterlagen zum Modell selbstbau) Anzahl der Seiten der Teile A, B und C: 89
Arbeitsblätter	16 Themen
Technische Zeichnungen	11
Kombinierbarkeit des Modells	Das Modell 8 kann mit dem Modell 9 verbunden werden.

3.3.9 Modell 9 „Elektroenergienetzregelung“

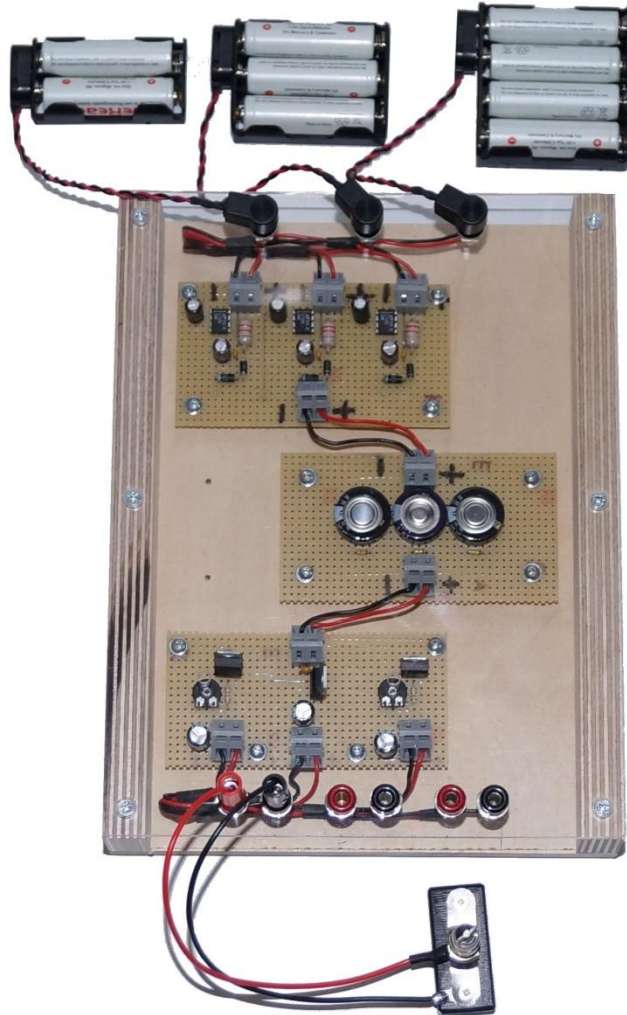


Bild 9: Modell 9 „Elektroenergienetzregelung“

Modellgegenstand

Das Modell „Elektroenergienetzregelung“ ist eine Inselstromversorgung mit Gleichstrom. Der Gleichstrom wird mit fluktuierenden erneuerbaren Energieträgern mit einer Photovoltaik- und einer Windkraftanlage erzeugt. Mit einer Konverterplatine wird der schwankende Gleichstrom zwischen 1,5 bis 6 Volt auf eine Gleichspannung von 12 Volt gebracht und in drei Kondensatoren gespeichert. Eine Reglerplatine sichert, dass elektrische Verbraucher mit konstanten Gleichspannungen bis 5 Volt versorgt werden können.

Abmessungen des Modells	Länge 23,5 cm; Breite 18 cm; Höhe 4,5 cm
Unterschiedliche Modellteile	48
Dauer der Modellmontage	Bis 0,5 UE
Einsatzalter	Ab 14 Jahre
Materialien zum Modell	Teil A: Informationsmaterial – Technische Grundlagen zur Stromversorgung, Herausforderungen der Energiewende, fluktuierende Stromerzeugung von Wind- und Photovoltaikanlagen, Möglichkeiten der Elektroenergiespeicherung und Strompreisbildung
Glossar	81 Begriffe Teil B: Arbeitsblätter und Lösungen zu Aufgaben und Experimenten <ul style="list-style-type: none"> • Blackout bei der Stromversorgung • Grundprinzipien einer funktionierenden Stromversorgung • Ausgleich zwischen Stromnachfrage und stark fluktuierendem erneuerbarem Stromangebot • Merit-Order • Ziel der Energiewende • Experimente zur Elektroenergiespeicherung mit Goldcaps und fluktuierenden Gleichstromerzeugern Bearbeitungsdauer: bis 20 UE Teil C: Bauteile, Komponenten und Schaltpläne (einschließlich Konstruktionsunterlagen zum Modellselbstbau) Anzahl der Seiten der Teile A, B und C: 83
Arbeitsblätter	9 Themen
Technische Zeichnungen	3
Kombinierbarkeit des Modells	Das Modell 9 kann mit den Modellen 5, 7, 8, 10, 12 und 13 verbunden werden.

3.3.10 Modell 10 „Elektroenergiespeicherstation“

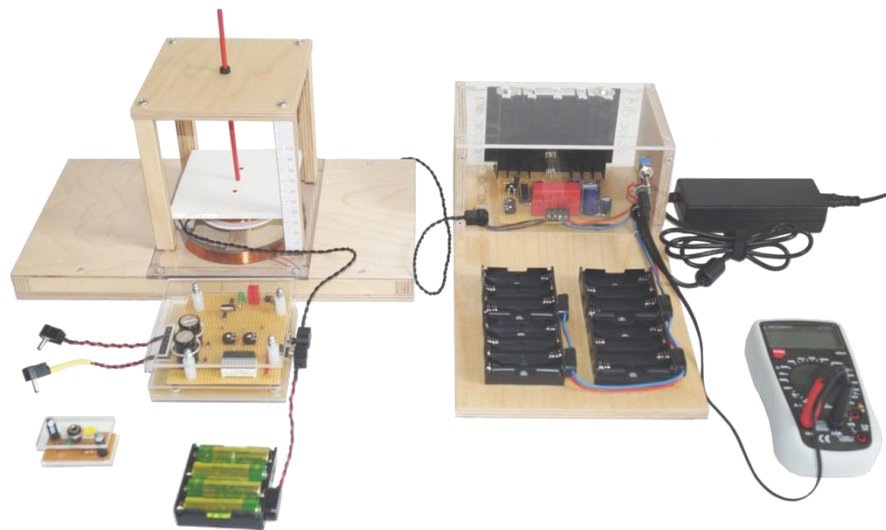


Bild 10: Modell 10 „Elektroenergiespeicherstation“

Modellgegenstand

Das Modell „Elektroenergiespeicherstation“ ist eine modular aufgebaute Elektroenergiespeicherstation für Elektroautos. Mit ihr erfolgt das induktive Laden der Goldcaps des Elektroautos. Die Baugruppen des Modells 10 sind das Elektroenergiemodul mit 12 bis 16 Akkus mit jeweils 1,2 Volt, ein Netzteil, eine Bodenplatte mit der Primärspule, eine Höhenverstellereinrichtung mit der Sekundärspule, ein Speichermodul mit zwei Goldcaps und ein Entlademodul.

Abmessungen des Modells	<p>Elektroenergiemodul: Länge 33 cm; Breite 18 cm; Höhe 10 cm</p> <p>Ladestation mit Primärspule: Länge 33 cm; Breite 18 cm; Höhe 4 cm</p> <p>Höhenverstelleinrichtung: Länge 12 cm; Breite 12 cm; Höhe 12,5 cm</p>
Unterschiedliche Modellteile	36
Dauer der Modellmontage	Bis 1 UE
Einsatzalter	Ab 14 Jahre
Materialien zum Modell	Teil A: Informationsmaterial – Grundlagen zur Energiespeicherung in Akkus und Technologien zum Laden von Akkus in Elektrofahrzeugen
Glossar	<p>67 Begriffe</p> <p>Teil B: Arbeitsblätter und Lösungen zu Aufgaben und Experimenten</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ladetechnologien für Elektrofahrzeuge • Berechnung der Ladedauer eines Akkus • Möglichkeiten des konduktiven Ladens von Elektroautos • Prinzip der induktiven Kopplung • Energieumwandlungen beim induktiven Laden • Ladedauer von Goldcaps bei unterschiedlichen Abständen zwischen Primär- und Sekundärspule <p>Bearbeitungsdauer: bis 20 UE</p> <p>Teil C: Bauteile, Komponenten und Schaltpläne (einschließlich Konstruktionsunterlagen zum Modell selbstbau)</p> <p>Anzahl der Seiten der Teile A, B und C: 95</p>
Arbeitsblätter	14 Themen
Technische Zeichnungen	16
Kombinierbarkeit des Modells	Das Modell 10 kann mit den Modellen 9 und 11 verbunden werden.

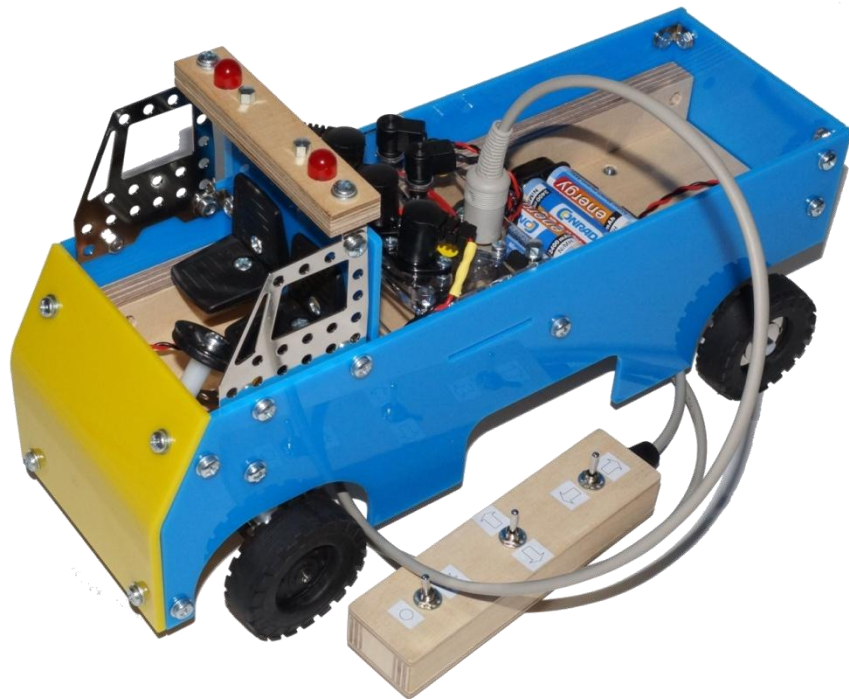
3.3.11 Modell 11 „Elektromobilität (2)“

Bild 11: Modell 11 „Elektromobilität (2)“

Modellgegenstand

Das Modell „Elektromobilität (2)“ ist ein modular aufgebautes Elektroauto. Das Elektroauto kann mit der Kabelfernsteuerung vor- und rückwärts sowie links- und rechtsherum fahren. Die Elektroenergieversorgung des Elektroautos für das Antriebs-, Lenk- und Blinkmodul erfolgt durch vier Akkus mit jeweils 1,2 Volt. Beim induktiven Laden des Elektroautos erfolgt die Elektroenergieversorgung zusätzlich durch Goldcaps.

Abmessungen des Modells	Länge 33 cm; Breite 18 cm; Höhe 15 cm
Unterschiedliche Modellteile	73
Dauer der Modellmontage	Bis 1 UE
Einsatzalter	Ab 10 Jahre
Materialien zum Modell	Teil A: Informationsmaterial – Grundlagen und Komponenten von Hybrid- und batteriebetriebenen Fahrzeugen sowie alternative Lademöglichkeiten
Glossar	58 Begriffe Teil B: Arbeitsblätter und Lösungen zu Aufgaben und Experimenten <ul style="list-style-type: none"> • Technische Komponenten des Antriebs von Hybridfahrzeugen • Wirkungsgrade der Energieumwandlungen von technischen Komponenten von Hybridkonzepten • Entwicklung des Bestandes an Elektrofahrzeugen • Entwicklung des Weltmarktpreises für Kupfer • Testfahrten mit dem Elektroauto • Ermittlung der Ladedauer der Akkus des Elektroautos Bearbeitungsdauer: bis 10 UE Teil C: Bauteile, Komponenten und Schaltpläne (einschließlich Konstruktionsunterlagen zum Modellselbstbau)
Arbeitsblätter	Anzahl der Seiten der Teile A, B und C: 108 11 Themen
Technische Zeichnungen	19
Kombinierbarkeit des Modells	Das Modell 11 kann mit den Modellen 9 und 10 verbunden werden.

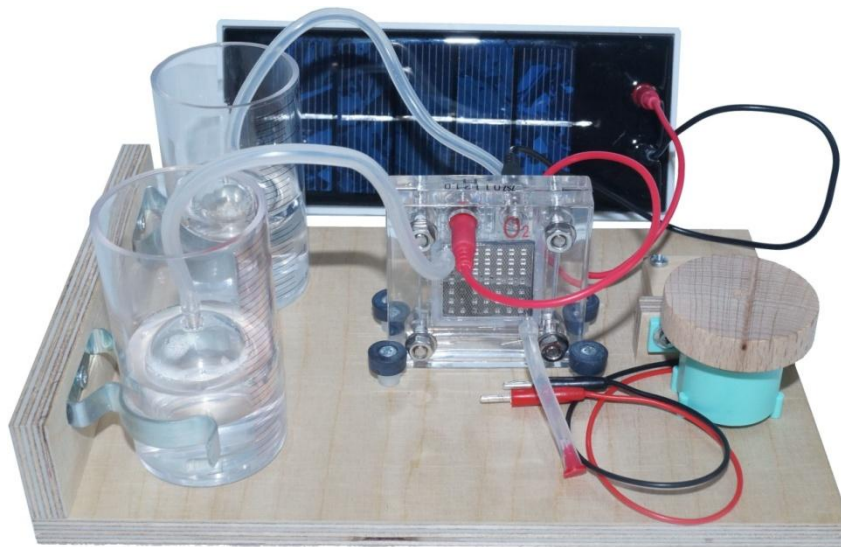
3.3.12 Modell 12 „Wasserstofferzeugung und -nutzung“

Bild 12: Modell 12 „Wasserstofferzeugung und -nutzung“

Modellgegenstand

Das Modell „Wasserstofferzeugung und -nutzung“ besteht aus einer reversiblen Brennstoffzelle, einem Sauerstoff- und einem Wasserstoffspeicher. Die benötigte Elektroenergie kann alternativ mit zwei Akkus mit jeweils 1,2 Volt oder mit einem Solarmodul bereitgestellt werden. Als elektrische Verbraucher stehen ein Elektromotor und eine LED mit Kabeln und Stecker zur Verfügung.

Abmessungen des Modells	Länge 19,8 cm; Breite 13,2 cm; Höhe 3,0 cm
Unterschiedliche Modellteile	12
Dauer der Modellmontage	Bis 0,5 UE
Einsatzalter	Ab 13 Jahre
Materialien zum Modell	Teil A: Informationsmaterial – Grundlagen zum Wasserstoff, Wasserstoffspeicherung, Wasserelektrolyse und zu Brennstoffzellen und zur Methanisierung des Wasserstoffs
Glossar	<p>26 Begriffe</p> <p>Teil B: Arbeitsblätter und Lösungen zu Aufgaben und Experimenten</p> <ul style="list-style-type: none"> • Bestandteile des Wasserstoffatoms • Hauptkomponenten eines Elektrolyseurs • Anoden- und Kathodenreaktion eines Elektrolyseurs • Anoden- und Kathodenreaktion bei einer PEM-Brennstoffzelle • Solare Wasserstoffwirtschaft • Wasserstofferzeugung mit der reversiblen Brennstoffzelle • Elektroenergieerzeugung mit der reversiblen Brennstoffzelle <p>Bearbeitungsdauer: bis 10 UE</p> <p>Teil C: Bauteile, Komponenten und Schaltpläne (einschließlich Konstruktionsunterlagen zum Modellselbstbau)</p> <p>Anzahl der Seiten der Teile A, B und C: 71</p>
Arbeitsblätter	11 Themen
Technische Zeichnungen	4
Kombinierbarkeit des Modells	Das Modell 12 kann mit dem Modell 9 verbunden werden.

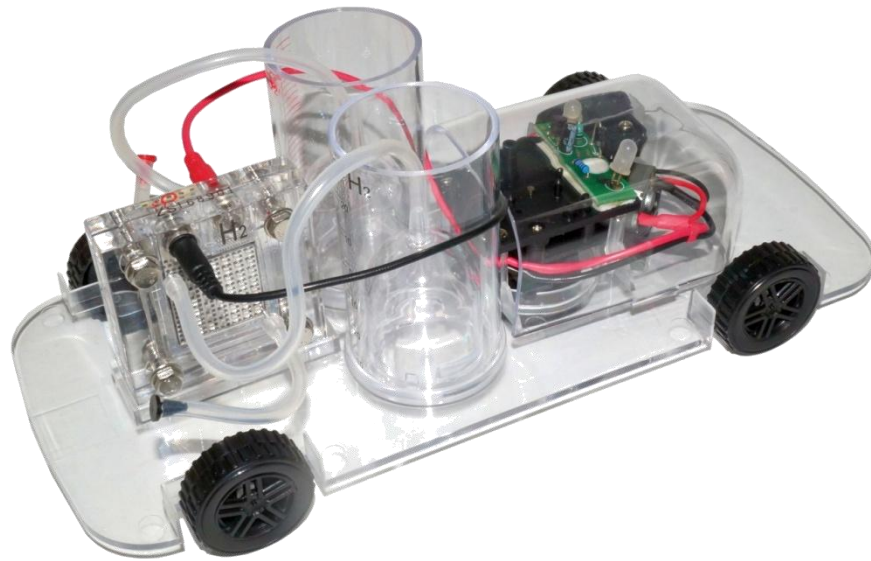
3.3.13 Modell 13 „Wasserstoffmobilität“

Bild 13: Modell 13 „Wasserstoffmobilität“

Modellgegenstand

Das Modell „Wasserstoffmobilität“ ist ein Modellauto, das mit Gleichstrom angetrieben wird. Der Gleichstrom wird in einer Brennstoffzelle aus Wasserstoff gewonnen. Das Modellauto besteht aus einer Grundplatte mit vier Rädern, einem Antriebsmotor mit einem Getriebe und zwei LEDs, einer reversiblen Brennstoffzelle, einem Sauerstoff- und einem Wasserstoffspeicher mit Verbindungsschläuchen und einem Akkufach mit zwei Akkus mit je 1,2 Volt und zwei Kabeln.

Abmessungen des Modells	Länge 24 cm; Breite 11 cm; Höhe 8,5 cm
Unterschiedliche Modellteile	14
Dauer der Modellmontage	Bis 0,5 UE
Einsatzalter	Ab 13 Jahre
Materialien zum Modell	Teil A: Informationsmaterial – Grundlagen zum Wasserstoff, zur Wasserelektrolyse, zur Umwandlung chemischer in elektrische Energie in Brennstoffzellen und Entwicklungsstand zu wasserstoffbetriebenen Fahrzeugen
Glossar	26 Begriffe Teil B: Arbeitsblätter und Lösungen zu Aufgaben und Experimenten <ul style="list-style-type: none"> • Wasserstoffatom • Komponenten eines Elektrolyseurs • Anoden- und Kathodenreaktion eines Elektrolyseurs • Anoden- und Kathodenreaktion einer PEM-Brennstoffzelle • Solare Wasserstoffwirtschaft • Methanisierung des Wasserstoffs • Experimente mit dem Antriebsmodul des Modellautos • Testfahrten mit dem Modellauto <p>Bearbeitungsdauer: bis 10 UE</p> <p>Teil C: Bauteile, Komponenten und Schaltpläne (einschließlich Konstruktionsunterlagen zum Modellselbstbau)</p> <p>Anzahl der Seiten der Teile A, B und C: 71</p>
Arbeitsblätter	11 Themen
Technische Zeichnungen	1
Kombinierbarkeit des Modells	Das Modell 13 kann mit dem Modell 9 verbunden werden.

3.4 Kombinationsmöglichkeiten zwischen den Modellen des „Dezentralen CO₂-freien Energiesystems“

Mit dem Projekt wurde die Aufgabe gestellt, die 13 Modelle eines „Dezentralen CO₂-freien Energiesystems“ so zu entwickeln, dass sie insgesamt ein Modellsystem bilden. Des Weiteren sollen sie so modular gestaltet werden, dass sie miteinander kombinierbar sind. Die im Abschnitt 3.3 vorgestellten Modelle erfüllen diese Kriterien.

In der nachfolgenden Abb. 2 werden die Kombinationsmöglichkeiten zwischen den Modellen dargestellt. Als Kriterium für die Kombination zwischen zwei Modellen wird ihre energetische Kopplungsfähigkeit genommen. Mit einem Modell wird z.B. elektrische Energie erzeugt, in einem anderen Modell wird die elektrische Energie z.B. gespeichert oder in eine andere Energieform umgewandelt. Grundsätzlich gilt für alle Modelle, dass nur Energie genutzt wird, die CO₂-frei erzeugt wird.

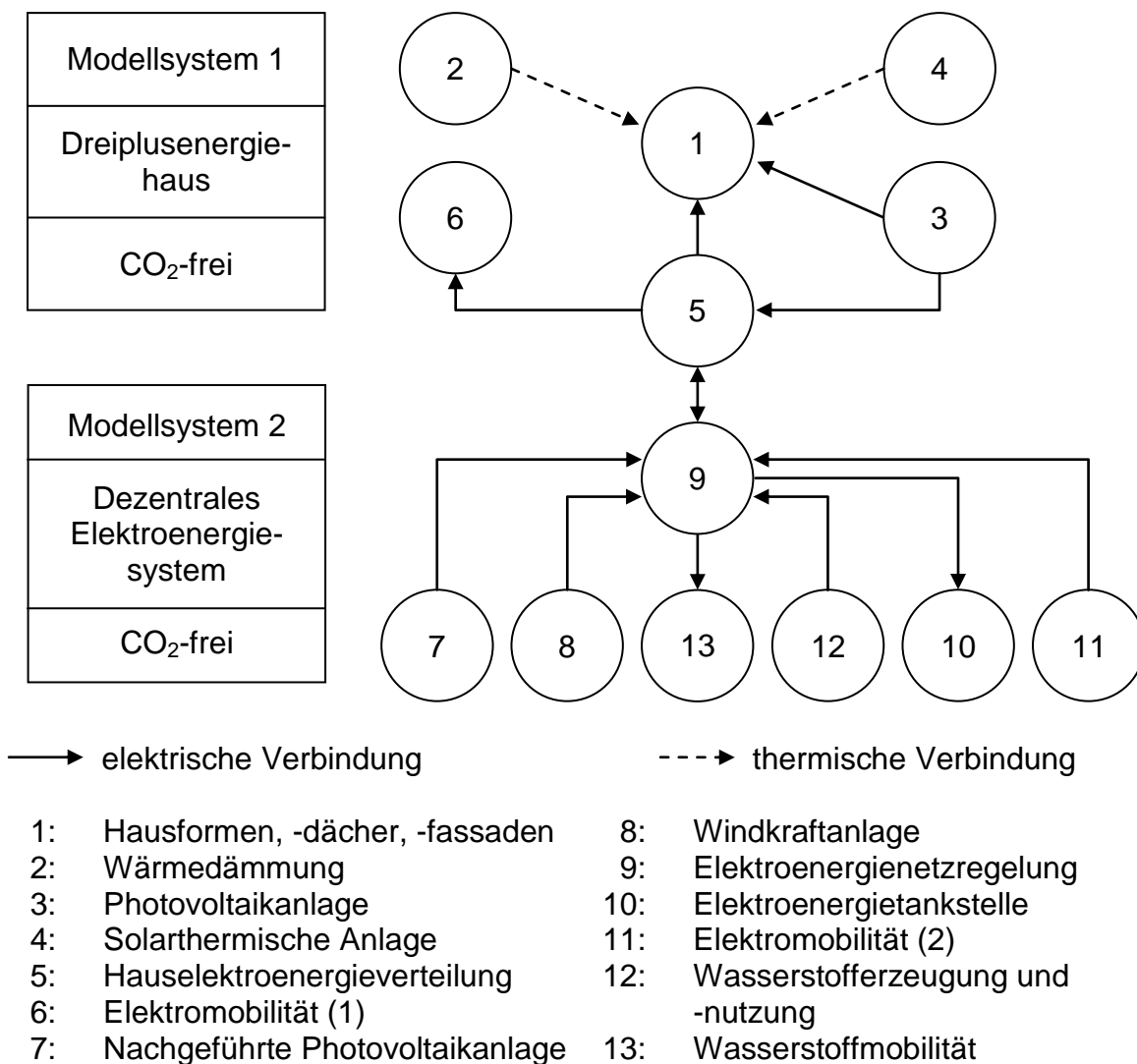


Abb. 2: Kombinationsmöglichkeiten der Modelle des „Dezentralen CO₂-freien Energiesystems“

Die Kombinationsmöglichkeiten der Modelle erhöhen sich, wenn drei und mehr Modelle miteinander kombiniert werden. – Damit werden Voraussetzungen geschaffen, typische Situationen einer stark fluktuierenden Elektroenergieerzeugung durch Photovoltaik- und Windkraftanlagen mit den Modellen darzustellen und Lösungen für eine stabile Elektroenergieversorgung experimentell, altersgerecht und anschaulich zu vermitteln. Hierzu sollen die folgenden vier Beispiele dienen.

1. Beispiel: Die Elektroenergieerzeugung der Photovoltaikanlage eines Dreiplusenergiehauses ist in einem Zeitintervall größer als der Elektroenergieverbrauch im Haus. Eine Netzeinspeisung soll nicht vorgenommen werden. Das lässt sich mit folgenden Modellen experimentell darstellen.

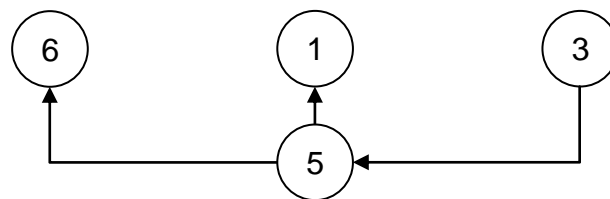


Abb. 3: Modellkombination bei hausinterner Elektroenergiespeicherung

2. Beispiel: Die Elektroenergieerzeugung der Windkraftanlage wird für die Deckung der Stromnachfrage in einem Zeitintervall nicht benötigt. Sie soll im Wasserstoff gespeichert werden. Ein Teil davon soll später in Elektroenergie zurückverwandelt werden. Der verbleibende Teil soll für die Wasserstoffmobilität eingesetzt werden.

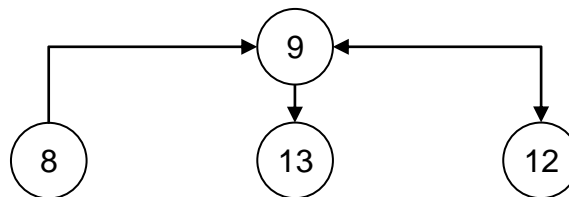


Abb. 4: Modellkombination bei Elektroenergiespeicherung im Wasserstoff

3. Beispiel: Die Elektroenergieerzeugung der Photovoltaikanlagen auf und außerhalb des Dreiplusenergiehauses und der Windkraftanlage reicht nicht aus, um den Elektroenergiebedarf im Dreiplusenergiehaus in einem bestimmten Zeitraum zu decken. Zur Deckung der Nachfrage nach Elektroenergie wird gespeicherte Elektroenergie in den Akkus der Elektroautos im betrachteten Zeitraum benötigt.

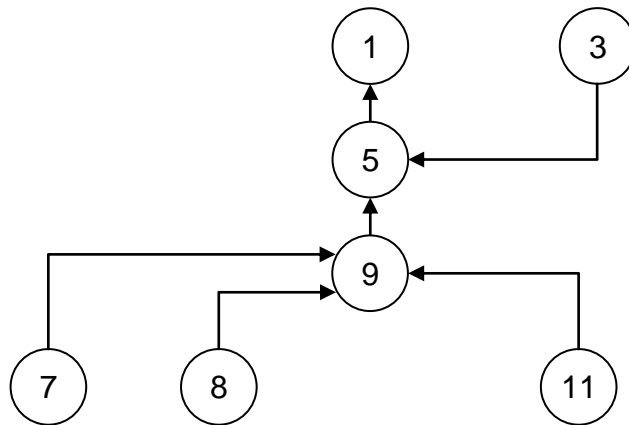


Abb. 5: Modellkombination zur Deckung eines zeitlich begrenzten Elektroenergie-defizits im Dreiplusenergiehaus

4. Beispiel: Ein Teil der erzeugten Elektroenergie der Photovoltaikanlagen auf und außerhalb des Dreiplusenergiehauses wird in einem bestimmten Zeitraum nicht zur Deckung der Nachfrage nach Elektroenergie benötigt. Sie soll in den Akkus der Elektrofahrzeuge und im Wasserstoff gespeichert werden.

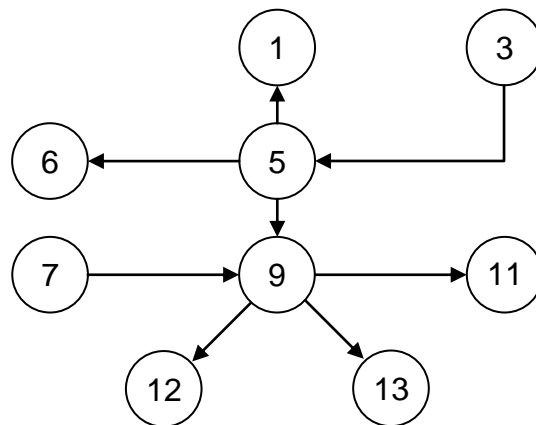


Abb. 6: Modellkombination für die Speicherung eines zeitlich begrenzten Elektroenergieüberschusses

Im Modellsystem „Dezentrales CO₂-freies Energiesystem“ sind die Modelle 5, 9, 11 und 12 (bedingt auch 6) mit Möglichkeiten zur chemischen oder elektrischen Energiespeicherung ausgestattet und fungieren als Energieinput- und Energieoutputmodelle. Dadurch vervielfachen sich die Kombinationsmöglichkeiten mit den 11 Modellen (ohne Modelle 2 und 4).

3.5 Ergebnisse beim Aufbau „Regionaler Solarbildungszentren für Kinder und Jugendliche“

Die Kooperationspartner des Projektes verfügen z.T. über langjährige Erfahrungen zur Bildungsarbeit zu nachhaltigen Energietechniken. So gründete z.B. der Verein Solar-Dorf Kettmannshausen e.V. bereits im Jahr 2000 das „Jugend-Forschungs-Zentrum für neue Energien“ mit einem Brennstoffzellen- und Purpurbakterienlabor für Schüler von Gymnasien. Dieses Schülerzentrum wurde von Schülern geleitet. Es hatte das Leitmotiv „Jugend fördert Jugend“ mit Unterstützung von Wissenschaftlern, Unternehmen sowie engagierten Personen und prägte bei allen damaligen Schülern die Präferenz für ein technisches Studium aus. Nach Abschluss des Studiums promovierten mehrere Mitbegründer des Schülerlabors. – Die Erfahrungen bei der Gestaltung der Umweltbildungsarbeit mit einem außerschulischen Jugendzentrum zu den Solar- und Wasserstofftechniken bildeten wesentliche Grundlagen für die Gestaltungsgrundsätze eines „Regionalen Solarbildungszentrums für Kinder und Jugendliche“. Folgende Anforderungen wurden an ein „Regionales Solarbildungszentrum für Kinder und Jugendliche“ gestellt.

Erstens: Vorhandensein eines modularen Modellsystems, das in unterschiedlichen Altersgruppen für das spielende und experimentelle Lernen geeignet ist.

Zweitens: Förderung des Interesses an nachhaltigen Energietechniken, beginnend mit der kindlichen Neugierde und Technikfaszination bis hin zu technischen Berufswegen, und einer intrinsischen Motivation, sich intensiver mit nachhaltigen Energietechniken zu befassen.

Drittens: Die außerschulischen Bildungsangebote zu den nachhaltigen Energietechniken sind in die schulische Bildung zu integrieren.

Die drei gebildeten „Regionalen Solarbildungszentren für Kinder und Jugendliche“ als Orte der Solartechnikbildung im Verbund mit Partnern verfügen über das Modellsystem „Dezentrales CO₂-freies Energiesystem“, mit dem auch die wirtschaftlichen, sozialen und kulturellen Folgen einer nachhaltigen Energieversorgung thematisiert werden können. Von allen Kooperationspartnern wurde im Jahr 2013 begonnen, neben Angeboten im außerschulischen Bereich, vor allem mit ausgewählten Schulen, Konzepte zur Integration der Modelle, auch fächerübergreifend, zu erarbeiten und mit verfügbaren Modellen umzusetzen. Auch wenn dieser Prozess zäh und schwerfällig abläuft – der Hauptgrund ist darin zu suchen, dass Technikbildung in Deutschland Stückwerk ist, so konnten vor allem in Berlin und Thüringen erste Konzepte zur schulintegrierten Modellnutzung im Jahr 2013 erfolgreich umgesetzt werden. So wird z.B. im Goethegymnasium in Ilmenau in Thüringen das neue Wahlpflichtfach „Naturwissenschaften und Technik“ auf der Grundlage der Modelle des „Dezentralen CO₂-freien Energiesystems“ mit den Modellunterlagen gestaltet. Vgl. hierzu auch im Anhang A 7, A 8 und A 11.

Die bisherigen im Jahr 2013 gesammelten Erfahrungen mit den eingesetzten Modellen lassen folgende Aussagen zu:

Erstens: Der Einsatz der Modelle, verbunden mit der selbstständigen Durchführung von Experimenten, stößt bei den Schülern auf Interesse und bereitet ihnen auch Spaß. Durch die Technikerlebnisse kann der Technikferne entgegen gewirkt werden.

Zweitens: Für die Nutzung der Möglichkeiten der einzelnen Modelle sind Projekt-tage, Arbeitsgemeinschaften, Bildungsreihen mit z.B. zwei Wochenstunden sinnvoll.

Drittens: Für die Begleitung der Kinder und Jugendlichen bei der Modellnutzung ist ihre fachliche Qualifikation entscheidend. Sie bezieht sich sowohl auf den technischen Sachverstand zu den Modellen als auch auf die gesellschaftlichen Herausforderungen bei der Umsetzung der Energiewende.

Viertens: Der altersspezifische Einsatz der Modelle ist gemeinsam mit Lehrern differenzierter auszuarbeiten, eine Voraussetzung für den umfassenden Modelleinsatz im unterrichtlichen Bildungsprozess. Eine besondere Bedeutung kommt dabei den Altersgruppen zu, bei denen das Interesse an Technik entsteht, den Kindern von 10 bis 12 Jahren. – Die Erfahrungen in Thüringen, wo Umweltbildungsmodelle im Jahr 2013 in rund 1.000 Bildungsstunden in Grundschulen sehr erfolgreich eingesetzt wurden, sind, dass die Förderung des Technikinteresses frühzeitig beginnen und kontinuierlich über alle Bildungsphasen altersgerecht gefördert werden muss.

Die geschaffenen regionalen Solarbildungszentren können hierzu in den nächsten Jahren einen vorzeigbaren Beitrag im Verbund mit regionalen Partnern leisten.

3.6 Erfahrungen beim Aufbau eines bildungsökonomischen Modellausleihsystems

Mit dem Aufbau eines Modellausleihsystems für die Modelle des „Dezentralen CO₂-freien Energiesystems“ wurde ab dem IV. Quartal 2011 mit den drei Testmodellen „Hausformen, -dächer, -fassaden“, „Photovoltaikanlage“ und „Hauselektroenergieverteilung“ begonnen. Ausgewählte Bildungseinrichtungen in Bayern, Berlin, Rheinland-Pfalz und Thüringen erhielten die drei Testmodelle mit den Modellunterlagen für mehrere Monate. Sie testeten die vorgeschlagenen Nutzungsmöglichkeiten der Modelle unter ihren Bedingungen, bewerteten sie und erarbeiteten Vorschläge zur weiteren Modellnutzung. – Mit dem Modellausleihsystem wird das Ziel verfolgt, die potenziellen Möglichkeiten der entwickelten Modelle mit ihren Modellunterlagen altersspezifisch differenzierter und umfassender zu nutzen.

Alle ausleihenden Einrichtungen und Personen erhielten das Angebot für eine fachliche Einweisung zur Modellmontage und zu den Modellnutzungsmöglichkeiten mit einem praktischen Übungsteil, das bisher vielfach genutzt wurde.

Die Modellausleihe war für die Nutzer bis 2013 unentgeltlich.

Bei den bisher durchgeführten Modellausleihen haben sich folgende Formen herausgebildet.

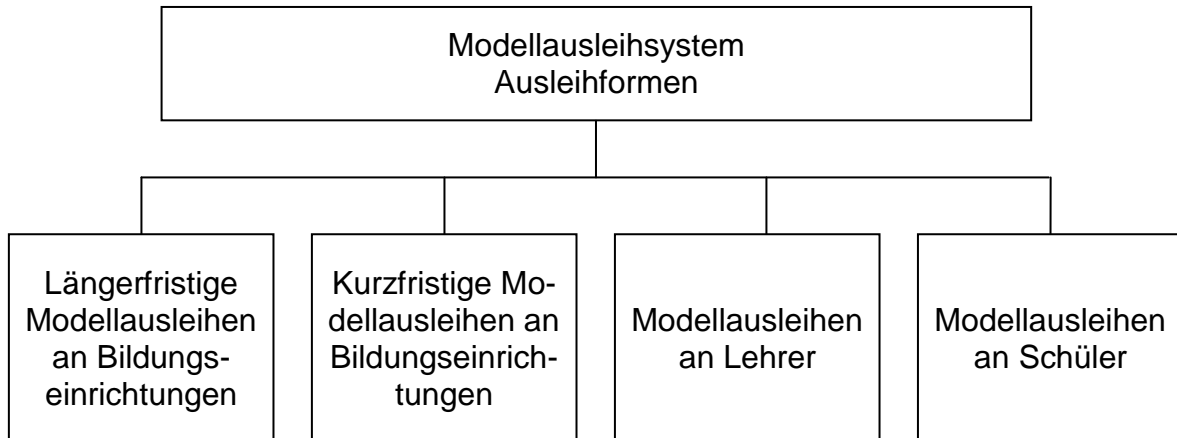


Abb. 7: Formen der Modellausleihe

Die unterschiedlichen, bisher herausgebildeten Ausleihformen von Modellen, zeigen, dass die entwickelten Modelle mit ihren Unterlagen zum einen zur Qualifizierung der Umweltbildung beitragen und zum anderen mit ihnen Voraussetzungen geschaffen werden, die selbstständige wissenschaftliche Arbeit von Schülern zu fördern.

Die bisherigen Erfahrungen bei den genannten Modellausleihformen können in Folgendem zusammengefasst werden:

a) Längerfristige Modellausleihen an Bildungseinrichtungen

Bei der Nutzung der Modellmöglichkeiten (Experimente, Lösen von Aufgaben, Vermittlung von naturwissenschaftlichen und technischen Grundlagen zur Photovoltaik, Solarthermie, Windkraftnutzung, Wasserstofftechnik u.a., Selbstbau der Modelle mit eigenen Ergänzungen u. ä.) unterrichtsbegleitend, im Freizeitbereich, in Arbeitsgemeinschaften u. ä. ist eine Modellausleihe in Abhängigkeit von den Modellnutzungsstunden der Kinder und Jugendlichen pro Woche über einen Zeitraum von mehreren Wochen auch aus bildungsökonomischer Sicht sinnvoll, auch wenn sich dadurch die Möglichkeiten zur Modellausleihe für andere Interessierte einschränken.

Ein wichtiges Kriterium bei der Entscheidung zu längerfristigen Modellausleihen ist, inwieweit durch die ausleihende Einrichtung die naturwissenschaftlich-technische Bildung zu nachhaltigen Energietechniken qualifiziert werden soll,

wie z.B. durch eine inhaltliche Profilierung von Lehrinhalten auf der Grundlage der Modelle des „Dezentralen CO₂-freien Energiesystems“ mit ihren Experimentiermöglichkeiten.

b) Kurzfristige Modellausleihen an Bildungseinrichtungen

Kurzfristige Modellausleihen bis zu zwei Wochen wurden bisher hauptsächlich durchgeführt, damit sich die Bildungseinrichtungen einen detaillierten Überblick zu den Modellnutzungsmöglichkeiten verschaffen konnten. Sie erfolgten i.d.R. für die Durchführung von Projekttagen und für die Berufsorientierung. Mit den kurzfristigen Modellausleihen soll vor allem zunächst das Interesse an nachhaltigen Energietechniken durch ausgewählte Experimente geweckt werden. Hierfür werden jeweils Klassensätze von acht Modellen benötigt, wenn die Teilnehmerzahl 16 nicht übersteigt.

c) Modellausleihen an Lehrer

Modellausleihen an Lehrer und Dozenten von Bildungseinrichtungen wurden bislang dann durchgeführt, um die Bildungsarbeit des jeweiligen regionalen Solarbildungszentrums zu erweitern. Die Modellausleihdauer wurde individuell festgelegt.

d) Modellausleihe an Schüler

Die Modellausleihe an Schüler wird seit 2012 erstmals in Thüringen praktiziert. Für einen Zeitraum, der mehrere Wochen betragen kann, erhalten Schüler ab 16 Jahre Modelle mit den jeweiligen Modellunterlagen für die Bearbeitung von Projekt- und Seminaarfacharbeiten. Die Themen dieser Arbeiten sind darauf gerichtet, dass die Schüler unter der fachlichen Anleitung des regionalen Solarbildungszentrums selbstständig weitere Modellunterlagen erarbeiten oder auch weitere Modellkomponenten mit Unterstützung Dritter entwickeln. So entstand z.B. die induktive Ladestation für Elektromodellautos als Bestandteil des Modells 10 „Elektroenergiespeicher“.

Die Modellausleihe an Schüler an Gymnasien und Fachoberschulen hat sich als erfolgreich erwiesen und soll auch nach 2013 fortgesetzt werden.

Die bisher durchgeführten Formen der Modellausleihe sollen auch 2014 und danach fortgeführt werden.

Die Kriterien für ein bildungsökonomisches Modellausleihsystem sind geringe Kosten bei der Modellnutzung durch eine sachkundige Behandlung der Modelle, die eine entscheidende Voraussetzung für eine hohe Modellverfügbarkeit ist. Bei der Entscheidung für die Modellausleihe ist der beabsichtigte Modelleinsatz der Nutzer bestimmend. Entscheidend dabei ist, wie durch seinen Einsatz eine nachhaltige Bildung bei Kindern und Jugendlichen, insbesondere durch ihr selbstständiges experimentell-entdeckendes Lernen, gefördert werden soll.

4 Fazit

Mit dem Projekt wurden drei gemeinnützige Vereine in den Bundesländern Bayern, Berlin und Thüringen in die Lage versetzt, eine altersgerechte und systematische Umweltbildung am Beispiel ausgewählter nachhaltiger Energietechniken mit Modellen durchzuführen. Die materielle Basis hierfür wurde im Rahmen des Projektes mit den 13 miteinander kombinierbaren Modelltypen eines „Dezentralen CO₂-freien Energiesystems“ geschaffen. Jedes der drei „Regionalen Solarbildungszentren für Kinder und Jugendliche“ verfügt über fast 100 Modelle mit insgesamt mehr als 1.100 Seiten Materialien zu den naturwissenschaftlichen und technischen Grundlagen der Modelle, Arbeitsblätter und Vorschläge für Experimente mit Lösungen sowie detaillierte Unterlagen zu den Modellkomponenten, um auch ihren Nachbau mit Kindern und Jugendlichen zu ermöglichen.

Die drei Solarbildungszentren verfügen damit über die Voraussetzungen, eine altersgerechte und kontinuierliche, technisch orientierte Umweltbildung zu ausgewählten nachhaltigen Energietechniken mit ihren gesellschaftlichen Wirkungen außerunterrichtlich und unterrichtsintegriert durchführen zu können. Die weitere Erschließung der Nutzungsmöglichkeiten der entwickelten Selbstbau- und Experimentiermodelle erfordert eine enge und nachhaltige Zusammenarbeit mit Lehrern verschiedener Schulformen, die in unterschiedlichen Fächern unterrichten. Diese Aufgabe ist nach 2013 verstärkt durch die drei Solarbildungszentren umzusetzen. Die dabei gesammelten Erfahrungen sind über die Umweltbildungsnetzwerke sowohl innerhalb der einzelnen als auch zwischen den Bundesländern auszutauschen.

Die angestrebte Nutzung der Modelle im Bildungsprozess eines Schülers von mehr als 100 Stunden ist nach ersten durchgeführten Tests in Schulen realistisch. – Es steht die Aufgabe, ausgehend von den spezifischen Bedingungen der ausgewählten Schulen, weitere Umsetzungskonzepte zur Modellnutzung zu erarbeiten und zu erproben, durch die die verschiedenen Stufen der Technikbildung mit den verfügbaren Modellen erschlossen werden. Dazu ist der altersgerechte Modelleinsatz, beginnend in der Grundschule, wo sich das Interesse an der Technik herausbildet, bis zur Berufsausbildung und zum Studienbeginn mit Erziehern, Lehrern und Lehrausbildern zu erarbeiten und schrittweise beispielhaft umzusetzen. Diese Ausgabe wird sich über mehrere Jahre erstrecken.

Mit dem Projekt wurde, angesichts der Defizite in der Technikbildung bei Kindern und Jugendlichen, am Beispiel der Techniken zur Solarenergienutzung und ihrer Bedeutung für die Umsetzung der Energiewende ein auch in der Schulpraxis einsetzbares Umweltbildungskonzept erarbeitet, getestet und begonnen, systematisch und erweiternd umzusetzen. Die bisherigen Projektergebnisse zeigen, wie technische Kompetenz zu den nachhaltigen Energietechniken zum Alltagsgut menschlicher Bildung werden kann.

5 Literaturverzeichnis

- [Aca11] acatech-Deutsche Akademie für Technikwissenschaften: Monitoring von Motivationskonzepten für den Techniknachwuchs (MoMoTech), Nr. 5, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 2011.
- [BW13] BUCHAL, C., WITTENBERG, P., OESTERWIND, D.: Strom. Die Gigawatt-Revolution. Geschichte Energiewende Technik Markt, Zukunft. 1. Auflage 2013, MIC GmbH, Köln, 2013.
- [BR12] BULLINGER, H.-J.; RÖTHLEIN, B.: Morgenstadt. Wie wir morgen leben: Lösungen für das urbane Leben der Zukunft. Hauser Verlag, München, 2012.
- [CB12] CLAUSNITZER, K.-D., GABRIEL, J., BUCHMANN, M.: Elektromobilität und Wohnungswirtschaft. Reihe Wissenschaft Band 33, Fraunhofer IRB Verlag, 2012.
- [DK12] DANNENBERG, M., DURACAK, A., HAFNER, M., KITZING, S.: Energien der Zukunft. Sonne, Wind, Wasser, Biomasse, Geothermie. Primus Verlag, Darmstadt, 2012.
- [EK12] EICHLSEDER, H., KLELL, M.: Wasserstoff in der Fahrzeugtechnik. Erzeugung, Speicherung, Anwendung. 3., überarbeitete Auflage, Springer Vieweg Verlag, Wiesbaden, 2012.
- [Gar12] GARTMAIR, H.: Energiewende ohne Blackout. Wird das Stromnetz zur Achillesferse unserer Gesellschaft? Books on Demand GmbH, Norderstedt, 2012.
- [Gei12] GEITMANN, S.: Energiewende 3.0. Mit Wasserstoff und Brennstoffzellen. Hydrogeit Verlag, 3., komplett überarbeitete und aktualisierte Auflage, Oberkrämer, 2012.
- [HP13] HEYMANN, E., KOPPEL, O., PULS, T.: Evolution statt Revolution – die Zukunft der Elektromobilität, Forschungsberichte aus dem Institut der deutschen Wirtschaft Köln Nr. 84, Medien GmbH, Köln, 2013.
- [HS10] HEUCK, K., DETTMANN, K.-D., SCHULZ, D.: Elektrische Energieversorgung. Erzeugung, Übertragung und Verteilung elektrischer Energie für Studium und Praxis. 8., überarbeitete und aktualisierte Auflage, Vieweg + Teubner Verlag, Wiesbaden, 2010.

- [JO12] JARASS, L., OBERMAIR, G. M.: Welchen Netzbau erfordert die Energiewende? – Unter Berücksichtigung des Netzentwicklungsplans 2012. Verlagshaus Mosenstein und Vannerdat OHG, Münster, 2012.
- [Kor13] KORTHAUER, R. (Hrsg.): Handbuch Elektromobilität 2013. EW Medien und Kongresse GmbH, 1. Ausgabe, Frankfurt am Main, 2013.
- [Lem10] LEMKE, C. R.: ArchitekturForm & SolarEnergie. Eine globale Formenstudie zur Untersuchung des Einflusses der Gebäudegeometrie auf Potenziale solarer Energieversorgung über die Gebäudehülle. 1. Auflage, Cuviller Verlag, Göttingen, 2010.
- [Mer11] MERTENS, K.: Photovoltaik. Lehrbuch zu Grundlagen, Technologie und Praxis. Fachbuchverlag, München, 2011.
- [Qua11] QUASCHNING, V.: Regenerative Energiesysteme. Technologie – Berechnung – Simulation. Hauser Verlag. 7. aktualisierte Auflage, München, 2011.
- [RB12] REIF, K., NOREIKAT, K. E., BORGEEST, K. (Hrsg.): Kraftfahrzeug – Hybridantriebe. Grundlagen, Komponenten, Systeme, Anwendungen. Springer Vieweg, Wiesbaden, 2012.
- [Ste12] STEMPEL, U. E.: Dämmen und Sanieren in Alt- und Neubauten. Franzis Verlag GmbH, 2., aktualisierte und überarbeitete Neuauflage, Haar, 2012.
- [WF11] WALLENTOWITZ, H., FREIALDENHOVEN, A.: Strategien zur Elektrifizierung des Antriebsstranges. Technologien, Märkte und Implikationen. 2., überarbeitete Auflage, Vieweg + Teubner Verlag, Wiesbaden, 2011.
- [WP12] WALDEGGE VON, K. H., PETERS, S. (Hrsg.): Windenergie. Fachspezifische und fachübergreifende Materialien. Aulis Verlag, Oldenburg 2012.
- [Yay12] YAY, M.: Elektromobilität. Theoretische Grundlagen, Herausforderungen sowie Chancen und Risiken der Elektromobilität, diskutiert an den Umsetzungsmöglichkeiten in die Praxis. Peter Lang, 2., durchgesehene Auflage, Frankfurt am Main, 2012.

6 Anhang

- A 1: Übersicht zu den Modellen des „Dezentralen CO₂-freien Energiesystems“
- A 2: Modelle des Modellsystems 1 „CO₂-freies Dreiplusenergiehaus“
- A 3: Modelle des Modellsystems 2 „Dezentrales CO₂-freies Elektroenergiesystem“
- A 4: Statistische Angaben zu den Modellunterlagen
- A 5: Übergebene Modelle an die Projektpartner bis 2013
- A 6: Mindestalter für die Modellnutzung und mögliche Nutzungsdauer der Modelle
- A 7: Statistik zu den Umweltbildungsaktivitäten des Solar-Dorf Kettmannshausen e.V. im Rahmen des „Regionalen Solarbildungszentrums für Kinder und Jugendliche“ in Thüringen
- A 8: Statistik zu den Bildungsaktivitäten von Modul e.V. im Rahmen des Projektes der Deutschen Bundesstiftung Umwelt „Regionales Solarbildungszentrum für Kinder und Jugendliche“, Umsetzung in Berlin (Zeitraum 01.07. – 31.12.2013)
- A 9: Abschlussbericht des Schullandheims und Jugendhauses Thüringern Hütte als Partner im DBU-Projekt „Regionale Solarbildungszentren für Kinder und Jugendliche“
- A 10: Digitaler Datenträger zu den Modellunterlagen der Teile A, B und C der Modelle 1 bis 13
- A 11: Digitaler Datenträger zum Einsatz ausgewählter Modelle im Schulbereich

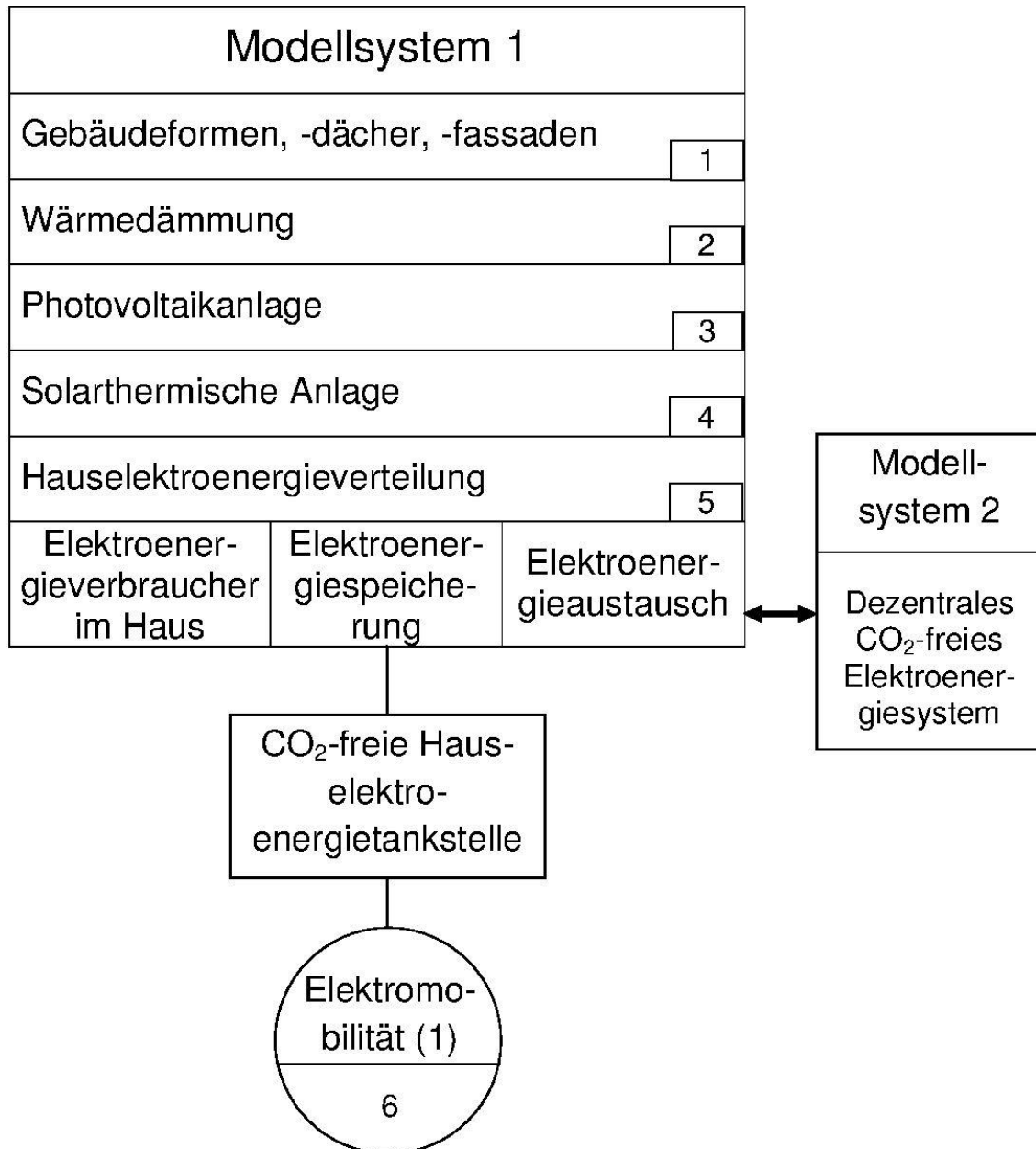
A 1: Übersicht zu den Modellen des „Dezentralen CO₂-freien Energiesystems“Modell-
system 1**CO₂-freies Dreiplusenergiehaus**

- Modell 1 „Hausformen, -dächer, -fassaden“
- Modell 2 „Wärmedämmung“
- Modell 3 „Photovoltaikanlage“
- Modell 4 „Solarthermische Anlage“
- Modell 5 „Hauselektroenergieverteilung“
- Modell 6 „Elektromobilität (1)“

Modell-
system 2**Dezentrales CO₂-freies Elektroenergiesystem**

- Modell 7 „Nachgeführte Photovoltaikanlage“
- Modell 8 „Windkraftanlage“
- Modell 9 „Elektroenergienetzregelung“
- Modell 10 „Elektroenergiespeicherung“
- Modell 11 „Elektromobilität (2)“
- Modell 12 „Wasserstoffherstellung und -nutzung“
- Modell 13 „Wasserstoffmobilität“

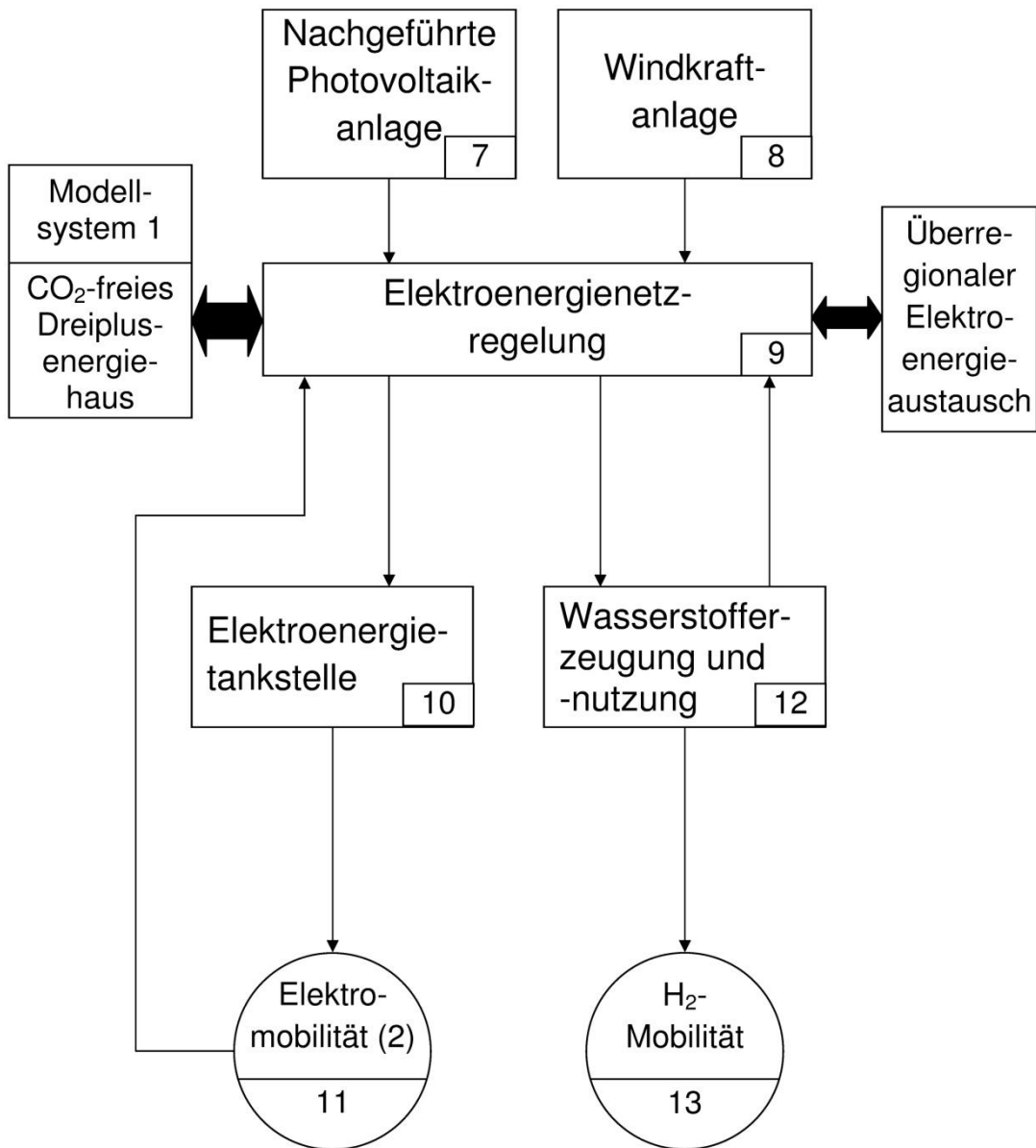
A 2: Modelle des Modellsystems 1 „CO₂-freies Dreiplusenergiehaus“



Die Kriterien für ein CO₂-freies Dreiplusenergiehaus sind:

- Die Energieerzeugung und -nutzung ist im Haus CO₂-frei.
- Das Haus erzeugt mehr Energie als es verbraucht.
- Die Energieerzeugung und -nutzung im Haus führt zur Erhöhung des Einkommens seiner Nutzer.

A 3: Modelle des Modellsystems 2 „CO₂-freies Elektroenergiesystem“



A 4: Statistische Angaben zu den Modellunterlagen

Kennzeichnung der Modelle: Anhang A 1

Modell	Teil A		Teil B		Seiten	Teil C	
	Seiten	Begriffe	Seiten	Anzahl der Themen		Anzahl der technischen Zeichnungen	Anzahl der unterschiedlichen Modellteile
1	34	21	28	14	23	15	6
2	44	48	18	10	14	7	17
3	33	32	44	24	15	6	24
4	53	48	42	20	23	20	30
5	33	34	21	9	38	23	40
6	34	24	27	14	31	12	76
7	38	38	29	17	23	9	42
8	38	39	28	16	23	11	63
9	41	81	17	9	25	3	48
10	42	67	24	14	29	16	36
11	51	58	22	11	35	19	73
12	30	26	27	11	14	4	12
13	36	26	24	11	11	1	14
insgesamt	507	542	351	180	304	146	481

Teil A: Informationsmaterial

Teil B: Arbeitsblätter und Lösungen zu Aufgaben und Experimenten

Teil C: Bauteile, Komponenten und Schaltpläne

A 5: Übergebene Modelle an die Projektpartner bis 2013

Kennzeichnung der Modelle: Anhang A 1

Modell	Diözese Würzburg KdöR Bayern	Modul e.V. Berlin	Solar-Dorf Kettmanns- hausen e.V. Thüringen	Insgesamt
1	8	8	8	24
2	8	8	8	24
3	8	8	8	24
4	8	8	8	24
5	8	8	8	24
6	8	8	8	24
7	8	8	8	24
8	8	8	8	24
9	1	1	1	3
10	8	8	8	24
11	8	8	8	24
12	8	8	8	24
13	8	8	8	24
insgesamt	97	97	97	291

Alle Modelle sind in transportablen Handkoffern verpackt.

A 6: Mindestalter für die Modellnutzung und mögliche Nutzungsdauer der Modelle

Modell	Modelleinsatz	
	Mindestalter ab ... Jahre	Mögliche Nutzungsdauer in UE (45 Minuten)
1	10	30
2	12	10
3	12	20
4	12	20
5	12	20
6	10	20
7	12	20
8	12	30
9	14	20
10	14	20
11	10	10
12	13	10
13	13	10
		240

Die Angaben zur möglichen Nutzungsdauer der Modelle basieren auf ersten Testreihen.

A 7: Statistik zu den Umweltbildungsaktivitäten des Solar-Dorf Kettmannshausen e.V. im Rahmen des „Regionalen Solarbildungszentrums für Kinder und Jugendliche“ in Thüringen

1. Umweltbildungsveranstaltungen mit Modellen (Altersgruppe 7 bis 18 Jahre)

1.1 Bildungsstunden in UE

2012	1.664
2013	2.082

1.2 Teilnehmer an den Bildungsveranstaltungen (ca.)

2012	8.000
2013	10.000

1.3 Anzahl der Bildungseinrichtungen

2012	50
2013	67

1.4 Eingesetzte Bildungsdozenten 2012/2013: 8

2. Eingesetzte Umweltbildungsmodelle (ohne DBU-Modelle)

2012	2013
------	------

2.1 Anzahl der Modelltypen 25 25

2.2 Anzahl der Modelle 489 617

3. Verfügbare und eingesetzte DBU-Modelle

2012	2013
------	------

3.1 Anzahl der Modelltypen 3 13

3.2 Anzahl der Modelle 24 97

4. Standorte des „Regionalen Solarbildungszentrums für Kinder und Jugendliche“ in Thüringen

2012/2013: Arnstadt, Erfurt, Ilmenau, Kettmannshausen, Suhl

5. Schülerprojektarbeiten zu den DBU-Modellen

2012	2013
------	------

5.1 Anzahl der Projekte 5 9

5.2 Einbezogene Schüler 9 19

5.3 Einbezogene Schulen 2 3

6. Mitarbeitende Lehrer bei Konzepten zu Umweltbildungsveranstaltungen mit Modellen

2012	1
2013	7

7. Presseartikel zur Umweltbildung des Solar-Dorf Kettmannshausen e.V.

2012	11
2013	12

A 8: Statistik zu den Bildungsaktivitäten von Modul e.V. im Rahmen des Projektes der Deutschen Bundesstiftung Umwelt „Regionale Solarbildungszentren für Kinder und Jugendliche“ Umsetzung in Berlin (Zeitraum 01.07. – 31.12.2013)

Die bewährte Anwendung der Modelle 1, 3 und 5 (Haus-formen, -dächer, -fassaden, Photovoltaikanlage und Hauselektroenergieverteilung) wurden fortgesetzt. Die Einsatzschwerpunkte liegen in der curricularen Verknüpfung mit dem Rahmenlehrplan des Faches WAT (Wirtschaft-Arbeit-Technik) in der besonderen Organisationsform des Dualen Lernens und hier insbesondere in der Arbeit mit Schülern der Praxisklassen. Modul e.V. arbeitet mit 84 Schülern des 9. Jahrgangs aus 6 Berliner Sekundarschulen kontinuierlich (einmal wöchentlich je Schule) mit den o.g. Modellsätzen.

Anmerkung: Durch die Schulreform in Berlin bestehen erhebliche Altersunterschiede in den jeweiligen Jahrgangsstufen. So umfasst die Schülergruppe einer am Projekt teilnehmenden Schule im 9. Jahrgang 13-17 jährige Schüler. Dieser Tatsache muss verständlicherweise mit einer entsprechenden Methodik und Didaktik Rechnung getragen werden. Insofern müssen in der Umsetzung in Berlin alle Modelle in ihrer Anwendung entsprechend modifiziert vor- und nachbereitet werden. Die Schüler werden zudem inklusiv unterrichtet, d.h. es gibt in jeder teilnehmenden Lerngruppe auch Schüler mit dem emotional-sozialen Förderschwerpunkten bzw. Lerneinschränkungen.

Die Handreichung zu den Modellen wurde entsprechend der schulischen Voraussetzungen der Schüler (Zielstellung: Vorbereitung auf die Berufsbildungsreife bzw. Mittlerer Schulabschluss) zeitlich erweitert und durch Wiederholung elementarer, mathematischer und physikalischer Fachkenntnisse binnendifferenziert für die Schüler aufbereitet.

Das umfassende Informationsmaterial zu den Experimentiermodellen „CO₂-freies Dreiplusenergiehaus“ (Modelle 1-6) wurde in der Anwendung auf die Situation und Gegebenheiten an Berliner Sekundarschulen stärker binnendifferenziert umgesetzt. Im genannten Zeitraum standen zwei Arbeitsschwerpunkte im Mittelpunkt:

1. Anwendung des Modells 1 „Hausformen, -dächer, -fassaden“
2. Anwendung des Modells „Elektromobilität“

Für den Zeitraum August-Dezember 2013 wurden zu Pkt. 1 folgende Entwicklungsziele und Indikatoren in der Umsetzung aufgestellt:

- a) Einführung (Modell 1 „Hausformen, -dächer, -fassaden“) auf Grundlage des Informationsmaterials Teil A
 - Wiederholung geometrischer Grundbegriffe und Basiskompetenzen Mathematik (Dreiecke, Winkel, Umfang und Flächeninhalte, Berechnen von Figuren und Körpern, Anwendung des Satzes von Pythagoras, Körperberechnungen und Trigonometrie)
 - Praktische Demonstration am Großmodell Haus inkl. der alternativen Dach-

formen (Flach-, Pult- und Satteldach) durch verstellbare Dachhöhen Umsetzung: Einzel- und binnendifferenzierte Gruppenarbeit Indikatoren: Übertragbarkeit des geometrischen Verständnisses vom Großmodell auf das Modellhausviertel im Maßstab 1:20

- b) Praktische Umsetzung am Modellhausviertel 1:20 bzw. konstruktive Herstellung eigener Modellhausviertel entsprechend erfolgter Berechnungen nach dem Modell
- c) Einbeziehung von Elementen des Modells 5 „Hauselektroenergieverteilung“ und des Modells „Photovoltaikanlage“ in das Modellhausviertel.
- d) Ergebnisprotokollierung und schriftliche Auswertung, ggf. Vorbereitung einer Klassenpräsentation für die nicht teilnehmenden Mitschüler/innen

Umsetzungsform: Einzel- und binnendifferenzierte Gruppenarbeit

Indikatoren: Einbeziehung unterschiedlicher Lernwege und Differenzierungskriterien

Für die nachhaltige Identifikation der Schüler mit den Modellen war das Topdown-Prinzip in der Übertragbarkeit vom Großmodell auf ein Modellhausviertel wichtig. Die ständige Erneuerung der mathematischen Basiskompetenzen mit binnendifferenzierter Methodik erfolgte wöchentlich.

Die Arbeit am Modell wurde durch das Element „Innenarchitektur“ ergänzt, d.h. die Raumgestaltung und Raumausstattung (Farb- und Flächengestaltung) beförderte das Interesse und die Identifikation der Schüler mit dem Produkt. Entsprechende Arbeitsergebnisse und fachlich-korrekte Anregungen zur Fortschreibung dieser ergänzenden Modellausrichtung können bei Interesse gerne zur Verfügung gestellt werden.

Die Arbeit mit den Modellen findet örtlich in den Ausbildungswerkstätten des Ausbildungszentrums der Innung Sanitär, Heizung, Klempner und Klima Berlin statt. Insofern ergab sich die Möglichkeit für die Schüler, die Bereiche Photovoltaik und Solarthermie direkt im Haus zu besichtigen. Der Unterschied zwischen einer fest installierten und einer nachgeführten Photovoltaikanlage (Modell 7) konnte am Objekt sichtbar gemacht werden. Der Modellbau zur nachgeführten Photovoltaikanlage kann erst in 2014 erfolgen.

Insgesamt kann eingeschätzt werden, dass die beteiligten 84 Schüler, die kontinuierlich einmal wöchentlich mit den genannten Modellen arbeiteten, gute Ergebnisse erzielten.

Aufgrund der schulischen Vorkenntnisse und der sozialen Situation der Gruppen war eine Anleitung und Betreuung durch die Ausbilder unumgänglich. Die Anwendung der Modelle musste binnen- und leistungsdifferenziert nach einer entsprechenden Methodik durchgeführt werden.

Für den Zeitraum August-Dezember 2013 wurden zu Pkt. 2 folgende Entwicklungsziele und Indikatoren in der Umsetzung aufgestellt:

Das Modell „Elektroenergiespeicher“ wurde vor dem unmittelbaren Einsatz in der Schule der Fachaufsicht Naturwissenschaften, Informatik und Technik der Senatsverwaltung für Bildung, Jugend und Wissenschaft vorgestellt, um eine fachlich-administrative Begleitung an ausgewählten Schulen zu erbitten. Parallel dazu wurden dem Arbeitskreis Berliner Fachlehrer für Physik die Modelle 4 „Solarthermische Anlage“, 10 „Elektroenergiespeicher“ und 6 „Elektromobilität (1)“ vorgestellt.

Die Schwierigkeit in Berlin besteht in der nicht vorhandenen personellen Ressource, um die Modelle im Unterricht kontinuierlich anzuwenden. Daher war es das Ziel von Modul e.V., Lehrer für den Einsatz der genannten Modelle im Unterricht zu sensibilisieren bzw. im Folgeschritt für diese Arbeit in Kooperation mit dem Solar-Dorf Kettmannshausen e.V. zu qualifizieren. Daher wurde zu allen Aktivitäten immer parallel die entsprechende Fachabteilung der Senatsverwaltung für Bildung, Jugend und Wissenschaft eingebunden.

Das Modell „Elektroenergiespeicher“ wurde zu Beginn des Schuljahres 2013/14 mit einer ausgewählten Schülergruppe getestet. Analog der bisherigen Erfahrungen in der Übertragbarkeit der Modellsätze auf die Berliner Schülerschaft wurde auch hier deutlich, dass eine modifizierte Methodik und Didaktik zur Anwendung erarbeitet werden muss.

Die Schüler müssen langfristig auf die Experimente vorbereitet werden (inkl. der Wiederholungen der Fachkenntnisse aus frühen Jahrgängen). Eine Nachbereitung mit entsprechender Präsentationsmöglichkeit vor den Mitschülern wird positiv erachtet.

Ebenso wurden Modelle vor 20 Kindern des VDini-Clubs (Kinderorganisation des Vereins Deutscher Ingenieure – www.vdini-club.de) vorgestellt und entsprechend genutzt. Das fachlich-technische Interesse der Kinder war aufgrund der persönlichen Affinität zur Technik gegeben. Dadurch ergaben sich kaum bzw. keine Schwierigkeiten in der Anwendung der Modelle.

Der Einsatz des Modells 6 „Elektromobilität (1)“ wird derzeit zielgerichtet vorbereitet, um sowohl eine fachliche Einbindung als auch Nachhaltigkeit zu erreichen. Modul e.V. arbeitet u.a. auch mit der Elektro-Innung Berlin zusammen und ist dadurch am Projekt „Lernwelt Elektromobilität Berlin“ mit dem Schwerpunkt der Berufsorientierung von Mädchen in Elektro-Berufe“ beteiligt. Der Zusammenhang zwischen Elektromobilität und der Einbindung in energie-effiziente Themen soll insbesondere Mädchen der Jahrgangsstufen 7-10 vermittelt werden. Hierfür werden weitere Modelle vom Solar-Dorf Kettmannshausen e.V. einbezogen. Die anwendungs- und nutzerorientierten Arbeiten mit den Schülern werden ab Januar 2014 (Kick-off-Veranstaltung) und ab 10. Februar (Versuchsreihe A) in den ausgewählten Schulen beginnen.

Gute Erfahrungen wurden in der gesamten Projektlaufzeit mit dem Modell „Solar-Biker“ gemacht. Hier wurden durch die beteiligten 131 Schüler und die damit verbundenen unterschiedlichsten Einsatzformen und -möglichkeiten erprobt und zu-

sammen mit den Fachlehrern ausgewertet.

Folgende Schwerpunkte werden in 2014 gesetzt:

- Anwendung ausgewählter Modelle im Rahmen des WAT-Unterrichts sowie im Unterricht am anderen Ort in den Ausbildungszentren der Berliner Innungen des Handwerks
- Testverfahren Klasse 6 (mit verschiedenen Modellen) auf Grundlage der Kooperationspartnerschaft Grundschule-Sekundarschule
- Ausbau der Experimente mit dem Modell 6 zum Thema Elektromobilität (auch unter geschlechtsspezifischen Aspekten, eingebunden in die MINT-Strategie im Land Berlin)
- Fortführung Gesamtkomplex Modellsystem „CO₂-freies Dreiplusenergiehaus“ mit den Modellen 1-6 im Rahmen des Dualen Lernens in den 6 ausgewählten Schulen sowie Erweiterung und Ausbau der Inhalte durch die Themenschwerpunkte „Innenarchitektur und Raumgestaltung“ mit zielgerichteter Abschlussorientierung der Schüler (Berufsbildungsreife, MSA)
- Fort- und Weiterbildungsangebote für Lehrer, Fachanleiter und interessierte Ausbilder, die durch die Mitarbeiter des Vereins Solar-Dorf Kettmannshausen e.V. als best-practice-Beispiele auf die Berliner Bildungslandschaft nachhaltig übertragen werden sollen

Einschätzung zur Fortführung der Kooperation mit dem Verein Solar-Dorf Kettmannshausen e.V.: Wir würden die Zusammenarbeit gerne fortführen und könnten uns eine fachliche Begleitung und das Coaching der Berliner Lehrer durch Mitarbeiter des Vereins Solar-Dorf Kettmannshausen e.V. vorstellen, die einer nachhaltigen Implementierung der Projektinhalte in den jeweiligen Klassenstufen gelten soll. Gleichzeitig ist eine modifizierte Ausarbeitung entsprechender Informationsmaterialien denkbar. Das Ausbildungszentrum Sanitär, Heizung, Klempner, Klima kann die entsprechenden Werkstätten zur Verfügung stellen.

A 9: Abschlussbericht des Schullandheims und Jugendhauses Thüringer Hütte als Partner im DBU-Projekt „Regionale Solarbildungszentren für Kinder und Jugendliche“

Der Träger des Schullandheims und des Jugendhauses Thüringer Hütte ist die Diözese Würzburg KdöR.

1 Projektbeschreibung

Das Schullandheim und Jugendhaus Thüringer Hütte durfte sich als Kooperationspartner im Projekt „Regionale Solarbildungszentren für Kinder und Jugendliche“ (2011 bis 2014) des Solar-Dorf Kettmannshausen e.V. beteiligen. Dazu wurde ein entsprechender Kooperationsvertrag unterschrieben. Die Projektleitung hat Prof. Dr. Berthold Bley vom Solar-Dorf Kettmannshausen e.V. inne. Von Seiten der Diözese war Edmund Gumpert, und später Peter Gehring Ansprechpartner. Das Gesamtprojekt wurde maßgeblich von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU) gefördert. Weitere Kooperationspartner sind der Modul e.V., Berlin und als Modellproduzent die SPA GmbH Suhl.

Aufgabe als Kooperationspartner ist es, die Modelle und Konzepte zu testen und in die Praxis einzuführen. Die Modelle mit einem fünfstelligen Wert wurden von den Mitarbeitern des Solar-Dorf Kettmannshausen e.V. unter der Leitung von Prof. Dr. Berthold Bley erarbeitet und der Thüringer Hütte und dem Klimobil kostenfrei zur Verfügung gestellt. Dieser Bericht beschreibt die Art der Nutzung und eine quantitative Erfassung der Veranstaltungen und Nutzung der Modelle. Außerdem wird ein Ausblick auf 2014 gegeben.

2 Das Projekt im Schullandheim und Jugendhaus Thüringer Hütte

a) Zum Schullandheim und Jugendhaus Thüringer Hütte und Klimobil

Das Jugendhaus Thüringer Hütte ist eine Bildungseinrichtung des Bistums Würzburg. Sie ist seit über 25 Jahren als Schullandheim anerkannt und leistet seit Ende der 1980er Jahre Umweltbildung, insbesondere mit Schulklassen, Kinder- und Jugendgruppen zum Schwerpunkt „Erneuerbare Energien“ (u.a. in einem kleinen „Alternativen Energiepark“ bis 2011). Dank finanzieller Förderung aus Mitteln des EU-Leader-Programms und des Bayerischen Staatsministeriums für Unterricht und Kultus konnte ein „Schulungs-Zentrum Energie – Schöpfung“ neu aufgebaut werden: Errichtet wurde das innovative Schulungsgebäude „Energiehaus“ (Passivhaus und Sonnenhaus), ein Übernachtungshaus „Erdhaus“ und ein „Wasserhaus“ mit einer biologischen Kläranlage. Im Schulungszentrum werden experimentelles, naturwissenschaftlich-technisches Lernen, Schulung der Sinne und wertorientiert-spirituelle Bildung, im Geist des Franz von Assisi, im Sinn ganzheitlicher Bildung miteinander verbunden. Anfang 2013 ist das Projekt MINTensiv der Bayerischen Realschulen am Schullandheim angelaufen. Hier kommen Schulklassen eine Wo-

che ins Schullandheim, um sich intensiv mit den MINT-Fächern im Kontext der Energie zu beschäftigen. Seit Februar 2013 ist es als Projekt der UN-Dekade „Bildung für nachhaltige Entwicklung“ für die Jahre 2013/14 anerkannt. Das SLH Thüringer Hütte bietet somit günstige Voraussetzungen, als „Regionales Solarbildungszentrum für Kinder und Jugendliche“ unterschiedliche Zielgruppen zu erreichen. Das Schullandheim als stationäre Bildungseinrichtung arbeitet mit dem Klimobil, eine aufsuchende, mobile Umweltbildung der Jugend-Umweltstation KJG-Haus Schonungen zusammen. Das Klimobil fährt zu Schulklassen und Jugendgruppen und bietet neben einem konstanten Basisprogramm jährlich neue Angebote im Bereich des Klimaschutzes an. Einige der Modellsysteme werden hier ebenfalls in der Bildungsarbeit eingesetzt.

b) Daten zur Bildungsarbeit mit den DBU-Modellen im Schullandheim Thüringer Hütte und in Zusammenarbeit mit dem „Klimobil“

Statistik

- 134 Veranstaltungen oder 2,68 Veranstaltungen pro Woche
- 395 Unterrichtseinheiten oder 2,94 UE pro Veranstaltung
- 3140 Kinder, Jugendliche und Erwachsene haben daran teilgenommen → Ø 23 Teilnehmer pro Bildungsveranstaltung
- Struktur der Bildungseinheiten:
 - UE mit Klassen aus Grundschulen 29%
 - UE in Realschulen/Gymnasien 17%
 - UE in Berufsschulen 7%
 - UE in Jugendgruppen 32%
 - UE in Familiengruppen 6%
 - UE in Erwachsenengruppen 9%
 - UE mit DBU-Modellen ca. 26% (67 UE)

c) Bisherige Nutzung der DBU-Modelle in den Bildungsveranstaltungen

- Variante 1: Schülerteams arbeiten in Lernzirkeln an den Modellen und montieren (Teilmontage) diese. Gesamtdauer Lernzirkel 6 UE, einzelnes Modell max. 2 UE.
- Variante 2: Schüler nutzen das Modell zur Erklärung des Energiehauses an der Thüringer Hütte und nehmen vergleichende Messungen am Modell und am Energiehaus vor (2 - 5 UE). Dieser Einsatz – vor allem bei Schullandheimaufenthalten – ist nicht rein fachspezifisch ausgerichtet, sondern wird auch durch die fachliche Ausrichtung der begleitenden Lehrkräfte beeinflusst.
- Einsatz der Modelle Windkraft für Projekttag einer 12. Klasse Gymnasium
- Einsatz der Modelle im Rahmen von Fortbildungen des Schullandheimwerks
- Einsatz der Modelle bei Informationsveranstaltungen zum „Zentrum Energie – Schöpfung“ (Beispiel: „Tag der offenen Tür“ am 9.6.2013)

- Einsatz bei Bildungsveranstaltungen im Freizeitbereich
- Einsatz auf Messen, zur Gewinnung von Förderern und von TeilnehmerInnen für Bildungsarbeit im Kontext der Energiewende und der BNE
- Präsentation bei der bayernweiten Auftaktveranstaltung zur „6. Bayerischen Klimawoche (21. bis 28. April 2013)“ am Sonntag, 21. April 2013 in Pfaffenhofen an der Ilm, eingesetzt durch das „Klimobil“ der Jugend-Umweltstation KjG-Haus Schonungen
- Vorstellung des Projekts bei Anton Huber, Vorsitzenden des Bayerischen Realschullehrerverbands und Ingrid Ritt, Vorsitzende Landeselternverband Bayerischer Realschulen • Einbindung der Modelle in das Projekt MINTensiv inkl. Planung und Durchführung von drei Projektwochen zur Erprobung
- Durchführung von zwei Multiplikatorenschulungen, eine im Schullandheim und eine mit dem Klimobil.

Bewertung

Eine vertiefte Nutzung der Modelle ist ab Jahrgangsstufe 6 zu empfehlen, wie auch die positiven Einschätzungen durch die TeilnehmerInnen belegen. Nach Anpassungen im pädagogischen Konzept können sie durchaus auch in der Primarstufe genutzt werden. Die TeilnehmerInnen schätzen das freie Experimentieren mit den Modellen. Die Erarbeitung der physikalischen Grundlagen wird typischer Weise gemischt bewertet. Ergänzende Module über weitere Zusammenhänge, wie Gerechtigkeit und Energie im Sinne einer BNE mit der Methode „Kinder philosophieren“ wird gerne genutzt und auch als Fortbildung angefragt.

d) Erfahrungen in der Bildungsarbeit mit den DBU-Modellen

- Der Einsatz der DBU-Modelle ist vorrangig ab Sekundarstufe I zu empfehlen.
- Eine entsprechende Nachfrage nach den Modellen aus den Schulen wird nach unseren Erfahrungen von folgenden Faktoren bestimmt:
 - a) von der Bereitstellung und Finanzierung von ausgebildetem Personal, das die Module mit den Teilnehmern durchführt;
 - b) von einer Fokussierung beim Einsatz auf einzelne Modelle des Modellsystems;
 - c) von der Einstellung der Schulleitung und der Lehrer zu einer interdisziplinären Projektarbeit;
 - d) von langfristig geregelten Rahmenbedingungen (Finanzierung von Material und Personal);
 - e) von der Bereitschaft von Lehrkräften zu einer Qualifizierung;
 - f) von den Fachschaften der Schulen, welchen die Modelle als Lernmittel festschreiben sollten;
 - g) von der vollen Funktionsfähigkeit der eingesetzten Modelle.

e) Kommunikation und Öffentlichkeitsarbeit – Verbreitung

- Nennung in der Pressemitteilung des Bischöflichen Ordinariates Würzburg vom 21.02.2013 über die Auszeichnung des „Schulungszentrums Energie – Schöpfung“ als Projekt der UN-Dekade BNE
- Erwähnung im „Bericht zum Klima- und Umweltschutz im Bistum Würzburg 2011/2012“
- Führung der Mitglieder des „Forum Umweltbildung in Unterfranken“ am 8. Mai 2013 durch die Einrichtungen und Angebote des Schulungszentrums an der Thüringer Hütte
- Führungen für Kommunalpolitiker (z.B. für die Mitglieder des Kreistags im Landkreis Würzburg, (Alt-)Landräte von Unterfranken).

f) Ziele für die Weiterführung 2014**Bildungsveranstaltungen im Schullandheim Thüringer Hütte**

- Mindestens 35 Projekttag bzw. mehrstündige Unterrichtseinheiten mit den DBU-Modellen in 2014
- Mindestens 10 Informationsveranstaltungen für Erwachsene
- Mindestens 2 Multiplikatorenschulungen mit den DBU-Modellen
- Durchführung von 6 MINT Projektwochen der Bayerischen Realschulen.

Bildungsveranstaltungen durch das Schullandheim Thüringer Hütte / Klimobil extern

- Einsatz der DBU-Modelle durch das Klimobil bei Projekten in Schulen
- Einsatz bei Klimobileinsätzen bei Jugendgruppen
- Die Modelle werden in den Fortbildungen für Lehrkräfte verwandt und über FIBS (Fortbildung in bayerischen Schulen) bayernweit beworben.

Entwicklung eines Modellausleihsystems mit den DBU-Modellen mit Partnern und Gewinnung neuer Partner für den Einsatz der DBU-Modelle

- Erschließung weiterer Schulen/Einrichtungen zum Einsatz der DBU-Modelle.

Verbreitung

Beispiel: Das SLH Thüringer Hütte und die Umweltbildungsstätte Oberelsbach sind mit einem Stand auf der Didacta im März 2014 in Stuttgart vertreten.

Weitere Perspektive über 2014 - Schullandheim Thüringer Hütte / Klimobil

- jährlich mindestens eine Lehrerfortbildung (für 2014 terminiert: 9.-10.04.2014)
- feste Aufnahme in des Modulprogramm des Schullandheims
- Zertifizierung der Module durch das Bayerische Schullandheimwerk
- Fortführung des MINT-Projekts mit den bayerischen Realschulen bis zunächst 2015
- Mobile Umweltbildung vor Ort („Klimobil“) mit den Modellen ist bis Ende 2014 gesichert.

3 Fazit und Ausblick

Die Diözese Würzburg führt das Projekt „Regionale Solarbildungszentren für Kinder und Jugendliche“ im Rahmen des Bildungsreferats der Thüringer Hütte weiter und garantiert so die Verfestigung und Weiterentwicklung der pädagogischen Arbeit.

Die Vielfalt der jährlich angebotenen Module sollte etwas reduziert werden, um für potentielle Nutzer eine leichtere Auswahl zu ermöglichen.

Die Zusammenarbeit und Unterstützung durch die Umweltstation der KJG (Klimobil) bei einzelnen Angeboten hat sich bewährt und wird weitergeführt.

Die Kooperation mit dem Solar-Dorf Kettmannshausen e.V. in Thüringen bereichert unser Angebot sehr und soll zumindest auf Austauschebene weitergeführt werden. Die im Projekt zur Verfügung gestellten Energie-Modelle können im Schulandheim Thüringer Hütte genutzt und sollen verstärkt an interessierte Gruppen ausgeliehen werden.

Die inhaltliche Arbeit des Bildungsreferates soll sich mehr und mehr auf die Gewinnung von möglichen Teamern und Beratung von Besuchergruppen konzentrieren, um so eine steigende Nachfrage bedienen zu können.

4 Dankeschön

Ein Herzliches Dankeschön ergeht an dieser Stelle an alle Verantwortlichen und Mitarbeiter des Solar-Dorf Kettmannshausen e.V. insbesondere an Prof. Dr. Berthold Bley für die unermüdliche Unterstützung und die Auswahl des SLH Thüringer Hütte als Kooperationspartner. Auch Edmund Gumpert als Umweltbeauftragten der Diözese sei herzlich für die Unterstützung und Öffentlichkeitsarbeit gedankt.