

Thomas Brühne

Erneuerbare Energien als Herausforderung
für die Geographiedidaktik

VS RESEARCH

Thomas Brühne

Erneuerbare Energien als Herausforderung für die Geographiedidaktik

Perspektiven der Integration
in Theorie und Praxis

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek
Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der
Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über
<<http://dnb.d-nb.de>> abrufbar.

Dissertation Universität zu Köln, 2008

1. Auflage 2009

Alle Rechte vorbehalten

© VS Verlag für Sozialwissenschaften | GWV Fachverlage GmbH, Wiesbaden 2009

Lektorat: Christina M. Brian / Britta Göhrisch-Radmacher

VS Verlag für Sozialwissenschaften ist Teil der Fachverlagsgruppe
Springer Science+Business Media.

www.vs-verlag.de



Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des Verlags unzulässig und strafbar. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Umschlaggestaltung: KünkelLopka Medienentwicklung, Heidelberg
Gedruckt auf säurefreiem und chlorfrei gebleichtem Papier
Printed in Germany

ISBN 978-3-531-16632-2

Vorwort

Die Idee zur vorliegenden Konzeption geht zurück auf meine Tätigkeit als studentische Hilfskraft am Seminar für Geographie und ihre Didaktik an der Universität zu Köln. Von Beginn an wurde ich dort von meinem Betreuer Herrn Prof. Dr. H.-J. Sander sowie von Frau Dr. Petra Sauerborn gefördert und bekam die Möglichkeit, die universitäre Arbeit und Lehre mitzugestalten. Daraus resultierte eine frühe Begegnung mit dem Forschungsgegenstand Erneuerbare Energien. Zum Ende meines weiterführenden Studiums im Jahre 2006 wurde aus der vagen Idee schließlich ein konkretes Forschungsvorhaben, welches im Spätsommer vom Dekanat der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät als Promotion für das Fach Geographie und ihre Didaktik angenommen wurde.

Mein besonderer Dank gebührt zunächst meinem Betreuer Herrn Prof. Dr. H.-J. Sander. Seine intensive Förderung in den letzten Jahren mündete in der hier vorliegenden Dissertation. Herr Sander begann sich dem Themengebiet in einer Zeit zu widmen, als Klimabedrohungen und Ressourcendiskussionen nur am Rande die allgemeine gesellschaftliche Diskussion streiften. Bereits seit der Konferenz von Rio im Jahre 1992 verfolgt er tiefgründig das Thema Erneuerbare Energien; seit unserer ersten Begegnung im Jahre 2002 ließ er auch mich an seiner langjährigen Motivation teilhaben. Besonders die anregenden Diskussionen während diesen Begegnungen halfen mir, systematisch einen Weg zu finden, aus den komplexen fachwissenschaftlichen Inhalten fachdidaktische Fragestellungen zu entwickeln. Die Weiterführung der universitären Lehre auch nach Herrn Sanders zwischenzeitlichem Eintritt in den Ruhestand erwies sich für die Realisierung dieses Projekts als essentiell.

Ein besonderer Dank gilt zudem Herrn Prof. Dr. Günter Thieme, der sich freundlicherweise bereit erklärte, das Korreferat zu übernehmen. Herr Thieme brachte diesem Vorhaben sofort ein großes Interesse entgegen und öffnete mir stets seine Türen für einen konstruktiven Gedankenaustausch. Auch der hilfreiche Rat bei der Planung sowie (stellvertretend für das Seminar für Geographie und ihre Didaktik) die finanzielle Unterstützung bei der Durchführung der empirischen Untersuchung sind ihm zu danken.

Einen weiteren Dank spreche ich Frau Dr. Petra Sauerborn aus, die sich immer wieder meinen didaktischen und konzeptionellen Fragestellungen annahm. Darüber

hinaus versorgte sie mich kontinuierlich mit zentralen bildungspolitischen Informationen und hielt mich auch im Hinblick auf die Schulbuchentwicklung auf dem Laufenden.

Ich danke meiner lieben Freundin Caroline an dieser Stelle für das große Verständnis und die beachtliche Geduld, welche sie mir während der gesamten Erstellung dieser Arbeit immer und überall entgegen brachte, und selbstverständlich auch für ihr achtsames Auge beim Korrekturlesen.

Meinen Eltern danke ich für die finanzielle Realisierung des Projektes – meiner Mutter gilt zudem ebenfalls Dank für das Korrekturlesen des Manuskriptes. Meinem Bruder sei schließlich gedankt für den mathematischen Rat bei der quantitativen Auswertung.

Thomas Brühne

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	5
Abbildungsverzeichnis	17
Tabellenverzeichnis	19
Abkürzungsverzeichnis	21
1 Einleitung	25
1.1 Umwelt und Energie in der öffentlichen Diskussion	25
1.2 Erneuerbare Energien als Hoffnungsträger der Zukunft	26
1.3 Die Menschheit am Scheideweg	27
1.4 Der sanfte Pfad in die Zukunft	28
1.5 Umweltwissen und Umwelthandeln in der Gesellschaft	29
1.6 Das Thema Erneuerbare Energien im Bildungssektor	30
1.7 Das Thema Erneuerbare Energien in den Geographielehrplänen	32
1.8 Erneuerbare Energien als Herausforderung für die Didaktik der Geographie	33
1.9 Zur Notwendigkeit des Themas Erneuerbare Energien	34
1.10 Zum Aufbau und zur Konzeption dieser Arbeit	35
1.10.1 Theoretische und didaktische Vorüberlegungen	35
1.10.2 Das Spiralcurriculum zum Thema Erneuerbare Energien	35
1.10.3 Empirische Untersuchung zum Thema Erneuerbare Energien im Geographieunterricht	36
2 Theoretische und didaktische Vorüberlegungen	39
2.1 Das Thema Erneuerbare Energien in der Geographie	39
2.1.1 Forschungsvernachlässigung in der Geographie	39
2.1.1.1 Analyse ausgewählter geographischer Zeitschriften	39
2.1.1.2 Analyse ausgewählter fachwissenschaftlicher Literatur	41
2.1.2 Modellhafte Betrachtung des Themas Energie	42
2.1.3 Zur Einordnung und Diskussion von Energiegeographie	43
2.1.4 Ein geographisches Modell für Erneuerbare Energien	44

2.1.4.1	Von der Energieprozesskette zum Energiefluss	45
2.1.4.2	Erneuerbare Energieforschung als interdisziplinärer Forschungsbegriff	47
2.2	Bildung als Ausdruck von Lernzielen und Standards	49
2.2.1	Lernzieldimensionierung und Lernzieltaxonomie	50
2.2.2	Die Operationalisierung von Lernzielen	53
2.2.3	Das Lernzielorientierte Modell	54
2.2.4	Zur Konstruktion von Leitlernzielen	56
2.2.5	Neue Diskussionen um Bildungsstandards	57
2.2.5.1	Entwicklung von Bildungsstandards	58
2.2.5.2	Bildung als Ausdruck von Schlüsselqualifikationen & Kompetenzen	59
2.2.5.3	Kompetenzformulierungen in den Bildungsstandards	61
2.2.5.4	Vor- und Nachteile von Bildungsstandards	62
2.2.6	Bildungsstandards und geographische Bildung	64
2.2.6.1	Geographische Kompetenzbereiche und taxonomische Klassifikation	66
2.2.6.2	Bedeutung der Bildungsstandards für die Geographie	67
2.2.7	Die Formulierung von Kompetenz- und Erwartungshorizonten	68
2.2.8	Lernziel-Kompetenzmatrix: Lernziele und Kompetenzen vereinen . .	69
2.3	Zur Formulierung von didaktischen Leitbegriffen	70
2.3.1	Leitbegriffe und kategoriale Bildung	70
2.3.2	Die pädagogische Verwendung von Leitbegriffen	71
2.3.3	Formulierung von pädagogischen Leitbegriffen	71
2.3.4	Verwendung der Leitbegriffe und Leitsätze im Unterricht	72
3	Spiralcurriculum zum Thema Erneuerbare Energien	73
3.1	Die Theorie des Spiralcurriculums	73
3.2	Aufbau und Konzeption des Spiralcurriculums	75
3.3	Der ökologische Fußabdruck als didaktischer Baustein	79
3.3.1	Sachstrukturanalyse	79
3.3.1.1	Anfänge und Idee des Konzeptes	80
3.3.1.2	Die Intention des ökologischen Fußabdrucks	80
3.3.1.3	Die Kehrtwende in der ökologischen Tragfähigkeit	84
3.3.1.4	Methodik und Anwendung des ökologischen Fußabdrucks	84
3.3.1.5	Land, Landnutzungs- und Meeresnutzungskategorien	85
3.3.1.6	Berechnung eines ökologischen Fußabdrucks und Ländervergleich . .	86
3.3.1.7	Die globale Übersteigerung der ökologischen Regenerationsfähigkeit . .	87
3.3.1.8	Bewertung des ökologischen Fußabdrucks	88
3.3.2	Didaktischer Leitfaden zum Themenbaustein ökologischer Fußabdruck	89
3.3.2.1	Der ökologischer Fußabdruck in der Schule	89

3.3.2.2	Methodische Anregung	90
3.4	Nachhaltigkeit als didaktischer Baustein	93
3.4.1	Sachstrukturanalyse	93
3.4.1.1	Nachhaltigkeit und sein ursprünglicher Sinn: eine ambivalente Verwurzelung	95
3.4.1.2	Terminologisches Spiel (Betrachtung des institutionellen Rahmens)	95
3.4.1.3	Folgen des Brundtland-Berichts (Grobanalyse einzelner Diskursfragmente)	97
3.4.1.4	Umsetzung von Nachhaltigkeit durch Indikatorensysteme (politisch-wirtschaftlicher Diskursstrang)	99
3.4.1.5	Zur vorrangigen Stellung von Nachhaltigkeit im Bildungssystem (Diskursstrang Bildung)	101
3.4.1.6	Nachhaltigkeit in der fachdidaktischen Diskussion (Diskursfragment Geographiedidaktik)	103
3.4.1.7	Interpretation der Entwicklung von Nachhaltigkeit im Kontext von Bildung	105
3.4.1.8	Didaktische Vermittlung durch Operationalisierung von Nachhaltigkeit	107
3.4.2	Didaktischer Leitfaden zum Themenbaustein Nachhaltigkeit	109
3.4.2.1	Kognitive Leitlernziele	109
3.4.2.2	Affektive Leitlernziele	110
3.4.2.3	Psychomotorische bzw. instrumentale Leitlernziele	111
3.4.2.4	Kompetenz- und Erwartungshorizont	112
3.4.2.5	Zu einem didaktischen Leitbegriff	113
3.4.2.6	Fächerkooperierende Perspektive	113
3.4.2.7	Methodische Anregung	115
3.5	Energiezeitalter als didaktischer Baustein	115
3.5.1	Sachstrukturanalyse	115
3.5.1.1	Erweiterung der Klassifikation der Energiezeitalter	116
3.5.1.2	Das vorindustrielle Energiezeitalter	116
3.5.1.3	Das industrielle Energiezeitalter	120
3.5.1.4	Das postindustrielle Energiezeitalter	126
3.5.2	Didaktischer Leitfaden zum Themenbaustein Energiezeitalter	129
3.5.2.1	Kognitive Leitlernziele	129
3.5.2.2	Affektive Leitlernziele	130
3.5.2.3	Psychomotorische bzw. instrumentale Leitlernziele	130
3.5.2.4	Kompetenz- und Erwartungshorizont	132
3.5.2.5	Zu einem didaktischen Leitbegriff	133
3.5.2.6	Fächerkooperierende Perspektive	134
3.5.2.7	Methodische Anregung	134

3.6	Der Ökologische Rucksack als didaktischer Baustein	138
3.6.1	Sachstrukturanalyse	138
3.6.1.1	Definition von Materialinput und Ökologischer Rucksack	138
3.6.1.2	Die Klassifikation der Inputkategorien	140
3.6.1.3	Vom Materialinput zum Materialinput pro Service (MIPS)	141
3.6.1.4	Beispiel einer Material-Intensitäts-Analyse	142
3.6.1.5	Bewertung des Ökologischen Rucksacks	144
3.6.1.6	Überleitung des Ökologischen Rucksacks auf Erneuerbare Energien	145
3.6.2	Gemeinsamer Didaktischer Leitfaden zu den Bausteinen ökologischer Fußabdruck und Ökologischer Rucksack	146
3.6.2.1	Kognitive Leitlernziele	147
3.6.2.2	Affektive Leitlernziele	148
3.6.2.3	Psychomotorische bzw. instrumentale Leitlernziele	148
3.6.2.4	Kompetenz- und Erwartungshorizont	150
3.6.2.5	Fächerkooperierende Perspektive	152
3.6.2.6	Zu den didaktischen Leitbegriffen	152
3.6.2.7	Methodische Anregung	152
3.7	Von der zentralen zur dezentralen Energieversorgung als didaktischer Baustein	155
3.7.1	Sachstrukturanalyse	155
3.7.1.1	Umstrukturierungseffekte in der Energiewirtschaft	156
3.7.1.2	Dezentrale Energieversorgung und Energieautonomie: notwendige Abgrenzung	157
3.7.1.3	Merkmale dezentraler Energieversorgung	157
3.7.1.4	Regionalität im dezentralen Energieversorgungssystem	159
3.7.1.5	Entwicklung dezentraler Versorgungsstrukturen	161
3.7.1.6	Die Rolle der Stadtwerke	162
3.7.2	Didaktischer Leitfaden	163
3.7.2.1	Kognitive Leitlernziele	164
3.7.2.2	Affektive Leitlernziele	164
3.7.2.3	Psychomotorische bzw. instrumentale Leitlernziele	165
3.7.2.4	Kompetenz- und Erwartungshorizont	166
3.7.2.5	Zu einem didaktischen Leitbegriff	167
3.7.2.6	Fächerkooperierende Perspektive	167
3.7.2.7	Die Zukunftswerkstatt als methodische Anregung des Themenbausteins	167
3.8	Vom Planspiel zur Windenergie als didaktisch-methodischer Baustein	174
3.8.1	Sachstrukturanalyse	174
3.8.1.1	Versuch einer Definition von Planspiel	175
3.8.1.2	Planspiele im Militär	176

3.8.1.3	Planspiele in der Wirtschaft	177
3.8.1.4	Planspiele in der Bildung	178
3.8.1.5	Modelle als Spielrahmen von Planspielen	178
3.8.1.6	Planspiele in der Geographie	179
3.8.1.7	Differenzierung und Phaseneinteilung von Planspielen	182
3.8.1.8	Entwicklungs- und lernpsychologische Aspekte von Planspielen	184
3.8.1.9	Vorteile von Planspielen und zeitlicher Rahmen	185
3.8.1.10	Standortentscheidungen und geographische Planspiele	186
3.8.1.11	Entwicklung eines Modells zum Planspiel Windenergie	186
3.8.2	Vorstellung des Planspiels zur Standortfindung einer Windkraftanlage	192
3.8.2.1	Zur Windenergie in Deutschland	192
3.8.2.2	Ziele des Planspiels zur Windenergie	193
3.8.2.3	Ausgangssituation des Planspiels zur Windenergie	194
3.8.2.4	Verlaufsstruktur des Planspiels zur Windenergie	194
3.8.2.5	Ausblick des Planspiels zur Windenergie	198
3.8.3	Didaktischer Leitfaden zum methodischen Themenbaustein Planspiel zur Windenergie	198
3.8.3.1	Kognitive Leitlernziele	198
3.8.3.2	Affektive Leitlernziele	199
3.8.3.3	Psychomotorische bzw. instrumentale Leitlernziele	199
3.8.3.4	Kompetenz- und Erwartungshorizont	200
3.8.3.5	Fächerkooperierende Perspektive	202
3.8.3.6	Zu einem didaktischen Leitbegriff	202
3.9	Tragfähigkeit und Energie als didaktischer Baustein	203
3.9.1	Sachstrukturanalyse	203
3.9.1.1	Ursprünge der Tragfähigkeitsforschung	203
3.9.1.2	Tragfähigkeitsbestimmungen der letzten Jahrhunderte	205
3.9.1.3	Die Begriffe Bevölkerungsmaximum und Bevölkerungsoptimum	208
3.9.1.4	Von der agrarischen zur ökologischen Tragfähigkeit	208
3.9.1.5	Grenzen der Tragfähigkeitsbestimmung	209
3.9.1.6	Von der ökologischen Tragfähigkeit zur Tragfähigkeitsklassifikation	209
3.9.1.7	Erweiterung der Tragfähigkeitsklassifikation um Energie	210
3.9.1.8	Verzahnung der Dimensionen von Tragfähigkeiten	211
3.9.1.9	Schätzung der energetischen Tragfähigkeit	211
3.9.2	Didaktischer Leitfaden zum Themenbaustein Tragfähigkeit und Energie	213
3.9.2.1	Kognitive Leitlernziele	213
3.9.2.2	Affektive Leitlernziele	213
3.9.2.3	Psychomotorische bzw. instrumentale Leitlernziele	215
3.9.2.4	Kompetenz- und Erwartungshorizont	215

3.9.2.5	Zu einem didaktischen Leitbegriff	217
3.9.2.6	Fächerkooperierende Perspektive	217
3.9.2.7	Methodische Anregung	217
3.10	Energieszenarien als didaktisch-methodischer Baustein	219
3.10.1	Sachstrukturanalyse	219
3.10.1.1	Begriffserläuterung und Definition von Szenario	219
3.10.1.2	Herkunft und Anwendung der Szenario-Technik	221
3.10.1.3	Die Szenario-Technik in der Bildung	222
3.10.1.4	Die Szenario-Technik in der Geographiedidaktik	223
3.10.1.5	Das Denken in Modellen und der Szenariotrichter	224
3.10.1.6	Verlaufsstruktur und Phaseneinteilung der Szenario-Technik	227
3.10.1.7	Dreistufige Phaseneinteilung für den didaktischen Gebrauch der Szenario-Technik	227
3.10.1.8	Die Szenario-Technik im schulischen Unterricht	228
3.10.1.9	Kommunikative und lernpsychologische Aspekte der Szenario-Technik	228
3.10.2	Inhaltsdarlegung möglicher Szenarien und didaktische Transformation	229
3.10.3	Didaktischer Leitfaden zum methodischen Themenbaustein Energieszenarien	234
3.10.3.1	Kognitive Leitlernziele	234
3.10.3.2	Affektive Leitlernziele	234
3.10.3.3	Psychomotorische bzw. instrumentale Leitlernziele	235
3.10.3.4	Kompetenz- und Erwartungshorizont	236
3.10.3.5	Zu einem didaktischen Leitbegriff	238
3.10.3.6	Fächerkooperierende Perspektive	238
3.10.3.7	Methodische Anregung	238
3.11	Energieautonomie als didaktischer Baustein	242
3.11.1	Sachstrukturanalyse	242
3.11.1.1	Die Theorie der Erneuerbaren Energien	242
3.11.1.2	Dezentrale Energieversorgung zwischen Mikro- und Makrokosmos	246
3.11.2	Marokko als angewandtes räumliches Beispiel für Energieautonomie	246
3.11.2.1	Geographische und klimatische Bedingungen Marokkos	247
3.11.2.2	Abschätzung des Potentials von Windenergie in Marokko	248
3.11.2.3	Die Betrachtung rund um den Windatlas ausgewählter Regionen	249
3.11.2.4	Strom aus der Sahara zwischen nationalen und europäischen Interessen	251
3.11.2.5	Betrachtung der Sonnenenergie in Marokko	253
3.11.2.6	Politisches Engagement für Erneuerbare Energien in Marokko	254
3.11.2.7	Weitere Energieträger in Marokko und das Primat der Energieautonomie	255

3.11.3	Didaktischer Leitfaden zum Themenbaustein Energieautonomie	256
3.11.3.1	Kognitive Leitlernziele	257
3.11.3.2	Affektive Leitlernziele	257
3.11.3.3	Psychomotorische bzw. instrumentale Leitlernziele	258
3.11.3.4	Kompetenz- und Erwartungshorizont	260
3.11.3.5	Fächerkooperierende Perspektive	261
3.11.3.6	Zu einem didaktischen Leitbegriff	262
3.11.3.7	Methodische Anregung	262
4	Empirische Untersuchung zum Themenfeld	
	Erneuerbare Energien im Geographieunterricht	265
4.1	Methodologische Vorüberlegungen	265
4.1.1	Merkmale quantitativer Methoden der Sozialforschung	265
4.1.2	Merkmale qualitativer Methoden der Sozialforschung	266
4.1.3	Allgemeine Ziele von empirischen Untersuchungen	268
4.1.4	Kritische Würdigung der theoretischen Ansätze	269
4.1.5	Versuche zur Integration der Methodologien und Methoden	270
4.1.6	Aktualität der Methodenintegration	273
4.1.6.1	Methodenintegration in der Geographie	274
4.1.6.2	Weitere Beispiele methodenintegrativer Forschung	274
4.1.7	Durchführungsebenen integrativer Forschungsverfahren	275
4.1.8	Das gemeinsame Ablaufmodell für integrative Forschungsvorhaben .	276
4.2	Vorbereitung der quantitativen und qualitativen Erhebung	278
4.2.1	Explication und Spezifizierung der Fragestellung (1. Schritt)	278
4.2.1.1	Relevanz und Problemstellung der qualitativen Studie	279
4.2.1.2	Relevanz und Problemstellung der quantitativen Studie	280
4.2.1.3	Entwicklung einer gemeinsamen Leitfragestellung	281
4.2.1.4	Formulierung der Forschungshypothesen für die quantitative Erhebung	282
4.2.1.5	Erschließung der Variablen der standardisierten Befragung	287
4.2.1.6	Skalierungsverfahren des standardisierten Testaufbaus	287
4.2.2	Explication des Theoriehintergrundes (2. Schritt)	288
4.2.2.1	Studie Nachhaltigkeit und Umweltbewusstsein in Bayern	288
4.2.2.2	Studie Umweltbildung Erneuerbare Energien für Kinder und Jugendliche	289
4.2.2.3	Studie zum Umweltbewusstsein in Deutschland	290
4.2.3	Darstellung der empirischen Basis (3. Schritt)	291
4.2.3.1	Beschreibung der Stichprobe	291
4.2.3.2	Genauere Definition der Untersuchungspopulation	292
4.2.3.3	Wahl der Stichprobengröße	293
4.2.3.4	Auswahl und Darlegung des Samplingverfahrens	293

4.2.3.5	Genehmigung und Zeitraum der empirischen Untersuchung	296
4.2.3.6	Beschreibung des Messinstruments der empirischen Untersuchung . .	296
4.2.4	Methodische Umsetzung (4. Schritt)	297
4.2.4.1	Standardisierte Datenerhebung im Fragebogen	297
4.2.4.2	Qualitative Leitfadenerhebung im Fragebogen	298
4.2.4.3	Gütekriterien der standardisierten Befragung	299
4.2.4.4	Pretest und sprachliche Modifikation des Fragebogens	302
4.3	Darstellung der Ergebnisse der standardisierten Befragung	303
4.3.1	Rücklaufquote und Datenbasis der Stichprobe	303
4.3.2	Beschreibung des statistischen Testverfahrens	304
4.3.2.1	Alternativhypothese und Nullhypothese	305
4.3.2.2	Signifikanztests	305
4.3.3	Ergebnisse zu Forschungshypothese I	306
4.3.3.1	Statistische Auswertung der Daten	306
4.3.3.2	Verteilung der Häufigkeiten	308
4.3.3.3	Fazit zu Forschungshypothese I	310
4.3.4	Ergebnisse zu Forschungshypothese II	310
4.3.4.1	Statistische Auswertung der Daten	310
4.3.4.2	Verteilung der Häufigkeiten	311
4.3.4.3	Fazit zu Forschungshypothese II	313
4.3.5	Ergebnisse zu Forschungshypothese III	314
4.3.5.1	Statistische Auswertung der Daten	314
4.3.5.2	Verteilung der Häufigkeiten	315
4.3.5.3	Fazit zu Forschungshypothese III	317
4.3.6	Ergebnisse zu Forschungshypothese IV	318
4.3.6.1	Statistische Auswertung der Daten	318
4.3.6.2	Verteilung der Häufigkeiten	319
4.3.6.3	Fazit zu Forschungshypothese IV	321
4.3.7	Ergebnisse zu Forschungshypothese V	322
4.3.7.1	Statistische Auswertung der Daten	322
4.3.7.2	Verteilung der Häufigkeiten	323
4.3.7.3	Fazit zu Forschungshypothese V	325
4.4	Darstellung der Ergebnisse der qualitativen Befragung	326
4.4.1	Kriterien qualitativer Auswertungsverfahren	326
4.4.2	Beschreibung des qualitativen Auswertungsverfahren	327
4.4.2.1	Das offene Kodieren des qualitativen Datenmaterials	328
4.4.2.2	Das axiale bzw. selektive Kodiervorgehen	328
4.4.3	Datenbereinigung im Vorfeld der Auswertung	331
4.4.4	Ergebnisdarstellung und Hypothesengenerierung	331
4.4.4.1	Interpretation der Ergebnisse der Rubrik lebenspraktischer Bezug . . .	332

4.4.4.2	Interpretation der Ergebnisse der Rubrik Objektivität	337
4.4.4.3	Interpretation der Ergebnisse der Rubrik Lerndifferenzierung	340
4.4.4.4	Interpretation der Ergebnisse der Rubrik Interesse	342
4.4.4.5	Interpretation der Ergebnisse der Rubrik schulinterne Einbindung . . .	344
4.4.5	Betrachtung ausgewählter Ergebnisse unter Berücksichtigung der Schulform	346
4.5	Perspektiven weiterer Forschung	347
4.5.1	Projekt zum ökologischen Fußabdruck	348
4.5.2	Projekt zum Planspiel Windkraft	351
4.5.2.1	Vorbereitung des Planspiels	351
4.5.2.2	Durchführung des Planspiels	352
4.5.2.3	Fazit des Projektes	352
5	Zusammenfassung und Ausblick	353
5.1	Abschließende Betrachtung der empirischen Untersuchung	353
5.2	Repräsentativität der gewonnenen Ergebnisse und weitere Überlegungen	357
5.3	Schlusswort	359
 Literatur- und Quellennachweis		361
 Anhang		377

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Schematische Darstellung zum Aufbau der Arbeit	38
Abbildung 2: Energiemodell als geographisches Orientierungsraster	42
Abbildung 3: Dynamische Sichtweise innerhalb des Modells für Erneuerbare Energien	45
Abbildung 4: Das geographische Modell für Erneuerbare Energien	47
Abbildung 5: Wissenschaftsdisziplinen innerhalb der Erneuerbaren Energieforschung	49
Abbildung 6: Von den Zielen zu den Standards	60
Abbildung 7: Lernziel-Kompetenzmatrix für das Fach Geographie	70
Abbildung 8: Aufbau und Konzeption des Spiralcurriculums	75
Abbildung 9: Illustration des ökologischen Fußabdrucks	81
Abbildung 10: Regelkreislauf der Material- und Stoffströme	81
Abbildung 11: Die Stadt unter einer Plexiglaskuppel	82
Abbildung 12: Pro-Kopf-Anteil und biologisch produktive Fläche im Zeitstrahl	83
Abbildung 13: Ökologische Traggrenze	84
Abbildung 14: Entwicklung des globalen Fußabdrucks	88
Abbildung 15: Strukturierte Auseinandersetzung mit dem Thema Nachhaltigkeit	94
Abbildung 16: Leitbilder in der Geographiedidaktik	104
Abbildung 17: Rohstoffe und Ökologische Rucksäcke	141
Abbildung 18: Vergleich der Ökologischen Rucksäcke eines Gartentischs.	143
Abbildung 19: Zentrale und dezentrale Energieversorgung im direkten Vergleich	158
Abbildung 20: Darstellung einer dezentralen Energieeinheit Lüchow Dannenberg	160
Abbildung 21: Ablaufschema zur Zukunftswerkstatt	170
Abbildung 22: Kraftwerke zerstören unser Klima	171
Abbildung 23: Dezentrale Energieversorgung im Jahr 20XX	173
Abbildung 24: Planspiele in der Offiziersschulung	177
Abbildung 25: Planspiele in der Geographiedidaktik	180
Abbildung 26: Ablaufschema eines Planspiels	184
Abbildung 27: Schrittfolge für die Erstellung eines Planspielmodells	187
Abbildung 28: Lärmschutzschablone	196
Abbildung 29: Illustration des Bevölkerungstheorems nach Malthus	204
Abbildung 30: Der Szenario-Trichter	224
Abbildung 31: Phasenverlauf in der Szenario-Technik	226

Abbildung 32: Dreistufige Abfolge der Szenario-Methode für die Unterrichtspraxis	227
Abbildung 33: Darstellung der drei Enquete-Szenarien	231
Abbildung 34: Jahresmittlere Volllaststunden für Windkraftanlagen	249
Abbildung 35: Winddaten für den Standort Tarfaya 1998–2001	250
Abbildung 36: Import von Windenergie nach Europa	252
Abbildung 37: Empirische Sozialforschung im Überblick	267
Abbildung 38: Forschungsabläufe im Vergleich	276
Abbildung 39: Das gemeinsame Ablaufmodell	277
Abbildung 40: Skalierung der Antwortmöglichkeiten durch Variablen	288
Abbildung 41: Das Stichprobenverfahren	294
Abbildung 42: Gemeinsame Erhebungsphase im Sinne der Methodenintegration	297
Abbildung 43: Kriterienraster für die qualitative Erhebung	299
Abbildung 44: Grafische Darstellung der Häufigkeitsverteilung zu Item 1	308
Abbildung 45: Grafische Darstellung der Häufigkeitsverteilung zu Item 2	309
Abbildung 46: Grafische Darstellung der Häufigkeitsverteilung zu Item 3	312
Abbildung 47: Grafische Darstellung der Häufigkeitsverteilung zu Item 4	313
Abbildung 48: Grafische Darstellung der Häufigkeitsverteilung zu Item 5	316
Abbildung 49: Grafische Darstellung der Häufigkeitsverteilung zu Item 6	317
Abbildung 50: Grafische Darstellung der Häufigkeitsverteilung zu Item 7	320
Abbildung 51: Grafische Darstellung der Häufigkeitsverteilung zu Item 8	321
Abbildung 52: Grafische Darstellung der Häufigkeitsverteilung zu Item 9	324
Abbildung 53: Grafische Darstellung der Häufigkeitsverteilung zu Item 10	325
Abbildung 54: Abfolge der Datenauswertung nach der Grounded Theory	330

Formale Hinweise:

Zugunsten eines konstanten und lesbaren Stils wird über den gesamten Text hinweg das generische Maskulinum verwendet.

Bei der grafischen Erstellung einiger Abbildungen wurde auf lizenzfreie Cliparts zurückgegriffen. Für alle weiteren Abbildungen, Fotos, und Grafiken konnten Abdruckgenehmigungen durch den/die jeweiligen Rechteinhaber eingeholt werden (die entsprechenden Copyrightinweise sowie Quellenachweise sind in den Fußnoten bzw. im Literaturverzeichnis zu finden).

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Beiträge in ausgewählten geographischen Zeitschriften	40
Tabelle 2: Taxonomien im Überblick	52
Tabelle 3: Lernzielorientiertes Modell	55
Tabelle 4: Kognitive Lernziele in sprachlicher Übersetzung	57
Tabelle 5: Kompetenzbereiche im Fach Geographie	65
Tabelle 6: Geographische Kompetenzen und die Taxonomie Shulmans	67
Tabelle 7: Konsum-Landflächen-Matrix eines Kanadiers im Jahr 1993	87
Tabelle 8: Globaler Nachhaltigkeitsmarathon	96
Tabelle 9: Lernzieldimensionen taxonomisch geordnet	111
Tabelle 10: Entwicklung der Weltenergieproduktion	122
Tabelle 11: Lernzieldimensionen taxonomisch geordnet	131
Tabelle 12: Materialanalyse eines Gartentisches	143
Tabelle 13: Lernzieldimensionen taxonomisch geordnet	149
Tabelle 14: Lernzieldimensionen taxonomisch geordnet	165
Tabelle 15: Kriterien von Planspielarten	183
Tabelle 16: Wann dreht sich das Windrad?	195
Tabelle 17: Wann ist es zu laut für die Anwohner?	196
Tabelle 18: Welche Gebiete sind zu schützen?	197
Tabelle 19: Lernzieldimensionen taxonomisch geordnet	200
Tabelle 20: Meilensteine der Tragfähigkeitsforschung	206
Tabelle 21: Dimensionen der Tragfähigkeit	210
Tabelle 22: Energetisch bedingte Tragfähigkeitsberechnung für das Jahr 2050	212
Tabelle 23: Lernzieldimensionen taxonomisch geordnet	214
Tabelle 24: Argumentationslinien der drei Enquete-Szenarien	233
Tabelle 25: Lernzieldimensionen taxonomisch geordnet	235
Tabelle 26: Schlüsselindikatoren Marokko und Energie	247
Tabelle 27: Überblick ausgewählter Windkraftparks in Marokko	251
Tabelle 28: Registrierte CDM-Projekte in Marokko mit Stand vom 08.05.2006	251
Tabelle 29: Lernzieldimensionen taxonomisch geordnet	259
Tabelle 30: Qualitative und quantitative Sozialforschung im Überblick	268
Tabelle 31: Ausgewählte Veranstaltungen am Seminar für Geographie	281
Tabelle 32: Hypothesen und abgeleitete Thesen für die quantitative Untersuchung	287

Tabelle 33: Öffentliches Schulwesen in Nordrhein-Westfalen im Schuljahr 2006/2007	292
Tabelle 34: Proportionale Schichtung auf Basis der Schülerzahlen	295
Tabelle 35: Darstellung der ermittelten Stichprobengröße	295
Tabelle 36: Eckdaten der empirischen Studie	303
Tabelle 37: Statistik zu Item 1 und 2 der Stichprobe	307
Tabelle 38: Test für Item 1 & 2 der Stichprobe	307
Tabelle 39: Häufigkeiten zu Item 1	308
Tabelle 40: Häufigkeiten zu Item 2	309
Tabelle 41: Statistik zu Item 3 und 4 der Stichprobe	311
Tabelle 42: Test für Item 3 & 4 der Stichprobe	311
Tabelle 43: Häufigkeiten zu Item 3	312
Tabelle 44: Häufigkeiten zu Item 4	312
Tabelle 45: Statistik zu Item 5 und 6 der Stichprobe	315
Tabelle 46: Test für Item 5 & 6 der Stichprobe	315
Tabelle 47: Häufigkeiten zu Item 5	316
Tabelle 48: Häufigkeiten zu Item 6	316
Tabelle 49: Statistik zu Item 7 und 8 der Stichprobe	319
Tabelle 50: Test für Item 7 & 8 der Stichprobe	319
Tabelle 51: Häufigkeitsverteilung von Item 7	320
Tabelle 52: Häufigkeitsverteilung von Item 8	321
Tabelle 53: Statistik zu Item 9 und 10 der Stichprobe	323
Tabelle 54: Test für Item 9 & 10 der Stichprobe	323
Tabelle 55: Häufigkeitsverteilung für Item 9	324
Tabelle 56: Häufigkeitsverteilung für Item 10	324
Tabelle 57: Offenes Kodieren der qualitativen Rohdaten	332
Tabelle 58: Ergebnisse der Befragung innerhalb des Forschungsprojekts	349

Abkürzungsverzeichnis

Abb.	Abbildung
Bd.	Band
BfnE	Bildung für nachhaltige Entwicklung
BLK	Bund-Länder-Kommission für Bildungsplanung und Forschungsförderung
BUND	Deutscher Bundestag
BUNR	Bundesministerium für Umwelt, Natur und Reaktorsicherheit
BWE	Bundesverband für Windenergie
bzw.	beziehungsweise
ca.	circa
CDER	Centre du Développement des Energies Renouvelables
CDM	Clean Development Mechanism
CO ₂	Kohlendioxid
CSD	Commission on Sustainable Development
dB (A)	Dezibel (Verhältniszahl zweier Messgrößen)
DENA	Deutsche Energie-Agentur
DGfG	Deutsche Gesellschaft für Geographie
DNR	Deutscher Naturschutzring
DPSZ	Deutsche Planspiel-Zentrale
DWIA	Danish Wind Industry Association
ebd.	ebendort (Literaturquellenhinweis)
EEG	Erneuerbare Energien Gesetz
et al.	et alii = und andere (bei Literaturangaben)
etc.	et cetera
EURATOM	Europäische Atomgemeinschaft
FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nations
f./ff.	folgende/fort folgende
FNE	Szenario: Fossil-Nuklearer Energiemix
FVS	Forschungsverbund Sonnenenergie
GIS	Geografisches Informationssystem
Gt	Gigatonne
GTZ	Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit
H.	Heft

HA	Alternativhypothese
HGD	Hochschulverband für Geographie und ihre Didaktik
HGÜ	Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragung
H ₁	Forschungshypothese I
H ₀	Nullhypothese
HSGP	Highschool Geography Projekt
HVDC	High Voltage Direct Current (Hochspannungsgleichstromübertragung)
IAEA	International Atomic Energy Agency
IEA	Internationale Energy Agency
IER	Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung
IEW	Information Engineering Workbench
IHK	Industrie und Handelskammer
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
ISET	Institut für Solare Energieversorgungstechnik
ITAIPU	Wasserkraftwerk an der Grenzen zwischen Paraguay und Brasilien
IUCN	International Union for Conservation of Nature
IZT	Institut für Zukunftsstudien und Technologiebewertung
KfW	Kreditanstalt für Wiederaufbau, Entwicklungsbank
KMK	Kulturministerkonferenzen
kW	Kilowatt (Maßeinheit der Leistung, 1.000 Watt)
KWK	Kraft-Wärme Kopplung (Nutzung der Abwärme)
KWKG	Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz
m/s	Meter pro Sekunde (Maßeinheit für Geschwindigkeit)
MI	Material 1
MAIA	Material-Intensitäts-Analyse
MI	Materialinput
Mio.	Millionen
MIPS	Material-Intensität pro Serviceeinheit
MIT	Massachusetts Institute of Technology
Mrd.	Milliarden
MSW	Ministerium für Schule und Weiterbildung des Landes Nordrhein-Westfalen
Mtoe	Million Tons of Oil Equivalent (Maß für Energiemengen)
MW	Megawatt (Maßeinheit der Leistung, 1 Mio. Wattstunden)
MWh	Megawattstunde (Maßeinheit der elektrischen Arbeit = 1 Mio. Wattstunden)
n	Anzahl
NASA/GSFC	National Aeronautics and Space Administration
OECD	Organisation for Economic Co-operation and Development

ÖPNV	Öffentlicher Personen-Nahverkehr
ppm	parts per million = Teile pro Million (Maßeinheit für Fremdstoffkonzentrationen)
RCFP	Raumwissenschaftliches Forschungscurriculum
RRO	Szenario REG-/REN-Offensive
S.	Seite
Sek.	Sekundarstufe
SFV	Solarenergie-Förderverein (Aachen)
SHS	Solar-Home-Systems
SKE	Steinkohleeinheit (Einheit zum Vergleich von Energieträgern)
SPPS	Software zur statistischen Datenauswertung
Std.	Stunden
STEAG	Steag Ag, Essen (Energieunternehmen)
TMR	Total-Material-Requirement
Toe	Ton Oil Equivalent (Energie-Bezugseinheit)
TWh	Terrawattstunde (Maßeinheit der elektrischen Arbeit = 1 Milliarde Kilowattstunden)
u.a.	und andere
UN	United Nations
UNEP	United Nations Environment Programme
UNFCCC	United Nations Framework Convention on Climate Change
UTCE	Union for the Co-ordination of Transmission of Electricity
UWE	Szenario: Umwandlungseffizienz
v. a.	vor allem
VDSG	Verband Deutscher Schulgeographen
vgl.	Vergleiche
W	Watt (Maßeinheit der Leistung)
WCED	World Commission on Environment and Development
WEA	Windenergieanlage
WHO	World Health Organisation
WIKUE	Wuppertal Institut für Klima, Umwelt und Energie
WORLDWATCH	Worldwatch Institute
WWF	World Wide Found For Nature
z. B.	zum Beispiel

1 Einleitung

„Was werden wir später einmal statt Kohle verbrennen?“, fragte der Seemann. „Wasser“, antwortete der Ingenieur Smith. „Wasserstoff und Sauerstoff werden für sich oder zusammen zu einer unerschöpflichen Quelle von Wärme und Licht werden, von einer Intensität, die die Kohle überhaupt nicht haben könnte; das Wasser ist die Kohle der Zukunft.“

(Jules Verne, *Die geheimnisvolle Insel*, 1874/1875).

Jules Verne wagt in seinem Buch *Die geheimnisvolle Insel* einen weiten Blick in die Zukunft und zeichnet ein düsteres, aber zugleich hoffnungsvolles Bild. Er blickt in eine Zeit, in der die Menschheit die Vorräte an einmaligen fossilen Energieträgern weitestgehend erschöpft hat und somit gezwungen ist, sich ewigen und unerschöpflichen Energiequellen zuzuwenden. Unter Berücksichtigung der damals vorherrschenden Situation – 1874 stand das Kohlezeitalter in seiner vollen Blüte – stellt jene Aussage eine beachtliche Vorhersage des Literaten dar. Mittlerweile sind mehr als 130 Jahre vergangen und die Vision erscheint langsam nüchterne Realität zu werden, auch wenn sich die Erschöpfung fossil-atomarer Energieträger nach wie vor als ein schleichender Prozess beschreiben lässt.

1.1 Umwelt und Energie in der öffentlichen Diskussion

Klimawandel ist zum großen Schlagwort in den Massenmedien aufgestiegen. Der Klimawandel ist dabei vermutlich die größte globale Herausforderung, vor die der Mensch jemals gestellt wurde (BOHLE & O'BRIEN 2006). Unmissverständlich weisen Klimaexperten aus der ganzen Welt im *Assessment Report* des Zwischenstaatlichen Rats für Klimafragen (Intergovernmental Panel on Climate Change, kurz IPCC) auf die Zusammenhänge zwischen dem bevorstehenden Klimawandel und seinen vorangegangenen Ursachen hin: Die Menschen haben im Laufe des letzten Jahrhunderts in das Klima eingegriffen und weitere bevorstehende klimatische Veränderungen sind deshalb nicht auszuschließen. Die Wissenschaft konnte sich mit dem Stichwort des so genannten anthropogenen Treibhauseffektes auf einen gemeinsamen Nenner einigen. Der Anstieg der Konzentration von Treibhausgasen wie Methan, Stickoxiden sowie Kohlendioxid seit Beginn der Industrialisierung scheint unaufhaltsam zu sein. Für das Jahr 2005 erreicht die CO₂-Konzentration in der Atmo-

sphäre den Rekordwert von 380 ppm¹ (RAHMSTORF & SCHELLNHUBER 2007, S. 33) und steigt jedes Jahr weiter um etwa 1,5 bis 2 ppm. „Dies ist der höchste Wert seit mindestens 700.000 Jahren – so weit reichen die zuverlässigen Daten aus Eiskernen inzwischen zurück“ (ebd.). Die Unberechenbarkeit der klimatischen Auswirkungen liegt für die Klimaforscher in dem Zeitverzug zwischen Ursache und Wirkung. Seine mehr als 30-jährigen Schreckensforschungen bringt den langjährigen Direktor dreier universitärer Forschungseinrichtungen Dennis MEADOWS sogar zu dieser Aussage: „Nach meiner Überzeugung ist es für eine dauerhaft tragbare Entwicklung zu spät“ (2000, S. 11). Durch die Energiewirtschaft des Industriezeitalters sind Umweltschäden in unterschiedlichen Ausprägungsgraden nicht mehr auszuschließen.

Immer mehr Forschungsinstitute äußern ihre Warnungen, was zu Schwierigkeiten in der Wahrnehmung und Ordnung der Themenfelder durch die Gesellschaft führt. Heute sind es von der Gesellschaft als seriös erachtete Forscher und Wissenschaftseinrichtungen², welche Klimaberichte (IPCC) und Sachinformationen durch die Massenmedien verbreiten. Das populärste Beispiel stellt der ehemalige Präsidentschaftsanwärter Al Gore dar, der mit seinem Film zum Klimaschutzbeitrag *Eine unbequeme Wahrheit* (2006) nicht nur weltweit für Furore sorgte, sondern dafür sogar die höchste Filmauszeichnung erhielt. Klima- und Energiediskussionen werden von der Öffentlichkeit nicht selten emotional aufgenommen und teilweise sogar mit individuellen Bedrohungen assoziiert.

1.2 Erneuerbare Energien als Hoffnungsträger der Zukunft

HENNICKE & MÜLLER (2005) weisen darauf hin, dass das Beharren auf einer traditionellen Energiepolitik zunehmend ein Problem für den Frieden und die Demokratie werden könnte. Globale Macht definiert sich in heutigen Zeiten nicht zuletzt über die Förderung, Verteilung und Diversifikation von Energie. Systematisch zeigen die Wissenschaftler die kaum vorstellbare Machtzirkulation zwischen Politik, Wirtschaft und Militär auf, welche zu stark auf Energieinteressen zurückzuführen sind. Energieverbrauch und -versorgung werden damit zu den zentralen Fragen einer zukünftigen tragfähigen demokratischen Zivilgesellschaft. Mit dem Ausbau klimafreundlicher Energieträger wie Wind- und Sonnenenergie sowie Biomasse und Geothermie, welche den CO₂-Ausstoß drastisch reduzieren können, entsteht jedoch ein Hoffnungs-

¹ ppm bedeutet parts per million oder Teile pro Million (Maßeinheit für Fremdstoffkonzentrationen).

² Z. B. Alfred-Wegener-Institut für Meeres- und Polarforschung, Wuppertal Institut für Klima, Umwelt und Energie, Potsdam Institut für Klimafolgenforschung und Max-Planck Institut für Meteorologie.

träger. Die Frage nach regenerativen Energien beschäftigt deshalb heute nicht nur engagierte Umweltaktivisten, sondern ist mittlerweile in ganze Bereiche von Politik, Wirtschaft und Industrie vorgedrungen. In der Wende zu Erneuerbaren Energien liegt aller Voraussicht nach der Schlüssel für die Existenz nachkommender Generationen. Deutschland besitzt dabei sogar das Potential, den Weltmarkt mit Patenttechnologien im Bereich regenerativer Energieerzeugung zu beherrschen (BUNR 2006). Dennoch konterkarieren die verhältnismäßig niedrigen Energiepreise auf Basis der Verbrennung fossiler Kohlenwasserstoffe die Verbreitung von Erneuerbaren Energieträgern und suggerieren dem Menschen darüber hinaus ein mangelndes Umwelthandeln, was zugleich als ein zentrales Merkmal des industriellen Energiezeitalters herangezogen werden kann. Diese Tatsache wird seit einigen Jahren durch repräsentative Befragungen zum Umweltbewusstsein in Deutschland empirisch nachgewiesen (KUCKARTZ & RHEINGANS-HEINTZE 2006).

Zentrale umweltpolitische Entwicklungen der letzten Jahre, wie zum Beispiel das Gesetz für den Vorrang Erneuerbarer Energien (kurz EEG) aus dem Jahre 2000 sowie dessen darauf folgende Novellierung (zuletzt 01.08.2004; weitere Novellierung geplant zum 01.01.2009) offenbaren zwar eine Kanalisierung an politischer Unterstützung im Energiesektor, dennoch werden Fragen nach der Notwendigkeit Erneuerbarer Energien weiterhin als Ideologien betrachtet (SCHEER 2005) und nicht als ein zentrales Element innerhalb der deutschen Energiepolitik. Somit kämpfen Erneuerbare Energien nach wie vor um eine energiepolitische Durchdringung und müssen sich auf den existierenden Energiemärkten einer strengen Konkurrenz stellen. Wichtige Fragen hinsichtlich der Förderung Erneuerbarer Energien bleiben deshalb streng legitimationsbedürftig und drohen ihre Abhängigkeit von politischem Gegenkommen nicht loszuwerden. Ein brisantes Beispiel stellt die aktuelle Diskussion über den Bau eines Kohlekraftwerkes mit mehr als 800 Mega Watt (MW) Nennleistung in der Nähe von Mainz dar. Das geplante Kohlekraftwerk würde den Ausstoß des Treibhausgases Kohlendioxid pro erzeugter Kilowattstunde Strom mehr als verdoppeln (ca. 4 Millionen Tonnen CO₂ pro Jahr – vgl. dazu KNISPEL 2007). Eine alternative Energieversorgung auf Basis Erneuerbarer Energieträger steht dort überhaupt nicht zur Diskussion.

1.3 Die Menschheit am Scheideweg

Im 21. Jahrhundert wird der Mensch darüber entscheiden müssen, welchen Weg in die Zukunft er beschreiten wird. „Wir nennen diese beiden Alternativen den harten und den sanften oder nachhaltigen Pfad in die Zukunft. Hart und sanft verstehen wir als Metaphern für die typischen Systemeigenschaften der jeweiligen Pfade“ (HENNICKE & MÜLLER 2005, S. 12). Die konsequente Fortschreibung der traditionellen Energiewirtschaft bildet den harten Weg und der sanfte Pfad geht mit einem Umden-

ken in den Köpfen und vor allem einem schnellen Handeln aus den Köpfen heraus einher. Die beiden Wege veranschaulichen ein jeweils unterschiedliches Zukunftsszenario des Energiesystems: Die heute dominierenden Fundamente der Energiewirtschaft innerhalb des harten Pfades basieren dabei auf den technischen Grundlagen nuklearer und fossiler Energiebereitstellung – ein demokratischer Konsens unter maßgeblicher Beteiligung der Zivilgesellschaft setzt als Alternative auf eine Neuordnung der Energieversorgung in Richtung Energieeffizienz und globaler Verteilungsgerechtigkeit. Dabei kommt dem Ausbau Erneuerbarer Energien eine essentielle Bedeutung zu (ebd.).

Mittlerweile ist der Trend erkennbar, eine pessimistische Sichtweise bzw. ein düsteres Zukunftsszenario zu vertreten. Doch all jene düsteren Momente können gleichzeitig ein Maß an Zuversicht und Hoffnung hervorrufen. Der Mensch wird im Laufe des Jahrhunderts mit einer Vielzahl von solchen Problemfeldern in einem stärkeren Maße konfrontiert werden als bisher prognostizierbar. Es ist zu hoffen, dass er weiterhin in der Lage sein wird, mit dem globalen Mensch-Umwelt-System umzugehen. Nicht die steigende Weltbevölkerung und damit einhergehende globale Unterversorgung an Ressourcen oder die endlichen fossil-atomaren Energieressourcen der Erde entscheiden darüber, ob im Jahre 2050 das Leben in demselben Maße lebenswert ist, wie zuvor. Denn letztendlich wird es der Mensch sein, der entscheidet, wie er die Zeit bis dahin nutzt unter besonderer Berücksichtigung einer Balance aus Ressourcennutzung und Umweltverträglichkeit.

1.4 Der sanfte Pfad in die Zukunft

Die vorliegende Dissertation entscheidet sich für den von HENNICKE & MÜLLER (2005) skizzierten *sanften Weg* in die Zukunft. Doch was benötigt der Mensch, um seine Lebensweise hinsichtlich der Energienutzung und gleichzeitiger Umweltverträglichkeit umzugestalten, um jenem Weg folgen zu können? Dazu bedarf es einer wichtigen Voraussetzung: Der Mensch muss das für sein Umwelthandeln erforderliche Wissen erlangen. Wissen als ein Prozess von Aneignung lebensbedeutsamer Schlüsselerfahrung basiert dabei auf pädagogisch gezielten Wahrnehmungs- und Lernprozessen, welche ihren Ursprung im Bereich der (schulischen) Bildung finden. Die Speicherung möglicher Handlungsmuster oder -anleitungen im Gehirn basiert schließlich auf der Herausstellung lebenspraktischer Bedeutungszusammenhänge, welche über die reine Repräsentation von sonstigen alltäglichen und allgemeinen Wahrnehmungsmustern hinausgeht.

In Anlehnung an kognitionswissenschaftliche Untersuchungen sind grundsätzlich zwei Formen von Wissensarten zu differenzieren: das deklarative Wissen und das prozedurale Wissen (ZIMBARDO & GERRIG 2004, S. 296 ff.). Bildet die deklarative

Form des Wissens die Grundlage für die Sammlung von Fakten- oder Sachwissen, so grenzt sich die prozedurale Form des Wissens gegenüber der reinen Informationsaufnahme ab und verhilft dem Menschen zu einer längerfristigen Handlungsbefähigung (Handlungswissen). Diese Theorie verhalf nicht nur der Psychologie, zu verstehen, wie durch das Zusammenspiel von Hirnstruktur und Hirnaktivität aus einem faktisch vorhandenen Wissen (deklaratives Wissen) ein praktisch nutzbares Wissen (prozedurales Wissen) entsteht (ebd.). Im Hinblick auf das Umwelthandeln scheint das prozedurale Wissen besonders interessant. SCHEER (2005) fordert seit Jahren vehement eine Verhaltensveränderung der Menschen – eine Forderung, welcher in diesem Kontext eine gezielte prozedurale Wissensaneignung zu Grunde liegt. Somit zeigt sich die Besonderheit der schulischen Wissensvermittlung, welche den Menschen gezielt an seine umweltverträgliche Handlungsbefähigung heranführen könnte. Die Umwelthandlungen als das höchste Ziel innerhalb der Umweltbildung gehen dabei mit einer sukzessiven Bewusstseinsveränderung jedes Einzelnen einher: die Vergegenwärtigung, dass jeder Mensch ein wichtiger Bestandteil des Systems Erde ist.

1.5 Umweltwissen und Umwelthandeln in der Gesellschaft

Aspekte hinsichtlich Umweltverschmutzung, Klimaproblematik und Ressourcenknappheit sowie die Notwendigkeit von Alternativen zur traditionellen Energiegewinnung sind der Öffentlichkeit mehrheitlich nur in Ansätzen bekannt (KUCKARTZ & RHEINGANS-HEINTZE 2006). Empirische Untersuchungen hinsichtlich des Umweltwissens- und Umwelthandelns im Bundesgebiet zeigen in diesem Zusammenhang ein negatives Bild:

- „Nach wie vor kann auch 2004 nur eine Minderheit etwas mit dem Begriff Nachhaltigkeit bzw. nachhaltige Entwicklung anfangen und der Prozentsatz dieser Minderheiten ist bei den jungen Leuten noch geringer als bei den älteren. Dies verweist deutlich auf Mängel im schulischen Bereich, die schon durch die Pisa-Studien sprichwörtlich geworden sind“ (ebd., S. 73).
- „82% der Menschen sind der Meinung, dass wir nicht mehr Ressourcen verbrauchen dürfen, als nachwachsen können, und doch unterstützen nur 3% eine verstärkte Nutzung erneuerbarer Ressourcen bzw. Energien, indem sie Öko-Strom beziehen. Dies ist nur ein Beispiel für das vielfach untersuchte Dilemma: Die Deutschen haben ein hohes Umweltbewusstsein, doch handeln sie häufig nicht danach“ (ebd., S. 44).

Um die Akzeptanz und das notwendige Wissen über umweltschonende Energienutzung zu erhöhen, erscheint es somit notwendig, gezielte umweltbildende Aspekte schon in den schulischen Prozess stärker zu integrieren. Hierfür bietet besonders die Geographie als moderne Raumwissenschaft geeignete Ansatzpunkte. Seit seiner

langjährigen Entwicklung hat das Fach stets beweisen können, dass es innerhalb des schulischen Fächerkanons immer dann eine zentrale Stellung einnehmen kann, wenn es darum geht, überzeugende Lösungsansätze für die Sicherung und den Erhalt von natürlichen und menschlichen Lebensräumen zu präsentieren.

1.6 Das Thema Erneuerbare Energien im Bildungssektor

„Begebenheiten wie die weltweit beachtete UN-Konferenz von Rio 1992 über Ökologie und Entwicklung (UNCED), aber auch einschlägige Arbeiten von Zukunftsforschungsinstituten wie dem Massachusetts Institute of Technology in Zusammenarbeit mit dem Club of Rome liefern mehr und mehr die Materialien für einen Erdkundeunterricht, der den Lernenden die Grenzen des Wachstums vor Augen führt“ (SANDER 1995, S. 131).

Derzeit werden Themen über Erneuerbare Energien nur skizzenhaft in den Erdkundeschulbüchern dargestellt. Dagegen dominiert in einigen Bundesländern nach wie vor das Thema Braun- und Steinkohle, welches die Gefahr mit sich bringt, den Lehr-Lernprozess in eine Art Heimatkunde zu verwandeln. Mit dem Beginn des neuen Jahrtausends haben sich jedoch die Interessen von Kindern und Jugendlichen verschoben. Dies liegt unter anderem in den pluralisierenden und individualisierenden Lebensformen (BECK 1986) sowie dem damit verbundenen Wertewandel der Postmoderne begründet. Diese seit Mitte der 1980er Jahre erkennbare gesellschaftliche Verschiebung schreitet bis in den Schulalltag voran und sollte dort zwangsläufig zu einer dynamischen Inhaltsneuausrichtung führen. Heute sind es unter anderem aktuelle und lebensweltliche Themen wie Klimawandel und Megastädte, welche die Schüler mehr und mehr interessieren.

Kreative Ansätze zum Thema Erneuerbare Energien bewertet eine vor vier Jahren abgeschlossene Studie mit dem Titel Unterrichtsmaterialien für Erneuerbare Energien (IZT 2004), welche vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit in Auftrag gegeben wurde. Von 250 begutachteten schulischen Materialien konnte unter Berücksichtigung eines aufwendigen Kriterienkatalogs eine Anzahl von ca. 70 näher ausgewählt und kommentiert werden (ebd., S. 6). Insgesamt legitimiert die alleinige Existenz von positiv evaluierten Materialien jedoch noch nicht den Anspruch, sich als erkenntnisvermittelnde didaktische bzw. psychologisch sinnvolle Lerngegenstände bezeichnen zu dürfen. Dies liegt nicht zuletzt daran, dass die Mehrheit solcher Materialien aus der Feder von umweltpolitischen Interessensgruppierungen, größeren Energie- und Umweltverbänden oder wirtschaftsorientierten Verlagskonzernen stammen. Darüber hinaus scheinen viele Materialien nicht in der Lage zu sein, die Notwendigkeit des Themas Erneuerbare Energien für das allgemein bildende Schulwesen unter den dort vorherrschenden Rahmenbedingungen

zu erörtern. Somit fällt es in der Schulpraxis nicht besonders leicht, eine geeignete Auswahl an Unterrichtsmaterialien zum Thema Erneuerbare Energien zu treffen. Demzufolge richten verzweifelte Lehrer ihre Hilferufe an Wissenschaftler des gerade neu gegründeten Arbeitskreises der DGfG Geographische Energieforschung. Dabei fordern sie mehr als nur allgemeine Informations- und Unterrichtsmaterialien, denn für sie liegen die Probleme der Unterrichtsrealisierung unter anderem darin, einen generellen Einstieg in das oftmals lehrplanundurchsichtige Thema zu konstruieren. Ferner reichen solche Hilferufe bis zu Fragen nach der inhaltlichen Strukturierung und thematischen Umsetzbarkeit des Themas Erneuerbare Energien: „Wie finde ich den Einstieg in das Thema, wenn ich mich an den Lehrplan zu halten versuche?“ oder „Wie garantiere ich den Schülern einen Erfolg versprechenden Exkurs innerhalb dieses gewaltigen Themenpotentials?“ bzw. „Welche Einzelaspekte sind geeignet für die Umsetzung des Themas“. Auch wenn es sich um exemplarische Fragestellungen handeln mag, so sind diese trotzdem mit dem derzeitigen allgemein- und geographie-didaktischen Forschungsstand nur unzureichend zu beantworten.

Eine gravierende Fehlentwicklung hinsichtlich der schulischen Vermittlung von Erneuerbaren Energien deutet sich ferner mit der teilweise katastrophalen didaktischen Aufarbeitung des Themas in deutschen Schulbüchern an. Ohne an dieser Stelle Verlage nennen oder auf aktuelle Untersuchungen eines bekannten Verbrauchermagazins näher eingehen zu wollen, haben sich in einigen von mir analysierten Erdkundebüchern (Nordrhein-Westfalen, Hessen, Rheinland-Pfalz und Baden-Württemberg) mehr als die sonst übliche Menge an harmlosen Flüchtigkeitsfehlern eingeschlichen. Vielmehr trübt eine unsystematische und fehlerbehaftete Darstellung des Themas das Bild des nach wie vor im Schulunterricht mehrheitlich eingesetzten Mediums. Zum Beispiel wird in einem aktuellen Erdkundebuch aus Baden-Württemberg das Thema Windenergie mit nicht unerheblichen Fehlern präsentiert. Die dort angegebene installierte Leistung der Windenergie in Deutschland mit einem Wert von 4.600 Megawatt erreicht noch nicht einmal annähernd den realen Wert von derzeit mehr als 22.300 Megawatt (BWE 2008). Weiterhin wird Deutschland trotz seiner Position im Weltmarkt für Windenergie in dem Lehrwerk als insgesamt ungünstiger Standort für Windenergie deklariert. Generell präsentiert sich die didaktische Strukturierung des Themas als unsachgemäß und lernpsychologisch unvorteilhaft. Besonders fragwürdig erscheinen die auf einer Doppelseite grafisch animierten und unkommentierten irrelevanten Erneuerbaren Energieträger wie Solar-Dish-Anlagen, Aufwindkraftwerke und Parabolrinnen-Kraftwerke. Eine Beschränkung auf die wesentlichen Erneuerbaren Energieträger (Sonne, Wind, Wasser und Biomasse) wäre für den Lernenden aus Jahrgangsstufe 9 bzw. 10 eines Gymnasiums sicherlich von großem Vorteil. Einen negativen Höhepunkt bildet ein Arbeitsauftrag auf der Schulbuchseite, welcher den Lernenden der Sekundarstufe I dazu auffordert, die Realisierungsmöglichkeiten von mehr als zehn (!) erneuerbaren Energieträgern zu über-

prüfen – eine Aufgabe, welcher ein renommierter Wissenschaftler derzeit kaum nachkommen könnte. Solche inhaltlichen und thematischen Aufarbeitungen seitens der großen Schulbuchverlage zeugen von großer Hilfslosigkeit und deuten erneut den dahinter steckenden Forschungsbedarf an.

Auch in anderen Bundesländern, welche hier weiterhin exemplarisch betrachtet werden müssen, sind deutliche Probleme innerhalb der didaktisch-methodischen sowie sachstrukturellen Vorgehensweise feststellbar. Nahezu alle für diese Dissertation analysierten Erdkundeschulbücher machen deutlich, dass die rasche Umsetzung von neuen und unbekanntenen Themen ohne vorangegangene fachdidaktische Forschung in der Regel nicht funktionieren kann. Eine effiziente, nützliche sowie sachlich richtige Orientierung für zukünftige Fragestellungen und Themendiskussionen im Bildungswesen stellen hingegen die empirisch fundierten Forschungsergebnisse aus den jeweiligen Fachdidaktiken dar. Dort geht es vornehmlich darum, neue und zukünftig relevante Themenfelder und Lerninhalte auf ihren Nutzen für die Gesellschaft empirisch zu prüfen. Die steigende Bandbreite an möglichen Bildungsinhalten, welche sich seit der Entwicklung des Neuhumanistischen Gymnasiums herauskristallisierte, erfordert mehr denn je eine sorgfältige pädagogische Entscheidung über die Auswahl exemplarischer Lerninhalte (LENZEN 2004). Innerhalb der fachdidaktischen Erforschung ist dabei das Thema Erneuerbare Energien besonders vernachlässigt worden.

1.7 Das Thema Erneuerbare Energien in den Geographielehrplänen

Eine Betrachtung der Lehrpläne für das Fach Erdkunde in den 16 Bundesländern ermöglicht es, die derzeit existierende institutionelle Einbindung des Themas Erneuerbare Energien einzuschätzen. Bei der Analyse wurden die Lehrpläne auf die Begriffe *Energie*, *erneuerbar*, *alternativ* und *regenerativ* untersucht, um mögliche dazugehörige Themenfelder und Begrifflichkeiten sichtbar zu machen. Eine tabellarische Übersicht im Anhang stellt die Lehrplansituation der Sekundarstufe I ausführlich dar – eine angemessene Diskussion der Ergebnisse ist an dieser Stelle jedoch nicht möglich.

Nordrhein-Westfalen als Bundesland, auf das sich die empirische Untersuchung konzentriert, ist durch folgende Lehrplansituation gekennzeichnet: Für das Fach Erdkunde in Haupt- und Realschule existieren jeweils eigene Lehrpläne, welche für das Schuljahr 2008 nach wie vor ihre Gültigkeit haben. Auffällig erscheint in diesem Zusammenhang die Datierung der vorliegenden Lehrpläne (Hauptschule: Einführungserlass vom 30.03.1989 – Realschule Einführungserlass vom 20.08.1993). Darin könnte vermutlich eine Erklärung liegen, weshalb beide Lehrpläne auch keine Be-