

for the life on earth



독일의 에너지 정책

THIRDSPACE BERLIN
써드스페이스 베를린 환경 아카데미

2015.07

고 정 희

목차

1. 개요	4
2. 정책수립 방법 : 『시나리오』기법	5
2.1. 시나리오 개요	6
2.2. 시나리오 사례분석	9
2.2.1. 생태적으로 최적화된 재생에너지구축- 2004년	9
2.2.2. 연방환경부의 리드 시나리오 비교 2008/2012	9
2.2.3. “에너지 목표 2050. 전력이용 백퍼센트 재생에너지”	9
3. 재생에너지 관련법과 정책	18
3.1. 재생에너지 관련 법령	18
3.1.1. 법:	18
3.1.2. 시행령	19
4. 재생에너지 관련 정책	20
4.1. 연방정부의 큰 목표: 에너지 컨셉 2010	20
4.1.1. 후쿠시마 원전사고 이후의 변화	21
4.2. 재생에너지 정책	22
4.2.1. 에너지구입 및 에너지 부담금 제도	22
4.2.2. 에너지원별 정책	22
4.3. 정책수립과정	23
4.3.1. 개요:	23
4.4. 정책수립 사례	24
4.5. 사례: 『재생에너지법 개정안 분쟁』	26
4.5.1. 배경	26
4.5.2. 전개과정	26
4.5.3. 결과	27
5. 에너지원 별 환경성 관리	28
5.1. 개요	29
5.2. 에너지원 별 환경문제와 환경성 관리	29
5.2.1. 풍력에너지 육상	29
5.3. 태양에너지	30
5.4. 바이오에너지	31
5.5. 지열	31
5.6. 수력	32
참고문헌	34

<표 차례>

표 1 에너지 정책 수립을 위하여 개발한 시나리오	6
표 2. 2050년 전력소비량 예측	10
표 3 기술적, 생태적 재생에너지 생산 잠재력 예측	12
표 4. 재생 에너지원별 정책 (출처: 독일연방정부 공식 홈페이지)	12
표 5 재생에너지 관련 법	18
표 6 재생에너지 관련 법규명령	19
표 7. 재생에너지원별 구입비 (출처: 연방에너지경제부)	22
표 8. 재생 에너지원별 정책 (출처: 독일연방정부 공식 홈페이지)	23
표 9 정책 수립에 선행한 사회적 토론	24
표 10 에너지 정책 관련 부서	27
표 11 문제점과 해결 방안	28
표 12 새로운 역할 분담	28
표 13 육상풍력에너지 환경문제와 환경성 관리	29
표 14 태양에너지의 환경문제와 해결책	30
표 15 수력발전의 환경문제와 해결방안	32

<그림 차례>

그림 1 독일 기후보호 및 에너지 연동정책의 목표	4
그림 2 독일의 인구통계학적 변화 예측. 출처: 연방환경청 UBA	10
그림 3 섹터 별 (가정, 상공업 서비스업, 산업계별 에너지 소비 추이 분석.	11

독일의 에너지 정책

1. 개요

독일의 재생에너지 이용은 1991년 『재생에너지 매입에 관한 법』의 제정과 함께 본격화되었다. 이후 2005년 녹색당이 집권당에 속하게 되면서 광범위한 에너지정책이 구현되기 시작했으며 가장 큰 획기적인 변화를 초래한 것은 2011년, 후쿠시마 원전사고를 계기로 선언한 원적 폐쇄 선언일 것이다.

다시 말하면 독일의 (재생)에너지정책은 1990년 이후 20여 년 동안 꾸준히, 지속적으로 발전해 왔으며 원전포기선언 이후 석탄 포기도 고려중이며 현재는 기후보호정책과 에너지정책을 서로 연동시킨 “에너지-기후 연동정책”이 이슈가 되고 있다.

독일에너지정책의 큰 목표: 2050년도 이산화탄소 배출량을 1990년 대비 80% 이상 절감

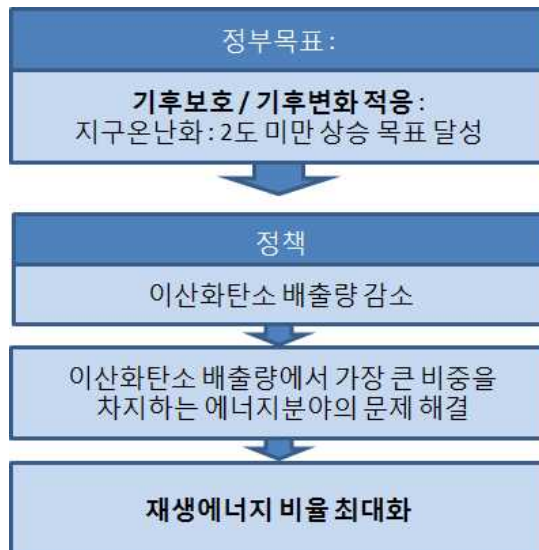


그림 1. 독일 기후보호 및 에너지 연동정책의 목표

독일이 에너지 정책을 통해 궁극적으로 추구하는 것은 『기후보호 : 지구온난화 비율 2°도 미만으로 제한한 - 탄소중립국』이다. 이를 위해 온난화의 원인이 되는 이산화탄소 배출량을 가능한 인구 당 1톤 이하로 제한하고자 한다. 현재 이산화탄소 배출량의 80% 이상을 차지하고 있는 것이 에너지이용으로 인한 것이다. 그러므로 에너지 문제를 해결하여 2050년도 이산화탄소 배출량을 1990년 대비 80% 이상 절감한다는 큰 목표가 도출되었다. 여기서 주의할 것은 80%가 재생에너지 비율을 말하는 것이 아니라 이산화탄소 배출량 절감분이라는 점이다. 또한 재생에너지원 별로 비율 등을 지정하지 않고 있다.

유럽 에너지 시장의 자유화로 인해 에너지수급이 상당부분 유럽-북아프리카까지 포괄하는 시장을 통해 에너지가격이 결정되며, 에너지를 수출입하는 상황이므로 (예를 들어 독일 남동부에서는 체코에서 에너지를 수입하는 편이 저렴하다.), 재생에너지 비율을 확정하고 이에 맞추어 에너지원별로 비율을 배당하는 등의 정책은 구현이 불가능하다. 정부에서 할 수 있는 일은 에너지 부담금 책정, 재정지원, 금융지원, 및 각종 간접적 정책을 통해 재생에너지 수급이 자연스럽게 증가하도록 유도하는 것이다.

1970년대 중반 이후 민간에서 자연발생적으로 시작되어 발전해 온 재생에너지 수급분야에 1990년대 후반에 들어와서야 정부 차원에서의 컨트롤 필요성이 대두되게 되었다.

이때부터, 정확히 말하자면 1996년경부터 그간의 재생에너지 수급의 양상을 분석하고 동향을 살펴 향후의 방향을 예측하면서 정책수립의 역사가 시작되었다고 볼 수 있으며 거의 해마다 관련법과 정책, 시행방안, 도구 들을 검토하여 개편 내지는 보정하고 있다.

주요 에너지이용 분야, 즉 전력, 열, 연료의 세 가지 중에서 가장 큰 비율, 즉 40% 이상을 차지하고 있는 것이 전력이다. 그러므로 우선 독일재생에너지정책은 녹색전력생산에 집중되고 있다. 최소한 전력 부문에서는 2050년까지 백퍼센트 재생에너지로 대체할 수 있다는 전제 하에 독일은 아래와 같은 순차적인 목표를 설정하고 있다:¹⁾

- 2025: 전력생산의 재생에너지 비율 40~45% 도달
- 2035: 전력생산의 재생에너지 비율 55~60% 도달

“2050년도까지 백퍼센트 목표”는 아직 공식적 입장이 아니며 연방정부가 2011년에 발표한 에너지 전환선언을 위해 실시한 가능성연구의 목표치였다. 이는 어디까지나 가설에 바탕을 둔 예측에 불과한 것이므로 아직 정책으로 표면화되지 않았다.

열과 연료의 분야까지 백퍼센트 재생에너지로 대체하는 것은 어렵다고 보고 있다. 이에 대해서는 1) 재생에너지 비율을 가능한 범위 내에서 최대화하고, 2) 최신 기술의 적용을 통해 에너지 효율 증가시키고 3) 에너지 절약을 추구한다는 원칙을 세워놓고 있다.

2050년 이산화탄소 배출량 80% 이상 절감 목표를 달성할 수 있을지는 물론 미지수이다. 지금의 추세로 보아서는 문제점이 적지 않아 보인다. 그러므로 재생에너지 동향을 끊임없이 관찰하고 정책을 분석하여 향후 방향을 수시로 체크하고 있으며 이를 위해 소위 『정책 시나리오 기법』을 적용하고 있다.

2. 정책수립 방법 : 『시나리오』 기법

독일은 정책 수립을 위해 소위 『시나리오기법』을 자주 적용하고 있다. 특히 에너지처럼 중요하고 여러 이해관계가 복합적으로 얽힌 분야의 경우 다양한 시나리오를 개발하여 “정치적 목표를 달성하기 위해서 어떤 정책을 수립해야 하는가?”에 대한 물음에 답을 찾고자 한다. 또한 계획된 정책에 대한 결과를 예측하기 위해서도 시나리오 기법을 적용하고 있다.

1) BMWi (독일연방 에너지경제부): 공식 홈페이지.

시나리오는 지극히 단순한 Q/A 원칙에서 출발한다.

*만약 [...] 라면, 어떤 결과가 발생할까?
이를 위해서 무엇을 해야 하는가?*

시나리오 개발을 주로 담당하는 곳은 **연방환경부와 연방환경연구기관 (UBA)**²⁾으로서 1990년대 초부터 지금까지 각 방면의 전문가에게 의뢰하거나 자체 과제로 일련의 에너지정책 시나리오를 개발했으며, 지속적으로 개발하고 있다.³⁾ 그 결과는 에너지관련 법규와 정책 수립에 결정적인 역할을 하고 있다.

수많은 시나리오 중에서 재생에너지와 직접 관련된 것들을 선별하여 아래 2.1.에 요약하였다. 이에서 재생에너지시스템 구축에 관한 연구는 늦어도 1998년 이후 집중적으로 진행되었다. 1999년 12월에 첫 번째 시나리오를 발표한 이후 십여 년간 거의 매년 업데이트 되고 있다.

2.1. 시나리오 개요

시나리오 개발을 거의 전문적으로 위탁받아 담당하고 있는 연구원은

- 1) German Aerospace Center e.V. (DLR), 시스템 분석 및 기술평가 팀. Stuttgart
- 2) Wuppertal Institute for Climate, Environment and Energy GmbH
- 3) IFEU Heidelberg
- 4) Fraunhofer Institute for Systems and Innovation Research ISI, Karlsruhe
- 5) Öko-Institut, Institute for Applied Ecology e. V., Freiburg 등이다.

주체/연도	시나리오	내용 요약
UBA 1999.12	재생에너지 이용을 통한 기후보호 ⁴⁾ (630 쪽)	<p>목표: 일련의 정책 개발, 지원정책을 중심으로</p> <ul style="list-style-type: none"> • 유럽 권내의 에너지 자유 시장의 경쟁에서 살아남을 수 있으며 재생에너지 비율이 2010 년에 적어도 두 배로 증가하고 이후 역동적으로 지속 성장할 수 있으려면 어떤 방안을 강구해야 하는가? • 재정지원을 <i>기존 수준으로 유지</i>할 때와 이를 두 배로 늘였을 때의 시나리오를 설정하고 각각 에너지 시장에 어떤 차이가 발생할 것인가에 대한 대답을 유추해냄. • 이를 위해 전문가 단을 결성하여, <ul style="list-style-type: none"> - 설문조사를 통해 의견을 수렴 - 공청회를 열어 전문가들과 토론 (녹색 전력 /열

2) Umwletbundesamt, 연방환경기관으로서 주요 정책수립을 위한 연구를 담당하고 있다. 한국의 국립환경과학원과 역할이 흡사하나 정부기관 (Amt)에 속한다.

3) 2013년 에너지 정책의 주 관할권을 연방에너지경제부에서 떠맡은 이후, 에너지경제부에서 역시 시나리오를 개발하고 있으나, 주로 에너지 가격과 에너지 시장분석이 주를 이루고 있다.

4) UBA 2000

		<p>공급시장 지원 정책에 대해)</p> <ul style="list-style-type: none"> 위의 분석결과에 근거하여 일련의 정책제안: <ul style="list-style-type: none"> - 친환경 세금제도의 도입: 가능성과 문제점 - 전력 수급에 대한 정책방안 묶음 (지원금제도, 전기자가생산 지원) - 열 수급에 대한 정책방안 묶음 (지원금제도, 최소비율제도, 거래제도) <p>이 시점에서는 아직 정부의 역할이 재정 지원, 에너지세금제도 등의 도입에 머물렀으며, 재생에너지시스템 구축에 대한 방안은 고찰되지 않았다.</p>
UBA 2002	독일 지속가능한 에너지이용을 위한 장기적 시나리오 ⁵⁾ (471 쪽)	<p>2050년까지 이산화탄소 배출량을 1990년 대비 80% 절감한다는 목표 달성이 기술적으로 가능하고 경제적으로 타당한지에 대한 분석:</p> <ul style="list-style-type: none"> 에너지효율 상승과 에너지절약이 병행되어야만 가능.
BMU 2004	독일의 생태적으로 최적화된 재생에너지구축 ⁶⁾ (305 쪽)	<p>당시의 목표: 2010년부터 재생에너지 비율 연간 10% 상승은 다른 한편 환경, 에너지경제, 경제 및 사회문제를 동반할 수 있다.</p> <p>원칙적으로 화석연료절약 및 그로 인한 온실가스 배출량의 현저한 감소로 환경영향 역시 크게 줄어들지만</p> <p>점적, 부분적으로 새로운 환경영향을 초래할 수 있다.</p> <p>이에 대한 문제점을 파악하고 최적화된 재생에너지 구축에 필요한 정책 방안을 제안하는 것이 목적이다.</p> <p>[아래 2.2.1: 세부 설명]</p>
BMU 2005	2020년까지 전력생산부문에서의 재생에너지 구축 ⁷⁾	<p>2000년에 제정된 재생에너지법은 지금까지 매우 효율적인 도구로 검증되어 2004년 독일 전력생산의 9,3%가 재생에너지로 대체되었다. (정책적으로 퍼센트를 정해준 것이 아니라 시장지원정책을 적용함으로써 간접적인 효과를 얻음.)</p> <p>에너지부담금 도입으로 인해 활성화된 재생에너지 수급상황은 매우 안정적이다.</p> <p>물음: 2015-2020년 사이에 지금과 같은 에너지부담금이 유지된다면 2020년도에 어떤 상황이 발생할 것인가.</p> <p>대답: 적어도 20% 선을 넘어 설 것이다.</p> <p>결론: 에너지 부담금은 재생에너지 확보를 위한 대단히 중요한 도구이다.</p>
BMU 2008	연방환경부의	<p>지금까지의 재생에너지 발전상황을 기반으로 하여</p>

	<p>“리드 시나리오 2008”⁸⁾ (191 쪽)</p>	<p>2020년까지의 미래를 예측하기 위한 시나리오. 독일과 유럽의 기후보호목표와의 연계성을 고려했다. 구체적으로는</p> <ul style="list-style-type: none"> • 재생에너지시스템 구축 • 효율 증가 • 열병합 등을 통한 에너지전환 효율 증가를 상수로 보고 이들을 상호 조합시켜 다섯 유형의 경우의 수를 따져보았다: <p>Efficiency-시나리오: E1, E2, E3 Deficits- 시나리오: D1, D2</p> <p><u>결론:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • 총 22 항목으로 요약
<p>[BMU 2012]</p>	<p>독일 재생에너지시스템 구축을 위한 장기 시나리오와 전략. 유럽과 세계적 현황을 감안하여 - 9)</p> <p>345 쪽 [미발표, 아직 공식화되지 않음.]</p>	<p>독일연방은 2010년 에너지 컨셉을 개발하여, 2050년 온실가스 감축 목표를 1990년 대비 80~95%로 대폭 상향 조절했다.¹⁰⁾ 이 목표에 도달하기 위해서는 2050년까지 연간 1.3~1.6% 배출량이 줄어야 한다.</p> <p>중간점검: 2011년 말 현재 온실가스 감축량은 약 24%에 달한다. 다시 말하면 연평균 1.1% 밖에 감소하지 못했음을 뜻하며 이는 목표치에 상당히 미달하는 수준이다.</p> <p>새로운 목표 설정: 2020년까지 40%에 도달하기 위해서는 연간 2% 가량 감축해야 한다.</p> <p>교통, 열, 전력 분야의 여러 경우의 수를 조합하여 시나리오 2011 A, 2011 B, 2011 C로 구분하여 고찰함. 그 결과로 새로운 정책방안 제안:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 전력과 열 수급에서의 효율증가 방안 • 재생에너지 고비율 전력생산시스템 구축 방안 • 열수급 분야의 재생에너지 시스템 구축 방안 • 교통 분야에서의 발전 전략 • 미래 에너지 시장에 대한 고찰

표 1 에너지 정책 수립을 위하여 개발한 시나리오

5) UBA 2002a

6) BMU 2004

7) BMU 2005

8) BMU 2008

9) BMU 2010

10) 위에서 언급한 바와 같이 2050년 80% 감축 목표는 아직 공식화되지 않았다. 2010 에너지 컨셉/2011 에너지 전환 선언 역시 이후 상당부분 조정되었고 지금도 조정 중에 있으므로 홈페이지에서 내려버려 현재 접근이 불가능한 상태.

2.2. 시나리오 사례분석

2.2.1. 생태적으로 최적화된 재생에너지구축- 2004 년

당시의 목표: 2010 년부터 재생에너지 비율 연간 10% 상승은 다른 한편 환경, 에너지경제, 경제 및 사회문제를 동반할 수 있다.

원칙적으로 화석연료절약 및 그로 인한 온실가스 배출량의 현저한 감소로 환경영향 역시 크게 줄어들지만

점적, 부분적으로 새로운 환경영향을 초래할 수 있다.

이에 대한 문제점을 파악하고 최적화된 재생에너지 구축에 필요한 정책 방안을 제안하는 것이 목적이다.

1. 재생에너지이용의 기술적 특성
2. 재생전력, 열 및 연료생산으로 인한 환경영향
3. 재생에너지와 자연보호 - 자연과 경관보호의 관점에서
4. 생태적으로 최적화된 재생에너지 시스템 구축 시나리오 - 결과와 결론
5. 정책

2.2.2. 연방환경부의 리드 시나리오 비교 2008/2012

1. 재생에너지의 지속적인 구축과 효율의 현저한 증가를 통해 2020년까지 주요에너지소비를 2005년도에 비해 약 17%까지 줄일 수 있다.
 - 재생에너지 비율 = 18%까지 상승 가능
 - 열병합률 = 21%까지 상승 가능

2.2.3. "에너지 목표 2050. 전력이용 백퍼센트 재생에너지"

2009년 에너지법과 정책의 포괄적인 개정, 개편을 위해 개발된 시나리오였으며 그 결과가 연방 에너지 정책에 수렴되었다.

이 때 던졌던 질문 (가설)은;

2050년까지 전력생산을 백퍼센트 재생에너지로 대체할 수 있는가?
어떤 전략이 필요한가?

이에 대한 해답을 구하기 위해 아래와 같은 분석과정을 거쳤다.

1. 인구통계학적 변화와 경제전반적 여건 예측

2. 에너지 수요 예측

2050년의 인구통계학적 변화와 경제적 여건에 대한 예상을 바탕으로 에너지 수요를 예측하되 이를 각 섹터별로 나누어 세분화하여 고찰하였다. 그 중 전력이 차지하는 량을 별도로 산출하고 이를 다시 섹터별로 구분했다.

표 2. 2050년 전력소비량 예측

분야	TWh
전력	468
그 중	
가정	105
상공업, 서비스업	90
산업	201
교통	72
Energy transformation	8
소비량 합계	475
손실량	30
총 소비량	506

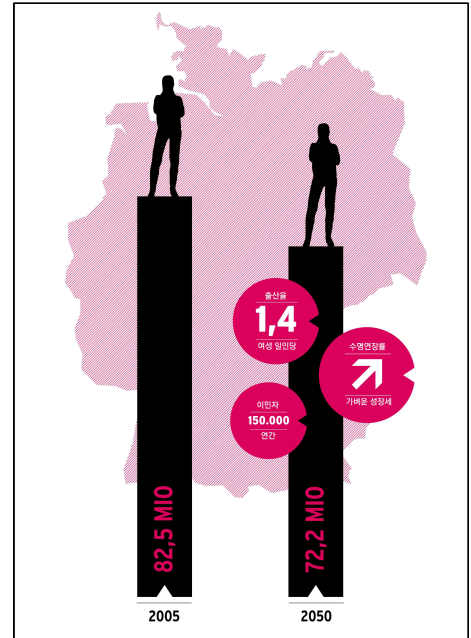


그림 2 독일의 인구통계학적 변화 예측. 출처: 연방환경청 UBA

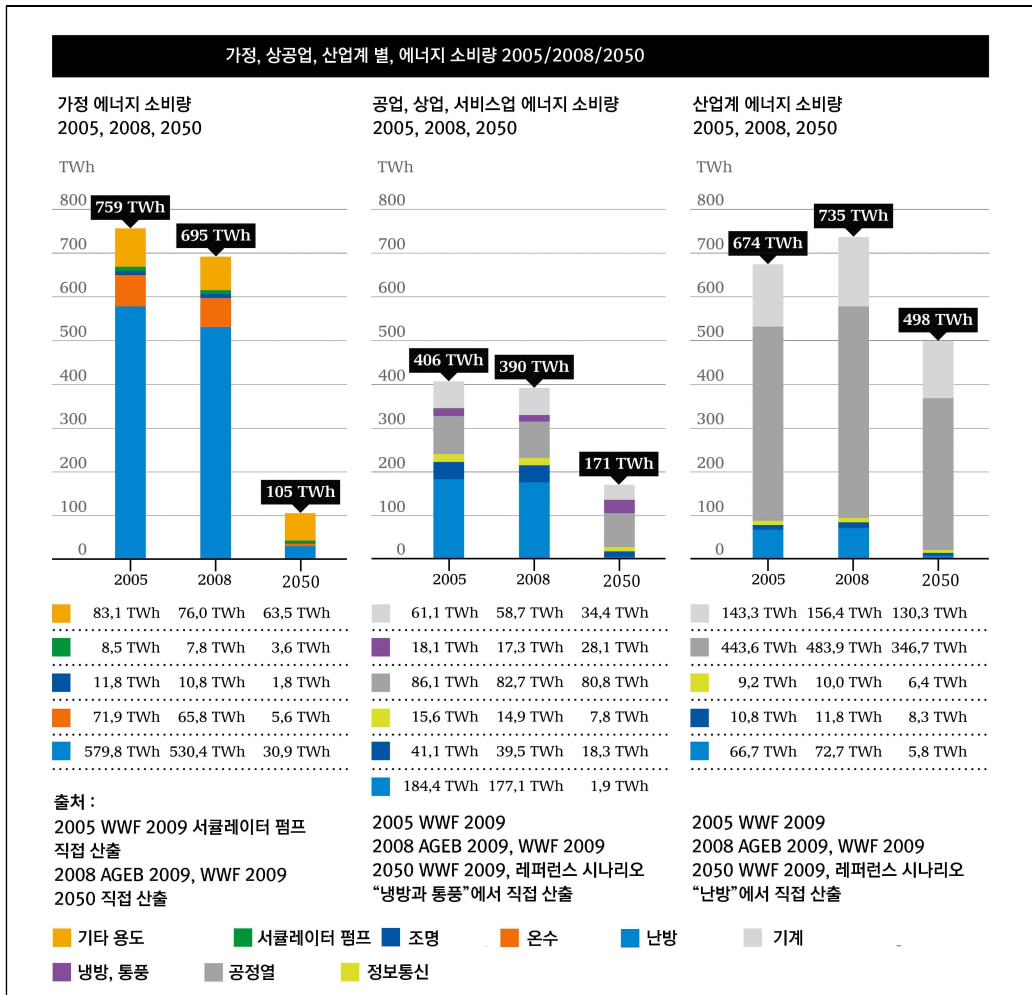


그림 3 섹터 별 (가정, 상공업, 서비스업, 산업계별) 에너지 소비 추이 분석.
출처: 연방환경청 UBA

3. 에너지저장 잠재력 분석 및 부하관리 가능성 모색

재생에너지의 문제점은 잉여 생산량을 저장하는 것과 전력생산량의 조절이다. 전력 저장은 소량으로만 가능하기 때문에 관건이 되는 것은 생산량의 조절, 혹은 부하관리이다. 백퍼센트 재생전기이용에서 문제되는 것은 풍력에너지와 솔라에너지의 과다생산이다. 반대로 소비량이 생산량을 초과하는 경우도 발생할 수 있다. 그러므로 저장과 부하관리는 중요한 양대 과제이다.

가능한 저장방식:

1. 펌프저장발전소
2. 화학적 저장

4. 재생에너지 잠재력 예측

재생에너지 잠재력은 다시금 아래와 같이 세 단계를 거쳐 확인될 수 있다.

- 이론적 잠재력: 한 지역에서 일정한 기간 내에 물리적으로 생산이 가능한 재생에너지 량.
- 기술적 잠재력: 위의 이론적 잠재력 중 기술적으로 가능한 부분 (현존하는 최신 기술을 적용했을 때)
- 생태적 잠재력: 기술적으로 가능하더라도 생태계 시스템에 부담을 주는 경우 이를 제외해야 하며 이 때 남은 분량이 생태적 잠재력이다.

그 외에도 사회적 수용성 등 기타 여건 역시 감안되어야 하지만 이는 정량적 분석이 불가능하므로 분석에서 제외되었다.

재생에너지원 별로 기술적 잠재력을 도출했으며 가능한 경우 생태적 잠재력을 함께 감안했다. 이에 대한 기준은 에너지원별로 상이하므로 통합적 개념으로 기술적, 생태적 잠재력으로 표현하였으며 종합적인 잠재력은 아래 표 3에 정리되었다.

표 3 기술적, 생태적 재생에너지 생산 잠재력 예측

	잠재 생산총량 (GW)	전력 (TWh)
태양에너지	275	248
육상풍력	60	180
해상풍력	45	180
수력	5.2	24
지열	6.4	50
순환에너지 (바이오가스만)	수요에 따라	23
합계		705

출처: 연방환경청 에너지목표 2050. 100% 재생에너지 전기 (2010.7.)

분석과정을 에너지원별로 요약하면 아래와 같다.

에너지원	기술적, 생태적 여건 및 정책반영
태양에너지	<p>기본조건:</p> <p>1) 독일의 일조량 (979~1,259 kWh/m²)¹¹⁾: 지역에 따라서 편차가 큼.</p> <p>2) 솔라 모듈 설치 가능한 면적 중 기술적 잠재력 산출이 가능한 총 면적¹²⁾: 1,620 km², 그 중</p> <ul style="list-style-type: none"> • 지붕: 800 km² • 벽면 : 150 km² • 주차장 등 포장된 공간: 670 km² <p>3) 기타 가능면적: 이들 면적은 공간이용계획을 통해 결정되어야 하므로 잠재력</p>

	<p>산출에 감안되지 않음.</p> <ul style="list-style-type: none"> • conversion area • 농경지/목초지 <p>4) 기술</p> <ul style="list-style-type: none"> • 결정질 실리콘 태양전지모듈 (효율 19% 이상) <p>결론:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 연간 이용율 17%를 기준으로 했을 때 1 kW 생산을 위해 5.88 m²의 면적이 소요됨. • 기술적 최대 잠재력: 1,620 km²를 모두 이용한다고 가정할 때 잠재생산력 = 275 GW x 약 900 시간 (연간 생산가능 시간) = 약 248 TWh. • 1,620 km² 면적은 난방열 생산을 위해서도 이용될 수 있음. <p>정책 반영:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 해마다 2,500 MW 증가 [248 TWh 이상의 잠재력을 모두 소진할 때까지]
<p>육상풍력</p>	<p>기본조건:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) 지역별 지상 풍력 잠재력의 편차 2) 기술 3) 발전기 규모 4) 가용 면적 <p>육상풍력에너지의 기술적 · 생태적 잠재력 분석은 사실상 가능하지 않다. 이용 가능한 면적을 사전에 산출할 수 없기 때문이다. 그 이유는,</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) 풍력발전시설을 위한 입지를 각 도별 공간이용기본계획에서 일괄적으로 사전 지정하도록 규정되어 있으므로 각 주별로 이에 대한 기준과 원칙에 조금씩 편차가 있으며, 2) 육상풍력단지건설은 복잡한 공간계획의 위계를 거쳐 (전략환경평가와 환경영향평가 포함하여) 승인되기 때문에 3) 연방 전체의 풍력발전 잠재력의 <i>사전 예측</i>은 원칙적으로 불가하다. 4) 현재 각 연방주의 도별로 혹은 지역사회단위로 이를 위한 공간계획을 재수립하거나 변경하여 풍력단지입지를 지정하고 있는 중이며, 지금까지 풍력이용 입지로 꺼려졌던 삼림을 입지에 포함시키기 위한 절차가 진행 중인 곳이 많다. <p><i>[독일 육상풍력단지 입지선정 기준 및 시설승인절차는 별도로 첨부하는 문서 참조: EIA_wind_monitoring_2014_10_2_고정회]</i></p>

	<p>결론:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 본 시나리오에서는 일단 모든 금지 및 제한 지역, 즉 취락지 면적, 자연보호구역, 삼림 등을 제외하는 방법을 적용한 결과 독일연방 전 국토면적 (357,104 km²)의 1%가 잠재적인 가용면적이라는 결론을 얻었다. • 에너지 생산 잠재력 산출 기준으로는 1000 kW 당 0.06 km² 을 소요면적으로 잡았다. 즉 기술적 · 생태적 잠재력 = 60,000 MW 라는 결론에 도달했다. • 독일 평균 풀가동시간을 연간 3,000 시간으로 잡고 위의 기초면적 당 잠재력을 감안한 결과, 연간 총 생산잠재력 = 약 180 TWh 가 얻어졌다. <p>정책 반영:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 해마다 2,400~2,600 MW 증가, 최고 상한선 180 TWh/a
<p>해상풍력</p>	<p>기본조건:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) 해상풍력에 거는 기대가 가장 크다. (가장 큰 잠재력을 가지고 있다.) 2) 자연보호를 위해 (독일 북해와 발트해의 해안, 연안은 거의 모두 자연보호지역) 해상풍력단지 는 해안으로부터 30~100km 떨어진 해상에만 설치가 가능하며 3) 수심 약 20~50 미터 사이에서만 가능하다. 4) 해상풍력발전이 해양생태계에 미치는 영향에 대해서는 아직 충분한 경험이 쌓이지 않았으므로 향후 40 년간 시스템을 구축하면서 동반 연구를 통해 해양생태계에 미치는 영향을 모니터링해야 한다. 5) 독일항공연구원 (DLR) 시나리오 2004: <ul style="list-style-type: none"> • 기술력이 나날이 개선되고 있으므로 기술적 잠재력 = 30,000 MW 까지 가능 • “배타적 경제수역 (EEZ) 공간이용계획”에서 북해와 발트해를 대상으로 다른 모든 이용면적과 제한구역을 제외한 입지를 이미 확정해 두었으며 그 면적에 대하여 위의 잠재력을 산출했다. • 승인절차에서 부여되는 각종 조건들 감안 • “환경사전배려”의 원칙에 입각하여 풍력단지 개발을 단계적으로 실시 6) 연방정보의 리드 시나리오 2008 중에서 E3 시나리오 (2020 년 이후 전기자동차의 급증을 전제함) 에 의하면 [위의 시나리오 개요 참조]: <ul style="list-style-type: none"> • 풍력에너지 기술효율의 상승으로 50 미터 이하의 깊이에서도 풍력단지 건설이 가능할 것이므로 총 잠재력 = 45,000 MW 로 예측함. <p><i>[독일 해상풍력단지의 현황과 동반 모니터링 연구에 대해서는 별도로 첨부하는 문서 참조: 독일 해상풍력에너지 이용 현황_2014_10_고정희]</i></p> <p>결론:</p> <ul style="list-style-type: none"> • E3 시나리오의 예측 잠재력 45,000 MW 가 달성 가능한 것으로 추정됨. • 기술력 증진으로 향후 연간 풀가동시간 4,000 시간 가능 = 180 TWh/a

	<p>정책 반영:</p> <p>해상풍력 구축 목표치: ~ 2020 : 6,500 MW ~ 2030 : 15,000 MW</p>
수력	<p>기본조건:</p> <p>1) 수력발전의 잠재력은 거의 다 고갈된 상태 2) 2007 년 전력생산량 = 20.7 TWh/a 3) 독일항공연구원 (DLR) 시나리오: <ul style="list-style-type: none"> • 기술 리모델링을 통해 효율 상승 + 소규모 수력발전소 신규 건설 = 최대 잠재력 25 TWh/a = 5,400 MW • 자연형 하천 이용 금지 = - 1 TWh = 약 200 MW • 기술적 · 생태적 총 잠재력 = 5,200 MW (2050 년) • 기후변화를 통한 하천생태 변화 양상은 감안하지 않음. 4) 슈투트가르트 대학 수리학과 시나리오: <ul style="list-style-type: none"> • 하천을 대상으로 한 모델링의 결과 (자연형 하천, 보호구역 제외) • 기술적 · 생태적 총 잠재력 = 3~5 TWh (증가율 15~20%에 해당) • 기술 리모델링을 통한 효율 상승이 가장 큼. 5) 독일 재생에너지 연합 (BEE)의 시나리오: <ul style="list-style-type: none"> • 5 MW 이하의 수력발전소는 대개 50 년 이상 된 낙후된 시설 • 기술 리모델링을 통해 효율 상승 + 소규모 수력발전소 신규 건설 = 최대 잠재력 220 MW • 기술 리모델링을 통해 풀가동시간 4,396 에서 4,900 으로 증가 가능. • 기술잠재력 총 31.9 TWh/a = 6,500 MW (2020 년 기준) <p>결론:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 독일항공연구원 (DLR) 시나리오 채택: 정량적으로 가장 근거 있게 산출된 결과이므로 • 기술적 · 생태적 총 잠재력 = 5,200 MW (2050 년) <p>정책 반영:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 수력발전은 시장현황으로 보아 양적인 증가가 불필요하다고 여겨지므로 정책은 특별히 수립된 것이 없음. </p>
지열	<p>기본조건:</p> <p>1) 평가 근거: 연방의회 기술영향평가실 (TAB)의 업무보고서 “독일 지열 발전 가능성”¹³⁾ <ul style="list-style-type: none"> • 지열 발전 기술 잠재력 = 312 TWh/a (향후 천년 동안) • 현존하는 최적의 기술 + 경제성 + 환경타당성 감안 = 66 TWh/a • 지열발전은 온실가스를 배출하지 않음. </p>

	<ul style="list-style-type: none"> • 환경영향 시뮬레이션 결과 모든 보호매체 (사람, 건강, 토양, 물, 기후, 대기, 동식물, 문화자원 등)에 하등의 영향을 미치지 않는다는 결론을 얻음. • 지열발전은 공간점유율이 매우 낮음 <p>2) 지역적 제한조건:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 공간소모 제한 • 지열원이 있더라도 자연적 조건이나 기존 이용이 존재할 경우 지열이용 제한. • 지역적 조건에 의해 드릴의 가능성이 제한되어 있을 경우 역시 지열이용 제한. <p>3) 생태적 제한조건:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 수자원보호구역 (보호등급에 관계없이 전면 금지) • 늪지와 같이 생태적 가치가 높은 자연요소 (전면 금지) • 삼림 (삼림의 총체적 연계성을 해치지 않는 범위 내에서만 가능, 2/3 는 전면 금지) <p>4) 공간이용적 제한조건:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 취락 지 및 교통용도지 (전면 금지) • 수면 (전면 금지) • 토지이용계획에서 "기타 용도지"로 확정된 면적 (전면 금지) • 농경지의 1/4. <p>5) 기술적 제한조건:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 굴착기술: 석유와 흡사. 2050년에는 지하 깊이 약 21 km 까지 채굴 가능할 것으로 추정 • 이 경우 독일 전역 지하 5km 범위 내에 약 2,120 개소의 지열발전소 설치 가능 <p>결론:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 지열발전의 2050 년 기술 생태적 잠재력 = 약 63.75 TWh/a • 그중 발전소 시설운영을 위해 약 25% 자체 소비 = 총 잠재력 약 6.4 GW. <p>정책 반영:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 아직 기술적 실험단계이며 경제성에 대한 연구가 충분치 않아 구체적인 정책 없음.
<p>바이오에너지</p>	<p>기본조건:</p> <p>1) 바이오에너지는 작물 바이오매스와 폐기물 바이오매스에서 얻어진다.</p> <p>2) 그 중 작물 바이오매스는 여러 환경문제를 야기하므로 향후 이용이 극히 제한될 것이다.</p> <ul style="list-style-type: none"> • 식용작물 및 사료작물 생산과의 경쟁 구도 • 물, 토양, 수자원에 부정적 영향을 미침 • 온실가스 중립적이지 못함. • 폐기물 바이오매스는 의도적으로 경작하지 않아도 어차피 생산되는 물질 • 순환경제원칙에 의거 폐기물 바이오매스는 백퍼센트 순환되어야 함. <p>3) 독일항공연구원 (DLR) 시나리오: 모든 시나리오 중에서 유일하게 2050년까지의</p>

바이오에너지 잠재성 분석 <ul style="list-style-type: none"> • 자연과 환경보호조건을 감안함 • 고체 = 583 PJ = 162 TWh_{th} /a • 바이오가스 = 143 PJ = 40 TWh_{th} /a
결론: <ul style="list-style-type: none"> • 바이오 에너지 총 잠재력 = 724 PJ = 202 TWh_{th} /a • 그 중 바이오 가스가 이용되는 컴바인드 사이클 발전의 연간 이용율은 약 57% 선이므로 바이오가스의 총 전력생산 잠재력은 사실상 = 23 TWh_e 이다.
정책 반영: <ul style="list-style-type: none"> • 해마다 100 MW 증가 • 에너지식물을 금하고 물질순환을 통한 에너지생산 장려.

표 4. 재생 에너지원별 정책 (출처: 독일연방정부 공식 홈페이지)

5. 2050 재생에너지 이용 세 가지 유형 시뮬레이션

위에서 분석한 재생에너지별 비율에 근거, 세 가지 재생에너지 유형을 설정하여 2050년 백퍼센트 재생에너지 목표를 달성할 수 있는 가능성이 하나가 아님을 증명해 보였다. 다시 말하면 2050년에는 아래의 세 가지 유형이 서로 공존할 것으로 추정된다.

- **지역연합 형:** 독일 내의 모든 지역들이 재생에너지 잠재력을 모두 이용하며 독일 내에서만 에너지 전송이 이루어지고 수입분이 최소화 된다.
- **국제네트워크 형:** 유럽 전역과 북아프리카가 네트워크로 연결되고 저장형 발전소가 건설되어 재생에너지 이용의 모든 가능성을 나눈다.
- **자급자족 형:** 지역사회단위의 좁은 공간에서 모든 잠재력을 이용하여 자급자족하며 수입에 너지는 전혀 없다. 지역사회단위로 대용량 저장소가 설치되어 있다.

SimEE 시뮬레이션

Fraunhofer-Institute for Windenergy & Energysystemtechnik (IWES) 에서 연방환경청의 위탁을 받아 위의 세 가지 유형 중 지역연합 형을 대상으로 하여 시뮬레이션을 실시했다. 이 때 SimEE 시뮬레이션기법을 적용했다.

6. 정책과 전략 제안

-
- 11) 독일기상청
 - 12) 독일 항공연구원 (DLR)과 환경기술연구원 (IFEU)에서 공동으로 분석한 예상치.
 - 13) TAB 2003

- 가. 배출량 감소 및 재생에너지 이용을 위한 법정목표 설정
- 나. 효율적, 합리적 에너지 이용
- 다. 법적, 경제적 근거 마련
- 라. 공간계획에 수렴
- 마. 인프라 시설 구축
- 바. 기존 발전소에 대한 조건 강화
- 사. 에너지 연구
- 아. 에너지 전환을 위한 범사회적 (특히 산업계) 인식과 수용 유도
- 자. 재생에너지구축을 위한 지침

3. 재생에너지 관련법과 정책

3.1. 재생에너지 관련 법령

3.1.1. 법:

최초 제정/개정	법명	주요 내용
1991/2000/ 2014	재생에너지 법 Erneuerbare-Energie-Gesetz (EEG)	재생에너지 전력구입에 관한 법으로 재생에너지 생산을 위한 높은 초기투자비를 전 국민이 나누어 부담하도록 하는 법. 즉 에너지부담금을 규정하고 있다.
2009	재생에너지·난방에 관한 법 Erneuerbare-Energie-Wärme-Gesetz (EEWG)	재생에너지를 이용한 건물 난방에 대한 규정을 마련하기 위한 법.
1935/1998/ 2003/2005/ 2008/2011	에너지경제법 Energiewirtschaftsgesetz (EnWG)	전력/가스 공급시스템을 규정하는 법.
2010/2014	에너지/기후 추가예산 설정에 대한 법 Gesetz zur Errichtung eines Sondervermögens „Energie- und Klimafonds“ (EKFG)	2010년 국가경제잉여금 및 원전포기로 인해 발생한 잉여금 및 탄소배출권판매이익금으로 형성된 추가예산으로 연간 약 1조 € 를 기후보호와 에너지효율증가 및 재생에너지관련 정책에 쓰임.
2006	바이오연료 비율에 관한 법 Biokraftstoffquotengesetz (BioKraftQuG)	처음으로 바이오연료의 시장최소비율을 규정하는 법.
2009	바이오연료 비율 지원 개정에 관한 법	위의 바이오연료 시장비율의

	Gesetz zur Änderung der Förderung von Biokraftstoffen (BioKraftFändG)	<p>최소치를 하향 조절한 법:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 2009 년: 5.25 cal.% • 2010-2014: 6.25 cal.% <p>그 중:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 바이오에탄올: 2.8 cal.% - 바이오디젤: 4.4 cal.% <ul style="list-style-type: none"> • 2015 부터: 3 % • 2017 부터: 4.5 % • 2020 부터: 7 %
1976/2005/ 2013	에너지절약법 Energieeinsparungsgesetz (EnEG)	1976 년 석유파동으로 인해 처음 제정. 수차례 개정되었으며 건물에 소모되는 에너지를 절약하는 방법들을 규정하는 법이다.
2009/2013	에너지전송에 관한 법 EnergieleitungsausbaUG (EnLAG)	지하 전송케이블의 규제를 완화하고 주거지로부터의 이격 거리 400 미터 규정.
2008/2013	친환경 제품 (에너지 절약형 제품법) Energieverbrauchsrelevante-Produkte-Gesetz (EVPG)	<p>유럽위원회의 생태디자인 디렉티브 (2009/125/EC)를 연방법에 수용.</p> <p>에너지소모제품의 친환경성을 규정하는 법.</p>
2002/2009/ 2014	열병합 발전 보호법 Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz (KWKG)	열병합 발전을 보호하고 지원하기 위한 법.
2011/2012	송전망 확장 가속법 Netzausbaubeschleunigungsgesetz (NABEG)	고압전력송전망을 전국적으로 확장하기 위해 마련된 법으로 연방송전특별계획의 계획확정절차를 구체적으로 규정.

표 5 재생에너지 관련 법

3.1.2. 법규명령

2015.02.11	태양광발전단지 공개입찰에 관한 령 PV-Freiflächenausschreibungsverordnung	<p>재생에너지법과 연방정부 협약서에서 2017 년부터 재생에너지 지원금을 정부에서 규정하지 않고 입찰경쟁을 통해 시장가로 결정하게 한다는 목표를 세움.</p> <p>그 중 시범케이스로 태양에너지발전단지에서 생산되는 전력 가격을 2015 년부터 입찰경쟁에 맡겨 정책의 방향을 결정하기 위해 발령한 시행령. 이에 의거하여 2015 년 4 월, 최초의 입찰이 실시됨.</p>
------------	---	---

2009/2015. 02.20	재생에너지 전국평준화에 관한 령 <i>Verordnung zur Weiterentwicklung des bundesweiten Ausgleichsmechanismus (Ausgleichsmechanismusverordnung - AusglMechV)</i>	독일의 전력공급은 자유시장에 의거하고 있으며 아래의 두 유형으로 나뉜다: <ul style="list-style-type: none"> • 송전계통운영자: 범지역적 시스템 운영 • 송신시스템 운영자: 소비자에게 직접 전송하는 업체들 송전계통운영자가 별도의 송신시스템 운영자를 거치지 않고 직접 판매할 수 있도록 하며 이를 통해 발생하는 에너지부과금의 분배를 규정하기 위해 만든 시행령.
2009/2014. 01.01	바이오연료의 지속가능한 생산에 대한 령 <i>VO über Anforderungen an eine nachhaltige Herstellung von Biokraftstoffen (Biokraftstoff-NachhaltigkeitsVO)</i>	재생에너지법의 시행령 바이오연료 생산에 대한 친환경규정: <ul style="list-style-type: none"> • 온실가스 저감효과 35% 이상이 되어야 허가됨 • 2017년까지 50% 이상 도달 • 2018부터 60% • 지속가능한 생산체계에 대한 규정 (1차 삼림, 열대우림 이용 금지)
2009/2014. 01.01	바이오전기 지속가능성에 대한 령 <i>Biomassestrom-Nachhaltigkeitsverordnung (BioSt-NachVO)</i>	위의 바이오연료와 마찬가지로 바이오 전력의 지속가능한 생산을 위해 마련된 령.
2001/2005	바이오매스에 대한 령 <i>Biomasse-Verordnung (BiomasseV)</i>	바이오에너지 생산의 원료가 되는 바이오매스의 개념, 조건 등에 대한 규정.
2014	재생에너지원 기원증명에 대한 령 <i>DurchführungsVO über Herkunftsnachweise für Strom aus erneuerbaren Energien (Herkunftsnachweis-Durchführungsverordnung - HkNDV)</i>	본 시행령을 통해서 연방환경청과 연방환경부, 연방에너지경제부가 상호 협의하여 재생에너지원의 출처 혹은 원산지등록에 관한 세부적이고 기술적인 방법을 개발하기 위한 령.
2009	풍력발전단지의 시스템기여에 대한 령 <i>VO zu Systemdienstleistungen durch Windenergieanlagen (Systemdienstleistungen VO-SDLWindVO)</i>	신설풍력발전단지에 대한 기술적 조건을 규정하고 구식 발전기의 리모델링 지원에 대한 령.

표 6 재생에너지 관련 법규명령

4. 재생에너지 관련 정책

4.1. 연방정부의 큰 목표: 에너지 컨셉 2010

2010년 9월 28일 독일연방정부는 『친환경적이고 확실하며 저렴한 에너지공급에 대한 컨셉』¹⁴⁾을 발표하여 2050년까지 재생에너지 위주의 에너지시스템을 완성하겠다는 목표를 설정하였다. 소위 『연방정부의 에너지 컨셉』이라고 불리는 정책안의 핵심적인 내용은,

- A. 미래 에너지공급의 주축으로서의 재생에너지
- B. 에너지효율 증가
- C. 원전과 화석연료의 점진적 포기
- D. 재생에너지 전송망 구축
- E. 에너지효율적인 건물재생사업과 신축
- F. 교통과 친환경 연료
- G. 혁신적인 기술을 위한 에너지 연구 육성
- H. 유럽연합과 세계적 차원에서의 에너지공급
- I. 대중의 수용성과 정책의 투명성

4.1.1. 후쿠시마 원전사고 이후의 변화

위의 컨셉을 발표하고 나서 6개월 후에 터진 일본 후쿠시마 원전사고는 독일 에너지 정책의 방향에 큰 영향을 주어 위의 컨셉을 일부 수정하기에 이르렀다. 그 중 가장 핵심이 된 것은 물론 **원전포기의 시점**이었다. 메르켈 수상이 이끄는 보수적인 기민당에서는 그 때까지만 해도 원전포기를 먼 미래로 미루고자 했었으나 위의 사건을 계기로 하여 마침내 원전포기가 불가피함에 동의하게 된 것이다.

이후 원전법을 개정하여 2022년까지 단계적으로 원전을 폐쇄하고, 2050년까지 석탄화력발전 비율을 20%로 줄일 것을 결정하였다. 다시 말하자면 2050년에는 재생에너지 비율이 최소한 80%에 도달한다는 목표를 세운 것이다.

이후 여러 차례 개정을 겪은 독일연방의 현재 에너지정책의 요점은 아래와 같다:

- A. 핵에너지: 2022년까지 완전히 폐쇄
- B. 화석연료 : 2050년까지 20%로 감소

아직까지 논쟁의 대상이 되고 있는 것이 석탄화력발전소 폐쇄 문제이다.

14) Bundesregierung, Energiekonzept für eine umweltschonende, zuverlässige und bezahlbare Energieversorgung, 2010.09.28

2013년 10월 새로운 내각의 출항과 함께 에너지정책을 담당하는 주무부서로 연방에너지경제부가 탄생하였다. 그 이전까지는 환경부가 주무부서였다.

독일의 정책, 특히 기후와 에너지 정책에 대한 토론은 의회 내에서만 이루어지는 것이 아니라 전 사회적 차원에서 활발하게 이루어지고 있으며 여론의 흐름에 크게 영향을 받기 마련이다. 예를 들어 원전포기에 대한 여론조사결과 전 국민의 80% 이상이 원전포기에 찬성하였다. 이러한 여론은 유권자의 민심을 얻어야 하는 독일정치가들에게 중요한 의사결정의 요인이 된다.

4.2. 재생에너지 정책

재생에너지시스템 구축에 따라 발생하는 문제점 중 가장 큰 것은 비교적 높은 생산비용이며 공급안정성이다. 이에 근거하여 세 가지 정책적 이슈가 핵심을 이루고 있다.

1. 공급안정성
2. 에너지 가격 안정성
3. 산업과 가정간의 비용 배분의 문제

4.2.1. 에너지구입 및 에너지 부담금 제도

재생에너지 관련 정책은 법령에 근거하므로 위에서 살펴 본 각 법령의 구체적인 내용들이 곧 정책이 되어 실시되고 있다. 그 중 가장 중요한 것이 재생에너지 매입, 즉 에너지 부담금 제도일 것이다. 이는 재생에너지 생산자들을 지원하기 위해 마련된 제도로써, 재생에너지 생산에 대한 비용을 소비자에게 부담시킨다는 원칙이며 재생에너지법을 통해 규정하고 있다. 1991년 최초로 시작된 이래 여러 번 개편되어 현재는;

- 전력회사는 재생에너지를 이용하여 생산한 전기를 일정한 금액으로 구입해야 한다.
- 시장가격보다 높은 금액으로 구입하나 에너지원에 따라 차이가 있다. 시장형편과 시설설치 현황에 따라 여러 번 조절되었으며 2014년 10월 15일 현재 에너지원별 구입비는 아래와 같다.

단위 센트/kWh	2010	2011	2012	2013	2014	2015
수력	8,3	9,6	9,3	9,4	9,1	9,2
순환에너지	7,2	7,4	7,3	7,3	7,7	7,1
바이오에너지	16,9	19,2	18,3	18,7	18,1	18,7
지열	20,6	20,7	21,8	23,9	24,3	24,6
육상풍력	8,9	9,2	10,1	9,9	9,7	9,6
해상풍력	15,0	15,0	16,5	16,8	18,7	18,6

솔라에너지	43,6	40,2	36,2	32,9	31,7	31,7
평균	16,3	18,4	18,3	18,0	17,4	17,2

표 7. 재생에너지원별 구입비 (출처: 연방에너지경제부)

4.2.2. 에너지원별 정책

에너지원	정책
태양에너지	<p>태양에너지이용의 기본 조건:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 독일의 일조량 • 솔라모듈 설치 가능한 면적 • 기술
	<ul style="list-style-type: none"> • 해마다 2,500 MW 증가 • “태양세” 도입: 태양에너지 자가소비자는 수수료 납부 (10kW 이하) • 솔라에너지 부담금 자유입찰을 통해 조절. • 2016년부터 전력구입비 시장가로 조절 (2015년에 파일럿 프로젝트 출발)
육상풍력에너지	<ul style="list-style-type: none"> • 해마다 2,400~2,600 MW 증가 • 비용분배는 시설 설치 상황에 따라 유동성있게 조절 (“숨 쉬는 뚜껑”) • 리파워링은 제외. • 연방주에 따라 풍력발전기와의 이격거리 자유롭게 조절. 이 규정에 따르면 연방주에서 풍력발전기 설치를 크게 제한하거나 방해할 수 있음.
해상풍력에너지	<ul style="list-style-type: none"> • ~ 2020 : 6,500 MW • ~ 2030 : 15,000 MW • 전력구입비 18 센트/kWh
바이오에너지	<ul style="list-style-type: none"> • 해마다 100 MW 증가 • 에너지식물을 금하고 물질순환을 통한 에너지생산 장려 • 전력구입비 크게 감소
수력발전/지열	기존시장현황으로 보아 양적인 증가 불필요

표 8 재생에너지원 별 정책

4.3. 정책수립과정

4.3.1. 개요:

독일의 정책 수립과정은 법제정의 과정과 크게 다르지 않다. 법적인 근거가 마련되어 있어야 비로소 정책수립이 가능하므로 그에 해당하는 정책수립이 동시에 이루어진다고 볼 수 있다.

독일의 정책결정은 원칙적으로 공개적인 토론에 의해 이루어진다. 정부, 각 정당, 혹은 해당부서에서 정책안을 만들어 발표하면 의회 내에서 뿐만 아니라 학계, 산업계, 환경연맹 등에서 모두 토론에 참여하게 된다. 물론 이런 범사회적 토론은 신문, 방송 토론, 성명서발표, 공개서한 등 다양한 미디어 매체를 통하여 진행된다.

- 우선, 독일연방 기본법 제42조에 의거하여 연방의회의 모든 토론 과정은 공개적으로 이루어져야 한다. 그 방법으로는 우선,
 - 모든 국민들이 회의를 방청할 수 있다. (대회의실에 방청석이 별도로 마련되어 있다.)
 - 공식 의회 개최의 전 과정을 TV와 라디오에 생방송으로 중계된다.
 - 연방의회 자체의 방송국이 있어 이를 담당한다.
- 범사회적인 토론이 충분히 이루어진 후에 의회에서 정책을 결정한다.

4.4. 정책수립 사례

이를 이해하기 위해 후쿠시마 이후 원전포기 및 친환경에너지정책에 대한 범사회적 토론의 흐름을 대략 살펴보면 아래와 같다:

2011.03.11. ~	1. 후쿠시마에서 비롯된 새로운 에너지전환에 대한 토론	
배경	후쿠시마 원전사고로 인해 핵에너지 안전성에 대한 민감도가 높아짐	
정치계	2011년 6월 30일 연방의회에서 513:79로 원전포기안, 즉 13차 원전법 개정안이 압도적인 지지를 얻어 통과됨.	원전법 13차 개정안 통과: - 8개소의 원전 운영계약을 연장하지 않음으로써 사실적으로 폐쇄하고 - 2022년까지 순차적으로

		모든 원전폐쇄.
여론 (국민)	80% 이상이 원전포기에 찬성함	
학계 2012.01	에너지 전문가 대표 30 명이 합동으로 메르켈 수상, 경제부장관, 환경부장관, 환경상임위원회와 경제상임위원회에게 공개서신 전달 : • 에너지소비를 장기적으로 감축해야함 목표에 도달할 수 있음을 강조함.	
산업계 2012.04	독일연방 에너지 및 수자원 산업 연맹: • 성명을 발표하여 에너지 전환은 필요불가결한 정책임에 동의함. • 다만 에너지 시장 형성의 여건을 제대로 마련하라고 종용	
2013 ~	재생에너지 부담금과 전기요금 논쟁	
배경	2013 년부터 전기료가 크게 인상됨. 이는 에너지부담금으로 인한 것으로 분석됨.	
여론	기민당+자유당의 연합정부는 친기업정부로서 산업체의 부담을 줄이고 연세기업이나 일반 가정의 부담을 증가시킨다는 비난이 지속됨.	재생에너지로 인해 전기요금이 인상되고 있음에도 불구하고 재생에너지로 옮겨가는 가정들이 증가함.
학계 2012.04	독일경제연구원 (IvW)의 조사결과에 의하면, • 재생에너지 지원금에 대한 빈곤층의 부담율이 부유층에 비해 열 배 이상이 됨을 지적함. • 에너지소모율이 높은 산업체는 부담이 면제되어 있음. (독일 전기소비량의 18%를 차지하는 대기업에서 0.3%의 부담금만을 지불함.) • 그에 비해 중소기업과 영세업자들은 면제되지 않음. • 이는 대기업에 대한 간접 재정 지원으로 해석됨	2012 년 유럽위원회에서 이 점을 보완하기 위해 별도의 지원방안 수립.
대통령 연설 2012.06.05	환경주관을 맞아 독일연방대통령 이 연설문을 통해 에너지가격상승이 세금납부자들과 차세대에게 부담 지워지는 것을 방지해야 한다고 경고함.	
환경부장관	전기비용 논쟁을 자재해야 한다고	재생에너지법 개정안 개발

2012.08	경고함. • 전기요금 인상의 원인이 재생에너지로 인한 것이 아니라 기름과 가스 때문임을 지적함	시작 (아래 2.5 사례 참조)
연방정부의 지속가능 자문위원회 2013.02	연방정부의 지속가능 자문위원회에서 의견발표: • 전기요금인상의 주원인을 에너지전환정책에서 찾는 것은 실수 • 난방비용이 차지하는 비율이 전력비용보다 매우 높은 점을 감안. 난방비용에 대한 토론이 필요함. • 재생에너지법을 지속적으로 현실에 맞추어 개정해야 함. • 산업체 역시 에너지비용에 가담해야 함. (산업체는 부담금을 내지 않음) • 유럽 차원에서 탄소배출량 거래에 대한 규정이 개정되어야 함.	
2013~	3. 석탄발전 포기에 대한 논쟁	
배경	2013년 10월 말 새로운 연정 (기민당+사민당)의 출발과 함께 석탄화력발전소폐쇄에 대한 사회적 논쟁이 시작됨	
2014.11. ~	새로 설립된 에너지경제부에서 여러 번에 걸쳐 컨셉을 제출	
2015.04	에너지경제부 장관이 소위 말하는 "석탄세금" 제도에 대한 안을 발표함 - 이에 대한 논쟁이 현재 극심하게 진행되고 있음. -	

표 9 정책 수립에 선행한 사회적 토론

4.5. 사례: 『재생에너지법 개정안 분쟁』

4.5.1. 배경

재생에너지법으로 인해 에너지 부담금이 도입되고 난 후 전기요금이 크게 인상되었으며 다른 한편 2020년 기후보호목표치 달성하지 못할 것으로 예측되었다. (온실가스 배출량 40% 감축 미달, 33~35% 도달 예측)

환경부 장관은 그 원인이 탄소배출권 거래에 있다고 분석했다. 탄소배출권거래량이 늘면서 독일 산업체에서 새로운 친환경적 최적의 기술적용에 대한 필요성을 느끼지 않는 것이 문제점으

로 파악된 것이다. 이에 탄소배출권 등 일련의 법 개정안이 필요하다고 여겨졌다. 이에 2013년 1월, 당시의 연방환경부장관과 연방경제부장관이 공동으로 개정안을 제출하였는데 이는 곧 “전기요금 브레이크” 라는 별칭으로 불리며 범사회적 논란의 대상이 되었다.

4.5.2. 전개과정

재생에너지법 개정안 분쟁의 경과를 대략 살펴보면;

1. 연방환경부 장관 (기민당)이 에너지 부담금 대안을 개발하여 발의함.
2. 연방경제부장관 (자민당)이 크게 반대함.
3. 이에 환경부장관과 경제부장관이 만나 한 달 간의 실랑이 끝에 공동의 컨셉을 새로 개발하여 발의함.
에너지부담금을 5.28 센트로 동결하자는 제안이 핵심.
4. 재생에너지협회 (BEE)에서 전면 거부함.
 - 구입비를 5.28 센트로 동결하자는 제안은 재생에너지 신장을 해침.
 - 전력생산비용배분은 더 이상 재생에너지생산비의 기준이 아니며 그 보다는 주가와 탄소 배출권가격에 의거함.
 - 중소기업이나 개인이 타격을 입을 수 있음
5. 그린피스에서 전기요금 브레이크가 아니라 착취자 브레이크를 개발해야 한다고 제안함
6. 녹색당에서 전면적으로 반대, 전기료 인상은 부담금에 의해 받는 전기료 인상은 50% 이하. 생태전기를 지속적으로 지원하는 반대안 제출
7. 독일연방에너지 정상회의에서 회의한 결과 대부분 부결됨. (각 항목에 대해 별도로 의결에 불임.)
8. 2013년 6월 독일산업연맹 BDI에서 감정서를 제출함. 근본적인 법 개정을 추천하고 전력 구입비를 시장가격에 맞출 것을 추천함.

4.5.3. 결과

이로서 의회에서 의결에 붙이기도 전에 사회적인 토론을 통해 무산되어 정책적으로는 얻어진 것이 없으나 에너지 정책 수립의 다른 문제점이 드러나게 되었다.

- 에너지문제를 전담하는 부서가 설립되어야 한다.
- 재생에너지법이 구조적으로 개정될 필요가 있다.

우선 그 때까지 에너지 정책에 관련된 부서가 너무 많기 때문에 의견의 일치를 보기 힘들며 정책수립에 난항을 겪게 된다는 사실이 명백해진 것이다.

부서	소속정당 및 관련 분야
환경부	기민당, 친환경 정책 전반
경제부	자민당, 각종 비용, 에너지시장
교통건설부	기민당, 건물난방효율, 전기자동차 등
농업 및 소비자 보호부	기민당, 바이오에너지, 전기요금인상 문제 등
재정부	기민당, 국가 예산 및 재정 담당
외교통상부	자민당, 국제 기후문제
교육연구부	기민당, 에너지 연구
수상청	정책 전반

표 10 에너지 정책 관련 부서

여기서 소속 정당이 관건이 되는 것은 독일정책 수립의 방향설정에서 각 정당의 정치색이 크게 작용을 하기 때문이다. 각 정당별로 에너지정책의 방향이 확고하므로 어느 정당에서 장관을 배출하는가가 상당히 중요하다 할 수 있다. 기민당과 자민당은 둘 다 보수성향의 정당, 즉 산업계에 호의적인 정당이다.

2013년 10월 총선거 결과 새로운 연합정부 (기민당 + 사민당)가 출발했으며 이때 위의 문제에 대해 아래와 같이 반응했다.

제기된 문제점	연정협약서에서 결정된 내용
에너지문제를 전담하는 부서가 설립되어야 한다.	기존 경제부가 연방에너지경제부 로 개편 되어 향후 에너지 문제를 총지휘하는 super ministry 로 탄생
재생에너지법이 구조적으로 개정될 필요가 있다.	2014년 여름까지 재생에너지법 대폭 개정

표 11 문제점과 해결 방안

연방에너지경제부의 수장은 사회민주당의 지그마 가브리엘 Sigmar Gabriel 이다. 사회민주당은 공화국이 출발한 이래 사회보장, 복지제도 건설에 절대적으로 기여한 정당으로 에너지정책 면에서는 녹색당에 가까운 노선을 보인다. 그러므로 재생에너지 정책 수립에 있어 친 산업계에 우호적인 면모만을 보이지않을 것으로 기대되고 있다.

물론 에너지경제부에서 총지휘권을 가지고 있지만 환경부와의 협업이 원칙으로 표방되고 있으며 구체적으로 보면 아래와 같은 부서에서 에너지관련 정책을 담당하고 있다.

부서	담당 분야
연방에너지경제부	• 에너지정책 전반, 특히 에너지 시장비용, 수상령에

	<p>의해 같은 에너지 연구 역시 지휘함.</p> <ul style="list-style-type: none"> • 환경, 자연, 기후보호 • 수상령에 의거 도시개발, 주거, 농촌개발, 공공건설프로젝트 등의 과제 위임 (도시개발은 환경과 밀접한 인과관계가 있으므로) • 탄소배출권 거래 • 핵안전문제와 핵물질 관리 (저장, 중간저장, 재활용 등)
연방환경부	<ul style="list-style-type: none"> • 바이오연료
연방식품, 농업, 소비자보호부	<ul style="list-style-type: none"> • 연방에너지경제부에서 제시한 프로그램에 의거 주요 연구기관을 통해 실질적인 연구 과제 추진

표 12 새로운 역할 분담

5. 에너지원 별 환경성 관리

5.1. 개요

재생에너지의 환경성 관리는 크게 두 가지 방향에서 이루어진다.

1. 계획절차를 통한 환경성 관리:

- 건설법전에 의거 토지이용계획에서 에너지생산시설의 입지를 미리 지정해 두어야 한다. 이 과정에서 공간소모나 공간이용에 따른 환경과의 갈등 요소를 사전에 방지한다.
- 사업승인계획 시 시설의 규모와 유형에 따라 계획확정절차나 승인절차를 거칠 때 환경영향평가를 실시하고 환경생태동반계획을 수립함으로써 구체적으로 환경성을 검토한다.

2. 특별법을 통한 환경성 관리:

- 재생에너지원에 따라 이를 규정하는 특별법이나 시행령, 지침 등이 각각 마련되어 있다. 환경영향평가 시에 바로 이 특별법령, 지침 등을 기준으로 하여 환경성을 검토한다.

5.2. 에너지원 별 환경문제와 환경성 관리

5.2.1. 풍력에너지 육상

분류	환경문제	해결책
육상풍력		
공간소모		<ul style="list-style-type: none"> 공간소모량은 적은 편 (발전기 당 50m x 50m 소요. 불투수성 포장 금지) 시설의 99%는 농경지로 이용될 수 있음. 토지이용계획에서 조절
동물	조류와 박쥐	<ul style="list-style-type: none"> 시설계획절차 중, 조류와 박쥐 생태조사를 통해 입지 선정 (조류 서식지와 이동경로 내에 시설 금지 등) 승인 조건을 통해 아래와 같은 사항 조절: <ul style="list-style-type: none"> - 야간 운행 정지 - 철새 이동기간 중 운행 제한 - 풍속이 낮은 기간 중 운행 제한 - 가동 시작할 때 낮은 속도로
사람과 지역사회	풍경훼손	<ul style="list-style-type: none"> 풍경훼손은 주관적으로 상반되는 의견이 지배적 일종의 모던한 설치예술로 보는 관점과 풍경을 훼손한다는 의견이 대립됨 토지이용계획을 통해 사전에 자연풍경의 가치가 대단히 높은 곳에 설치를 금할 수 있음
	그늘	<ul style="list-style-type: none"> 연방공해방지법에 의거 풍력발전기가 주택에 연간 30시간 이상, 일간 30분 이상 그늘을 드리우는 것을 금함. 승인절차에서 별도의 감정서를 작성하여 판단함.
	원반 효과	<ul style="list-style-type: none"> 날개에 반사되는 빛이 회전운동으로 인해 원반을 그려 방해하는 현상 무광택 소재로 날개를 페인팅함.
	소음	<ul style="list-style-type: none"> 연방공해방지법과 소음기술기준 (TA Lärm)에 의거한 한계치: 주택가 야간 소음 35dB 이는 시설과 주택가의 이격 거리를 통해 관리. 시설승인절차 시 소음예측치를 제출의 의무
해상풍력		
해양생태계	해양동물, 조류, 포유류, 어패류	<ul style="list-style-type: none"> 공사 중에는 훼손 시설계획에 따른 침해조절 작동이 시작되고 나면 해양 동물에게 오히려 긍정적인 영향을 미쳐 시설 주변의 종다양성이 증가함.
	연안습지	<ul style="list-style-type: none"> 독일의 연안습지는 100% 국립공원으로 지정되어 있음 해상풍력시설에서 육지로 케이블 연결 시

		연안습지 파괴. • 승인절차 시 침해조절을 통해 관리
--	--	----------------------------------

표 13 육상풍력에너지 환경문제와 환경성 관리

5.3. 태양에너지

분류	환경문제	해결책
태양전지 생산 공정	규소를 적용하는 과정에서 1kg 당 19kg의 부산물 발생. 환경에 영향을 미치는 NF ₃ , SF ₆ 등이 발생.	<ul style="list-style-type: none"> • 최적의 기술 적용 • 리사이클링
동식물계	토양포장과 일조량 차단 등으로 동식물계에 부정적 영향을 미침	<ul style="list-style-type: none"> • 자연보호법에서 민감한 구역과 보호구역에 대한 제한 항목 • 계획절차에서 조절
북해연안습지 및 NATURA 2000 구역	공간 소모 및 훼손	<ul style="list-style-type: none"> • 국립공원법에 의거 이용 제한 • NATURA 2000 구역은 서식지 및 종다양성 영향평가 실시
농경지/경작지	농경지/경작지 비율이 저감되는 추세	<ul style="list-style-type: none"> • 농경지를 목초지로 전환하면 솔라파크+목초지 이용 가능
풍경	대형 단지	<ul style="list-style-type: none"> • 이미 풍경이 훼손된 공간에 설치 (구 군사지역, 고속도로 변, 공산업용도지 등) • 이 경우에만 에너지부담금 수혜 대상이 됨.

표 14 태양에너지의 환경문제와 해결책

5.4. 바이오에너지

바이오에너지에 대해서는 아래의 두 가지 시행령에 의해 지속가능성/환경성을 보장하고 있다.

- 바이오전기 지속가능성에 대한 령
Biomassestrom-Nachhaltigkeitsverordnung
- 바이오연료 지속가능성에 대한 령
Biokraftstoff-Nachhaltigkeitsverordnung

- 지속가능성 인증제도 : 표준 ISO 13065에 따라
 - 습지나 늪지를 배수하여 에너지 작물을 심을 수 없음.
 - 종 다양성이 높은 목초지도 금지.
 - 화석연료에 비해 온실가스 방출량 35% 절감된다는 사실 입증, 2017년부터 50% 절감.
- 바이오가스 시설 2012년부터 1.2 백만 입방 미터 이상 생산하는 곳은 연방공해방지법에 의거한 사업승인을 받아야 하며 이 때 환경영향평가를 실시한다. 이 때 해당 특별법은
 - 연방공해방지에 관한 령 제4호
 - 산업재해에 관한 령

5.5. 지열

독일에서는 2009년에 제정된 재생에너지 난방법에 의거, 신축 공공건물이나 리모델링건축의 경우 재생에너지를 이용한 난방이 의무화되어 있으며 그 중 지열을 이용하는 경우 최소 50%의 비율을 차지해야 한다. 지열이용은 아직 검증된 사례가 많지 않기 때문에 그 안정성과 환경성에 대한 확실성이 부족한 상태이다. 이 때문에 허가절차를 대단히 복잡하게 만들어 위험부담을 줄이고 있으며 여러 프로젝트를 모니터링하여 문제점 등을 파악하고 있는 중이다.

- 지하 100미터까지: 지하수에 영향을 미치기 때문에 연방수자원경제법 + 해당 연방주의 수자원경제법이 적용된다. 이 때 사업승인기관은 수자원관리부서이며 적용된 기술의 유형에 따라서 승인절차 혹은 등록절차를 거친다.
- 지하 100미터 이하: 연방광산법에 의거 광산허가를 얻어야 하며 허가/승인기관은 광산부서이다. 이 때 특히 지층을 철저히 조사하여 그 결과를 제시해야 하며 담당기관에서는 승인 후에도 모니터링을 철저히 실시해야 한다.
- 현재 독일에서는 지하 400미터 까지 이용하고 있으며, 800-1500미터 지층의 이용가능성에 대해서 연구 중이다.¹⁵⁾

5.6. 수력

독일수력발전의 모든 잠재력이 이미 모두 활용되고 있으므로 더 이상의 증가는 없을 것으로 보며 현 상태 유지하거나 시설의 리모델링을 통해서만 효율을 높이는 것을 목표로 하고 있다. 특히 에너지부담금의 도입으로 수력발전소에 간접적 지원이 이루어지고 있기 때문에 이를 친환경적인 방안을 개발, 구현하는데 이용하고 있다.¹⁶⁾

15) UBA 공식홈페이지: 재생에너지/에너지원/지열

16) 독일 수력발전 연맹 공식홈페이지/수력발전과 수자원생태보호

분류	환경문제	해결책
하천생태계	하천 생태계에 전반적으로 큰 영향을 미침. 예를 들어 생물 (어류 등)의 이동 장애.	<ul style="list-style-type: none"> • 더 이상의 수력발전소 건설 포기 • 만약에 수력발전소 건설이 불가피한 경우 복잡한 계획확정절차를 거쳐야 하며 이 때 아래와 같은 세부절차가 요구된다. <ul style="list-style-type: none"> - 사전환경성검토 - 환경생태적 동반계획 - 서식지보호구역에 대한 영향평가 - 특별 생물종보호법에 의거한 평가 • 연방환경청의 물고기보호 포럼을 통해 연구진, 보호협회 등과 방법론 개발 중 • 물고기 램프, 통로 등 설치 • 형태역학적 조건을 개선하기 위한 전략 수립 • 생태기능을에 근거한 최소 유량유지
	형태역학적 단절	
	터빈운동으로 인한 생물 훼손	
	댐 하부에 물의 흐름이 적어 생태환경을 변화시킴	

표 15 수력발전의 환경문제와 해결방안

참고문헌 / 정책수립을 위해 개발된 컨셉 & 시나리오 목록

- BMU 2004: Bundesumweltministerium [Hrsg.]: J. Nitsch, W. Krewitt, M. Nast, M. Pehnt, G. Reinhardt, M. Fishedick u. a.: „Ökologisch optimierter Ausbau der Nutzung erneuerbarer Energien in Deutschland“. Untersuchung im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU), DLR Stuttgart, IFEU Heidelberg, WI Wuppertal, März 2004.
- BMU 2005a: J. Nitsch, F. Staiß, B. Wenzel, M. Fishedick: „Ausbau erneuerbarer Energien im Stromsektor bis zum Jahr 2020.“ Untersuchung im Auftrag des BMU, DLR Stuttgart, ZSW Stuttgart, WI Wuppertal, Dezember 2005.
- BMU 2005b: Bundesumweltministerium [Hrsg.]: Trieb, F: „Concentrating Solar Power for the Mediterranean Region“. DLR Stuttgart, Abt. Systemanalyse und Technikbewertung, Stuttgart, April 2005.
- BMU 2007: Bundesumweltministerium [Hrsg.]: J. Nitsch: „Leitstudie 2007 – Aktualisierung und Neubewertung der Ausbaustrategie erneuerbare Energien.“ Untersuchung im Auftrag des BMU, in Zusammenarbeit mit DLR Stuttgart, Abt. Systemanalyse und Technikbewertung, Stuttgart, Februar 2007.
- BMU 2008a: Bundesumweltministerium [Hrsg.]: J. Nitsch: „Leitstudie 2008 - Weiterentwicklung der Ausbaustrategie Erneuerbare Energien.“ Untersuchung im Auftrag des BMU, in Zusammenarbeit mit DLR Stuttgart, Abt. Systemanalyse und Technikbewertung, Stuttgart, Oktober 2008.
- BMU 2008b: Bundesumweltministerium [Hrsg.]: B. Wenzel; J. Nitsch: „Ausbau erneuerbarer Energien im Strombereich bis zum Jahr 2030“. Untersuchung im Auftrag des BMU, Teltow, Stuttgart 2008.
- BMU 2009a: Bundesumweltministerium [Hrsg.]: J. Nitsch, B. Wenzel: „Langfristszenarien und Strategien für den Ausbau erneuerbarer Energien in Deutschland - Leitszenario 2009“. Im Auftrag des BMU. Stuttgart, Teltow, August 2009.
- BMU 2009b: „Erneuerbare Energien – Innovationen für eine nachhaltige Energiezukunft.“ Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Juni 2009, Berlin.
- BMU 2010a: B. Wenzel, J. Nitsch: „Langfristszenarien und Strategien für den Ausbau erneuerbarer Energien in Deutschland – Entwicklung der EEG-Vergütungen, EEG-Differenzkosten und der EEG-Umlage bis 2030“. Im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Teltow, Stuttgart Juni 2010.
- BMU 2010b: Bundesumweltministerium [Hrsg.]: „Erneuerbaren Energien in Zahlen - Nationale und internationale Entwicklung“. Stand Juni 2010 mit Aktualisierung August 2010.
- BMU 2010c: „Beitrag der Elektromobilität zu langfristigen Klimaschutzziele und Auswirkungen auf

die Automobilindustrie.“ Mc Kinsey Company, Abschlussbericht für das BMU, April 2010.

- BMU 2010d: Bundesumweltministerium: „Nationaler Aktionsplan für erneuerbare Energie gemäß der Richtlinie 2009/28/EG zur Förderung der Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen“. BMU in Zusammenarbeit mit DLR TT-STB Stuttgart, Ecofys Berlin, ZSW Stuttgart und DBFZ Leipzig, Berlin, Juni 2010
- BMWi 2010: Energiedaten – Zahlen und Fakten. Nationale und internationale Entwicklung. Hrsg. BM für Wirtschaft und Technologie, Fassung vom 20.5. 2010.
- DLR 2010: Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt: Scholz, Y: "Möglichkeiten und Grenzen der Integration verschiedener regenerativer Energiequellen zu einer 100% regenerativen Stromversorgung der Bundesrepublik Deutschland bis zum Jahr 2050". DLR Stuttgart, Abt. Systemanalyse und Technikbewertung, Stuttgart 2010.
- EP 2010: U. Fahl, M. Fondel, A. Löschel u. a.: „Die Entwicklung der Energiemärkte bis 2030 (Energieprognose 2009)“, Hauptbericht, Untersuchung im Auftrag des BMWi, IER Stuttgart, RWI Köln, ZEW Mannheim, März 2010.
- EWI 2010: M. Schlesinger, D. Lindenberger, Ch. Lutz: „Energieszenarien für ein Energiekonzept der Bundesregierung“. Studienprojekt Nr. 12/10 im Auftrag des BMWi, EWI Köln, Prognos Basel, GWS Osnabrück, 27. August 2010.
- E-KONZEPT 2010: „Energiekonzept für eine umweltschonende, zuverlässige und bezahlbare Energieversorgung“. BMWi, BMU für die Bundesregierung; Berlin 28.9.2010.
- TAB 2003: Möglichkeiten geothermischer Stromerzeugung in Deutschland, Sachstandbericht, Feb. 2003
- UBA 2000: J. Nitsch, M. Fishedick, N. Allnoch, O. Langniß, F. Staiß u. a.: „Klimaschutz durch Nutzung erneuerbarer Energien“. Forschungsbericht 298 97 340 (UBA-FB 99-126) von WI Wuppertal, DLR Stuttgart, ZSW Stuttgart, IWR Münster im Auftrag des Umweltbundesamtes (UBA). Erich Schmidt Verlag Berlin 2000.
- UBA 2002a: M. Fishedick, J. Nitsch, S. Lechtenböhmer, F. Trieb, M. Nast, u. a.: „Langfristszenarien für eine nachhaltige Energienutzung in Deutschland.“ Forschungsbericht 200 97 104 (UBA-FB 000314) von DLR Stuttgart, WI Wuppertal im Auftrag des UBA, Berlin Juni 2002.
- UBA 2006: S. Ramesohl, M. Fishedick, J. Nitsch, P. Viebahn, M. Pehnt, W. Knörr u. a.: „Entwicklung einer Gesamtstrategie zur Einführung alternativer Kraftstoffe, insbesondere regenerativ erzeugten Wasserstoffs“. Forschungsvorhaben im Rahmen des UFOPLAN (FKZ 203 45 118) im Auftrag des UBA, WI Wuppertal, DLR Stuttgart, IFEU Heidelberg, März 2006.
- UBA 2007: Umweltbundesamt [Hrsg.]: F. Matthes, G. Markewitz, J. Diekmann, B. Schломann, H.-J. Ziesing u. a.: „Politiksznarien für den Klimaschutz IV – Szenarien bis 2030“. Vorhaben FKZ 205 46 434 von Öko-Institut Berlin, FJZ Jülich, DIW Berlin, FhG-ISI Karlsruhe, Entwurfssfassung im Auftrag des UBA, Entwurfssfassung, April 2007.

- UBA 2009: Umweltbundesamt [Hrsg.]: F. Matthes, G. Markewitz, J. Diekmann, B. Schlomann, H.-J. Ziesing u. a.: „Politiksznarien V – auf dem Weg zum Strukturwandel“. UBA FB 001308 von Öko-Institut, Berlin, DIW Berlin, FZJ Jülich, FHG-ISI Karlsruhe im Auftrag des UBA, Dessau, Oktober 2009.
- UBA 2010a: T. Klaus, C. Vollmer, K. Werner, H. Lehmann, K. Müschen: „Energieziel 2050: 100% Strom aus erneuerbaren Quellen.“ Untersuchung des UBA, Dessau, Juli 2010.
- UBA 2010b: Umweltbundesamt: „Nationaler Inventarbericht“. Pressemitteilung UBA 13/2010.
- UBA 2010c: K. Koppe [Redaktion]: “CO2-Emissionsminderung im Verkehr in Deutschland.“ Sachstandsbericht 05/2010 des Umweltbundesamtes. Dessau, März 2010.