



한·독 에너지 파트너십 팀
Energiepartnerschaft - Team
DEUTSCHLAND - KOREA

탈석탄 및 그 이후: 한국과 독일의 구조적 변화와 정의로운 전환



출판 정보

발행인:

한독 에너지 파트너십 팀

실행기관:

adelphi consult GmbH
Alt-Moabit 91
10559 Berlin
전화 +49 (30) 8900068-0
팩스 +49 (30) 8900068-10
office@adelphi.de
www.아델피.de

저자 :

Binz, Sophia; Grimm, Lena; Honnen, Jens; Teichmann, Franziska; Münch, Marie; Piria Raffaele; Stognief, Nora; Oei, Pao-Yu; Herpich, Philipp; Narita, Jana; Weir, Jessica

다음과 같이 인용:

Binz, Sophia; Grimm, Lena; Honnen, Jens; Teichmann, Franziska; Münch, Marie; Piria Raffaele; Stognief, Nora; Oei, Pao-Yu; Herpich, Philipp; Narita, Jana; Weir, Jessica (2024): Coal-Exit and Beyond: Structural Change and a Just Transition in Korea and Germany. Berlin: adelphi.

버전:

09/2024

모든 권리 유보.

본 출판물의 모든 사용은 adelphi consult GmbH의 승인을 요함..

본 출판물은 다운로드 가능한 PDF 파일로만 제공됩니다.

주최기관



Federal Ministry
for Economic Affairs
and Climate Action

실행기관



목차

전체 요약

전체 요약.....	2
1 서론.....	4
2 독일과 한국의 에너지 부문.....	6
2.1. 독일.....	6
2.2. 한국.....	7
3 탈석탄을 위한 정책 프레임워크.....	9
3.1. 독일.....	9
3.2. 한국.....	10
4 현황 및 도전과 기회.....	12
4.1. 독일.....	12
4.2. 한국.....	18
5 교훈 및 권장 사항.....	23
독일의 단계적 석탄 폐지에서 얻은 교훈.....	23
한국의 지속적인 석탄의 단계적 폐지에 대한 권장 사항.....	23
독일과 한국의 미래 협력을 위한 제언.....	24
그림 목록.....	26
참고문헌.....	27

전체 요약

독일과 한국의 에너지 분야

독일과 대한민국(이하 한국)은 전통적으로 산업화와 경제 성장을 촉진하기 위해 화석 연료, 특히 석탄에 의존해 왔다. 오늘날 두 나라는 각각 2045년과 2050년까지 각국의 경제를 탈탄소화 할 것을 표명했다. 독일은 한국보다 약 20년 앞서 재생 에너지로의 전환을 시작했다. 2023년 현재 독일의 전기의 52%는 재생 에너지원으로 생성되는 반면, 한국에서는 약 9%만이 재생 에너지원으로부터 온다 (Our World in Data et al. 2023c; Our World in Data et al. 2023b). 그럼에도 불구하고 양국은 여전히 화석 연료의 상당한 이용국으로, 대부분은 수입으로 충당된다.

한국은 석탄 생산 능력이 제한적이어서 석탄을 수입에 의존하는 반면, 독일은 역사적으로 소비되어 온 무연탄과 갈탄의 상당 부분을 국내에서 생산해 왔다. 그러나 독일의 갈탄 및 무연탄 채굴의 수익성 부족과 같은 요인으로 인해, 지난 수십 년 동안 독일 에너지 부문이 급격히 쇠퇴했다. 1991년 이후 직접 고용은 절반 이상 감소했으며, 이는 주로 석탄 산업에서 상당한 일자리 손실로 인해 독일의 지속적인 구조적 변화를 보여준다. 반면 한국의 석탄 화력 발전소 부문에서 고용된 상당한 노동인구는 오늘날까지 감소하지 않았다.

탈석탄을 위한 정책 프레임워크

에너지 부문의 구조적 변화를 촉발하기 위해 정부는 산업이 필요한 변화를 시행하도록 이끄는 정책을 시행해야 한다. 한국과 독일은 재생 에너지의 비중 증가, (녹색) 수소 개발 및 탄소 가격 도입과 같은 탈탄소화와 관련하여 유사한 정책과 기술을 선택하고 있다. 게다가 양 경제 모두 석탄 에너지의 단계적 폐지 날짜를 정했다. 독일은 늦어도 2038년까지 탈퇴 기한을 정했고, 한국은 2050년까지 탈석탄을 시행할 계획이다. 2050년은 또한 한국의 기후 중립 목표 기한이다. 독일은 2045년까지로, 기후 중립에 대한 약간 더 야심찬 목표를 정했다.

역사적으로 규모가 훨씬 크고 영향력 있는 자국내 석탄 산업에도 불구하고 독일은 오래 전부터 석탄 단계적 폐지를 시작했으며 2020년 국가법(*Kohleausstiegsgesetz*)에 퇴출 전략을 확정했다. 오늘날 세계 에너지 위기로 인한 작은 어려움에도

불구하고 독일은 마지막 석탄 광산을 폐쇄하고 2038년까지 석탄 화력 발전소의 운영을 중단하고 이상적으로는 이르면 2030년까지 중단할 예정이다. 또한 독일은 기후 보호법(*Klimaschutzgesetz*)의 일부로 매년 검토할 법적 구속력이 있는 배출 감소 목표를 시행했다. 한국의 기후 중립 목표는 탄소 중립 및 녹색 성장 기본법(*탄소 중립법*)을 통해 법으로 규정되었다. 2022년 10월부터 구체적인 배출 감소 목표가 국가 예산 계획에 통합될 예정이다 (Climate Action Tracker 2023; MOTIE 2023). 그러나 석탄 화력 발전의 퇴출 날짜는 아직 법률에 포함되지 않았으며 2050년 탄소 중립 시나리오에만 언급되어 있다 (Lee 2024a).

추진 요인, 과제 및 기회

석탄 단계적 폐지의 경로가 서로 다르지만, 두 나라의 구조적 변화의 흐름은 추진 요인, 국가별 과제, 에너지 부문의 성공적인 전환에서 얻을 수 있는 기회와 혜택을 통해 분석할 수 있다. 한국의 경우 추진 요인은 다음과 같다. 석탄 발전소로 인해 부분적으로 발생하는 우려스러운 수준의 대기 오염, 가장 큰 석탄 발전 지자체에 대한 국가적 탈석탄 추진, 한국 국민연금과 같은 대형 기관으로부터의 단계적 폐지 주장이다. 화석 연료의 신속한 퇴출을 방해하는 주요 과제는 사회경제적, 정치적, 사회적 성격을 띠고 있으며, 재생 에너지에 대한 대중의 수용 부족, 시민 사회와 중앙 정부 이해 관계자 참여 실패, 단일 임기 대통령제 등이 있다. 동시에 일자리 창출, 오염 감소, 에너지 독립, 심지어 전기 가격 상승 중단 등은 석탄에서 재생 에너지로의 구조적 변화가 시행된다면 한국 국민에게 이로울 요소이다.

독일에서 이러한 전환은 1958년 유럽 석탄 가격의 자유화와 1990년 독일 재통일로 인한 경제적 고려 사항과 최근 몇 년 동안 국제 사회의 압력과 기후 행동에 대한 시민 사회 운동에 의해 주도되었다. 1958년과 1990년 이후 영랑 지역에서 석탄 단계적 폐지와 구조적 변화는 석탄 노동자의 대규모 재고용 필요성과 지역 경제의 붕괴와 같은 사회적, 정치적, 경제적 과제를 초래했다. 그럼에도 불구하고 진행 중인 해당 전환은 배출량을 줄이고 재생 에너지 부문의 개발을 촉진하며 이전 석탄 발전 지역의 매력을 향상시킨다.

교훈과 권장 사항

두 나라의 계획과 경험을 고려하면 석탄으로부터의 공정하고 시기적절한 전환에는, 새로운 산업을 유지하는 것과 같은 미래지향적 정책 그리고 근로자를 위한 재교육 및 조기 퇴직 프로그램과 같은 대응적 개입이라는 정책 조치의 조합이 필요하다는 것이 분명해진다. 더욱이 구조적 정책 개입은 경제적 측면뿐만 아니라 사회적, 생태적, 문화적 측면을 다루기 위해 다양한 부문과 정부 수준에 걸쳐있어야 한다. 석탄 지역의 미래지향적 개발을 보장하기 위해서는 경제적 회복력을 강화하고 구조적 붕괴의 위험을 줄이며 잠금 효과를 피하기 위해 경제 활동의 다각화가 중요하다.

이러한 교훈과 권장 사항을 적용함으로써 독일과 한국은 석탄과 타 화석 연료를 단계적으로 폐지하고 에너지 부문에서 공정한 전환을 보장하기 위해 효과적으로 협력할 수 있다. 독일의 석탄 단계적 폐지 역사에서 얻은 통찰력과 교훈은 한국 사례와 두 나라 모두에서 (천연) 가스와 같은 다른 화석 연료의 미래 단계적 폐지에 적용될 수 있다. 나아가 화석 연료와 그 대체 재생 에너지의 단계적 폐지를 수용하는 것은 이러한 사업의 전반적인 성공을 위해 매우 중요하다. 따라서 기후 변화와 에너지 전환에 대한 커뮤니케이션 및 교육 주제에 대한 협력은 수용을 높이는 데 매우 귀중한 수 있다.

1 서론

2015년 유엔 기후 변화 협약(COP21)에 참여한 196개 당사국은 파리 협정에서 "산업화 이전 수준보다 지구 평균 기온 상승을 2°C 이하로 유지"하고, 가능하다면 1.5°C 이하로 유지하기로 약속 (UNFCCC 2023)했다. 기후 변화와 지구 온난화를 막기 위해 전 세계 국가는 에너지 수요를 대폭 줄이고, 에너지 효율성을 높이며, 에너지 시스템을 재생 가능하고 기후 중립적인 에너지원으로 전환해야 한다. 에너지 전환은 기후 변화를 완화하고 인간 건강과 환경에 이점을 제공하지만, 관련 부문과 시장에도 과제를 안겨준다. 특히 한국과 독일과 같이 에너지 부문에서 화석 연료를 오랫동안 사용해 온 국가의 경우, 에너지 부문의 필수적인 구조적 변화는 기술, 자원 가용성, 노동 시장 및 정치적 지형에 광범위한 영향을 미친다.

이 연구의 맥락에서 구조적 변화는 화석 연료에서 기후 중립적 에너지원으로 경제가 크게 전환되는 것을 말한다. 이는 정치적, 사회적 또는 경제적 발전으로 인해 발생할 수 있다. 따라서 성공적인 구조적 변화는 자본이 지출되는 방식, 노동력이 훈련되는 방식, 자원이 사용되는 방식에 극적인 전환을 요구한다. 게다가 새로운 법률, 공급과 수요의 변화, 협업과 지식 공유의 필요성이 생길 수 있다 (Matthes 2017).

에너지 부문의 구조적 변화는 역사적으로 새로운 기술의 개발이나 새롭게 발견된 자원의 적극적인 활용에 의해 주도되어 왔다. 나무와 목탄에서 석탄으로, 나중에는 석탄에서 탄화수소로의 전환이나 1차 에너지 대신 전기의 사용이 증가하는 것에서 이를 관찰할 수 있다 (Smil 2004). 이러한 현재의 변화가 에너지 부문의 구조적 변화에 대한 역사적 사례와 다른 점은 기후 변화 완화에 대한 시급한 필요성이며, 따라서 수십 년 또는 수세기에 걸쳐 이루어지는 경향이 있는 역사적 에너지 전환에 비해 훨씬 빠른 전환 속도가 필요하다는 것이다 (Kern and Rogge 2016).

독일과 한국의 에너지 부문은 모두 오랜 전통의 화석 연료 활용에 의존하고 있으며, 특히 석탄을 이용하고 있다. 매우 다른 역사적 시간대였음에도 불구하고 두 경제 모두 제조업 강국의 지위를 발전시켰고, 화석 연료 사용의 결과로 부와 국제적 영향력을 획득했다. 오늘날에도 타임라인이 다소 다르기는 하지만, 두 나라

모두 에너지 부문의 탈탄소화를 추구하고 각각 2038년과 2050년까지 석탄을 단계적으로 폐지하기로 약속했다.

독일에서 석탄 부문의 쇠퇴는 1960년대에 시작되었으며 세 단계로 특징지어진다. 1960년대부터 서독의 무연탄 채굴 쇠퇴, 통일 이후 동독의 에너지 부문 구조 조정, 2030년 또는 늦어도 2038년까지 석탄 발전과 갈탄 채굴의 단계적 폐지이다. 독일 석탄 부문의 중요성이 감소하고 있다는 것은 석탄 산업 종사자의 변화로 설명할 수 있다. 해당 숫자는 1989년 약 156,000명에서 정점을 찍고, 오늘날 약 17,000명의 직원으로 감소했다 (Statista 2024). 지난 수십 년 동안 이 부문에서 큰 변화가 있었고 2030년까지 산업의 대부분에 대한 단계적 폐지 기한이 다가왔기, 때문에 독일의 석탄 단계적 폐지는 거의 완료된 것으로 이해될 수 있다 (Honnen et al. 2023). 따라서 탈석탄과 및 관련 정책 대응에 대한 수십 년 동안의 독일의 경험은 에너지 부문에서 비슷한 변화에 직면한 다른 국가에 많은 귀중한 교훈을 제공한다.

독일에 비해 한국은 오늘날 석탄 부문의 규모는 상당하다. 대부분의 사용 석탄은 해외에서 수입되지만, 해당 부문의 발전, 발전소의 운영 및 유지관리, 연료관리 및 오염방지, 석탄발전소 유지관리 (IEA and KEEI 2023) 분야에서 약 50,000개의 일자리를 제공하고 있다. 따라서 2050년까지의 단계적 석탄 폐지라는 한국의 국가적 목표를 달성하기 위해서는 포괄적인 정책 조치가 필요하다.

한국과 독일은 에너지 파트너십을 통해 에너지 부문의 탈탄소화와 양국의 에너지 전환 가속화라는 공통 목표를 향해 공동으로 노력하고 있다. 독일 석탄 부문의 경험과 한국의 현재 상황을 비교하면 정의로운 전환을 달성하는 방법에 대한 귀중한 교훈을 얻을 수 있으며, 양자 협력이 각국의 기후 목표를 어떻게 지원할 수 있는지 보여준다. 본 연구를 통해 각국의 석탄 전환의 궤적과 현재 상태를 개략적으로 살펴보고, 원동력, 과제, 이점을 면밀히 살펴보고자 한다. 본 연구의 궁극적인 목적은 독일과 한국의 이전 및 현재의 노력을 비교하고, 양국 간 양자 협력 조치를 통해 한국의 석탄 철수를 지원하기 위한 교훈을 도출하는 것이다.

본 연구는 다음과 같이 구성된다. 2장에서는 독일과 한국의 에너지 부문에 대한 간략한 개요와 에너지 믹스에 대한 주요 데이터를 제공하며, 3장에서는 화석 연료에서 재생 에너지로 전환하려는 두 나라의 기존 정책을

살펴본다. 4장에서는 두 나라의 석탄 단계적 폐지 이니셔티브의 현재 상태를 살펴보고, 과제를 분석하며 양자 협력에 대한 권장 사항을 도출한다.

2 독일과 한국의 에너지 부문

이 장에서는 독일과 한국의 에너지 부문에 대한 간략한 개요를 제공하며, 이에는 석탄 사용의 비중과 에너지 구성에서 다른 에너지원이 차지하는 역할이 포함된다.

2.1. 독일

독일 경제는 전통적으로 국내 에너지 생산을 위해 화석 연료에 크게 의존하며, 이는 지난 20년 동안 재생 에너지를 포괄적으로 확대했음에도 불구하고 변함없는 사실이다. 2022년 총 전기의 31.1%가 가장 오염이 심한 에너지원인 갈탄과 무연탄을 사용하여 생성되었다. 천연가스는 총 전기 생산의 16.5%, 석유는 3.2%, 원자력 에너지는 6.3%를 차지했다. 한편, 재생 에너지의 합산 점유율은 약 42.9%였으며, 풍력이 독일의 재생 에너지원 중 가장 두드러졌다. (Our World in Data et al. 2023c). 그림 1은 1990년과 2022년을 비교하여 독일의 1차 에너지 소비량을 설명하고 독일 에너지 경제에 대한 주요 사실을 묘사하고 있다. 2022년에 총 1차 에너지 소비량의 35%와 22.9%가 석유와 천연 가스에서 발생했음을 보여준다. 갈탄과 무연탄은 19.1%로 세 번째로 많은 양을 차지했고 그 다음으로 재생 에너지(20.4%)와 원자력 에너지(2.7%)가 뒤를 이었다 (Our World in Data et al. 2023a). 이는 에너지와 전기 생산을 위해 화석 연료에 지속적으로 의존하고 있음을 보여준다.

독일은 세계에서 4번째로 큰 경제 규모를 자랑하며, 강력한 산업 부문과 비교적 적은 국내 천연자원을 보유하고 있다. 따라서 독일은 에너지 캐리어의 주요 수입국이다. 2020년에 독일은 화석 연료의 70%를 수입했다. 에너지원 측면에서 독일의 순수입 점유율은 우라늄 100%, 석유 98%, 무연탄 93%, 천연가스 88%, 갈탄 -2%로 독일은 국내에서 조달된 갈탄의 순수출국이었다 (BMWK 2022b). 독일은 재생 에너지의 눈에 띄는 생산국으로, 2021년에 갈탄에 이어 두 번째로 큰 국내 생산 에너지원을 차지했다 (AG Energiebilanzen e.V. 2022a). 전반적으로 독일은 2002년에서 2022년 사이에 매년 순수 전기 수출국이었다. 2023년에 독일은 10년 만에 처음으로 수출보다 더 많은 전기를 수입했다 (Bundesnetzagentur 2021).

독일은 2021년에 전 세계 총 GHG 배출량의 1.82%를 배출하여 세계 6위의 GHG 배출국이다 (Our World in Data et al. 2020). 2021년 배출량은 762Mt CO₂-eq 에

도달하여 1990년 이후 39% 감소했다. 이 중 2021년 배출량의 91%는 에너지 관련이 부문에서 나왔다 (UBA 2022). 산업 혁명 이후 배출량의 대부분은 석탄 연소로 인해 발생했다. 지난 70년 동안 석유와 가스 연소는 증가한 반면 석탄 사용은 감소했다. 그럼에도 갈탄과 무연탄은 오늘날 (Our World in Data et al. 2020) 독일의 에너지 관련 CO (BMWK 2022b)₂ 배출량의 33%를 차지하고 있다.

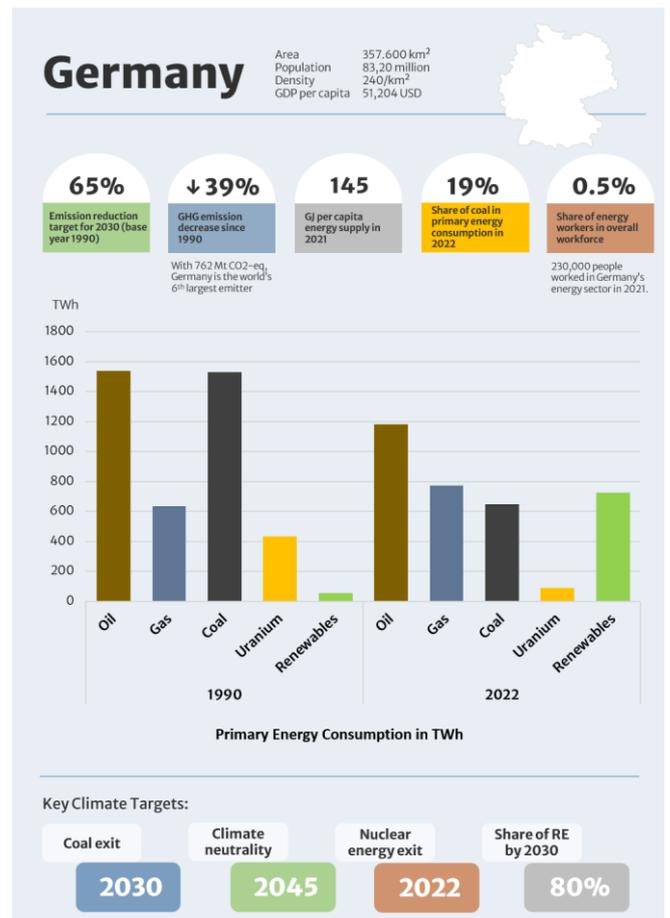


그림 1: 독일 - 에너지 통계와 에너지 균형. 자체 설명. 본 그림은 Honnen et al.에 처음 게재되었으며 (2023)이 연구의 목적에 맞게 수정되었다. 출처:(BP 2022; Our World in Data et al. 2023a; Our World in Data et al. 2020; UBA 2022; BMWK 2022a)

독일은 재생 에너지의 운용을 통해 전반적인 국내 에너지 생산을 늘리고 있지만, 앞으로도 에너지 캐리어, 주로 재생 수소 및 그 파생물과 같은 기후 중립 캐리어를 계속 수입할 가능성이 높다 (Piria et al. 2022). 독일은 최근 몇 년 동안 생산이 감소하고 있지만 여전히 세계 최대의 갈탄 생산국 중 하나이다. 기존 갈탄 매장량이 장기간 지속되기에 충분하지만, 독일의 탈석탄법에 따라 석탄 화력 발전 생산 및 석탄 채굴은 늦어도 2038년에 단계적으로 폐지되어야 한다 (자세한 내용은 다음 장 참조) (BMWK 2023). 독일이 기후 목표를 달성하려면 새로운 노천 채굴 광산이 건설되지 않을 것으로 추산되며, 독일의 총 갈탄 매장량의 약 절반이 그대로 남게 된다 (Agora Energiewende 2016).

2022년에도 갈탄은 여전히 1차 에너지 소비량의 10%(2021년 9.1%)을 차지했으며, 주로 전기 생산(2021년 발전량의 24.4%)과 지역 난방에 사용되었다 (AG Energiebilanzen e.V. 2022b, 2022a). 독일은 과거 대규모 무연탄 생산국이었지만, 국내 생산은 저렴한 수입품과 경쟁할 수 없었고 지난 수십 년 동안 감소했다. 그리고 무연탄 채굴에 대한 보조금이 단계적으로 폐지되면서 2018년 말에 생산이 완전히 중단되었다(4 장 참조). 오늘날 무연탄은 모두 수입되고 있으며, 여전히 2022년 1차 에너지 소비량의 9.8%(2021년 8.9%), 2021년 발전량의 10.8%를 차지하고 있다 (AG Energiebilanzen e.V. 2022a, 2022b).

독일 에너지 부문의 직접 고용은 지난 수십 년 동안 1991년 약 56만 명에서 2021년 22만 명으로 감소했다 (BMWK 2022b). 해당 감소는 주로 석탄 산업의 고용이 크게 감소하고 전력 부문에서의 고용 감소 그리고 정도가 덜하긴 하지만 정유 부문의 고용이 퇴보했기 때문이다 (Deutsches Biomasseforschungszentrum 2023). 1957년 정점에는 약 60만 명의 근로자가 무연탄 광산과 공장에 고용되었다. 그 이후로 무연탄 채굴은 2018년 마지막 광산이 폐쇄될 때까지 순차적으로 단계적으로 폐지되었다. 오늘날까지도 무연탄 발전에 고용된 근로자가 수천 명 존재하지만, 공장이 계속 폐쇄됨에 따라 이 숫자는 꾸준히 감소하고 있다 (Statistik der Kohlewirtschaft e.V. 2022; Tagesschau 2020). ¹1989년 각각 정점에 달했을 때 갈탄 산업은 갈탄 채굴에만 약 156,000명의 근로자를 두었다.² 2022년에는 석탄

채굴과 석탄 화력 발전에 모두 17,000명의 근로자가 고용되었다 (Statistik der Kohlewirtschaft e.V. 2022).

전통적인 제조업 경제로서, 독일의 경제 발전은 석탄 채굴과 석탄 연소와 함께 이루어졌다. 지난 수십 년 동안 독일의 석탄 의존도는 감소했지만, 석탄 산업의 큰 영향력은 끝나지 않았다. 산업 종사자의 꾸준한 감소는 경제 내에서 구조적 변화가 발생했음을 보여주지만, 국내 석탄을 더 저렴한 수입 자원으로 대체하면서 화석 연료의 지속적인 연소로 이어졌고, 연간 총 배출량의 3분의 1 이상이 여전히 무연탄과 갈탄의 믹스에서 나온다. 석탄과 관련된 독일의 역사와 석탄 및 기타 화석 연료에서 벗어나기 위한 최근의 정의로운 전환 노력을 이해하기 위해 3장에서는 독일의 정책을 살펴볼 것이다.

2.2. 한국

현재 한국의 전력 생산 점유율은 다음과 같다. 석탄 34%, LNG 화력 발전소 28.1%, 원자력 27.8%, 석유 1%, 재생 에너지 9.2%이다 (Our World in Data et al. 2023b). 재생 에너지의 도입이 느리다는 것은 화석 연료가 여전히 에너지 믹스를 지배하고 있으며, 재생 에너지는 OECD 회원국 중 에너지 믹스에서 가장 낮은 점유율을 차지함을 의미한다 (Tachev 2021; IEA and KEEI 2023). 2022년에 석유는 한국의 1차 에너지 소비에서 43.1%로 가장 큰 점유율을 차지했고, 그 뒤를 석탄(22.7%), 가스(17.6%)가 이었다. 원자력은 각각 12.5%, 재생 에너지원은 4.1% 기여했다 (Our World in Data et al. 2023a). 한국의 1차 에너지 소비의 개발은 1990년과 2022년의 점유율을 비교한 그림 2에 나와 있다. 또한 한국 에너지 경제와 정치적 목표에 대한 주요 통계를 보여준다.

역사적으로 한국은 무연탄 매장량 측면에서 국내 석탄 생산량이 최소 수준이었다. 지난 20년 동안 국내 채굴은 연간 소비량의 일부를 담당했으며, 이는 1992년에서 2019년 사이에 꾸준히 증가했다 (EIA 2023). 현재 한국은 세계 4위의 석탄 수입국이다. 국내에서 연간 약 1.2Mt의 석탄을 생산하는 반면, 한국은 연간 150Mt 이상을 수입한다. 한국의 외국 석탄 대부분은 호주, 인도네시아, 러시아, 캐나다에서 수입하고 있다. 전반적으로 한국은 오늘날 화석 연료 소비량의 거의 98%를 수입에 의존하고 있다. (Bang 2021; EIA 2023)

¹무연탄 발전 부문의 고용에 대한 정확한 수치는 얻기 어렵다. 2018년의 추산에 따르면 약 13,000명의 직원이 있으며, 그 중 4,000명은 마지막 남은 광산에서 고용되었다. 같은 해에 폐쇄된 이후로 남은 직원 수는 9000명 미만으로 감소 추세이다.

²다시 말해, 2002년 이전에는 갈탄 화력발전소 근로자 수와 광부 수가 동등하게 등록되어 있었기 때문에 해당 분야의 종사자 수는 모호했다.

2018년 기준 한국의 화석 연료 기반 에너지 및 관련 상품 분야의 총 고용은 141,462명이다. 이는 2018년 기준 2,450만 명이었던 국가 전체 고용의 0.6%에 해당한다. 이 수치에는 광업 및 제조업을 포함한 다양한 직업뿐만 아니라 석유 및 주유소 운영, 유통 및 파이프라인 운송도 포함된다 (Pollin et al. 2022).

2021년 한국은 세계 13 (European Commission 2022; Gallup Korea 2019; Statista 2023b)의 경제대국이자 8위의 온실가스 배출국으로, 전 세계 이산화탄소 배출량의 1.88%를 배출했다. 2022년 한국에서 배출된 온실가스 총량은 이산화탄소 환산 646,060만 톤에 달했다. (Jones et al. 2024) 이 중 선탄화력발전으로 인한 CO2 배출량은 전체 배출량의 47.5%를 차지했다 (IEA 2022).

지난 30년 동안 가스 및 석탄은 한국 에너지 시장을 장악해 왔다. 석탄은 일자리를 창출하고 저렴하고 안정적인 전력 공급을 제공했다. 석탄은 한국 산업이 국제적으로 경쟁력을 갖추는 데 크게 기여했으며 석탄 화력 발전소의 확장은 2010년대까지 계속되었다 (Jeong et al. 2021). 탈석탄 기한이 정해져 있고 정부가 이를 위해 노력하고 있지만 필요한 구조적 변화를 지원하기 위한 다른 조치는 여전히 부족하다. 다음 장에서는 한국의 구조적 변화를 위한 전략 및 정책의 현황에 대한 개요를 제공한다.

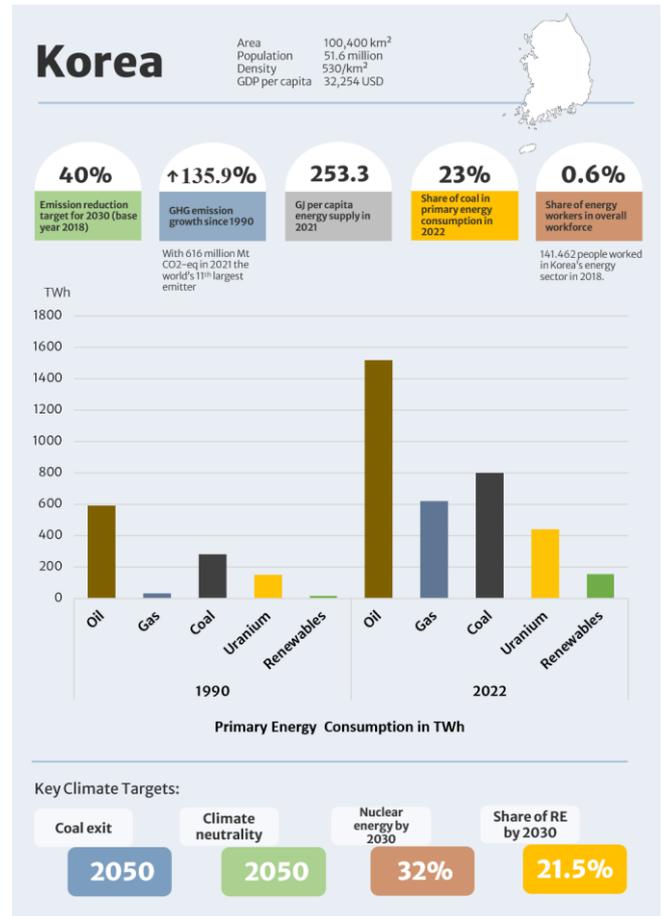


그림 2: 한국 - 에너지 통계 및 에너지 균형. 자체 설명. 출처:(Our World in Data et al. 2023a; Our World in Data et al. 2023c; Kim 2023a; Robert Pollin, Jeannette Wicks-Lim, Shouvik Chakraborty 2022; Climate Change Performance Index 2022; World Nuclear Association 2023)

3 탈석탄을 위한 정책 프레임워크

에너지 부문의 구조적 변화는 역사적으로 새로운 기술의 개발이나 새로운 자원의 발견에 의해 주도되었다. 이처럼 경제적으로 유리한 옵션이 시장을 지배할 것이다. 그러나 현재의 변화와 과거 에너지 부문의 구조적 변화 사례와 구분 짓는 것은 기후 변화 완화에 대한 절실한 필요성이다. 효과적인 변화는 강력한 정책에 크게 의존하는데, 이는 종종 국가의 단기적 경제적 이익과 상충된다. 본 장에서는 화석 연료 기반(주로 석탄 및 가스) 산업에서 재생 에너지원으로 전환하려는 두 국가의 기존 정책을 설명하고 있다.

3.1. 독일

3.1.1. 기후 목표

유럽 연합의 일원으로서 독일은 파리 협정에 대한 EU의 국가 결정 기여(NDC) 온실가스 감축목표를 준수해야 한다. 즉, 2030년까지 1990년 대비 온실 가스 배출량을 최소 55% 순 국내 감축해야 한다. 게다가 독일은 2030년까지 1990년 수준 대비 배출량을 최소 65%, 2040년까지 88% 감축한다는 예비 목표를 설정했으며, 2045년까지 온실 가스 중립을 달성하는 것을 목표로 한다. 해당 목표는 독일의 기후 보호법(*Klimaschutzgesetz*)에 명시되어 있다. 이 기후 목표를 달성하려면 경제의 모든 부문, 특히 에너지 부문에서 배출량을 줄여야 한다.

3.1.2. 탈석탄 전략

2018년에 정부는 경제적 안정성을 유지하면서 석탄을 단계적으로 폐지하고 산업 근로자에게 사회 보장을 제공하기 위해 "석탄 위원회"라는 태스크포스를 설립했다. 해당 위원회에는 노동조합, 산업, NGO, 지방 자치 단체 및 전문가 조직의 대표가 포함되었다 (Gürtler et al. 2021). 해당 위원회는 2038년까지 단계적 폐지 계획, 석탄 지역에 대한 400억 유로의 자금, 산업에 대한 보상 지급 및 조기 퇴직과 같은 사회 정책 조치를 제안했다. 연방 정부는 위원회의 대부분의 권고에 따라 2020년 7월 의회에서 채택된 입법 패키지를 제안했다. 해당 패키지는 석탄의 단계적

폐지법(*Kohleausstiegsgesetz*)³과 석탄 지역에 대한 구조적 지원법(*Strukturstärkungsgesetz Kohleregionen*)⁴이다. 2021년 9월 연방 의회 선거 결과 SPD (사회민주당)와 *Bündnis 90/ Die Grünen* (녹색당) 및 FDP (자유당)가 이끄는 새로운 연립 정부가 구성되었다. 이후 새 정부는 석탄 단계적 폐지 날짜를 2030년으로 앞당길 계획이라고 밝혔다. 그러나 우크라이나에 대한 러시아의 침략 전쟁으로 인한 에너지 위기로 인해 전력 및 난방 공급을 보장하기 위해 석탄 발전소의 가동 연장에 대한 논쟁이 다시 불붙었다. 가스 부족을 보완하기 위해 여러 무연탄 발전소가 일시적으로 예비 전력망에 복구되었다. 2022년 9월 연방 정부는 이러한 발전소가 원래 계획보다 1년 더 길게 2024년 3월까지 운영되도록 허용하기로 결정했다. 2024년 4월부터 해당 발전소는 공식적으로 전력망에서 제외되었다 (ZDF 2024). 2024년 4월, G7 에너지 및 기후 장관들은 "2030년대 상반기 또는 각국의 넷제로(net zero) 경로에 따라 지구 온도 상승을 1.5°C로 제한하는 일정에 맞춰 에너지 체계에서 기존의 무제한 석탄 발전을 단계적으로 폐지"하기로 합의했다. 해당 합의는 화석 연료의 세계적 단계적 폐지에 있어서 중요한 진전으로 간주된다 (Wettengel 2024).

3.1.3. 추가 국가 정책

독일 정부는 향후 몇 년 동안 재생 에너지 비중을 크게 확대할 계획이다. 2045년까지 기후 중립 목표가 증가함에 따라 오랫동안 제정되었던 재생 에너지법 (*Erneuerbare Erneuerbare Energien Gesetz*)에 대한 개정안이 2022년에

³석탄 단계적 폐지법은 다음과 같은 주요 구성 요소를 포함한다. 갈탄 및 무연탄을 사용한 전력 생산을 줄이고 궁극적으로 중단하는 법률; 송전망 요금에 대한 보조금을 부여하고 에너지 공급 보안 모니터링 업무를 연방 네트워크 기관 (*Bundesnetzagentur*)으로 이관하는 에너지 산업법(*Energiewirtschaftsgesetz*)에 대한 개정; 전기 혼합에서 재생 에너지를 65%로 하는 것을 목표로 하는 재생 에너지법(EEG)에 대한 개정, 2030년까지 연장하고 CHP의 추가 개발을 위한 규정 및 결과적 개정을 포함하는 열병합 발전법(CHP)(*Kraft - Wärme - Kopplungsgesetz*)에 대한 개정; 열병합 발전법 수수료 조례 및 CHP 입찰 조례에 대한 개정, 그리고 최종적으로 배출량 거래법(*Gesetzes*)

에 대한 개정, 즉 EU ETS에서 방출된 CO2 할당량 취소(*Gesetzes über den Handel mit Berechtigungen zur Emission von Treibhausgasen*).

⁴구조적 지원법은 석탄 지역에 대한 투자법과 함께 적용되며, 할당된 예산을 사용하여 영향을 받는 지역의 구조적 지원을 위한 성공적인 조치를 보장하는 방법을 포함한다. 석탄 지역에 대한 투자법은 석탄 지역에 400억 유로의 자금을 제공하고, 지역 및 지방 자치 단체 조치에 1,400만 유로, 연방 조치에 2,600만 유로를 계획하고 있다. 이 법률의 일부로, 연방 경제 및 기후 변화부(BMWK)는 2년마다 보고서를 통해 해당 법률의 진행 상황을 모니터링해야 한다.

통과되었다. 2030년까지 재생 에너지는 독일 전기 수요의 80%를 차지해야 한다. 해당 목표를 달성하기 위해 태양광 및 육상 풍력에 대한 확장 경로가 상당히 높아졌다. 태양광 에너지의 경우 확장률은 연간 22기가와트(GW)로 늘어나고 입찰 규모는 육상과 열린 공간에 균등하게 배정된다. 2030년에는 약 215GW에 달하는 태양광(PV) 시스템이 설치될 예정이다. 육상 풍력 에너지의 경우 용량을 연간 최대 10GW까지 늘려 2030년까지 독일의 육상 풍력 터빈 설치 용량을 약 115GW로 늘릴 예정이다(*Wind-an-Land-Gesetz*) (Staudenmaier 2023). 2023년 해상 풍력 발전법(*Wind-auf-See Gesetz*) 개정에 따라 설치된 해상 풍력 발전량 목표량이 2030년까지 최소 30GW, 2035년까지 최소 40GW, 2040년까지 최소 40GW로 증가했다 (Bundesregierung 2023a; BMWK 2022a).

중공업, 해운 또는 항공과 같이 직접 전기화를 통한 탈탄소화가 어렵거나 비용이 많이 드는 분야에서 녹색 수소와 그 파생물은 독일 에너지 전환의 원자력이심 요소이다. 국가 수소 전략은 수소를 경쟁력 있는 저탄소 연료로 만들기 위해 강력한 국내 수소 시장을 창출하는 것을 목표로 한다. 2030년까지 독일에 10GW의 전기분해 용량이 설치될 예정이다. 그러나 2030년까지 약 90-110TWh의 수소에 대한 미래 수요는 국내 공급을 초과할 것이다. 재생 에너지에 관한 독일의 역량이 제한되어 있으므로, 독일은 수입을 통해 수요를 충족시키고자 한다 (BMWK 2023a).

이산화탄소 배출을 줄이기 위해 유럽연합은 2005년에 유럽 배출권 거래 시스템(EU ETS)을 도입했다. 이 시스템은 27개 EU 국가와 아이슬란드, 리히텐슈타인, 노르웨이의 에너지 부문, 제조업, 항공 운송 분야의 약 10,000개 시설의 배출을 제한한다. 다운스트림 배출권 거래 시스템은 EU의 온실 가스 배출량의 약 40%를 차지하고 있다. 2023년 9월 현재, (European Commission 2023)생산된 이산화탄소 1 (Ember 2023)톤당 비용은 약 85유로였다.

그러나 EU ETS는 독일에서 생산되는 CO2 배출량의 일부만 다룬다. 기업이 탈탄소화를 달성하고, 산업과 소비 측면에서 화석 연료에 대한 수요가 감소하도록 하기 위해, 독일은 산업이 배출권 가격을 소비자에게 전가하는 업스트림 국가 배출권 거래 제도를 수립했다. 이 제도에 따라 가스 및 석탄 공급업체와 같이 배출에 책임이 있는 기관은 최종 사용자가 제품을 최종적으로 사용함으로써 발생하는 배출에 대해 비용을 지불해야 한다. 따라서 해당 추가 비용은 이후 소비자에게 전가된다. 이러한 제도의 동기는 난방 및 운송과 같은 다수의 배출 부문에 적용할 수 있기 때문이다. 모든 개별 배출자가 국가

배출권 거래 제도에 직접 참여하는 대신 기업을 통해 참여하는 것이다. 이 제도는 현재 배출된 CO2 1톤당 €30의 CO2 가격을 수반한다. 이 가격은 점진적으로 증가하여 2026년까지 배출된 CO2 1톤당 €55-65의 목표 범위에 도달할 예정이다 (UBA and Deutsche Emissionshandelsstelle 2023). 일반적으로 이 계획에 따르면, 석탄 화력 발전은 2038년 공식적인 단계적 폐지일 이전에 수익성이 없어질 것이라는 추정이 일반적이며, 이로 인해 석탄 발전이 더 조기에 철수될 가능성이 있다 (Schrems 2021).

에너지 부문의 탈탄소화 외에도 독일 에너지 전환의 또 다른 목표는 2023년에 달성된 원자력 에너지 단계적 폐지였다. 원자력 발전량은 1970년대에서 1990년대까지 꾸준히 증가했지만 그 후 정점을 찍었고 2005년에 전력 생산의 30%에서 (IEA 2020)2023년 4월에 마지막으로 가동 중인 3개의 원자력 발전소가 폐쇄된 후 0%로 감소했다.

3.2. 한국

3.2.1. 기후 목표

2020년 6월, 228개 지방정부 중 226개가 기후 비상사태를 선포하고 정부와 국회에 2050년까지 기후 중립을 달성하기 위한 노력을 요청했다. 2020년 국회는 기후 비상사태 결의안을 통과시키고 2050년까지 넷제로 배출을 달성하는 목표를 포함하는 포괄적이지만 구속력이 없는 (European Parliament 2021)탄소 중립 전략을 수립했다. 2021년 한국은 기후 위기 대응을 위한 탄소 중립 기본법 (탄소 중립법)을 통과시켜 한국 NDC가 2030년까지 2018년 대비 최소 35% 배출량 감축이어야 한다고 규정했다 (Climate Change Laws of the World 2023). 한국의 다소 야심 차지 않은 NDC에 대한 국제적 비판 이후, 문 대통령(2017~2022년 임기)은 2030년까지 2018년 수준 대비 40% 배출량 감축 목표로 강화했다 (Kim 2023b). 이는 2017년 수준 대비 24.4% 감소한 이전 NDC와 대조적으로 상당한 진전을 보인 것이었다 (Government of the Republic of Korea 2021). 2022년 10월 이후 구체적인 배출 감소 목표는 국가 예산 계획에 통합되어야 한다 (Climate Action Tracker 2023; MOTIE 2023).

3.2.2. 탈석탄 전략

이전 문재인 대통령 행정부는 석탄 생산 감축과 재생 에너지로의 대체에 상당한 중점을 두었다. 따라서 정부는 이미 건설 중인 발전소를 제외하고 새로운 석탄 화력 발전소 건설을 금지했다 (IEA and KEEI 2023). 앞서 언급한 탄소 중립법은 2050년까지 넷제로(net zero)

목표를 규정하고 있으므로 무분별한 화석 연료 사용의 단계적 폐지를 포함하고 있지만 구체적인 탈석탄 목표는 법으로 제정된 적이 없다 (Jang 2024). 그러나 문재인 정부는 2021년 COP26에서 목표를 명확히 밝혔다.

문재인 정부는 임기 중 석탄발전소 10 곳을 최종 폐쇄했다. 28 곳의 추가 석탄발전소를 LNG로 전환하는 작업은 현재 윤 정권의 제 10차 전력수급기본계획 (이하 '제 10차 기본계획')에 통합돼 2023년 3월에 공식 발표됐다.

10차 기본 계획에는 또한 암모니아나 수소와 같은 무탄소 자원을 사용하여 최종 단계적 폐지까지 석탄 발전소의 배출을 줄여 GHG 배출을 줄이는 계획이 수반된다. 암모니아의 경우 2027년까지 20% 함량의 공동 연소 프로젝트를 실현하고, 2030년까지 20% 공동 연소를 상용화하고, 2050년까지 100% 암모니아 연료 연소를 실현하는 계획이 마련되어 있다 (IEA and KEEI 2023).

2019년 기획재정부(MOEF)는 석탄 소비세를 28% 인상하는 한편 천연가스 소비세를 75% 인하했다 (IEA 2022). 해당 조치에 따라 정부는 LNG 수입세를 85% 인하했다. 이러한 모든 조치를 고려했을 때, 발전용 석탄에 대한 천연가스의 경쟁력이 높아졌다 (EIA 2023).

3.2.3. 추가 국가 정책

앞서 언급한 2050년 탄소 중립 전략은 한국 탄소 중립 목표를 달성하는 방법에 대한 자세한 계획을 제시한다. 이 전략은 5가지 핵심 요소를 포함한다. 1. 모든 부문에서 깨끗한 전력과 수소 사용 확대; 2. 에너지 효율성의 상당한 개선; 3. 탄소 포집 및 저장(CCUS)의 운용; 4. 산업의 지속 가능성을 개선하기 위한 순환 경제 원칙의 활용 및 5. 탄소 흡수원 강화 (Government of the Republic of Korea 2020).

재생에너지 활용 증진을 위해 한국 정부는 주요 전기 회사가 2023년까지 전기 믹스에서 재생에너지 점유율을 10%로, 2034년까지 25%로 늘리도록 요구하는 (Climate Action Tracker 2023) 재생에너지 공급의무화제도 (RPS)를 시행했다(한국신재생에너지센터, 2019). Our World in Data에 따르면, 2022년 한국의 전기 믹스에는 재생에너지가 8.66% 포함되었다 (Our World in Data et al. 2023b).

윤석열 행정부는 10차 기본 계획을 발표하면서 2030년까지 전력 믹스에서 재생 에너지의 목표 점유율을 21.6%로 설정했다 (Climate Change Performance Index 2022). 윤 정부는 재생 에너지원에만 노력을 집중하기보다는 원자력 에너지에 높은 전략적 우선순위를

두고 이를 저탄소 에너지에 대한 국가의 주요 솔루션 중 하나로 규정했다 (Kim 2023c). 따라서 장기적으로 원자력 에너지를 단계적으로 폐지한다는 이전 결정을 폐기하고, 2030년까지 최소 30%의 전기를 원자력 에너지로 공급한다는 목표를 설정했다 (World Nuclear Association 2023).

장기적으로 온실가스 배출을 줄이는 동시에 경제 성장과 산업 경쟁력을 뒷받침하기 위해 한국은 2019년에 수소 경제 로드맵을 채택하여 수소를 국가 에너지 믹스의 초석으로 확립하는 계획을 자세히 설명했다. 즉, 한국의 수소 개발이 증가하여 2040년에 약 1,040만 톤의 석유 환산 에너지 소비가 수소로 대체될 것으로 예상된다. 이 수치는 2016년 가정의 총 예상 에너지 소비 또는 총 액화천연가스(LNG) 소비의 5%에 해당한다 (MOTIE 2024). 2021년 한국은 독일과 일본에 이어 수소에 대한 공공 투자가 세 번째로 많았다 (Jane Nakano 2021).

한국의 배출권거래제(K-ETS)는 2015년 동아시아 최초 의 전국적 의무 ETS로 출범했으며, 당시 EU ETS에 이어 두 번째로 큰 탄소 시장이었다. 이에는 산업, 전력, 건물, 폐기물 및 국내 항공 부문이 포함된다. 2022년에 정부는 다음 단계에 앞서 메커니즘 개정을 위한 광범위한 이해 관계자 협의 과정의 일환으로 관련 부처, 기업, 협회 및 전문가와 정기 회의를 가졌다. 이를 통해 다양한 제안이 나왔으며, 33개는 기존 지침을 개정하여 단기적으로 시행하도록 이미 승인되었다. 나머지 제안은 장기적 개혁에 초점을 맞추고 있으며, 아직 검토 중으로, 2026년에 시작되는 K-ETS 4단계에 대한 새로운 규칙과 함께 도입될 것으로 예상된다 (ICAP 2022). 이는 오염 허가의 과도한 할당으로 인해 오염자에게 재정적 이익이 발생하고, 제도의 전반적인 거버넌스가 약해 효율성이 낮고 모니터링 및 평가 절차가 효과적이지 않은 것과 같이 K-ETS에 대한 일반적인 비판 사항 중 일부를 다룬다 (ICAP 2022; Time; Lee 2024b). 독일의 경우와 마찬가지로 K-ETS는 위에서 언급한 문제가 해결된다면 석탄 화력 발전소의 조기 단계적 감축에 기여할 수 있는 큰 잠재력을 가지고 있다.

4 현황 및 도전과 기회

본 장에서는 양국의 석탄 단계적 폐지 현황을 개괄적으로 살펴보고, 신속하고 완전한 탈석탄을 향한 추진 요인과 과제 및 기회를 비교한다.

4.1. 독일

다음 섹션(4.1.1)은 Honnen et al.의 "캐나다와 독일의 공정한 전환 지원. 독일의 60 년간의 석탄 단계적 폐지에서 얻은 교훈"에 처음 출간되었으며, (2023) 본 연구의 목적에 맞게 편집되었다.

4.1.1. 현황

독일은 석탄 산업에서 구조적 변화를 겪은 오랜 역사를 가지고 있는데, 이를 세 가지 과정으로 구분할 수 있다. 1960년대부터 서독에서 무연탄 채굴이 쇠퇴한 것, 통일 이후 동독의 에너지 부문이 구조 조정된 것, 그리고 늦어도 2038년까지 전국적으로 석탄 발전과 갈탄 채굴이 단계적으로 폐지되는 것이다.

1960년대 이후 서부 독일의 무연탄 채굴 감소

무연탄은 서독의 전후 경제, 사회, 정치 재건의 초석이었다. 해당 산업에 직접 고용된 사람의 수는 1957년에 약 600,000명으로 정점을 찍었다 (Oei et al. 2020a).

그러나 1958년 유럽 석탄 가격이 자유화되면서 가격이 하락하여, 해외 석탄과 수입 석유가 국내 석탄에 비해 저렴해졌다. 그 결과 독일의 무연탄 생산과 고용이 급격히 감소했다. 그러나 보조금을 통해 순조롭게 전환을 추진하고 사회적 어려움을 완화하기 위해 단계적 폐지가 장기간에 걸쳐 이루어졌다. 무연탄에 대한 보조금은 1950년부터 2018년까지 2,890억~3,310억 유로에 달했다. EU의 영향력이 커지면서 독일이 2018년까지 무연탄 채굴에 대한 보조금 종료법 시행은 2007년에야 가능했다 (Meyer et al. 2010).

게다가 서독의 무연탄 채굴 산업의 쇠퇴는 독일 정치에서 구조적 정책으로 해결되었다. 이는 (지역적) 경제적, 사회적, 그리고, 어느 정도의 환경적 문제를 해결하는 것을 목표로 했다.⁵ 기후에 대한 고려는 아직 역할을 하지

않았기 때문에 광산 폐쇄에도 불구하고 대부분의 석탄 화력 발전소는 계속 가동되었고 국내산 석탄이 아닌 저렴한 수입 무연탄으로 바뀌었다 (Honnen et al. 2023).

예를 들어, 석탄과 철강 산업으로 인해 독일의 '산업 심장부'로 여겨졌던 루르 지방에서 (Petzina 1984 인용 Dahlbeck et al. 2022, p.72) 첫 번째 구조적 정책은 석탄 산업의 쇠퇴를 멈추고 근로자에게 미치는 부정적 영향을 줄이는 것을 목표로 했다. 예를 들면, 무연탄에 보조금을 지원하고 재교육 및 조기 퇴직 기회를 제공했다. 그러나 경제적 다각화를 확대하기 위해 새로운 기업을 유치하는 것은 어려웠고 광산 회사, 정치인 및 노조의 저항에 부딪혔다. 게다가 광산 폐쇄가 늦어져 보조금과 정책 조치가 지역의 북부와 남부 사이에 불평등하게 분배되었다. 이로 인해 루르 지방은 독일의 다른 지역에 비해 경제력이 낮고 (장기적으로) 실업률이 높아졌다 (Dahlbeck et al. 2022; Oei et al. 2020a).

1980년대부터 구조적 정책 프로그램은 '선도 시장'의 확립 과 보다 다중심적 조정을 포함하여 보다 포괄적이고 지역화되었다. 생태적 및 문화적 측면도 점점 더 많은 관심을 받았다 (Oei et al. 2020a). 2000년대가 되면서, 루르 지방에서 보다 부문 전문성 지향적인 구조적 정책이 시행되었다 (Bogumil et al. 2012). 이러한 정책 변화로 인해 지역 내 기업가 활동이 증가하고 다각화되었다. 오늘날에도 여전히 적용되는 총체적 적응 및 지원 프로그램 접근 방식의 결과는 2010년대 루르 지방의 개발에서 확인할 수 있다. 이 기간은 루르 지방의 도시들이 점차 독립되어 각자가 개별적인 개발 전략을 만드는 것으로 특징지어진다 (Oei et al. 2020a).

이와는 대조적으로, 석탄의 역사에 상대적으로 영향을 덜 받았긴 했지만, 연방주인 자를란트는 단일 산업에 의존하고 있었다 (Oei et al. 2020a). 석탄 광산이 공공 소유였기 때문에 주와 연방 정부가 전환 과정에 더 많은 영향력을 행사했고, 소위 "저항(ground lock)"은 그다지

⁵무연탄은 서독에서만 채굴되었다. 동독은 무연탄 광산이 부족하여 갈탄에 의존했다.

큰 문제가 아니었다. 자동차 회사와 공급업체가 이전 석탄 및 철강 노동자와 유사한 기술을 가진 인력을 요구함에 따라 자를란트는 주로 석탄 및 철강에서 자동차 산업으로 전환했다. (Oei et al. 2020a; Lerch 2007). 그러나 자동차 산업으로의 전환은 일자리와 소득 창출을 위해 단일 대규모 부문에 대한 새로운 의존성을 초래했다. 그러나 온실 가스 집약 산업 자체로서 자동차 부문은 앞으로 몇 년 동안 크게 변모해야 할 것이다 (Niewel 2022).

무연탄 채굴 단계적 폐지 동안 중요한 패러다임은 '어떤 광부도 뒤쳐지지 않게 하는 것'이었다. 이 목표는 실제로 달성되었는데, 대체 고용(예: 금속 산업)을 찾을 수 없는 사람들에게 재교육 또는 조기 퇴직 제도가 제공되었기 때문이다. 그러나 이는 전후방 산업에는 적용되지 않았으며, 이들 역시 상당한 영향을 받았다. 따라서 구조적 정책은 또한 지역 경제의 다각화와 주변 지역과의 연결성에 초점을 맞춰야 했다 (Oei et al. 2020a).

모든 것을 고려했을 때, 두 지역 모두 아직 정의롭고 시기적절한 전환을 완료하지 못했다. 국내 채굴만 단계적으로 폐지되었고, 발전소는 수입 무연탄 사용으로 전환되었는데, 이는 기후와 세대 간 정의의 개념에 부합하지 않는다. 무연탄 발전소에 대한 단계적 폐지 계획은 2020년까지 존재하지 않았었다.

1990: 동독 에너지 부문 재구조화

독일 민주 공화국(GDR)에서 국내 갈탄은 가장 중요한 에너지원이었다. 1975-90년 기간 동안 1차 에너지 수요의 약 3분의 2를 차지하여 동독이 중공업을 확립하고 소련의 석유 및 가스 수입으로부터 어느 정도 독립할 수 있었다 (Hermann et al. 2017). 세계 최대의 갈탄 생산국인 GDR에는 두 개의 주요 광산 지역이 있었다. 루사티아(*Lausitzer Revier*) 및 중부 독일(*Mitteldeutsches 리비에르*) 루사티아가 두 곳 중 더 큰 곳이다 (Wolle 2020). 무연탄 매장지는 서독에만 있기 때문에, 동독에는 무연탄 광산과 발전소가 없었다 (Furnaro et al. 2021). 오늘날 동독에는 무연탄을 활용하는 발전소가 거의 없으며, 대부분 무연탄 수입의 배송 경로가 있거나 에너지 수요가 높은 지역에 위치해 있다 (UBA 2021).

1990년 독일 재통일로 인해 구 동독은 중앙 계획 경제에서 시장 경제로 갑작스럽게 체제가 바뀌었다. 대규모 산업화가 뒤따랐고, 루사티아 갈탄 산업의 대부분을 포함한 많은 부문에 영향을 미쳤다. 많은 동독 산업은 생산성 수준이 낮거나, 구식 기술을 기반으로 하거나, 재통일 후 몇 년 동안 단기 이익을 위해 외부

투자자에게 매각되었기 때문에 더 이상 서부와의 경쟁을 따라갈 수 없었다 (Ragnitz et al. 2022; Walk and Stognief 2021).

루사티아의 지질 조건은 갈탄 채굴과 발전을 매우 비싸게 만들었고, 이는 1990년대 이후 산업의 대부분이 폐쇄된 주요 이유 중 하나였다 (Ragnitz et al. 2022; Walk and Stognief 2021). 그 결과 수만 명의 사람들이 일자리를 잃은 갑작스러운 구조적 붕괴가 발생했다. 1989년에 루사티아 갈탄 산업은 80,000개의 일자리를 제공하고 있었지만, 2000년대 초반에 일자리 수는 10,000개 미만으로 줄어들었고 실업률은 20% 이상으로 상승했다 (Hermann et al. 2017; Gürtler et al. 2020; Noack 2022). 이 지역 주민의 약 5분의 1이 1995-2015년 기간 동안 떠났는데, 그들 중 다수가 젊고 교육 수준이 높았다 (Schwartzkopff and Schulz 2015).

'새로운 연방주'(*Neue Bundesländer*)의 경제적, 사회적 상황은 재통일 이후 주요 정책 문제가 되었다. 그러나 대부분의 주요 개입은 동독 전체에 적용되었으며 루사티아나 다른 석탄 지역의 지역적 특성이나 정체성에 특별히 맞춰지지 않았다. 처음에 주요 정책은 소위 '*Aufbau Ost*' ('동부 개발')였으며, 주로 대응적이고 노동 시장과 사회 정책 주제, 즉 조기 퇴직 제도, 재교육 및 일자리 창출 프로그램에 초점을 맞추었다. 이러한 조치가 사회적 어려움을 완화하는 데 도움이 되었지만, 일자리 창출 제도가 지속적인 긍정적 효과를 달성하기에는 전반적인 노동 수요가 너무 낮았다. '*Aufbau Ost*' 정책의 또 다른 초석은 실제 자본 비용을 시장 수준 아래로 낮춘 보조금을 통한 투자 자금 조달이었다. 투자 대출, 보조금 및 주식 보조금은 처음에는 민간 투자를 유치하는 데 성공했지만 이러한 발전은 오래가지 못했고 투자 활동은 다시 한 번 크게 감소했다. 아마도 수익성 있는 투자 기회가 충분하지 않았기 때문일 것이다 (Ragnitz et al. 2022).

1990년대 후반부터 구조적 정책은 구조적 적응을 지원하는 목표를 가지고 더욱 미래지향적으로 바뀌었다. 혁신 자금 지원과 기술에 강력한 초점을 맞추면서, 기술 부족과 이주 문제를 해결하는 방향으로 옮겨갔다. 이전 자금 지원 프로그램은 대체로 모든 부문에 대한 투자에 개방적이었지만, 해당 시점부터는 연구 개발 활동, 클러스터 형성, 일자리의 경제적 실행 가능성과 매력도에 더 중점을 두었다 (Ragnitz et al. 2022).

2010년대 초반, 기후 문제와 석탄 단계적 폐지에 대한 요구가 더욱 두드러지면서 갈탄과 산업의 남은 일자리에 대한 담론이 본격화되었다 (Ragnitz et al. 2022; Markard et al. 2021). 통일 30년 후인 2020년에, 독일

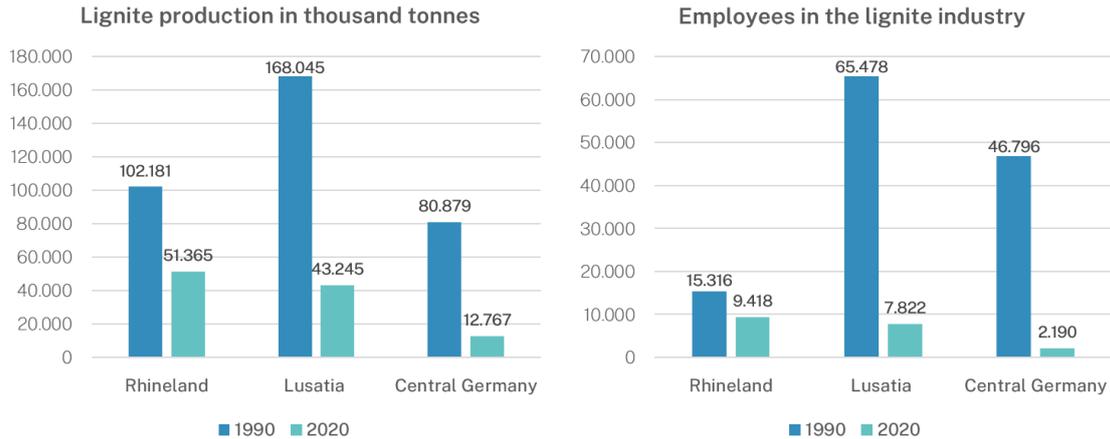


그림 3 : 갈탄 생산 및 고용, 1990 년과 2020 년, DIW Berlin et al. (2018) 및 Statistik der Kohlenwirtschaft e.V 을 기반으로 한 자체 설명 (2022).

정부는 전국적인 석탄 단계적 폐지법을 채택했다. 루사티아(Lusatia)는 현재 비교적 짧은 기간 내에 두 번째 주요 구조적 변화 과정에 직면해 있으며, 여전히 통일 후 몇 년 동안 제대로 처리되지 않은 여파로 어려움을 겪고 있다 (Walk and Stognief 2021). 이렇게 이미 위축이 현실화되었고 통일 이후 소유 구조에 있어 여러 차례 변화가 있었음에도 불구하고, 루사티아의 갈탄 산업은 여전히 이 지역에서 가장 큰 일자리 제공 산업이며, '에너지 지역'으로서의 정체성은 여전히 매우 강력하다. 고용의 경우, 이미 1990 년의 약 65,500 명에서 2020 년의 8,000 명 미만으로 감소했기 때문에(그림 3 참조), 대체해야 할 일자리 수는 통일 이후보다 현재 훨씬 적다. 그러나, 비슷한 안정성을 제공하며, 노조가 있고, 좋은 급여를 제공할 수 있는 대안 일자리는 거의 없다. 동시에 이 지역은 심각한 기술 부족에 직면해 있으며, 다른 지역에서 숙련된 근로자를 유치하는 데 있어서는 크게 성공하지 못했다. 게다가 외딴 지역이라는 입지, 불리한 경제 여건, 낮은 혁신 역량, 인구 통계적 및 문화적 요인 (Stognief et al. 2019) 으로 인해 변화를 완수할 준비가 덜 되어 있다 .

2038년까지 전국 석탄발전 및 갈탄 채굴 단계적 폐지

2018 년 12 월 마지막 광산이 폐쇄된 이후로 독일에서는 더 이상 무연탄 채굴이 이루어지지 않는다(그러나 수입 무연탄을 사용하는 발전소는 여전히 가동 중이다). 반면, 갈탄 채굴은 여전히 활발한 산업이며, 갈탄을 기반으로 하는 발전도 마찬가지이다.

2019 년 기준, 독일의 갈탄 산업에 직접 고용된 사람은 약 20,000 명이었지만, 이 수치는 지난 30 년 동안 상당히 크게 감소했으며, 특히 2 개의 동부 탄전에서

줄어들었에도 불구하고, (그림 3 참조) 간접 고용과 유도 고용 수치는 상당히 높다. 해당 영향 지역에서 갈탄 산업은 여전히 주요 경제적 요인이며 지역 정체성의 중심적 역할을 한다.

최근 몇 년 동안 석탄 단계적 폐지가 독일의 기후 목표 달성에 대한 주요 기여 중 하나가 되어야 한다는 점이 대중과 정책 입안자 모두에게 점점 더 분명해졌다. 이러한 배경에서 독일 석탄 지역의 구조적 변화라는 주제가 다시 한번 연방 정부와 관련 지자체의 정치적 의제에 올랐다. 전환의 주요 동인이 경제적 고려 사항이 아니라 기후 변화 완화를 위해서라는 점 때문에, 해당 논쟁은 패러다임 전환으로 불린다. 예를 들어 무연탄 채굴 단계적 폐지에 비교하였을 때, 이번 전환에 소요되는 기간이 이전 전환보다 훨씬 짧을 것이라는 인식이 생겼다. 또한, 미래 지향성, 지역별 맞춤형 정책, 이해 관계자 참여에 더 많은 중점을 두고 있다 (Reitzenstein et al. 2022).

2010 년대 초반 이전에는 정치적 논쟁에서 석탄 단계적 폐지 옵션이 거의 고려되지 않았다 (Furnaro 2022) . 2015 년 파리 협정이 주로 석탄 산업에 대한 압력을 배가시켜, 석탄 사용을 점진적으로 줄이는 것이 불가피하게 되었다 (Leipprand and Flachsland 2018) . 그 후 다양한 이해 관계자가 상충되는 이해를 가지고 참여하여 매우 논란이 많은 논쟁이 이어졌다. 섹션 3.1.2 에서 논의한 대로 성장, 구조 변화 및 고용 위원회 (석탄 위원회라고도 함)가 설립되어 2038년까지 독일의 석탄 단계적 폐지에 대한 권고안을 제공했다. 석탄 위원회에 대한 자세한 내용은 그림 4 " 독일 석탄 위원회: 설립 및 결과 " 참조

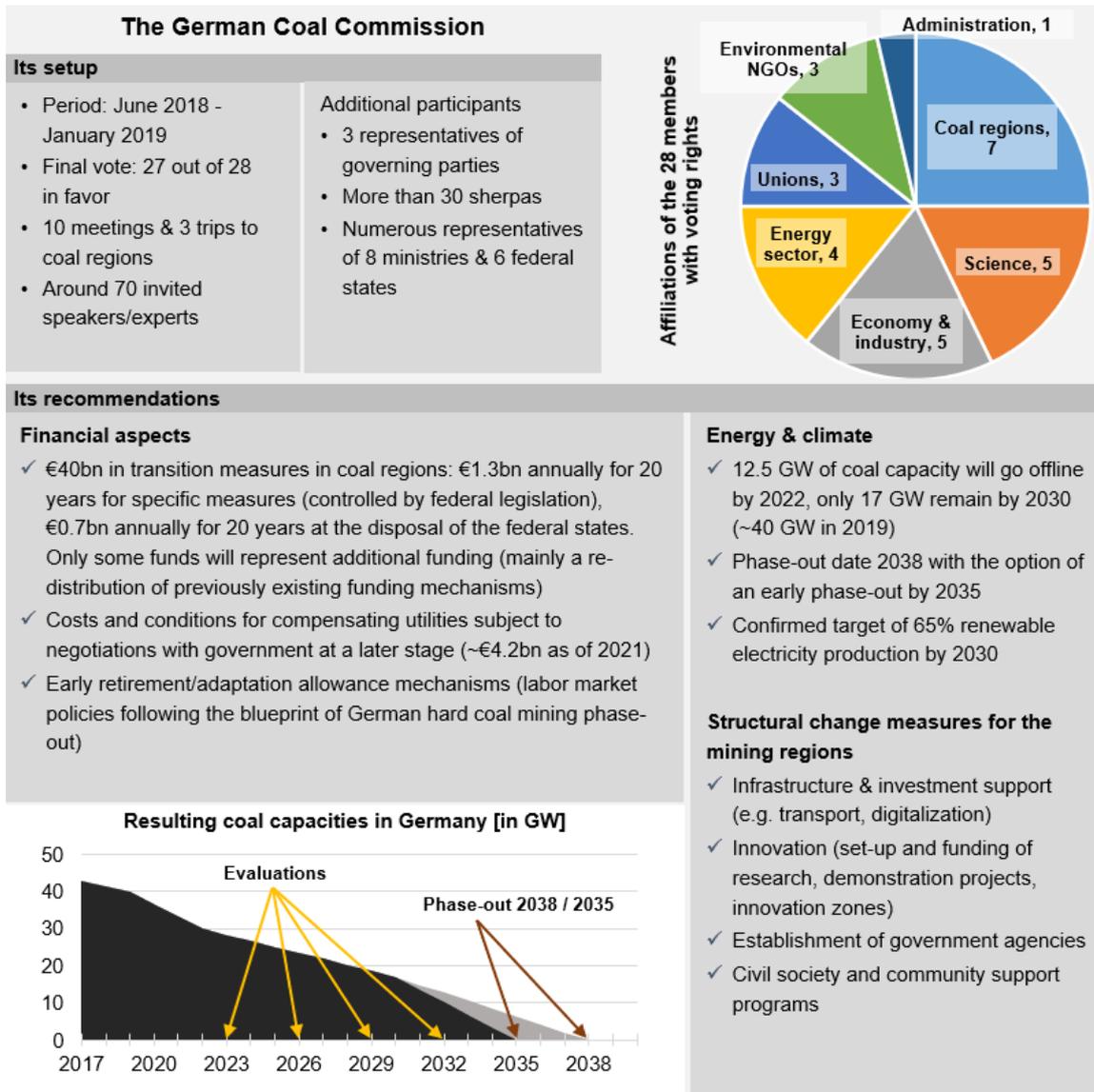


그림 4: 독일 석탄 위원회 구성 및 결과. 출처: Hauenstein et al. (forthcoming) based on Kommission Wachstum, Strukturwandel und Beschäftigung (2019). 승인 후 재구성 되었으며, 최초 출처는 다음과 같다.: (Honnen et al. 2023).

이에 연방정부는 2020년 7월 독일 의회에서 채택된 다음의 입법 패키지를 제안했다. 바로 석탄 단계적 폐지법(*Kohleausstiegsgesetz*)과 석탄 지역에 대한 구조적 지원법(*Strukturstärkungsgesetz Kohleregionen*)이다. 2021년 9월 연방 의회 선거 이후, 연립 여당 파트너는 석탄 발전 단계적 폐지 기한 2030년까지 앞당기기로 합의했다 (Bundesregierung 2023b).

4.1.2. 동인

독일의 석탄 단계적 폐지와 관련 전환 과정은 주로 역사적인 정치적 발전과 경관적 압력에 의해 주도되었다. 세 가지 주요 동인은 다음에서 논의된다.

첫째, 1958년 유럽 석탄 가격의 자율화와 및 이에 따른 가격 하락으로 석탄과 석유 수입이 독일산보다 저렴해졌다. 이로 인해 독일 내 무연탄 생산의 수익성이 사라졌다. 가격의 격차는 처음에는 보조금으로 상쇄되었지만, EU 법률을 준수해야 하므로 2018년까지 보조금 지원을 종료해야만 했다 (Meyer et al. 2010). 결과적으로 같은 해에 남아 있던 모든 무연탄 채굴 시설이 폐쇄되었다.

둘째, 1990년 독일 재통일과 관련된 전 동독의 중앙 계획 경제에서 시장 경제로의 갑작스러운 시스템 변화는 동독의 갈탄 부문에 큰 영향을 미쳤다. 이 부문의 경제적 수익성 감소와 전반적인 구조적 혼란으로 인해 연방 및 주 차원에서 전환 및 지원 정책이 필요하게 되었다.

마지막으로, 국제 사회와 국내 시민 사회의 압력이 독일 에너지 부문의 전환을 촉진했다. 독일은 전통적으로 1970년대부터 강력한 환경 운동을 해왔다. 그러나 1990년대까지 국가 운동은 주로 원자력 단계적 폐지에 대해 목소리를 높이는 방향으로 전개되었다. 석탄 채굴과 연소의 부정적 결과에 대한 우려는 대부분 지역 차원의 이니셔티브를 통해 표명되었다. 그러다가 1990년대에 기후 변화라는 주제가 더욱 두드러졌다. 하지만 해당 우려는 석탄 산업에 미치는 부정적 경제적 영향에만 집중되었다. 이후 2011년 후쿠시마 붕괴 사고 이후, 원자력 에너지를 단계적으로 폐지하고 GHG 배출을 줄이며 에너지 효율성을 높이기 위해 '에너지 전환' 법이 제정되었다. 그러나 다수의 독일 국민은 원자력과 화석 연료 에너지의 단계적 동시 폐지에 불안을 느꼈다 (Renn and Marshall 2016). 독일 내에서 두 가지의 단계적 폐지에 대한 논쟁이 벌어지는 동안, 2015년 *파리 협정*이 체결되며 석탄의 단계적 폐지에 대한 논의가 심화되었다. (Leipprand and Flachsland 2018).

4.1.3. 도전 과제

독일의 석탄의 단계적 폐지와 구조적 변화는 광범위한 과제를 안고 있다. 특히 갈탄 지역에서 갈탄 산업과 관련 기업이 중심적인 역할을 했으며, 이 지역의 대부분의 일자리와 경제적 기회를 제공했다. 따라서 해당 산업의 붕괴는 주요 사회적, 정치적, 경제적 영향을 미쳤으며 이 지역의 매력도에 영향을 미쳤다. 다음 섹션에서는 주요 도전 과제를 제시하고자 한다.

정치적 도전

과거 동독에서 무연탄 채굴의 단계적 폐지와 에너지 부문의 구조 조정으로 연방 정부와 주 정부 모두 변혁의 부정적 결과를 완화하기 위한 효과적인 대응책을 수립하는 데 어려움을 겪었다. 루르 지역의 초기 정책은 주로 대응적이었고, 석탄 산업의 쇠퇴를 막는 것을 목표로 하였다. 해당 정책은 노동자와 기업의 저항을 촉발했고 효과가 없는 것으로 판명되었다 (Brauers et al. 2018). 당시 정책은 지역의 개별적인 과제와 잠재력에 맞게 조정되지 않았으며, 구조적 지원 프로그램이 이웃 지역에 미치는 영향을 고려하지 않았다 (Ragnitz et al. 2022). 게다가 구조적 정책 조치의 혜택은 지역 내에서(예: 북부 대 남부 루르 지역) 및 지역 간에(예: 서독 대 동독) 고르지 않게 분배되어 격차가 지속되었다 (Brauers et al. 2018; Oei et al. 2020a; Dahlbeck et al. 2022). 이처럼 타겟이 정해지지 않은 정책의 효과는 오늘날에도 여전히 널리 찾아볼 수 있다. 루르 지역뿐만 아니라 전반적으로 경제 여건이 좋지 않은 루사티아에서도 신규 사업에 대한 매력

감소했으며 인구 감소를 경험하고 있는데, 이는 적용된 전환 정책의 선택과 관련이 있을 수 있다 (Brauers et al. 2018; Ragnitz et al. 2022).

루르 지방 정부가 무연탄 채굴 단계적 폐지를 조기에 소통하지 못한 것은 경제적 다각화를 방해하고 전환 비용을 증가시켰다 (Dahlbeck et al. 2022). 이해 관계자의 참여 부족과 그들의 의견을 고려하지 못한 것은 강력한 저항으로 이어졌다. 예를 들어, 정부 정책에 대한 민간 채굴 회사의 "저항(ground lock)"은 더 빠른 조치를 방해하고 새로운 회사의 정착을 방해했다 (Brauers et al. 2018; Oei et al. 2020a; Dahlbeck et al. 2022).

또 다른 중요한 과제는 전환과 관련된 상당한 비용에서 발생한다. 과거에 영향을 받은 지역과 석탄 산업은 세금을 통해 자금이 조달되어 상당한 보상금을 받았다 (Hauenstein et al. forthcoming). 예를 들어, 1950년에서 2018년 사이에 루르 지역의 회사에 대한 무연탄 보조금만 2,890억~3,310억 유로에 달했다 (Meyer et al. 2010). 현재까지 보조금, 보상금, 구제 기금을 포함한 석탄 단계적 폐지와 관련된 직접 비용의 대부분은 여전히 국가 및 연방 정부 예산에서 부담하고 있다. 석탄 위원회는 (Brauers et al. 2018; BMWK 2023c) *석탄 화력 발전소 단계적 폐지에 관한 법률(Kohleausstiegsgesetz)*에 따라 갈탄 단계적 폐지를 위한 지원 제도에 43억 5,000만 유로, 무연탄 단계적 폐지를 위해 7억 3,000만 유로를 예산으로 책정했다. 석탄 지역에 대한 구조적 지원법(*Strukturstärkungsgesetz Kohleregione*)에 따라 손실된 일자리를 보상하고, 갈탄 부문에서 새로운 일자리를 창출하기 위한 지역 투자에 추가로 400억 유로가 예산화되었으며, 무연탄 부문에 추가로 19억 유로가 예산화 되었다. (BMWK 2024).

경제적 도전

현재 진행 중인 석탄의 전환과 계획된 단계적 폐지는 독일 석탄 부문에 종사하는 사람들에게 어려움을 끼쳤으며, 이는 오늘날에도 여전히 사실이다. 무연탄 산업의 많은 근로자가 재교육 및 재고용 노력을 통해 새로운 일자리를 확보할 수 있었지만, 갈탄 산업 내에서 노천 채굴, 즉 원자재 추출에 직접 관여하는 사람들의 상황은 훨씬 더 복잡했다. 갈탄 부문에서 가장 큰 근로자 그룹이기 때문에 갈탄 지역에서 제공되는 소수의 기존 일자리와 상응하는 직업 기회는 해당 인구를 흡수하기에 충분하지 않았다 (Oei et al. 2019). 즉 결과적으로 대체 산업으로의 전환을 추진하는 것은 추가 조치가 필요한 복잡한 과제였으며 여전히 그러하다 (Oei et al. 2020a).

특히 이러한 어려움 때문에, 무연탄 채굴 지역에서 시행된 구조적 정책과 대체 고용 제도는 주로 광부들을 위한 대체 고용을 찾는 데 집중되었다. 불행히도, 이러한 노력은 전후방 산업의 근로자들을 간과하여 해당 변환의 영향에 취약하게 만들었다 (Oei et al. 2020a). 더욱이 석탄 전환의 영향은 남성보다 여성에게 덜 영향을 미쳤지만, 이러한 성별에 따른 구분은 정책에서 고려되지 않았다 (Walk et al. 2021; Braunger and Walk 2022). 광산 및 석탄 산업과 관련 전방 사업에 대한 이러한 직접적인 영향 외에도, 전환은 경제에 몇 가지 추가적인 과제를 불러왔다.

서독 지역은 지식 부문에서 보다 큰 경제적 다각화와 성장에 대한 일반적인 트렌드를 경험했다 (Brauers et al. 2018). 그럼에도 불구하고 소득과 일자리 창출을 위해 종종 단일 대규모의 탄소 집약적 산업에 대한 새로운 의존성이 발생했다. 예를 들어, 자동차 부문은 자를란트(Saarland)에서 석탄 및 철강 산업을 대체했는데, 이는 공급업체가 석탄 및 철강 노동자와 유사한 기술을 보유한 인력이 필요했기 때문이다. 그럼에도 불구하고 해당 산업은 2045년까지 (Lerch 2007; Oei et al. 2020a) 독일의 넷제로(net zero) 배출 목표를 달성하기 위해 앞으로 몇 년 동안 변화해야 하며, 이는 더 많은 과제를 안겨주고 있다 (Niewel 2022).

동독에서 경제 및 정치 시스템의 붕괴로 인해 촉발된 광업 부문의 전환은 해당 지역과 경제에 큰 과제로 남아 있다 (Brauers et al. 2018). 점진적인 쇠퇴에도 불구하고 루사티아의 갈탄 산업은 2014년 이 지역의 총 부가가치의 약 4%를 차지했고, 약 8,000 명을 직접 고용 인력이 존재했다 (DIW et al. 2018). 게다가 이 지역은 비교적 열악한 인프라, 덜 유리한 경제 여건, 새로운 기업을 유치하기 위한 어려움에 처해 있다 (DIW et al. 2018; Brauers et al. 2018).

슈테판 가트너(Stefan Gärtner)의 연구에 따르면 (2019), 혁신은 인구 밀도가 높고 지식 경로가 좋은 지역에서 더 자주 발생하는 경향이 있는데, 이러한 특성은 현재 루사티아에서 희소하게 발견된다(4.1.3 참조). 오늘날까지 많은 투자 지원은 지역 외부에서 비롯되고 있으며, 많은 프로젝트가 제공되는 재정 및 지식 지원에 크게 의존하고 있다. 결과적으로 이러한 지원이 줄어들면 수많은 프로젝트가 자생력을 유지하기 위해 고군분투하게 될 것이다 (Brauers et al. 2018).

에너지 공급 및 인프라와 관련된 과제

석탄의 단계적 폐지는 현재 독일의 에너지 및 전기 공급에 상당한 과제를 안겨준다. 섹션 2.1에서

강조했듯이, 갈탄과 무연탄은 2021년 총 1차 에너지 소비량의 17.5%, 총 전기 생산량의 29.4%를 차지했다. 2045년 넷제로(net zero) 배출 목표를 달성하고 석탄 단계적 폐지를 달성하려면 석탄 연료 에너지를 재생 에너지원으로 대체하는 것이 필수적이다. 여러 연구에 (BCG and Prognos 2018; UBA 2017; Öko-Institut and Fraunhofer ISI 2015) 따르면 독일에서 재생 에너지를 확대하고 에너지 효율을 높이면 2030년까지 원자력 및 화석 기반 발전 단계적 폐지로 인한 손실을 상쇄할 수 있다 (DIW et al. 2018).

에너지를 대체하기 위해서는 안정적인 에너지 공급을 보장하기 위해 에너지 시스템의 근본적인 변형과 구조 조정이 필요하다. 재생 에너지원은 외부 조건에 따라 다양한 양의 전기를 공급하기 때문에 화석 연료가 제공하는 보다 일관된 기본 부하에 비해 공급이 더 불안정할 것이다. 따라서 전기 시스템과 수요는 더 유연해져야 한다. 이를 위해 전기 그리드의 전반적인 확장과 함께 스마트 미터 및 저장 옵션과 같은 추가 인프라가 필요하다 (DIW et al. 2018).

2030년까지 석탄화력발전소를 점진적으로 폐쇄하면 가격순서 변경으로 전체 전력거래소 가격이 상승할 수 있다는 전망이 나온다. 예를 들어 폐쇄된 갈탄 및 무연탄 화력 발전소가 가스 발전소로 대체되면 한계 비용이 상승하여 가격이 인상될 수 있다. 그러나 이러한 변화는 또한 외국 전기 거래, (국내) 재생 에너지 용량 확장, 탄소 가격 및 (국제) 화석 연료 가격의 발전에 따라 달라진다 (DIW et al. 2018; Arnold et al. 2020). Öko 연구소는 위에서 언급한 측면을 고려하여 다양한 시나리오를 모델링했다. 해당 모델링은 독일에서 정책으로 인한 석탄 화력 발전소 폐쇄가 약 0.4ct/kWh의 가격 효과를 유발함을 보여준다. 그러나 재생 에너지 공급 증가는 해당 변화를 상쇄할 수 있는 잠재력이 있다. 전반적으로 저자들은 독일 석탄 단계적 폐지가 목표 보상 조치와 포괄적인 전략을 수반하는 경우 독일 경제와 소비자 단체에 미치는 전기 가격에 대한 영향은 작을 것이라고 결론지었다 (Matthes et al. 2019).

사회적, 문화적 도전

동독에서는 동독 붕괴 후 갑작스러운 구조적 붕괴와 광산업의 대부분 폐쇄로 인해 수천 명의 사람들이 일자리를 잃었다 (Gürtler et al. 2020). 그 결과, 많은 주민들이, 대체로 젊고 교육 수준이 높았음에도, 해당 지역을 떠나 서독으로 이주하기로 결정했다. 이로 인해 숙련 노동자가 부족해지고 노동력이 감소하면서 해당 지역을 되살리는 데 어려움이 생겼다 (Schwartzkopff and Schulz 2015; DIW et al. 2018). 또한 시행된 사회

정책과 일자리 창출 프로그램은 주로 일시적이고 저숙련 사회 봉사직으로 구성되었으며, 지속적인 긍정적 효과를 내지 못했다 (Ragnitz et al. 2022). 오늘날까지도 루사티아의 실업률은 국가 평균의 거의 두 배이다.

이는 Oei et al. (2020b)의 연구에서 뒷받침되는데, 해당 연구에서는 향후 몇 년 동안 갈탄 지역과 독일 전체에서 갈탄 단계적 폐지의 사회경제적 효과를 추정하였다. 연구 저자들은 전반적으로 갈탄 지역에서 고용이 감소할 것이라고 말했다. 그러나 이러한 효과의 대부분은 인구 통계적 변화와 다른 지역으로의 근로자 이동에 기인할 수 있으며, 둘 다 석탄 단계적 폐지와는 크게 관련이 없다. 그러나 구조적 변화의 부정적 영향은 향후 단계적 폐지의 초기 단계에 나타날 가능성이 높다. 따라서 타겟형(targeted) 노동 시장과 사회 정책이 필요하다.

게다가 지역 주민들은 독일의 다른 지역에 비해 석탄의 단계적 폐지에 대해 여전히 높은 수준의 회의적인 태도를 보이고 있다 (DIW et al. 2018). 의미 있는 수용이 부족하다는 것은 기존 조치들이 전환의 영향을 가장 많이 받는 지역에서 사회적 수용을 효과적으로 촉진하지 못했음을 나타낸다. 나아가 현재 지원 조치는 지역 사회의 참여를 예상하고 있으나, 루르 혁신 및 구조 정책 연구소(RUFIS)의 연구자들은 이것이 포괄적이고 투명하지 않다고 밝히고 있다. 제안된 큰 목표의 조치들은 거의 사용되지 않았고, 참여는 종종 본질적으로 하향식으로 이루어질 뿐이며 참여에 대한 전략적 접근 방식이 부족하다 (Goerke et al. 2023).

해당 분석은 2038년까지 또는 기껏해야 2030년까지 동독의 남은 갈탄 용량을 단계적으로 폐지해야 하는 지속적인 사회적 과제를 강조한다. 연방 정부는 *Strukturstärkungsgesetz* (석탄 지역에 대한 투자법)에서 이 문제를 다루고 있는데, 바로 다양한 프로그램과 정책을 통해 석탄 폐지 이전보다 해당 지역을 더 나은 곳으로 만들겠다는 명확한 목표를 가지고 전체 지역의 사회적, 생태적, 경제적 변화를 지원해야 한다는 것이다 (BMWK 2023b).

4.1.4. 기회

위에서 설명한 수많은 도전 과제와 더불어, 영향 지역과 독일 전체에 존재하는 여러 기회도 제시하고자 한다.

무엇보다도, 석탄의 단계적 폐지 목표는 2045년까지 독일의 넷제로(net zero) 목표 달성에 기여한다. 석탄 기반 에너지 생산에서 재생 에너지로의 전환함에 따라 배출량이 상당히 감소하기 때문이다. 2020년에 갈탄과 무연탄은 독일의 발전 관련 CO2 배출량의 66%를

차지했다. 게다가 무연탄의 단계적 폐지는 독일의 수입 의존도를 줄인다. 오늘날 무연탄은 1차 에너지 소비의 8%, 발전 전력의 9.3%를 차지하고 있으며, 소비된 무연탄 중 2020년에 93%가 수입되었다 (BMWK 2022b).

둘째, 기존의 석탄 지역은 재생 에너지원으로의 전환을 활용하여 재생 에너지 부문의 개발을 장려함으로써 '에너지 정체성'을 유지할 수 있다. 이는 이전에 갈탄 부문에 종사했지만 노천 채굴에는 직접 관여하지 않은 직무 종사자에게 특히 유익할 수 있다. 왜냐하면 이들의 경우 재생 에너지 분야에서 새로운 고용 기회를 찾을 수 있기 때문이다 (Honnen et al. 2023). 해당 접근 방식은 에너지 부문의 기존 전문 지식을 활용하고, 지역 내 인력을 유지하며, 미래 지향적 산업의 개발을 용이하게 한다.

셋째, 해당 전환은 기업과 시민 모두에게 해당 지역의 매력을 강화할 수 있는 기회를 제공한다. 구조적 변화 정책이 성공한 지역에서는 경제가 더 다양화되고, 공공 서비스 제공이 늘어나며, 지식이 향상되고, 전반적인 삶의 질이 향상된다. 좋은 예로 루르 지역이 있는데, 무연탄 단계적 폐지 이전에는 단 하나의 대학도 존재하지 않았다. 오늘날 이 지역에 다양한 대학과 연구 기관이 있는 것은 연구, 개발, 혁신을 위한 중요한 원동력이 되었으며, 그 영향력은 지역 자체를 훨씬 넘어선다 (Honnen et al. 2023). 새로 설립된 대학은 기업과 시민에게 더 매력적으로 작용하며, 입지 요인을 늘리고, 고도로 숙련된 노동자에 대한 수요를 자극하고, 연구 기반 혁신을 촉진한다. 시민에게는 이전 산업 부지가 랜드마크로 재자연화되거나 변형되는 소프트 파워 입지 요건이 강화되고 있다 (Brauers et al. 2018). 해당 변화는 이전 섹션에서 설명한 불리한 인구 통계적 추세를 상쇄할 수 있는 잠재력이 있다.

넷째, 전직 석탄 산업 종사자의 재교육은 독일에서 숙련 노동자의 부족이 증가하는 문제를 해결하는 데 도움이 될 수 있다. 그러나 신규 일자리는 종종 임금 수준이 낮아 근로자에게 덜 매력적이다. 하지만, 갈탄 노동력의 약 3분의 2는 현재 45세 이상이다. 독일 경제 연구소(DIW)의 추산에 따르면, 대부분은 최종 단계적 폐지 후에도 이전 광산 부지의 (DIW et al. 2018) 재개발 작업을 계속할 수 있으므로 은퇴 연령에 도달할 때까지 갈탄 부문에서 계속 일할 수 있다.

4.2. 한국

4.2.1. 현상 유지

첫 번째 장에서 설명한 대로 한국은 석탄화력 발전 덕에 경제가 발전한 역사를 가지고 있으며, 이를 통해 한국이 산업화 국가로서의 지위를 얻는 데 도움이 되었다.

오늘날까지 기술 산업 경쟁력을 확보하고 유지하는 것은 한국의 주요 목표 중 하나이다. 2000년대 초반에 한국은 전반적인 경제 경쟁력을 높이는 수단으로 녹색 기술로의 전환을 인식하기 시작했다 (Thurbon et al. 2021).

7차 전력수급기본계획(2015-2019)을 둘러싼 논의에서 석탄화력발전소 감축이라는 아이디어가 처음으로 제시되었다. 그러나 석탄 트렌드는 여전히, 미세먼지에 대한 공중보건 우려에도 불구하고, 석탄화력발전소 확대가 계속되었다 (Jeong et al. 2021).

2017년 문재인 정부는 석탄화력발전소의 철거 속도를 높이는 방향으로 정책을 전환하기 시작했다 (Jeong et al. 2021). 해당 정책 전환의 일환으로 최소 30년 이상 운영되어 온 10개의 석탄발전소가 폐쇄되었다.

3,300MW의 석탄발전이 중단되었고 2기가 가스 발전소로 전환되었다. 나아가 문재인 정부는 이미 진행 중인 프로젝트를 제외하고 새로운 석탄화력발전소 건설을 금지했다 (IEA and KEEI 2023). 2022년 현재 국내 석탄화력발전소는 57기가 가동 중이고 4기가 건설 중이다. 충남이 29기로 가장 많고 그 뒤를 경남 (14), 강원(6), 인천(6), 전남 (2) 순으로 잇는다. (IEA and KEEI 2023).

지금까지 가동이 중단된 석탄화력발전소의 용량은 500MW 수준인 반면, 가동 중인 신규 발전소의 용량은 1000MW로 상당히 높다. 따라서 석탄화력발전소의 전체 용량은 감소하지 않았다. 실제로 2018년 석탄화력발전 증가로 인해 전기 및 난방 부문의 CO2 배출량은 1990년 수준의 480%에 도달하여 한국 온실가스 배출량의 정점을 이루었다 (Jones et al. 2024). 현재 계획은 법으로 제정되지 않았더라도 2050년까지 모든 기존 석탄 발전소를 철거하거나, LNG로 개조하려는 것으로, 현재 약 36.6GW의 용량을 고려하고 있다. 그러나 진행 중인 발전소 건설이 마무리됨에 따라 용량은 2030년까지 40GW로 증가할 것으로 예상된다. 제 10차 전력 수급 기본 계획은 2036년까지 노후 발전소의 지속적인 폐쇄로 인해 용량이 다시 27.1GW로 감소할 것으로 예상하고 있다 (Lee 2024a).

한국에너지경제연구원(KEEI)에 따르면, 정부는 석탄화력발전소 근로자들을 송전 및 배전 시스템의 건설 및 유지관리에 재배치할 계획이다. 이는 LNG, 수소 및 암모니아 연료 발전과 재생에너지의 확대에 의해 수요가 높을 것으로 예상된다. 폐쇄된 8개 발전소의 경험에 따르면 근로자의 95%가 재배치되었다. 나머지 5%는

은퇴하거나 해고되었다. 전력회사에 직접 고용된 근로자의 근속율은 100%였다. 해당 근로자들은 발전기, 터빈 및 보일러와 같은 발전소의 주요 구성 요소를 관리하는 일을 담당한다. 민간 기업에 고용된 근로자는 85%-95%의 비율로 유지되었다. 이에는 유지관리, 보안, 청소 및 기타 직업을 담당하는 근로자가 포함되었다. 또한 정부는 지역 경제와 전기 공급에 기여하는 방식으로 석탄화력발전소 부지를 재활용할 계획이다. 일부 지정된 석탄화력발전소는 백업 전원 공급으로 계속 운영될 수 있고 나머지 부지는 산업단지나 관광/문화 유적지로 재개발될 수 있다 (IEA and KEEI 2023).

한국의 석탄 채굴 부문의 규모는 상당히 작다. 한국석탄 또는 KOCOAL이라고도 알려진 한국석탄공사는 한국의 석탄 채굴 산업을 감독하는 공기업이다. KOCOAL은 국내 무연탄 광산 3곳을 운영하며, 2022년 기준 약 0.8백만 톤을 생산했다 (Statista 2023a). 채굴량의 정점은 1988년으로 5.2백만톤 이었다 (Global Energy Monitor 2021).

4.2.2. 동인

한국에서 구조적 변화를 주도할 수 있는 잠재력을 가진 다양한 경제적, 사회문화적 요인이 있다. 이러한 주도적 요인을 파악하는 것은 필요한 변화가 가능하도록 도와주는 효과적인 정책을 수립하기 위한 토대를 마련하는 데 중요하다.

윤 대통령은 외교 정책의 일환으로 한국을 "세계적 중심 국가"로 만드는 목표를 추구한다. 여기에는 자유, 인권 및 법치주의를 증진하는 데 도움이 되는 국제적 역할과 책임을 다하는 책임 있는 국가로서 봉사하는 것이 포함된다 (Snyder 2023). 이와 같은 맥락에서 1996년부터 OECD 회원국이었던 한국은 2021년 유엔 무역개발회의(UNCTAD)에서 공식적으로 선진국 지위로 변경했다. 이를 통해 한국은 기후 보호 정책을 채택할 책임을 공식적으로 받아들였다. 기후 보호 조치를 강화하라는 국제적 압력이 매년 증가하고 있으며, 특히 제조업 국가로서, 한국의 기후 정책은 적어도 부분적으로는 이러한 압력에 부응하려는 노력으로 볼 수 있다.

한국의 구조적 변화 과정에 활력을 불어넣는 중요한 요인은 한국의 여러 대규모 석탄 지역에서 석탄 연소를 단계적으로 폐지하고 대신 재생 에너지 솔루션의 배치를 늘리라는 요구이다. 충남, 강원, 전남 및 인천광역시의 4개 지역은 한국의 총 석탄 용량 36.4GW 중 28GW를 담당하고 있다. 4개 지역(및 3개 지역)은 2023년 3월 현재 48개 국가 정부, 49개 지방 정부 및 71개 글로벌

기구의 연합인 탈석탄동맹(Power Past Coal Alliance)의 회원이다 (Power Past Coal Alliance 2023).

한국 내 놀라운 수준의 대기 오염은 점점 더 대중의 관심사가 되었다. 2019년 연구에 따르면 한국인의 81%가 한국의 미세먼지 수준에 대해 우려하고 있다 (Gallup Korea 2019). OECD는 2019년에 한국에서 10만 명의 시민당 42.7명이 주변 대기 오염으로 사망했다고 보고했다(OECD 평균은 28.9명) (OECD 2023). 한국, 특히 서울의 높은 수준의 대기 오염의 주요 원인은 교통, 화석 연료 연소, 그리고 중국에서 황해를 가로질러 바람에 의해 운반되는 2차 오염과 몽골과 중국 사막의 미세먼지 때문이다 (Ministry of Environment 2016; Kim 2019). 중국에서 흘러드는 오염을 줄이기 위해 할 수 있는 일이 거의 없지만, 한국은 디젤 엔진 자동차와 특히 석탄 발전소로 인해 자국 국경 내에서 발생하는 미세 먼지 오염을 적극적으로 줄일 수 있다. 이러한 이유로, 한국환경운동연합(KFEM)과 같은 환경 NGO는 신규 석탄화력발전소 건설 계획을 중단하고 2030년까지 석탄화력발전량을 20% 이하로 줄일 것을 촉구했다 (Bicker 2019).

세계에서 세 번째로 큰 연기금인 한국 국민연금은 지속 가능한 전환을 위해 석탄 발전에 대한 투자에서 철수한다고 발표했다 (Roh and Kim 2021). 그러나 오늘날까지 국민연금은 발전 부문이 파리 기후 협정에 대한 정책을 맞추지 못했음에도 불구하고 KEPCO 채권을 계속 매수하고 있다 (Solutions for our Climate 2023).

4.2.3. 도전 과제

성공적인 구조적 변화를 위한 잠재적 과제를 이해하는 것은 동인을 설명하는 것만큼 중요하다. 따라서 이 다음 장에서는 구조적 변화를 구현하는 데 걸림돌이 될 수 있는 사회경제적, 사회적, 정치적 요인을 설명하고자 한다.

정치적 도전

한국의 정치 체계 자체가 장기적으로 효과적인 변화에 대한 도전과제를 내포하고 있다. 최대 5년의 단일 임기와 재임이 없는 대통령 제도는 끊임없이 변화하는 정치적 지형을 만든다. 5년은 효과적인 기후 변화 완화에 필요한 경제 전략을 말할 것도 없고 중기 정책을 제정하기에도 겨우 충분한 시간임이 입증되었다 (Joo et al. 2023).

석탄으로부터 벗어나는 구조적 변화를 방해하는 한국 정치 시스템의 또 다른 측면은 중앙집권적인 의사 결정이다. 한국의 지방 정부는 역내의 발전소에 대한 직접적인 통제권이 없으며, 대신 중앙 정부의 결정에

의존하고 있다 (Nhede 2021). 일부 지방 정부는 장기적인 석탄 연소에 대한 중앙 정부의 입장에 반대하고 석탄 발전을 조기에 철수할 것을 요구하고 있다(4.2.2 동인 참조).

사회경제적 도전

재생에너지 용량을 늘리는 것은 화석 연료에서 벗어나 심오한 구조적 변화를 실현하는 데 가장 중요한 과업이다. 석탄을 재생에너지로 성공적으로 대체하기 위해서는 농촌 지역의 농업용 PV를 포함하여 대규모 해상 풍력과 태양광 프로젝트를 구현해야 한다. 이로 인해 한국 농업과 재생에너지 업계 간의 갈등이 발생했다. 한국에서 농지의 절반 이상이 임대되고 있기 때문에 농토의 주인은 토지에 태양광 패널을 설치하기로 결정할 수 있으며, 그렇게 되면 농민들은 생계를 잃을 수 있다. 한국농촌경제연구원의 김정섭 선임연구원은 농경지에 상당한 규모의 PV 용량을 설치하도록 하는 규정에 대한 의사 결정 과정에서 시민 참여가 적절하게 고려되지 않았다는 비판적인 의견을 제시했다. 게다가 농민들은 식량 안보를 위협하는 태양광 에너지에 대한 우려를 제기하였다. 이에 대한 명백한 증거는 토지 이용 변화로 인해 한국의 농경지가 감소하여 1980년대 70%에 비해 2020년 한국의 식량 자급률이 약 45.8%로 떨어진 데서 찾을 수 있다 (Kang 2022). 그러나 노동력 고령화와 관련된 농업 인구 감소, 심지어 기후 변화 요인과 같은 여러 요인이 복합적으로 이용 가능한 농경지 감소에 중요한 역할을 하는 것으로 보인다 (Kim 2023a).

비슷한 문제가 한국 재생 에너지 확장 목표의 초석 중 하나인 해상 풍력 발전과 관련하여 제기되고 있다 (MOTIE 2020). 영항 지역에서 해상 풍력 프로젝트에 대한 수용성은 다양한 이해 관계자와의 이해 상충으로 인해 다소 낮은 편이다. 어업 부문은 영토 내 풍력 터빈 건설로 인한 생계 감소에 대해 우려하는 반면, 해양 생물학자는 건설 소음, 진동 및 터빈에 사용되는 유해 물질로 인한 생태계 파괴와 해양 생물 감소에 대해 우려하고 있다 (Oh et al. 2021). 관광 부문의 경우에는 해상 풍력 발전소가 바다 전망을 가려 미적 가치를 떨어뜨려 산업에 경제적 피해를 입힐 수 있다고 우려한다. (Kim et al. 2019). 영항 지역에서 지속적인 협의 과정이 효과적인 해상 풍력 확장 프로세스의 진행을 늦추고 있다.

2016년 한국에서 시행된 태양광 및 풍력 에너지(육상 및 해상) 개발 프로젝트의 약 40%가 지역 주민과 이해 관계자 그룹의 반대에 따라 중단되었다 (Lee et al. 2023). 이 두 가지 사례는 적절한 시민 참여 없이 하향식

의사 결정 프로세스가 이해 관계자의 항의로 이어지는 방식을 보여주며, 이는 구조적 변화를 어렵게 만든다.

또 다른 중요한 사회경제적 요인은 한국 국민들 사이에서 전기 가격 상승에 대한 지속적인 두려움이다. 한국은 다른 OECD 국가에 비해 비교적 저렴한 전기 가격을 유지해 왔다. 2019년 가정용 전기 가격은 kw/h 당 105.0 원이었다. 그 후, 한국전력(KEPCO)은 전기 가격을 2023년까지 여러 번 인상되었다. 또한 우크라이나에 대한 러시아의 침략 전쟁으로 인한 국제 에너지 위기로 인해 현재 가정용의 경우 149.8 원(0.10 유로)으로 인상되었다. (Woon 2024). 그리고 이는 한국 사회에서 강력한 비판을 받았다 (Lee and Doyle 2022). 대중이 재생 에너지 확대에 대해 우려하는 중요한 이유는 재생 에너지 확대가 전기 가격을 급등시킬 것이라는 지속적인 오해 때문이다.

기후변화에 대한 대중의 인식(정책)

정치적 의사결정에 영향을 미치는 가장 시급한 과제 중 하나는 기후변화에 대한 대중의 인식이다. 최형준에 따르면 (2020) 한국 국민의 92.4%는 기후 변화를 심각한 문제로 인식하고 있으며, (Roh and Kim 2021) 66.6%의 국민이 기후 변화로 인한 문제를 완화하기 위해 에너지 전환을 지지하고 있다. 그러나 시급성에 따라 순위를 매기면 기후 변화는 대기 오염, 폐기물 관리 및 방사성 폐기물에 이어 4위를 차지한다.

이념과 정치적 성향에 따른 차이도 발견되었다. 진보주의자와 문 전 대통령 지지자 중에서 기후 변화를 문제로 인식하는 비율이 가장 높았다. 같은 그룹은 또한 기후 변화의 과제를 해결하기 위해 전기 요금 인상에 대한 더 큰 관용을 나타냈지만, 이러한 이해도는 보수주의자와 문 전 대통령 비지지자 중에서는 상당히 낮았다. 연구 결과에 따르면 한국 국민의 입장이 더 명확해지고 기후변화와 에너지 경제의 관계, 즉 화석 연료에서 재생 에너지로의 구조적 변화에 대한 인식이 강해짐에 따라, 정부가 이 문제를 정치적 의제로 삼아야 하는 압박이 더 커질 것이다 (Hyeonjung et al. 2023).

한국에너지경제연구원(KEEI)이 한국 정부의 탈석탄 계획에 대한 여론을 조사한 한국 국민 대상 조사에 따르면, 응답자의 41%가 2050년까지 석탄을 단계적으로 폐지하는 현재의 계획을 지지하는 것으로 나타났다. 19%는 가능한 가장 빠른 단계적 폐지를 지지하며, 25%는 단계적 폐지를 늦추고 전기 믹스에서 원자력에너지의 비중을 높이는 데 찬성하는 것으로 나타났다. 중요한 점은 응답자의 68.6%가 전기 가격이 오르지 않는 한 단계적 폐지를 지지하는 반면, 가격 상승과 상관없이

단계적 폐지를 지지하는 사람은 9.3%에 불과하다는 것이다. 석탄 단계적 폐지에 반대하는 주된 이유가 무엇인지 물었을 때, 40%는 에너지 안보를, 21%는 전기 가격 상승을 주된 우려 사항으로 꼽았다 (IEA and KEEI 2023).

4.2.4. 기회

본 섹션은 한국 정부, 특히 경제가 구조적 변화를 시행함으로써 얻을 수 있는 기회에 대한 검토를 주로 다룬다.

고용 기회

NGO인 기후애널리틱스(Climate Analytics)와 기후 솔루션(Solutions for our Climate)은 석탄 화력 발전을 태양광, 풍력 및 저장으로 대체함으로써 발생할 수 있는 고용 기회를 분석했다. 결과에 따르면 석탄에서 재생 에너지로의 시나리오는 2020년에서 2030년 사이에 평균 일자리 잠재력을 거의 2.8배 증가시킬 수 있다. 이 연구는 새로 설치된 재생 에너지 및 저장 시설의 운영 및 유지 관리에서 창출되는 전반적인 일자리 잠재력이 2029년까지 한국 전역의 모든 석탄 발전소를 폐쇄함으로써 발생하는 일자리 손실을 상쇄할 수 있음을 발견했다. 저자의 중요한 결론은 녹색 일자리 창출을 촉진하는 정책이 한국에서 2030년 이전에 석탄 단계적 폐지를 위한 지지를 이끌어내는데 필수적이라는 것이다 (Climate Analytics 2021).

보건 상의 이점

위의 섹션 4.2.2 동인에서 논의했듯이 한국 내 석탄 발전소로 인해 부분적으로 발생하는 대기 오염으로 인한 보건 문제는 한국 시민 사회에서 중심적인 역할을 한다. 대기 질 생명 지수에 따르면 미세먼지가 감소하면 한국인의 평균 수명이 1.51년 증가하는 긍정적인 영향을 미칠 것으로 나타났으며, 한국 수도 서울의 시민에게는 더 큰 영향을 미칠 것이다. 이 수치는 미세먼지 오염이 심화되고 있는 서울 주민들에게 더 중요해지고 있다 (Energy Policy Institute at the University of Chicago 2023). OECD 보고서에 따르면 미세먼지 오염이 감소하면 2060년까지 한국 시민의 조기 사망자 수가 감소할 가능성이 있다 (OECD 2023).

경제적 이익

한국 국민들이 석탄을 재생 에너지로 대체함으로써 전기 가격이 상승할 가능성이 있다고 심각하게 우려하고 있음에도 불구하고, 최근 연구에 따르면 재생 에너지로 전환 시, 장기적으로 상당한 비용을 절감할 수 있게

된다. IRENA의 연구에 따르면 2021년에 추가된 재생 에너지의 거의 3분의 2가 G20 국가에서 가장 저렴한 석탄 발전소보다 비용이 낮았다 (IRENA 2022). 재생 에너지의 균등화 비용(LCOE)은 계속 감소하고 있다. (IRENA 2021) TransitionZero에 따르면, 재생 에너지를 사용 및 전기 저장 균등화 비용은 이미 한국에서 가스 발전 비용보다 훨씬 낮다 (TransitionZero 2023).

게다가 Carbon Tracker에 따르면, 현재의 환경 정책과 전력 시장 규제 하에서도, 모든 한국 석탄 발전소는 예상 수명이 끝나기 전에 수익성이 사라지게 된다. 이는 전력 시스템 유연성에 대한 필요성이 점점 증가하고 규제가 강화되어 석탄 발전소 용량 계수가 감소하기 때문이다. 결과적으로 운영 중인 시설과 건설 중인 시설 모두 운영에 수익성이 감소하게 될 것이다 (Carbon Tracker Initiative 2023).

상기 모든 결과는 딜로이트(Deloitte)가 2021년에 수행한 연구에 의해 뒷받침되었다. 딜로이트의 모델링은 한국이 기후 변화 조치를 실행함으로써 상당한 경제적 이익을 얻을 것임을 보여준다. 이러한 변화는 21세기 중반에 급속화될 것이며, 자본과 기술에 대한 수익이 구조 조정 비용을 능가할 것으로 추정하고 있다. 딜로이트 모델링 프레임워크는 아시아 태평양 전역의 지역별 기후 및 경제적 영향에 대한 상당한 규모의 연구를 기반으로 구축되었다 (Deloitte 2021).

발전, 송전, 배전을 담당하는 국유 전기사업자인 한국전력공사(KEPCO)는 값비싼 석탄에 크게 의존해 왔다. 이로 인해 2022년에 32.6조 원(250억 달러) 이상의 적자가 발생했으며, 그 중 약 30%가 석탄 발전에서 직접적으로 기인하였다. 한국전력은 화석 연료에서 벗어나기 위한 노력을 기울이는 대신 손실을 메우기 위해 부채 자금 조달에 크게 의존해 왔다. 석탄에서 벗어나는 구조적 변화가 이러한 공공 부담을 완화하고, KEPCO의 손실로 인한 전기 가격 상승의 경향성을 억제할 것이다 (Solutions for our Climate 2022).

에너지 독립성 증대

위에서 설명한 주목할 만한 경제적 이점 외에도, 한국이 석탄과 가스에서 태양광과 풍력으로 에너지 경제를 구조적으로 전환하게 되면, 화석 연료 공급국으로부터 독립할 수 있다는 사실 또한 간과할 수 없다. 러시아의 우크라이나 침공으로 시작된 세계적 에너지 위기는 에너지 독립의 중요성을 보여준다. 안정적인 전력망과 충분한 저장 장치와 결합된 재생 에너지의 합리적인 조합을 확립하게 된다면, 한국은 제3국으로부터 더 많은 자립성을 확보할 수 있다.

좌초 자산 회피 효과

한국은 비경제적인 생산에도 불구하고 석탄 발전에 대한 높은 수익을 효과적으로 보장하는 규제 구조로 인해 다른 산업 국가에 비해 매우 높은 좌초 자산 보유 위험을 지니고 있다. 이러한 정책 조치에는 연료 비용에만 기반한 성능 평가, 대규모 시장 지원금, 탄소 노출 및 전송 제한에 대한 보상이 포함된다. 해당 시스템에서 발전사는 2°C 이하 시나리오에 맞춰진 시장에서는 발생하지 않을 높은 현금 흐름을 창출한다. 이러한 "인위적인" 현금 흐름은 좌초 자산이 될 위험이 높다 (Carbon Tracker Initiative 2019).

5 교훈 및 권장 사항

본 장에서는 독일의 장기적인 석탄발전 폐지 과정에서 얻은 결론과 교훈을 제공하고, 한국의 석탄발전 단계적 폐지와 이에 관한 향후 한국-독일 협력에 대한 제언을 제시한다.

독일의 단계적 석탄 폐지에서 얻은 교훈

본 장의 첫 번째 섹션의 상당 부분은 Honnen et al.의 연구 "캐나다와 독일의 정의로운 전환 지원: 독일의 60 년간의 석탄 단계적 폐지에서 얻은 교훈"에 기초하고 있다 (2023).

독일 에너지 부문의 지속적인 구조적 변화의 경험은 유사한 시도를 하고 있는 제 3 국의 정책 입안자들에게 귀중한 교훈을 제공한다. 특히 본 연구에서 확인된 도전과제의 경우 적절한 정책 패키지를 사용하여 미래지향적 정책(예: 새로운 산업 유치)과 대응적 개입(예: 근로자 재교육 및 조기 퇴직 프로그램)을 결합함으로써 적시에 적절한 전환을 적극적으로 도모해야 함을 보여준다. 수평적 및 수직적 정책 통합이 모두 중요하다. 구조적 변화는 다양한 정책 영역(예: 노동 시장 정책 및 지역 개발 정책)과 정부 수준(지역에서 중앙 정부까지)에서 일어나야 하기 때문이다. 구조적 정책 개입은 경제적 측면뿐만 아니라 사회적, 생태적, 문화적 측면도 고려해야 한다. 특히 노동 시장 및 사회 정책은 사회적 어려움을 완화하는 데 중요하다. 이를 통해 대중의 지지를 증가시킬 수 있다. 기 석탄 지역의 새로운 경제 조직을 형성할 때, "다각화"가 경제적 회복력을 증가시킨다는 점을 고려해야 한다. 모든 곳에 적용되는 하나의 해결책은 없으므로, 지역적 맥락을 고려하는 것이 중요하다. 그러나 다각화는 일반적으로 구조적 붕괴의 위험을 줄일 수 있다 (Dahlbeck et al. 2022; Ragnitz et al. 2022). 서로 다른 기술이나 연료(예: 갈탄과 무연탄)는 단일 국가 내에서 다른 단계적 폐지 경로와 조치를 요구할 수 있다.(Brauers et al. 2018).

독일의 구조적 변화 과정에서 얻은 귀중한 통찰력에도 불구하고, 한국과 독일을 비교하여 교훈을 되새길 때 특정한 한계가 있다는 점을 고려해야 한다. 우선, 동독에서 나타난 상황, 즉 1989 년과 그 이후의 전체 경제 및 정치 체제의 붕괴는 전례가 없었다. 게다가 60 년 이상 시행된 무연탄에 대한 광범위한 보조금과 관련된 장기간에 걸친 단계적 폐지는 다른 국가에서 반복될 가능성이 낮다. 오늘날 재생 에너지 기술은 가장 저렴한

에너지 생산 수단이다. 최근 경제 발전으로 인해 재생 에너지로의 구조적 전환은 객관적으로 저렴하며, 지난 수십 년에 비해 넘어야 할 장애물이 적다 (Brauers et al. 2018).

강력한 석탄 채굴 산업이 역사적으로 변영과 부와 연결되어 있었던 독일과 달리, 한국은 항상 국내 석탄 생산의 규모가 매우 적었다. 결과적으로 한국에서 석탄에서 벗어나는 길은 덜 복잡하다. 석탄이 대부분 다른 나라에서 수입되었기 때문이다. 한국의 구조적 변화는 주로 석탄 발전소를 단계적으로 폐지하는 것을 내포한다.

한국의 지속적인 석탄의 단계적 폐지에 대한 권장 사항

석탄의 단계적 폐지는 한국이 2015 년 파리 기후 협정을 준수하도록 하는 핵심 정책이다. 그러나 약속된 배출량 감축을 달성하려면 현재 목표기한인 2050 년보다 훨씬 일찍 석탄을 단계적으로 폐지해야 한다 (Kim and Lee 2023). Carbon Tracker Initiative 의 연구에 따르면 재생 에너지 도입을 현재 정부 계획보다 앞당기면 2028 년까지 40%에 도달할 수 있으므로, 석탄의 단계적 폐지를 보다 앞당길 수 있다. 이는 현재의 환경 정책과 전력 시장 규정에 따르더라도 모든 석탄 발전소가 예상 수명이 끝나기 전에 수익성이 없어질 것이라는 연구 결과에 의해 뒷받침된다 (Carbon Tracker Initiative 2023). IEA 와 KEEI 의 연구는 석탄 발전소의 조기 폐쇄를 권고하며 이를 지지한다. 석탄 발전소의 기술적 수명은 일반적으로 40 ~ 50 년이지만 경제적 수명은 20 ~ 30 년에 불과하며, 이는 투자된 자본이 회수되는 기간이다. 따라서 조기 폐쇄와 잠재적으로 발전소를 다른 용도로 전환하는 것은 구조적 변화를 가속화하는 효과적인 조치가 될 수 있다. 이 정책을 이행하기 위해 IEA 와 KEEI 는 전력회사가 석탄 발전으로의 전환을 가속화하도록 재정적 인센티브를 고려할 것을 제안했다 (IEA and KEEI 2023).

한국에 대한 한 가지 중심적인 권고사항은 구조적 변화를 위한 정책 설계 과정의 시작 단계에서 대중의 지지에 투자하는 것이다. 대중의 수용과 지지는 해당 정책의

실행에 중요한 요소이다. 따라서 이해 관계자와의 교류와 포용은 모든 수준의 정책 수립과 실행의 중심이 되어야 한다. 여기에는 모든 이해 관계자와 협의하고 정보를 정기적으로 적절하게 공유하는 것이 수반되어야 한다. 근로자와 지역사회는 구조적 변화의 적극적인 참여자, 혁신가, 의사 결정자 및 수혜자로 초대되어야 한다 (IEA and KEEI 2023). 특히 기후 변화의 영향과 화석 연료에서 벗어나는 구조적 변화의 필요성에 대한 교육은 이러한 정책에 대한 지원을 강화할 것이다 (Poortinga et al. 2019).

석탄을 통한 에너지 생산을 단계적으로 폐지하기 위한 전환 정책을 설계할 때 다른 화석 연료에 대한 잠금 효과를 피하는 것이 중요하다. 종종 석탄은 천연 가스로 대체된다. 이는 에너지 부문의 탈탄소화를 방해할 뿐만 아니라 포괄적인 구조적 변화를 방해한다. 또한 에너지 부문을 전환에 대비시키는 것이 중요하다. 재생 에너지원과 계통망에 대한 시기적절한 투자는 인구를 위한 에너지 안보, 계통 안정성 및 저렴한 에너지 가격을 보장할 것이다 (Brauers et al. 2018).

공정하고 정의로운 전환을 이루기 위해서는 근로자의 장기적 재교육을 목표로 하는 것이 중요하다. 여기에는 수년에 걸쳐 생활비와 근로자 교육을 보조하면서 직원을 새로운 부문으로 이전하는 것이 포함된다 (Jeong et al. 2021).

나아가, 이해관계자들이 전환의 재정적 비용을 일찍부터 적절히 분배하도록 계획하는 것이 중요하다. 예를 들어, 동독에서 주 정부가 모든 비용을 부담해야 했고, 지금까지 독일 연방 정부는 가장 큰 피해를 입은 지역에 상당한 재정 지원을 제공할 계획이다 (Deutscher Bundestag 2020). 이와는 다르게 재정적 책임을 공정하게 분배하는 것이 좋다. 미래의 대책은 오염자 부담 원칙에 따라 설계되어야 하며, 특히 환경 피해와 관련하여 마지막 광산이나 발전소가 폐쇄되기 전에 실행되어야 한다 (Brauers et al. 2018).

독일과 한국의 미래 협력을 위한 제언

독일과 한국은 21 세기 중반(각각 2045 년과 2050 년)까지 기후 중립을 달성하는 것을 목표로 하고 있지만, 양국의 경제 모두 여전히 주요 에너지원으로 석탄 연소에 의존하고 있기에 가능한 한 효율적이고 신속하게 석탄을 단계적으로 폐지하도록 협력하는 것이 유익하다. 한국-독일 에너지 파트너십은 국가 에너지 부문의 탈탄소화와 관련된 어려움을 해결하고 기후 변화를 멈추기 위해 함께 노력할 수 있는 플랫폼을 제공한다. 과거 정책 경험을

돌아보는 상호 교류와 학습은 국가가 기후 목표를 달성하는 데 도움이 될 수 있다.

독일의 10 년에 걸친 석탄의 단계적 폐지 경험은 에너지 부문의 공정한 탈탄소화를 달성하기 위한 중요한 교훈을 제공한다. 해당 교훈은 한국의 석탄 단계적 폐지뿐만 아니라 양국의 LNG와 같은 다른 화석 연료의 미래 단계적 폐지에도 적용될 수 있다. 따라서 양국이 서로의 경험에서 이익을 얻기 위해 다음과 같은 협력 조치를 권장하는 바이다.

- 독일의 이전 석탄 지역 중 한 곳으로 전문가 출장을 실시하여 비교와 교훈을 도출한다. 여기에는 특히 구조적 변화와 오래된 석탄 발전소 부지의 새로운 활용에 대한 통찰력이 포함될 수 있다.
- 화석 연료의 단계적 폐지와 영향 지역의 정의한 전환을 지원하는 정책 조치에 대한 양자 간 교류를 촉진한다. 전문가 교류의 초점은 두 나라의 기존 정책 조치를 비교하는 데 맞춰질 수 있다. 예를 들면, 계통망에서 제거된 MW 당 필요한 보조금 금액이나 GDP 하락을 피하기 위해 이전 석탄 지역에 대체 산업을 설립하기 위해 필요한 정책 등이 있다.
- 전환 정책 수용에 대한 전문가 워크숍을 실시한다. 본 행사는 석탄으로부터의 전환에 대한 인식과 수용을 높이는 방법을 논의하기 위해 각 부처와 시민 사회와 함께 개최될 수 있다. 한국의 영향 지역 중 한 곳에서 대면 행사로 조직되어 양국의 현지 주체들이 현장에서 교류하고 네트워크를 구축할 수 있는 기회를 제공하고, 잠재적으로 보다 심층적인 대화를 촉진할 수 있다.

협력을 위한 또 다른 부문은 사회적 지지를 얻는 데 초점을 맞춘 재생 에너지원의 발전이다. 화석 연료는 재생 에너지 솔루션으로 대체되어야 하기 때문에 국민의 수용은 기후 목표를 실현하는 데 중요할 뿐만 아니라 화석 연료 단계적 폐지와 관련된 구조 조정 조치에 대한 지지를 이끌어내는 데도 중요하다. 그리고 이는 다음을 통해 달성할 수 있다.

- 전력망 확장, 감축을 최소화하는 방법, 스마트 그리드 구현 등을 포함하여 재생 에너지를 전력망에 통합하는 것과 관련하여 기존의 협력과 정책 교류를 지속한다.

- 시민 사회에서 재생 에너지 수용에 대한 협력을 지속하다. 이는 시민 사회 단체, NGO, 지방 및 지자체, 산업계 대표자와 함께 특정 재생 에너지 기술에 대한 워크숍의 형태를 취할 수 있다.

특정 주제에 대한 정기적인 웨비나를 통해 에너지 효율성에 대한 교류를 지속하는 것은 앞서 언급한 활동을 보완할 수 있다. 에너지 효율성을 높이는 것은 재생 에너지 확장의 필요 규모가 줄어들고 모든 국가에서 기후 목표를 달성하는 데 필수적이기 때문이다. 마지막으로, 이러한 활동은 기후 변화와 에너지 전환에 대한 커뮤니케이션과 교육에 초점을 맞춘 협력적 노력으로 보완되어야 한다. 기후 변화가 세계인의 생활 조건에 미치는 영향이 빠르게 확대되고 있다는 것을 깊이 이해하는 것은 에너지 전환 정책을 효과적으로 이행하는 데 필수적이다.

그림 목록

그림 1: 독일 - 에너지 통계 및 에너지 균형	6
그림 2: 한국 - 에너지 통계 및 에너지 균형	8
그림 3: 갈탄 생산 및 고용, 1990 년 및 2020 년	14
그림 4: 독일 석탄 위원회: 구성 및 결과	15

참고문헌

- AG Energiebilanzen e.V. (2022a): Auswertungstabellen zur Energiebilanz Deutschland. Daten für die Jahre von 1990 bis 2021. [online] https://ag-energiebilanzen.de/wp-content/uploads/2021/09/awt_2021_d.pdf.
- AG Energiebilanzen e.V. (2022b): Primärenergieverbrauch in der Bundesrepublik Deutschland. 2021/ 2022. [online] https://view.officeapps.live.com/op/view.aspx?src=https%3A%2F%2Fag-energiebilanzen.de%2Fwp-content%2Fuploads%2F2022%2F12%2F01_PEVQ14_2022JB.xlsx&wdOrigin=BROWSELINK.
- Agora Energiewende (2016): Was bedeuten Deutschlands Klimaschutzziele für die Braunkohleregionen? Eine Analyse auf Basis der Elf Eckpunkte für einen Kohlekonsens. [online] https://static.agora-energiewende.de/fileadmin/Projekte/2015/Kohlekonsens/Agora_Braunkohleregionen_WEB.pdf.
- Arnold, Fabian; Künle, Eglantine; Schlund, David; Schulte, Simon; Theile, Phillip; Wagner, Christian (2020): Beschleunigter Ausstieg aus der Kohleverstromung. Auswirkungen auf Stromkosten der Industrie und Momentanreserve. In: *VIK Nachrichten* (2), p. 42-45. [online] <https://www.ewi.uni-koeln.de/de/publikationen/beschleunigter-ausstieg-aus-der-kohleverstromung-auswirkungen-auf-stromkosten-der-industrie-und-momentanreserve/>, accessed 08.05.2024.
- Bang, Jisu (2021): Why South Korea Still Has A Need for Coal and Coal Power. In: *Earth.Org*, 18.08.2021. [online] <https://earth.org/why-south-korea-still-has-a-need-for-coal/>, accessed 27.09.2023.
- Bicker, Laura (2019): South Korea pollution: Is China the cause of 'fine dust'? In: *BBC News*, 06.06.2019. [online] <https://www.bbc.com/news/world-asia-48346344>, accessed 10.09.2023.
- Bogumil, Jörg; Heinze, Rolf; Lehner, Franz; Strohmeier, Klaus Peter (2012): Viel erreicht - wenig gewonnen. Ein realistischer Blick auf das Ruhrgebiet. 1. Aufl. Essen: Klartext-Verl.
- Boston Consulting Group (BCG); Prognos (2018): Klimapfade für Deutschland. Studie im Auftrag des Bundesverbands der Deutschen Industrie e.V. Berlin. [online] <https://bdi.eu/themenfelder/energie-und-klima/#>.
- Brauers, Hanna; Herpich, Philipp; Oei, Pao-Yu (2018): The Transformation of the German Coal Sector from 1950 to 2017: An Historical Overview. In: Christian von Hirschhausen, Clemens Gerbaulet, Claudia Kemfert, Casimir Lorenz und Pao-Yu Oei (Hg.): *Energiewende "Made in Germany"*. Cham: Springer International Publishing, p. 45-80.
- Braunger, Isabell; Walk, Paula (2022): Power in transitions: Gendered power asymmetries in the United Kingdom and the United States coal transitions. In: *Energy Research & Social Science* 87, p. 102474. DOI: 10.1016/j.erss.2021.102474.
- British Petroleum (BP) (2022): BP Statistical Review of World Energy 2022. [online] <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/xlsx/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2022-all-data.xlsx>.
- Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) (2022a): Neuer Schwung für erneuerbare Energien. BMWI. [online] <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Schlaglichter-der-Wirtschaftspolitik/2022/10/05-neuer-schwung-fuer-erneuerbare-energien.html>, last updated 27.09.2023, accessed 27.09.2023.
- Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) (2022b): Zahlen und Fakten: Energiedaten. Nationale und internationale Entwicklung. [online] <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Artikel/Energie/energiedaten-gesamtausgabe.html>, accessed 27.09.2023.
- Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) (2023a): Fortschreibung der Nationalen Wasserstoffstrategie. NWS 2023. [online] https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Publikationen/Energie/fortschreibung-nationale-wasserstoffstrategie.pdf?__blob=publicationFile&v=3.
- Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) (2023b): Strukturstärkungsgesetz Kohleregionen.
- Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) (2023c): Kohleausstieg und Strukturwandel. BMWI. [online] <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Artikel/Wirtschaft/kohleausstieg-und-strukturwandel.html>, last updated 09.10.2023, accessed 09.10.2023.
- Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) (2024): Coal Phase-Out and Restructuring Coal Regions in Germany. Unter Mitarbeit von adelphi consult GmbH. Webinar, 25.01.2024.
- Bundesnetzagentur (2021): The Bundesnetzagentur publishes 2020 electricity market data. [online] https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Pressemitteilungen/EN/2021/20210102_smard.html, last updated 27.09.2023, accessed 27.09.2023.
- Bundesregierung (2023a): Beschleunigter Ausbau Offshore-Windenergie. [online] <https://www.bundesregierung.de/breg-de/schwerpunkte/klimaschutz/windenergie-auf-see-gesetz-2022968>, last updated 27.09.2023, accessed 27.09.2023.

- Bundesregierung (2023b): Kohleausstieg und Strukturwandel. [online]
<https://www.bundesregierung.de/breg-de/schwerpunkte/klimaschutz/kohleausstieg-1664496>, last updated 09.10.2023, accessed 09.10.2023.
- Carbon Tracker Initiative (2019): Brown is the new green. Will South Korea's commitment to coal power undermine its low carbon strategy? [online]
<https://carbontracker.org/reports/south-korea-coal-power/>, last updated 02.06.2020, accessed 08.11.2023.
- Carbon Tracker Initiative (2023): End in Sight: How South Korea can force coal offline by 2028 - Carbon Tracker Initiative. [online]
<https://carbontracker.org/reports/end-in-sight/>, last updated 03.05.2023, accessed 23.10.2023.
- Choi, Hyeonjung (2020): South Korean Perception on Climate Change.
- Climate Action Tracker (2023): South Korea. Policies & action. Update from 17. July 2023. [online]
<https://climateactiontracker.org/countries/south-korea/policies-action/>, last updated 27.09.2023, accessed 27.09.2023.
- Climate Analytics (2021): Solutions for Our Climate. Employment opportunities from a coal-to-renewables transition in South Korea. [online]
https://climateanalytics.org/media/employment_opportunities_from_a_coal-to-renewables_transition_in_south_korea.pdf.
- Climate Change Laws of the World (2023): Carbon Neutral Green Growth Framework Act to tackle the Climate Crisis. This summary was written by researchers at the Grantham Research Institute at the London School of Economics, sourced from Climate Policy Radar via 'Climate Change Laws of the World', <https://climate-laws.org> and made available under and under the Creative Commons CC-BY licence. [online] https://climate-laws.org/document/carbon-neutral-green-growth-framework-act-to-tackle-the-climate-crisis_fb15, last updated 11.10.2023, accessed 11.10.2023.
- Climate Change Performance Index (2022): Republic of Korea. Climate Performance Ranking 2023. [online]
<https://ccpi.org/country/kor/>, last updated 21.12.2022, accessed 04.10.2023.
- Dahlbeck, Elke; Gärtner, Stefan; Best, Benjamin; Kurwan, Jenny; Wehnert, Timon; Beutel, Jannis (2022): Analysis of the Historical Structural Change in the German Hard Coal Mining Ruhr Area (Case Study). Climate Change 30/2021. UBA. Dessau-Roßlau. [online]
<https://www.umweltbundesamt.de/en/publikationen/analysis-of-the->
- Deloitte (2021): South Korea's turning point. How climate action can drive our economic future. [online]
https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/kr/Documents/about-deloitte/turning-point/gx-kr_climate_reoport_en_f_20210823.pdf, accessed 30.06.2022.
- Deutscher Bundestag (2020): Bundestag beschließt das Kohleausstiegsgesetz. [online]
<https://www.bundestag.de/dokumente/textarchiv/2020/kw27-de-kohleausstieg-701804>, last updated 29.06.2022, accessed 29.06.2022.
- Deutsches Biomasseforschungszentrum (2023): Kohleindustrie Deutschland. [online]
<https://www.dbfz.de/biooekonomieatlas/kohlestrukturwandel/kohleindustrie-deutschland>, last updated 13.11.2023, accessed 13.11.2023.
- Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung (DIW); Wuppertal Institut; ecologic Institut (2018): Die Beendigung der Energetischen Nutzung von Kohle in Deutschland. Ein Überblick über die Zusammenhänge, Herausforderungen und Lösungsoptionen.
- Ember (2023): Carbon Price Tracker. EU ETS. [online]
<https://ember-climate.org/data/data-tools/carbon-price-viewer/>, last updated 27.09.2023, accessed 27.09.2023.
- Energy Policy Institute at the University of Chicago (2023): Air Quality Life Index. Hg. v. University of Chicago.
- European Commission (2022): EDGAR Emissions Database for Global Atmospheric Research. [online]
https://edgar.jrc.ec.europa.eu/report_2022#emissions_table.
- European Commission (2023): EU Emissions Trading System (EU ETS). [online]
https://climate.ec.europa.eu/eu-action/eu-emissions-trading-system-eu-ets_en, last updated 26.09.2023, accessed 27.09.2023.
- European Parliament (Hg.) (2021): South Korea's pledge to achieve carbon neutrality by 2050. Briefing.
- Furnaro, Andrea; Herpich, Philipp; Brauers, Hanna; Oei, Pao-Yu; Kemfert, Claudia; Look, Wesley (2021): German Just Transition. A Review of Public Policies to Assist German Coal Communities in Transition.
- Gallup Korea (2019): Share of respondents feeling uncomfortable with fine dust in South Korea from 2014 to 2019 [Graph]. Statista. [online]
<https://www.statista.com/statistics/1047455/south-korea-share-of-people-feeling-uncomfortable-with-fine-dust/>, accessed 13.11.2023.
- Gärtner, Stefan (2019): An attempt at preventive action in the transformation of coal-mining regions in Germany. In: Béla Galgóczi (Hg.): Towards a just transition: coal, cars and the world of work. Brussels: ETUI European Trade Union Institute, p. 135-154.
- Global Energy Monitor (2021): Korea Coal Corporation.
- Goerke, Ute; Kamlage, Jan-Hendrik; Pauß, Leonard (2023): Strukturwandel im Rheinischen Revier. Partizipation der Zivilgesellschaft zwischen Anspruch und Wirklichkeit. RUFIS; Klima Allianz. [online]
[https://www.klima-](https://www.klima-allianz.de/fileadmin/user_upload/Dateien/Daten/Publik)

ationen/Hintergrund/RUB_Studie_Strukturwandel_RR_Partizipation_final_final.pdf, accessed 08.05.2024.

Gürtler, Konrad; Löw Beer, David; Herberg, Jeremias (2021): Scaling just transitions: Legitimation strategies in coal phase-out commissions in Canada and Germany. In: *Political Geography* 88, p. 102406. DOI: 10.1016/j.polgeo.2021.102406.

Gürtler, Konrad; Luh, Victoria; Staemmler, Johannes (2020): Strukturwandel Als Gelegenheit Für Die Lausitz. Warum Dem Anfang Noch Der Zauber Fehlt (Aus Politik und Zeitgeschichte). [online] <https://www.bpb.de/shop/zeitschriften/apuz/304334/strukturwandel-als-gelegenheit-fuer-die-lausitz/>, last updated 31.01.2020, accessed 09.10.2023.

Hauenstein, Christian; Braunger, Isabell; Krumm, Alexandra; Oei, Pao-Yu (forthcoming): Overcoming political stalemates: The German stakeholder commission on phasing out coal. In: *Energy Research & Social Science* 103, Artikel 103203. DOI: 10.1016/j.erss.2023.103203.

Hermann, Hauke; Greiner, Benjamin; Matthes Felix (2017): Die Deutsche Braunkohlenwirtschaft. Historische Entwicklungen, Ressourcen, Technik, Wirtschaftliche Strukturen Und Umweltauswirkungen. Studie im Auftrag von Agora Energiewende und der European Climate Foundation. Translated by Vanessa Cook. Öko-Institut. [online] https://static.agora-energiewende.de/fileadmin/Projekte/2017/Deutsche_Braunkohlenwirtschaft/Agora_Die-deutsche-Braunkohlenwirtschaft_WEB.pdf, accessed 09.10.2023.

Honnen, Jens; Teichmann, Franziska; Münch, Marie; Piria Raffaele; Stognief, Nora; Oei, Pao-Yu; Herpich, Philipp (2023): Supporting the just transitions in Canada and Germany. Lessons from sixty years of coal phase-out in Germany. adelphi consult GmbH. Berlin.

Hyeonjung, Choi; Kim, James; Chungku, Kang (2023): South Korean Perception on Climate Change. Asian Institute for Policy Studies. [online] <https://en.asaninst.org/contents/south-korean-perception-on-climate-change/>, accessed 09.10.2023.

ICAP (2022): South Korea approves initial wave of near-term ETS reforms. Hg. v. International Carbon Action Partnership (ICAP).

IEA (2022): Korea 2022. Energy Policy Review. [online] <https://www.iea.org/countries/korea/emissions>.

International Energy Agency (IEA) (2020): Germany 2020 - Energy Policy Review. [online] <https://iea.blob.core.windows.net/assets/60434f12-7891-4469-b3e4->.

International Energy Agency (IEA); Korean Energy Economics Institute (KEEI) (2023): Strategies for Coal Transition in Korea. [online] <https://iea.blob.core.windows.net/assets/a57dae0b-4b80-429b-bf37-eaa33041c4b7/StrategiesforCoalTransitioninKorea.pdf>, accessed 04.10.2023.

International Renewable Energy Agency (IRENA) (2021): Renewable Power Generation Costs in 2021. Executive Summary. [online] https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2022/Jul/IRENA_Power_Generation_Costs_2021_Summary.pdf?1a=en&hash=C0C810E72185BB4132AC5EA07FA26C669D3AFBFC, accessed 08.11.2023.

International Renewable Energy Agency (IRENA) (2022): Renewable Power Remains Cost-Competitive amid Fossil Fuel Crisis. [online] <https://www.irena.org/news/pressreleases/2022/Jul/Renewable-Power-Remains-Cost-Competitive-amid-Fossil-Fuel-Crisis>, last updated 08.11.2023, accessed 08.11.2023.

Jane Nakano (2021): South Korea's Hydrogen Industrial Strategy. Center for Strategie and International Studies. [online] <https://www.csis.org/analysis/south-koreas-hydrogen-industrial-strategy#:~:text=South%20Korea%20is%20pursuing%20a%20hydrogen%20economy%20for,trillion%20won%20%28%2443%20billion%29%20and%20420%2C000%20new%20jobs>.

Jang, Eunhye (2024): Overview of Just Transition Legislation in Korea. Korea Legislation Research Institute. adelphi consult GmbH, 26.01.2024.

Jeong, Hyung-Seok; Kim, Ju-Hee; Yoo, Seung-Hoon (2021): South Korean Public Acceptance of the Fuel Transition from Coal to Natural Gas in Power Generation. In: *Sustainability* 13 (19), p. 10787. DOI: 10.3390/su131910787.

Jones et al. (2024): Greenhouse gas emissions. with major processing by Our World in Data. Hg. v. Our World in Data. [online] <https://ourworldindata.org/greenhouse-gas-emissions>.

Joo, Jihyung; Paavola, Jouni; van Alstine, James (2023): Contested net-zero target setting in a transitioning country: The case of South Korea. In: *Futures* 147, p. 103114. DOI: 10.1016/j.futures.2023.103114.

Kang, Yi Hyun (2022): Why are farmers against solar panels in Korea? | Energy Transition. Energy Transition. [online] <https://energytransition.org/2022/01/why-are-farmers-against-solar-panels-in-korea/>, last updated 11.01.2022, accessed 07.07.2022.

Kern, Florian; Rogge, Karoline S. (2016): The pace of governed energy transitions: Agency, international dynamics and the global Paris agreement accelerating decarbonisation processes? In: *Energy Research & Social Science*. [online] <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2214629616301992>, accessed 2024.

Kim, Hyo-Jin; Kim, Ju-Hee; Yoo, Seung-Hoon (2019): Social acceptance of offshore wind energy development in South Korea: Results from a choice experiment survey. In: *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 113, p. 109253. DOI: 10.1016/j.rser.2019.109253.

- Kim, Joojin; Lee, Seukyoung (2023): Financing a Paris-Aligned Coal Exit in South Korea. Solutions for our Climate.
- Kim, Maru (2023a): South Korea's Food Security and Agricultural Challenges. South Korea must address its pressing food security and agricultural productivity challenges head-on. In: *Breeze in Busan*, 2023. [online] <https://breezeinflow.com/south-koreas-food-security-and-agricultural-challenges/>.
- Kim, Moon Joon (2019): The effects of transboundary air pollution from China on ambient air quality in South Korea. In: *Heliyon* 5 (12). DOI: 10.1016/j.heliyon.2019.e02953.
- Kim, Sarah (2023b): Korea considers raising NDC target to 37.5%: vice environment minister. In: *Korea JoongAng Daily*, 04.10.2023. [online] <https://koreajoongangdaily.joins.com/2021/06/17/national/socialAffairs/NDC-Hong-Jeongkee-Environment-Ministry/20210617170300395.html>, accessed 04.10.2023.
- Kim, Soo Jin (2023c): South Korea's 'unstable' nuclear energy policy: From Lee through Moon to Yoon Governments. Commentary. Heinrich Böll Stiftung (Global Dialogue). [online] <https://hk.boell.org/en/2023/04/14/south-koreas-unstable-nuclear-energy-policy-lee-through-moon-yoon-governments>, last updated 11.10.2023, accessed 11.10.2023.
- Government of the Republic of Korea (2020): Carbon neutral 2050 strategy of the republic of Korea. Towards a sustainable and green society. London.
- Government of the Republic of Korea (2021): The Republic of Korea's Enhanced Update of its First Nationally Determined Contribution. Submission under the Paris Agreement. 23. December 2021. [online] https://unfccc.int/sites/default/files/NDC/2022-06/211223_The%20Republic%20of%20Korea%27s%20Enhanced%20Update%20of%20its%20First%20Nationally%20Determined%20Contribution_211227_editorial%20change.pdf.
- Lee, Gayoung (2024a): Korea's Coal Power Phasedown Policy. MOTIE. adelphi consult GmbH, 26.01.2024.
- Lee, Heesu (2024b): Carbon Trading Is Meant to Make Polluters Pay. In South Korea, It's Had the Opposite Effect, Climate Advocacy Group Says. In: *Time*, February 2024. [online] <https://time.com/6825324/south-korea-cap-and-trade-carbon-emissions-polluters-profit-plan15/>.
- Lee, Jihoon; Doyle, Gerry (2022): South Korea to raise electricity prices for Q1 2023 by nearly 10%. In: *Reuters*, 2022. [online] <https://www.reuters.com/business/energy/south-korea-raise-electricity-prices-q1-2023-by-record-amount-2022-12-30/>.
- Lee, Min-Kyu; Nam, Jungho; Kim, Miju (2023): Valuing the public preference for offshore wind energy: The case study in South Korea. In: *Energy* 263, p. 125827. DOI: 10.1016/j.energy.2022.125827.
- Leipprand, Anna; Flachsland, Christian (2018): Regime destabilization in energy transitions: The German debate on the future of coal. In: *Energy Research & Social Science* 40, p. 190-204. DOI: 10.1016/j.erss.2018.02.004.
- Lerch, Wolfgang (2007): Strukturwandel und regionale Wirtschaftspolitik im Saarland von 1970 bis heute. In: Olaf Kühne, H. Peter Dörrenbächer und Juan M. Wagner (Hg.): 50 Jahre Saarland im Wandel. Saarbrücken: Institut für Landeskunde im Saarland (Saarbrücker geographische Arbeiten, 53), p. 121-132.
- Markard, Jochen; Rinscheid, Adrian; Widdel, Linda (2021): Analyzing transitions through the lens of discourse networks: Coal phase-out in Germany. In: *Environmental Innovation and Societal Transitions* 40, p. 315-331. DOI: 10.1016/j.eist.2021.08.001.
- Matthes, Felix Christian (2017): Energy transition in Germany: a case study on a policy-driven structural change of the energy system. In: *Evolutionary and Institutional Economics Review* 14 (1), p. 141-169. DOI: 10.1007/s40844-016-0066-x.
- Matthes, Felix Christian; Hermann, Hauke; Cook, Vanessa (2019): Strompreis- und Stromkosteneffekte eines geordneten Ausstiegs aus der Kohleverstromung. Öko-Institut.
- Meyer, Bettina; Kühle, Swantje; Hölzinger, Oliver (2010): Staatliche Förderungen der Stein- und Braunkohle im Zeitraum 1950–2008. Forum ökologisch-soziale Marktwirtschaft e.V. Berlin. [online] https://foes.de/pdf/Kohlesubventionen_1950_2008.pdf, accessed 09.10.2023.
- Ministry of Environment (2016): Air Quality Measures. South Korea 12/2016. [online] https://www.unescap.org/sites/default/files/Session%201.1.%20Youngsook%20Yoo_ROK.pdf.
- Ministry of Trade, Industry and Energy (MOTIE) (2020): REPUBLIC OF KOREA: 9th Basic Plan for Power Supply and Demand (BPLe) (2020–2034). [online] [https://policy.asiapacificenergy.org/node/4314#:~:text=REPUBLIC%20OF%20KOREA%3A%209th%20Basic,BPLe\)%20\(2020%2D2034\)&text=Overall%20Summary%3A,the%20current%2015.1%20per%20cent.](https://policy.asiapacificenergy.org/node/4314#:~:text=REPUBLIC%20OF%20KOREA%3A%209th%20Basic,BPLe)%20(2020%2D2034)&text=Overall%20Summary%3A,the%20current%2015.1%20per%20cent.)
- Ministry of Trade, Industry and Energy (MOTIE) (2023): '2050 탄소중립 달성과 녹색성장 실현' 을 위한 윤석열 정부 탄소중립·녹색성장 청사진 공개. (ENG) Achieving Carbon Neutrality by 2050 and Realizing Green Growth. [online] https://www.motie.go.kr/motie/np/press/press2/bbs/bbsView.do?bbs_seq_n=166944&bbs_cd_n=81¤tPage=21&search_key_n=title_v&cate_n=&dept_v=&search_val_v=, accessed 13.11.2023.
- Ministry of Trade, Industry and Energy (MOTIE) (2024): Hydrogen Economy. Roadmap of Korea. [online] https://docs.wixstatic.com/ugd/45185a_fc2f37727595437590891a3c7ca0d025.pdf, accessed 04.10.2023.
- Nhede, Nicholas (2021): South Korea: Coal-intensive regions demand immediate phase-out. *Power Engineering International*. [online] <https://www.powerengineeringint.com/coal-fired/south->

korea-coal-intensive-regions-demand-immediate-phase-out/, last updated 06.07.2022, accessed 06.07.2022.

Niewel, Gianna (2022): Automobilindustrie: Ford entscheidet sich gegen Saarlouis. In: *Süddeutsche Zeitung*, 22.06.2022. [online]

<https://www.sueddeutsche.de/wirtschaft/ford-saarlouis-werk-1.5607303>, accessed 09.10.2023.

Noack, Annika (2022): Der Kohleausstieg in der Lausitz. BBSR. [online]

<https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/forschung/fachbeitraege/raumentwicklung/strukturwandel-braunkohlereviere/spannungsfeld-kohleausstieg-lausitz/01-start.html>, last updated 10.02.2023, accessed 09.10.2023.

OECD (2023): Health at a Glance. OECD Indicators. Hg. v. Organisation for Economic Cooperation and Development.

Oei, Pao-Yu; Brauers, Hanna; Herpich, Philipp (2020a): Lessons from Germany's hard coal mining phase-out: policies and transition from 1950 to 2018. In: *Climate Policy* 20 (8), p. 963-979. DOI: 10.1080/14693062.2019.1688636.

Oei, Pao-Yu; Hermann, Hauke; Herpich, Philipp; Holtemöller, Oliver; Lünenbürger, Benjamin; Schult, Christoph (2020b): Coal phase-out in Germany - Implications and policies for affected regions. In: *Energy* 196, p. 117004. DOI: 10.1016/j.energy.2020.117004.

Oei, Pao-Yu; Lorenz, Casimir; Schmalz, Sophie; Brauers, Hanna; Herpich, Philipp; Hirschhausen, Christian von; Kemfert, Claudia (2019): Klimaschutz und Kohleausstieg. Politische Strategien und Maßnahmen bis 2030 und darüber hinaus. Federal Environment Agency Germany. Dessau-Roßlau (Climate Change, 27/19).

Oh, Hyun-Taik; Chung, Younjin; Jeon, Gaeun; Shim, Jeongmin (2021): Review of the marine environmental impact assessment reports regarding offshore wind farm. In: *Fish Aquat Sci* 24 (11), p. 341-350. DOI: 10.47853/FAS.2021.e33.

Öko-Institut; Fraunhofer Institut für System- und Innovationsforschung (Fraunhofer ISI) (2015): Klimaschutzszenario 2050: 2. Endbericht. Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit. Öko-Institut; Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung. Berlin. [online] https://www.isi.fraunhofer.de/content/dam/isi/dokumente/ccx/2015/Bericht_Runde_2.pdf.

Our World in Data; Ritchie, Hannah; Rosado, Pablo; Roser, Max (2023a): Primary energy consumption by source. Germany and Korea. Published online at OurWorldInData.org. [online] <https://ourworldindata.org/grapher/primary-energy-source-bar?country=KOR~DEU>, last updated 16.10.2023, accessed 16.10.2023.

Our World in Data; Ritchie, Hannah; Rosado, Pablo; Roser, Max; Mathieu, Edouard (2023b): Korea.

Electricity production by source. Published online at OurWorldInData.org. [online]

<https://ourworldindata.org/grapher/electricity-production-stacked?stackMode=relative&country=~KOR>, last updated 16.10.2023, accessed 16.10.2023.

Our World in Data; Ritchie, Hannah; Roser, Max; Rosado, Pablo (2020): Germany. CO2 Country Profile. Our World in Data. [online]

<https://ourworldindata.org/co2/country/germany#citation>, last updated 27.09.2023, accessed 27.09.2023.

Our World in Data; Ritchie, Hannah; Roser, Max;

Rosado, Pablo (2023c): Germany. Electricity

production by source. Published online at

OurWorldInData.org. [online]

<https://ourworldindata.org/grapher/electricity-production-stacked?stackMode=relative&country=~DEU>, last updated 16.10.2023, accessed 16.10.2023.

Petzina, D. (1984): Industrieland im Wandel (1945-1980). In: Wilhelm Kohl (Hg.): Westfälische Geschichte. In drei Textbänden und einem Bild- und Dokumentarband. Band 3: Das 19. und 20. Jahrhundert. Düsseldorf: Schwann, p. 439-531.

Piria, Raffaele; Honnen, Jens; Pflugger, Benjamin; Ueckerdt, Falko; Odenweller, Adrian (2022): Securing hydrogen imports for Germany: Import needs, risks and strategies on the way to climate neutrality. Ariadne-Analysis. [online]

https://ariadneprojekt.de/media/2022/03/Ariadne-Analysis_Securing-hydrogen-, accessed 04.10.2023.

Pollin, Robert; Wicks-Lim, Jeannette; Chakraborty, Shouvik (2022): A green economy transition program for south korea. [online]

<https://peri.umass.edu/images/SKorea-CleanEnergy-3-25-22.pdf>.

Poortinga, Wouter; Whitmarsh, Lorraine; Steg, Linda; Böhm, Gisela; Fisher, Stephen (2019): Climate change perceptions and their individual-level determinants: A cross-European analysis. In: *Global Environmental Change* 55, p. 25-35. DOI: 10.1016/j.gloenvcha.2019.01.007.

Power Past Coal Alliance (2023): Who we are. [online] <https://poweringpastcoal.org/>, last updated 24.02.2021, accessed 08.11.2023.

Ragnitz, Joachim; Markwardt, Gunther; Schwartzkopff, Julian; Reitzenstein, Alexander; Timon; Wehnert et al. (2022): Analysis of the Historical Structural Change in the German Lignite Mining Region of Lusatia (Case Study). UBA. Dessau-Roßlau (Climate Change, 32/2021). [online]

<https://www.umweltbundesamt.de/en/publikationen/analysis-of-the-historical-structural-change-in-the-0>, accessed 09.10.2023.

Reitzenstein, Alexander; Popp, Rebekka; Oei, Pao-Yu; Brauers, Hanna; Stognief, Nora; Kemfert, Claudia et al. (2022): Structural Change in Coal Regions as a Process of Economic and Social-Ecological Transition - Lessons Learnt from Structural Change Processes in German. UBA. Dessau-Roßlau (Climate Change, 33/2021). [online]

- <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/structural-change-in-coal-regions-as-a-process-of>.
- Renn, Ortwin; Marshall, Jonathan Paul (2016): Coal, nuclear and renewable energy policies in Germany: From the 1950s to the “Energiewende” . In: *Energy Policy* 99, p. 224-232. DOI: 10.1016/j.enpol.2016.05.004.
- Roh, Joori; Kim, Cynthia (2021): S.Korean pension fund pledges to limit investing in coal projects. In: *Reuters*, 2021.
- Schrems, Isabel (2021): Neue Klimaziele: Darum kommt der Kohleausstieg früher. Hg. v. Friedrich Ebert Stiftung.
- Schwartzkopff, Julian; Schulz, Sabrina (2015): Zukunftsperspektive Für Die Lausitz – Was Kommt Nach Der Kohle? Kurzstudie. E3G. Berlin.
- Smil, Vaclav (2004): World History and Energy. Hg. v. University of Manitoba. [online] <https://vaclavsmil.com/wp-content/uploads/docs/smil-article-2004world-history-energy.pdf>.
- Snyder, Scott (2023): The Strategy Behind South Korea’s Bold Diplomatic Realignment. Council on Foreign Relations, last updated 19.04.2023.
- Solutions for our Climate (2022): South Korea is on the verge of an energy crisis due to the state utility’s record losses. [online] <https://forourclimate.org/en/sub/news/%EB%B3%B4%EB%8F%84%EC%9E%90%EB%A3%8C-%ED%95%9C%EC%A0%84-%EC%97%AD%EB%8C%80%EA%B8%89-%EC%A0%81%EC%9E%90-%EC%82%AC%ED%83%9C-%EC%8A%A4%EB%AA%A8%ED%82%B9-%EA%B1%B4%EC%9D%80-%EB%AC%B4%EC%97%87%EC%9D%B8%EA%B0%80>.
- Solutions for our Climate (2023): South Korea’s coal phase-out falls far behind OECD, according to study.
- Statista (2023a): Production volume of anthracite in South Korea from 2014 to 2022. [online] <https://www.statista.com/statistics/1296012/south-korea-anthracite-production-volume/>.
- Statista (2023b): The 20 countries with the largest gross domestic product (GDP) in 2022. [online] <https://www.statista.com/statistics/268173/countries-with-the-largest-gross-domestic-product-gdp/>.
- Statista (2024): Anzahl der Beschäftigten im Braunkohlenbergbau in Deutschland in den Jahren von 1950 bis 2023. [online] <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/161209/umfrage/braunkohlenbergbau-beschaeftigte-in-deutschland-seit-1950/>.
- Statistik der Kohlewirtschaft e.V. (2022): Braunkohle Im Überblick 1989 – 2021. [online] <https://kohlenstatistik.de/daten-fakten/>.
- Staudenmaier, Rebecca (2023): Germany's Scholz pledges rapid onshore wind power expansion. In: *Deutsche Welle*, 02.05.2023. [online] <https://www.dw.com/en/germanys-scholz-pledges-rapid-onshore-wind-power-expansion/a-64616000#:~:text=According%20to%20the%20law%2C%202%25%20of%20Germany%27s%20total,is%20set%20aside%20for%20wind%20projects%20by%202027.,> accessed 27.09.2023.
- Tachev, Viktor (2021): The Main Barriers to the Renewable Energy Transition in South Korea. In: *Energy Tracker Asia*, 04.10.2021. [online] <https://energytracker.asia/the-main-barriers-to-the-renewable-energy-transition-in-south-korea/>, accessed 29.06.2022.
- Tagesschau (2020): Wie läuft das eigentlich mit der Kohle? ZDF, 2020. [online] <https://www.tagesschau.de/inland/zahlen-kohle-101.html>.
- Thurbon, Elizabeth; Kim, Sung-Young; Mathews, John; Tan, Hao (2021): More ‘Creative’ Than ‘Destructive’? Synthesizing Schumpeterian and Developmental State Perspectives to Explain Mixed Results in Korea’s Clean Energy Shift. In: *The Journal of Environment & Development* 30 (3), p. 265-290. DOI: 10.1177/10704965211013491.
- TransitionZero (2023): Coal-to-Clean Price Index. [online] <https://www.transitionzero.org/products/coal-to-clean-price-index>, last updated 08.11.2023, accessed 08.11.2023.
- U.S. Energy Information Administration (EIA) (2023): South Korea. [online] <https://www.eia.gov/international/analysis/country/KOR>, last updated 27.09.2023, accessed 27.09.2023.
- Umweltbundesamt (UBA) (2017): A resource efficient pathway towards a greenhouse gas neutral Germany. Dessau-Roßlau.
- Umweltbundesamt (UBA) (2021): Daten und Fakten zu Braun- und Steinkohle. Stand und Perspektiven 2021. Dessau-Roßlau (28). [online] https://www.thru.de/fileadmin/SITE_MASTER/content/Dokumente/Downloads/Sonstige_Downloads/2021-02-22_texte_28-2021_daten_fakten_braun-_und_steinkohle.pdf.
- Umweltbundesamt (UBA) (2022): Greenhouse gas emissions rose by 4.5 percent in 2021. [online] <https://www.umweltbundesamt.de/en/press/pressinformation/greenhouse-gas-emissions-rose-45-percent-in-2021>.
- Umweltbundesamt (UBA); Deutsche Emissionshandelsstelle (2023): Nationalen Emissionshandel verstehen. [online] https://www.dehst.de/DE/Nationaler-Emissionshandel/nEHS-verstehen/nehs-verstehen_node.html, last updated 27.09.2023, accessed 27.09.2023.

