Federal Ministry
for Economic Affairs
and Energy

Energie wende
Switch to the Future

能源转型监测报告第六期

未来的能源

2016报告年度 – 精简版

出版信息

出版人
德国联邦经济和能源部公共宣传处
11019 Berlin（柏林）
www.bmwi.de

版本日期
2018年6月

印刷
MKL Druck GmbH & Co. KG, 48346 Ostbevern

排版和制作
PRpetuum GmbH, 80801 München（慕尼黑）

图片来源
BMI / 封面

Fotolia
Gerhard Seybert / 封面; jarik2405 / 封面
Stephan Leyk / 封面

Getty
Bosca78 / 第37页; Digital Vision. / 封面; Drazen_ / 第15页
from2015 / 第35页; EyeEm / 第22页; Jorg Greuel / 第40页
Martin Barraud / 第13页; Monty Rakusen / 第26页
Nine OK / 第28页; Richard Nowitz / 第9页
Teddi Yaeger Photography / 第31页; Tetra Images / 封面
Westend61 / 封面, 第21页; Yagi Studio / 第36页

Istock
AdrianHancu / 第7页; alengo / 封面; AndreyPopov / 第29页
BrianAJackson / 第25页; code6d / 第23页; Drazen_ / 封面
Federico Rostagno / 第18页; g-miner / 第30页
kamisoka / 第11页; logosstock / 封面; manfredxy / 封面
Meinzahn / 第20页; Morsa Images / 第39页
Nastco / 封面; silkwayrain / 第32页; ZU_09 / 第4页

您可通过以下方式获取本手册及其他宣传册：
德国联邦经济和能源部 公共宣传处
E-Mail: publikationen@bundesregierung.de
www.bmwi.de

订阅服务中心：
电话：+49 30 182722721
传真：+49 30 18102722721

本宣传册是德国经济与能源部公共宣传的一部分。免费发放，不得出售。禁止在选举活动及各党派展台上发放本手册。禁止在本宣传册中夹插、印刷或粘贴任何信息或广告。

FSC
www.fsc.org
MIX
Paper from responsible sources
FSC® C108626

目录

能源转型监测报告第六期的核心内容 2

1 能源转型的监测 4

2 能源转型的目标和监测指标 5

3 欧洲和国际环境下的能源转型 7

4 可再生能源 11

5 能耗与能效 15

6 建筑 18

7 交通 20

8 温室气体排放和环境影响 23

9 电厂和供电安全 26

10 可负担的能源和公平的竞争秩序 28

11 能源供应的环境可承受性 30

12 电网基础设施 32

13 能源体系的整合发展 35

14 能源研究和创新 37

15 投资、增长和就业 39

能源转型监测报告第六期的核心内容

德国的能源转型是欧洲能源转型的一部分。后者为2030年及更远的将来制定了富于挑战的目标，其中的“全欧洲人共享清洁能源”综合提案将重构欧洲的能源政策框架。欧盟成员国将据此制定本国的能源和气候计划，明确提出各国如何完成各自制定的、在2030年达到的能源和气候目标，并以此为能源联盟的相应目标做出贡献。以下列出了关于部分德国2020目标实施进展的数字与事实，从中可以看出挑战的难度。基民盟、基社盟和社民党达成的联盟协议为如何构建相应的框架条件指明了道路。

积极的方面：2016年，可再生能源发电占电力消费总量的31.6%，也就是说每三度电中就有一度来自可再生能源。2017年将继续保持这一趋势。同时，能源政策在2017年版《可再生能源法》的基础上发生了根本性的转变。通过竞标确定投资补贴额的作法明显提高了可再生能源建设的成本效率。

不过，2016年的一次能源消费量比上一年相比还是增加了1.4%。这一变化也与经济增长良好和气温总体低于上一年有关。虽然《国家能效行动计划》中的措施和2015年7月1日的能源政策决议已经开始实施并逐渐显示成效，但自2008年至今每年降低0.8%的成绩不足以达到2020年的节能目标（降低20%）。因此尽快达到节能目标的任务仍非常艰巨。

建筑终端能源消费量在2016年比上一年增加了4.3%，自2008年以来平均降低约0.8%。如欲达到2020年降低20%的目标则需从现在开始到2020年把降低的速度提高5倍。因此在这一方面，尽快达到节能目标也要求付出巨大的努力。

交通领域的终端能源消费量比上一年增加了2.9%，比2005年增加了4.2%，其趋势继续与能源方案中的目标相悖。目前看来，在当前的框架条件下，2020目标（降低10%）预计需要到2030年前后才能完成。尽快扭转这一趋势同样需要继续付出巨大的努力。

2016年的温室气体排放量略有增加，但比1990年总体降低了27.3%。德国政府将继续密切关注“气候保护行动纲领2020”中各项措施的实施，并对其减排效果进行评估。政府将研究需要采取哪些补充措施，以

尽快达到基民盟、基社盟和社民党达成的联盟协议中设定的气候保护目标（比1990年降低40%）。

德国的电力供应是安全的，其能源需求随时可以得到满足，能源供应高度安全。这也得益于欧洲电力市场。在国际比较中，德国同样能够以一贯保持极高的供给质量而著称。

成本效率是衡量能源转型是否完满实施的主要标杆之一。近年来电价成本的上涨动能得到了明显抑制。居民用电价格在2016年尚且平均上涨了2.4%，而2017年的电价已与上一年基本持平。2016年，那些不享受减轻电费负担规定的工商企业的用电价格降低了4.0%。

2016年，终端客户为终端能源消费支付的费用从2150亿欧元降至2120亿欧元。终端能源支出在名义国内生产总值中的占比从上一年的7.1%降至6.7%。电费支出在国内生产总值中的占比降至2010年以来的最低水平。2016年，进口初级化石能源消费造成的能源费用从前一年的548亿欧元降至459亿欧元，其主要原因仍是全球原料市场价格的明显回落。

能源转型的成功要求进一步加强可再生能源和电网容量的同步发展（包括地区性）、加速电网扩建并使现有电网实现优化和现代化。已决定进行的电网扩建必须尽快实施。同样重要的是按时完成《联邦需求规划法》中的措施。2017年和2018年初，针对南线、东南线大型特高压直流电网以及输电通道A北段的联邦电网规划程序相继启动，标志着这些措施进入下一阶段。

能源转型是德国总体经济现代化的一个组成部分，带动了围绕经济区位德国进行的大规模投资。它还为创新性的经营模式提供了重大机遇。能源转型有助于发掘创新性的和新型的市场潜力。能源转型的数字化进程对此同样起到了促进作用。从事新的和创新性的能源技术贸易为许多德国企业带来效益。2016年，可再生能源设备和零部件出口额几乎达到120亿欧元。因此，国际能源合作也变得越来越重要。它有利于政策交流，同时也为经济活动提供支持。

1 能源转型的监测

能源转型以安全、经济和环境友好的能源供应为宗旨，而“未来能源”监测体系则对目标完成和措施执行的进度进行审查；德国的能源转型是目标富于挑战的欧洲能源转型的一部分。监测程序为政策的必要调整提供依据。

能源转型的监测肩负着三项主要任务：

了解全局：通过监测体系可以在事实的基础上了解关于能源转型实施进度的整体情况。为此需要对收集到的大量能源统计信息根据预先选定的特征值（指标）进行浓缩和整理。

评估：每年一次的监测报告对现状进行评估，分析德国政府能源规划中的目标完成状况及相关措施的效果。如预计目标无法完成，则根据几年来搜集的数据作总结性的进展报告，提出克服障碍和完成目标的措施建议。

展望：监测程序同时着眼于主要特征值的可预见的发展趋势。进展报告能够显示出那些较为明显的趋势。

第六期监测报告记录了能源转型在2016年的最新状况，对实现目标的进展情况作出了评估。作为监测程序的核心部分，年度监测报告提供了关于能源转型的最新资料。

监测程序由来自能源领域的一个独立专家委员会提供指导。专家委员会对德国政府发布的监测和进度报告提出科学意见。专家委员会的主席是安德烈亚斯·勒舍尔教授（Andreas Löschel，明斯特大学），其他成员分别为格奥尔格·埃德曼教授（Georg Erdmann，柏林工大）、弗里肖夫·史太斯教授（Frithjof Staiß，太阳能和氢能研究中心）和汉斯·约阿希姆·齐辛博士（Hans-Joachim Ziesing，能源审计协会）。

自2015年以来，德国政府还另在气候保护年度报告中提出温室气体排放领域的最新趋势。该报告提供的信息包括“气候保护行动纲领2020”措施的实施情况、当前趋势和减排效果。

2 能源转型的目标和监测指标

德国通过能源转型走上了通往安全、经济和环境友好型能源供应的未来之路。德国政府提出的能源方案、联邦议院的补充决议以及欧盟法规是能源转型的指南针，也是监测体系的出发点。德国能源转型的国内目标符合欧盟制定的富于挑战的目标。由能源供应的安全性、可负担性和环境可承受性构成的目标三角仍然是德国能源政策的核心取向。基民盟、基社盟和社民党的联盟协议再次强调了这一点。

监测报告对能源转型的定量目标以及其他目标和政策条件作出分析。

表格：欧洲和国际层面的目标

欧洲 国际	为促进气候保护、可再生能源和能效塑造一个可靠的欧洲和国际政策框架。

表格：能源转型的定量目标和现状（2016年）

	2016年	2020年	2030年	2040年	2050年
温室气体排放					
温室气体排放 （与1990年相比）	-27.3%*	至少 -40%	至少 -55%	至少 -70%	基本达到温室气体中性 -80%至-95%
可再生能源					
在能源消费总量中的占比	14.8%	18%	30%	45%	60%
在电力消费总量中的占比	31.6%	至少35%**	至少50% 2017年版《可再生能源法》：到2025年40-45%**	至少65% 2017年版《可再生能源法》：到2035年55-60%	至少80%
在热力消费量中的占比	13.2%	14%			
能效与能耗					
一次能源消费量 （与2008年相比）	-6.5%	-20% →			-50%
终端能源生产率 (2008年—2050年)	每年1.1% (2008年—2016年)	每年2.1%(2008年—2050年)			
电力消费总量 （与2008年相比）	-3.6%	-10% →			-25%
建筑一次能源需求量 （与2008年相比）	-18.3%	→			-80%
建筑热需求 （与2008年相比）	-6.3%	-20%			
交通终端能源消费量 （与2005年相比）	4.2%	-10% →			-40%

图表来源：联邦经济和能源部，2018年3月。

*2016年初步数字；**基民盟、基社盟和社民党在联盟协议中决定继续坚定和高效地发展可再生能源，提高电网同步能力，推进市场化。在这一前提下，2030年可再生能源占比的努力目标大致定为65%；政府将相应作出政策调整。风能和太阳能领域的特别招标项目应有利于实现2020年气候保护目标。这方面的挑战在于可再生能源和电网容量的同步发展。

表格：能源转型的目标和框架条件

能源供应安全	随时、高效地满足德国的能源需求。
退出核电	2022年底关闭最后一批核电站。
可负担性和竞争力	保持能源的可负担性和德国的竞争力。
环境可承受性	以环境、气候和自然可承受的方式保障能源供应。
电网扩建	按需实施电网扩建和升级。
产业耦合 数字化进程	让高度的产业耦合和数字化进程提供的潜力为能源转型的成功发挥作用。
科研 创新	在能源供应结构改造领域推动具有未来意义的创新。
投资、 增长 就业	保持和增加德国的就业岗位，为持久繁荣和生活品质提供基础。

图表来源：联邦经济和能源部，2018年3月。

能源转型监测基于公开的和可验证的数据。监测选用的特征值（指标）可以显示出能源转型的实施随着时间的推移所取得的成效。特征值尽量采用官方的和公众可及的数据。官方能源统计数据的国内法依据是《能源统计法》。

引入计分制系统评价能源转型定量目标的进度。为此先将2008年以来的指标进展作线性外推，然后将各指标的外推值与2020年的指标值相比较，根据偏离范围确定分数：达标或低于目标值10%以内为5分；低于目标值10%-20%为4分；低于目标值20%-40%为3分；低于目标值40%-60%为2分；低于目标值超过60%为1分。

这种评价方法虽然不能取代复杂的、基于模型的预测，但具有相对易懂的优点，可以直观地对能源转型关键指标的最新状况进行归类。

在对目标实现情况进行评估时，正在实施的措施对未来的影响还未考虑在内。这些措施的效果还有待展现，实际发展状况也可能受政治和经济环境的影响。

3 欧洲和国际环境下的能源转型

现状

欧洲的能源政策：欧盟作为整体基本符合2020年的目标路径。除可再生能源占比之外，德国尤其要在减排及降低一次和终端能源消费量方面继续努力。只有这样才能完成欧盟成员国各自为2020目标承担的义务。

欧洲电力市场已成为现实，在供电安全方面起到了非常重要的作用。多元化合作促进了德国与邻国之间的电力交易和交换。与丹麦和奥地利的跨境电力交换中的遗留问题已通过双边协议进行处理。

欧盟碳排放交易体系（ETS）启动于2005年，涵盖了欧洲范围内（28个成员国及挪威、冰岛和列支敦士登）的能源产业和能源密集型产业的约12000个工业设施的排放量，也包括欧洲内部空运的排放量。欧盟碳排放交易体系内各领域的减排目标已提前完成。2016年，欧盟碳排放交易体系内的产业领域（不含欧洲空运）比上一年再次降低2.9%。因此，排放量与2005年相比总计降低了26%，从总计23.75亿吨二氧化碳当量减为17.5亿吨。

排放交易体系外的产业领域的气候保护：排放交易体系外的产业领域（特别是建筑物、不含

空运的交通、农业、废物处理）同样为减排做出了重大贡献。虽然这些领域在2016年的排放量比2005年减少了13%，但低油价和由于天气造成的取暖需求却使过去几年出现了回升的势头。尽管如此，欧盟碳排放交易体系外的排放预计仍将达到2020年减少10%的目标。

表格：欧盟2020年和2030年的重要目标一览

	2016年	2020年目标	2030年目标（基于三方对话的非正式协议）	备注
温室气体减排（与1990年相比）	23%	至少20%	至少40%	强制性
欧盟碳排放交易体系内的温室气体减排（与2005年相比）[1]	26%	21%	43%	强制性
欧盟碳排放交易体系之外的温室气体减排（与2005年相比）[1]				
• 整个欧盟	13.3%[2]	10%	30%	强制性
• 德国	4.9%[2]	14%	38%	强制性
可再生能源占比				
• 在终端能源消费总量中的占比欧盟层面	17%	20%	32%	强制性
德国国内	14.8%	18%	没有以特定国家为对象的目标	强制性
• 在供热、供冷领域	13.2%		每年提高1.1个百分点（如计入余热和余冷则为每年1.3个百分点）	指导性
• 在交通领域	7.1%（欧盟） 6.9%（德国）	10%	14%	未制定产业领域目标，而是承诺引入“投放市场者配额”机制
降低能耗				
• 欧盟层面	一次能源消费量降低10%，与2005年相比	降低20%[3]（相当于与2005年相比降低13%）	32.5%左右[3]	未详
• 在各欧盟成员国		为达标设定的指导性国内贡献	为达标设定的指导性国内贡献	指导性
		在节能总量（每年1.5%）之外	在实际节能总量（每年0.8%）之外	强制性
欧盟成员国内部的互联互通	德国2017年：9%	10%	15%[4]	指导性
电力交易/交换		提高整个系统的效率，加强能源安全		

资料来源：联邦经济和能源部2018年2月。

1 见后文第3章第2节

2 初步数字；全欧盟，截至2017年9月；德国，截至2018年1月；欧洲环境署提供的2005年基准年的排放量计算方式为：2005年基准年的排放量=2020年绝对目标/(1+2020年目标%)

3 与为2020年和2030年所作的参比预测相比（根据向欧盟委员会提供的PRIMES2017数据模型）

4 根据更多的临界值具体化

国际能源政策：总体看来，全球范围内以走向低排放的能源供应为目标的能源转型正在推进。根据国际能源署的统计，2016年电力领域针对可再生能源和电网扩建的投资各占40%（7180亿美元），对基于化石能源的发电能力的投资则仅仅略高于16%。

2016年11月生效的《巴黎气候变化协定》为全球能源转型提供了总体框架。迄今为止，197个国家中的178个已批准该协定，包括欧盟和德国。《巴黎协定》的所有缔约国均就国家自主贡献作出承诺（NDCs）。德国政府采取多种措施推动国家自主贡献在全球范围内尽快得到兑现。

在国际能源转型的塑造过程中，德国被许多国家视为重要的伙伴。德国的经验、专业能力和技术在全球引起了普遍关注，特别是在调整法律基础和将可再生能源纳入安全的能源供应体系等领域。

新变化

欧洲能源政策：欧盟委员会在2016年11月提出了内容全面的“全欧洲人共享清洁能源”综合提案。综合提案的目标是到2030年重构欧洲的能源框架，其核心建议包括成立一个能源联盟的治理机制（治理条例），重新设计欧盟电力市场（电力市场指令、电力市场条例、能源监管合作署/ACER条例和风险预防条例），修订可再生能源、能效和建筑指令。相关谈判预计于2018年结束。

治理条例的核心部分是一体化的“国家能源和气候规划”（NECP）。根据三方对话非正式协议，每个成员国都必须在2018年底以前向欧盟委员会提交为2021年至2030年制定的国家能源和气候规划草案。正式规划须在2019年底以前提交。各欧盟成员国要在规划中提出如何通过本国贡献帮助欧盟完成2030年能源气候目标（特别是欧盟为可再生能源和能效设定的目标），并提出达到这些目标的相应措施。

通过提高价格信号的效力加强欧盟碳排放交易体系的运行能力。欧盟碳排放交易体系改革于2018年4月生效。改革的目的是调整碳配额短缺与保持欧洲工业的国际竞争力之间的关系。

国际能源政策：在德国担任G20轮值主席国期间，各国领导人在2017年7月的汉堡峰会上通过了一项支持经济增长的气候能源行动方

案（美国除外）。方案提出无保留地实施《巴黎协定》和《可持续发展2030议程》中的目标，以及与此相关的能源体系的有效转型。这是一个重要信号，因为G20国家的一次能源消费量占全球总量的约80%，碳排放量甚至超过80%。

欧洲能源政策的核心措施主要包括：

- 能源联盟治理条例
- 修订可再生能源指令
- 修订能效指令
- 修订建筑能效指令
- “加快建筑物清洁能源改造”项目
- 改进能效标签
- 风险预防条例
- 修订天然气供应安全条例
- 跨境电网扩建
- 欧盟委员会关于保护欧洲能源和交通关键基础设施的报告
- 欧盟委员会关于2030互联互通目标的报告
- 区域协作
- 修订跨境可再生能源条例
- 德奥边界输电瓶颈管理
- 电力单一市场条例
- 电力单一市场指令
- 能源监管合作署条例
- 确立电力系统平衡指导原则的条例
- 修订天然气单一市场指令
- “塔林电子能源宣言”
- 能源外交行动计划

欧盟排放权交易体系内外在气候保护领域的核心措施主要包括：

- 欧盟碳排放交易体系内的碳市场“稳定储备”机制
- 改革2021年—2030年交易阶段的排放权交易体系
- 将折量拍卖证书化入“市场稳定储备”机制
- 欧盟碳排放交易体系与瑞士排放交易体系对接
- 负担分配条例
- 低排放交通战略
- “行进欧洲”交通出行一揽子方案
- 第二个交通出行一揽子方案——轿车和轻型商用车碳排放规范

国际能源政策的核心措施主要包括：

- 《G20汉堡气候和能源行动计划》
- 世界气候大会第23次缔约方会议
- 国际能源署/国际可再生能源机构受G20主席国德国委托进行的调研项目“能源转型的前景——低碳能源体系的投资需求”
- 加强现有的和建立新的双边能源伙伴关系（最近的几个国家包括墨西哥、阿联酋和澳大利亚）
- 柏林能源转型对话机制
- 能源出口计划
- “德国的能源转型”巡展

4 可再生能源

现状

可再生能源在能源消费总量中的占比总体呈上升趋势。2016年，可再生能源提供的终端能源总量为385.6太瓦时，占终端能源消费总量的14.8%，与上一年相比略增0.1个百分点。

自2008年以来，可再生能源在能源消费总量中的占比总共增加了一半以上（5.6个百分点）。2000年以来，可再生能源在全部三大产业中的占比总体甚至增加了两倍。这一良性态势主要来自电力产业中的可再生能源应用。2008年以来，可再生能源的占比在热力

产业中略有增加，在交通领域中略有减少。与2020年18%的目标的差距为3.2个百分点。达到这一目标的唯一途径是继续大力增加可再生能源在供电和热力产业中的应用，同时显著增加在交通领域的努力。

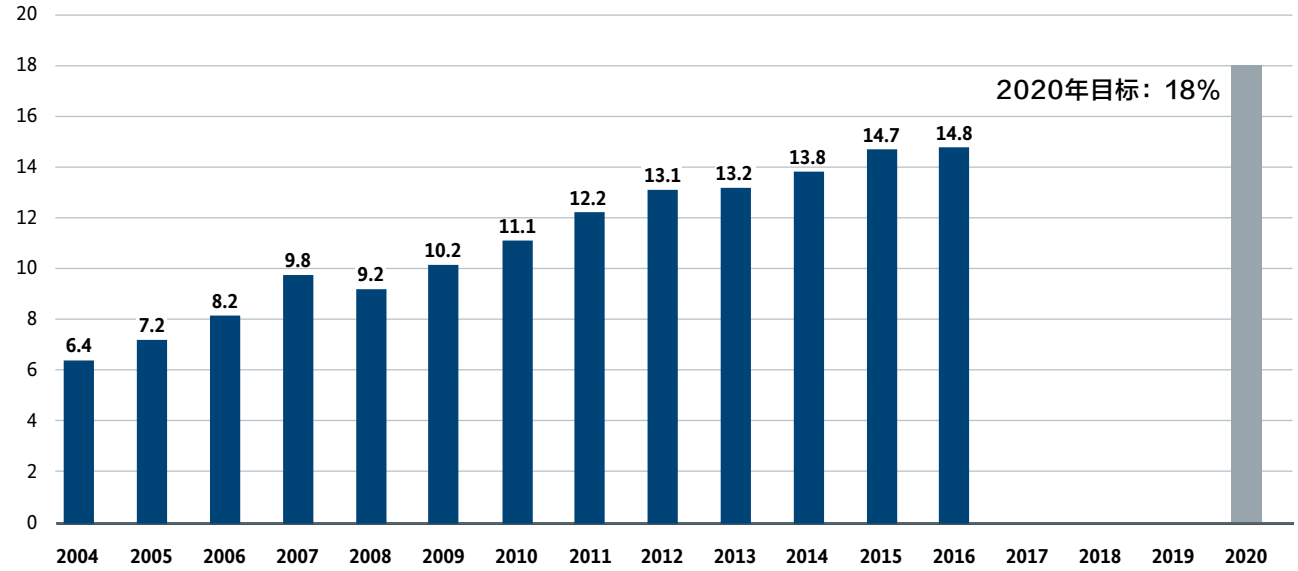
2016年的可再生能源电力为189.7太瓦时，比上一年仅有小幅增加（2015年：188.8太瓦时）。但由于受天气限制，可再生能源装机容量的大幅提升并未使其电力产量得到相应规模的增加，而只达到了电力消费总量的31.6%（2015年：31.5%）。可再生能源在电力产业的占比自2008年以来翻了一番还多。在走向安全、经济和环境友好型能源供应的道路上，这一成就是相当可观的。可再生能源在电力消费总量中的占比在2017年增至36.2%，是迄今为止增长速度最快的一年。2020年的目标（35%）已在2017年超额完成。

可再生能源用于热力生产在2016年有所增加，其中一个原因是天气比上一年冷。2016年，可再生能源在用于供热和供冷的终端能源消费量中的占比为13.2%（约163.7太瓦时）。2015年也是13%（155.5太瓦时）。

可再生能源在用于交通的终端能源消费总量中的占比在2016年有所下滑，具体为33.6太瓦时，即5.2%（2015年：5.3%）。2016年，生物燃料在终端能源消费总量中的占比为4.6%。可再生能源在轨道和道路交通电力消费中的占比为0.6%。

图示：	**目标描述：可再生能源与终端能源消费总量**
2020年目标	可再生能源在能源消费总量中的占比达到18%
2016年水平	14.8%

终端能源总量占比

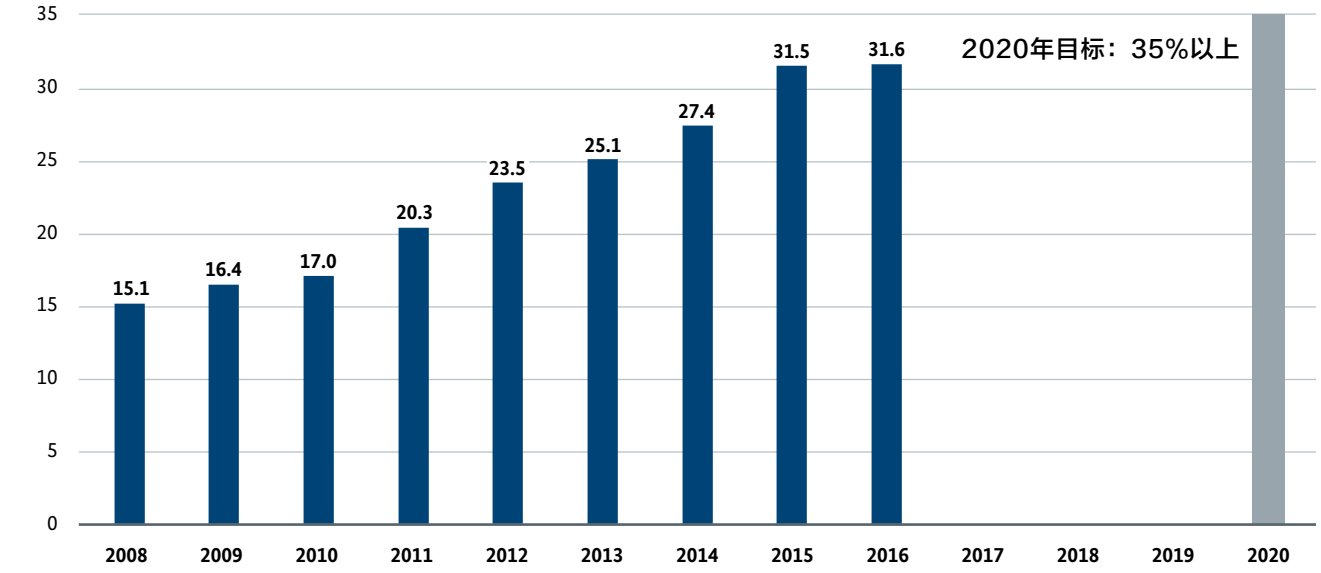


资料来源：可再生能源统计工作组，2018年2月

趋势	●●●●●
措施	《可再生能源法》、“市场激励计划”、《可再生能源供热法》、温室气体排放配额及其他措施

图示：	目标描述：可再生能源和电力消费总量
2020年目标	可再生能源在电力消费总量中的占比不低于35%
2016年水平	31.6%

终端能源总量占比



资料来源：可再生能源统计工作组，2018年2月

趋势	●●●●●
措施	《可再生能源法》

2018年的可再生能源附加费为6.792欧分/千瓦时，比上一年小幅减少了0.09欧分。2014年以来，附加费徘徊于6.2欧分和6.9欧分之间。在此前若干年间，附加费的涨幅是非常明显的（如从2012年的3.59欧分/千瓦时升至2014年的6.24欧分）。可再生能源附加费背着以往沉重的成本包袱，即为现有设施支付的较高的规定价，而这些价格因对现有设施和消费者的保护规定而无法更改。新设施需要的规定价要低很多，因此从长期角度看可以给可再生能源附加费减轻很多压力。

2014年和2017年修改的《可再生能源法》成功限制了可再生能源附加费的提高，同时推动了可再生能源的进一步发展。以往的成本上涨动能明显受到了抑制。同时，可再生能源在电力消费中的占比增速空前，2013年为25%，2017年

升至约36%。在一届议会任期期间达到占比增加11个百分点，这在《可再生能源法》诞生以来尚属首次。

新变化

《可再生能源法》是发展可再生能源的核心指导工具。自2000年出台以来，《可再生能源法》不断得到发展，包括2004年、2009年和2012年所做的修订，数次与光伏有关的修订，还有2014年版的《可再生能源法》。最近一次是2017年版的《可再生能源法》。

- 《可再生能源法》的2014年修订版规定，可再生能源补贴额必须至迟在2017年起通过竞标确定。为此，2015年和2016年实施了首批空地光伏设备招标试点项目，为随之而来的制度转轨积累经验。2014年版《可再生能源法》还引入了强制性的市场直接销售体制。自那以后，电力生产者也必须同时负责市场经销。

- 2017年版《可再生能源法》意味着可再生能源扶持政策的根本性转变，走向增加竞争和提高成本效率。最重要的可再生能源即陆上风能、海上风能、大型光伏电厂和生物质能必须从现在开始在招标中经受挑战，因为只有成本最低的报价才能中标。由国家政策定价的技术扶持阶段就此结束。不过，水能、地热能和小型屋顶光伏设备继续按定价入网。

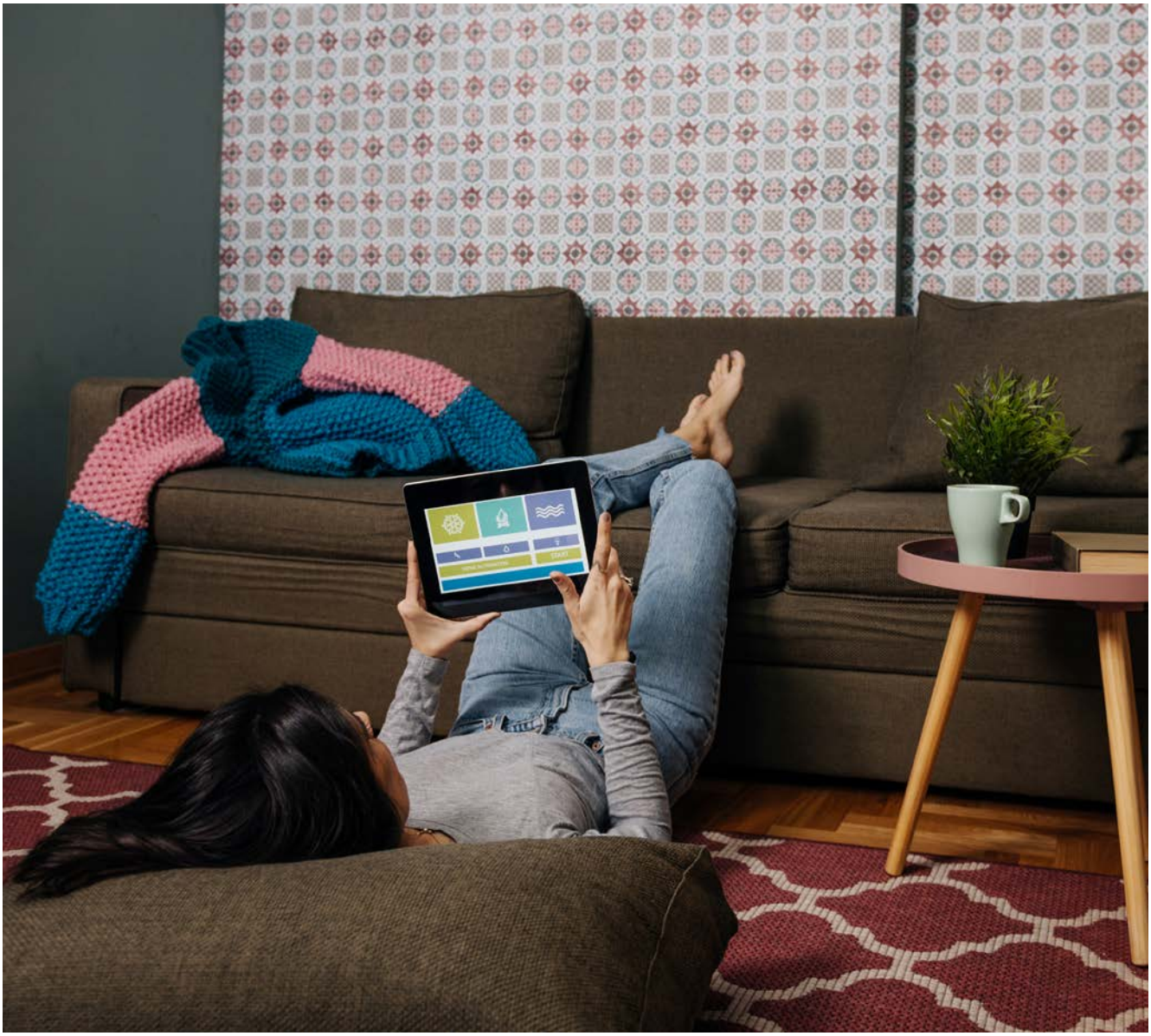
2014年和2017年对《可再生能源法》的两次改革在继续推动可再生能源发展的同时成功地控制住了可再生能源附加费的上升。此前的成本上涨动能明显得到了抑制。与此同时，可再生能源在电力消费中的占比以空前的速度增加，2013年为25%。2017年达到约36%。占比在一届议会任期中增加11个百分点，这在《可再生能源法》诞生之后还是第一次出现。

基民盟、基社盟和社民党在联盟协议中决定继续坚定和高效地发展可再生能源，提高电网同步能力，推进市场化。在这一前提下，2030年可再生能源占比的努力目标大致定为65%，政府将作出相应的政策调整。风能和太阳能领域的特别招标项目应有利于实现2020年气候保护目标。这方面的挑战在于可再生能源和电网容量的同步发展。

可再生能源在电力、热力和交通领域的核心项目主要包括：

- 2017年版《可再生能源法》
- 2017年版《可再生能源法》修订案
- 房东为租户供电法
- 修订2015年的“市场激励计划”
- 经各方协调的热力市场管理法规
- 电动汽车/生物燃料/铁路交通领域的措施
- 热泵扶持措施
- 带有季节蓄热装置的低温热网

5 能耗与能效



现状

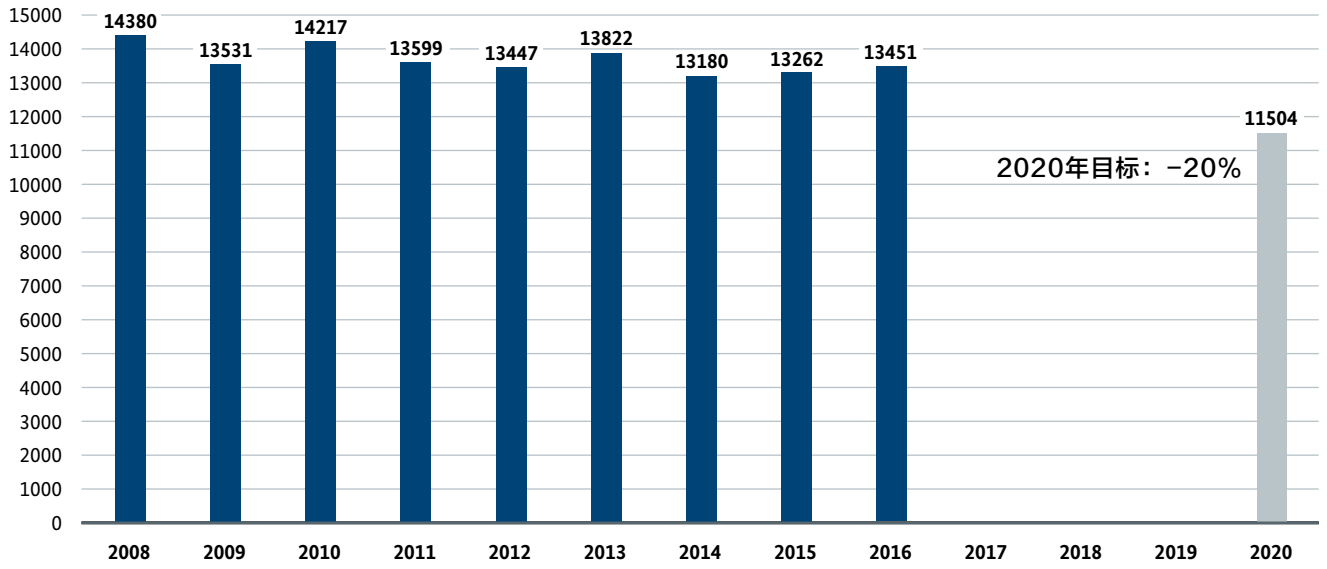
2016年的一次能源消费量较上一年有所增加。2016年的一次能源消费量为13451拍焦耳，超过去年1.4%。与基准年2008年相比，2016年德国的一次能源消费量总体下降了6.5%。自2008年以来，一次能源消费量平均每年降低0.8%。而达到2020年目标需要从现在开始每年降低3.8%，也就是说降低的速度需要达到现在的近五倍。尽快达标仍然迫切需要采取行动。

2008年至2016年的终端能源生产率平均每年上升了约1.1%，明显低于2.1%的设定目标。为达到能源方案中为终端能源生产率设定的目标，在2016报告年度与2020目标年之间这四年需要使每年上升的速度平均提高4.2%。

电力消费总量在2016年较之于上一年基本持平。电力消费总量体现的是国内的用电量，2016年为597太瓦时。

图示：	目标描述：降低一次能源消费量
2020年目标	一次能源消费量降低20%（与2008年相比）
2016年水平	-6.5%

拍焦耳



资料来源：能源评估工作组，2017年8月

趋势	●●○○○
措施	《国家能效行动计划》和其他现有的能效项目

2008年至2016年，电力消费总量减少了约3.6%，相当于每年平均减少0.5%。为完成到2020年减少10%的目标，自2016报告年度起余下的四年之内必须做到每年减少1.7%。

新变化

德国政府通过发布“能效绿皮书”完成了更新能效政策的咨询程序。下一步是由德国政府制定能效战略，确立能源政策中“效率优先”的纲领性原则。

德国政府在2014年通过的《国家能效行动计划》为提高能效制定了全面战略。《国家能效行动计划》中包括为完成国内能效和气候保护目标提出的紧急措施和后续手段，并构成了“气候保护行动纲领2020”的重要组成部分。

能效政策的主要行动领域包括：

- 推动建筑能效的提高
- 奠定让能效带来投资回报和把能效作为商业模式的机制
- 提高能效方面的自我责任感

《国家能效行动计划》针对以上行动领域设定了跨领域措施，降低需求方的能源消费量。这些措施的目的是提高与行动计划有关的能效，到2020年总共节省390到460拍焦耳。

行动计划中的决定和2015年7月1日的决议已开始实施并初见成效。行动计划中针对建筑改造提出的减税措施由于未能与联邦州达成协议而无法实施。作为替代方案，联邦承担了能效

激励计划（建筑能效资助措施）中42.5%的资金，与以前计划的减税扶持措施的资金数额相当。

根据现有的数据，这些措施在2016年减少了1100万吨二氧化碳当量，相当于节省了约140拍焦耳的一次能源。2016年的削减量同时考虑了当年和以往能效措施的效果（《国家能效行动计划》计算法）。实际成效与行动计划中的预估无法进行直接比较，因为行动计划的某些部分只考虑了单个项目的追加措施。建筑低碳改造计划便是典型的例子。后面第8章中的图表显示的是《国家能效行动计划》中的措施到2020年预计取得的效果。

表格：迄今可以量化的《国家能效行动计划》效果（2016年）

以基民盟、基社盟和社民党主席2015年7月1日决定为基础的《国家能效行动计划》中的措施和项目	一次能源削减量（以拍焦耳为单位）	二氧化碳削减量（累计千吨二氧化碳当量）
	2016年	2016年
《国家能效行动计划》措施（仅限为2016报告年度量化计算的一次能源削减量的部分措施）		
建筑低碳改造计划：住宅楼	101	7683
建筑低碳改造计划：非住宅建筑	暂无数据	466
能效激励计划、德国复兴信贷银行以及联邦经济和出口管制局措施	2	142
国内使用的老旧暖气设施能效标签	0.02	133
在热力市场推动使用可再生能源的“市场激励计划”	1	792
德国复兴信贷银行为生产设备和工艺提供的能效项目	16	475
能效网络项目	1	36
非中小企业的能源评审义务	4	264
中小企业能源转型和气候保护项目	1	37
高能效和气候友好的生产工艺	3	183
德国领跑者项目	0.2	暂无数据
STEP up! “发掘电力效率潜能”项目	0.1	6
能源管理系统资助政策	1	67
能效咨询	5	325
基于2015年7月1日决议的项目		
暖气优化	0.03	2
跨学科技术资助政策	6	359
余热	0.78	52
总体效果	**140**	**11022**

资料来源：联邦经济和能源部，2018年5月。

6 建筑

现状

2016年的建筑终端能源消费量（以下也称热需求）较上一年有所上升。2016年的热需求约为3235拍焦耳，上升幅度为4.3%。上升的主要原因是气温较低，增加了供暖需求。

虽然过去三年的热需求有所回升，与2008年相比总体仍下降了6.3%。这意味着热需求在这一时间段中平均每年降低了0.8%。2020年的目标是较之2008年降低20%，即2016年至2020年这四年中必须使热需求每年平均下降3.9%，也就是说比现在快五倍。

2016年的建筑一次能源需要量比上一年降低了3.2%。一次能源需要量比2008年已下降了18%，相当于每年平均下降2.5%。这意味着为减少一次能源需要量所走的道路是正确的。

新变化

德国政府在2016年继续改进了许多与建筑能效相关的措施，也推出了许多新措施，包括在建筑能效战略框架下的措施。例如，能效激励计划通过“供暖和通风综合措施”首次为复合能效解决方案提供资助。新启动的措施还包

括“利用高效热泵和水力平衡优化暖气的资助计划”，通过资助低门槛和小规模的能效措施对现有资助体系进行合理补充，并为进一步升级提供台阶。“高能效建筑2050——旨在2050年达到建筑存量接近气候中和的创新计划”资助项目启动于2016年4月，目的是支持创新性解决方案和技术转让并提高其推广速度。为使数字化进程在能效领域同样得到利用，联邦经济和能源部在2016年5月启动了节能计量表试点项目。为满足大量需求和避免中断资助，项目拨款已追加近一倍。2017年7月推出的“热网系统4.0”资助项目首次对供热基础设施提供了系统性资助。资助对象不仅包括单项技术和个别组件，而且包括整个系统。建筑能效战略也体现在德国政府制定的《气候保护规划2050》中“对气候有益的建造和居住”战略中。

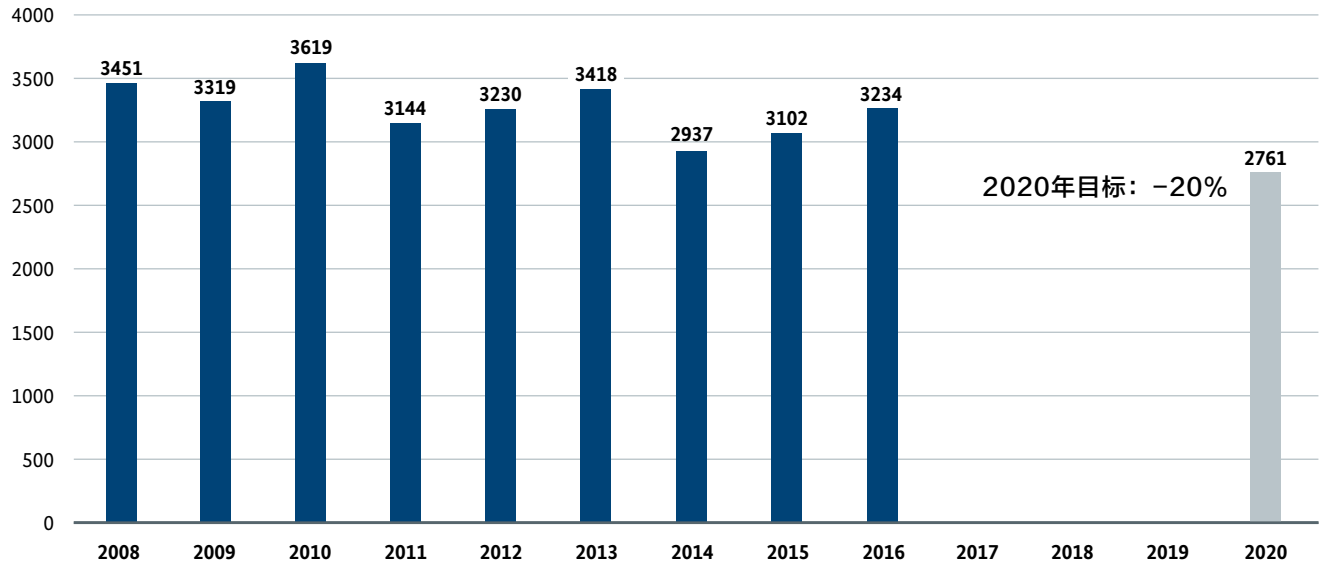
建筑低碳改造计划、可再生能源热力市场激励计划和能效激励计划在2016年均非常成功，扶持资金支出的情况令人满意。在建筑低碳改造规划框架下推出的德国复兴信贷银行能效建造和改造扶持项目继续拥有大量的需求。

能效咨询措施是德国政府能效和气候保护政策中的重要组成部分。高质量的能效咨询可以具体分析能效和节能潜力、相关措施的投资费用以及获得资金和资助的途径。能效咨询还可增加能源消费者自身的知识，提高其决策能力，避免不良投资。

建筑领域的核心项目见第五章表格。

图示：	**目标描述：热力终端消费量**
2020年目标	使与建筑相关的终端能源消费量（热需求）降低20%（与2008年相比）
2016年水平	-6.3%

拍焦耳



资料来源：能源评估工作组，2017年11月

趋势	●●●○○
措施	《国家能效行动计划》、建筑能效战略、“气候保护行动纲领”

7 交通

现状

2016年交通领域的终端能源消费量有所增加。交通领域中的所有交通工具在2016年的终端能源消费量为2696拍焦耳，较上一年增加2.9%。交通领域由此占德国终端能源消费总量的29%。

与基准年2005年相比，交通领域的终端能源消费量累计增加了4.2%，即每年平均增加了约0.4%，自2010年以来甚至每年增加了0.9%。尽快扭转这一态势要求付出巨大的努力。完成到2020年使终端能源消费量降低10%的目标意味着，今后四年要比2010年总共降低13.7%，即每年平均降低3.6%。这不太可能实现。

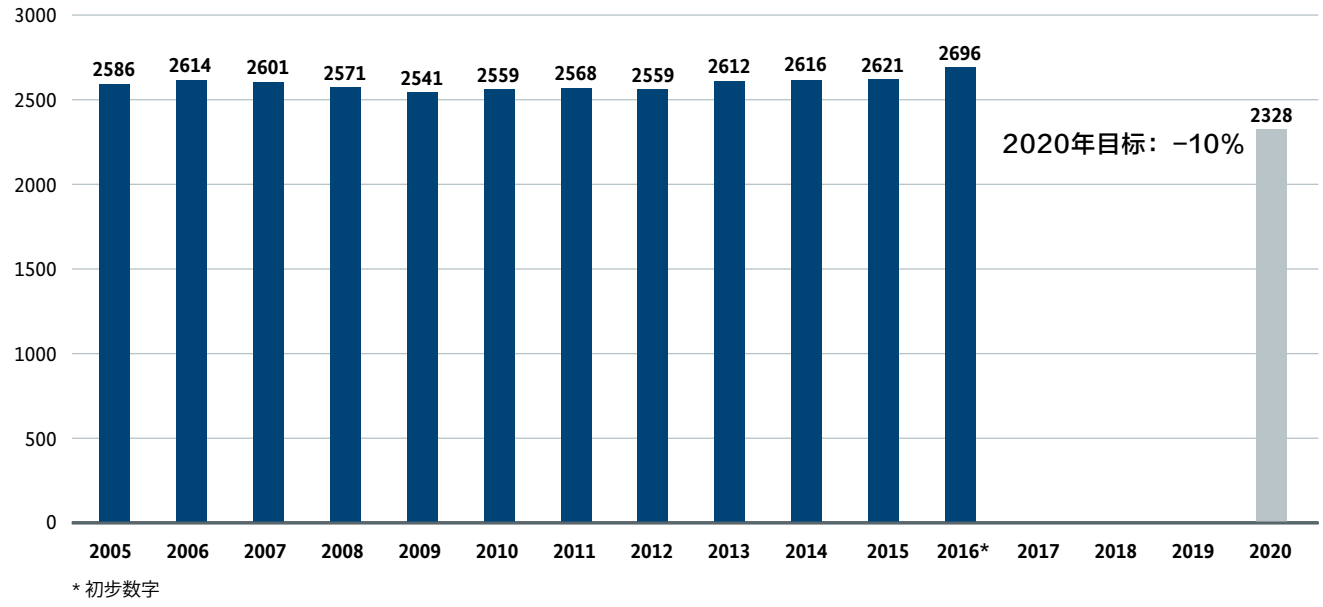
虽然市场总体占比仍然有限，电力驱动的汽车存量确实在迅速上升。2016年有约62500辆电池驱动的多车辙机动车办理登记，其中约21000辆为外部充电混合动力汽车。但其市场份额在新车登记中仍低于0.8%。除电池驱动的多车辙机动车外，德国街道上出现了越来越多的电力驱动两轮车，如电动脚踏车和电动自行车。

新变化

在交通领域通过明显降低能耗打开崭新的局面仍是一项长期的任务。终端能源消费量在交通领域的总体发展趋势与能源方案中的目标相悖。到目前为止，交通领域能效的提高未能平衡由于运输能力明显增加而带来的能耗增

图示：	**目标描述：交通领域终端能源消费量的发展情况**
2020年目标	终端能源消费量降低10%（与2005年相比）
2016年水平	+4.2%

拍焦耳



资料来源：能源评估工作组，2017年9月

趋势	● ○ ○ ○ ○
措施	消费/效率/气候保护，电动汽车/替代动力/加油加气充电基础设施，向环境友好型交通工具

加。因此早在2014年，德国政府便通过“交通和动力燃料战略”以及“气候保护行动纲领2020”推出了扶持、咨询、资助和改善秩序框架等综合手段，希望推动交通领域的终端能源消费量进一步下降。该策略的核心之一是通过对研发和市场投入的资助支持创新技术的应用，另一个是发掘数字解决方案的潜力。

未来交通（尤其是轨道交通，但也包括乘用车交通）的特点是可持续、网联和能效不断提高。替代动力汽车是可持续的及长期气候中和的交通方式的关键。促进政策的重点之一是电动汽车。目前的着眼点是继续加速推动其市场发展。自2010年以来，电动车（不含混合动力车）的数量累计增加了10倍以上。电动车既可以使用储能电池，也可以使用将氢气转换为电能的车载燃料电池。我们的目标是使德国成为电动汽车的主导市场和主要提供者，并实现全产业链本地化。为支持电动汽车销售提供的环保奖金将最多保持到2019年，总额为6亿欧元。

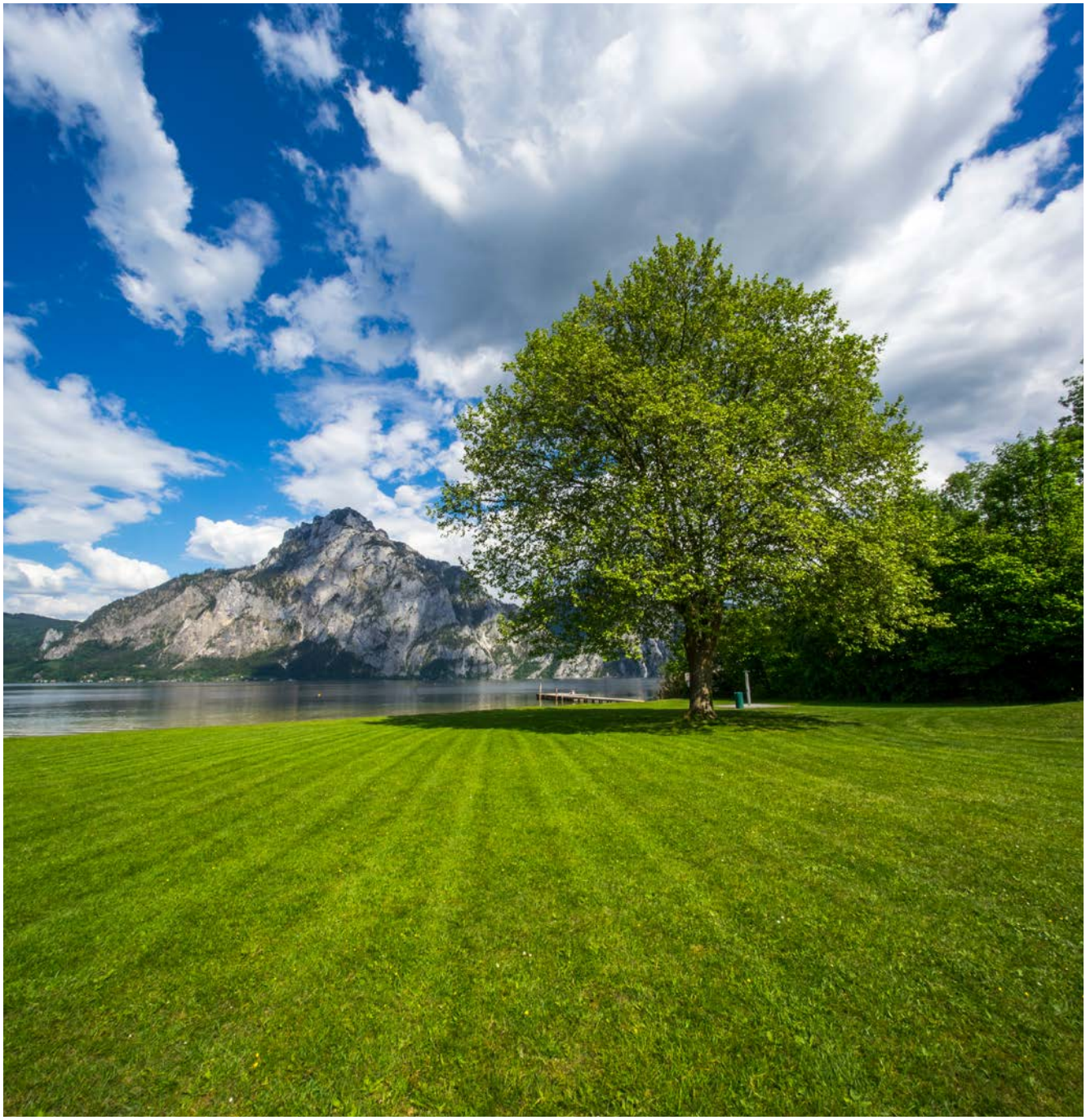
交通领域的核心措施主要包括：

- **消费/效率/气候保护：**继续发展“交通和动力燃料战略2013”，新的“全球统一尾气排放及燃效测试规程”（WLTP），自动网联汽车战略，交通法第八个修订案，筹划制定自动驾驶车辆电脑的伦理规则，修改降低新产乘用和轻型商用车碳排放的欧盟条例，欧盟重型商用车减排条例，2021年—2030年欧盟碳排放交易体系外国内减排目标条例，气候保护法，成立一个负责制定“可负担、可持续的未来交通”战略的委员会

- **电动汽车，替代动力、加油充气充电基础设施：**电动车市场激励一揽子措施，“电动汽车在当地”促进项目，电动车充电桩条例一、二、三版，建设运行安全和具有互操作能力的电动车公用充电设施最低技术要求条例，充电基础设施资助方针，“可再生交通出行”促进项目，能源税法和电力税法第二次修订案，燃气汽车圆桌会议，“新一代海运技术”研究项目，液化天然气重型商用车专项工作组，氢与交通项目，清洁空气速效措施2017—2020

- **转向对环境友好的交通工具：**轨道基础设施投资支持，自行车交通国家规划2020，联邦交通道路规划2030，清洁空气速效措施2017—2020，氢和燃料电池技术国家计划2016—2026（从市场培育到具有市场竞争力的产品），联运扶持措施，为改善城市空气质量推动城市周边地区的交通转向轨道交通

8 温室气体排放和环境影响



现状

根据联邦环境局2016年的数字，德国温室气体排放总量自1990年以来降低了27.3%，即总共降低了3.42亿吨二氧化碳当量。2016年比2015年增加了约3百万吨。

与上一年相比，能源产业排放量略有降低，交通和家庭排放则明显增加。交通排放的增加最为显著：比2015年增加4百万吨，即2.5%。交通排放增加的主要原因是公路货运和乘用车交通量各升高了2.8%和2%。私人家庭排放较上一年增加的主要原因是气温较低和多了一个闰

日。低温和因此引起的供暖需求增加也使家庭和其他小规模消费单位的排放量增加了350万吨（+4.1%）。能源产业排放降低了1.4%。

天气情况、原料价格和电力出口盈余对2016年的气候保护成果有很大影响。气温低于上一年、采暖能耗增加、燃料价格走低，这些因素导致2016年的温室气体排放略有增加。电力出口产生了大量盈余，而其中碳排放密集度较高的煤电所占的比例却居高不下，导致电力产业的温室气体排放量在可再生能源规模扩大的情况下回落有限。

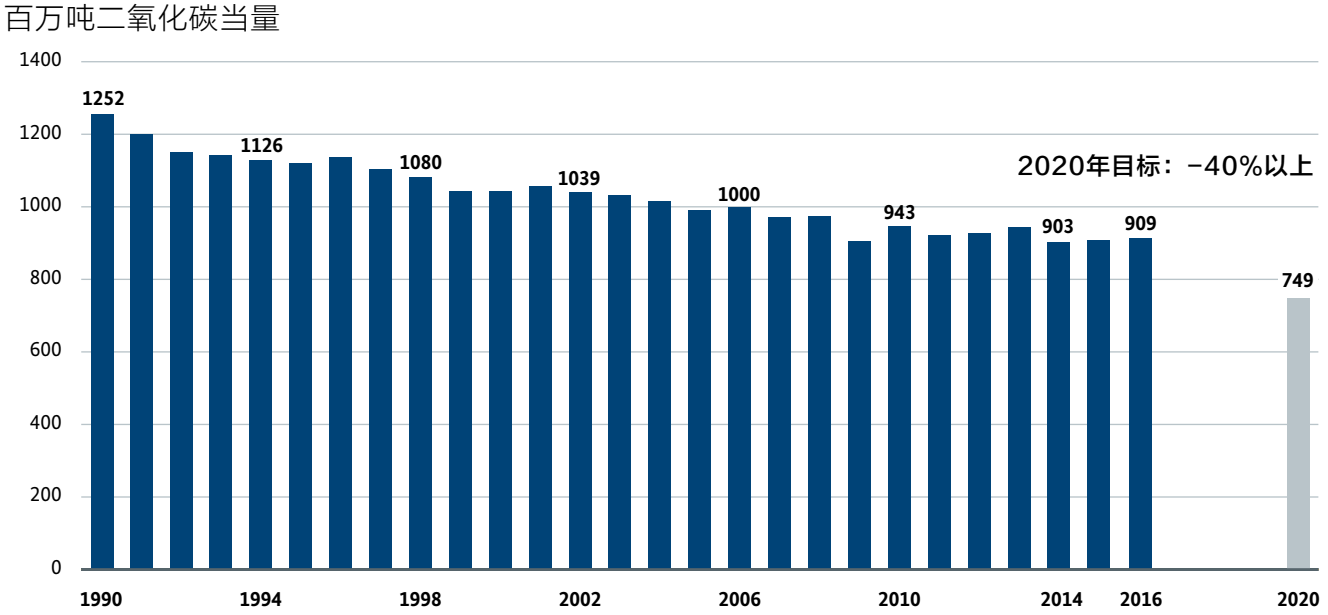
以可再生能源替代化石能源是达到气候保护目标的重要手段。与没有可再生能源的参照体系相比较，在能源需求量不变的情况下，2016年得以避免的二氧化碳当量约为1.6亿吨。以此避免的温室气体排放量相当于2016年的公路交通排放量。电力产业避免了1.19亿吨二氧化碳当量。因将可再生能源用于供热领域而避免的排放量为3400万吨二氧化碳当量，因使用生物燃料而避免的排放量为700万吨当量。

新变化

2013年预测报告中确认了与2020目标值之间的缺口，而“气候保护行动纲领2020”是弥补这一缺口的核心工具。行动纲领的目标是完成6200万到7800万吨当量的减排任务，以此完成气候保护目标。这一数字是110多个单项措施的减排总和。

联邦环境部委托一个专家评审团对减排量进行了量化估算，其结果在2017年的气候保护报告中得到体现。根据这一估算，纲领中的措施

图示：	**目标描述：德国的温室气体排放**
2020年目标	温室气体减排至少40%（与1990年相比）
2016年水平	-27.3%



资料来源：联邦环境局，2017年12月

趋势	●●●○○
措施	“气候保护行动纲领2020”

行之有效，且预计将对尽快达到气候保护目标起到重要作用。但这一最新估算也显示出，各项减排措施预期在2020年达到的合计4000万到5200万吨当量低于2014年的减排量。这一估算在假设和减排效果方面都有一些不确定性，特别是新近出台的措施大多还没有可用于量化估算的实际基础。因此德国政府并未正式采纳对各个单项措施的估算。另外，目前有许多正在进行的和准备进行的调查可以为未来的估算提供依据。德国政府将继续指导相关措施的实施，并对其减排效果进行评估。尽管如此，依靠目前的措施无法在2020年完全达到期望的减排效果这一点基本上是可以肯定的。根据德国环境部的一项最新调查，按目前实施的措施，2020年达到的减排量将为1990年的32%左右。这意味着大约8%的缺口。

德国政府在2016年11月通过的《气候保护规划2050》与《气候变化框架公约》第21次缔约国会议的成果挂钩，在三个层面上实施现代化战略：为每个具体的行动领域提出2050年的纲领性原则，为创新预留空间并最大限度地强调可持续性。这项规划着重为2030年设定了温室气体减排阶段目标。规划以一个个具体的里程碑式的成就和战略措施来支持这些阶段目标，并将效果分析和成本分析考虑在内。德国政府正在制定一个2030措施计划。

德国政府在2018年6月成立了“经济增长、结构转型与就业”委员会，在年底以前就委员会的工作重点提出包括行动方案在内的具体建议。

气候和环境保护领域的核心措施主要包括：

- 为达到40%的目标制定的措施
- 《气候保护规划2050》和酝酿中的2030措施计划

9 电厂和供电安全

现状

德国的电力供应是安全的。德国的能源供应是高度安全的，其需求随时都可以得到满足。

2016年可再生能源装机容量继续明显增加。从2008年到2016年，并入德国电网的发电设施的净额定功率总共增加了约68吉瓦。2016年可再生能源发电设施的额定功率为105吉瓦，比上一年增加7%。来自可再生能源的额定功率在电站产能总量中的占比在2016年升至49%。

热电联产是能源转型的要素之一。它在本地常规发电和供热系统中起着独特的作用。《热电联产法》的目的是促进热电联产。《热电联产

法》为2020年制定的发展目标是发电110太瓦时，2025年为120太瓦时。而热电联产在2016年的发电量实际已达到117.1太瓦时，较上一年增加11%。热力生产增加了近5%，达到224.1太瓦时。 这样一来，2020年的目标已提前4年达到甚至超过。预计2025年的目标也可以完成。

电网方面的供电安全同样可以保障。在配电网一级发生的断电持续时间多年来一直保持在极低水平，在国际比较中也不例外。联邦网络管理局每年都发布“系统平均中断时长指数”。它体现的是在配电网一级接受服务的终端客户的停电平均时长。2016年的指数为12.80分钟，基本保持在上一年的水平上。长期的总体趋势则是持续下降。

新变化

常规电站的产能过剩预计将在2017年至2020年有所下降。常规电站的总体产能与上一年相比基本没有变化。用于能源的硬煤略有减少，这部分由增加的天然气填补。根据联邦网络管理局的信息，全德常规电站的净额定功率将在这一时间段增加约2.3吉瓦。同期停产的常规电站产能为4.5吉瓦。减少的产能集中于核能。

截至2019年10月，约13%的褐煤发电产能被转变为应急备用电源。《电力市场法》计划逐步关闭的褐煤发电单元机组的净额定功率为2.7吉瓦。这些发电单元在最终关闭前先转为应急备用电源，初步定为4年，作为供电安全的最后保障。到2020年，应急备用电源应可带来1250万吨当量的减排效果，是为气候保护做出的重要贡献。

在欧洲环境下的供电安全同样能够得到保障。德国电力市场与其“电邻”密切相连。这包括所有地理上的邻国和瑞典，未来还将包括挪威。 比起一个孤立的电力市场，通过与邻国建立功能强大的连接可以产生大范围的平衡效应，降低对发电能力的整体需求。这对极限负荷和可再生能源并网尤为重要。

用于核废料处理长期措施的资金已经筹措——此举解决了退出核电的核心问题之一。2017年7月3日，德国核电站的运营商向德国联邦银行的核废料处理基金账户支付了约241亿欧元。之后这些运营商便不再对核废料的临时和永久处置承担费用责任。款到后，核废料的临时和永久处置的实施和筹资责任转由国家承担。不过这些集团公司仍然对核电站的关闭、拆卸以及对核废料的专业包装及费用承担全责。2017年6月生效的《重新确定核废料处理责任法》将行动和融资责任各集中于一手。

供电安全和电站领域的核心措施主要包括：

- 《电力市场法》
- 修改电网并网条例
- 电力市场数据平台
- 应急电源条例
- 修订热电联产法（2015年12月和2016年）
- 热电联产招标条例
- 《重新确定核废料处理责任法》
- 强辐射废料处置委员会（永久存放地委员会）
- 为继续酝酿《寻找和选择一个发热核废料永久存放地法》及其他相关法律提出法案
- 建立市场主数据登记
- 修订燃气安全条例（欧盟2017/1938）

10 可负担的能源和公平的竞争秩序

现状

德国政府将可负担性视为以最优方式实现能源转型的关键标准之一。例如，政府通过若干法律修订案使可再生能源附加费的成本上涨动能在过去几年明显得到抑制。

终端消费者的终端能源消费支出在2016年从2150亿欧元降至2120亿欧元。国际原油和天然气市场价格的进一步明显回落起到了重要作用。

2016年，终端消费者的电费支出与上一年相比从753亿欧元降至741亿欧元，降幅为1.6%。下降的原因是电价的市场因素。而电价中因国家引导和监管的部分造成的支出则有所增加。电费支出在国内生产总值中的占比在2016年降低了约4.7%，创下了2010年以来的新低。2016年终端消费者的电费支出占名义国内生产总值的2.4%，2015年为2.5%。

家庭能源支出在2016年有所回落。2016年，家庭能源支出平均为2681欧元，较上一年降低

2.4%。其中动力燃料支出降幅最为明显，为5.9%。家庭照明平均支出较上一年减少1.6%，取暖支出基本持平。加工用热（如烹调）的平均支出增加了约2.4%。

2016年的电价较上一年有所增加。到2016年4月的截止日期为止，家庭用户平均支付的电价为29.80欧分/千瓦时，上一年是29.11欧分/千瓦时，即增加2.4%。

2016年德国工业的能源总支出与上一年相比几乎没有变化。能源对于工业而言是一个重要的成本因素，影响对其他国家的竞争力。2016年，德国工业的能源支出约为360亿欧元，与上一年相同。降低的价格与消费量的上升相抵1.3%。全球能源原料市场的价格进一步明显下降。

新变化

旨在减轻能源负担的各项规定对于保持德国工业区位的优势具有极其重要的意义，同时也符合德国经济的总体利益。德国政府认为，德国工业的国际竞争力不能受到威胁。制定政策时一方面要着眼于避免企业向环境标准和能源支出较低的国家迁移（“碳泄漏”），另一方面要着眼于长期保障德国产业链的完整和工业就业岗位。

避免碳泄漏的政策有助于在保持德国工业竞争力与符合气候保护要求之间获得协调。有一点非常清楚：德国经济现在就已做到在增加产出的同时减少温室气体的排放。能源密集企业的产品在国际市场面临的竞争尤为激烈，在政策制定时要保证减排成本不会导致碳泄漏，只有这样才能使本国的经济力量得以保持。出于同样的原因，有必要为全球范围内的气候保护制定相应的规定，以保证碳排放真正受到限制，而不是被转移到环境保护标准较低的国家。

在为家庭和工业提供可负担的能源的核心措施主要包括：

- 2017年初生效的2017年版《可再生能源法》标志着向竞标制的过渡，以此进一步强调了能源转型的经济性、成本效率和环境友好性。
- 《电网使用费改革法》在2017年7月生效。该法律也对逐渐停止实施电网使用费减免措施作出了规定。从2017年到2018年，配电网使用费的减免措施带来的成本降低了10亿欧元以上，电力用户的负担由此得以减轻。以上两项措施在减轻由于电网运行、升级和扩建给终端消费者带来的负担方面做出了显著贡献。
- 其他措施：高效和节约使用能源是未来降低能源成本的基础。德国政府在这方面采取的主要措施包括：
  - 《国家能效行动计划》
  - “高效德国”宣传活动
  - 建筑能效战略

在公平竞争秩序领域的核心措施主要包括：

- 在《可再生能源法》中为电力自给提供特殊补偿和减免措施
- 在《热电联产法》分摊费用方面的优惠措施
- 在《能源税和电力税法》中的减免措施，如高峰平衡
- 部分放开欧盟排放交易体系中的配额
- 电网使用费减免措施

11 能源供应的环境可承受性

现状

在确保减排之外，还应及时判定能源转型可能对环境、人类健康以及自然和景观造成的影响。例如，减少化石燃料的使用和德国放弃核能的做法都会显著减轻对环境的压力，对人类健康的影响也会相应减少。但与此同时也应保证避免可再生能源的进一步发展和技术开发对环境和人类健康造成更大的、特别是后果严重的影响。

能源产业是德国空气污染的主要来源。燃烧化石和生物原料的各个领域不仅排放温室气体，同时也将其他有害物质释放到空气中。例如在2015年，能源产业在几种主要有害物质的排放总量中均居前列，如氮氧化物（约25%）、二氧化硫（至少60%）、颗粒物（PM2.5，近9%）和汞（约65%）。这些污染物不仅危害自然环境，同时也影响人体健康。

总体来讲，无论是从气候保护、环境可承受性还是经济性角度来看，原料需求和厂址确定在

任何一种能源生产方式中均起关键作用。能源转型可以通过原料利用率最大化和土地可持续利用为气候保护做出重大贡献。这种原料利用方式的前提是生产设施在计划、运行和经营过程中贯彻高资源利用率原则以及尽可能采用封闭的原料循环利用体系。如使用进口原料，还应推动原料的开采过程符合国际通行的环境和社会标准，提高原料供应链的透明度。可再生能源电力被越来越多地直接用于原料开采和设施部件的生产过程，这将进一步减少可再生电力生产对气候和环境造成的负面影响。

在能源转型的实施过程中应注意保护生物多样性以及人与自然的生存基础。这样做非常有助于增加能源转型被社会接受的程度。总体而言，能源领域的结构转型一方面会对景观、生态系统和生物多样性等环境因素造成明显的、新的影响，另一方面也会通过减少常规能源的使用缓和对环境的压力。

能源领域对环境释放的物质同时也会影响人体健康。例如，燃烧设施和内燃机的副产品二氧化氮是一种有害呼吸道的刺激性气体，而且会强化其他污染物的刺激性，引起呼吸道和心血管疾病。颗粒物同样对人体健康有害。

除污染物排放之外，噪声污染也会影响人类和动物的健康。长期处于高声级的噪声环境中会引起不适。如实评估能源体系的环境影响需要将噪声污染考虑在内。

新变化

监测能源转型对环境变化和人类健康影响的第一步是建立一个可靠的标准，对能源转型造成的影响和自然环境状态的变化进行评估。与温室气体排放不同，在评估能源体系的环境可承受性方面迄今并无可供比较的时间序列。联邦环境局希望通过一个研究项目填补这一数据缺口。联邦自然保护局等机构目前还发起了一系列其他的相关科研项目。这些项目提出的关键问题是：可再生能源发展和电网扩建对自然和景观的影响是什么？研究的另一课题是，怎样

才能避免自然保护与可再生能源发展之间发生冲突。联邦辐射防护局的一个研究项目以电网扩建的辐射防护为课题。

在这些研究结果的基础之上将逐步发展一个将环境因素考虑在内的能源转型监测体系。该体系将聚焦于能源转型即能源体系及其转变对以下方面的影响

- 水、土壤和空气
- 原料和土地利用
- 自然环境和景观
- 人体健康

这是一个持续的过程。

在能源转型的环境可承受性领域的核心措施主要包括：

- 德国《资源效率计划》第二期
- 德国政府第一期氮报告
- 可再生能源电力生产领域的环保监测
- 完全属于联邦的核废料中间贮存有限责任公司
- 禁止以非常规方式进行压裂采气采油

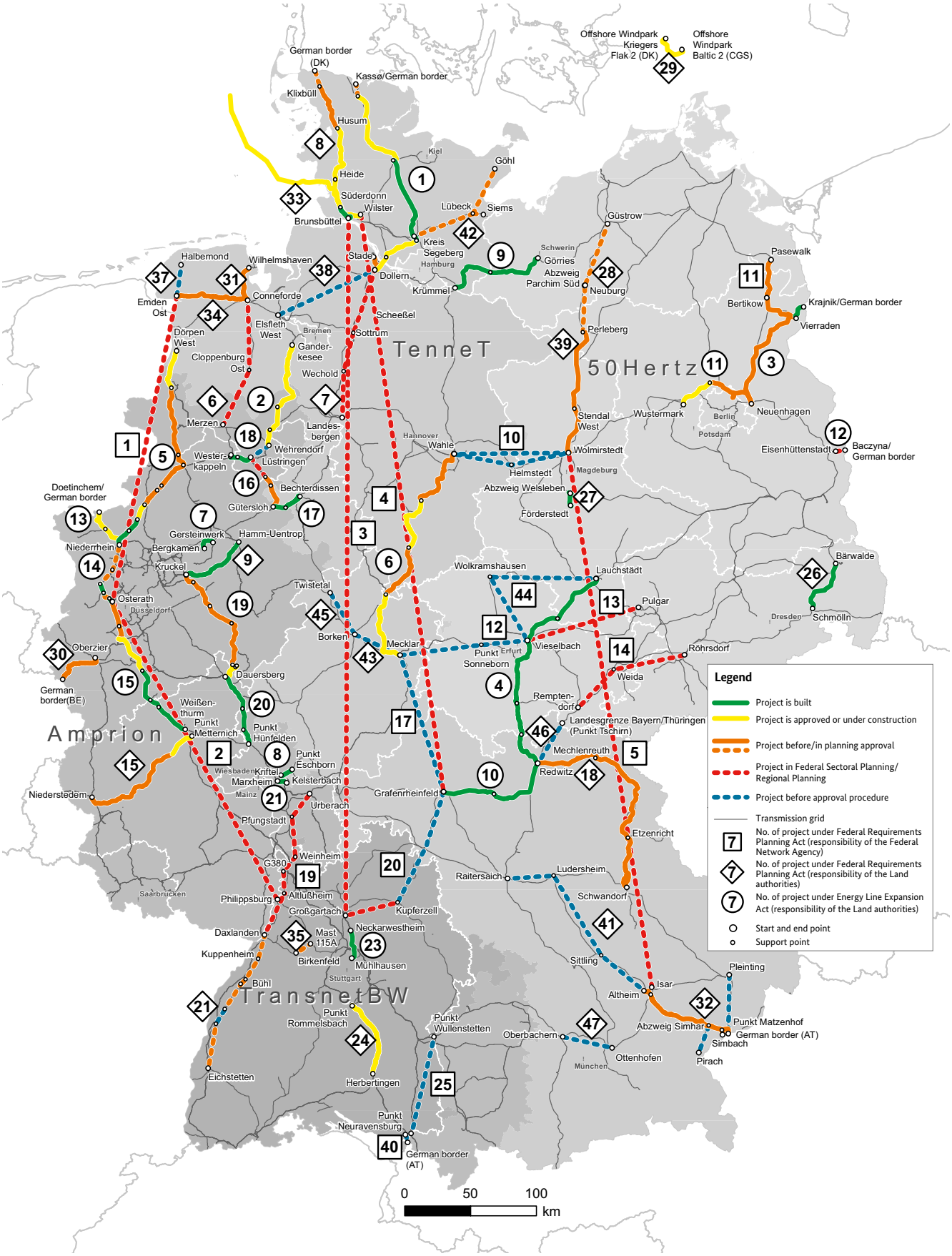
12 电网基础设施

现状

已经决定的电网扩建措施应迅速实施。截至2018年第一季度，《能源管线扩建法》中获得批准的项目超过半数，而付诸实施的则仅有约40%。图林根特高压输电线路于2017年9月完全投入使用。按时完成《联邦需求规划法》中的措施同样重要。2017年和2018年初，南线、东南线大型特高压直流电网和输电通道A北段的联邦电网规划程序分别启动，标志着这些措施的实施进入下一阶段。

公众积极参与了电网扩建的规划过程，包括需求调查、联邦电网规划程序和方案的确定。例如，输电网运营商和联邦网络管理局共同将《输电网络发展规划》草案提交公众讨论。

图示：《能源管线扩建法》和《联邦需求规划法》中的项目



资料来源：联邦网络管理局，2018年3月。

说明：《能源管线扩建法》和《联邦需求规划法》扩建项目图示，截至2018年3月31日。

图上线路显示的仅为扩建法中规定的电网枢纽间的直线连接，并非输电线路的实际路径。

电网扩建同时意味着投资需求的增加。2016年，电网运营商对德国电网的投资和维修费用升至96亿欧元，其中包括由电网用户承担、通过电网使用费支付的地缆铺设费用。输电网方面的大部分投资流向新建电网和电网补强，数额为21亿欧元。保养和维修电网的支出为3.66亿欧元。在配电网方面，电网运营商用于扩建的投资约为37亿欧元，保养和维修基础设施的费用为35亿欧元。

德国电网基础设施在稳定性和质量方面一直保持在很高的水平上。辅助服务成本在2016年略有增加。电网瓶颈造成的辅助服务成本部分（特别是再调度、并网管理和电网储备）比2015年的10亿欧元略增至12亿欧元。

新变化

电网扩建和运营的费用分担更为公平。2017年7月生效的《电网使用费结构改革法》要求最迟在2023年统一德国的输电网使用费，逐步消除地区差价。另外逐步停止实行电网使用费减免措施，达到降低配电网费用和支持电价稳定的效果。

配电网承担了越来越多的新任务。例如，馈入配电网的电力不断增加，因为占可再生能源装机容量90%以上的电力并入配电网，而且越来越多的电力用户同时也是电力生产者。然而到目前为止，配电网并非为如此规模的馈电而设计，因此投资压力不断增加。电动汽车的发展同样会对配电网的扩建形成挑战。为成功应对这些新挑战，配电网需要升级为智能电网（Smart Grids），使电网之间以及电网和电力生产和消费者之间以智能方式衔接在一起。为此联邦议院在2016年7月通过了《能源转型数字化进程法》。此外，“智能能源示范区——能源转型的数字化议程”促进项目在2016年底启动了共5个示范区，尝试创新性的机制、技术以及电力消费、存储和电网运营之间的经营模式。

增加现有电网的优化潜力

为降低对输电网中的瓶颈进行管理的成本，联邦经济和能源部在2017年春季会同联邦网络管理局、德国能源署、亚琛BET公司、行业协会和其他相关企业启动了一个范围广泛的利益攸关方程序，并筹划了一揽子措施。工作小组为电网扩建研究了7项补充措施以降低经济成本并在短期内提高电网负荷率。部分措施包括优化电网监测和对五段输电网的强化工程（特别是通过增加或更动缆线敷设）。这些措施计划最迟在2023年实施。参与咨询的利益攸关方估计，以上措施可以明显降低电网瓶颈管理成本。输电网运营商预估的节约潜力为每年2亿欧元以上。

电网基础设施领域的核心措施主要包括：

- 《电网使用费结构改革法》
- 修订《激励管理条例》
- 《能源输送线路建设规定修订法》
- 进一步改进德国电网扩建规划的监测机制
- 进一步改进可中断负荷协议条例
- 《电力市场法》
- 《能源转型数字化进程法》

13 能源体系的整合发展

现状

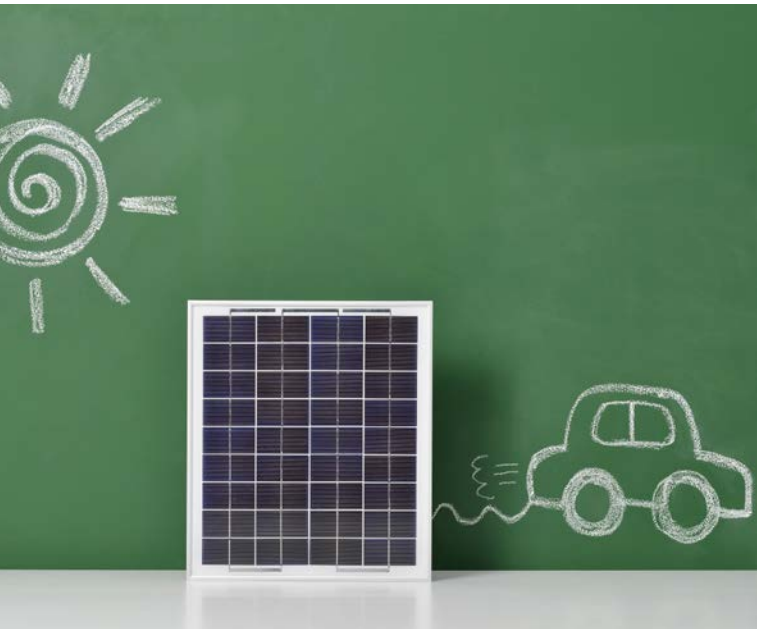
对于能源体系的去碳化、效率提升和增加灵活性而言，以经济有效的方式对电力、热力和交通领域进行整合日益重要。热泵的重要性明显增加。可再生能源电力将成为骨干能源。除发挥现有的能效潜力以及在热力和交通领域直接使用可再生能源之外，其余的能源需求将越来越多地需要通过高效利用可再生能源电力来覆盖（产业耦合）。

数字化进程将能源产业与现代信息和通信技术联在一起，通过创新型的和贴心客户的经营模式为增效和可再生能源整合开创了新的发展空间。个人信息保护和数据安全在此占有重要地位。

新变化

能源体系的整合发展将借助蓄能技术推动能源产业、交通、建筑和工业领域的耦合。在这方面，市政管理局和配电网经营商由于与能源供应商、消费者以及短途交通的紧密关系而处于关键地位。构建产业耦合政策框架应有助于不同的能源基础设施继续协调、经济地发展，包括现有的燃气和供热基础设施。具有灵活性的基础设施的作用也很重要。

能源转型的数字化进程已然启动。《能源转型数字化进程法》和“智能能源示范区——能源转型的数字化议程”项目是德国政府为电力产业数字化进程确立框架条件的重要步骤。这条通往智能电网、智能电表和智能家居的道路应当坚定地走下去。这些领域中的各种应用得益于按“从根本设计上做到个人信息保护和信息技术安全”原则搭建的一个交流平台。该平台在数据交流方面遵循透明的规则。因此联邦经济和能源部将会同联邦信息技术安全局扩充为上述领域制定的智能电表网关标准。与此相关的工作计划将包括在一个“根据《能源转型数字化进程法》为跨领域数字化进程制定的标准化战略路线图”中。此举也将使能源领域以外的商业领域同样受益。

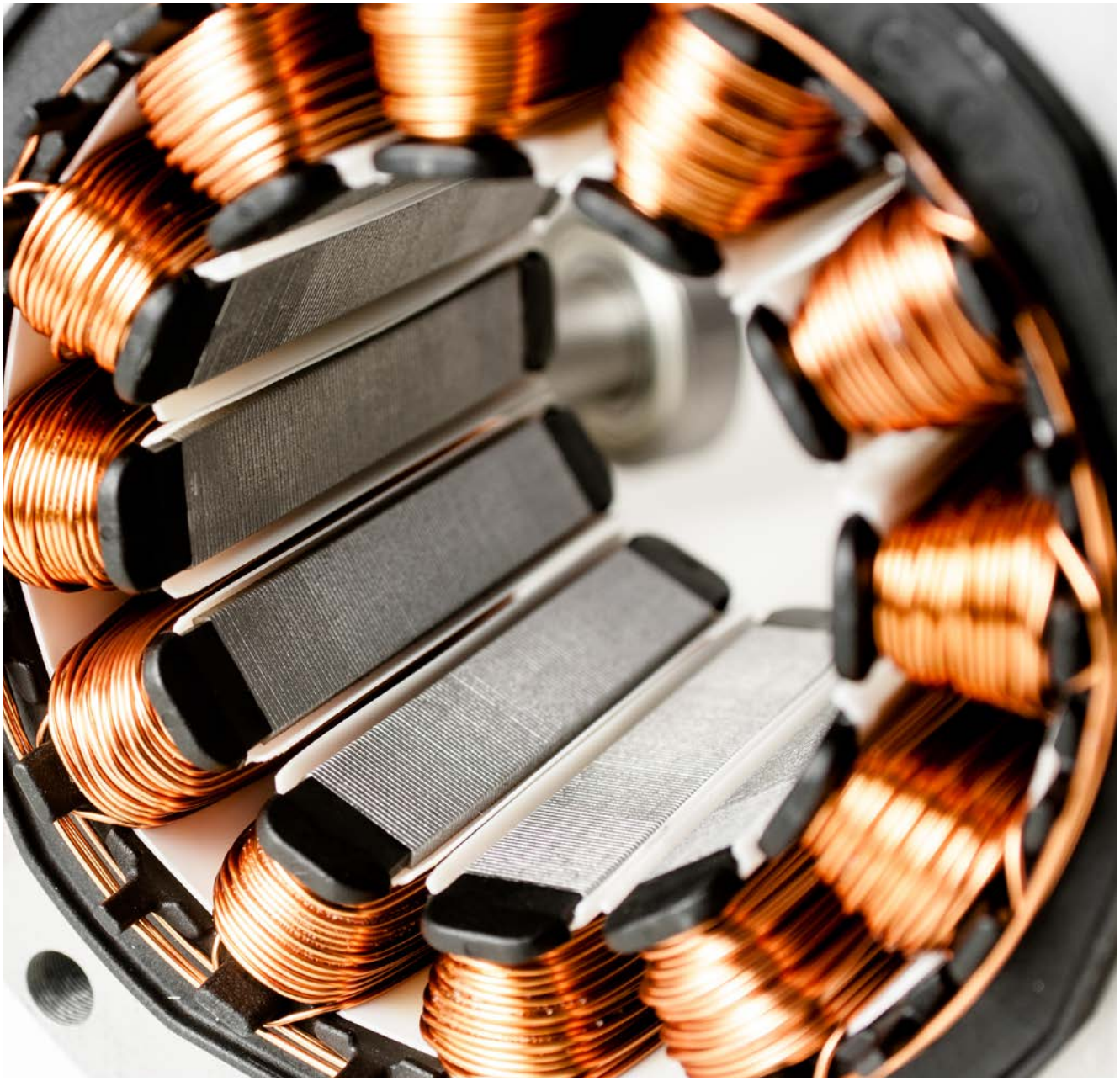


围绕能效绿皮书及联邦经济和能源部“电力2030”计划意见书展开的咨询程序的结果也表明，数字化进程可以为能源转型的成功和能源政策目标的完成做出贡献。推动数字化进程尤其需要充分发挥《能源转型数字化进程法》为智能电网提供的发展空间，降低能源供应成本。示范区应试验创新性的经营模式，为调整政策框架积累经验（“智能能源示范区——能源转型的数字化议程”项目，SINTEG）。数字化进程还应为将灵活发电和灵活用电融入配电网提供可能。

核心措施主要包括：

- **产业耦合：**电动汽车环保奖金，热泵扶持，配有季节性蓄热设备的低温热网，在《热电联产法》框架下支持创新性的热电联产系统
- **能源转型的数字化进程：**《能源转型数字化进程法》，“能源转型的数字化进程：晴雨表和热门议题”项目，“根据《能源转型数字化进程法》为跨领域数字化进程制定的标准化战略路线图”，“智能能源示范区——能源转型的数字化议程”项目，节能计量表试点项目，为气候友好的、智能化的“联邦高能效住房标准升级版”投入市场增加资金支持（这种未来建筑配有智能能源管理系统，可以对住宅甚至住宅区内外的能流进行联网和反馈）

14 能源研究和创新



现状

2016年，德国企业对创新能源技术的研发投资继续增加，仅在获得公共资助的能源研究项目中，企业的投资额便达1.55亿欧元。除此之外，企业还通过联合项目向高校和科研机构提供第三方资金。经济界对能源技术研发投资的实际总额估计要高得多。

联邦政府在2016年继续增加了用于支持能源研究的预算。2013年至2016年，德国政府为支持现代能源技术的研发提供了约36亿欧元。2016年，在第六个《能源研究计划》框架下支出的资金为8.76亿欧元，较上一年增加约1.5%，在十年内几乎翻了一番。为能源研究提供的经费非常抢手，其资助对象为企业和研究机构。2016年的资金使用率约为92%，

年预算的约四分之三用于能效和可再生能源研发。每年发布的《联邦能源研究报告》对所有重要的进展作详细介绍。

德国在欧盟研究与创新框架计划“视野2020”中居领军地位。获得批准的项目使14%的欧盟资助经费流向德国。

可再生能源在能源供应中的占比持续上升，使蓄电和蓄热设备的重要性日益增加。德国政府自2011年以来投入了1.84亿欧元的资金用于开发能源转型的多种蓄能技术。德国政府为此在第七个《能源研究计划》中推出了量身定制的资助行动，为不同类型的蓄能技术创新项目提供广泛资助。

新变化

能源研究的意义在未来仍将进一步增加。中期财政规划为2020年提供的项目经费规模为11.05亿欧元。德国在欧盟层面将继续推动着眼于全局的、以能源转型为导向的资助政策。

跨领域能源研究可以为能源转型做出重要贡献。为达到能源转型的目标，电力、热力和交通领域的能源整合（产业耦合）以及创新能源技术的系统集成将越来越多地成为能源研究的重点。在蓄能设备、电网、住宅和小区建筑以及氢与燃料电池技术领域，德国政府继续推进跨部委的联合研究项目。作为补充，政府还采取新的行动，通过基于电力的动力燃料促进智能产业耦合，推动能源转型。

创新型的和高效的能源技术是安全、经济和气候友好的能源供应的先决条件。德国经济只有通过加强研发才能保持技术领先的地位并继续提高竞争力。在这一背景下，基民盟、基社盟和社民党的联盟协议提出，在能源研究方面要特别针对低碳生产工艺和碳循环经济的研发提供支持。

能源研究领域的核心措施主要包括：

- 针对第七个《能源研究计划》的咨询程序
- “研究与创新”能源转型平台
- 能源研究网络
- “交通领域的能源转型”研究项目
- “能效建筑2050”资助项目
- “太阳能建筑/高能效城市”资助项目
- “符合未来要求的电网”研究项目
- “蓄能设备”研究项目
- 氢与燃料电池国家创新计划（资助时段为2016年至2026年）
- 哥白尼系列项目
- “未来的能源体系”学术项目
- 能源转型研究论坛
- “生物质能的利用”促进项目
- “可再生原料”促进项目
- 项目合作：德国工业研究协会（AiF）以能源转型为课题的研究联盟
- “Carbon2Chem”（将碳转化为化学原料）研究项目
- “Mobility2Grid”（能源转型与移动）和“灵活电力网络”研究园区

支持创新技术投放市场的核心措施主要包括：

- 在能效激励计划中为固定式燃料电池暖气提供资助
- 氢与燃料电池国家创新计划（资助时段为2016年至2026年）
- 其他创新促进措施举例：能效激励计划，智能联网驾驶发展战略，电动汽车示范项目，“光伏电池储能设备”促进项目

15 投资、增长和就业

现状

德国的能源转型是总体经济现代化战略的一个组成部分。该战略旨在开拓新的市场潜力，以持续的巨额投资有力推动经济增长和就业。投资是开发德国经济增长和就业潜能、保持未来在全球的竞争力的关键手段。

为建筑节能改造提供资金支持是改变能源供应结构过程中的一个重要因素。根据德国经济研究所（DIW）和德国经济结构研究协会（GWS）的估算，2016年在这一领域的投入为425亿欧元。2015年为390亿欧元。建筑节能改造是提高能效的核心领域之一。

针对使用可再生能源的新建设施的投资在2016年恢复增加。投资额约为152亿欧元，高于上一年，但低于前一年。投资对象主要是发电，但利用可再生能源供热也占一小部分。投资额适度增长，但增建数量却明显增加，这说明新建设施的单位成本有所下降。

能源转型使总体经济的价格水平有一定程度的上涨。德国经济结构研究协会估计，能源转型措施使德国2015年的通货膨胀比没有采取这些措施要相对高一些（自2015年以来平均为0.1%）。但这一形势与德国物价上涨水平总体较低也有关系。

德国能源需求的约三分之二目前通过进口覆盖。因此德国的国民经济在很大程度上受国际市场价格波动的影响。化石能源价格虽在近期明显回落并因此部分减轻了消费者的负担，但长期减少对这些货源的依赖仍是一个重要目标。

如果没有可再生能源和提高能效的努力，化石燃料的进口需求肯定会更高。根据德国经济结构研究协会的估算，可再生能源和能效措施在2016年对化石燃料进口需求产生的平抑作用为161亿欧元。这意味着企业和家庭在能源使用上的支出相对较低，可以将节省下来的钱变为积蓄或用于消费，而企业则可因此增加收益。

能源转型对就业的作用既产生于狭义的能源产业，也产生于由能源产业提供经济物品的其他经济部门。两个部分应统一看待。每个领域都产生了就业需求。在发展可再生能源和针对能效进行投资方面，有一个效果变得越来越明显：在这两个领域中不断增加的投资需求使能源产业本身之外的经济部门也感受到了生产和就业效果。

德国能源产业的直接就业人数总体保持平稳，其中可再生能源部分的重要性继续增加。2016年能源产业各领域（包括可再生能源领域）的就业人数约为218000人。另外还要加上可再生能源设施的运行和维修人员（2016年为76000余人）以及生物质能和生物燃料的供应人员（约69000人）。这样算来，德国能源产业的就业总数为约36万人，大体保持稳定，与德国航空航天中心、德国经济研究所和德国经济结构研究协会自2000年以来跟踪观察的趋势相符。可再生能源目前已成为一个重要的经济领域，从就业人数上可以得到体现。可再生能源的发展在2016年为339000人提供了就业职位，比上一年增加了一万人，主要拉动因素为风电领域。建筑节能改造领域的投资为近50万人提供了就业。

新变化

2016年通过了一系列管理办法，增加了可计划性并为能源体系投资构筑了稳固的框架。其中最重要的包括2017年版《可再生能源法》、《电力市场法》、《能源转型数字化进程法》和激励条例修订案。

www.bmwi.de