

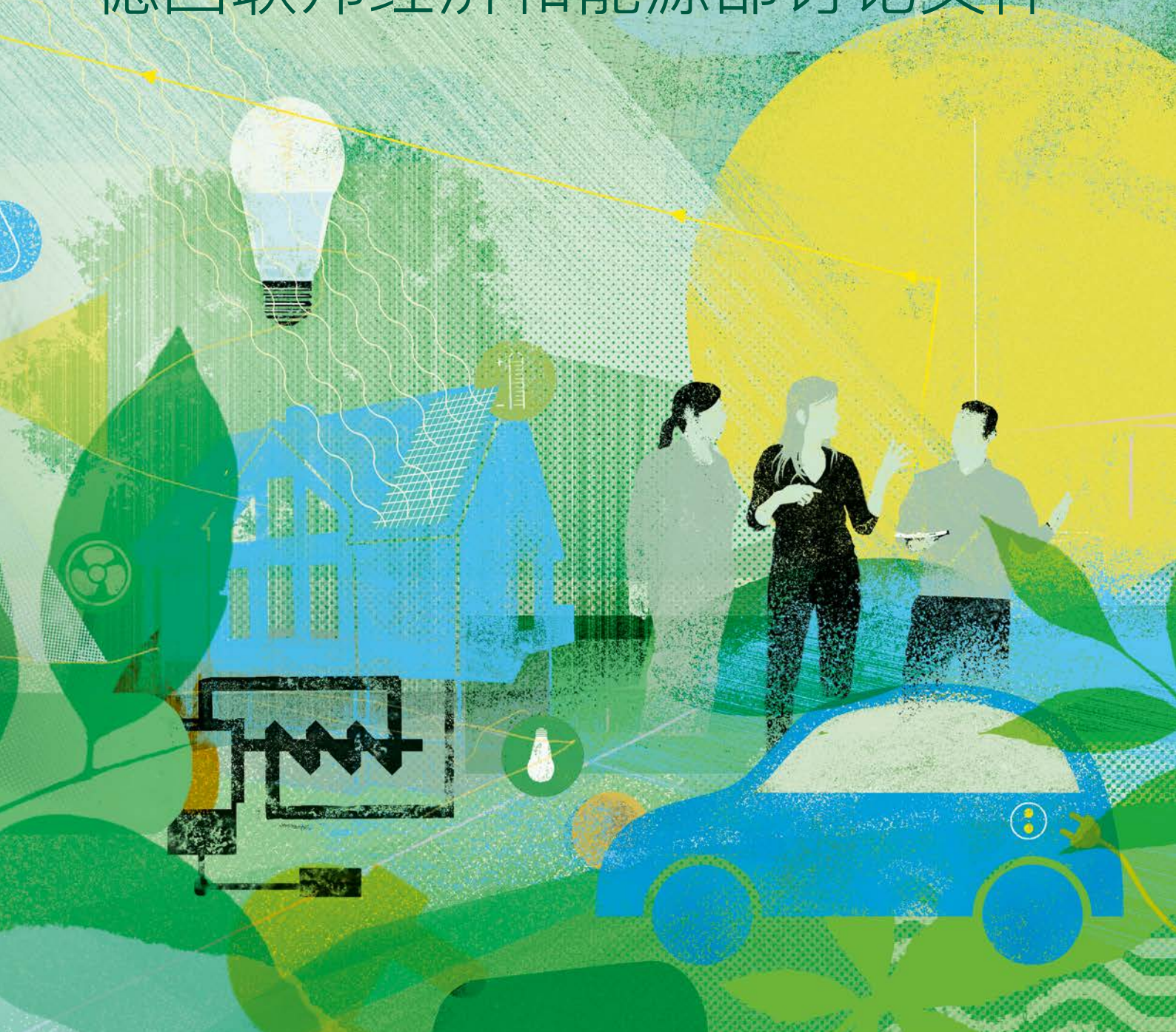


Bundesministerium
für Wirtschaft
und Energie

DEUTSCHLAND
MACHT'S
EFFIZIENT.

能效绿皮书

德国联邦经济和能源部讨论文件



出版信息

出版人

德国联邦经济和能源部 公共宣传处
11019 Berlin
www.bmwi.de

排版及制作

PRpetuum 有限公司, 慕尼黑

日期

2016年8月

印刷

北京潮星印刷有限公司

图片来源

穆勒先生 — www.behance.net/herrmueller (封面)

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。



由于联邦经济和能源部的人事规定有利于职员家庭和谐，已通过“家庭友好型雇主”的认证考核。该认证由非盈利机构赫迪基金会颁发。



您可以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

预定专线：

电话：030 182722721

传真：030 18102722721

目录

1. 能效绿皮书：目标及对话进程	3
2. 能源消费链——概况	6
3. 德国节能有所成效，但任重道远	9
4. 能效领域的主要挑战	14
4.1 能效优先	15
4.2 能效政策工具的继续完善	18
4.3 欧洲层面的能效政策	24
4.4 领域耦合	25
4.5 数字化	30

图片

图1：德国2014年能源概况（拍焦）	8
图2：欧洲各国的终端能耗强度水平，2012年	10
图3：能源规划的能耗指标及能效指标	11
图4：一次能源消费的发展，2008 – 2030年	12
图5：能效措施为各行业创造的新增就业人数，2020年	13
图6：发电和输电的总成本	16
图7：领域耦合和能耗	26
图8：各领域耦合技术的不同情况	27
图9：以热泵和电动汽车为例：用较少的电力替代尽可能多的燃料	28

前言

尊敬的女士们、先生们，

能效是能源转型成功与否的关键并决定了巴黎气候变化会议的决议能否落实。效率优先意味着，我们节省的能源避免了生产、储备或传输这些能源的过程。通过提升能效，国民经济的去碳化成本将得到降低，而且，人们无需为节省下来的能源支付任何费用。

从过去几年的进展可以看出：降低能耗并不会阻碍经济的发展。联邦经济和能源部于2014年12月决议通过的《国家能效行动计划》为提升能效制定了一揽子综合措施，并在此期间将所有核心措施都落实到位。能效由此成为能源转型的一大重要支柱。

同时现在也必须开始思考：未来还应采取哪些措施才能完成2050年能耗减半的目标。此外，针对一些新的问题必须探索出解决方案，比如怎样更好地把能效和可再生能源结合起来或者领域耦合如何助力去碳发展。在这一点上，我们也始终关注相关消费者的支出成本。

只有利用一切持续提高能效的机会，推动可行的创新项目，才能实现长远目标。因此，本绿皮书应成为（广泛）磋商进程的发端，最终确立德国中长期降低能耗的战略导向。

在此我们诚挚地邀请您积极加入此次磋商。欢迎就本绿皮书中的议题和主旨问题提出您的意见和建议。能源转型正步入下一阶段，在此同样欢迎您参与讨论！

德国联邦经济和能源部

1. 能效绿皮书：目标及对话进程

能源转型开启了德国能源供应领域全面、深入的转型。能源转型有赖于两大基本支柱：发展可再生能源及提升能效。最初的重点主要是退出核能利用、扩大可再生能源的电力生产力度，并同时满足相应的基础设施建设（电网、储能设施）、成本及传统发电的要求。

这届政府执政期间通过《国家能效行动计划》加大了对能效的支持：通过提高能效来降低能耗。这里主要关乎的是，提高能源转型的成本效率，从中长期着眼降低对进口能源的依存度。与此同时，降低能耗决定了德国的能源及气候政策能否取得成功，从而能否为落实巴黎气候大会决议（COP21）做出贡献。因为巴黎气候大会决议指出了全球变暖的温度控制目标，而全球温室气体减排的预算非常少。结合欧盟的气候保护目标，可得到以下结论，即必须继续大幅减少由于燃烧化石能源如石油、煤炭和天然气所产生的排放。为了实现这一目标，最快速直接的办法是加大对能效技术的投资，从而降低能耗。剩下的能源需求则通过发展可再生能源来满足，可以是各领域直接利用可再生能源或通过利用可再生能源电力（主要来自风能和太阳能）的形式来满足。此外，我们必须综合考虑未来的电力、供热、交通和工业领域的相互作用，因为可再生能源电力从中长期来看将对各个领域的综合性去碳化发挥越来越重要的意义。

目前德国在降低能耗上已经取得了较好的进展，具体可参考如能源转型第四期监测报告。但宏大的能源规划目标同时也提出了以下要求：我们必须加快速度，更好地利用现有的能效潜力。因此，联邦经济和能源部发布《能效绿皮书》，针对提高能效和加强节能的主要行动领域和挑战，提出了相关论纲、分析和核心问题。

能源转型的三大元素

关于**高效用电的几个准则**：能效绿皮书关注的重点是如何继续提升各领域的能效。德国联邦经济和能源部计划在年内（指2016年）额外启动一个名为“电力2030”的对话程序，旨在确保未来成本低廉的电力供应（电力生产以及通过电网在供热、交通、工业、运输领域中的利用）。

电力是一种珍贵且紧缺的产品。对能源转型的三大元素及提高能效、可再生能源的直接利用和可再生能源电力的利用来说，需考虑其总体经济和企业经济的成本效益问题。三大元素应遵循以下原则：

首先：所有领域的能源需求均需得到显著和持续的下降（“能效优先”）。德国为其树立了雄心勃勃的气候目标，由此意味着：化石能源（石油、煤炭、天然气）的使用将尽可能得到减少。而最迅速和直接达到目标的途径是通过投资节能环保技术来降低能耗。剩下的能源需求则大部分通过可再生能源来满足。

第二：可再生能源的直接利用。太阳热能、地热能和生物质能等这些可再生资源可以直接利用，不需要先转化成电。太阳热能和地热能特别适用于建筑的采暖、运行空调设备以及生活热水制备。当此类技术由于经济成本偏高或其他原因而不可行时，那么就需要利用可再生能源电力。生物质能主要在工业（如生产工艺）和交通领域（如航空）发挥着重要作用。固态生物质能也可以应用于既有建筑。生物质能应用范围广，但储量有限，因此，只能在不适合利用太阳热能或地热能以及无法利用风电及光电的情况下有针对性地开发和利用生物质能。

第三：可再生能源电力高效应用于供热、交通和工业领域（领域耦合）。即使采取了能效措施并直接利用可再生能源之后，出于经济或其他原因而产生的能源需求可以通过风电和光电来满足，主要技术是用少量的电力取代大量的化石燃料（如热泵和电动汽车），或将电力转换为其他能源载体如氢气（电转气）。

能效绿皮书磋商程序

联邦政府针对绿皮书开启了一项磋商程序并最终达成通过提高能效来减少德国能耗的中长期战略。联邦政府希望和关心这项事业的公民一起探讨绿皮书，共同寻求解决方案。绿皮书提出的论点和主旨问题旨在将对话内容引导至联邦政府认为的最重要方面。当然也欢迎其他的补充意见和建议。

磋商进程由以下几个要素构成：

在线磋商：绿皮书全文公布于网站<https://gruenbuch-energieeffizienz.de>。所有感兴趣的公民及相关业界均可在2016年10月31日前线上提交您对绿皮书的意见，或通过发送邮件至gruenbuch-effizienz@bmwi.bund.de提交。

能源转型能效平台：将与能源转型能效和建筑平台的参与者就绿皮书进行讨论作为2016年的重点议题。

绿皮书相关的区域性**活动：**对此，德国联邦经济和能源部在绿皮书官网 <https://gruenbuch-energieeffizienz.de> 开展报道和介绍。

除此之外，经济和能源部还将和其他相关联邦部委就绿皮书内容开展讨论，并计划与各联邦州开展密切的专业交流。此外，经济和能源部还希望同欧盟其他成员国及欧盟委员会就能效政策的进一步发展开展对话。

磋商进程结束后，经济和能源部将提交有关对话过程及所征集意见和建议的报告。在此基础上将制定中长期能效战略的结论和行动建议并纳入联邦经济和能源部能效白皮书。而建筑领域的重要基础则为德国联邦内阁于2015年11月批准通过的建筑能效战略。

2. 能源消费链——概况

不论是用于炼钢、为交通工具提供燃料，还是住房采暖，各类能源是生产和交通领域的关键，也是我们日常生活正常运转的前提条件，在未来也将如此。为实现能源和气候目标，能源规划提出了两项任务：一，发展可再生能源；二，降低一次能源消耗，提高能效。不论是在工业、居民家庭，还是在交通、商贸领域，都必须显著提升终端能耗的能效并保持较高的福利水平。建筑领域能耗必须继续降低，家用电器同样必须以更加节能为目标，生产工艺则需得到节能优化。

整个生产链的每一环节中都有必要提升能效，而不是仅在终端消费阶段才开始。一次能源无法直接被利用，提升能效应从这里开始。一次能源首先包括化石能源，如原油、煤炭或天然气，其次为可再生能源，如太阳能、风能和水力，或地热能及环境热。这些原始形态的能源继而转化为可利用的形式。这个过程往往复杂且步骤繁多，最后才得到“终端能源”，如柴油、汽油、天然气或电，也包括可用能源如热和光。能源载体的获得、转换及运输同样耗费能源，这就意味着：预处理工艺越复杂、步骤越多，消耗的能源就越多。

此外，在能源消费链的最后阶段，即终端能源向最终可利用能源的转化阶段，也会出现进一步的能源损耗。最终只有部分终端能源真正用在人们所期待的用途上，比如汽车驱动、通讯、照明或建筑采暖等形式。剩余的终端能源通常以余热的形式散失掉，这也是能效提高的潜力点。

绿皮书主要针对和解决终端能源和可利用能源的高效利用，促进终端能源向最终可利用能源的高效转换。一次能源和终端能源的差别主要表现在电力行业（电力生产过程中的能源转换损失、电网输送过程中的能源损耗）和炼油过程中的转换工艺。德国联邦经济和能源部通过其讨论文件《电力2030》发起针对电力市场政策框架下一步发展的讨论。

图1显示了从获取一次能源到终端能源消耗的过程。可见，2014年德国有13132拍焦的一次能源转化为8648拍焦的可利用终端能源。2014年，能源转换过程中的损耗及能源行业用于维持该转换系统的能耗（如利用电力维持发电厂的自身运转、电网传输的损耗或用于炼油厂运营的燃料及电耗或燃料运输）为3482拍焦，占一次能源消费的四分之一。

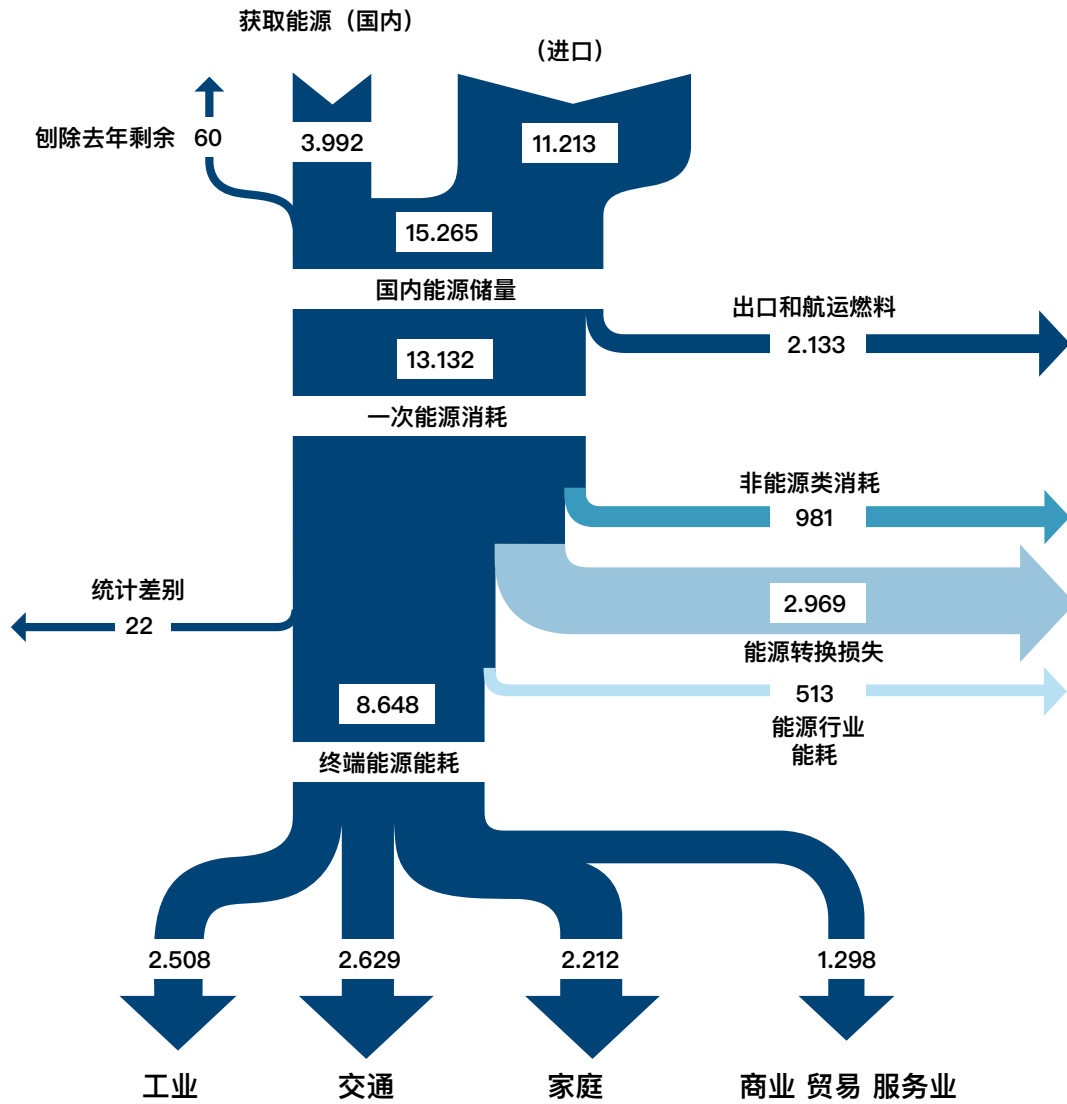
2014年，各领域终端能源实际需求为：

- 交通领域：2629拍焦
- 工业领域：2508拍焦
- 居民家庭：2212拍焦
- 商贸服：1298拍焦

作为对比，2015年总（毛）发电量约2340拍焦；其中，可再生的风电和太阳能电力占到680拍焦以上。

这些数字反映出，减少碳排放仍面临巨大挑战，高效利用能源势在必行。所以，我们面临的核心问题是：如何降低能源需求，未来如何更高效地转换和利用能源？

图1：德国2014年能源概况（拍焦）



一次能源消费中，可再生能源占比11.3%。四舍五入导致总数略有偏差。
 * 所有数字为不完全统计/估计值。29308拍焦(PJ) = 1百万吨 标准煤

来源：能源平衡工作组，2015年8月

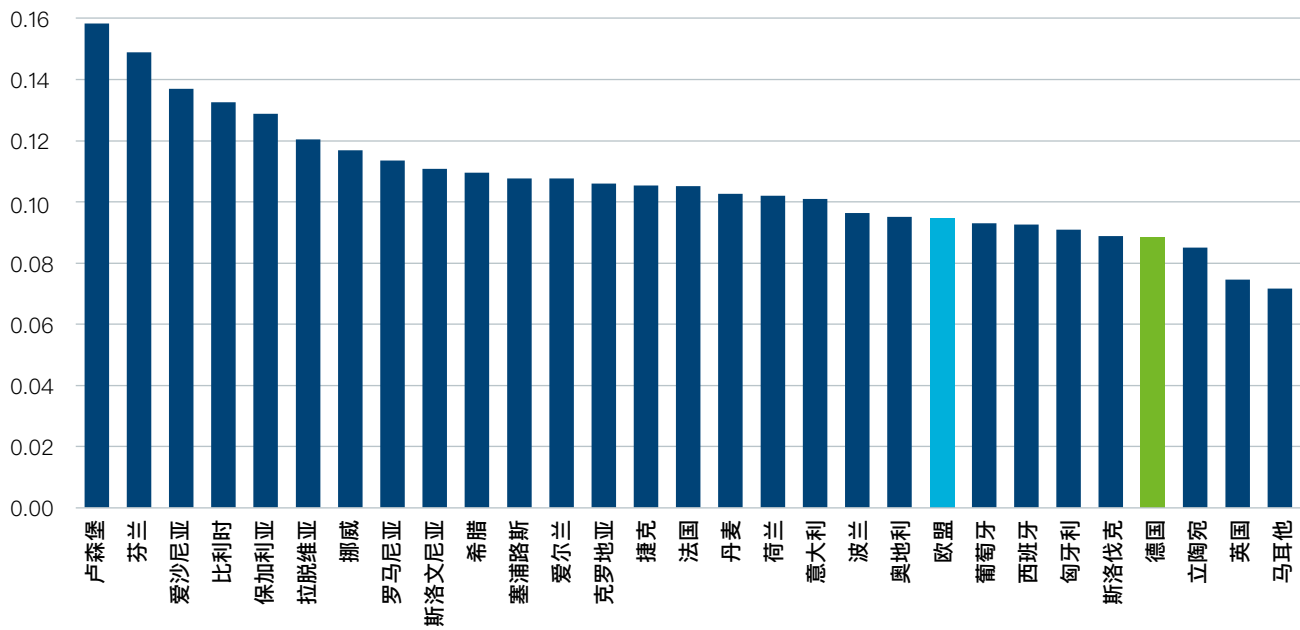
3. 德国节能有所成效， 但任重道远

德国能耗的发展变化清楚证明：在经济良好而稳定地发展的同时，能耗持续降低是可以实现的。由于制造业在整个国民经济中的占比很高，德国是欧洲能源生产率最强而能耗强度最低的国家之一。

近年来，德国的一次能源消费下降明显，自2008到2014年共下降了8.3%。不过可以看到，各行业的发展态势并不

相同，如建筑领域的能耗下降非常显著。而交通方面，2005到2014年的能耗反而上升，与能源规划中的行业目标相差很远。德国的电力消耗正朝着至2020年下降10%的目标稳步下降。但由于德国的电力出口持续走高，对一次能源消费起决定性作用的电力生产目前保持在固定水平。

图2：欧洲各国的终端能耗强度水平，2012年



来源：奥德赛数据库；去除经济结构及气候因素的终端能源消耗，每欧元GDP消耗的石油（公斤），按照2005年购买力平价和价格计算

图3：能源规划的能耗指标及能效指标

指标	2020年目标	2050年目标	2014年现状
一次能源消费 (与2008年相比)	-20%	-50%	-8.3%
电力(毛)消费 (与2008年相比)	-10%	-25%	-4.2%
终端能源生产率		每年2.1% (2008-2050)	每年1.6% (2008-2014均值)
建筑领域一次能源需求 (与2008年相比)	-	规模为-80%	-14.8%
建筑领域采暖需求 (与2008年相比)	-20%	-	-12.4%
交通领域终端能源消耗 (与2005年相比)	-10%	-40%	+1.1%

来源：未来能源：能源转型第四期监测报告，增补版

中长期看，德国的绝对能源消耗量将继续下降。对现状作客观的分析需注意：单纯依靠目前所采取的措施无法实现能源规划宏伟的能效目标。监测程序“未来能源”的专家委员会对第四期能源转型监测报告提出意见，指出目前取得的成绩和能耗及能源生产力目标还存在显著差距。1990年至2014年期间，一次能源消费年均下降0.5%，再看看目标：2020年起，这一降幅需提高约三倍，即平均每年下降到1.6%，才能实现2050年一次能源消费减半的目标。

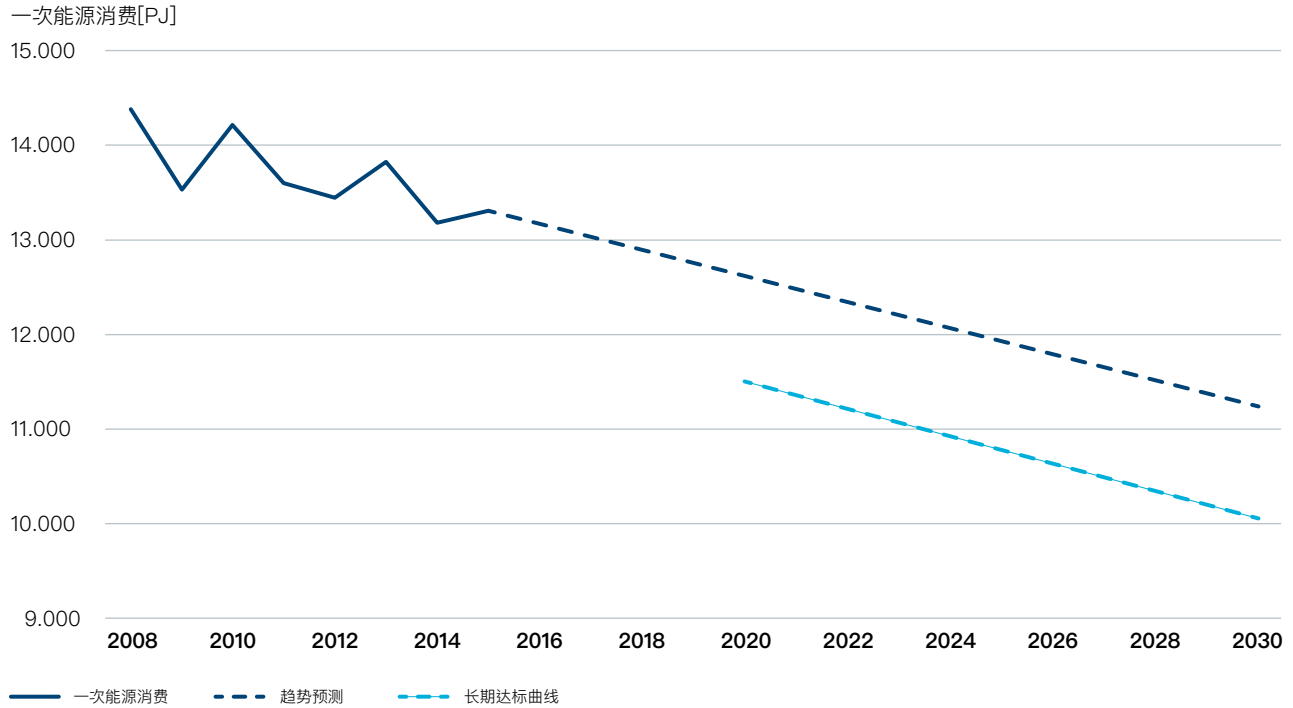
即使观察目前的发展状况，也需要立刻行动起来：因为预计2015年的一次能源消费将会增加，即使增幅不算大。

2050年一次能源目标：考虑能源综合消费

能源规划的宗旨是，到2050年一次能源消费减半。所谓一次能源消费指的是德国的总能耗量，即我们从化石类和可再生能源中获取的能源。在能源统计中利用相应的一次能源因数（PEF），将终端能源换算成一次能源。该因数可以反映能源形式转换时不同的转换效率。

节能工具及措施的首要目的是节约终端能源消费，但同样会减少加工阶段的能源，从而降低一次能源的能耗。

图4：一次能源消费的发展，2008 — 2030年



来源：德国联邦经济和能源部能源平衡工作组；趋势预测基于2008 — 2015年数据

这意味着：德国目前在降低能耗上取得的成绩不但要继续维持，更要努力扩大。其中不但包括现有工具以及随之而来的投资成本的进一步开发和优化，还要面对新的挑战。

在这种情况下，德国联邦经济和能源部颁布能效绿皮书，邀请各方开展讨论，探索新的措施和工具，以便可持续地进一步提高能效。

能效为经济增长和就业带来机会

只有在未来持续大幅地减少能源需求，德国的能源转型才能获得成功。同时，降低能耗将惠及每个人：企业和个人用户的能源费用降低了；通过更多的价值生产和投资，德国将获得更多的经济增长和就业。

最新的模型计算（Ecofys可再生能源咨询公司/弗劳恩霍夫系统技术和创新研究所/资源效率和能源政策研究所/生态研究所共同研究，2016年）显示了能效政策为国民经济带来的积极影响。在这里，研究人员利用参照点的发展预测曲线，并不考虑现有的和规划中的能效工具，对2014年至2020年的走势加以测定。同时，此项工作对能效工具（包括《国家能效行动计划》及《2020气候保护行动纲要》中规定的工具）促进的投资和就业效应也进行了分析*。根据模型计算，到2020年，能效政策将带来超过1000亿欧元的新增投资。其中一大部分投资将流向建筑行业。

* 假设《国家能效行动计划》中规定的建筑节能改造的税收政策得以落实。作为替代，联邦政府推出能效激励计划，鼓励在建筑领域采取更多的激励办法。

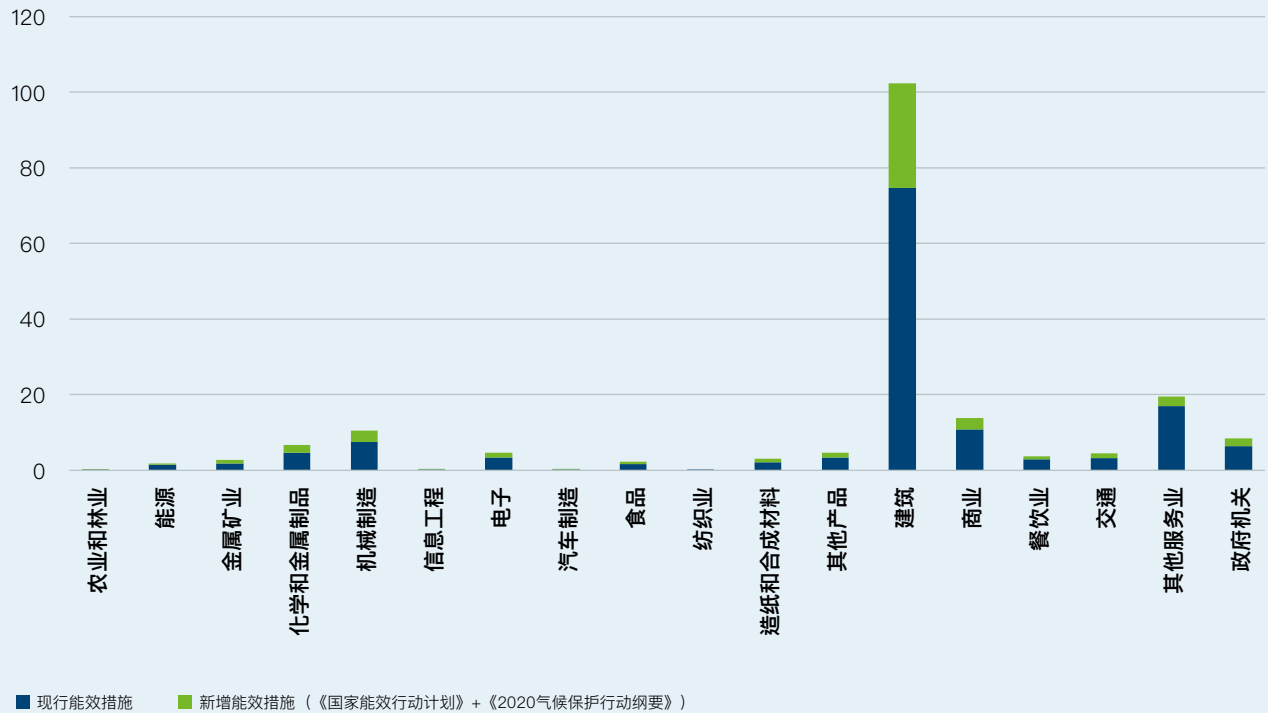
模型计算中，既考虑到了国家资助机制的成本，也考虑到了私人家庭和企业的投资融资情况。

计算结果显示，能效措施为经济增长带来积极的效

果：能效情景中，2020年的GDP约合400亿欧元，与参照发展趋势（即不采取任何能效措施）相比增长了1.6%。能效措施对德国就业也将起到推动作用，一项研究显示，2020年能效措施将带来近19万

图5：能效措施为各行业创造的新增就业人数，2020年

单位：1000个全职岗位



来源：Ecofys可再生能源咨询公司/弗劳恩霍夫系统技术和创新研究所/资源效率和能源政策研究所，2016年

个全职工作岗位。研究团队指出，对宏观经济的预测可能会受到目前较低能源价格的影响。

4. 能效领域的主要挑战

《国家能效行动计划》中提出的许多单项措施和未来工作步骤进一步刺激了对能效的投资。到2020年，能效提升有望取得更大进展。但即使是现在就必须为2020年以后更长远的发展作考虑并分析能效政策还面临哪些战略挑战，尤其是前期制定的到本世纪中叶减少一半的一次能源消耗目标。我们希望藉此能效绿皮书，促使各方加以分析，共同讨论现行的一揽子政策工具。为此，绿皮书主要关注以下五个重点议题：

- **能效优先（章节4.1）**：如何将避免和减少能耗的优先基本原则具体应用在能源政策及能源市场的规划和管控阶段？
- **政策工具的继续完善（章节4.2）**：如何完善目前的政策工具，才能实现2050年减少一半一次能源消耗的目标？如何应对根本性挑战（如反弹效应）和目前的形势（如能源价格下降）？
- **欧洲层面的能效政策（章节4.3）**：欧洲能效政策的框架将会如何发展？如何在欧盟及各成员国之间更高效地进行任务分配？
- **领域耦合（章节4.4）**：当可再生能源在电力行业的占比持续走高，并用于实现其他行业的去碳化时：结合其他的去碳化途径，应为可再生电力的高效利用提出怎样的要求？
- **数字化（章节4.5）**：利用数字化技术调控能源的生产及消耗会带来哪些挑战和机遇？“数字化商业模式”将如何改变能源市场，对能效政策又意味着什么？

针对以上话题，将在以下章节中提出论点并展开讨论。在每小节结尾处将提出供磋商讨论用的主旨问题。

4.1 能效优先

论点1：能效优先原则将优化能源转型的成本，提升可再生能源的去碳化效果。

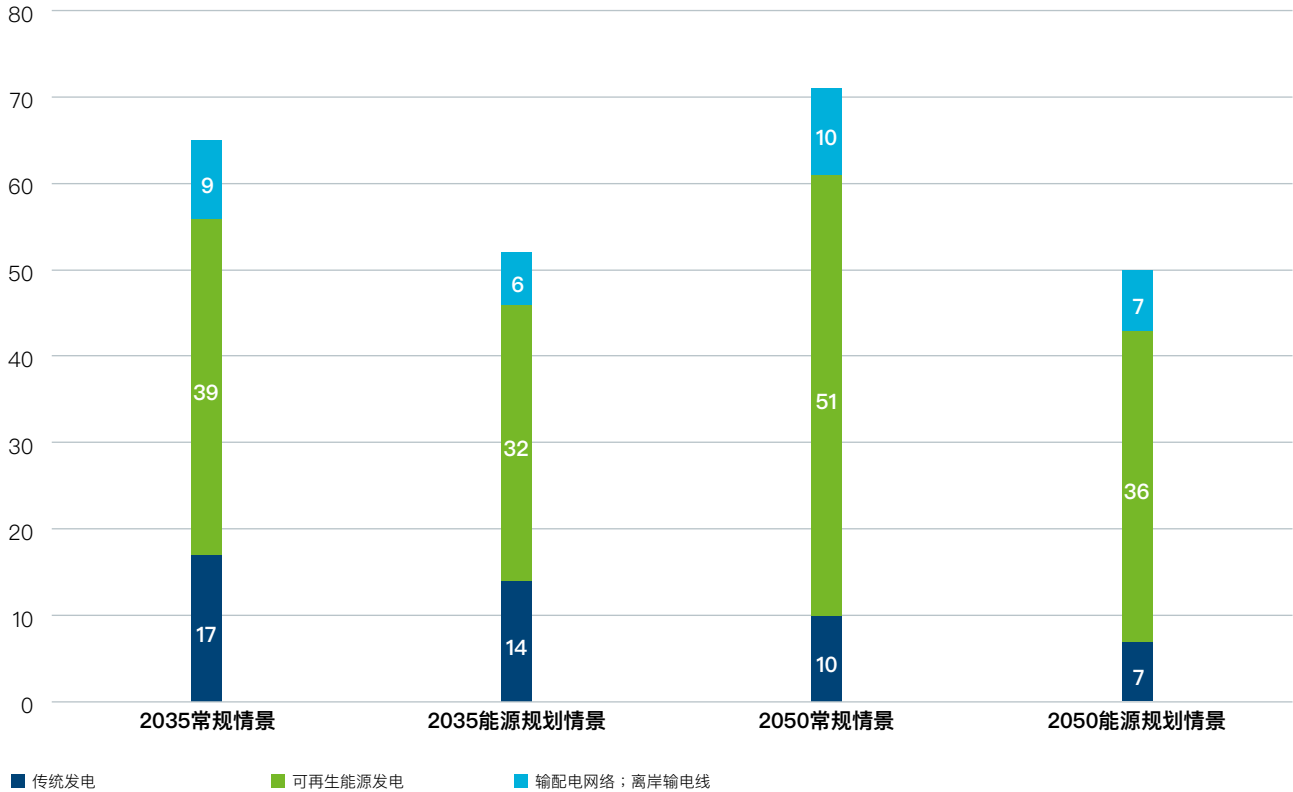
“我们节省的每一单位能源，都无需生产、储备或传输。”这便是能效优先主张的前提。提升能效可以节约能源，减少温室气体排放并从总体上助力能源供应体系向可再生能源供应转型。

在能源规划的能效目标实现和未实现的情况下，发电输电的总成本对比

瑞士Prognos经济研究所和亚琛工业大学电力系统及能源经济研究所（IAEW）共同于2014年研究的一份报告指出，倘若积极落实能源规划的目标，单是电力系统供应侧及输电侧就能分别在2035年或2050年节约120亿以上和210亿欧元的费用，并同时能显著缓解未来电网扩建需求的压力。每节省一度电，就能为电力系统中不需要的发电容量及电网容量节约13欧分的成本（2035年）。

图6：发电和输电的总成本

单位：10亿欧元



来源：瑞士Prognos经济研究所，亚琛工业大学电力系统和能源经济研究所（IAEW）能源规划情景下（即落实能源规划的能效目标）和常规情景下电力生产和运输的总成本。（按照能源规划，2050年的电力消费应比2011年下降20%。）

未来能源政策应更加注重以下相关基本要求，即尽可能在那些节能改造比单纯扩大电力生产、存储和电网容量整体经济成本较低的区域开展全面、经济的节能措施。合理的、适合具体情况的能效措施比扩大发电容量更能优化能源系统的成本、降低温室气体减排预算超支的风险。从规划角度来看，能效优先原则有利于在设计能源系统时优先从需求侧的角度出发。

论点2：能效优先原则将成为能源系统的战略规划工具。

规划能源体系时，如果以生产侧（进口、生产、制造和分配）为导向，没有节约系统利用价值高的能源，或在规划组织能源基础设施时没有考虑到可预见的需求下降，则可能出现基础设施建设过剩的危险。由于能源领域的投资是长期的（尤其是对生命周期较长基础设施的大额投资），投资的方向一旦确定就很难逆转，所以基础设施建设过剩的影响是尤其巨大的。这同样适用于对能效的投资（如建筑外墙、产品、生产设备、装备制造基础设施等）。

本着能效优先，在规划和组织能源体系时一般优先从需求侧出发。为避免在系统规划和系统扩张时出现附加成本，未来应由各个不同的能耗发展情景来展示更多节约能源或提升能效的可能性。在这个基础上，设计和构建能源供应系统时就能优化总体的经济成本。除了总体规划工具（包括规划路线的修订版）外，那些旨在中期调节能源系统投资和成本的政策工具更应该强调能效优先原则。

建筑能效战略

联邦政府于2015年11月颁布了《建筑能效战略》，该战略指出如何系统地分析节能和可再生能源利用这两大选择以及如何将两者有效整合到一个综合实践方法中。联邦政府为此制定了两个目标情景，展现了实现截至2050年既有建筑几乎零排放以及降低一次能源能耗的路径通道。

- **目标情景“能效”：**

该情景设置了通过节能措施，到2050年能效提升的最大值，即从目前角度出发，2050年较2008年节约54%能源的上限值。该情景可再生能源的需求较低。

- **目标情景“可再生能源”：**

本情景侧重于大力发展可再生能源和小幅的能效提升。

“能效”情景得出的2050年电力需求比“可再生能源”情景明显要低，这就意味着扩大可再生电力建设这一调整需求可能更小。此外，这一情景不要求太多的生物质能。不过在家庭住宅领域可能意味着更高的投资成本。所以在建筑方面，通过加建隔热保温层、使用高效节能窗及高效电力设备等节能措施可挖掘很大一部分的能效潜力。不过其中既有技术上的也有经济上的限制因素：首先，建筑外围护结构的节能质量未必能实现所期待的整体改善；另外，建筑节能改造初期的能效经济收益较为有限，要想取得更多能效提升进展则往往意味着更高的成本。

“可再生能源”情景显示，建筑领域存在可观的可再生能源应用潜力。通过利用可持续的固态生物质能（主要）、环境热能和太阳热能及光伏可以挖掘这部分潜力。当然这里也存在技术和经济方面的瓶颈。该情景应用的生物质能比能效情景明显更多。鉴于生物质能是有限的，从而会产生各领域竞相使用生物质能的情况，这就需要考虑：生物质能在哪些领域可以得到长期、高效的利用。鉴于总体能效提升的幅度偏低，热泵使用的范围十分有限。原因是只有热泵在隔热极好的建筑中应用于低温大面积供暖（通常是地板采暖）时，才能实现经济和高效率。

主旨问题：

1. 如何在所有行业系统地贯彻“能效优先”原则？
2. 在权衡“降低能源需求”抑或“维持及建设满足需求的容量”这样的系统决策时，应注意哪些根本性问题（如成本特征值）？

论点3：建立保障能效的法律框架有助于落实能效优先原则的法律基础。

能效行动领域目前尚无跨部门的法律框架。不同的应用领域有相应的规范文件和法律条款，不同的相关参与方和行业可找到相应的法律基础。

还需要明确的一点是，通过法律手段能效优先作为整个能效领域的规划及组织原则的推动力度有多大？比如，一部《能效法》的出台可以定义节能、能源的高效利用和能源生产之间的相互关系。同样，有关能效的现有法律标准，各自的优缺点和不同的运用方式也应该通过整体的法律框架进行梳理。

能效优先可以通过相关法律如《能效法》将国家能效目标以法律的形式进行规定。从法律体系的角度看，出台一部《能效法》可以统一规定，实现法律体系的稳固发展。一些未来可能出现的新要求，如欧盟层面法律的执行、能源咨询的质量保证问题等，也可整合到《能效法》中。《能效法》设定目标后，有利于可再生电力和能效领域长效有机的结合，比如在设定一致目标方面。连接两大领域对实现如领域耦合这些行动方面将起到越来越大的作用。

《能效法》的一些内容还可能会引发新的问题和新的讨论。比如，从法律层面确定目标真的能帮助解决能效领域的首要问题，即完成既定目标吗？制定《能效法》带来的增加值大于整合现行法律条文的工作量和可能产生的问题吗（能源领域的目标变得越来越复杂、可能产生新的目标冲突、如何解决与现有的能源规划目标的层级关系）？

主旨问题：

1. 整合现行的能效法律规范、在共同的法律框架中规定能效目标，会给我们带来好处吗？
2. 如果答案是肯定的，《能源法》应覆盖哪些领域？应如何在法律的常规部分规定“能效优先”原则？

4.2 能效政策工具的继续完善

论点4：目前的能效政策虽然提升了能效，但仍需要继续完善和补充才能实现长远目标。

能源规划宏大的核心目标是截止至2050年一次能源消耗需减少一半。同时，完成这一目标也是实现能源成功转型的基本条件。只有显著降低能耗水平，才可能实现系统融合及可再生能源的可支付性。

能效政策一揽子措施

信息和咨询：除了公共机构提供相关信息以外，同时也需为咨询服务（如现场咨询服务）提供资金支持。2016年，德国联邦政府将采取全面的宣传战略，继续推进各类咨询服务，尤其是要将原料效率和能源效率咨询更好地结合起来。

资金支持：传统的资助措施主要有直接补助和投资资金贷款优惠（还贷补贴，多为建筑领域二氧化碳排放改造项目）。

《公共秩序法》：国家和欧盟层面的《公共秩序法》规定了必须执行和禁止进行的活动、技术标准以及强制性产品标识。比如，欧盟建筑指令和欧盟生态设计指令的规定，以及德国联邦层面的《节能法》规定的建筑能效标准。《秩序法》发挥有效作用的重要前提是执法严明。

价格调控：价格调控工具，如能源税费及一些其他税费模式。

数量调控：对能耗或排放的数量调控是通过限额或发放排放证来实现的。这里通常会涉及到交易，从而加强了市场激励的效应，比如欧盟碳排放交易制度和许多欧盟国家执行的能效责任体系。

科研和发展：全面、贯彻各行业的能源研究是能效技术检验和市场推广的前提。

德国的能效政策基于以信息宣传、资助支持和提出要求为原则的一揽子全面措施。通过《国家能效行动计划》，联邦政府采取了许多补充措施。尤其是过去几年，能效政策措施明显大有增长，这也最终吸引了相当多的利益相关方和各行各业的参与，过去的“空白地带”也因此越来越少。同时，还必须留意其他政策领域，比如大宗原材料利用效率的提高也会对能源消费产生影响。为此，联邦政府在2016年更新版的《全国资源效率计划》制定了相应目标，即要求加强原材料利用效率和能源效率的协调发展，利用两者的协同效应，找到两者在目标上的冲突并尽可能解决之。

但是如何调整目前的政策工具来适应未来能耗的长期发展，这是目前面临的一大挑战（参见第3章）。即使现行措施会继续大力发挥节能降耗的作用，但仍需继续补充和完善相关政策工具。此外，能效政策还面临着下文即将提到的已知和未知的一些挑战。

能耗具体节约量对比绝对节约量

能源规划规定截止至2050年一次能源消费需减半，这是一项绝对量目标；而德国能效政策的政策工具则主要针对具体的单位能源节约量（如每行驶单位公里或者每单位供暖面积的节能量）。经济发展和居民收入的增长促进针对能效的投资，但与此同时，社会对商品及服务的需求也在提高，而此类产品在生产、供给和使用阶段又会消耗能源。因此最终能耗的绝对节约量可能比具体单位能耗节约量要低。

这一差距被称作“反弹效应”，它会导致采取能效措施时节能量出现缩减。典型的反弹效应多见于电力、建筑和交通领域，比如，虽然用节能灯照明时能效提高了，但被使用的频率也增多；节能改造后的房屋，室内采暖的成本下降了，但由此一来，室内采暖的需求变大了，采暖时间变长了。

此类能效措施的初衷是降低能耗，却由于用户行为改变造成了更多的能耗，只要避免或减少此类情况，节能量就一定会得到大幅提升。目前能效政策的工具是针对能效的单位提升量的，对实现上述目标帮助不大。因此在进一步发展这些能效措施时应考虑，如何尽可能避免出现反弹效应。

反弹效应：定义、规模、解决方案

如果提升能效会引发更多的需求或使用，从而减少了实际节能量，这个时候就会出现能效提升带来的“反弹效应”。从经济学角度分析，是由于产品的使用成本降低了；但心理及法规因素也会影响个体的行为方式，导致节能潜力无法完全发挥出来。反弹效应分为以下几种：

- **直接反弹效应：**提升能效后，对更高效产品或服务的需求增多。
- **间接反弹效应：**提升能效后，更多的资金和购买力被释放出来，导致对其他产品或服务的需求增多，从而导致这些产品和服务的能耗增加。
- **整体经济的反弹效应：**技术革新带来能效的提升，促使需求结构、生产结构和分配结构发生改变。由此一来，整个社会经济对能源的需求有可能会变得更大。

实践研究发现，不同领域、不同的能效措施所引起的反弹效应程度不同。为此，联邦环保局委托评估了一些研究报告。调查显示，在许多能源服务开展过程中，由消费/需求侧引起的直接反弹效应程度大概在20%–30%之间。也就是说，由此损失掉20–30%的节能力度。此外，由需求侧引起间接反弹效应程度大概平均在5%–15%之间。

能效政策工具对反弹效应的敏感度有所不同。同时，即使出现反弹效应，还有一些其他手段能完全挖掘节能潜力，达到绝对降低能耗的效果。这其中包括用户侧的税费调节，以及证书交易等数量调控体系。

低价环境

在降低能耗、遏制反弹效应的道路上，存在不少障碍，由于各大能源市场的价格持续走低，这些障碍变得更为严峻。2016年春天，原油价格一度跌至30美元一桶，目前的价格为50美元一桶，这与长期以来的价格相比也处于低位。随着能源价格的下降，鼓励采取能效措施的经济刺激也变少了。

虽然无法准确地预测价格在短期、中期和长期的走势如何，但无疑能做出以下判断：以巴黎气候峰会协议为基础，制定一个持久的全球气候保护政策可以持续减少对化石能源的长期需求，从而抑制化石类燃料的价格。

此外，倘若低价位促使投资流向能效不高但生命周期较长的产品及技术，即使短期的价格下跌也会对能耗产生长期影响（所谓的“锁定效应”）。面对目前的能源价格环境以及能源价格的不确定性和波动性，能效政策的工具应与价格波动“同步呼吸”，而且包含充足的、独立于价格之外的要素。

能源低价的刺激效应 — 以更换供热锅炉为例

A户家庭居住在面积为150平米的典型独栋别墅，以一个大型老式燃油锅炉采暖。该家庭每年平均耗用约2600升燃油用于采暖。由于燃油价格波动较大，该家庭最近15年的燃油费用介于每年1250欧元到2500欧元。老式暖气泵每年用电约400度，产生电费约120欧元。

新式木颗粒锅炉凭借其优化后的制热功率，按照热值计算年利用率达85%以上。此外，采暖系统由液压调节，原热泵也将换成新的暖气泵。这一系列改造措施每年可节省燃料费及运行成本总计400至1000欧元。此外，通过液压平衡及新暖气泵，耗电量下降300度，相应的电费每年下降近90欧元。更换木颗粒锅炉措施可获得《可再生能源市场激励机制》和能效激励计划总额4200欧元的补贴。总投资额约18900欧元，扣除国家4200欧元补助后，A户家庭自费承担14700欧元。

节能是促使A户家庭投资更换锅炉的重要推动力。当燃料即燃油和木颗粒价格居高的时候，总投资额可在13年后回本。但倘若燃料价格长期下降至目前水平的话，投资回收期将达28年。这里想说明的是，通过采取上述措施，运行和燃料成本得到节省，从而整个投资成本可在一定时间段内收回。实际上从长期看来，老旧的锅炉势必将被淘汰和置换。木颗粒锅炉单是在收回额外成本上，就比传统的燃油锅炉要快。

资助力度已经大幅增长

通过政府的资助措施可有效促进能效的提高。不论是个人还是企业实施能效措施，均有国家的资助资金支持。资助资金可以激励投资者应用高效、创新的技术，从而推动此类技术进入市场，提高它们的竞争力。在这方面，《建筑节能减排改造计划》是个很好的例子，联邦政府根据该计划已经参照欧盟建筑指导意见，着手推动发展低能耗建筑。

而在供热市场也是如此，鼓励使用可再生能源的市场激励计划推动了可再生能源供热技术的应用与发展。德国的资助政策在近几年明显加强（不仅仅包括《国家能效行动计划》）。同时，几乎所有的参与主体及行业都有机会获得联邦层面和地方政府层面的资助。

但是，由于财政预算有限及其他原因，资助计划的效果并不好评价。此外，由于欧盟关于国家援助法案的政策规定，德国工商领域的资助（资助利率及资助力度）只能被限定在一定水平范围内。对居民家庭能效措施的资助同样受到预算相关法律的限制，比如在是否委托能源服务商方面。在采用替代措施和现代化改造措施的情况下，这种框架性政策尤其适合挖掘其更大的能效潜力。而常规替代措施和现代化改造措施之外的能效投资，目前为止获得的资助激励措施并不多。在这里，近年来既有建筑的改造比例保持稳定就是一个很好的例子。

只有广泛提高资助力度，才能有效刺激更多能效措施的引进和开展。但这样的政策是难以为继的，更何况开发能效潜力决不能只依赖于政府的资助措施。

因此总体看来，能效政策还有较大的进一步发展和完善需求。

主旨问题：

1. 作为对目前能效政策工具的补充，哪些合理措施有助于完成2050年一次能源消耗减半的目标？
2. 在能源价格低迷的环境下，哪些政策工具优先适合能效提升？

能效政策的下一步发展和完善：工具分类

在目前的一揽子工具基础上，组合运用不同政策以进行下一步的发展和完善变得更加简单，但仍需要补充和开发新的措施。

数量调控

针对转让费用相对较低、可标准化的技术，可建立节能配额交易制度（白色证书模式），作为样板式调节工具。该交易制度可以精确指出尚未被纳入排放交易的终端能源消耗。或者也可以在能源投入市场的时候，引入例如旨在节约一次能源这样的节能模式。两种工具的节能效果基本都不会受到反弹效应或目前能源价格低迷的影响。此外，由于市场参与者可以自己决定采取哪个单项节能措施，因此两个方案都符合市场规律并能够有效降低成本。

法律调控——《公共秩序法》

建筑领域有必要对《公共秩序法》中既有建筑相关的规定进行完善。能效最低标准可以避免出现负面的“锁定效应”，如安装使用生命周期长、但相对效率不高的产品。在交通领域，可通过计划的强制性特定油耗数值测算，以认证数值基础实现重型车辆各部件的进一步节能。此外欧洲层面也正在讨论，应在交通领域采取哪些措施来降低碳排放。为此，欧盟委员会宣布，将考虑出台针对重型车辆发动机的能效标准。目前《公共秩序法》的条文配合了《建筑节能法》和欧盟绿色设计及标签规定，因此加大现行《公共秩序法》的执行力度也很重要。

价格调控

价格调节手段往往基本符合市场规律，能够保障成本效率并符合归因原则。此外，该手段的一大优势是，每使用一度电，用于降低能耗的补贴会保持不变。可以考虑引进类似“税率指数化”的方式来适应能源原材料价格的波动。不过这里同时还要注意由此对财政税收造成的影响。由此带来的税收增收应投入到支持能源转型措施的实施上，尤其应投入到能效领域。而宏观的、适用于所有行业的价格调控措施包括调整现行的能源税及电力税和引入（可以是欧洲范围征收的）二氧化碳税，同时也可考虑引进奖惩机制。

论点5：市场解决方案和新的能源服务将加速能效提升，为能源转型做出重要贡献。

能效措施投资往往离不开相关的专业知识和经验。因此，一个富有活力的市场对专业的能效服务来说，是持续提高能效的前提。联邦政府出台的《国家能效行动计划》为能源服务市场的继续发展注入了动力，包括2016年初，合同能源管理的担保规定和融资要求得到了优化。

能效服务市场

能效服务市场包括四个产品类别：信息、咨询、能源管理和合同能源管理。在住宅领域，无论是针对业主还是租户均有相应的能源服务产品。而针对不同规模的企业同样有很多优化生产设备节能生产的服务。约19%的住宅房主和至少23%的中小企业目前都委托了能效咨询师来提供高水准现场能效咨询。

在享受减免能源税或附加费的企业中，能源管理体系尤为普遍。员工数量为50到249名的企业中有12%已经建立起了经认证的能源管理体系。更有很多企业还采用了能源控制解决方案。

在合同能源管理方面，房地产业主和设备所有人仍然没有较大意愿长期将自己的资产与长期合同相结合。只有1.6%的中小企业全面实行了节能量分享型合同能源管理。占据主要地位的，仍然是能源供应型合同。

从总体上可以看出，德国针对提升能效的能源服务市场在产品深度和广度上均已基本成熟。为充分发掘市场潜力，还必须继续发展和完善能效服务市场的政策框架。

尽管如此，结构性障碍仍然存在，消除此类障碍将有效促进能效市场的充分发展。为此必须兼顾各方利益，比如在能效措施融资和能效投资收益如何利用方面。现有的法律框架往往无法解决“投资者-用户”这一选择困境，有些措施是否就能效提升进行投资的决定权在业主那边，但由于能源成本需由用户自行承担，因此他们的积极性并不高。

能源服务市场框架的具体设计需注意以下几点：确定合适尤其是创新的技术以及权衡不同技术选择（如果有不同替代选择的话）主要是市场参与者自身的职责。只有当技术解决方案能相应带动收益和应用需求时，才能获得长期的资金支持。因此，未来的能效政策应进一步对所有技术开放。在制定政策时也可更多引进招投标模式。

此外我们也有必要研究：作为建立欧盟内部能效服务跨境市场的前提条件，需要各成员国及欧洲统一哪些领域的标准，如何统一？提高市场透明度、商业模式标准化（如平衡结算、测算节能量、成本划归）有助于降低转移成本、降低风险，并减轻能效投资的融资难度。

主旨问题：

1. 哪些工具能更好地激励能源服务的发展，继而提升能效？
2. 为促进能效服务市场的发展，哪些领域适用于或必须开展和推行标准化？

4.3 欧洲层面的能效政策

论点6：开展欧洲层面有效的节能政策最好设定明确的目标。

不光是国家层面，欧盟范围也一样：只有实现更多的节能量，才能建立可持续的能源供应系统、保障去碳化战略取得成功。这就要求欧盟及其成员国之间在节能工作（管理）中积极协调、共同配合。协调主要集中在三个领域：

- 1) 设置目标、分配达标任务；
- 2) 选择合适的政策工具；
- 3) 推动能效服务市场的发展。

目前，欧洲确定了至2020和2030年的节能目标。2020年目标的实现是建立在成员国自愿做出节能贡献的基础上。是否继续推行这种模式来实现2030年的目标，目前还没有定论。包括一系列能效指导意见（如针对建筑、产品和小汽车）和能效通用措施指导意见（EED）对实现2030年目标的贡献大小也还需要进一步评估。成员国自行决定是否执行该指导意见。节能量的标准通过选取参照基准来确定。

目前的协调机制可以保证各国在工具选择上和调控上的灵活性，但也存在无法达标的风险，还可能引发成员国和欧盟委员会的矛盾。

对此有两种应对方法：

- 一，继续维持现状：结合欧盟及成员国的政策工具来完成指定目标；
- 二，制定有约束力的分期目标，要求成员国分享经验，有约束力地采取欧盟政策工具。

这里需注意的是，第二个方法需要更多的政治努力，并且针对有约束力目标和机制的谈判以及后续的实施有可能出现时间拖延的问题。延续目前做法的好处是，能效政策更能适应各国的情况，成员国选择和应用合适政策工具的回旋余地更大。这符合欧盟的辅助性原则（即当成员国执行不力时，欧盟才能介入）。不过，能否充分保证达标也是一个问题。相比之下，如果通过协调统一的政策方针，严格且条理清晰的欧盟机制就可以明确地划分目标，保证达标。

主旨问题：

1. 在落实欧盟2030能效目标过程中，加强（欧盟）集体的作用有哪些优势和劣势？
2. 欧洲2030能效目标的落实除通过目前一系列的指导意见和政策决议外还需要制定其他有约束力的规定吗？

论点7：加大欧盟政策工具的使用力度可以支持并强化成员国国家层面的能效工具。

随着目标要求越来越严格，预计未来还需要更多的措施和手段来满足各个节能目标。除了需了解哪些措施适合以外，还需明确应在哪个层面落实这些措施。使用欧盟层面的工具措施可以加强欧洲节能政策的广度，避免无序竞争。

对此有两个方法，也可以结合使用这两个方法：一是扩大和完善现有的政策工具，如绿色设计和绿色标识；二是引进新的政策工具，如在减少重型汽车的燃油消耗方面。

实践证明，绿色设计和绿色标识是提升能效的有效工具。在德国，通过国家措施而节约的电量中，有80%归功于这两项措施。扩大和完善这两个工具，将在德国产生巨大的杠杆效应，并带来更多的节能。

加强落实欧盟层面的集体措施工具还能避免成员国在实施能效措施时发生无序竞争。

主旨问题：

1. 应加强欧盟层面的哪些集体措施工具或者说还有哪些其他支持德国能效目标的集体措施手段可以提到欧盟层面？
2. 德国已采用的工具中，有哪些适合推广到欧盟层面，从而实现欧洲更大的节能量？

4.4 领域耦合

领域耦合方面电力供应可以满足居民家庭（供热/制冷）、交通（驱动）及工业和商服贸（供热/供冷/驱动）等领域的能源需求。如果可再生能源电力得到有效利用并从而取代化石能源，领域耦合则有助于实现能源转型的目标。领域耦合可为电力市场带来新的常规用户。它可以提高电力市场需求侧的灵活性，从而也可以使系统更好地应对电网高峰饱和的情况，但不应将其误解为单纯消纳“过剩电量”的工具。助力能源转型的领域耦合要求可再生能源电力得到中长期持续的应用。

论点8：居民家庭、商服贸、工业和交通领域的去碳化要求应用零排放、可再生能源电力。

为实现尽可能高效、经济地推动各行业的综合零碳化，领域耦合是必不可少的。结合传统的能效措施和直接生成热力及驱动力（生物质能或太阳热能），领域耦合有助于减少温室气体排放和一次能源消费。按照目前的经验和认知，单纯依靠单个行业的能效措施和直接利用可再生能源，是无法实现各行业去碳的。实现去碳化要求各个行业都必须使用可再生电力。

在领域耦合不断发展和深化的过程中，应尽早设立合理的法律框架，从而满足对效率、灵活性和经济性的要求。

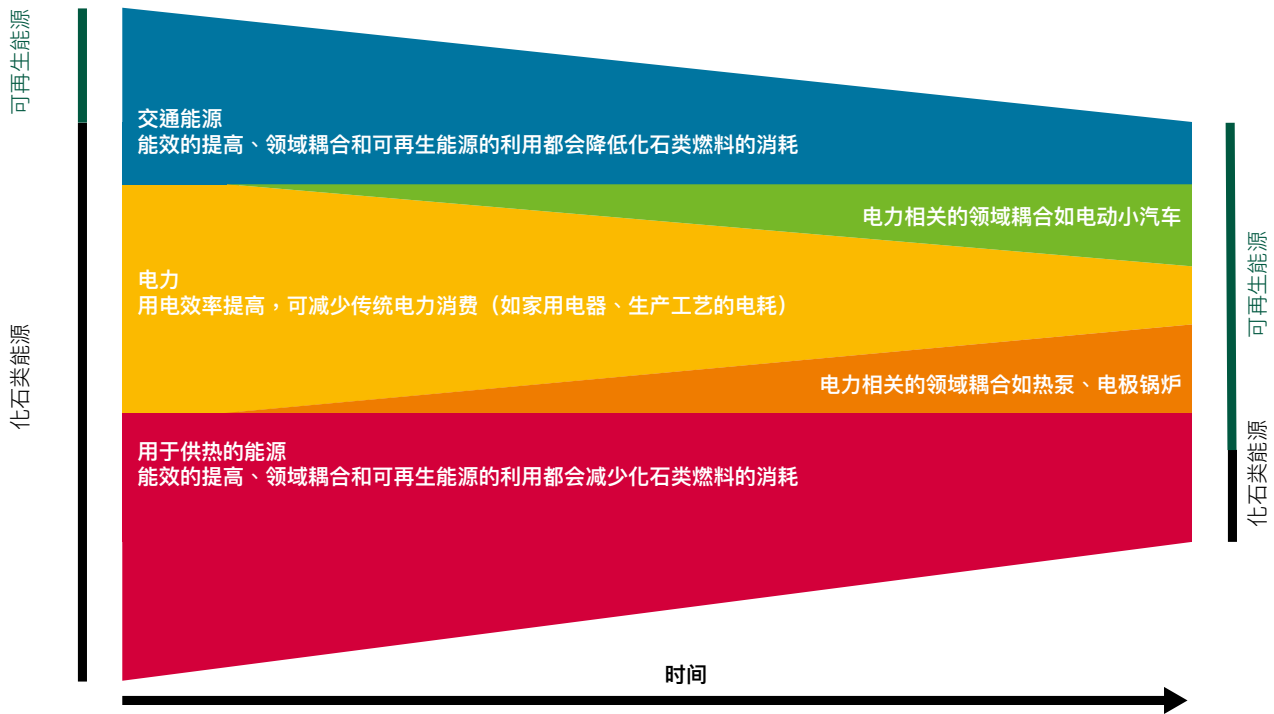
主旨问题：

除了应用零排放、可再生能源电力外，还有没有其他实现居民家庭、商业/贸易/服务、工业和交通领域脱碳的替代方法/措施？

论点9：在领域耦合方面应优先应用能将电力高效转化为热能、冷能或驱动力的技术，从而尽可能应用较少的可再生电力替代尽可能多的燃料。

即使是可再生能源电力也是有限的经济产品，并且会引发对土地和资源的消耗，带来生产、传输（电网）和存储的成本。如终端能源消费水平没有下降，对可再生电力的需求就会极大上升，能源转型的整体成本也会增长。此外，由于越来越多波动性较大的可再生能源投入使用，供应侧和需求侧对灵活性的需求也可能会由此而增长。

图7：领域耦合和能耗



来源：依据风能和能源系统技术研究所数据（2015）自行绘制
 传统的能效措施（如建筑改造、更换高效设备）和领域耦合可降低终端能源的整体能耗、减少可再生能源（如太阳能）的直接使用量；
 而领域耦合可以提高终端能源消费中可再生能源的占比。

因此在规划阶段需遵循“能效优先”的原则。工业、商贸和居民家庭的供热需求越低、交通领域对驱动能源的需求越低，那么这些领域对可再生能源的需求也越低，其中产生的成本就越少。

如今已有许多电制热/电制冷以及电力驱动交通的技术，这里有两种可能形式。举例来说，空调或电机是将电力转化为热能、冷能或驱动能，而其他一些设备则是利用电力来制造可再生能源，如电力驱动热泵来制造环境热能。

各项领域耦合技术（如电制热/冷以及电力驱动交通）的用电效率各不相同。尤其是涉及到多个能源转化步骤的技术，比如将电力先转化为天然气，继而用天然气制热或驱动的技术，这些技术目前的效率都不高。而像热泵这样能挖掘可再生能源（驱动热泵来制造环境热能）的技术，通过使用可再生能源电力可以进一步推动去碳化发展。不过即使在各个利用电力的生产技术之间都存在差别，比如热泵的季节能效比取决于其热源种类（空气源或地热源）、质量标准、设置参数、应用范围（低温或高温）以及热泵的热源温度。

图8：各领域耦合技术的不同情况

	家庭/商贸服	热力管网	交通	工业	
电转热	热泵 电采暖设备	大型热泵 电极锅炉		电极锅炉中的工艺用热 电热棒、电弧等	← 领域耦合技术
	锅炉 (天然气和燃料油)	锅炉 (天然气和燃料油)		直接燃烧 (天然气)	← 替代技术和能源载体
电转气	在锅炉和热电联产设备中燃烧	在锅炉和热电联产设备中燃烧	燃料、内燃机、燃气轮机	工艺用热、材料的使用	
	天然气	天然气	内燃机 (汽油、柴油、天然气)	天然气和煤炭	
电转汽油	在锅炉中燃烧		内燃机、燃气轮机	材料的使用	
	燃料油		内燃机 (汽油、柴油、煤油)	石油衍生物	
直接电驱动			电动小汽车、电动自行车、 轻型电动运载车辆和公共汽车、 轨道交通、货运有轨电车、 公交有轨电车		
			内燃机 (汽油、柴油、天然气)		
基于电能的新型技术				新技术 (等离子等)	
				各类传统技术	

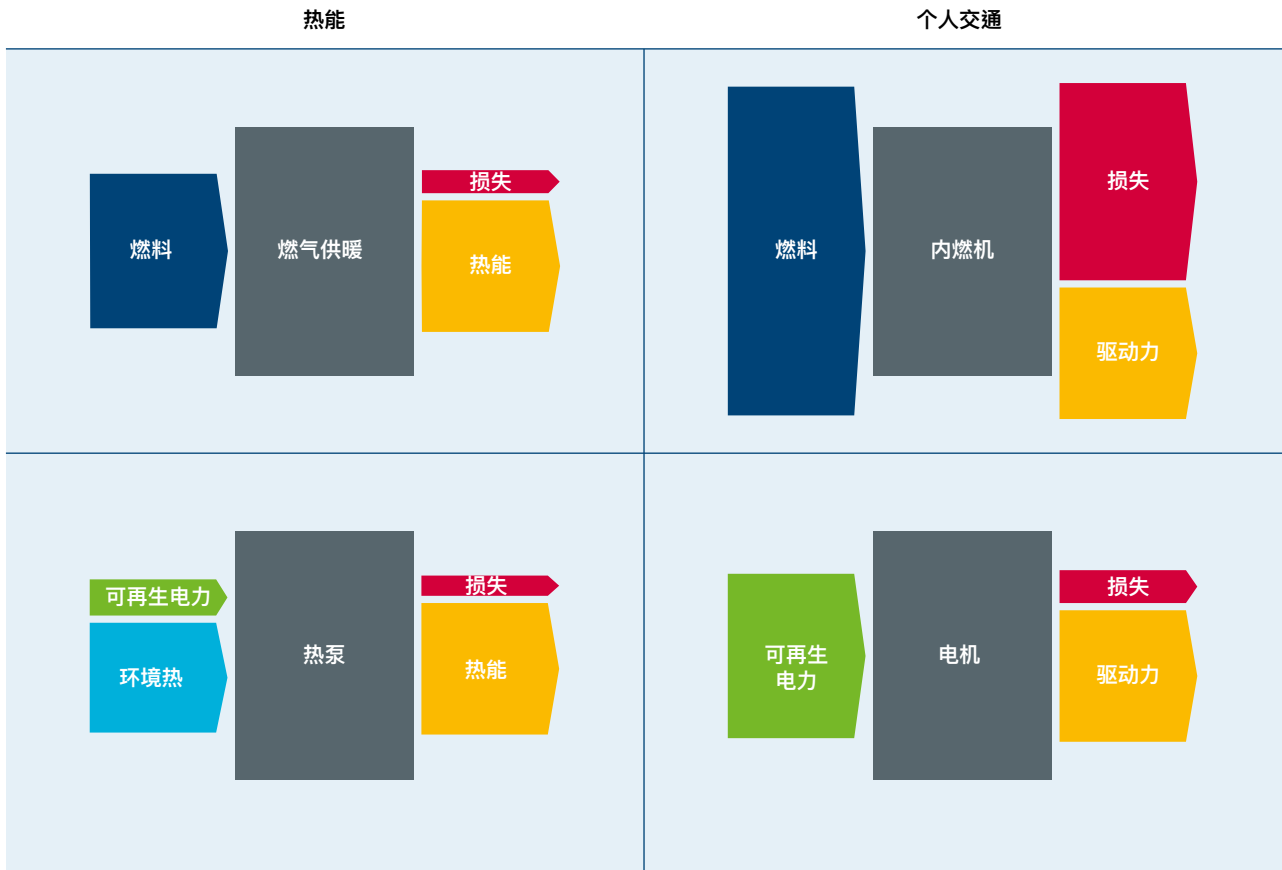
来源：依据海德堡能源与环境研究所及弗劳恩霍夫系统技术和创新研究所数据自行绘制

为尽可能降低对可再生电力的额外需求及由此产生的成本，原则上应使用可把电力高效转化为热能、冷能或驱动能的技术，或利用电力尽可能挖掘更多可再生能源的技术，从而实现利用较少的可再生能源电力替代尽可能多的燃料的目标。按照目前的技术水平，此类技术主要适用于高效热泵和电动汽车行业。两者需要的电力都相对较少，可以为供热及交通领域的去碳化和能效提升做出重要贡献。像电锅炉、加热棒或电离设备（电转气这些技术由于其耗电量较大，所以只能应用于尚未开发和引进高效技术的行业，这也适用于工业中的高温工艺。另外，如果年使用时长很短，或采暖需求很低时，出于经济性考虑，采用效率相对较低的技术可能会更合理。人工合成燃料在制造阶

段的耗电量非常大，所以在交通领域，只有当技术上和经济上都不允许直接电驱动时，才使用人工合成燃料。尽管如此，在交通方面还需要权衡，是否有必要大规模采用这种创新燃料来降低排放。

制定政策框架和政策工具时，需尽量避免在低效率、效果差的领域耦合技术上出现锁定效应，无论是出于技术因素、经济因素还是政策因素。良好的政策应保证最高效的技术在竞争中脱颖而出并优先得到应用。在此，需关注技术的最新发展、投资周期和基础设施成本，达到全系统的技术和经济效率平衡，从而使企业形成自己的商业模式。

图9：以热泵和电动汽车为例：用较少的电力替代尽可能多的燃料



来源：依据风能和能源系统技术研究所数据（2015）自行绘制

通过加强创新型能源转化技术的研究和实验，也可有助于提升效率。通过这种整体全面的方法或有可能获得政府的相关资助。

主旨问题：

1. 哪些工具措施可以避免伴随领域耦合可能出现的用电经济性差这一情况？
2. 领域耦合可以通过哪些具体应用以及如何应用促进去碳化发展？

论点10：领域耦合可以在需求侧创造更为经济实惠的灵活性，从而平衡波动性较强的可再生能源供应。

在消纳可再生能源方面，供热和交通领域都存在负荷平移及负荷接入的潜力，成本相对低廉。目前，在电能向其他能源转化时（如氢、甲烷）成本较高。与其他储能技术相比，蓄热器储存能源的成本极低。交通方面，智能充电桩保证了电动汽车的灵活性。这部分负荷管理的潜力可以通过领域耦合的一个智能管理系统加以利用。这样就加强了领域耦合和电力市场2.0之间的协同效应，降低了电力领域灵活性措施的成本并最终降低能源转型的总成本。领域耦合相关的技术因此需尽可能灵活，并在必要条件下同储能设备结合使用，从而可以更好地服务于系统。

当然，领域耦合技术在各个行业应用时还需符合用户需求，比如，给电动汽车充电不应该仅仅是出于可再生电力的供应充足和富余，而且必须满足用户为其电动汽车充电以便随时出行的要求。此外，可供行驶里程和用于投资基础设施的融资模式均需考虑。供热领域同样需参考用户的需求：用户应根据自身的需求，决定用热和制冷，而不是由系统根据有利原则决定。这里还需要注意的是，灵活的生产流程可能会导致生产效率降低，但也可能会对能效产生积极影响。

当领域耦合技术尽可能符合系统要求时，系统总成本会下降。如果领域耦合技术不符合系统要求，扩建电网和电网运行的成本以及峰值负荷容量会大幅提升。领域耦合会进一步强化对灵活性的需求。在电力市场2.0中，通过电价信号（包括电网使用费）可促进、推动相关要素更加符合系统运行要求。要让用户对电价信号做出反应，必须先满足一些前提条件。例如，设备容量应满足一定的灵活度；通过相应的接入点或智能电表，设备应是可调控的；供电协议应允许用户对电价信号做出反应。在日常运行中灵活性的利用程度取决于用户偏好、生产要求和不同灵活性方案之间的竞争。这样一来领域耦合和电力市场的要求就可以被结合起来。

主旨问题：

如何能保证在领域耦合的框架下，利用高效技术为电力市场提供灵活性？

论点11：各个行业均需为去碳化承担合适的成本

领域耦合必须符合经济性，也就是说要考虑到国民经济和企业经济的成本效率问题。它为降低温室气体和一次能源消费以及能源转型的经济成本（通过挖掘额外的灵活性潜力）创造了机会，其中，每个经济参与者都能从中获益。从国民经济角度看，应在各应用领域使用成本最优的技术手段来降低能耗和温室气体排放。其中，需注意从整体系统出发。尤其在权衡是否有必要为专项技术市场准入提供国家激励措施支持（直接资助抑或通过减免手段）时，更需关注整体系统的运作。总的来说，构建政策框架时应遵循技术开放和灵活性原则，同时还需避免低效领域耦合技术锁定效应的出现。市场参与者会根据不同价格，自行决定采用哪种去碳化措施。这就要求在化石类或可再生能源的价格中，国家调控的那部分价格组成需反应其相关成本并促使人们做出有利于能源转型的决定。

为实现必要的投资，领域耦合技术的应用必须从企业经济角度也是切实可行的。也就是说，应用这些技术对用户来说是经济可行的。因此必须在可靠的商业模式基础上开展再融资以及保障规划安全。实现无碳化需要付出成本。为保证公平，各行业应公平分担成本。因此必须找到各个用电领域（居民家庭、商业/贸易/服务、工业）的解决方案，完成化石能源发电向可再生能源发电的转变。

主旨问题：

1. 哪些政策工具可以引导社会向技术和经济上既高效又灵活的基础设施投资（如用可再生能源供热的热力网）？
2. 如何在各行业中优化可再生电力和化石类燃料的市场竞争环境？规定该竞争要求的主体是谁？规定何时出台？

4.5 数字化

论点12：数字化为增值服务和能效服务开启了新的发展机会

数字化为提高能效创造了更多潜力。不光要高效地推广宽带等技术。而且，数字化和使用数据的不间断采集，使搜集和分析用户信息、开发能效增值服务和（金融/咨询）服务成为可能，而在以前，这项工作在技术上和组织上（或因成本太高）难以实现。此外，数字化引发了工业生产在组织和控制上的新形式（工业4.0），有利于优化能源利用、增强能效。在交通领域，数字化及汽车/交通设施的联网可使交通路况更加顺畅。新型出行方式及不同交通工具的智能结合都会大大降低交通领域的排放。

通过自动采集用户的使用数据和精确到设备终端的用户反馈，为识别并量化个人的节能潜力、提出新的商业模式、以及个人节能或商业盈利创造了条件。

这为合同能源管理市场也创造了发展机会。

用户端的数字化基础设施可以带来许多创新，如：

- 持续的、全自动的、个性化能源咨询，对于咨询服务商来说没有什么附加费用（边际成本接近0），
- 直接反弹效应的量化，包括提出限制反弹效应的建议，
- 将个性化的能源咨询与投资贷款金融服务相结合。

此外，数字化计量技术可以帮助建立以效果为导向的激励措施。目前还未出台这样的政策工具，因为单独测量节能需要很大的成本。在遵守高标准的数据保护的前提下，可以借助新型的自动系统实现。这尤其适用于成本低廉的节能方式，如改变使用习惯或开展维保措施。

节能电表示范项目利用数字化获得更高的能效

德国经济和能源部推出的“节能电表示范项目”，在家庭、商业、贸易和服务业以及工业中推广数字电表，方便用户发现降低能耗的办法，并促使其加以利用。相关的基于IT技术的示范项目均可以获得财政支持。开发节能电表的企业可以参加此类项目，在自愿报名参与的终端用户那里演示产品功能。终端用户会得到自身已有的电器及设备的能耗信息及为此量身定制的节能建议，由此可以做出以下判断：

- 各种的电器耗电量都是多少？（查找“电耗大户”和电费产生源头）
- 如何用简单的办法减少能耗及费用，能减少多少？
- 实际节能及节约费用是多少？

在此基础上，决定采取哪些节能措施。

该项目重点是2016–2018年的示范期，课题是节能创新的开发和利用。这里的节能创新技术指基于信息技术的、能源转型所要求的技术。此外，还将测试并资助增值服务，如用于领域耦合的负荷管理及能效投资的私人金融服务。

主旨问题：

1. 如何探索应用数字化技术搜集能耗信息、用户信息，开发能效的增值服务的新的可能性？
2. 如何利用搜集到的个人节能信息，使其服务于在允许技术开放的解决方案和重点考察实际节能量的激励政策？

论点13：数字化和可再生能源的应用改变了能源生产的成本结构—这是长远的能效战略必须要考虑的。

结合数字控制技术，可再生能源的发展将导致能源市场的深刻变革。未来的智能系统将更多地基于以联网式和分布式的形式对能源生产和消费的控制。

由此，将产生奖励节能和高能效行为的激励体系。利用除生物质能外的可再生能源制热、如生产风电和光电都不产生燃料费用。未来，用于发电的燃料“运营成本”将不断降低，而固定的资产成本变得越来越重要。因此，能源供应商的商业模式可能会出现这样的趋势：提高能源生产的基本投资的比例，降低用户侧的投资比例。在能源领域发展“套餐模式”看似完全可行。

在未来调整能效政策时，必须兼顾这一情况。因为它为节能目标带来了机会和风险。在阶梯状营销模式中，对低能耗用户的政策尤为优惠。这将在终端用户侧形成更强的能效激励。相反，要坚决避免新商业模式导致终端用户肆意用能的情况。

主旨问题：

1. 在数字化进程中，将会出现哪些新的能源产品营销模式？
2. 由此为节能带来哪些机会和风险？

论点14：数字化有助于在能源需求和分布式/波动性发电之间取得平衡。

数字化将有利于提高能源利用的效率，与可再生能源发电不断升高的比例同步。未来，新的数字服务将发展出自己的“数字逻辑”，并在市场中站稳脚跟。基于各种数字技术的智能控制系统越来越多，更优化了次级控制系统，使之不必严格按照更高一级的系统要求。未来，每个数字化智能系统可以遵从自己设定的目标。

比如：自用光伏设备的智能接入可以提高系统功能；电动汽车充电系统的目标是在某个特定时间充满电；楼宇或生产设备的智能电力管理系统则遵循其自有的规则和控制逻辑。

这就引发了如下问题：每个次级系统的目标及控制逻辑不同，能否形成一个复杂的相互交织的次级系统网络？如果可以，能达到什么程度？此外，从系统整体角度看，这将提升抑或降低系统的效率、稳定性和可调节性吗？

另外还有一个挑战：随着向数字化系统的转变，能源系统可能会更容易受到黑客攻击、病毒侵袭或网络战争打击。这样就产生了一个问题：随着智能系统（智能家居、智能楼宇）的日渐普及，它将给系统带来多大程度的风险，应提出哪些应对建议？

联邦政府和联邦议会批准了《能源转型数字化法案》，为智能计量系统这项新技术创造了法律保障。该技术连接了

电网生产侧和消费侧，成为可靠的信息交换平台，使电网系统符合能源转型的要求，从而开发更多的能效潜力。为保障电网统一且高规格的安全级别，用于保障隐私权、数据安全和互操作性的智能计量系统的保护机制和技术标准是有法律约束力的(www.bsi.bund.de)。只有被证明符合要求极高的隐私权保护标准和数据安全的系统才能获得德国联邦信息技术安全局的认证。

智能计量系统将成为更好地平衡生产与需求的重要基石。未来能源供应体系越来越多地依靠分布式、产量波动的能源生产主体，智能计量系统将降低体系转型的难度。

智能计量系统将为用户带来多方面的好处：未来，用户能看到自己的用能的曲线，从而有意识地节能。届时，无需上门人工读表，而燃气表或暖气表也都可以整合到一起。有了智能计量系统，可变电价成为可能。

总的来说：数字化能为落实能源转型做出巨大贡献。为了能在保护隐私权和系统安全的同时抓住这个机遇，必须不断完善相应的法律、技术和经济框架。

主旨问题：

1. 应如何完善法律、技术和经济框架，才能让“数字化的创新力”符合系统和安全要求、适合能源转型？届时，如何保证隐私保护和系统安全的高级别标准？
2. 未来，有必要加强数字化子系统之间的协调吗？如果答案是肯定的，将会是怎样的？需要用到哪些节点和协议，谁来规定，何时生效？

