

Handlungsoptionen für resiliente Energiesysteme – Panel 3

第三单元：韧性能源系统的行动选择

Impuls: Warum die Energiewende auch ein Beitrag zur Resilienz ist
主题发言：能源转型何以强化能源韧性

27.4.23, Impuls für Veranstaltung von FES Shanghai & Tongji-Universität

2023年4月27日弗里德里希·艾伯特基金会上海代表处
与同济大学研讨会主题发言



Prof. Dr. Bernd Hirsch 贝恩特·夏舍尔博士、教授
IÖW – Institut für ökologische Wirtschaftsforschung, Berlin
und
Brandenburgische Technische Universität Cottbus-
Senftenberg

德国生态经济研究所（柏林）与
科特布斯森夫滕贝格勃兰登堡工业大学

b·tu | **i** | **ö** | **w**



- **Leiter der Abteilung Nachhaltige Energiewirtschaft und Klimaschutz am Institut für ökologische Wirtschaftsforschung IÖW (GmbH, gemeinnützig), Berlin (seit 1998)**

德国生态经济研究所（非营利性股份有限公司）“可持续能源经济与气候保护”研究部主任，柏林（1998年加入）

- Gegründet 1985: Forschung und Politikberatung für nachhaltiges Wirtschaften
成立于1985年：为可持续经济发展提供研究和政策建议

i | ö | w

- Standorte Berlin und Heidelberg, rund 60 wiss. Mitarbeiter/innen aus Wirtschafts- und Sozial-, Ingenieur- und Naturwissenschaften
办公地点位于柏林和海德堡，约有60名来自经济学、社会科学、工程学和自然科学领域的科研人员
- Langjährige Erfahrungen in der inter- und transdisziplinären Analyse, Entwicklung und Bewertung von Innovationen und Märkten sowie politischen Instrumenten und Klimaschutzstrategien
在对创新和市场、政策工具与气候保护战略进行跨学科分析、开发和评估方面拥有丰富的经验
- Unabhängig, 100% durch Drittmittel finanziert; überwiegend öffentliche Auftraggeber
独立机构，100%依靠第三方资金；主要面向公共机构的客户
- www.ioew.de / Infoseite [Prof. Hirschl IÖW](#)
研究所网址：www.ioew.de / [夏舍尔教授在德国生态经济研究所的页面](#)



- **Leiter Fachgebiet Management regionaler Energieversorgungssysteme an der Brandenburgischen Technischen Universität (BTU) Cottbus-Senftenberg (Lausitz) (seit 2012)**

科特布斯森夫滕贝格勃兰登堡工业大学（劳西茨）区域能源供应系统管理系主任（2012年起）



- Website Fachgebiet: <https://www.b-tu.de/fg-energieversorgungsstrukturen>

院系网页: <https://www.b-tu.de/fg-energieversorgungsstrukturen>

- Infoseite: [Prof. Hirschl BTU](#)

个人页面: [夏舍尔教授](#)

- **Ausgewählte Funktionen** 其他任职（选）

- Leiter vieler inter- und transdisziplinärer Forschungs- und Beratungsprojekte, jüngst u.a. Studie „Berlin Paris-konform machen“ beauftragt vom Land Berlin sowie Gutachten zur Entwicklung des Brandenburger Klimaplans beauftragt vom Land Brandenburg

多个跨学科研究和咨询项目的负责人，最新项目包括柏林市委托项目 [“让柏林符合巴黎协定标准”](#) 研究以及勃兰登堡州项目 [“勃兰登堡气候计划制定”](#) 的专家评审

- Sprecher des Berliner Klimaschutzrates

柏林气候保护委员会发言人

- Mitarbeit im Akademienprojekt Energiesysteme der Zukunft ESYS

参与 [科学院项目“未来的能源系统”](#)



- **Einführung**
引言
- **Verwundbarkeit des alten (fossil-nuklearen) Energiesystems**
旧（化石-核能）能源系统的脆弱性
- **Verwundbarkeit des neuen Energiesystems auf Basis erneuerbarer Energien – und Lösungsansätze zur Erhöhung der Resilienz**
基于可再生能源的新能源系统的脆弱性以及提高其韧性的解决方案
- **Fazit**
结论

Gründe für die Energiewende und die Abkehr von einem fossil-nuklearen Energiesystem

能源转型，放弃以化石与核能为主的能源系统的原因



- **Klimaschutz und Nachhaltigkeit**
气候保护和可持续性
- **Minderung von Importabhängigkeiten von fossilen und nuklearen Rohstoffen (Kohle, Erdgas, Öl, Uran)**
减少对化石和核原料（煤、天然气、石油、铀）的进口依赖



Quelle 图源: Joachim Kohler, [wikimedia](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Kernkraftwerk_Dachau.jpg), [CC BY-SA 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/)

Gründe für die Energiewende und die Abkehr von einem fossil-nuklearen Energiesystem

能源转型，放弃以化石与核能为主的能源系统的原因



– Volkswirtschaftliche Effizienz

国民经济效率

- Aufgrund steigender CO₂-Preise und Weltmarktpreise für fossile Rohstoffe, für Versorgungssicherheit und Klimafolgeschäden
原因：二氧化碳价格和化石原料的国际市场价格上涨、能源供应安全与气候变化的负面影响

– Minderung der Verwundbarkeiten und Erhöhung der Resilienz

降低脆弱性、提高韧性



Quelle 图源: Joachim Kohler, [wikimedia](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Joachim_Kohler_-_Nuclear_Power_Plant), [CC BY-SA 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/)

Zur Verwundbarkeit eines fossil-nuklearen und zentralen Energiesystems

论化石-核能和集中式能源系统的脆弱性



- **das „alte“ Energiesystem: überwiegend große Erzeugungseinheiten prägen die Struktur**
“旧”能源系统：以大型发电机组为主的结构
 - Kohlekraftwerke, Atomkraftwerke für Grund- und Mittelast
燃煤电厂、核电站用于满足用电的基本负荷与中间负荷
 - Gaskraftwerke und Pumpspeicherkraftwerke für Spitzenlast und Speicherung
燃气电厂、抽水蓄能电站用于满足峰值负荷，并起到储能作用

Zur Verwundbarkeit eines fossil-nuklearen und zentralen Energiesystems

论化石-核能和集中式能源系统的脆弱性



- **ansteigende Verwundbarkeiten von großen Erzeugungseinheiten (Großkraftwerke und Übertragungsnetze)**
大型发电机组（大型发电厂和输电网）的脆弱性不断上升
 - Z.B. durch **Extremwetterereignisse** wie Stürme, Starkregen, Hochwasser, Trockenheit/ Dürre
例如由于极端天气引发的暴风、暴雨、洪水、干旱/旱灾等
 - Beispiel Strommastengefährdung durch Orkane, aber auch durch Hochwasser oder Starkregen
例如：电力塔架遭飓风、洪水或暴雨的损坏
 - z.B. wochenlange Blackouts für 100.000 Menschen in Westdeutschland 2021
例如2021年德国西部停电数周，影响10万人口

Zur Verwundbarkeit eines fossil-nuklearen und zentralen Energiesystems II

论化石-核能和集中式能源系统的脆弱性（二）



- **ansteigende Verwundbarkeiten von großen Erzeugungseinheiten (Großkraftwerke und Übertragungsnetze)**

大型发电机组（大型发电厂和输电网）的脆弱性不断上升

- Z.B. durch **Extremwetterereignisse**

例如受极端天气影响

- Beispiel Kohlekraftwerke

Deutschland 2022

以2022年德国燃煤电厂为例

- Niedrigwasser des Flusses Rhein verhinderte Kohleanlieferung durch Binnenschifffahrt über mehrere Wochen, gleichzeitig war das Schienennetz überlastet, daher auch Lieferung per Zug nur begrenzt

莱茵河的低水位使依赖内河航运的煤炭运输连续中断数周；与此同时，铁路网络超负荷运转，每班火车的运力受限



Quelle 图源: Franzfoto, [wikimedia](#), [CC BY-NC-ND 2.0](#)

Zur Verwundbarkeit eines fossil-nuklearen und zentralen Energiesystems II

论化石-核能和集中式能源系统的脆弱性（二）



- **ansteigende Verwundbarkeiten von großen Erzeugungseinheiten (Großkraftwerke und Übertragungsnetze)**

大型发电机组（大型发电厂和输电网）的脆弱性不断上升

- Z.B. durch **Extremwetterereignisse**

例如受极端天气影响

- **Beispiel Atomkraftwerke Frankreich 2022**

以2022年法国核电站为例

- Teilweise standen mehr als die Hälfte (29 von 56) der französischen Atomkraftwerke über mehrere Monate still, da – neben einer großen Zahl entdeckter Schäden und notwendiger Überprüfungen – die Kühlung der AKW aufgrund von Niedrigwasser in den Flüssen nicht erfolgen konnte

最多时超过一半的法国核电站同时关闭数月（56座中的29座），原因：因核反应堆管道腐蚀开展了大规模的检修工作，或因河水水位过低而影响了核电站冷却反应堆用水

- **Beispiel Wasserkraft Österreich 2022**

以2022年奥地利水电站为例

- Aufgrund großer Sommerhitze 30% geringere Stromproduktion als in den Vorjahren

由于夏季高温，发电量比往年低30%

Zur Verwundbarkeit eines fossil-nuklearen und zentralen Energiesystems II

论化石-核能和集中式能源系统的脆弱性（二）



- **ansteigende Verwundbarkeiten von großen Erzeugungseinheiten (Großkraftwerke und Übertragungsnetze)**
大型发电机组（大型发电厂和输电网）的脆弱性不断上升
 - Z.B. durch **Versorgungsengpässe** mit Rohstoffen
原因：原料供应短缺
 - Beispiel Gaskraftwerke 2022 durch explodierende Erdgas-Preise und Knappheiten
例如2022年燃气电厂受天然气价格暴涨与天然气短缺影响
 - Z.B. durch **Anschläge**
原因：遭受攻击
 - Aufgrund krimineller, terroristischer oder militärischer Hintergründe
犯罪、恐怖主义或军事背景
 - Physische oder digitale Angriffe
物理或数字攻击
 - Insbesondere Cyber-Kriminalität hat in den letzten Jahren drastisch zugenommen, auch in kritischen Infrastrukturen wie Kraftwerken, Steuerungen, Netzen – zum Teil bleibt unklar, ob durch Wirtschaftskriminelle oder staatliche Akteure
特别是近年来网络犯罪急剧增加，包括攻击发电厂、控制系统、网络等关键基础设施。在某些情况下，仍无法判断是经济犯罪行为还是国家行为。

Zwischenfazit – Energiewende ist nötig!

小结——能源转型是必要的!



- **Große Verwundbarkeiten führen zu großen Risiken im Schadensfall**
高脆弱性导致了在发生损害时的高风险
 - Blackouts: längerfristiger Stromausfall kann die Stabilität und Sicherheit der gesamten Gesellschaft gefährden
停电：长时间的停电会危及整个社会的稳定和安全
 - Nukleare Risiken: Supergau-Gefahr, dauerhafte Risiken/ Gefahren durch Atommüll-Lagerung
核风险：超级核事故、核废料储存的永久性风险/危害
- **Eine dezentrale Energiewende ist nicht nur aus Gründen von Umwelt- und Klimaschutz sowie aus volkswirtschaftlicher Sicht dringend erforderlich, sondern kann auch die Resilienz der Energieversorgung erhöhen**
分布式的能源转型不仅从环境、气候保护与经济角度来看是迫切需要的，且有利于提高能源供应的韧性

Das Energiesystem der Zukunft

未来的能源系统



- **Strom wird der zentrale Energieträger – maßgeblich aus Windenergie und Photovoltaik**
电能将是核心能源—主要来自风力发电和光伏发电
- **Zur Stabilisierung des Stromsystems dienen:**
稳定电力系统的举措包括:
 - flexible, modulare KWK-Anlagen, betrieben mit grünen, synthetischen Gasen (Wasserstoff und SynFuels aus erneuerbaren Energien),
灵活且模块化的热电联产电厂，利用绿色的合成气体（氢能、基于可再生能源的合成燃料）
 - Batteriespeicher (Großspeicher, Heim- und Pkw-speicher)
电池储能（大规模储能设施、家庭和乘用车储能方案）
 - Biomasse, Wasserkraft, ggf. geothermische Kraftwerke
生物质、水力发电，或视情况建立地热发电站
 - Flexible Verbraucher wie Elektrolyseure, Industrieanlagen, Wärmepumpen
灵活的用电设备，如电解槽、工业设施、热泵等



Quelle 图源: redgreystock on [Freepik](#),

Das Energiesystem der Zukunft

未来的能源系统



- **Wärmewende: vorrangig grüne Fernwärme und Wärmepumpen**
热力转型：优先考虑绿色环保的区域集中供热和热泵
- **Verkehrswende: Radverkehr, Busse, Schienenverkehr, E-Mobilität**
交通转型：自行车、公共汽车、轨道交通、电动车
- **Dekarbonisierung aller Prozesse der Wirtschaft**
经济全流程的脱碳



Quelle 图源: redgreystock on [Freepik](#),

Verwundbarkeiten des neuen Energiesystems – und > Resilienzmaßnahmen

新能源系统的脆弱性以及提升韧性的措施



- **Fluktuation: schwankende Wind- und Solarenergie**
波动性：波动的风能和太阳能
 - Genügend Flexibilitäten und Speicher aktivieren, viele technische Optionen vorhanden, im Ergebnis keine
提供足够的灵活性和储能能力，存在多种技术选择，还没有切实落地
- **Extremwetterereignisse - gefährden auch dezentrale Systeme**
极端天气事件也会危及分布式的能源体系
 - regional verteilte Erzeugungs- und Flexibilitätseinheiten können großflächige Blackouts vermeiden (Regionale Inselnetzfähigkeit)
区域分布式的柔性发电机组能够避免大规模停电（区域独立供电网络的单独运行能力）
- **Rohstoff- und Materialversorgung; insbesondere Importrisiken für kritische Rohstoffe (z.B. seltene Erden)**
原材料和材料供应；特别是关键原材料（如稀土）的进口风险
 - Diversifizierung der Importe, Eigene Förderung, konsequente Kreislaufwirtschaft!
进口多元化、本地扶植、坚持发展循环经济！

Verwundbarkeiten des neuen Energiesystems – und Resilienzmaßnahmen

新能源系统的脆弱性以及提升韧性的措施



- **Importrisiken Produkte und Technologien**
产品和技术的进口风险
 - Diversifizierung der Importe, eigene Produktion aufbauen / erhöhen
进口多元化，建立/提高本地生产力
- **Akzeptanzprobleme, die den Ausbau verhindern (insbesondere große Wind- und Solaranlagen)**
民众接受度问题阻碍扩建（特别是大型风力和太阳能发电厂）
 - Beteiligung, finanzielle Teilhabe von Bürgern und Kommunen
市民与地方政府的积极参与、资金入股
 - Konsequente Energieeinsparung – mindert den Ausbaudruck
坚持节能——减轻扩建压力
 - In dichter besiedelten Gebieten mit Flächenknappheiten: Mehrfachnutzung von Flächen (zum Beispiel Agri-Photovoltaik, PV-Wind-Hybridanlagen etc.)
人口稠密地区的土地资源短缺：土地的多重利用（如农业+光伏、风力光伏混合发电系统等）
- **Personalmangel: Fachkräfte und Verwaltung (für Planungs- und Genehmigungsprozesse)**
劳动力资源短缺：技能人才和行政管理人员（规划和审批程序）
 - Höhere Löhne, Aus- und Weiterbildungsstrategie
提高薪酬、提供培训和进修机会

Verwundbarkeiten des neuen Energiesystems – und Resilienzmaßnahmen

新能源系统的脆弱性以及提升韧性的措施



- **Das mit Abstand größte Verwundbarkeitsrisiko: Digitalisierung**
远高于其他的脆弱性风险：数字化
 - Das dezentrale Energiesystem wird (und muss) hoch digitalisiert sein – und wird damit genauso verwundbar wie das zentrale Energiesystem
分布式能源系统将（且必须）高度数字化，也因此与集中式能源系统同样脆弱
 - Faktor Mensch (menschliches Versagen) sowie eine Vielzahl standardisierter Hard- und Softwareelemente begünstigen Hacker-Angriffe
人为因素（人为错误）及大量标准化的硬件和软件元素使得系统容易遭受黑客攻击

Verwundbarkeiten des neuen Energiesystems – und Resilienzmaßnahmen

新能源系统的脆弱性以及提升韧性的措施



➤ Lösungsansätze

解决方法

- **Cyber-Sicherheitsmaßnahmen intensivieren, auch auf kleine Unternehmen ausweiten**
加强网络安全措施，范围扩大到小企业
- **Regionale Inselnetzfähigkeit des Verteilnetzes (oder Teilen davon) im Schwarzfall (Blackout) des übergeordneten Verbundnetzes**
统一的关联电网停电情况下，配电网（或其局部）有区域独立供电的能力
 - **Ziel: regionale Notstromversorgung auf Basis erneuerbarer Energien inkl. eigener Frequenzregelung, Mindestversorgung zumindest von Kritischen Infrastrukturen im Krisenfall sicherstellen**
目标：基于可再生能源的区域紧急电力供应，包括自身的频率调节，在危机情况下至少保障关键基础设施的基本用电
- **Herausforderungen: wie kann ein solches System in jeder Region errichtet werden, wenn die Marktanreize überregional / zentral sind?**
面临的挑战：如果市场激励机制是跨区域/由国家政府统一调控的，如何在每个地区建立这类独立供电的系统？
 - **aktuell laufende Debatte zur Strommarktreform in Deutschland**
德国目前关于电力市场改革的讨论
 - **Mögliche Ansätze: Regionalstromtarife bzw. regionale Strompreiskomponenten, Energiegemeinschaften, nodal pricing, ...**
可采用的方案：区域电价收费标准或区域电价构成、能源共同体、节点定价...



- **Ein Energiesystem basierend auf fossilen und nuklearen Großkraftwerken ist weder nachhaltig, noch effizient und weist zudem eine Vielzahl von Verwundbarkeiten auf**
以大型化石和核电站为基础的能源系统既不具有可持续性，效率也低下，且脆弱性较高
- **Ein Energiesystem basierend auf erneuerbaren Energien ist deutlich nachhaltiger, kann jedoch ebenfalls einige Verwundbarkeiten aufweisen, z.B. durch Extremwetter, Rohstoffversorgung und Digitalisierung**
以可再生能源为基础的能源系统具有显著的可持续性，但也存在一定程度上的脆弱性，如受到极端天气、原材料供应和数字化的影响



- **Entscheidende Gegenmaßnahmen zur Erhöhung der Resilienz sind Diversifizierung der Beschaffung und Regionalisierung des Stromsystems**
增强韧性的关键措施是能源采购的多元化与电力系统的区域化
- **Ein regionales, inselnetzfähiges Stromsystem erhöht nicht nur die regionale Wertschöpfung und Akzeptanz, sondern auch die Resilienz**
一个区域性的、具有单独供电能力的电力系统不仅可以提高区域竞争力和民众接受度，还可以增强韧性
- **Hierfür braucht es geeignete Rahmenbedingungen und Anreize**
需要为此创造适当的框架条件和激励机制

Vielen Dank. 非常感谢!

Prof. Dr. Bernd Hirschl

贝恩特·夏舍尔博士、教授

IÖW – Institut für ökologische
Wirtschaftsforschung, Berlin
und

Brandenburgische Technische
Universität Cottbus-Senftenberg

德国生态经济研究所（柏林）与
科特布斯森夫滕贝格勃兰登堡工业大学

