

THE PLAN

BUILDINGS & BRIDGES
URBAN GREEN & NATURE
WATER

能源

目标：城市能源转型
桥梁网络的电力需求
桥梁网络的供暖和制冷需求
市区光伏发电
地热储能
未来能源基础设施

TRANSPORT
URBAN CLIMATE - GLOBAL CLIMATE

ART & CULTURE
PACKAGING - INNOVATIVE
OLD NEW TERRITORY WORLDWIDE

LAW
FINANCES
IMPLEMENTATION

SPECIALIST INFORMATION

SEARCH
THE TEAM
CONTACT & IMPRINT



能源

法兰克福大桥的供暖和制冷能源以及电力是由近地表的地热能源、数据中心的废热以及光伏发电和混合太阳能电池板（PVT）提供的。

法兰克福大桥以及大桥沿线的停车场和建筑屋顶每年支持超过4.15亿瓦时的发电量，以及近4.4亿瓦时的热能产生和回收。其中，桥梁本身只消耗约140GWh/a的电力和40GWh/a的热能；它们可以将其余的能量提供给城市。

因此，桥梁提供了在城市中间实施城市能源转型的机会，最初是在桥梁区的第二层，然后从那里慢慢扩散到整个城市。

因此，桥梁公司在建设完成后将桥梁主体（包括其线路）移交给法兰克福公共事业公司是有意义的，以确保其与城市基础设施的相互联系。

THE PLAN

BUILDINGS & BRIDGES
URBAN GREEN & NATURE
WATER

能源

目标：城市能源转型
桥梁网络的电力需求
桥梁网络的供暖和制冷需求
市区光伏发电
地热储能
未来能源基础设施

TRANSPORT
URBAN CLIMATE - GLOBAL CLIMATE

ART & CULTURE
PACKAGING - INNOVATIVE
OLD NEW TERRITORY WORLDWIDE

LAW
FINANCES
IMPLEMENTATION

SPECIALIST INFORMATION

SEARCH
THE TEAM
CONTACT & IMPRINT



能源

法兰克福桥梁网络的供暖、制冷和电力需求将通过浅层地热、数据中心废热、光伏(PV)和混合光伏热(PVT)得到满足。

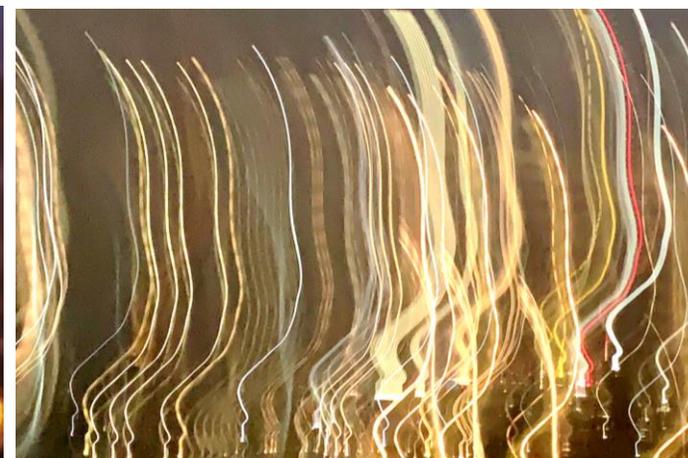
法兰克福桥梁网络每年可发电4.1亿千瓦时、产热4.35亿千瓦时，而桥梁网络自身每年仅消耗约1.2亿千瓦时电力和0.4亿千瓦时热能。

因此，桥梁网络提供了在城市中心实施能源转型的机会——从桥梁区域的元层面上慢慢扩散到整个城市。



城市能源转型

可再生能源转型必须基于现状，并且全力以赴



桥梁网络的电力需求

需要采用正确的方式，在保留高品质的生活方式的同时实现节能降耗



桥梁网络的供暖和制冷需求

通过能源技术、控制系统和建筑物理学优化，以最少的能耗实现最大的舒适度

Old New Territory Frankfurt

THE PLAN

- BUILDINGS & BRIDGES
- URBAN GREEN & NATURE
- WATER

- 能源**
- 目标：城市能源转型
- 桥梁网络的电力需求
- 桥梁网络的供暖和制冷需求
- 市区光伏发电
- 地热储能
- 未来能源基础设施

- TRANSPORT
- URBAN CLIMATE - GLOBAL CLIMATE

- ART & CULTURE
- PACKAGING - INNOVATIVE
- OLD NEW TERRITORY WORLDWIDE

- LAW
- FINANCES
- IMPLEMENTATION

SPECIALIST INFORMATION

- SEARCH
- THE TEAM
- CONTACT & IMPRINT



城市能源转型

再生能源转型必须基于现状，并且全力以赴



桥梁网络的电力需求

需要采用正确的方式，在保留高品质的生活方式的同时实现节能降耗



桥梁网络的供暖和制冷需求

通过能源技术、控制系统和建筑物理学优化，以最少的能耗实现最大的舒适度



市区光伏发电

大量电能来自隐形的或美观的光伏板



热能生产和地热储能

太阳光热和来自数据中心或工业园区的废热在夏季被储存在地下



未来能源基础设施

集中式和分布式的能源生产和存储，可以通过人工智能进行优化控制

Das Ziel: die urbane Energiewende

Old New Territory Frankfurt

THE PLAN

BUILDINGS & BRIDGES
URBAN GREEN & NATURE
WATER

能源

目标：城市能源转型

桥梁网络的电力需求

桥梁网络的供暖和制冷需求

市区光伏发电

地热储能

未来能源基础设施

TRANSPORT
URBAN CLIMATE - GLOBAL CLIMATE

ART & CULTURE
PACKAGING - INNOVATIVE
OLD NEW TERRITORY WORLDWIDE

LAW
FINANCES
IMPLEMENTATION

SPECIALIST INFORMATION

SEARCH
THE TEAM
CONTACT & IMPRINT



Copyright © by Shirin Kriklava - Stiftung Altes Neuland Frankfurt GNU

城市能源转型的愿景可以通过法兰克福桥梁网络成为现实

从光伏、光热到混合光伏热太阳能，从数据中心废热到地热能——城市可再生能源的全部潜力都可以得到利用和优化平衡。这些能源不仅用于法兰克福桥梁网络本身，还用于大桥沿线的建筑、温室、道路基础设施或电动汽车。采用光伏发电和利用太阳能光热来提高建筑热效率是法兰克福市能源重构的两个基本原则。通过桥梁网络，可以实现基于城市现状对能源生产和存储的整合。

THE PLAN

BUILDINGS & BRIDGES URBAN GREEN & NATURE WATER

能源

目标：城市能源转型

桥梁网络的电力需求

桥梁网络的供暖和制冷需求

市区光伏发电

地热储能

未来能源基础设施

TRANSPORT URBAN CLIMATE - GLOBAL CLIMATE

ART & CULTURE PACKAGING - INNOVATIVE OLD NEW TERRITORY WORLDWIDE

LAW FINANCES IMPLEMENTATION

SPECIALIST INFORMATION

SEARCH THE TEAM CONTACT & IMPRINT



风能和太阳能仅占发电量的八分之一

法兰克福有一个结构性的缺点，那就是由于靠近机场而无法扩大风力发电。此外，法兰克福的面积相对较小，因此无法在不牺牲绿地或住房用地的情况下建造大型太阳能园区。因此，到目前为止，生产更多可持续电力的重点主要是在废物和生物质的能源利用方面进行技术优化。

Key figure	Unit	2019	2018	2017
Electricity generation by primary energy source				
Hard coal	MWh	263.545	344.844	525.390
Natural gas	MWh	879.196	617.809	1.035.787
Biomass	MWh	62.655	83.806	83.708
Waste	MWh	157.356	234.590	233.482
Wind	MWh	171.473	156.936	156.693
Sun	MWh	32.699	34.900	31.506
Total	MWh	1.566.923	1.472.886	2.066.566

仅靠水电和风电无法支撑法兰克福的城市能源转型，**光伏发电**是一个可行的解决方案

THE PLAN

BUILDINGS & BRIDGES

URBAN GREEN & NATURE

WATER

能源

目标：城市能源转型

桥梁网络的电力需求

桥梁网络的供暖和制冷需求

市区光伏发电

地热储能

未来能源基础设施

TRANSPORT

URBAN CLIMATE - GLOBAL CLIMATE

ART & CULTURE

PACKAGING - INNOVATIVE

OLD NEW TERRITORY WORLDWIDE

LAW

FINANCES

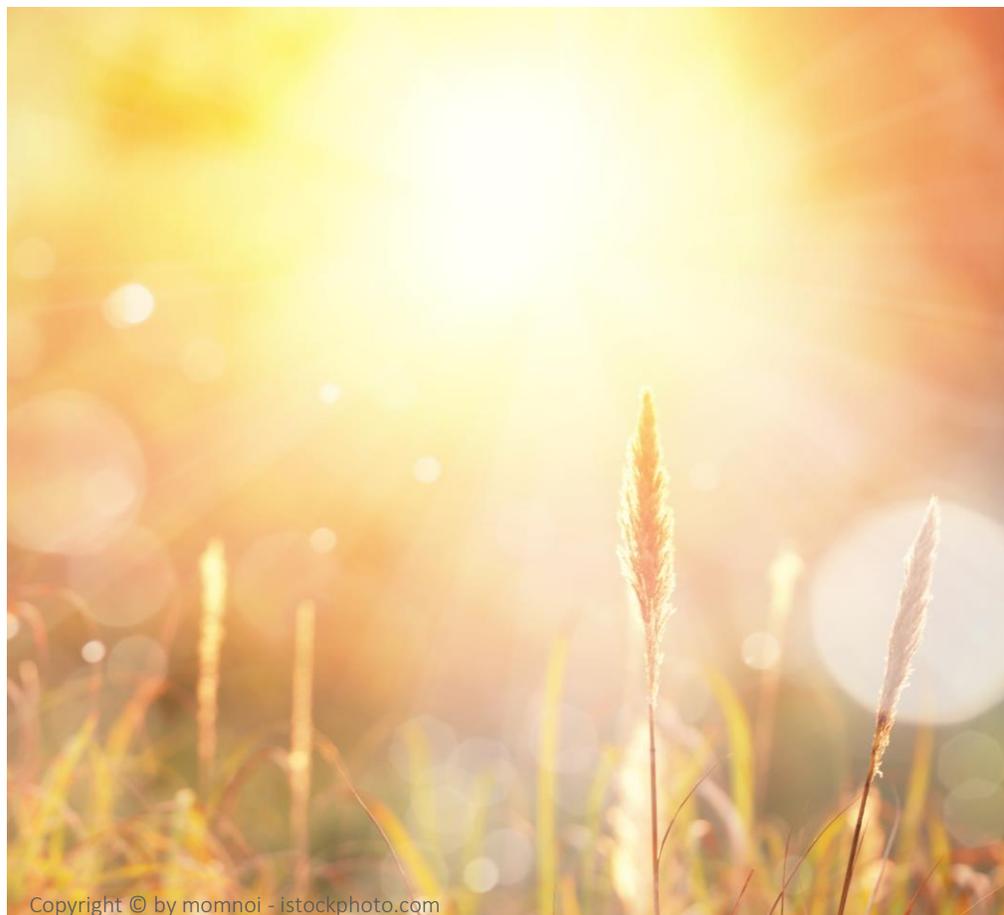
IMPLEMENTATION

SPECIALIST INFORMATION

SEARCH

THE TEAM

CONTACT & IMPRINT



法兰克福应用科技大学开发了一个太阳能登记簿，该登记簿确定了所有屋顶和空地的太阳能潜力。这个工具使每个房东都可以准确地知道在他的屋顶上有多少太阳能可以利用。这些太阳能可以满足法兰克福10%以上的电力需求，每年可以减排超过40万吨二氧化碳——因为目前法兰克福仍主要通过燃烧煤和天然气来发电。

THE PLAN

- BUILDINGS & BRIDGES
- URBAN GREEN & NATURE
- WATER

能源

- 目标：城市能源转型
- 桥梁网络的电力需求
- 桥梁网络的供暖和制冷需求
- 市区光伏发电
- 地热储能
- 未来能源基础设施

- TRANSPORT
- URBAN CLIMATE - GLOBAL CLIMATE

- ART & CULTURE
- PACKAGING - INNOVATIVE
- OLD NEW TERRITORY WORLDWIDE

- LAW
- FINANCES
- IMPLEMENTATION

SPECIALIST INFORMATION

- SEARCH
- THE TEAM
- CONTACT & IMPRINT



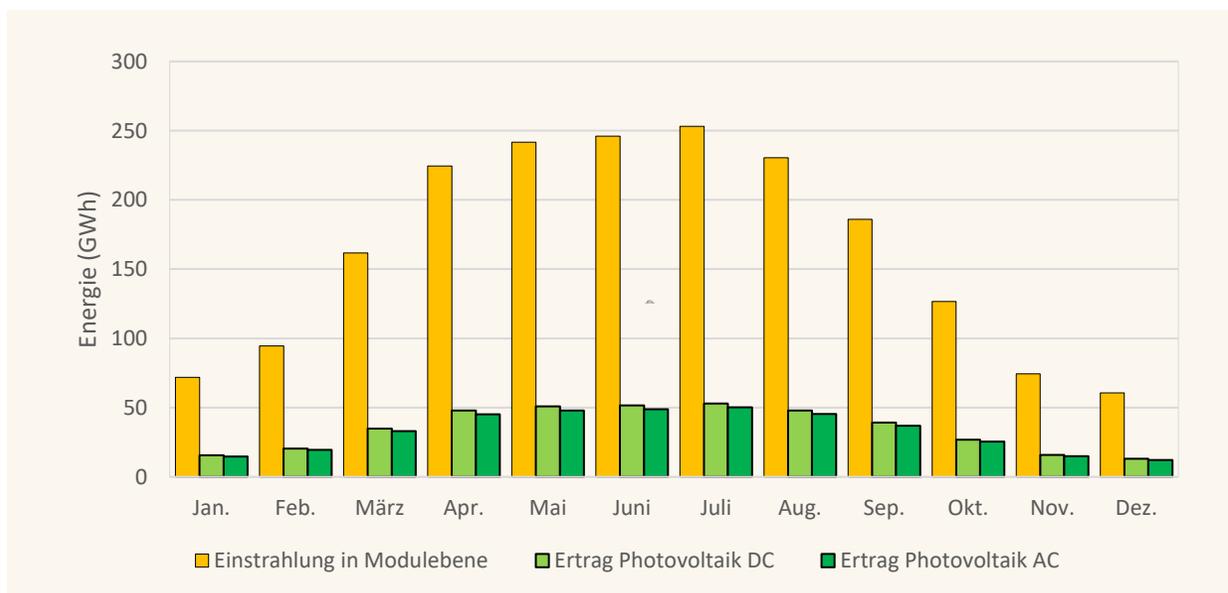
417 GWh/a的电力可由桥梁上和旁边的光伏发电产生--已模拟了保守的预测值

模拟是以25.5%的光伏组件效率进行的。保守地假设有4.5%的损失，也就是说，在1971GWh/a的总辐照量中，大约21%被假设为模块层面的结果效率：

在完全的直流/交流转换中，5%（约23GWh/a）的电力将被损耗。

这导致桥梁上和旁边的太阳能组件每年总发电量约为417GWh。即使在完全的交流转换后，其中392 GWh/a仍可使用。

Power generation															
Name	Unit	Year	Jan.	Feb.	March	Apr.	May	June	July	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	
Irradiation at module level	GWh	1971	72	95	162	224	242	246	253	230	186	127	74	61	
Yield photovoltaic DC	GWh	417	16	21	35	48	51	52	53	48	39	27	16	13	
Yield photovoltaic AC	GWh	394	15	19	33	45	48	49	50	45	37	25	15	12	

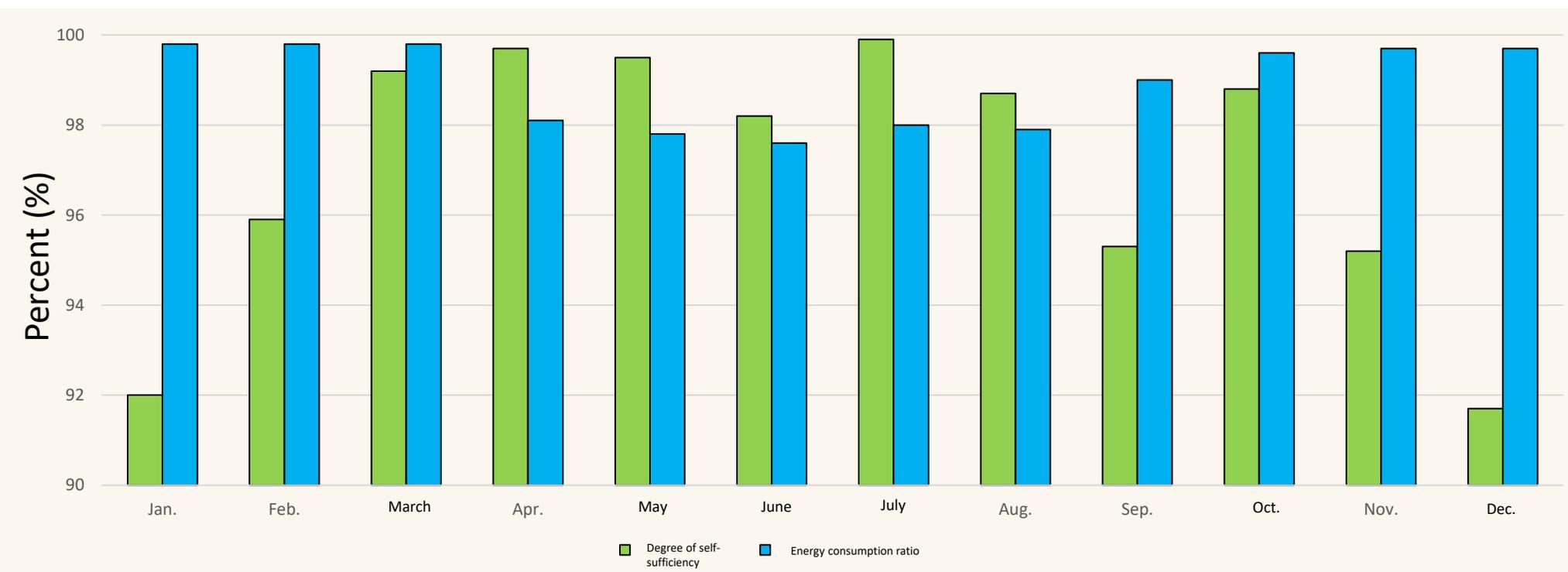


7月的发电量最大，是12月的4倍，而12月是发电量最低的月份。

这张图说明，法兰克福大桥的电力系统需要有一个储存系统来补充，将夏季的盈余储存到冬季。

法兰克福大桥几乎是自给自足的：自给自足的程度和自耗率都分别超过90%和几乎100%。

自给自足程度描述了自给自足与总消费之间的比率。法兰克福大桥几乎可以通过自给自足来满足所有的电力需求。这样一来，与城市电网的电力交换就降到了最低：剩余的电力要么储存在电池中，要么用它来生产氢气--这两种方法都大大减少了电网的输入。这导致了较高的自我消费率：自我消费几乎100%由自我电力生产覆盖。



Name	Unit	Year	Jan.	Feb.	March	Apr.	May	June	July	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.
Degree of self-sufficiency	%	97,7	92	95,9	99,2	99,7	99,5	98,2	99,9	98,7	95,3	98,8	95,2	91,7
Energy consumption ratio	%	98,6	99,8	99,8	99,8	98,1	97,8	97,6	98	97,9	99	99,6	99,7	99,7

THE PLAN

BUILDINGS & BRIDGES URBAN GREEN & NATURE WATER

能源

目标：城市能源转型

桥梁网络的电力需求

桥梁网络的供暖和制冷需求

市区光伏发电

地热储能

未来能源基础设施

TRANSPORT URBAN CLIMATE - GLOBAL CLIMATE

ART & CULTURE PACKAGING - INNOVATIVE OLD NEW TERRITORY WORLDWIDE

LAW FINANCES IMPLEMENTATION

SPECIALIST INFORMATION

SEARCH

THE TEAM

CONTACT & IMPRINT



Old New Territory Frankfurt

THE PLAN

BUILDINGS & BRIDGES URBAN GREEN & NATURE WATER

能源

目标：城市能源转型

桥梁网络的电力需求

桥梁网络的供暖和制冷需求

市区光伏发电

地热储能

未来能源基础设施

TRANSPORT URBAN CLIMATE - GLOBAL CLIMATE

ART & CULTURE PACKAGING - INNOVATIVE OLD NEW TERRITORY WORLDWIDE

LAW FINANCES IMPLEMENTATION

SPECIALIST INFORMATION

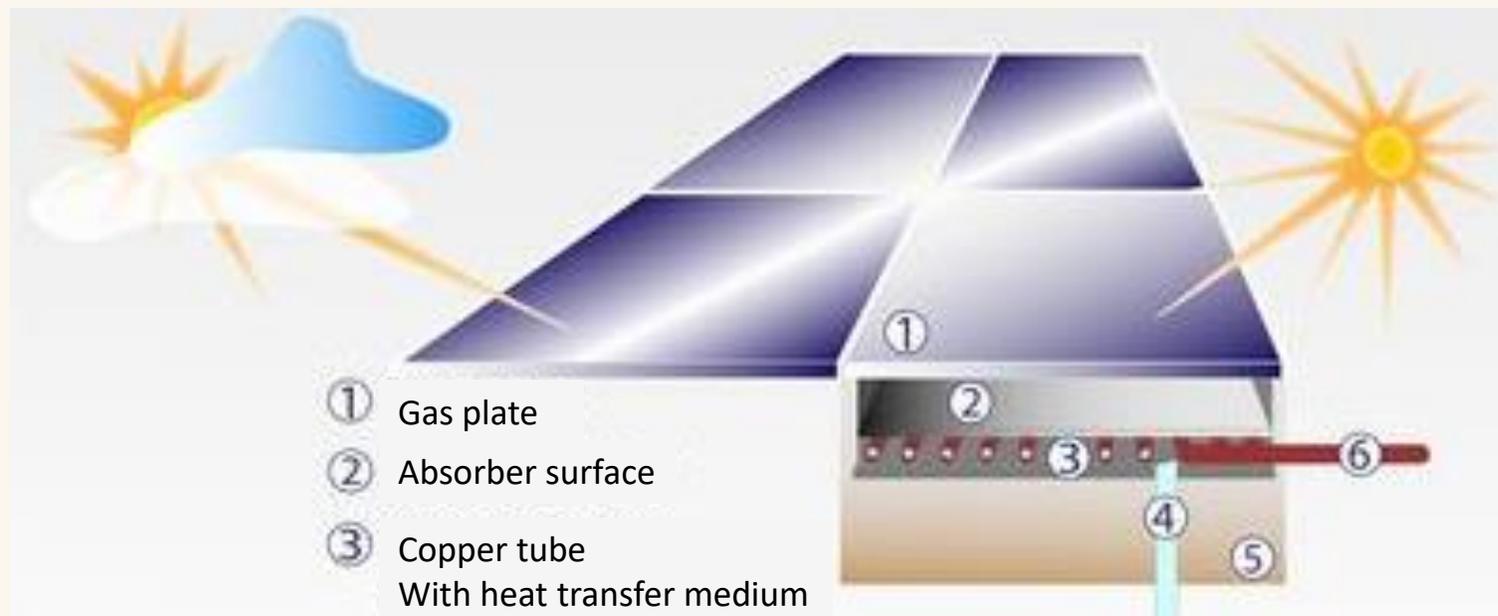
SEARCH THE TEAM CONTACT & IMPRINT



法兰克福桥梁网络上不仅使用了光伏发电技术，还利用了光照中的热能

太阳热能系统使用日照的热量来获取能量。如果想用它来加热整个房子，则需要连续的，相对强烈的太阳光照。因此在欧洲中部这项技术通常只与其他能源系统联合使用，例如地下室里的供热锅炉。法兰克福桥梁网络的太阳能供热系统也将与其它供热系统联合使用。

在桥梁网络上，很大一部分太阳能组件被设计成所谓的光伏光热混合收集器。它们既可以通过其表面的光伏板模组发电，同时也通过下方的热管收集热能。在夏季，热量被储存在地下换热器（见下文）中，在冬季则利用水源热泵提取这些热能。



能源

目标：城市能源转型

桥梁网络的电力需求

桥梁网络的供暖和制冷需求

市区光伏发电

地热储能

未来能源基础设施



夏季余热可以储存在地下

浅层地热探针场域是一个潜在的余热储存系统。它们将在施工过程中被安装在由于桥梁建设必须重新铺设路面的地方。

我们真的能将太阳热能输送并储存在地底以供冬天使用吗？

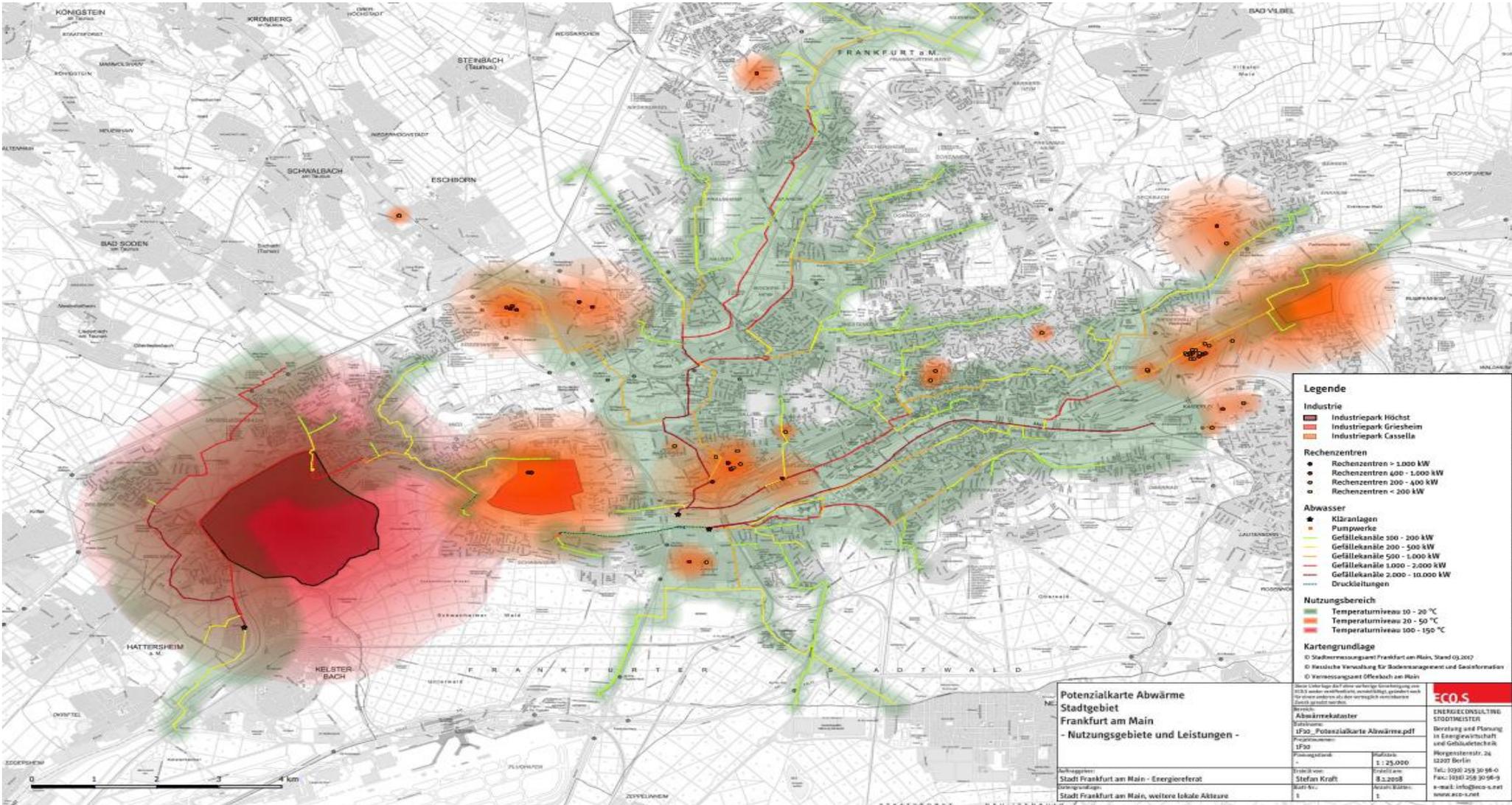
夏季输送的热量难道不会立即在土地中流失吗？它是否真的保留在柱子周围并在几周或几个月之后可用于取暖？如果热量仍然保留在地下，地下水是否会因此升温？太阳能和地热能的耦合系统为我们提供了这些问题的答案。这一课题正是斯图加特大学建筑材料与工程研究所的研究重点之一。



Old New Territory Frankfurt

在法兰克福，还有其他几种总功率超过190MW的热源（1.66TWh/年）：100MW的废水余热，40MW的工业园区余热和50MW的计算中心余热。

- THE PLAN
- BUILDINGS & BRIDGES
- URBAN GREEN & NATURE
- WATER
- 能源
 - 目标：城市能源转型
 - 桥梁网络的电力需求
 - 桥梁网络的供暖和制冷需求
 - 市区光伏发电
 - 地热储能
 - 未来能源基础设施
- TRANSPORT
- URBAN CLIMATE - GLOBAL CLIMATE
- ART & CULTURE
- PACKAGING - INNOVATIVE
- OLD NEW TERRITORY WORLDWIDE
- LAW
- FINANCES
- IMPLEMENTATION
- SPECIALIST INFORMATION
- SEARCH
- THE TEAM
- CONTACT & IMPRINT



Strombedarf der Brücken

Old New Territory Frankfurt

THE PLAN

BUILDINGS & BRIDGES URBAN GREEN & NATURE WATER

能源

目标：城市能源转型
桥梁网络的电力需求
桥梁网络的供暖和制冷需求
市区光伏发电
地热储能
未来能源基础设施

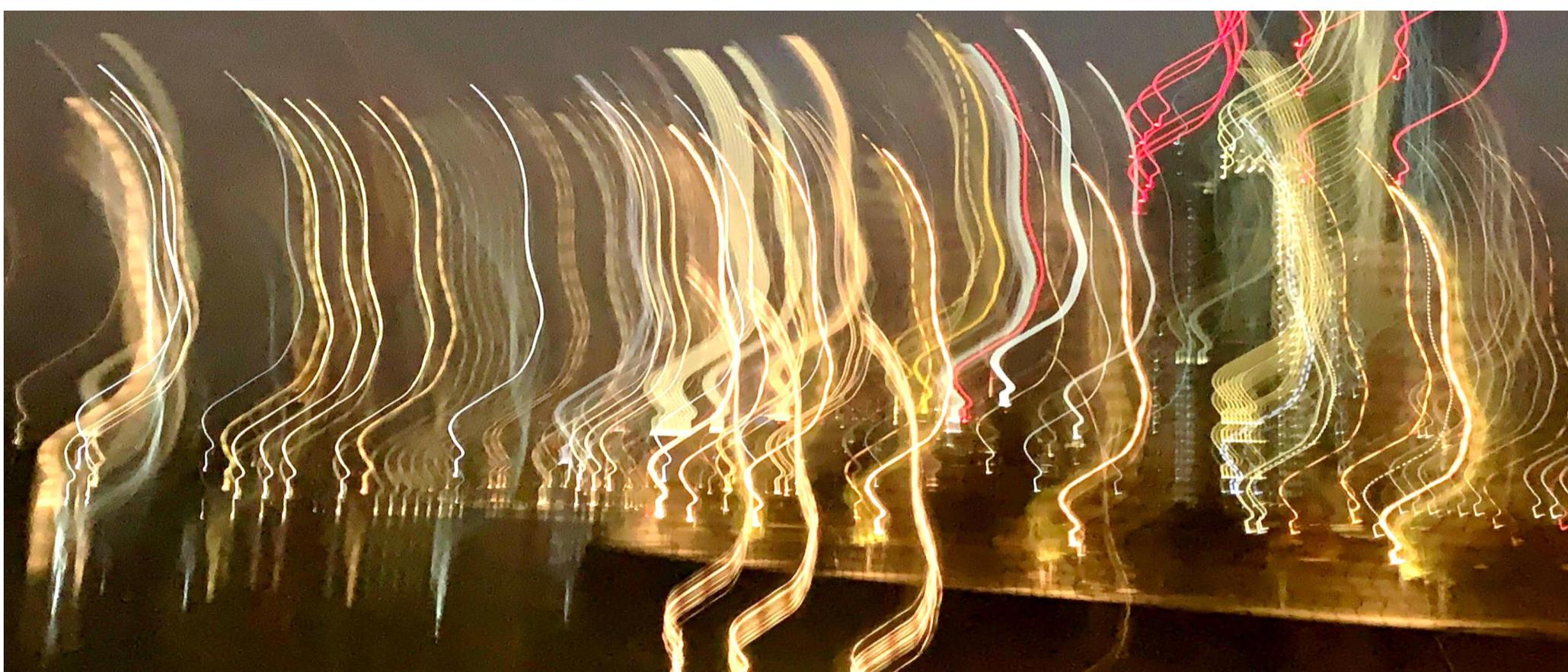
TRANSPORT URBAN CLIMATE - GLOBAL CLIMATE

ART & CULTURE PACKAGING - INNOVATIVE OLD NEW TERRITORY WORLDWIDE

LAW FINANCES IMPLEMENTATION

SPECIALIST INFORMATION

SEARCH THE TEAM CONTACT & IMPRINT



法兰克福桥梁网络每年总计消耗约120GWh的电力，这包括了热水、热泵和自动驾驶的能源消耗！

其中桥梁网络中3.5万居民的家庭用电约53GWh，餐馆、教育机构等企业用电约22GWh，智慧交通、电梯、街道照明等基础设施用电约45GWh。智慧交通（自动驾驶及其相关的控制技术）是基础设施用电中的绝对主力，年耗电约39GWh。

THE PLAN

BUILDINGS & BRIDGES URBAN GREEN & NATURE WATER

能源

目标：城市能源转型

桥梁网络的电力需求

桥梁网络的供暖和制冷需求

市区光伏发电

地热储能

未来能源基础设施

TRANSPORT URBAN CLIMATE - GLOBAL CLIMATE

ART & CULTURE PACKAGING - INNOVATIVE OLD NEW TERRITORY WORLDWIDE

LAW FINANCES IMPLEMENTATION

SPECIALIST INFORMATION

SEARCH THE TEAM CONTACT & IMPRINT



章节内容：法兰克福桥梁网络的电力需求构成

桥梁网络中3.5万居民每年家庭用电53GWh。借助于最先进的技术和房屋中安装的节能设备，家庭人均耗电仅为1500KWh/年，包括用于室内加热和冷却的热泵耗电。

32.5万平方米的非住宅建筑空间每年耗电22GWh。餐馆、体育设施、教育机构等必须安装节能设备和传感器，以便按需控制，只有在使用时才开机。

桥梁网络上的300辆自动驾驶车辆全年每天行驶14小时，每年耗电37GWh。得益于轻质结构和平稳的自动驾驶，电力驱动的汽车相对来说较为节能，其百公里耗电量约为80kWh，而氢气驱动的汽车百公里耗电量约为230kWh。

法兰克福桥梁网络中建筑物用电最多，总量为75GWh/年，其次是电动汽车，总量为37GWh/年。

THE PLAN

BUILDINGS & BRIDGES

URBAN GREEN & NATURE

WATER

能源

目标：城市能源转型

桥梁网络的电力需求

桥梁网络的供暖和制冷需求

市区光伏发电

地热储能

未来能源基础设施

TRANSPORT

URBAN CLIMATE - GLOBAL CLIMATE

ART & CULTURE

PACKAGING - INNOVATIVE

OLD NEW TERRITORY WORLDWIDE

LAW

FINANCES

IMPLEMENTATION

SPECIALIST INFORMATION

SEARCH

THE TEAM

CONTACT & IMPRINT

住宅建筑	76%	#人数	耗电量(kWh/人*年)	总电力需求(GWh/年)	
		35.000	1080	37.79	53
住宅区热泵(加热/制冷)				14.66	
住宅内电梯	470	408		0.19	
非住宅建筑	24%	面积(m²)/数量	单位电力需求(KWh/m²*年)	总电力需求(GWh/年)	
咖啡馆, 小卖部, 茶馆, 小吃店	12%	33001	137	4.51	22
餐厅, 食堂	10%	27501	137	3.76	
大小菜市场	11%	30251	79	2.39	
专卖店(艺术品/花店等)	10%	27501	27	0.75	
小企业(修理铺, 烹饪学校等)	4%	11000	40	0.44	
服务业(美容美发, 化妆, 修鞋等)	6%	16501	62	1.02	
医疗场所/诊所	5%	13751	40	0.55	
体育场馆(健身, 舞蹈, 体操等)	4%	11000	74	0.82	
托儿所/幼儿园/培训机构	4%	11000	28	0.31	
小学/中学	3%	8250	31	0.25	
音乐厅, 业余社团, 剧院, 等文化场所	6%	16501	29	0.47	
特殊庇护场所(女性庇护所等)	2%	5500	69	0.38	
小办公空间(5人以内)	1%	2750	33	0.09	
专用泳池(3泳道)	3%	8250	83	0.69	
IT学院	10%	27501	41	1.13	
手工艺学院	9%	24751	41	1.01	
非住宅区热泵				3.13	
超市商用电梯和货物电梯	275		510	0.14	
基础设施/设备	数量		单位电力需求(kWh/年)	总电力需求(GWh/年)	
公共电梯	400		832	0.33	8
桥上公共照明	9000		103	0.92	
桥下公共照明	9000		164	1.48	
隔离设备	400		170	0.07	
滑动门-走廊	600		127	0.08	
售票机等	209		1168	0.24	
包装	500		781	0.39	
信息屏	209		1168	0.24	
给排水				2.00	
自动化, 通信, 控制, 网络				2.00	
车辆	数量		单位电力需求(kWh/年)	总电力需求(GWh/年)	
桥梁网络内电驱动车辆	200		12000	15.80	37
桥梁网络内氢气驱动车辆	100		179000	21	
SUMME					120

THE PLAN

BUILDINGS & BRIDGES URBAN GREEN & NATURE WATER

能源

目标：城市能源转型
桥梁网络的电力需求
桥梁网络的供暖和制冷需求
市区光伏发电
地热储能
未来能源基础设施

TRANSPORT URBAN CLIMATE - GLOBAL CLIMATE

ART & CULTURE PACKAGING - INNOVATIVE OLD NEW TERRITORY WORLDWIDE

LAW FINANCES IMPLEMENTATION

SPECIALIST INFORMATION

SEARCH THE TEAM CONTACT & IMPRINT



桥梁网络上的住宅建筑用电较为节约

法兰克福桥梁网络上将建造135万平方米的建筑空间，其中76%(约102.5万平方米)为住宅空间，其余为教育、文化、体育、医疗、美食或具有生态价值的超市和商店等丰富多彩的空间组合。

法兰克福桥梁网络的3.5万名居民每年需要大约53GWh电能用于照明、家用电器，热水及热泵。与整个法兰克福相比，这是特别经济的：法兰克福75万居民的家庭年耗电量为900GWh，虽然这些家庭中只有一小部分有热泵--法兰克福的大多数建筑仍然使用燃气供暖。

桥梁网络的建筑的电动热泵没有明显增加桥梁住户的电力消耗，这主要是由于与地热能、太阳能和数据中心的废热耦合，增加了热泵的COP（性能系数）。所有建筑物的热泵用于室内空间加热和冷却的耗电量仅为18GWh/年。

THE PLAN

BUILDINGS & BRIDGES
URBAN GREEN & NATURE
WATER

能源
目标：城市能源转型
桥梁网络的电力需求
桥梁网络的供暖和制冷需求
市区光伏发电
地热储能
未来能源基础设施

TRANSPORT
URBAN CLIMATE - GLOBAL CLIMATE

ART & CULTURE
PACKAGING - INNOVATIVE
OLD NEW TERRITORY WORLDWIDE

LAW
FINANCES
IMPLEMENTATION

SPECIALIST INFORMATION

SEARCH
THE TEAM
CONTACT & IMPRINT



Electricity mirror Germany 2020/2021

Properly equipped households consume up to 50% less electricity

Building type	Hot water	Persons in the Household	gering sehr hoch						
			A	B	C	D	E	F	G
House	Without power	1 person	bis 1.300	bis 1.600	bis 2.000	bis 2.500	bis 3.200	bis 4.100	über 4.100
		2 persons	bis 2.000	bis 2.400	bis 2.800	bis 3.000	bis 3.500	bis 4.200	über 4.200
		3 persons	bis 2.500	bis 3.000	bis 3.400	bis 3.700	bis 4.200	bis 5.000	über 5.000
		4 persons	bis 2.700	bis 3.300	bis 3.700	bis 4.000	bis 4.700	bis 5.800	über 5.800
		5+ persons	bis 3.200	bis 4.000	bis 4.500	bis 5.000	bis 6.000	bis 7.500	über 7.500
	With power	1 person	bis 1.500	bis 1.900	bis 2.300	bis 2.900	bis 3.500	bis 5.000	über 5.000
		2 persons	bis 2.400	bis 3.000	bis 3.400	bis 3.800	bis 4.500	bis 6.000	über 6.000
		3 persons	bis 3.000	bis 3.500	bis 4.000	bis 4.800	bis 5.600	bis 7.000	über 7.000
		4 persons	bis 3.500	bis 4.000	bis 4.800	bis 5.500	bis 6.400	bis 8.000	über 8.000
		5+ persons	bis 4.000	bis 5.000	bis 6.000	bis 6.800	bis 8.000	bis 10.000	über 10.000
Apartment	Without power	1 person	bis 800	bis 1.000	bis 1.200	bis 1.500	bis 1.600	bis 2.000	über 2.000
		2 persons	bis 1.200	bis 1.500	bis 1.800	bis 2.100	bis 2.500	bis 3.000	über 3.000
		3 persons	bis 1.500	bis 1.900	bis 2.200	bis 2.600	bis 3.000	bis 3.700	über 3.700
		4 persons	bis 1.700	bis 2.000	bis 2.500	bis 2.900	bis 3.500	bis 4.100	über 4.100
		5+ persons	bis 1.700	bis 2.300	bis 2.800	bis 3.500	bis 4.200	bis 5.500	über 5.500
	With power	1 person	bis 1.000	bis 1.400	bis 1.600	bis 2.000	bis 2.200	bis 2.800	über 2.800
		2 persons	bis 1.800	bis 2.300	bis 2.600	bis 3.000	bis 3.500	bis 4.000	über 4.000
		3 persons	bis 2.500	bis 3.000	bis 3.500	bis 4.000	bis 4.500	bis 5.500	über 5.500
		4 persons	bis 2.500	bis 3.200	bis 4.000	bis 4.500	bis 5.000	bis 6.000	über 6.000
		5+ persons	bis 2.400	bis 3.500	bis 4.300	bis 5.200	bis 6.200	bis 8.000	über 8.000

优化未来家庭的电力消费

与家庭的小型化趋势一致，超过一半的桥梁网络住宅是2至3人的家庭住宅。

根据耗电等级参考，在一个优化过的低能耗双人公寓中，人均耗电量（用电热水，这也是桥梁网络上的计划）目前仍在1200至1500千瓦时/年之间。

能源

目标：城市能源转型
桥梁网络的电力需求
桥梁网络的供暖和制冷需求
市区光伏发电
地热储能
未来能源基础设施

在计算3.5万名桥梁网络区域居民的电力需求时，必须考虑到他们住宅大小或楼层数的差异

桥梁网络上住宅楼的总电力需求（不包括热泵）约为38GWh/年。3.5万名居民的人均耗电量约为1100千瓦时/年。

Residential	Share Building type	Quantity People	Share Residents	Share of building type /Residents	Number Of People	Electricity demand (kWh/p)	Electricity demand (GWh/a)
<=2.5 Floors (House)	65%	1	20%	13.0%	4,550	1,500	6.8
		2	50%	32.5%	11,375	2,400	13.7
		3	20%	13.0%	4,550	3,000	4.6
		4	10%	6.5%	2,275	3,500	2.0
>2.5 Floors (Multi-family houses)	35%	1	20%	7.0%	2,450	1,000	2.5
		2	50%	17.5%	6,125	1,800	5.5
		3	20%	7.0%	2,450	2,500	2.0
		4	10%	3.5%	1,225	2,500	0.8
			Sum	100%	35,000		37.8

能源

目标：城市能源转型
桥梁网络的电力需求
桥梁网络的供暖和制冷需求
市区光伏发电
地热储能
未来能源基础设施



餐饮业和教育行业在法兰克福桥梁 网络上占用空间最大

Cafes, kiosks, teahouses, etc. Small restaurants	12%
Restaurants, bistros	10%
Grocery stores (small/large)	11%
Special sales stores (art, organic flowers, etc.)	10%
Small businesses (repair café, cooking school).	4%
Service providers (hairdresser, cosmetics, cobbler, etc.)	6%
Div.offices (landscapers etc. max 5 employees)	1%
Medical practices of all kinds	5%
Sports activity (fitness, dance, gymnastics, etc.)	4%
Swimming pools with special focus (3 pieces)	3%
Music pavilions, hobby pop-ups, theater other culture.	6%
IT-College	10%
Academy of Arts and Crafts	9%
Crèches/kindergartens/education	4%
Primary/secondary schools	3%
Special shelters (women's shelter, etc.)	2%

Area shares of the individual sectors in the total area of the Frankfurt bridges

非住宅建筑的平均耗电量比私人家庭略高

对于32.5万平方米的混合非住宅空间，可以计算出一个混合值。

维修店、咖啡馆或烹饪学校等微型企业以及法兰克福桥梁网络上的大型餐厅的耗电量超过130千瓦时/平方米。

如果我们将各行业每平方米的耗电量与桥梁网络上每个行业的占地面积百分比加权平均，可以计算出优化后桥梁网络区域每年耗电量约为70千瓦时/平方米（包括热泵耗电量）。

由此可以计算出桥梁网络上的非住宅区每年的电力消耗约为22GWh。

单位面积耗电量与空间的用途有关：餐饮业和教育是在非住宅建筑用电中的主要消费者

THE PLAN

BUILDINGS & BRIDGES
URBAN GREEN & NATURE
WATER

能源

目标：城市能源转型
桥梁网络的电力需求
桥梁网络的供暖和制冷需求
市区光伏发电
地热储能
未来能源基础设施

TRANSPORT
URBAN CLIMATE - GLOBAL CLIMATE

ART & CULTURE
PACKAGING - INNOVATIVE
OLD NEW TERRITORY WORLDWIDE

LAW
FINANCES
IMPLEMENTATION

SPECIALIST INFORMATION

SEARCH
THE TEAM
CONTACT & IMPRINT



Non-residential	Percent/ Number	Area (m2) / Number	spec. electricity demand (kWh/m2a)	Electricity demand (GWh/a)	Total (GWh/a)
Cafes, kiosks, teahouses, etc. Small restaurant	12%	33.001	137	4,51	22
Restaurants, bistros	10%	27.501	137	3,76	
Grocery stores (small/large)	11%	30.251	79	2,39	
Special sales stores (art, organic flowers, etc.)	10%	27.501	27	0,75	
Micro-enterprises (repair café, cooking school)	4%	11.000	40	0,44	
Service providers (hairdresser, cosmetics, cobbler, etc.)	6%	16.501	62	1,02	
Div. Büros (Landschaftsgärtner etc. max. 5 Mitarbeiter)	1%	2.750	33	0,09	
Medical practices of all kinds	5%	13.751	40	0,55	
Sports activity (fitness, dance, gymnastics, etc.)	4%	11.000	74	0,82	
Swimming pools with special focus (3 pieces)	3%	8.250	83	0,69	
Music pavilion, hobby pop-up, theater, other. Culture	6%	16.501	31	0,47	
Crèches/kindergartens/education	4%	11.000	28	0,31	
Primary/secondary schools	3%	8.250	31	0,25	
IT-College	10%	27.501	41	1,13	
Academy of Arts and Crafts	9%	24.751	41	1,01	
Special shelters (women's shelter, etc.)	2%	5.500	69	0,38	
Heat pump for non-residential buildings				3,10	
Elevators (commercial)	240	505		0,11	

Old New Territory Frankfurt

THE PLAN

- BUILDINGS & BRIDGES
- URBAN GREEN & NATURE
- WATER

能源
目标：城市能源转型
桥梁网络的电力需求
桥梁网络的供暖和制冷需求
市区光伏发电
地热储能
未来能源基础设施

TRANSPORT
URBAN CLIMATE - GLOBAL CLIMATE

ART & CULTURE
PACKAGING - INNOVATIVE
OLD NEW TERRITORY WORLDWIDE

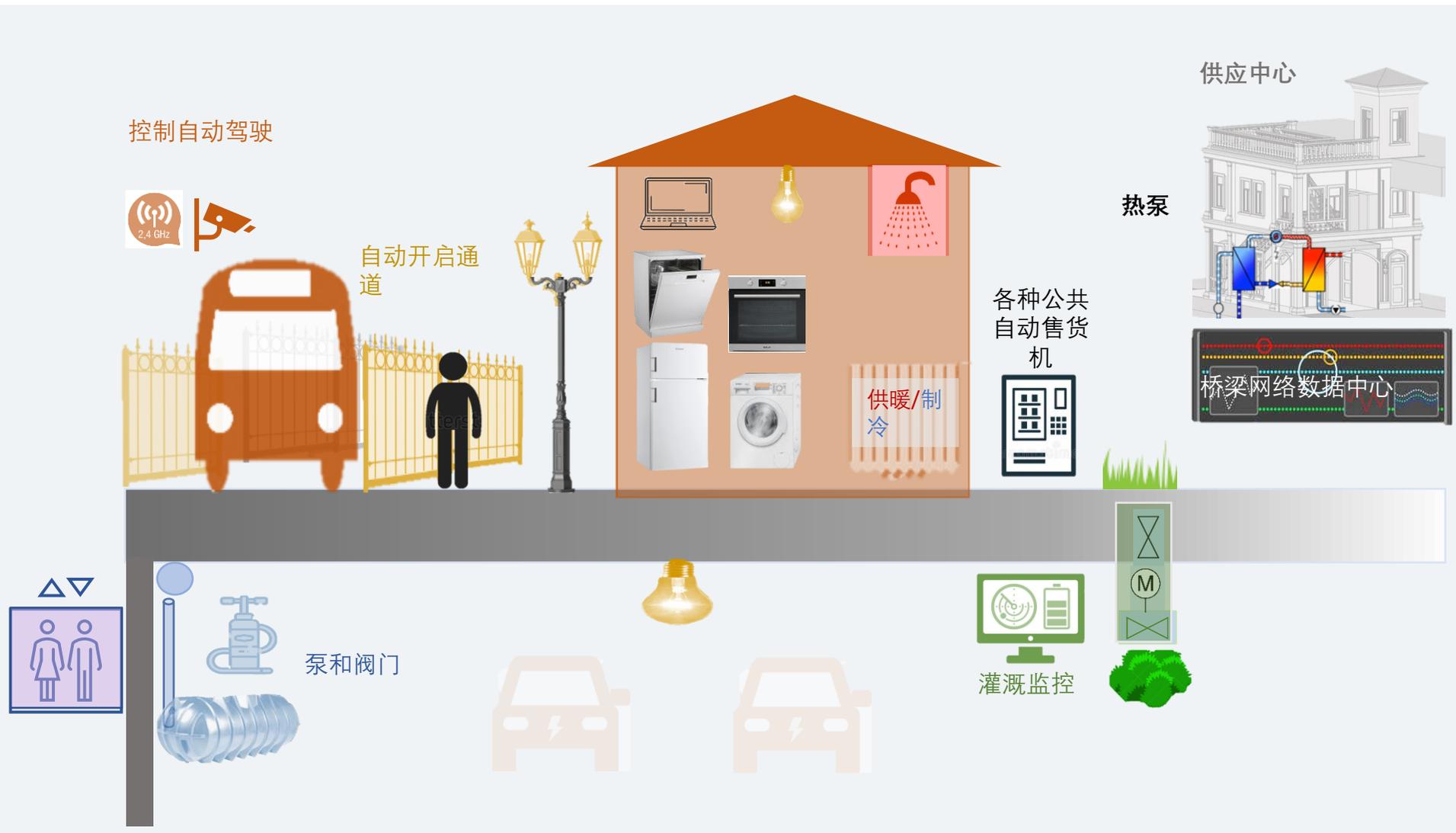
LAW
FINANCES
IMPLEMENTATION

SPECIALIST INFORMATION

SEARCH
THE TEAM
CONTACT & IMPRINT



其他基础设施，如街道照明、控制系统、泵、电梯等，耗电相对较少，总计为8GWh/年



Old New Territory Frankfurt

THE PLAN

BUILDINGS & BRIDGES URBAN GREEN & NATURE WATER

能源

目标：城市能源转型
桥梁网络的电力需求
桥梁网络的供暖和制冷需求
市区光伏发电
地热储能
未来能源基础设施

TRANSPORT URBAN CLIMATE - GLOBAL CLIMATE

ART & CULTURE PACKAGING - INNOVATIVE OLD NEW TERRITORY WORLDWIDE

LAW FINANCES IMPLEMENTATION

SPECIALIST INFORMATION

SEARCH THE TEAM CONTACT & IMPRINT



桥梁网络上的车辆每年运送约3000万乘客--为此每年消耗37GWh的电力。
其中，200辆是电动汽车，100辆是氢能源汽车。

桥梁网络上的300辆车每天行驶14小时，平均速度为17.8公里/小时。每辆车平均每天行驶250公里。用于多人运输的大型车辆使用氢气，较小的车辆是纯电动汽车。

根据目前的状况桥梁网络内，以电力驱动的车辆百公里能耗为15千瓦时，氢气驱动的车辆百公里能耗为60千瓦时。

车辆	数量	单独耗电(kWh/年)	总电力需求(GWh/年)	总计 (GWh/年)
桥梁网络上的电动车	200	12000	15.80	37
桥梁网络上氢能源车辆	100	179000	21	

THE PLAN

- BUILDINGS & BRIDGES
- URBAN GREEN & NATURE
- WATER

- 能源**
- 目标：城市能源转型
- 桥梁网络的电力需求
- 桥梁网络的供暖和制冷需求
- 市区光伏发电
- 地热储能
- 未来能源基础设施

TRANSPORT URBAN CLIMATE - GLOBAL CLIMATE

- ART & CULTURE
- PACKAGING - INNOVATIVE
- OLD NEW TERRITORY WORLDWIDE

- LAW
- FINANCES
- IMPLEMENTATION

SPECIALIST INFORMATION

- SEARCH
- THE TEAM
- CONTACT & IMPRINT



每年桥梁网络产生133GWh电力，其中只有120GWh需要用于桥梁网络本身。
约13GWh的剩余电量也可用于驱动桥梁网络周边的车辆。

此外，沿桥的光伏发电设备每年将产生277GWh的电力，其中约190GWh可供桥梁网络旁的车辆使用。多余的电能将被用来生产绿色氢气并储存起来，随后通过使用燃料电池再次发电和供热，以满足冬季的能源需求。

桥梁网络周边的电力需求	数量	单位耗电(kWh/年)	总电力需求 (GWh/年)	总计 (GWh/年)
氢动力公交车	80	736000	59	191
氢动力车辆	50	96000	5	
电动车辆 (300个白天)	3200	29780	95	
电动车辆 (365个夜晚)	1000	32000	32	



Old New Territory Frankfurt

THE PLAN

BUILDINGS & BRIDGES URBAN GREEN & NATURE WATER

能源

目标：城市能源转型
桥梁网络的电力需求
桥梁网络的供暖和制冷需求
市区光伏发电
地热储能
未来能源基础设施

TRANSPORT URBAN CLIMATE - GLOBAL CLIMATE

ART & CULTURE PACKAGING - INNOVATIVE OLD NEW TERRITORY WORLDWIDE

LAW FINANCES IMPLEMENTATION

SPECIALIST INFORMATION

SEARCH
THE TEAM
CONTACT & IMPRINT



结论：在桥梁网络区域的施工过程中，其电力需求已经得到了优化

住宅楼和非住宅楼一样，都将配备节能电器和传感器，以便有针对性地使用电器。它们消耗了桥梁网络上大约一半的电力（约75GWh/年）。

第二大耗电者是桥梁网络上的氢气驱动和电力驱动的车辆：由于其重量轻、平稳的运行方式可以减少刹车，它们非常节能，总共耗电37GWh/年。

桥梁网络基础设施的耗电量为8GWh/年，在桥梁网络总耗电量（120GWh/年）中占最小的份额。

Heiz- und Kühlbedarf der Brücken

Old New Territory Frankfurt

THE PLAN

BUILDINGS & BRIDGES URBAN GREEN & NATURE WATER

能源

目标：城市能源转型
桥梁网络的电力需求
桥梁网络的供暖和制冷需求
市区光伏发电
地热储能
未来能源基础设施

TRANSPORT URBAN CLIMATE - GLOBAL CLIMATE

ART & CULTURE PACKAGING - INNOVATIVE OLD NEW TERRITORY WORLDWIDE

LAW FINANCES IMPLEMENTATION

SPECIALIST INFORMATION

SEARCH THE TEAM CONTACT & IMPRINT



通过适当的建设，法兰克福桥梁网络的供暖和制冷需求也可以自给自足

桥梁网络区域 135 万平方米的建筑空间供暖每年需要大约 40 GWh热能。其中102.5万平方米的住宅建筑供暖需求 26 GWh。得益于其优化的结构，这些低能耗房屋每平米每年供暖的能源需求仅为 30 kWh。另外32.5万平方米的非住宅建筑面积，由于运营时间长，而且需要补偿公共交通造成的热量损失，供暖需要 14 GWh的热能。制冷时，每年将从整个桥梁网络住宅建筑中提取26 GWh的热量并以地热能的形式储存在地下。非住宅建筑的制冷将只使用电力驱动的空气系统。

102.5万平米的桥梁网络住宅建筑作为低能耗建筑，每年需要约26GWh热能用于采暖

欧盟委员会的目标值为每平米每年30kWh。桥梁网络上的所有住宅建筑都需要遵循这一目标。由于使用了热泵技术，并且优化了建筑的建造和能源技术，所以目标是可以实现的。

- THE PLAN
- BUILDINGS & BRIDGES
- URBAN GREEN & NATURE
- WATER

- 能源
 - 目标：城市能源转型
 - 桥梁网络的电力需求
 - 桥梁网络的供暖和制冷需求
 - 市区光伏发电
 - 地热储能
 - 未来能源基础设施

- TRANSPORT
- URBAN CLIMATE - GLOBAL CLIMATE
- ART & CULTURE
- PACKAGING - INNOVATIVE
- OLD NEW TERRITORY WORLDWIDE
- LAW
- FINANCES
- IMPLEMENTATION

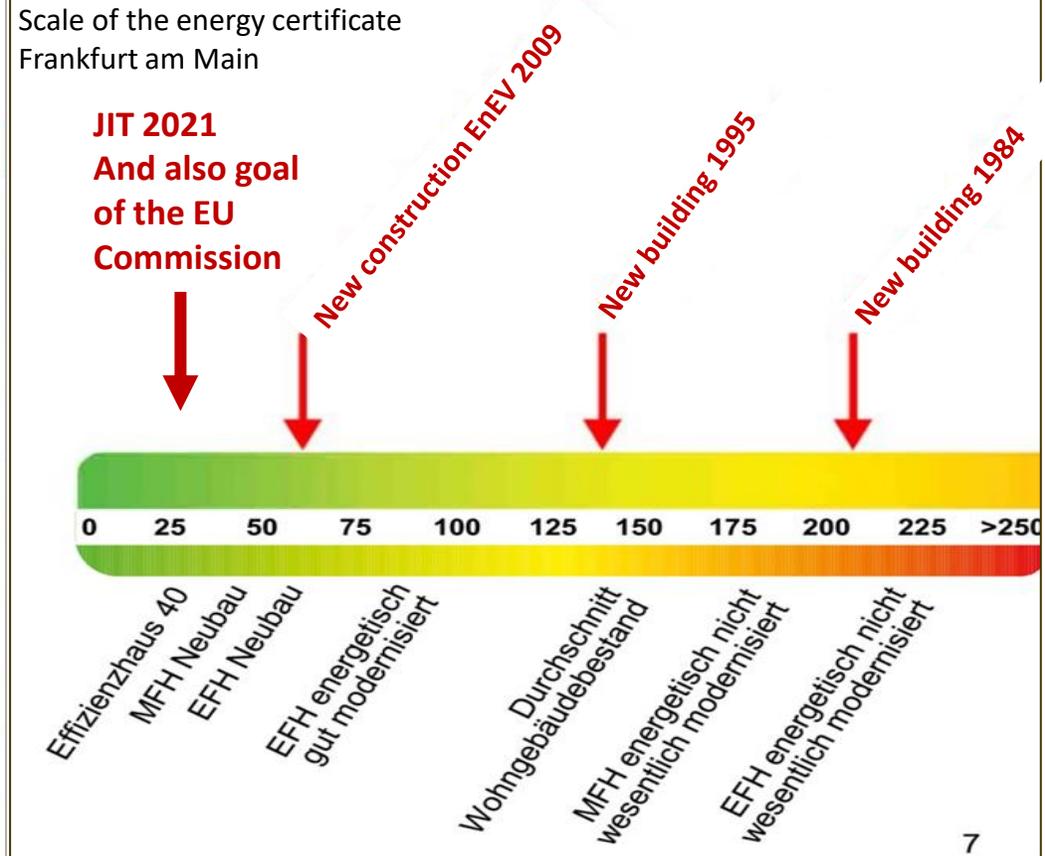
- SPECIALIST INFORMATION
- SEARCH
- THE TEAM
- CONTACT & IMPRINT



热需求

建筑类别	占比 (%)	表面(m ²)	具体热需求(kWh/m ² a)	总的热需求 (GWh/a)
住宅区	65%	1025000	30 kWh/m ² a	26

Building-area in m ²	Energy source/ Heating system	Consumption in kilowatt hours Per m ² and year			
		Low	Medium	Increased	Too high
100 – 250	Natural gas	bis 89	bis 157	bis 244	ab 245
	Heating oil	bis 101	bis 162	bis 242	ab 243
	District heating	bis 80	bis 135	bis 236	ab 237
	Heat pump	bis 27	bis 43	bis 96	ab 97
	Wood pellets	bis 64	bis 131	bis 227	ab 228
251 – 500	Natural gas	bis 86	bis 150	bis 233	ab 234
	Heating oil	bis 98	bis 159	bis 239	ab 240
	District heating	bis 77	bis 128	bis 222	ab 223
	Heat pump	bis 25	bis 42	bis 94	ab 95
	Wood pellets	bis 60	bis 123	bis 215	ab 216



法兰克福桥梁网络上的所有非住宅建筑每年的供热需求为14GWh

在桥梁网络区的非住宅建筑群中，具体的热需求是在“能源消耗值规则公告”（BAnz AT 16.04.2021 B1）和实践中的比较值的帮助下计算的。在计算中，假设热需求可以减少到公告中所述的已存在的非住宅建筑的三分之一。非住宅建筑的具体热需求随着建筑类型的变化而变化。对于计划中的建筑类型和桥梁网络上的使用分布，总需求约为14GWh/年。

THE PLAN

- BUILDINGS & BRIDGES
- URBAN GREEN & NATURE
- WATER

能源

- 目标：城市能源转型
- 桥梁网络的电力需求
- 桥梁网络的供暖和制冷需求
- 市区光伏发电
- 地热储能
- 未来能源基础设施

- TRANSPORT
- URBAN CLIMATE - GLOBAL CLIMATE

- ART & CULTURE
- PACKAGING - INNOVATIVE
- OLD NEW TERRITORY WORLDWIDE

- LAW
- FINANCES
- IMPLEMENTATION

- SPECIALIST INFORMATION

- SEARCH
- THE TEAM
- CONTACT & IMPRINT

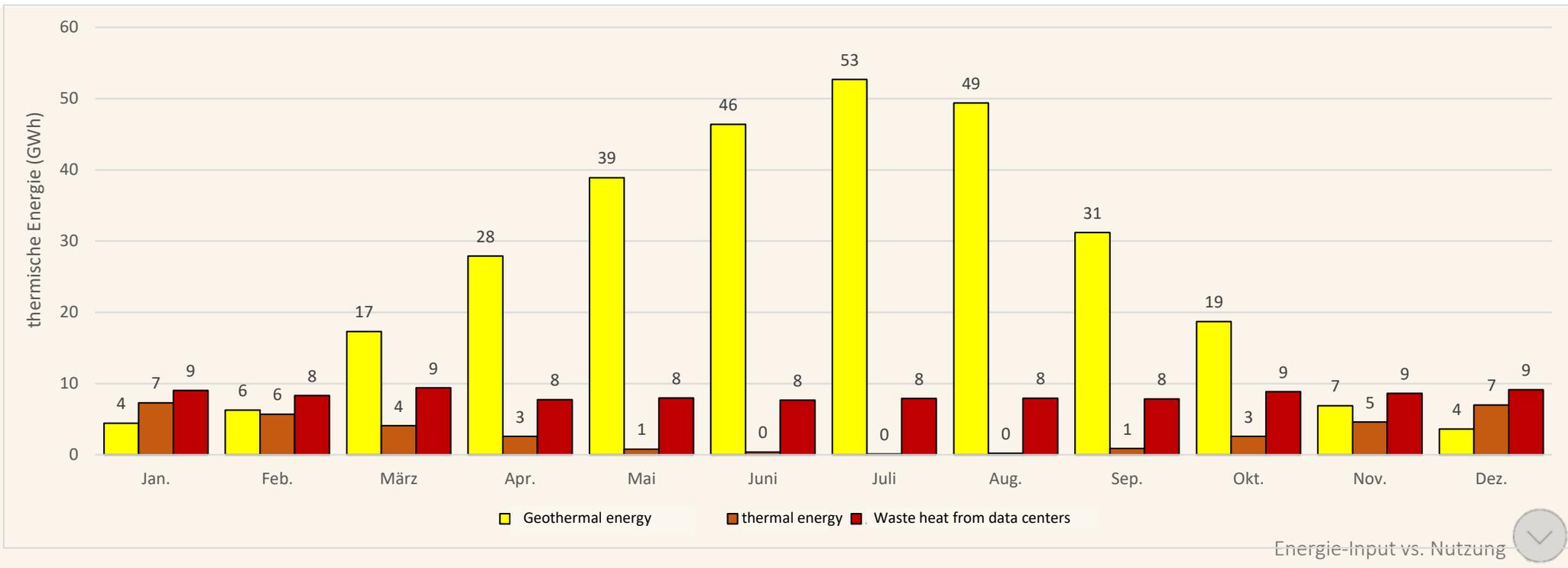


Heat demand

Building category	Share		Usable area (m) ²	spec. heat demand / cooling demand (kWh/m ² a)	Heat demand (GWh)
Residential	76%				26,2
Residential buildings (heat demand for space heating)			873.257	30/30	26,2
Residential buildings (cooling demand for room cooling)			873.257	30/30	26,2
Non-residential	24%				13,6
Cafés, kiosks, teahouses, etc. Small restaurant		12%	33.001	92/	2,0
Restaurants, bistros		10%	27.501	92/	1,7
Grocery stores (small/large)		11%	30.251	57/	1,2
Special sales stores (art, organic flowers, etc.)		10%	27.501	55/	1,0
Micro-enterprises (repair café, cooking school)		4%	11.000	56/	0,4
Service providers (hairdresser, cosmetics, cobbler, etc.)		6%	16.501	45/	0,5
Medical practices of all kinds		5%	13.751	66/	0,6
Sports activity (fitness, dance, gymnastics, etc.)		4%	11.000	76/	0,6
Crèches/kindergartens/education		4%	11.000	58/	0,4
Primary/secondary schools		3%	8.250	58/	0,3
Music pavilion, hobby pop-up, theater, other. Culture		6%	16.501	69/	0,8
Special shelters (women's shelter, etc.)		2%	5.500	75/	0,3
Div. offices (landscapers etc. max. 5 employees)		1%	2.750	58/	0,1
Swimming pools with special focus (3 pieces)		3%	8.250	181/	1,0
IT College		10%	27.501	78/	1,4
Academy of Arts and Crafts		9%	24.751	78/	1,3
Total					40

在法兰克福大桥的帮助下，从三种能源中收集了近440GWh/a的热量： 太阳热能、地热能 和来自数据中心的废热--但桥上只需要40GWh/a的热量。

然而，必须考虑到这一点： 最终， 438GWh/a的热量中只有238GWh/a可以实际使用： 其余的由于地热储存的典型损失而损失， 尽管有良好的绝缘和短距离运输。



由于桥梁本身只需要大约40GWh/a，来自地下的238GWh/a热量中还有近200GWh/a。这些热量必须在冬季沿着桥梁提取和使用，否则地面会随着时间的推移而升温：在遥远的未来，收集到的剩余能量将用于供应桥梁沿线的邻近住宅和非住宅建筑--只要它们能够从热泵中获得空间加热。在那之前，必须找到其他消费解决方案。

即使有良好的绝缘和短距离，在地面上储存太阳能的效率总是只有30%。

THE PLAN

BUILDINGS & BRIDGES URBAN GREEN & NATURE WATER

能源

目标：城市能源转型
桥梁网络的电力需求
桥梁网络的供暖和制冷需求
市区光伏发电
地热储能
未来能源基础设施

TRANSPORT URBAN CLIMATE - GLOBAL CLIMATE

ART & CULTURE PACKAGING - INNOVATIVE OLD NEW TERRITORY WORLDWIDE

LAW FINANCES IMPLEMENTATION

SPECIALIST INFORMATION

SEARCH THE TEAM CONTACT & IMPRINT



热源

PVT 太阳热能 303

数据中心(RZ) 100

地热能源 35

(加上热泵能源 13)

总的热输入能量 **438**

消费量

冬季的直接消费 **51**
在夏季保存的 **252**

冬季的直接消费 **50**
在夏季保存的 **50**

住宅建筑 **26**
非住宅建筑 **14**
温室 **20**

使用

直接消费PVT **51**
直接消费RZ **50**

储存的PVT热量 252
储存的RZ热量 **50**

保存的总和 302

其中损失后可使用 **102**

地热能源 **35**

可用的总热能 **238**

桥梁网络上的建筑供暖每年只需40GWh，但借助桥梁网络每年可收集400GWh的热量，并以地热方式储存起来。富余的热量可以（也必须）用于其他地方。

THE PLAN

BUILDINGS & BRIDGES URBAN GREEN & NATURE WATER

能源

目标：城市能源转型

桥梁网络的电力需求

桥梁网络的供暖和制冷需求

市区光伏发电

地热储能

未来能源基础设施

TRANSPORT

URBAN CLIMATE - GLOBAL CLIMATE

ART & CULTURE

PACKAGING - INNOVATIVE

OLD NEW TERRITORY WORLDWIDE

LAW

FINANCES

IMPLEMENTATION

SPECIALIST INFORMATION

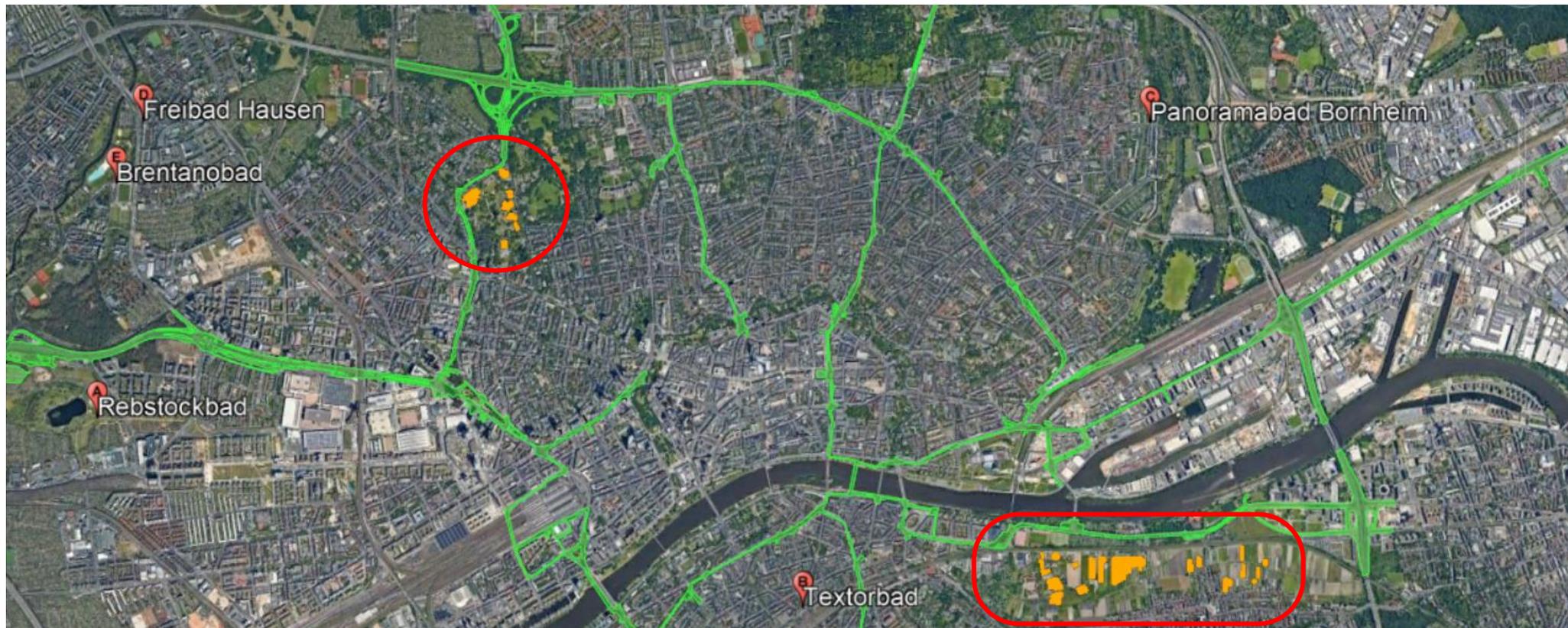
SEARCH

THE TEAM

CONTACT & IMPRINT

只要桥梁网络沿线的建筑群配备了热泵和热活化的表面，法兰克福桥梁网络就可以向它们释放热能。然而，由于燃气供热系统只有在20至30年的翻新和新建周期后才会消失，因此多余的热量必须用于其他地方。如果在冬季不从地面储水罐中提取热量，那么地面会逐年升温，这将对地下水产生负面影响，也可能对岩土条件产生影响。

桥梁网络沿线可能的消费者可以是游泳池或温室。在法兰克福，有许多温室，例如在棕榈园和奥伯拉德田地。



Old New Territory Frankfurt

THE PLAN

BUILDINGS & BRIDGES URBAN GREEN & NATURE WATER

能源

目标：城市能源转型
桥梁网络的电力需求
桥梁网络的供暖和制冷需求
市区光伏发电
地热储能
未来能源基础设施

TRANSPORT URBAN CLIMATE - GLOBAL CLIMATE

ART & CULTURE PACKAGING - INNOVATIVE OLD NEW TERRITORY WORLDWIDE

LAW FINANCES IMPLEMENTATION

SPECIALIST INFORMATION

SEARCH THE TEAM CONTACT & IMPRINT



法兰克福桥梁网络沿线约有一半的温室可以在冬季利用地热库储存的热能进行加热

总面积约8.5万平方米的温室位于法兰克福大桥沿线。与住宅或非住宅建筑相比，它们在冬季每平方米消耗的热量明显更多。以热带植物为例，温室在冬季必须保持至少18°C的平均温度，其每平米每年平均耗热量超过400kWh。而种植欧洲植物的温室，在冬季温度不能低于5°到10°，每平米每年需要60~120kWh热量。

桥梁网络沿线的温室每年可以从地热储热库中获得约20GWh热量，以满足其热需求。这些地热储热库将在夏季借助桥梁网络再次被充满。



Old New Territory Frankfurt

THE PLAN

- BUILDINGS & BRIDGES
- URBAN GREEN & NATURE
- WATER

能源

- 目标：城市能源转型
- 桥梁网络的电力需求
- 桥梁网络的供暖和制冷需求
- 市区光伏发电
- 地热储能
- 未来能源基础设施

- TRANSPORT
- URBAN CLIMATE - GLOBAL CLIMATE

- ART & CULTURE
- PACKAGING - INNOVATIVE
- OLD NEW TERRITORY WORLDWIDE

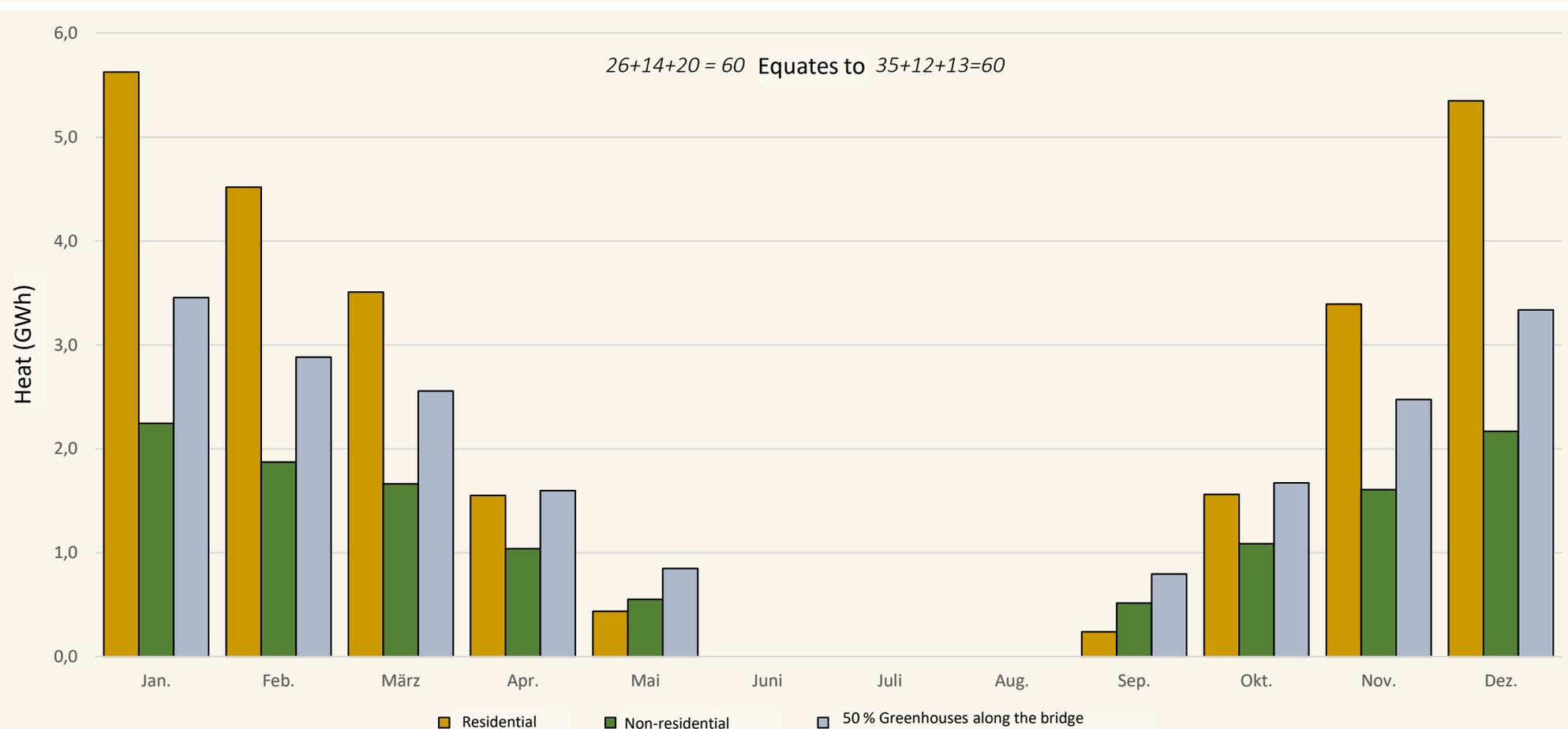
- LAW
- FINANCES
- IMPLEMENTATION

- SPECIALIST INFORMATION

- SEARCH
- THE TEAM
- CONTACT & IMPRINT



桥梁上住宅建筑的空间供暖消耗量为26GWh/a，非住宅建筑为14GWh/a，以及桥梁沿线一半温室的消耗量约为20GWh/a，可由35GWh/a的地热能源和12GWh/a的太阳能热能加13GWh/a的热泵能源来覆盖。



Old New Territory Frankfurt

THE PLAN

- BUILDINGS & BRIDGES
- URBAN GREEN & NATURE
- WATER

- 能源
- 目标：城市能源转型
- 桥梁网络的电力需求
- 桥梁网络的供暖和制冷需求
- 市区光伏发电
- 地热储能
- 未来能源基础设施

- TRANSPORT
- URBAN CLIMATE - GLOBAL CLIMATE

- ART & CULTURE
- PACKAGING - INNOVATIVE
- OLD NEW TERRITORY WORLDWIDE

- LAW
- FINANCES
- IMPLEMENTATION

- SPECIALIST INFORMATION

- SEARCH
- THE TEAM
- CONTACT & IMPRINT



除地热外，冬季还可从其他来源获得约220GWh/a的热量

这些热量可以用来加热另一半的温室，这些温室的加热需求没有被地热能源覆盖。道路除霜或加热公交车站，在人们需要等待的桥上和桥下，也可以成为潜在的消费者，游泳池或桥梁附近的大型大厅也是如此。

一旦桥梁沿线的建筑物改用热泵供暖，它们自然会从这个庞大的（尽管只在低温下可用）"热源库存"中优先获得热量。



Old New Territory Frankfurt

- THE PLAN
- BUILDINGS & BRIDGES**
- URBAN GREEN & NATURE
- WATER

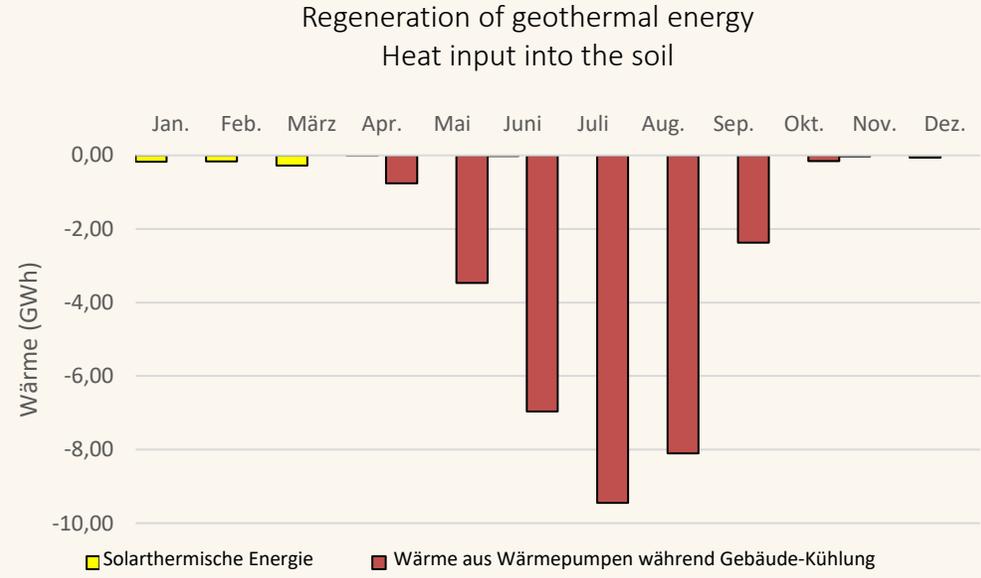
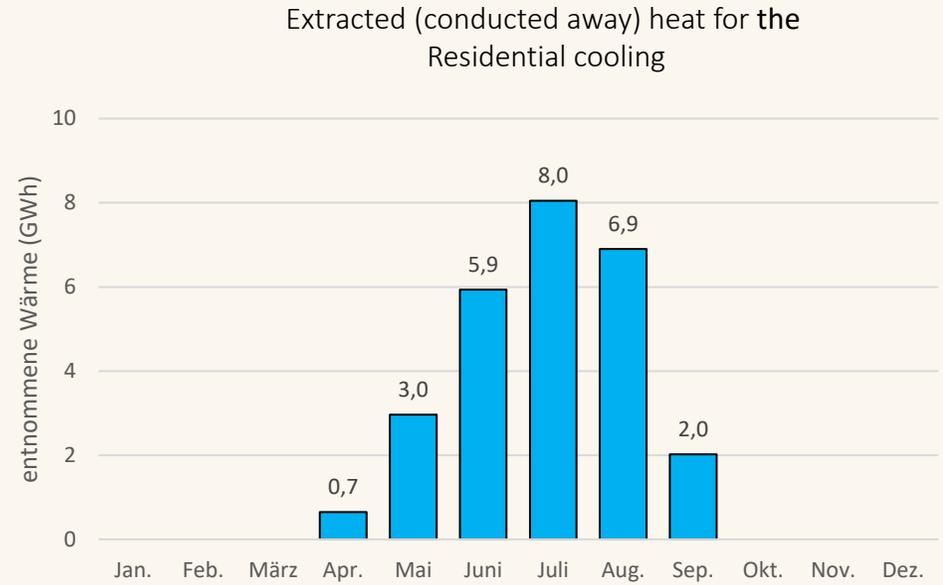
- 能源**
- 目标：城市能源转型
- 桥梁网络的电力需求
- 桥梁网络的供暖和制冷需求
- 市区光伏发电
- 地热储能
- 未来能源基础设施
- TRANSPORT
- URBAN CLIMATE - GLOBAL CLIMATE
- ART & CULTURE
- PACKAGING - INNOVATIVE
- OLD NEW TERRITORY WORLDWIDE
- LAW
- FINANCES
- IMPLEMENTATION

- SPECIALIST INFORMATION
- SEARCH
- THE TEAM
- CONTACT & IMPRINT



住宅楼的冷却同时为地热能源的再生服务。

对于桥梁建筑的空间供暖，冬季必须从地下提取热量。为了防止地球经年累月的冷却，冬季提取的热量必须被"再生"。这主要是在仲夏时节，借助于从建筑物中送入地面的热能进行冷却。



如果人们总是从地球上提取热量而不把新的热量送下去，那么随着时间的推移，它就会变冷，人们在冬天就无法用它来取暖。然而，在法兰克福大桥上，夏季在冷却建筑物的过程中，从居民楼中提取了约26GWh/a的热量，并通过热泵送到地下用于再生。

Old New Territory Frankfurt

THE PLAN

BUILDINGS & BRIDGES

URBAN GREEN & NATURE

WATER

能源

目标：城市能源转型

桥梁网络的电力需求

桥梁网络的供暖和制冷需求

市区光伏发电

地热储能

未来能源基础设施

TRANSPORT

URBAN CLIMATE - GLOBAL CLIMATE

ART & CULTURE

PACKAGING - INNOVATIVE

OLD NEW TERRITORY WORLDWIDE

LAW

FINANCES

IMPLEMENTATION

SPECIALIST INFORMATION

SEARCH

THE TEAM

CONTACT & IMPRINT



紧凑程度由建筑的曲率以及排楼与单楼决定。

风格 # 地板	老建筑	早期现代主义 (阁楼、包豪斯等)	现代
1	70%	5%	%25
1,5	70%	5%	%25
2	50%	10%	40%
2,5	50%	35%	15%
3	40%	40%	20%
3,5	20%	50%	30%
4	20%	50%	30%
> 4,5	10%	70%	20%
	紧凑程度低	非常紧凑	中型紧凑型

法兰克福桥梁上约2200座建筑的粗略分类

只有在初步规划过程中，才有可能准确地确定各个街区的哪些建筑具有哪种风格，从而在热能方面进行设计，这将需要几年的时间。

THE PLAN

BUILDINGS & BRIDGES

URBAN GREEN & NATURE

WATER

能源

目标：城市能源转型

桥梁网络的电力需求

桥梁网络的供暖和制冷需求

市区光伏发电

地热储能

未来能源基础设施

TRANSPORT

URBAN CLIMATE - GLOBAL CLIMATE

ART & CULTURE

PACKAGING - INNOVATIVE

OLD NEW TERRITORY WORLDWIDE

LAW

FINANCES

IMPLEMENTATION

SPECIALIST INFORMATION

SEARCH

THE TEAM

CONTACT & IMPRINT



各种类型的多孔混凝土因其轻质、良好的可设计性和无需额外保温措施的隔热性能，成为法兰克福桥梁网络最重要的建筑材料类型之一。

多孔混凝土属于轻质混凝土，尽管严格来说，它根本不是混凝土，因为它不包含任何骨料。

多孔混凝土具有出色的隔热性能，这是通过内部存在的许多气室实现的。因此，符合低能耗房屋标准的外墙可以用多孔混凝土建造，不需要额外的保温措施。

它完全适用于各种建筑风格，尤其适合艺术手工风格建筑使用。

相对较低的密度只对隔音性能有不利的影响，而且由于有许多孔隙，透湿性相对较差。

然而，已经有许多创新的解决方案来解决隔音和防潮方面的缺点。因此，多孔混凝土是法兰克福桥梁网络最多样化的合适的材料，特别是在老建筑风格的街区部分。

Old New Territory Frankfurt

THE PLAN

BUILDINGS & BRIDGES
URBAN GREEN & NATURE
WATER

能源

目标：城市能源转型
桥梁网络的电力需求
桥梁网络的供暖和制冷需求
市区光伏发电
地热储能
未来能源基础设施

TRANSPORT
URBAN CLIMATE - GLOBAL CLIMATE

ART & CULTURE
PACKAGING - INNOVATIVE
OLD NEW TERRITORY WORLDWIDE

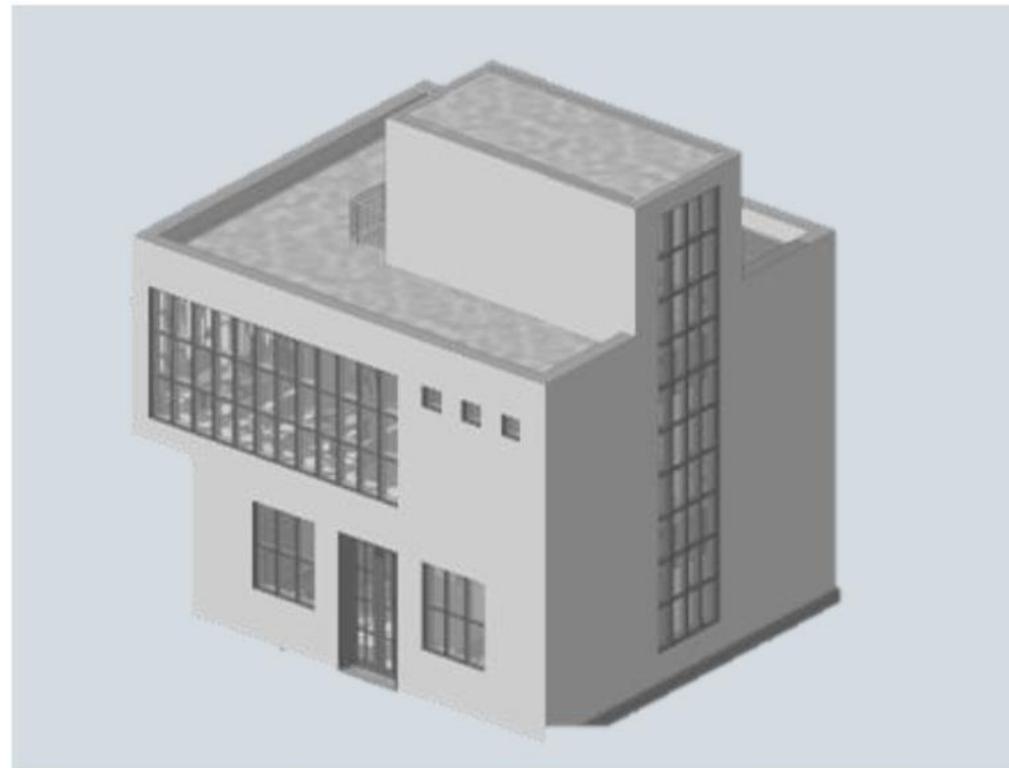
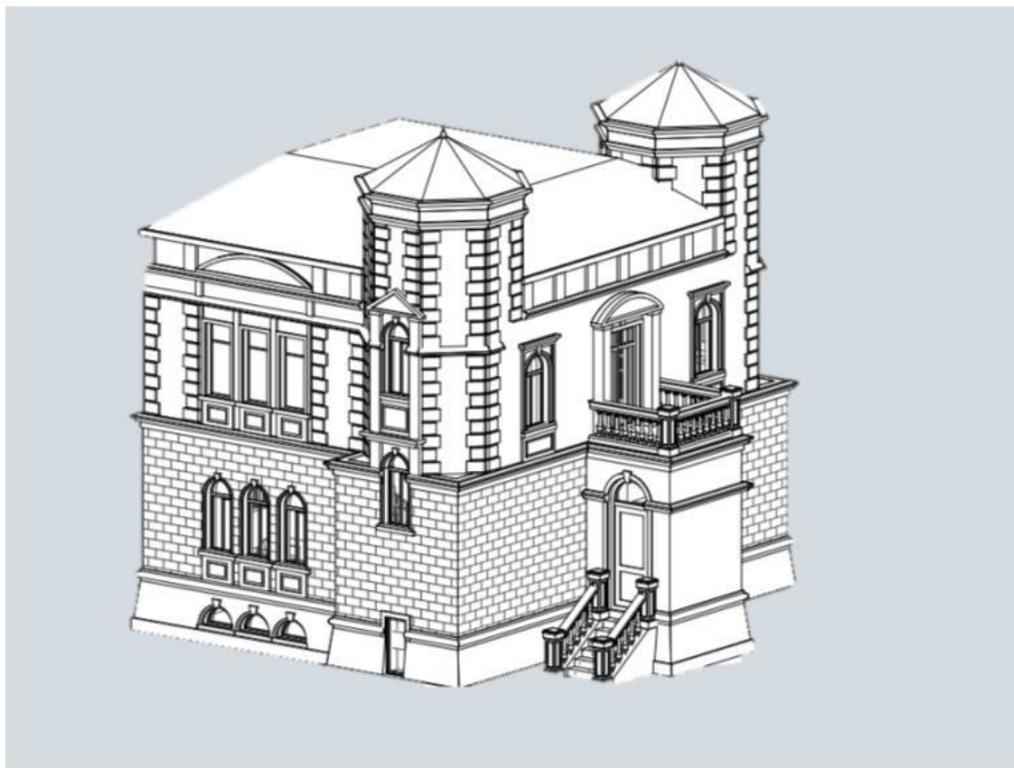
LAW
FINANCES
IMPLEMENTATION

SPECIALIST INFORMATION

SEARCH
THE TEAM
CONTACT & IMPRINT



桥梁建筑组合中两座建筑的计算实例：在没有优化的情况下，U值超过了100kWh/m²
在优化后，建筑物成为低能耗建筑



能源

目标：城市能源转型

桥梁网络的电力需求

桥梁网络的供暖和制冷需求

市区光伏发电

地热储能

未来能源基础设施



进一步的措施：密封和使用建筑物的废气热量

密封良好的门窗，包括天井和阳台的门，有助于节省供暖能源，这一事实是众所周知的，而且多年来一直是常见的做法，甚至在新建筑中也是如此。

鲜为人知也不太受欢迎的是利用房间里的废气热量来预热进入的空气。原理很简单：你想摆脱陈旧、闷热的空气，但你不打开窗户来做这件事；相反，你把空气抽出来，用一个管道引到外面。在这个管道内有第二个管道，新鲜但明显较冷的空气通过这个管道流进来。在地板和墙壁供暖之前，温暖的废气会对其进行预热。

唯一的缺点是，在这个系统中，进入的空气要通过一个过滤系统。而来自过滤系统的气流通常并不令人愉快--至少对于客厅来说是这样。

相反，有一种解决方案，不使用过滤器，但完全由金属或陶瓷制成，并且易于清洁：所谓的旋转式热交换器，尽管应该注意到，"交换器"一词在热技术方面有些模糊。这是因为没有交换，只有能量的片面转移。然而，结果是明确的：加热一个房间需要更少的能量。

Photovoltaik als Quartiersstrom

Old New Territory Frankfurt

THE PLAN

BUILDINGS & BRIDGES URBAN GREEN & NATURE WATER

能源

目标：城市能源转型
桥梁网络的电力需求
桥梁网络的供暖和制冷需求
市区光伏发电
地热储能
未来能源基础设施

TRANSPORT URBAN CLIMATE - GLOBAL CLIMATE

ART & CULTURE PACKAGING - INNOVATIVE OLD NEW TERRITORY WORLDWIDE

LAW FINANCES IMPLEMENTATION

SPECIALIST INFORMATION

SEARCH THE TEAM CONTACT & IMPRINT



Copyright © by Jensen - shutterstock.com

法兰克福桥梁网络是一座隐藏的巨型发电站：桥梁网络区域每年发电约410GWh

如果在内城地区使用美观的或隐形的光伏模组，在桥梁外臂上使用高效率光伏模组，每年可在大桥上发电133GWh。

如果在大桥沿线区域现有的大型停车场上加盖屋顶并配备光伏设备，每年还可以发电135GWh。

如果大桥沿线区域的建筑屋顶也用非安装式太阳能组件覆盖，则每年可额外发电142GWh。

作为参照：法兰克福家庭耗电量900GWh/年

Old New Territory Frankfurt

THE PLAN

BUILDINGS & BRIDGES URBAN GREEN & NATURE WATER

能源

目标：城市能源转型
桥梁网络的电力需求
桥梁网络的供暖和制冷需求
市区光伏发电
地热储能
未来能源基础设施

TRANSPORT URBAN CLIMATE - GLOBAL CLIMATE

ART & CULTURE PACKAGING - INNOVATIVE OLD NEW TERRITORY WORLDWIDE

LAW FINANCES IMPLEMENTATION

SPECIALIST INFORMATION

SEARCH THE TEAM CONTACT & IMPRINT



内容：在法兰克福大桥的表面可以用光伏组件产生大量的电力

在法兰克福大桥上，已经为不同的表面类型"屋顶、外墙、雨篷和车站以及桥面"定义了它们可以配备的光伏组件以及它们可以产生的电力。

此外，桥梁可以作为一个基础设施网络，用于发电的光伏组件可以沿着桥梁安装在大型停车场的顶棚或平顶上。

在为所有合适的表面密集配备光伏组件时，所有线路必须始终以不产生可能对健康有害的电磁场的方式进行铺设。

Old New Territory Frankfurt

THE PLAN

BUILDINGS & BRIDGES
URBAN GREEN & NATURE
WATER

能源

目标：城市能源转型
桥梁网络的电力需求
桥梁网络的供暖和制冷需求
市区光伏发电
地热储能
未来能源基础设施

TRANSPORT
URBAN CLIMATE - GLOBAL CLIMATE

ART & CULTURE
PACKAGING - INNOVATIVE
OLD NEW TERRITORY WORLDWIDE

LAW
FINANCES
IMPLEMENTATION

SPECIALIST INFORMATION

SEARCH
THE TEAM
Kontakt & Impressum
CONTACT & IMPRINT



在法兰克福桥梁网络中，总共有100万平方米的面积可以配备光伏。其中有57.5万平方米为屋顶面积，其余的为特殊桥面。

如果桥梁上的所有区域都被使用，那么可用于光伏组件的面积将更大。但在市中心，大桥穿过建筑群，因此必须从四面八方看起来都要美观，所以几乎不会在市中心安装光伏组件。在穿过居民区的桥梁外臂上，也只会安装美观的光伏模组。

这是因为，如果由于光伏设备导致桥梁或柱子两侧的现代艺术或工艺品在美学上受到影响，甚至被遮住，那就太可惜了。此外，许多柱子上都长满了攀援植物，这些植物会遮住光伏设备。

但桥梁网络内城区之外的部分，没有居民从侧面看它们（左右没有高楼），所有可能的表面都将安装光伏设备。

因此，建筑物表面的光伏设备不能以相同的形式进行安装，而必须根据桥梁所在位置进行区分。

Old New Territory Frankfurt

THE PLAN

BUILDINGS & BRIDGES
URBAN GREEN & NATURE
WATER

能源

目标：城市能源转型
桥梁网络的电力需求
桥梁网络的供暖和制冷需求
市区光伏发电
地热储能
未来能源基础设施

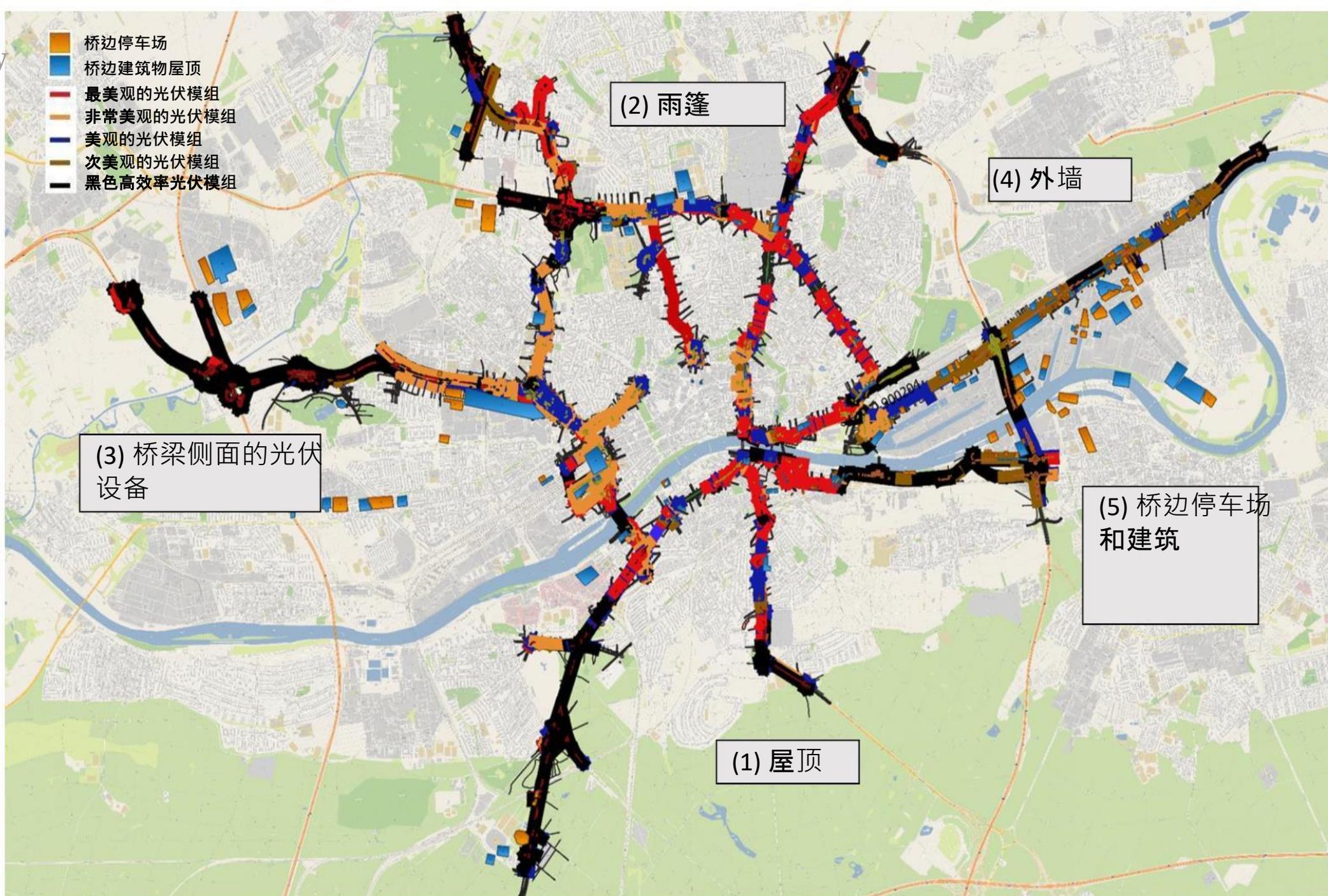
TRANSPORT
URBAN CLIMATE - GLOBAL CLIMATE

ART & CULTURE
PACKAGING - INNOVATIVE
OLD NEW TERRITORY WORLDWIDE

LAW
FINANCES
IMPLEMENTATION

SPECIALIST INFORMATION

SEARCH
THE TEAM
CONTACT & IMPRINT



Old New Territory Frankfurt

(1) 桥网的建设将在桥梁建筑上创造超过45万平方米的屋顶空间。理论上都可以用于光伏发电--但即使是其中的一部分，每年也能发电58GWh。

THE PLAN

BUILDINGS & BRIDGES URBAN GREEN & NATURE WATER

能源

目标：城市能源转型
桥梁网络的电力需求
桥梁网络的供暖和制冷需求
市区光伏发电
地热储能
未来能源基础设施

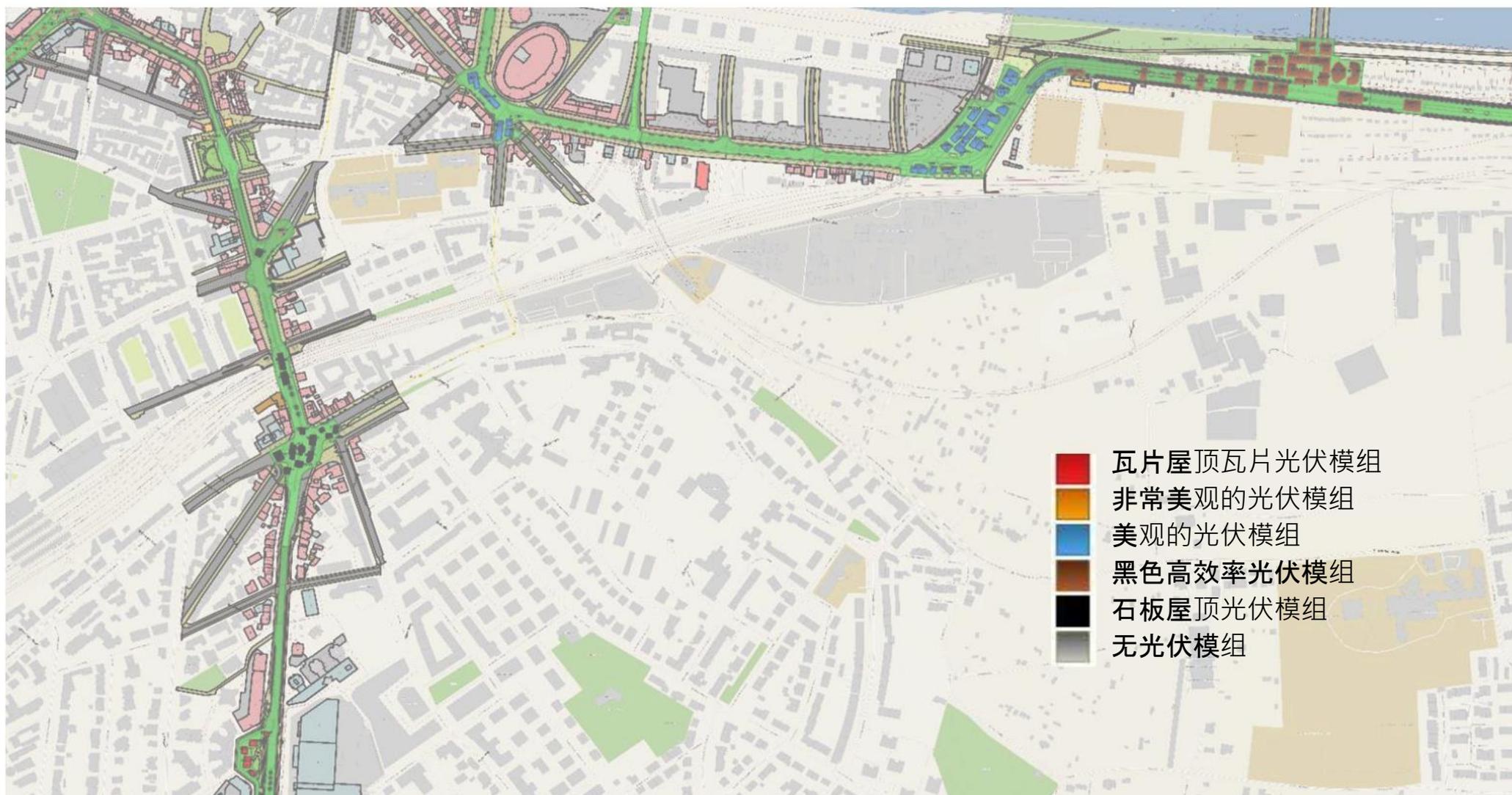
TRANSPORT URBAN CLIMATE - GLOBAL CLIMATE

ART & CULTURE PACKAGING - INNOVATIVE OLD NEW TERRITORY WORLDWIDE

LAW FINANCES IMPLEMENTATION

SPECIALIST INFORMATION

SEARCH THE TEAM CONTACT & IMPRINT



- 瓦片屋顶瓦片光伏模组
- 非常美观的光伏模组
- 美观的光伏模组
- 黑色高效率光伏模组
- 石板屋顶光伏模组
- 无光伏模组

THE PLAN

BUILDINGS & BRIDGES URBAN GREEN & NATURE WATER

能源

目标：城市能源转型
桥梁网络的电力需求
桥梁网络的供暖和制冷需求
市区光伏发电
地热储能
未来能源基础设施

TRANSPORT URBAN CLIMATE - GLOBAL CLIMATE

ART & CULTURE PACKAGING - INNOVATIVE OLD NEW TERRITORY WORLDWIDE

LAW FINANCES IMPLEMENTATION

SPECIALIST INFORMATION

SEARCH THE TEAM CONTACT & IMPRINT



1) 屋顶：桥网中的绿色屋顶或具有特殊艺术特征的露台将不安装光伏模组

在法兰克福市区，使用**最新技术**，每平方米光伏模组每年可发电275kWh。但前提是屋顶上没有遮挡，并且面朝阳光。

总体而言，桥梁外臂的屋顶上只有80%的面积安装了具有石板或瓦片外观的光伏组件。尽管这些模块可以在最大程度上进行美学优化，但它们的效率只有12%（相比之下，高效光伏组件的效率超过25.5%）。

光伏不用于内城建筑的屋顶，因为内城地区的**工艺石板、铜或瓦片**屋顶不适合工业化生产的光伏组件--无论其颜色多么漂亮或形状多么优美。

由于法兰克福桥网中有许多其他的表面可以安装光伏组件，所以不必追求在城市内环桥梁网络的建筑屋顶上也安装光伏模组。那些屋顶是由工艺美术大师按照传统风格建造的，历史意义重大—它们以不同的方式对社会做出了宝贵的贡献。

(3) 桥网道路两侧：在道路的两侧光伏组件将垂直安装--总面积达27万平方米，年发电量约30GWh

THE PLAN

BUILDINGS & BRIDGES URBAN GREEN & NATURE WATER

能源

目标：城市能源转型
桥梁网络的电力需求
桥梁网络的供暖和制冷需求
市区光伏发电
地热储能
未来能源基础设施

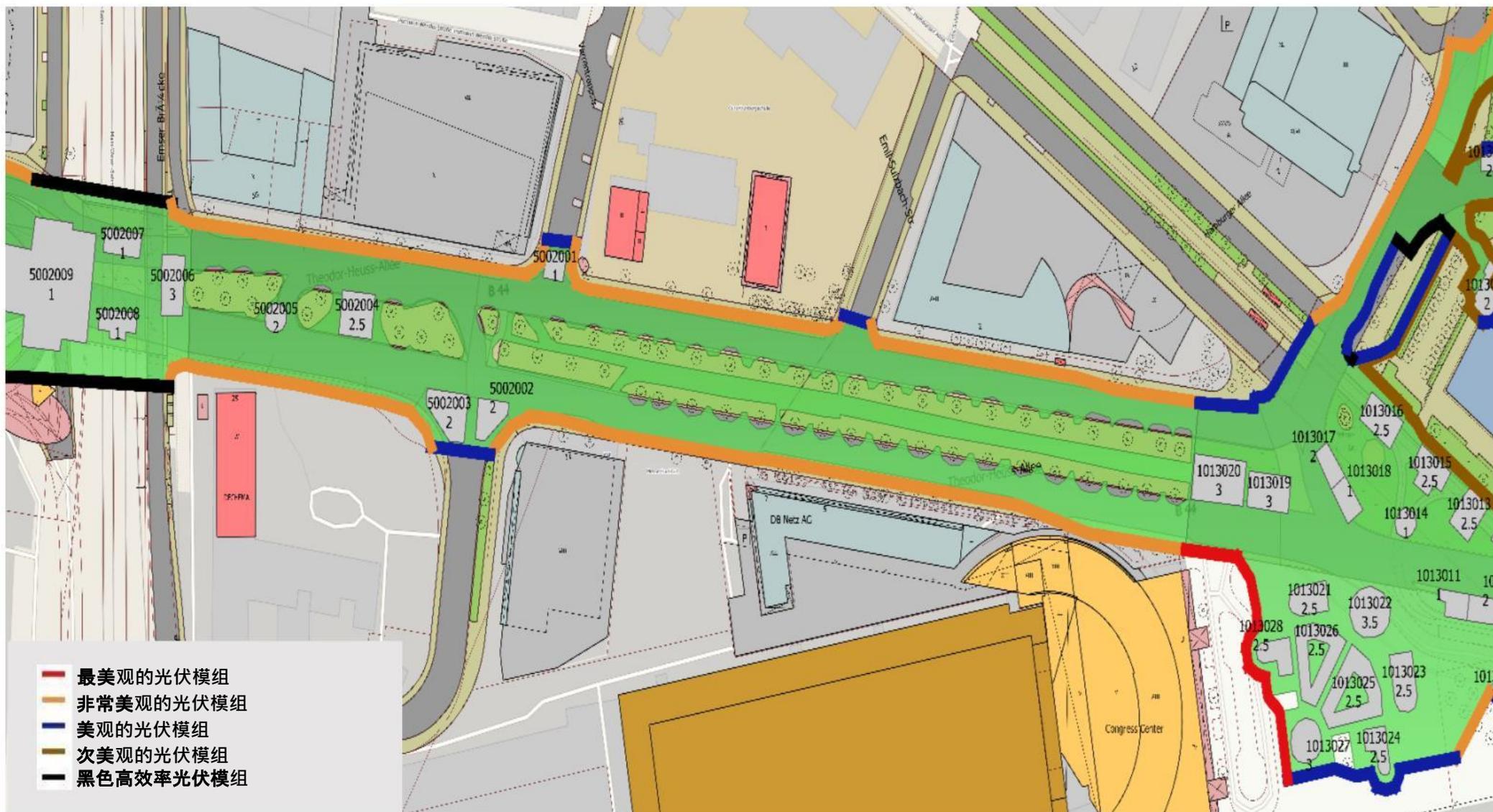
TRANSPORT URBAN CLIMATE - GLOBAL CLIMATE

ART & CULTURE PACKAGING - INNOVATIVE OLD NEW TERRITORY WORLDWIDE

LAW FINANCES IMPLEMENTATION

SPECIALIST INFORMATION

SEARCH THE TEAM CONTACT & IMPRINT



Old New Territory Frankfurt

THE PLAN

BUILDINGS & BRIDGES URBAN GREEN & NATURE WATER

能源

目标：城市能源转型
桥梁网络的电力需求
桥梁网络的供暖和制冷需求
市区光伏发电
地热储能
未来能源基础设施

TRANSPORT URBAN CLIMATE - GLOBAL CLIMATE

ART & CULTURE PACKAGING - INNOVATIVE OLD NEW TERRITORY WORLDWIDE

LAW FINANCES IMPLEMENTATION

SPECIALIST INFORMATION

SEARCH THE TEAM CONTACT & IMPRINT



(5) 为了补充电力供应，可在桥梁两端继续设置高速公路顶棚。

为了尽可能降低这些光伏装置的费用，"高速公路延伸部分"只安装在高速公路直行的地方，否则将增加定制的弧形光伏屋顶组件的费用。Frankfurt大桥的所有七个臂膀都在联邦主干道上结束：总共有30,000平方米的主干道可以用这种"延伸"的屋顶，并在太阳的方向和最佳角度上配备光伏组件。这将产生总共7 GWh/a的电力。



Old New Territory Frankfurt

THE PLAN

BUILDINGS & BRIDGES URBAN GREEN & NATURE WATER

能源

目标：城市能源转型
桥梁网络的电力需求
桥梁网络的供暖和制冷需求
市区光伏发电
地热储能
未来能源基础设施

TRANSPORT URBAN CLIMATE - GLOBAL CLIMATE

ART & CULTURE PACKAGING - INNOVATIVE OLD NEW TERRITORY WORLDWIDE

LAW FINANCES IMPLEMENTATION

SPECIALIST INFORMATION

SEARCH THE TEAM CONTACT & IMPRINT



5) 桥网旁的停车场：沿着法兰克福桥网，38万平方米的停车场也可以配备光伏组件

在桥网建设过程中，将在**商场或办公楼的停车场**左右两侧建造38万平方米的**安装光伏组件的停车场顶棚**--对业主来说是**免费的**。同时还有其他好处：**他们的客户可以在任何天气下从容地上下车**（下雨时上车，脚是干爽的不会把车内弄湿；同样在夏天也能保证汽车内部不会过热）。此外，他们的雇员或客户可以使用设置在停车柱上的**充电点**，以便越来越多的电动汽车在停车期间充电。



桥梁沿线的停车场



Old New Territory Frankfurt

(6) 如果所有的大型停车场和桥梁沿线的屋顶都安装黑色的高效光伏组件并以最佳的角度向南，每年可发电272GWh。

THE PLAN

BUILDINGS & BRIDGES
URBAN GREEN & NATURE
WATER

能源

目标：城市能源转型
桥梁网络的电力需求
桥梁网络的供暖和制冷需求
市区光伏发电
地热储能
未来能源基础设施

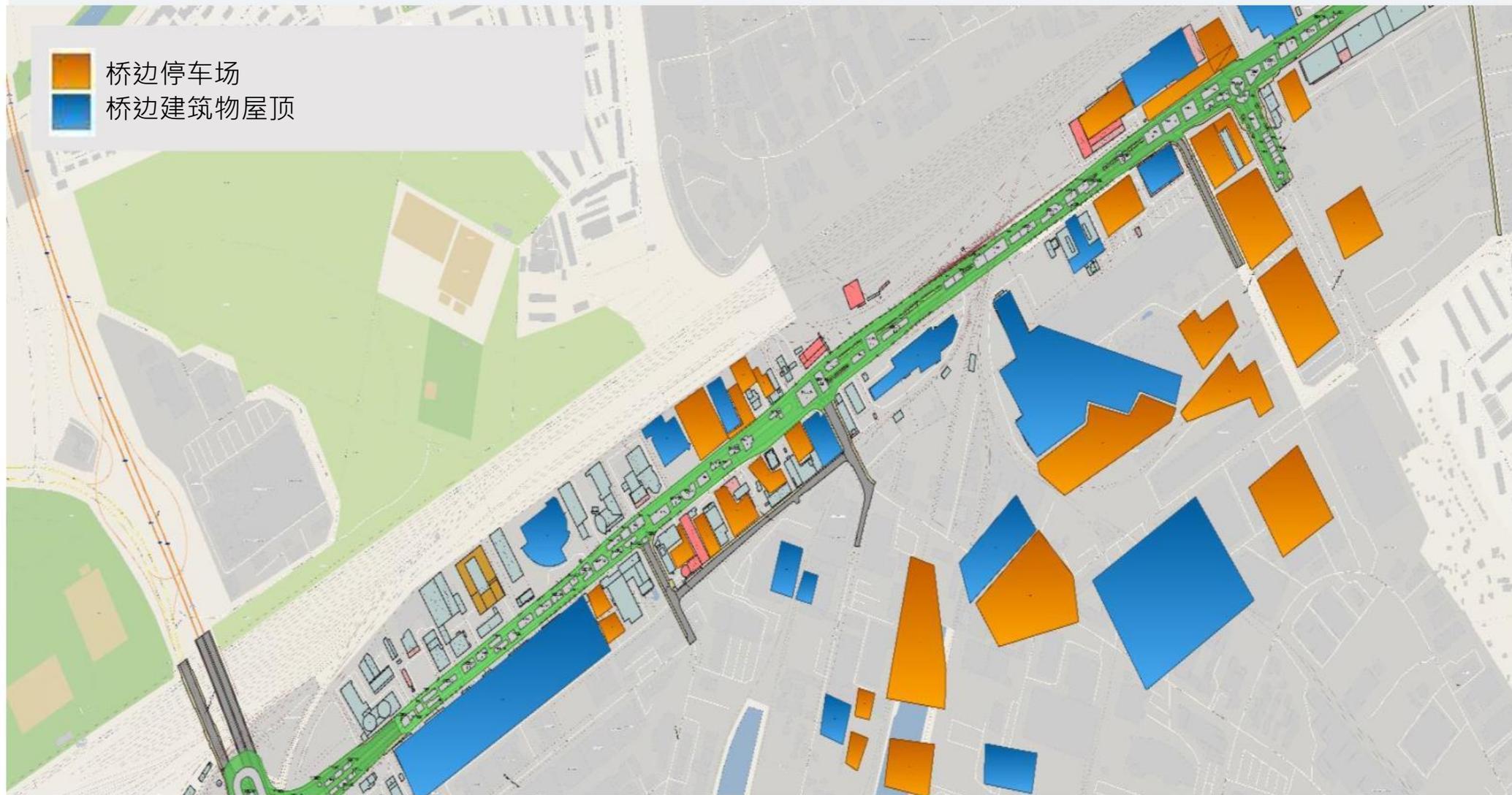
TRANSPORT
URBAN CLIMATE - GLOBAL CLIMATE

ART & CULTURE
PACKAGING - INNOVATIVE
OLD NEW TERRITORY WORLDWIDE

LAW
FINANCES
IMPLEMENTATION

SPECIALIST INFORMATION

SEARCH
THE TEAM
CONTACT & IMPRINT



桥网和桥网沿线的光伏组件每年可发电410 GWh

其中贡献最大的是桥网建筑的屋顶，每年发电58GWh。因为它们位于平坦的屋顶上，不显眼，而且以37度的最佳角度面向太阳。其次是安装在桥网两侧的光伏组件，每年发电31GWh。由于这些组件是垂直安装的，只在有限的范围内或在某些对准太阳的最佳角度才能处于最佳工作状态。

大桥旁边的大型停车场和建筑具有最大的潜力：由于它们大多位于法兰克福大桥的外侧，从住宅楼里几乎看不到，所以它们的大部分表面都覆盖着高效的光伏组件，这些组件以最佳的方式面向太阳，每年可发电277GWh，几乎是在大桥上和旁边的光伏组件发电量的两倍。

THE PLAN

BUILDINGS & BRIDGES

URBAN GREEN & NATURE

WATER

能源

目标：城市能源转型

桥梁网络的电力需求

桥梁网络的供暖和制冷需求

市区光伏发电

地热储能

未来能源基础设施

TRANSPORT

URBAN CLIMATE - GLOBAL CLIMATE

ART & CULTURE

PACKAGING - INNOVATIVE

OLD NEW TERRITORY WORLDWIDE

LAW

FINANCES

IMPLEMENTATION

SPECIALIST INFORMATION

SEARCH

THE TEAM

CONTACT & IMPRINT



发电量

光伏组件位置	总面积 (m ²)	85% 总可发电量E (GWh/年)	占比 E	桥上&桥边比例 (%)
桥侧面	272.797	31	6,07	27,11
天幕	97.040	20	3,86	
顶部	476.026	58	11,44	
外墙立面	70.763	5	0,92	
窗户	17.691	0,5	0,09	
立柱	22.318	0,1	0,02	
电梯	1.200	0,3	0,05	
车站	5.000	1	0,20	
桥梁外延	108.054	24,6	4,77	
小计	1.070.888	140		
停车场	498.420	135	26,52	72,89
桥边建筑物	723.350	142	27,71	
小计	1.221.770	277		
TOTAL	2.682.278	417	100	100

THE PLAN

BUILDINGS & BRIDGES

URBAN GREEN & NATURE

WATER

能源

目标：城市能源转型

桥梁网络的电力需求

桥梁网络的供暖和制冷需求

市区光伏发电

地热储能

未来能源基础设施

TRANSPORT

URBAN CLIMATE - GLOBAL CLIMATE

ART & CULTURE

PACKAGING - INNOVATIVE

OLD NEW TERRITORY WORLDWIDE

LAW

FINANCES

IMPLEMENTATION

SPECIALIST INFORMATION

SEARCH

THE TEAM

CONTACT & IMPRINT



Die Stromproduktion durch PV-Module muss nicht an den Außenarmen der Brücken enden – sie kann an Masten installiert auch darüber hinaus erfolgen, entlang von Autobahnen und Bundesstraßen

THE PLAN

BUILDINGS & BRIDGES

URBAN GREEN & NATURE

WATER

能源

目标：城市能源转型

桥梁网络的电力需求

桥梁网络的供暖和制冷需求

市区光伏发电

地热储能

未来能源基础设施

TRANSPORT

URBAN CLIMATE - GLOBAL CLIMATE

ART & CULTURE

PACKAGING - INNOVATIVE

OLD NEW TERRITORY WORLDWIDE

LAW

FINANCES

IMPLEMENTATION

SPECIALIST INFORMATION

SEARCH

THE TEAM

CONTACT & IMPRINT



Das Konzept der Energiebänder ist einfach zu implementieren, vergleichsweise kostengünstig und weder für Natur noch Menschen invasiv

Ca. alle 15 Meter wird ein Mast aus Eisenfachwerk aufgestellt, ähnlich den herkömmlichen Strommasten, nur viel kleiner: Die Fachwerk-Konstruktion ist materialsparend und sorgt dafür, dass Autofahrer freie Sicht entlang der Straße behalten.

In einer Höhe von rund 5 m werden die Masten miteinander verbunden, und Photovoltaik-Module werden an den Verbindungsstegen in einer Reihe (wie ein Band) zwischen den Masten angebracht. Eine zweite Reihe wird ca. 2 m über der ersten angebracht, so dass die Verschattung der unteren Reihe geringfügig bleibt.

Die PV-Module haben eine Breite von 1,50 m und werden im optimalen Winkel zur Sonne ausgerichtet. Es handelt sich um hocheffiziente schwarze PV-Module. Da sie über dem Rand von Straßen angebracht werden, die bereits dunkelgrau sind, können sie kilometerlang installiert werden, ohne dass sie sich auf die Albedo oder das Lokalklima auswirken.



Old New Territory Frankfurt

Rund 100 GWh/a können mithilfe von ca. 60 km langen Energiebändern rund um Frankfurt gewonnen werden

THE PLAN

BUILDINGS & BRIDGES
URBAN GREEN & NATURE
WATER

能源

目标：城市能源转型
桥梁网络的电力需求
桥梁网络的供暖和制冷需求
市区光伏发电
地热储能
未来能源基础设施

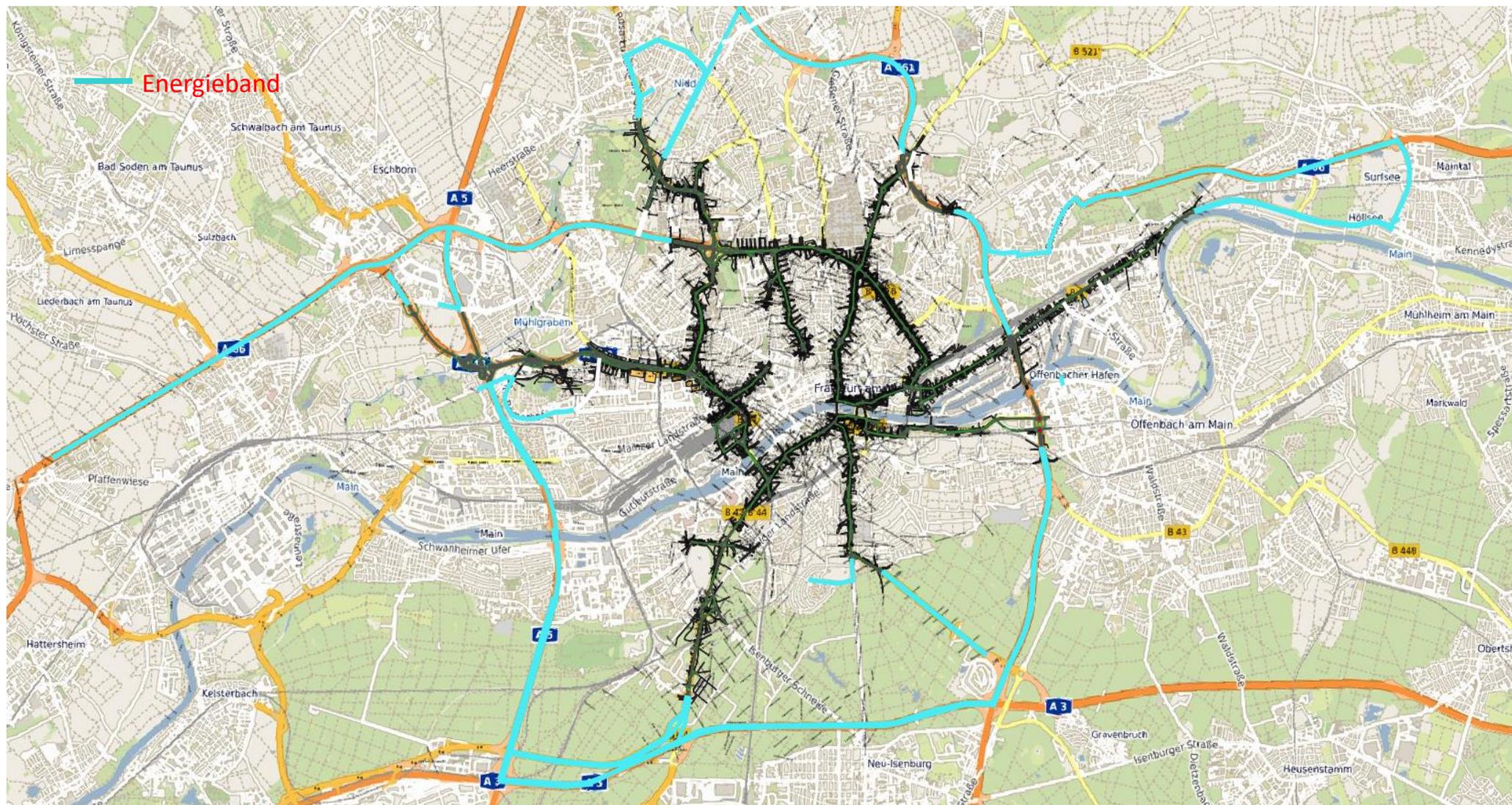
TRANSPORT
URBAN CLIMATE - GLOBAL CLIMATE

ART & CULTURE
PACKAGING - INNOVATIVE
OLD NEW TERRITORY WORLDWIDE

LAW
FINANCES
IMPLEMENTATION

SPECIALIST INFORMATION

SEARCH
THE TEAM
CONTACT & IMPRINT



桥网光伏组件的发电量为133GWh/年，桥网沿线的光伏发电量277GWh/年，以及100 GWh/年来自能源带--510 GWh/年的总发电量可满足超过法兰克福一半以上的家庭用电需求

THE PLAN

BUILDINGS & BRIDGES
URBAN GREEN & NATURE
WATER

能源

目标：城市能源转型
桥梁网络的电力需求
桥梁网络的供暖和制冷需求
市区光伏发电
地热储能
未来能源基础设施

TRANSPORT
URBAN CLIMATE - GLOBAL CLIMATE

ART & CULTURE
PACKAGING - INNOVATIVE
OLD NEW TERRITORY WORLDWIDE

LAW
FINANCES
IMPLEMENTATION

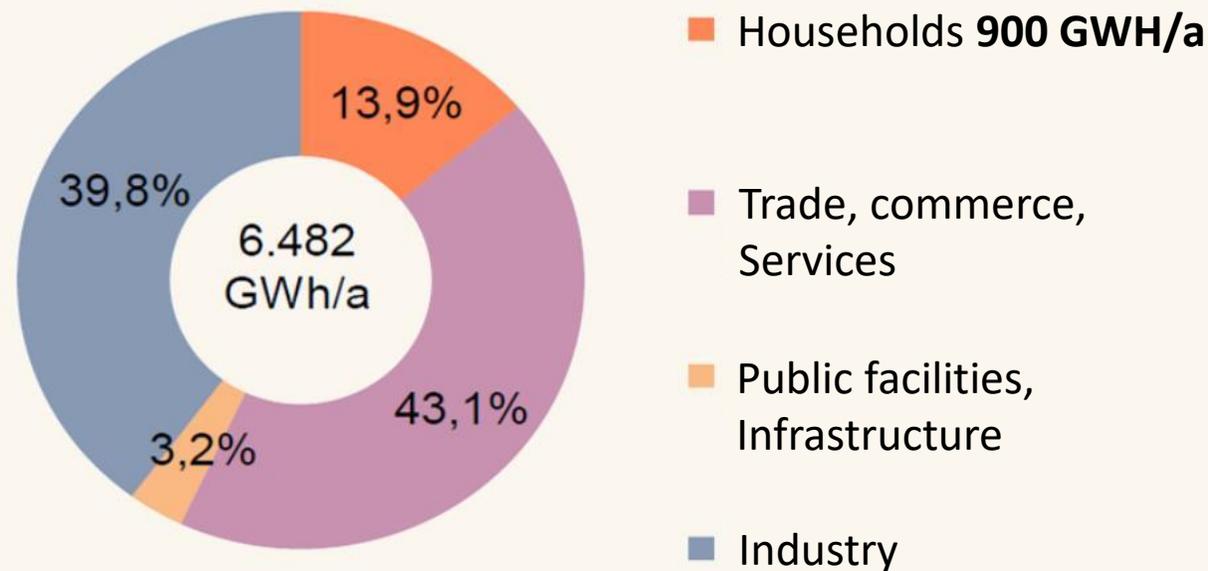
SPECIALIST INFORMATION

SEARCH
THE TEAM
CONTACT & IMPRINT



Electricity consumption by sector

Energy Profile Frankfurt 2018



然而，这些巨大的额外电力的实际最佳使用，必须与当地供应商Mainova协调。法兰克福桥区本身就消耗了120GWh/年。其中很大一部分约390GWh/年将流向绿色氢气生产、桥网上和沿线的车辆供应，以及进入在夜间和冬季为桥网供能的预留仓库。

Old New Territory Frankfurt

THE PLAN

BUILDINGS & BRIDGES URBAN GREEN & NATURE WATER

能源

目标：城市能源转型
桥梁网络的电力需求
桥梁网络的供暖和制冷需求
市区光伏发电
地热储能
未来能源基础设施

TRANSPORT URBAN CLIMATE - GLOBAL CLIMATE

ART & CULTURE PACKAGING - INNOVATIVE OLD NEW TERRITORY WORLDWIDE

LAW FINANCES IMPLEMENTATION

SPECIALIST INFORMATION

SEARCH THE TEAM CONTACT & IMPRINT



结论：桥梁系统不仅从市区发电中产生
盈余，而且作为一个基础设施网络，可
以为其周边区域供电。

桥梁上有100万平方米的光伏表面，可生产133GWh/年的
电力。桥梁系统附近的光伏组件还可以产生277GWh的电
力。另外桥梁系统两端的延长形式的能量带还可以产生
100GWh/年的电力。

桥梁系统只需要为自己的居民、企业和基础设施提供大约
120GWh/年。这意味着，利用剩余的390GWh/年，他们可
以为法兰克福的居民提供可再生的绿色电力。

在居民区大规模安装光伏必须以专业方式进行，以确保对
居民的健康没有影响。这毫无疑问是规划过程中的一个组
成部分，正如选择无污染的光伏组件一样。

Oberflächennahe Geothermie

Old New Territory Frankfurt

THE PLAN

BUILDINGS & BRIDGES URBAN GREEN & NATURE WATER

能源

目标：城市能源转型
桥梁网络的电力需求
桥梁网络的供暖和制冷需求
市区光伏发电

地热储能

未来能源基础设施

TRANSPORT URBAN CLIMATE - GLOBAL CLIMATE

ART & CULTURE PACKAGING - INNOVATIVE OLD NEW TERRITORY WORLDWIDE

LAW FINANCES IMPLEMENTATION

SPECIALIST INFORMATION

SEARCH THE TEAM CONTACT & IMPRINT



每年约435GWh的热能由法兰克福桥梁系统产生或收集，并被转送储存。

通过法兰克福大桥85%的桥墩（12750座），每年可以从地下提取35GWh的热能--这是近地表地热能的经典使用案例。

此外，100万平方米的PVT混合光伏热太阳能组件每年可产生约300GWh的热能。另外100GWh/年热量来自法兰克福的数据中心和工业园区的废热。在几千个钻孔热能储存器（BTES）的帮助下，每年大约340 GWh的热能可以在夏季储存在地下，并在冬季提取并再次用于空间加热等用途。



Old New Territory Frankfurt

THE PLAN

BUILDINGS & BRIDGES URBAN GREEN & NATURE WATER

能源

目标：城市能源转型
桥梁网络的电力需求
桥梁网络的供暖和制冷需求
市区光伏发电

地热储能

未来能源基础设施

TRANSPORT URBAN CLIMATE - GLOBAL CLIMATE

ART & CULTURE PACKAGING - INNOVATIVE OLD NEW TERRITORY WORLDWIDE

LAW FINANCES IMPLEMENTATION

SPECIALIST INFORMATION

SEARCH THE TEAM CONTACT & IMPRINT



章节内容：从地下提取天然地热，此外地上收集的热量也储存在地下

Old New Territory Frankfurt

THE PLAN

BUILDINGS & BRIDGES URBAN GREEN & NATURE WATER

能源

目标：城市能源转型
桥梁网络的电力需求
桥梁网络的供暖和制冷需求
市区光伏发电

地热储能

未来能源基础设施

TRANSPORT URBAN CLIMATE - GLOBAL CLIMATE

ART & CULTURE PACKAGING - INNOVATIVE OLD NEW TERRITORY WORLDWIDE

LAW FINANCES IMPLEMENTATION

SPECIALIST INFORMATION

SEARCH THE TEAM CONTACT & IMPRINT



土壤的水力渗透性对热量传输有决定性的影响。法兰克福在南部有相对沙质的土壤，而在北部，地表正下方往往有“法兰克福粘土”。

在水力渗透率较高的情况下，所谓的“热羽”的扩散显然是以对流式热传输为特征的--如果只依赖地热（即通过地下水流入的热量），则是积极的。另一方面，高水力渗透率不适合将地上收集的热量储存在底层土壤中。因为在法兰克福几乎在最初的20米深度里都可以找到地下水，所以所有的桥柱桩都配备了对流热传输的探头。

在水力渗透率低的情况下，热羽的传播主要以传导性热传输为特征。尽管这不适合提取土壤自身的热量，因为没有地下水的热量“补充”。然而，这对于在地面上收集到的热量在底层的热存储来说是再好不过了。在法兰克福桥梁系统的建设过程中，大桥的路面都将被更新，因此这次可以在大桥沿线的路边区域安装探头场。

这两种地热概念都应用在桥梁系统上。这些柱子每年从地面上共提取35GWh的热量用于供暖；并且独立地将夏季收集的约340GWh的热量送入地下，由桥梁沿线的钻孔场储存。在这340 GWh/a中，约290 GWh/a来自上述桥梁上和沿线的混合集热器；50 GWh/a来自计算中心的废热。根据利用地下现有的热量还是将地上收集的太阳能热量送入地下储存，必须使用不同的地面探针装置。

THE PLAN

BUILDINGS & BRIDGES URBAN GREEN & NATURE WATER

能源

目标：城市能源转型
桥梁网络的电力需求
桥梁网络的供暖和制冷需求
市区光伏发电
地热储能
未来能源基础设施

TRANSPORT URBAN CLIMATE - GLOBAL CLIMATE

ART & CULTURE PACKAGING - INNOVATIVE OLD NEW TERRITORY WORLDWIDE

LAW FINANCES IMPLEMENTATION

SPECIALIST INFORMATION

SEARCH THE TEAM CONTACT & IMPRINT

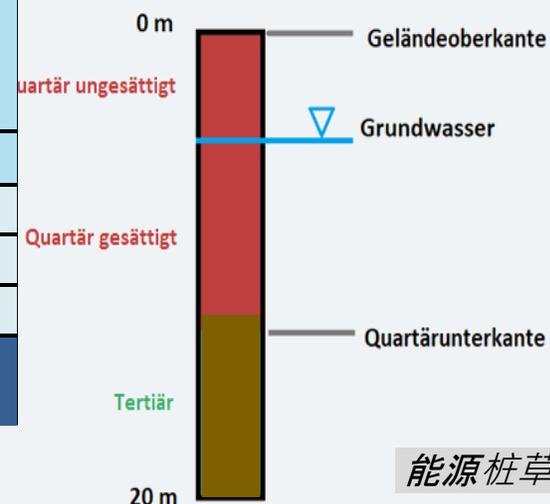
法兰克福桥梁系统的每根能源桩能够以1kW的功率从地下提取热量

这是考虑到每米有多少热量可以被提取 (W/m) 的结果。这在不同的土层中是不同的，因此它的权重是以各自土层的厚度，即岩层厚度。

- 即各自的 (W/m) x 各自的厚度 (m)。

计算结果：在计算情景中，20米长的桩的热量提取 (W) 在885至1148W之间。因此，假设每根桩的平均取热量为1000瓦或1千瓦。

岩层厚度 (m)	岩性	热导率 λ (W/mK)	1800小时每米热提取功率 (W/m)		每年运行1800小时热提取功率 (W)	
			从	至	从	至
2.5	第四纪非饱和	0.5	25	25	62.5	62.5
7	第四纪饱和沙	1.7	65	80	455	560
10.5	第三纪饱和沙	1.4	35	50	367.5	525
总计					885	1147.5



THE PLAN

- BUILDINGS & BRIDGES
- URBAN GREEN & NATURE
- WATER

能源

- 目标：城市能源转型
- 桥梁网络的电力需求
- 桥梁网络的供暖和制冷需求
- 市区光伏发电
- 地热储能
- 未来能源基础设施

- TRANSPORT
- URBAN CLIMATE - GLOBAL CLIMATE

- ART & CULTURE
- PACKAGING - INNOVATIVE
- OLD NEW TERRITORY WORLDWIDE

- LAW
- FINANCES
- IMPLEMENTATION

- SPECIALIST INFORMATION

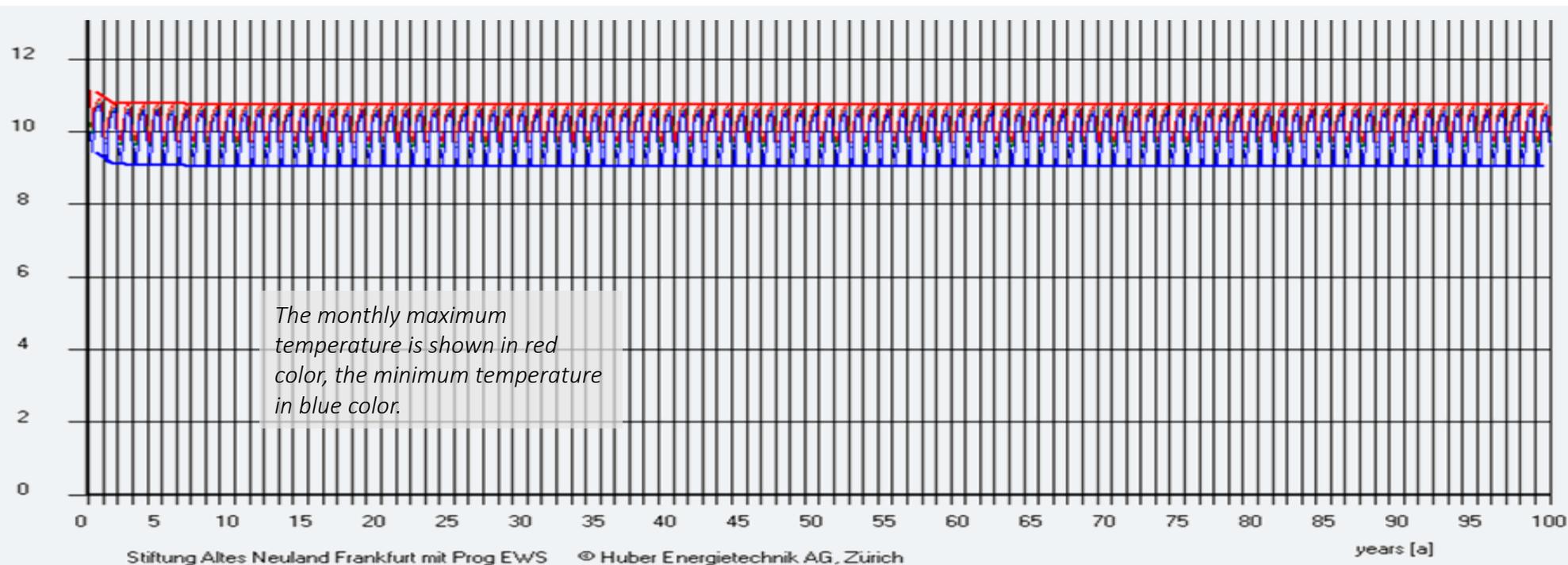
- SEARCH
- THE TEAM
- CONTACT & IMPRINT



耦合系统确保地面温度在几十年的使用中几乎保持不变--法兰克福肯尼迪大街的模拟实例

作为本可行性研究的一部分，利用提供地面温度再生的耦合系统，对肯尼迪大街上的法兰克福桥梁系统的一个部分模拟了100年来的探测入口温度的发展。

该结果证实了耦合系统的有效性。最高的探头入口温度只出现在第一年（ 11.1°C ），一直下降到第100年（ 10.8°C ）。第一年的最低探头入口温度为 9.4°C ，到第100年时降至 9.1°C 。



Insgesamt werden ca. 303 GWh/a Wärme durch PVT Hybridkollektoren erzeugt

Mit 1 Mio Quadratmeter PVT Hybridkollektoren werden ca. 303 GWh/a Wärme erzeugt; ca. die Hälfte davon befindet sich auf den Brücken und die andere Hälfte auf den Parkplatzüberdachungen neben den Brücken.

THE PLAN

- BUILDINGS & BRIDGES
- URBAN GREEN & NATURE
- WATER

能源

目标：城市能源转型
桥梁网络的电力需求
桥梁网络的供暖和制冷需求
市区光伏发电

地热储能

未来能源基础设施

- TRANSPORT
- URBAN CLIMATE - GLOBAL CLIMATE

- ART & CULTURE
- PACKAGING - INNOVATIVE
- OLD NEW TERRITORY WORLDWIDE

- LAW
- FINANCES
- IMPLEMENTATION

SPECIALIST INFORMATION

- SEARCH
- THE TEAM
- CONTACT & IMPRINT



Thermal energy generation through PVT modules				
PVT solar modules	total area (m2)	85% of total energy (GWh/a)	Shares E (%)	Shares on & next to the bridges (%)
(1) Roofs of the bridge buildings	47.429	11,25	3,71	51,56
(2) Canopies and station roofs	58.078	14,17	4,67	
(3) Bridge sides	445.723	119,51	39,39	
(4) Facades of the bridge buildings	55.882	11,51	3,79	
(5) Parking next to the bridges	411.675	146,97	48,44	48,44
SUM	1.018.787	303	100	100

Rund 80 % der Wärme (246 GWh/a) wird im Sommer erzeugt, wenn fast kein Wärmebedarf besteht. Deswegen wird die erzeugte Wärme im Sommer unterirdisch in BTES (Borehole Thermal Energy Storage) gespeichert und im Winter zum Heizen mit Niedrigtemperaturen wieder hervorgeholt.

Im Winter werden die restlichen 20% Wärme (57 GWh/a) erzeugt. Diese wird direkt zum Verbraucher zum Heizen weitergeleitet..



能源

目标：城市能源转型
桥梁网络的电力需求
桥梁网络的供暖和制冷需求
市区光伏发电

地热储能
未来能源基础设施



在法兰克福，来自数据中心、工业园区和废水的废热潜力约为190兆瓦，每年超过1.66太瓦时。

根据法兰克福余热登记册，每年1660亿瓦时的电量划分如下：

- 100 MW (876 GWh) 来自废水的热量
- 40 MW (350 GWh)来自工业园区的废热
- 来自数据中心的50兆瓦（438吉瓦时）的废热

这大约是法兰克福家庭热量消耗的三分之一，但这些热能只能作为低能耗的废热，因此只能在有热泵加热的建筑中使用。

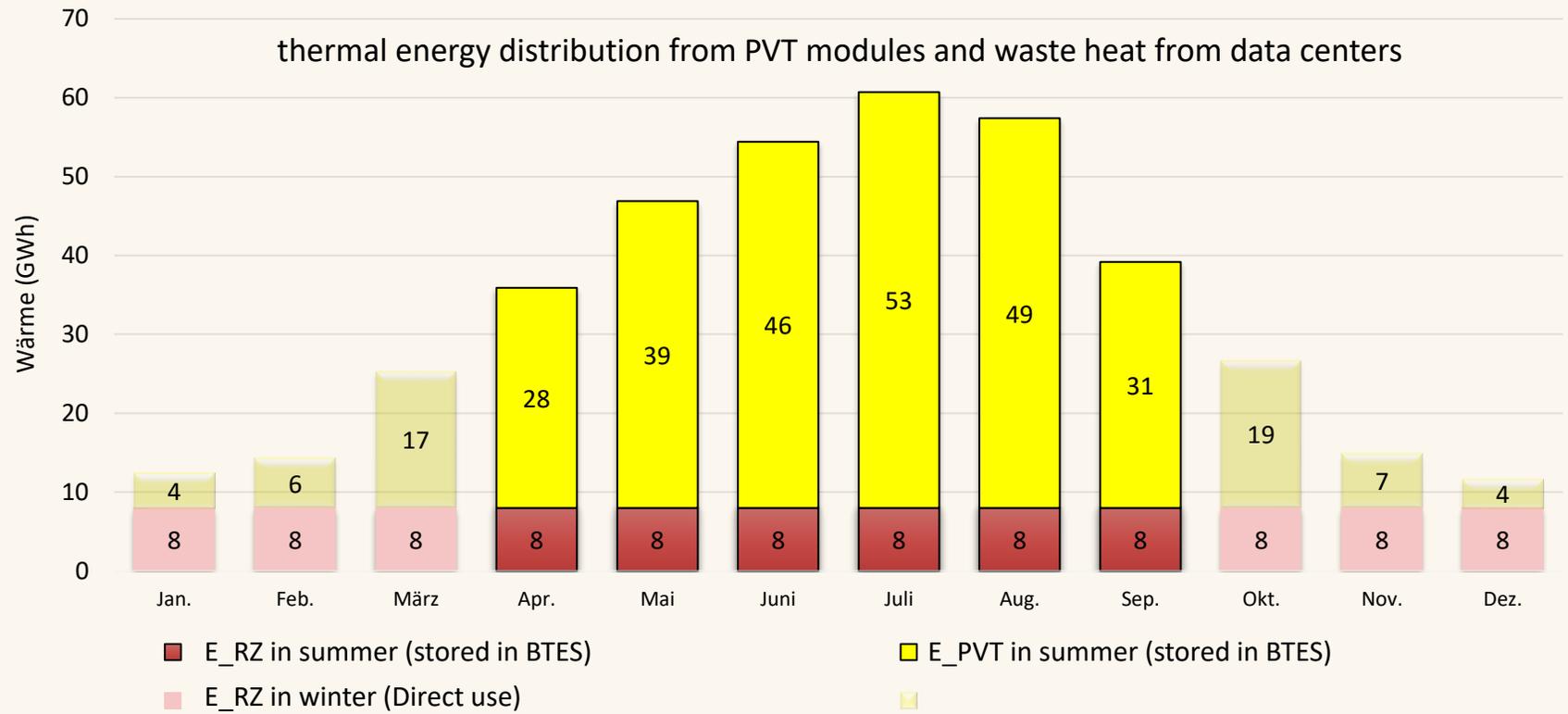
然而，到目前为止，法兰克福的数据中心或工业园区的废热根本无法利用，因为没有管道系统可以将加热后的盐水液体输送到建筑用户的热交换器。不幸的是，它也不能被输入Mainova的区域供热管道，因为它是为80至90°C的热液体设计的。

因此，法兰克福桥梁系统的建设将沿着大桥建立一个管道系统，不仅储存地下PVT混合集热器收集的热量，而且还收集和传输来自数据中心和工业园区的废热，例如主要沿Hanauer Landstrasse和Sossenheim所找到的。

对于这些数据中心和工业园区来说，法兰克福桥梁系统代表着他们的废热在建筑或其他消费者直接联系。

热能不仅在夏季可用

从4月到9月，来自PVT模块的约300GWh/a低温热能（约35°C）和来自数据中心的废热被储存在地下。但在1月至3月和10月至12月期间，产生的热量要么被输送到地下进行再生，要么直接传递给消费者。



夏季收集的热能（约340GWh/a）应储存在一个长期储存设施中

THE PLAN

BUILDINGS & BRIDGES
URBAN GREEN & NATURE
WATER

能源

目标：城市能源转型
桥梁网络的电力需求
桥梁网络的供暖和制冷需求
市区光伏发电

地热储能
未来能源基础设施

TRANSPORT
URBAN CLIMATE - GLOBAL CLIMATE

ART & CULTURE
PACKAGING - INNOVATIVE
OLD NEW TERRITORY WORLDWIDE

LAW
FINANCES
IMPLEMENTATION

SPECIALIST INFORMATION

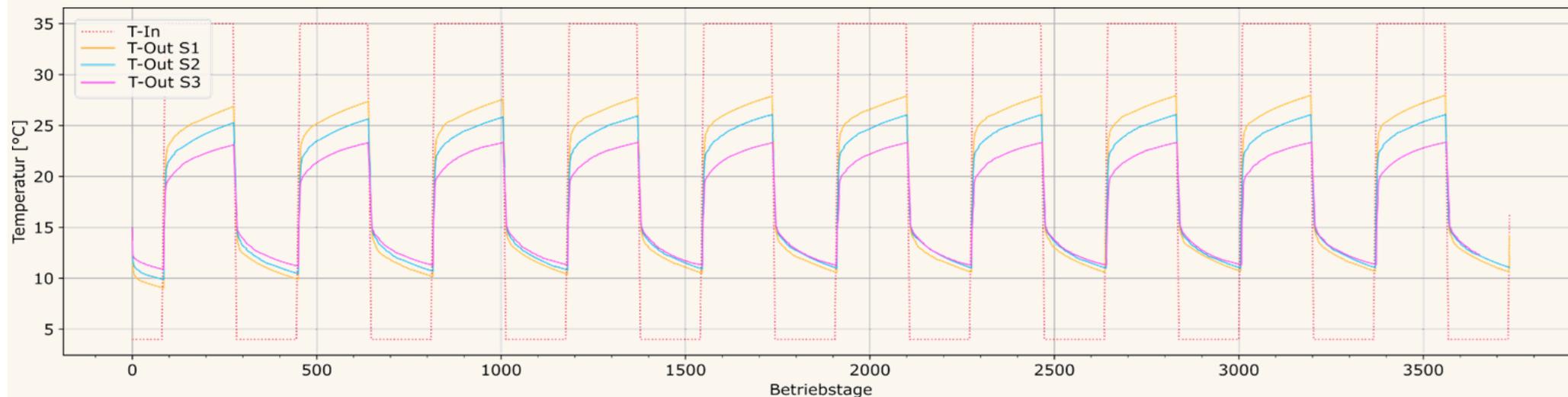
SEARCH
THE TEAM
CONTACT & IMPRINT



模拟结果显示了10年运行期内的入口和出口盐水温度。所有方案中，冬季的入口温度（T-In）被设定为4°C，夏季为35°C（PVT混合集热器的出口温度）。所有方案中，出口温度（T-Out）在供热期间（冬季）下降，在储存期间（夏季）上升。

不同情况下的模型结果。地热探测器中的输入和输出温度

- 出口温度随着储存阶段的对流损失增加而降低
- 在热量提取阶段，出口温度非常相似



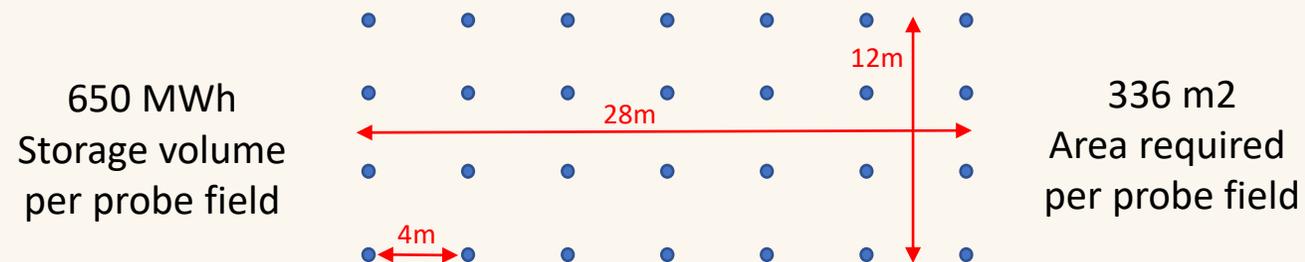
为什么模拟显示冬天的出口温度相似？尽管与S3（大量沙子）相比，S1（只有粘土）的温度梯度更高，因为储存的热量没有从地下水中运走，但由于几乎没有任何对流热传输，地热探测器和储存量之间的热交换也同时降低。

能源

目标：城市能源转型
桥梁网络的电力需求
桥梁网络的供暖和制冷需求
市区光伏发电
地热储能
未来能源基础设施

Für Erdwärme-Sondenfelder werden 175.000 m² Fläche benötigt: Sie werden entweder (I) unter jeder Versorgungszentrale, (II) neben den Rechenzentren und Industriepark und (III) entlang der Brücken im Zuge des Brückenbaus unter den Straßen installiert

Laut simuliertem Modell wird mit 32 Erdwärmesonden (12*28 = 336 m²) 650 MWh thermische Energie gespeichert. Um 296 GWh/a zu speichern, benötigt man ca. 455 Gruppen mit 32 Erdwärmesonden bzw. ca. 155.000 m² Fläche



- (I) Unter jeder Versorgungszentrale können Erdwärme-Sonden installiert werden. Es gibt 200 Versorgungszentralen mit einer Grundfläche von durchschnittlich 100 m², so dass auf diese Weise schon beim Bau der Versorgungszentralen 20.000 m² Fläche mit Sondenfeldern ausgestattet werden können.
- (II) Neben den Rechenzentren und dem Cassella Industriepark können weitere 5.000 m² Erdwärme-Sonden installiert werden, um die Wärme, die vom Ostarm und vom Westarm der Frankfurter Brücken eingesammelt werden, zu speichern.
- (III) Die restlichen benötigten 130.000 m² Platz ergeben sich entlang der 60 km langen Verlaufsstrecke der Frankfurter Brücken: Bei deren Bau muss der Straßenbelag der überbauten Straßen ohnehin in weiten Teilen erneuert werden. Hier können auf 130.000 m² alle notwendigen Erdwärme-Sondenfelder installiert werden.

Old New Territory Frankfurt

绿色所示为在地下水流向上排列的两部分路段...

THE PLAN

BUILDINGS & BRIDGES

URBAN GREEN & NATURE

WATER

能源

目标：城市能源转型

桥梁网络的电力需求

桥梁网络的供暖和制冷需求

市区光伏发电

地热储能

未来能源基础设施

TRANSPORT

URBAN CLIMATE - GLOBAL CLIMATE

ART & CULTURE

PACKAGING - INNOVATIVE

OLD NEW TERRITORY WORLDWIDE

LAW

FINANCES

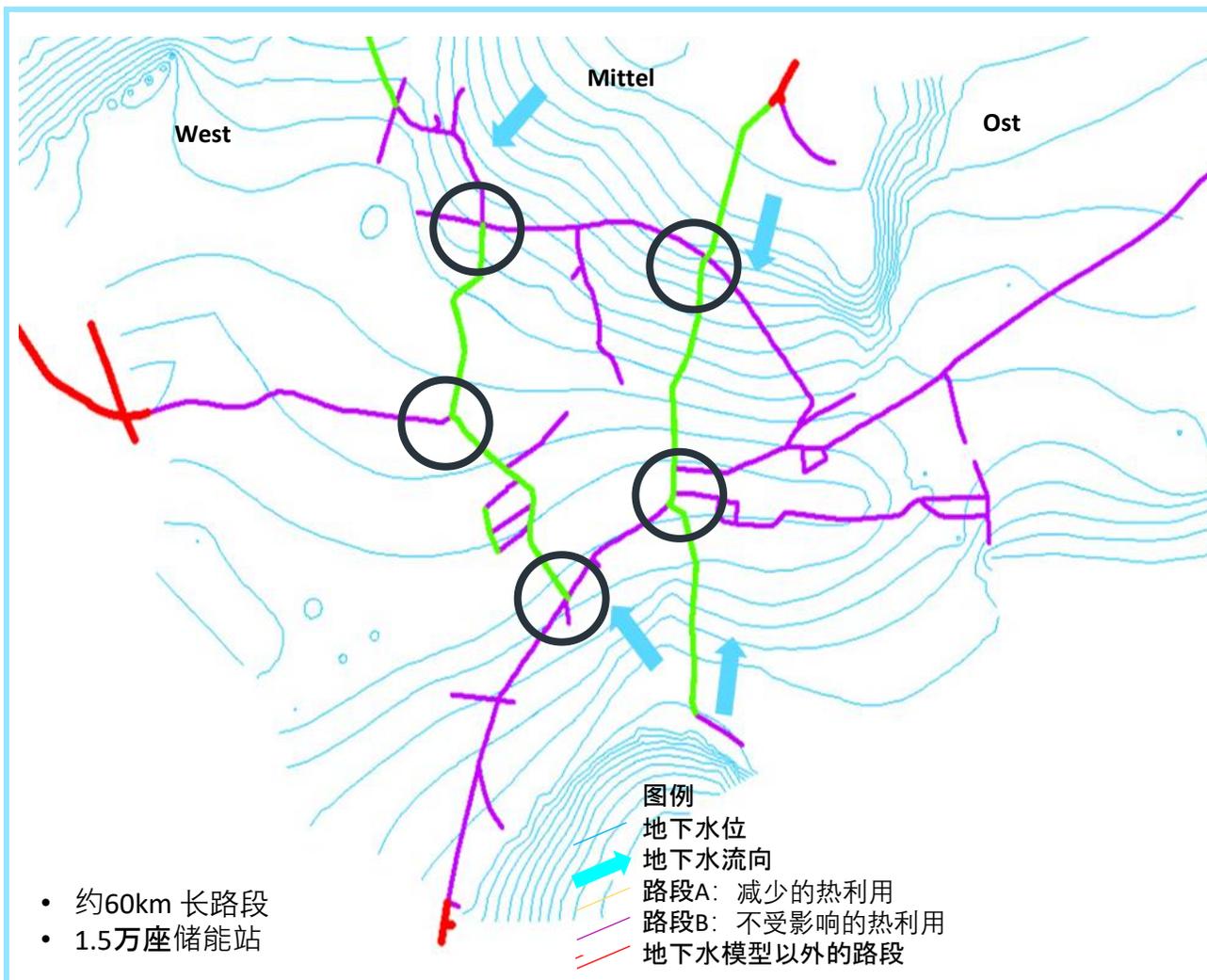
IMPLEMENTATION

SPECIALIST INFORMATION

SEARCH

THE TEAM

CONTACT & IMPRINT



路线A的储热效率高，因为平行的地下水流向导致能量柱的相互影响，阻止了热量向储存区外的输送。

此外，路线A将桥梁很好地分布在三个区域（东、中、西）。这缩短了能量传输的长度，减少了热损失，提高了热存储的效率。

- 约12公里，20米宽：24万平方米
- 其中15万平方米配备了钻孔储热系统，主要在横断面旁边（用黑色圆圈表示）。



Old New Territory Frankfurt

THE PLAN

BUILDINGS & BRIDGES URBAN GREEN & NATURE WATER

能源

目标：城市能源转型
桥梁网络的电力需求
桥梁网络的供暖和制冷需求
市区光伏发电

地热储能

未来能源基础设施

TRANSPORT URBAN CLIMATE - GLOBAL CLIMATE

ART & CULTURE PACKAGING - INNOVATIVE OLD NEW TERRITORY WORLDWIDE

LAW FINANCES IMPLEMENTATION

SPECIALIST INFORMATION

SEARCH THE TEAM CONTACT & IMPRINT



桥梁系统1.5万根柱子的桩基中的探头与地下环形主管道相连，道路下的探头场也是如此，以便在现场不需要的时候可以将热量传递出去。

在地下2米左右，即不结冰区，有一条环形线路，柱桩中的探头和街道下的地热探测场都与之相连。通过这些隔热性能特别好的连接管道，加热的液体可以始终流向需要的地方。客户是桥上的建筑，桥边的温室和游泳池，在遥远的未来，还有桥边的住宅和办公楼。



Old New Territory Frankfurt

THE PLAN

BUILDINGS & BRIDGES URBAN GREEN & NATURE WATER

能源

目标：城市能源转型
桥梁网络的电力需求
桥梁网络的供暖和制冷需求
市区光伏发电

地热储能
未来能源基础设施

TRANSPORT URBAN CLIMATE - GLOBAL CLIMATE

ART & CULTURE PACKAGING - INNOVATIVE OLD NEW TERRITORY WORLDWIDE

LAW FINANCES IMPLEMENTATION

SPECIALIST INFORMATION

SEARCH THE TEAM CONTACT & IMPRINT

当需要加热时从储罐中提取热量，恒温处理的水和来自PVT混合光伏热模块的盐水从地中提取上来，从地下送到最近的供应中心地下室

光伏组件的太阳能热能产生的盐水通过管道沿着柱子流向地面，然后在一个共同的连接管道中继续流向供应中心。它要么用于供暖（在冬季），要么储存在地下，需要时再运回供应中心。在那里，热量通过一个热交换器转移到管道，继续向桥梁建筑和其他用户供暖。

另外，来自地面的水，被那里约14度的地面温度加热后，在柱桩中上升到地热环管，该环管低于地面约2米，所以它是不会冰冻的，并在供应中心地下室的水平上出来，供那里使用。

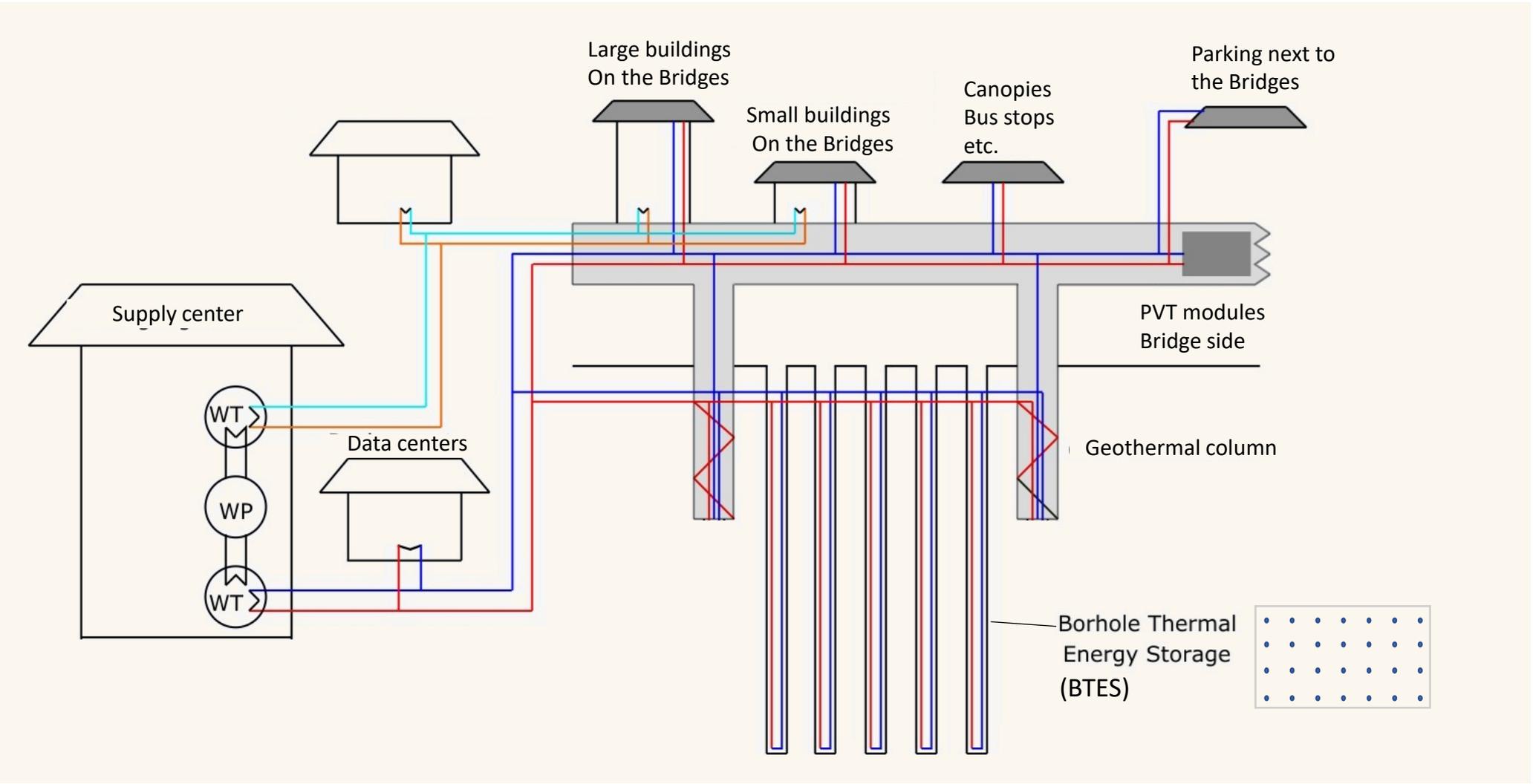


Old New Territory Frankfurt

- THE PLAN
- BUILDINGS & BRIDGES
- URBAN GREEN & NATURE
- WATER
- 能源**
- 目标：城市能源转型
- 桥梁网络的电力需求
- 桥梁网络的供暖和制冷需求
- 市区光伏发电
- 地热储能**
- 未来能源基础设施
- TRANSPORT
- URBAN CLIMATE - GLOBAL CLIMATE
- ART & CULTURE
- PACKAGING - INNOVATIVE
- OLD NEW TERRITORY WORLDWIDE
- LAW
- FINANCES
- IMPLEMENTATION
- SPECIALIST INFORMATION
- SEARCH
- THE TEAM
- CONTACT & IMPRINT



Sowohl die Säulenpfeiler, die mit Sonden versehen werden („Geothermie-Säulen“) als auch die Sondenfelder (BTES) sind an das gemeinsame Wärmeleitnetz der Frankfurter Brücken angeschlossen, welches ein ein gutes Steuerungs- und Regelungssystem benötigt



THE PLAN

BUILDINGS & BRIDGES URBAN GREEN & NATURE WATER

能源

目标：城市能源转型
桥梁网络的电力需求
桥梁网络的供暖和制冷需求
市区光伏发电
地热储能
未来能源基础设施

TRANSPORT URBAN CLIMATE - GLOBAL CLIMATE

ART & CULTURE PACKAGING - INNOVATIVE OLD NEW TERRITORY WORLDWIDE

LAW FINANCES IMPLEMENTATION

SPECIALIST INFORMATION

SEARCH THE TEAM CONTACT & IMPRINT

地热探测场将需要17.5万平方米的空间，它们将被安装在(I)每个供应中心下面，(II)数据中心和工业园区旁边，(III)在桥梁网络建设中沿着整个桥梁网络的道路下。

根据模型，用32个地热探测器（12*28=336平方米）储存650兆瓦时的热能。
为了储存340GWh/a，需要大约520组32个地热探测器，也就是大约17.5万平方米的面积。

- I. 地热探测器可以安装在每个供应中心下面。有200个供应中心，平均表面积为100平方米，因此有2万平方米可以通过这种方式配备探测场。
- II. 除了数据中心和卡塞拉工业园外，还可以在法兰克福桥梁系统的东西两侧安装5000平方米的地热探测器，以储存热量。
- III. 剩余的15万平方米所需空间是沿着法兰克福桥梁系统60公里长的路线。当它们建成后，无论如何都要对所建道路的路面进行更新。在这里，所有必要的地热探测场可以安装在15万平方米上。

Old New Territory Frankfurt

THE PLAN

BUILDINGS & BRIDGES URBAN GREEN & NATURE WATER

能源

目标：城市能源转型
桥梁网络的电力需求
桥梁网络的供暖和制冷需求
市区光伏发电
地热储能
未来能源基础设施

TRANSPORT URBAN CLIMATE - GLOBAL CLIMATE

ART & CULTURE PACKAGING - INNOVATIVE OLD NEW TERRITORY WORLDWIDE

LAW FINANCES IMPLEMENTATION

SPECIALIST INFORMATION

SEARCH THE TEAM CONTACT & IMPRINT



法兰克福的桥梁系统不仅在地面上创造了绿色和人性化的生活空间，而且桥梁的柱子还能将城市的地下变成能源库用于储能。

在法兰克福的桥梁系统上，不仅在桥梁建筑的屋顶上，而且在桥身的光伏组件后面以及沿桥的表面上，都创造了近xxx平方米的太阳能热能表面。有了这些热量，以及许多计算机中心的废热，桥梁下的地面不仅可以在冬季通过热量的提取后再生；事实上，送下去的热量可以远远多于拿出来的。理论上来说。

因为有一个限制性因素：地下水不能太热。在法兰克福城中的一些地方，由于高层建筑的地热能，温度已经达到18度以上。这些已经是有问题的数值：地下水的过度升温会对居住在这个地区的几百种动物以及对净化地下水有巨大贡献的地下水生物的生态系统造成伤害。

因此，在法兰克福桥梁系统项目的初步规划阶段，必须与黑森州自然保护、环境和地质局一起仔细研究这些问题，就是有多大程度以及在哪些地方上的地热装置可以在地下储存热量。

THE PLAN

BUILDINGS & BRIDGES
URBAN GREEN & NATURE
WATER

能源

目标：城市能源转型
桥梁网络的电力需求
桥梁网络的供暖和制冷需求
市区光伏发电

地热储能

未来能源基础设施

TRANSPORT
URBAN CLIMATE - GLOBAL CLIMATE

ART & CULTURE
PACKAGING - INNOVATIVE
OLD NEW TERRITORY WORLDWIDE

LAW
FINANCES
IMPLEMENTATION

SPECIALIST INFORMATION

SEARCH
THE TEAM
CONTACT & IMPRINT



Die Frankfurter Brücken schaffen nicht nur oberirdisch grüne und humane Lebensräume, sondern sie eröffnen durch ihre Säulen auch unterirdisch die Möglichkeit, den Boden unter der Stadt als Energiespeicher zu nutzen

Knapp 1 Mio m² solarthermische Fläche entsteht auf den Frankfurter Brücken, nicht nur auf den Dächern der Brückengebäude, sondern auch am Brückenkopus und auf den Parkplätzen entlang der Brücken. Mit der Wärme daraus sowie der Abwärme vieler Rechenzentren kann der Boden unter den Brücken nicht nur nach der Winterzeit mit ihrem Wärmeentzug wieder regeneriert werden; vielmehr könnte weit mehr Wärme hinuntergeschickt als entnommen werden. Theoretisch.

Denn es gibt einen limitierenden Faktor: Das Grundwasser darf nicht zu warm werden. An manchen Stellen der Frankfurter Innenstadt hat es bereits durch die Geothermie der Hochhäuser 18 °C und mehr. Das sind bereits problematische Werte: Eine zu starke Erwärmung des Grundwassers kann schädlich sein für einige hundert Tierarten, die diesen Bereich bewohnen und für das Ökosystem der Grundwasserorganismen, die einen enormen Beitrag dazu leisten, das Grundwasser zu reinigen.

Entsprechend muss in der Vorplanungsphase der Frankfurter Brücken gemeinsam mit dem hessischen Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie genau geprüft werden, in welchem Ausmaß an welchen Stellen die Geothermie-Anlage der Frankfurter Brücken Wärme im Boden speichern darf.

Old New Territory Frankfurt

THE PLAN

BUILDINGS & BRIDGES URBAN GREEN & NATURE WATER

能源

目标：城市能源转型
桥梁网络的电力需求
桥梁网络的供暖和制冷需求
市区光伏发电

地热储能

未来能源基础设施

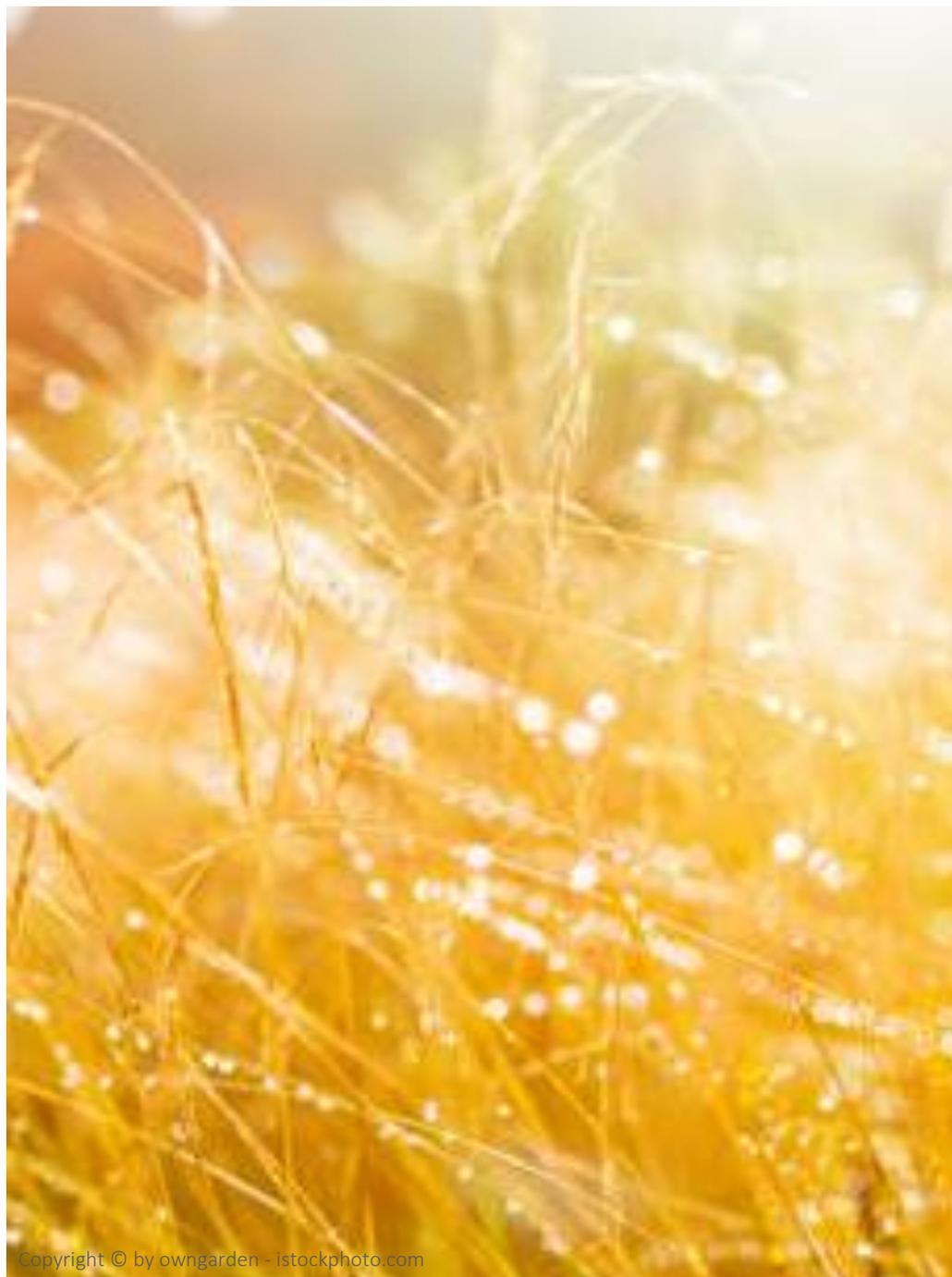
TRANSPORT URBAN CLIMATE - GLOBAL CLIMATE

ART & CULTURE PACKAGING - INNOVATIVE OLD NEW TERRITORY WORLDWIDE

LAW FINANCES IMPLEMENTATION

SPECIALIST INFORMATION

SEARCH THE TEAM CONTACT & IMPRINT



Fazit: Die Brückenstruktur und der Brückenbau können genutzt werden, um Wärme aus dem Boden zu gewinnen oder sie dort zu speichern

Infrastruktur-Projekte gelten zur Zeit meist noch als umweltbelastend und aufgrund der CO₂-Emission bei Betonbauten auch als klimaschädlich.

Dieser Gegensatz zwischen Bauwerk und Natur lässt sich aufheben, wenn das Bauwerk an sich zur Energieerzeugung und –speicherung genutzt wird bzw. wenn im Zuge des Bau einer Infrastruktur gleich umweltfreundliche erneuerbare Energieerzeugung mitinstalliert wird.

Bei den Frankfurter Brücken können die Säulenpfeiler für die Energiegewinnung aus dem Boden genutzt werden; ferner kann das Bauvorhaben an sich genutzt werden, um Sondenfelder zur Energiespeicherung entlang der Brücken im Zuge des Brückenbaus zu installieren.

Die Energie-Infrastruktur der Zukunft

Everything hereafter DeepL

Old New Territory Frankfurt

THE PLAN

BUILDINGS & BRIDGES URBAN GREEN & NATURE WATER

能源

目标：城市能源转型
桥梁网络的电力需求
桥梁网络的供暖和制冷需求
市区光伏发电
地热储能

未来能源基础设施

TRANSPORT URBAN CLIMATE - GLOBAL CLIMATE

ART & CULTURE PACKAGING - INNOVATIVE OLD NEW TERRITORY WORLDWIDE

LAW FINANCES IMPLEMENTATION

SPECIALIST INFORMATION

SEARCH THE TEAM CONTACT & IMPRINT



法兰克福大桥代表了未来的基础设施：在它们的帮助下，能源被分散地产生，它们通过现场消费和复杂的存储景观提供了波动补偿。

桥梁产生的能量部分是以电的形式，部分是以热的形式。在未来的基础设施中，这两种能量流在互动中得到控制和优化。为此，正在为法兰克福的桥梁创建一个复杂的控制系统，该系统对未来的城市区域具有示范作用。

Old New Territory Frankfurt

THE PLAN

BUILDINGS & BRIDGES
URBAN GREEN & NATURE
WATER

能源

目标：城市能源转型
桥梁网络的电力需求
桥梁网络的供暖和制冷需求
市区光伏发电
地热储能

未来能源基础设施

TRANSPORT
URBAN CLIMATE - GLOBAL CLIMATE

ART & CULTURE
PACKAGING - INNOVATIVE
OLD NEW TERRITORY WORLDWIDE

LAW
FINANCES
IMPLEMENTATION

SPECIALIST INFORMATION

SEARCH
THE TEAM
CONTACT & IMPRINT



章节内容：管理像法兰克福桥这样的智能城市区的可再生能源状况

能源来源和能源消费者在法兰克福大桥上的相互作用被展示出来。

由于法兰克福大桥在热能和电能方面都能收集剩余的能源，大桥本身具有高度的自给自足能力，可以为城市的其他地方提供能源。这方面的先决条件是一个储能系统，它可以用电池景观来弥补短期瓶颈（夜晚、阳光不足的日子），也可以用储氢和地热探测场为冬季提供长期储能。

此外，这些桥梁将被用来建立一个电网系统，可以吸收分散的能源，并将其输送到最近的消费者或最近的可用存储设施。

THE PLAN

BUILDINGS & BRIDGES URBAN GREEN & NATURE WATER

能源

目标：城市能源转型
桥梁网络的电力需求
桥梁网络的供暖和制冷需求
市区光伏发电
地热储能
未来能源基础设施

TRANSPORT URBAN CLIMATE - GLOBAL CLIMATE

ART & CULTURE PACKAGING - INNOVATIVE OLD NEW TERRITORY WORLDWIDE

LAW FINANCES IMPLEMENTATION

SPECIALIST INFORMATION

SEARCH
THE TEAM
CONTACT & IMPRINT



从历史上看，城市和市政当局的大部分能源是连续和集中产生的

大型能源生产商，如燃煤或燃气发电厂，产生的电力然后通过配电网络传输给最终消费者。这对核电站、燃煤或燃气电厂甚至风电场来说也是有意义的：在光伏技术普及之前，在自己家里分散发电是不可想象的--或者说已经过时了，因为不是每个人都在自己的灶台上点火或在屋后的小河边有一个磨盘驱动。

因此，城市的配电网络并不是为了在分散的基础上同时分配和永久收集电力而设计的。

挑战：可再生能源发电大多是分散的，而且，极其不稳定。

在采用燃烧技术的中央发电厂中，发电量可以根据需求调节高低，特别是在燃气发电厂的情况下。在光伏发电中，发电量是不规则的，取决于一天中的时间、季节或天气。

对于未来的二氧化碳中性城市来说，缺乏可控性和可预测性意味着电能必须通过缓冲储存来大量储存，以便在任何时候都能提供给最终消费者。

未来的智能城市必须掌握两项任务：为分散产生的能源创建一个电网结构，并在能源量不稳定的情况下控制能源供应--这是以桥梁为例的建模。

Old New Territory Frankfurt

谈到未来的基础设施，智能城市--如法兰克福大桥--将为分散和不稳定产生的能源的复杂相互作用建立跨学科的控制。

THE PLAN

BUILDINGS & BRIDGES

URBAN GREEN & NATURE

WATER

能源

目标：城市能源转型
桥梁网络的电力需求
桥梁网络的供暖和制冷需求
市区光伏发电
地热储能

未来能源基础设施

TRANSPORT

URBAN CLIMATE - GLOBAL CLIMATE

ART & CULTURE

PACKAGING - INNOVATIVE

OLD NEW TERRITORY WORLDWIDE

LAW

FINANCES

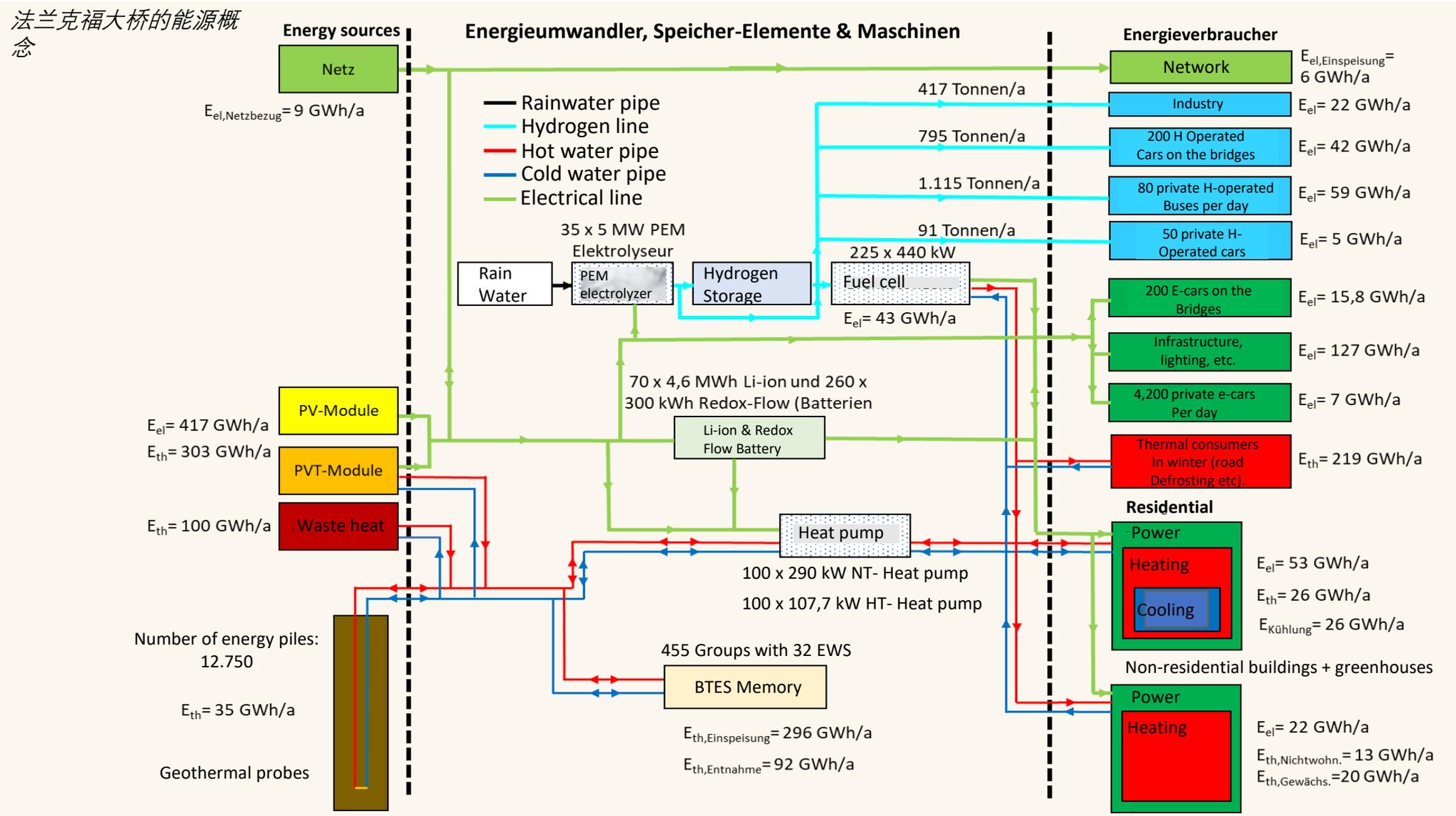
IMPLEMENTATION

SPECIALIST INFORMATION

SEARCH

THE TEAM

CONTACT & IMPRINT



能源

目标：城市能源转型
桥梁网络的电力需求
桥梁网络的供暖和制冷需求
市区光伏发电
地热储能
未来能源基础设施

对于法兰克福大桥，"能源"、"能源转换和储存"以及"能源消费者"这三个领域已被纳入整体模拟中。

法兰克福大桥的能源概念已经用Polysun进行了模拟。

能源来源：

光伏组件：在8个方向（南、西南、西等），角度为0、37和90度。

光伏模块：在南边的方向，有最佳角度

地热探头：用于空间加热

能源：代表数据中心的废热

电网：如果电力需求量大，就会消耗电网的电力（如果反之，电网就是能源消费者）

能源储存：

锂离子电池：320兆瓦时的存储容量

氧化还原流电池：80兆瓦时的存储容量

地热探针：作为BTES储能

能源消费者：

电力消费者：用于住宅和非住宅建筑、桥梁基础设施（照明、灌溉等）、电动汽车、氢气生产

游泳池：作为热消费者

建筑物：用于住宅和非住宅建筑及温室的空间加热

能源汇、源：在空间冷却时代表住宅建筑

设施：

热泵：用于空间加热和冷却

热电联产装置：作为燃料电池，为冬季增加的能源需求提供备用。

控制：控制整个系统

THE PLAN

BUILDINGS & BRIDGES URBAN GREEN & NATURE WATER

能源

目标：城市能源转型
桥梁网络的电力需求
桥梁网络的供暖和制冷需求
市区光伏发电

地热储能
未来能源基础设施

TRANSPORT URBAN CLIMATE - GLOBAL CLIMATE

ART & CULTURE PACKAGING - INNOVATIVE OLD NEW TERRITORY WORLDWIDE

LAW FINANCES IMPLEMENTATION

SPECIALIST INFORMATION

SEARCH THE TEAM CONTACT & IMPRINT



法兰克福大桥能源概念建模的参数、边界条件和先决条件

为了不使非常复杂的模拟过于耗时，我们对桥梁总能量的1%进行了模拟，作为100%的能量的代表子段。因此，模拟只考虑了两个，而不是法兰克福大桥上的200个供应中心。仿真的时间步数为1小时，为期一年。为了更准确地模拟BTES的存储效果，模拟准备时间被设定为270天。

高温热泵与来自数据中心的废热和太阳能的热量耦合，而低温热泵则用于与地热耦合。

来自PVT模块的热量和来自数据中心的废热从4月到9月被储存在BTES中，从10月到3月被提取或消耗。

为了更有效地利用燃料电池的热量，燃料电池只在冬季对能源有较高需求时运行。

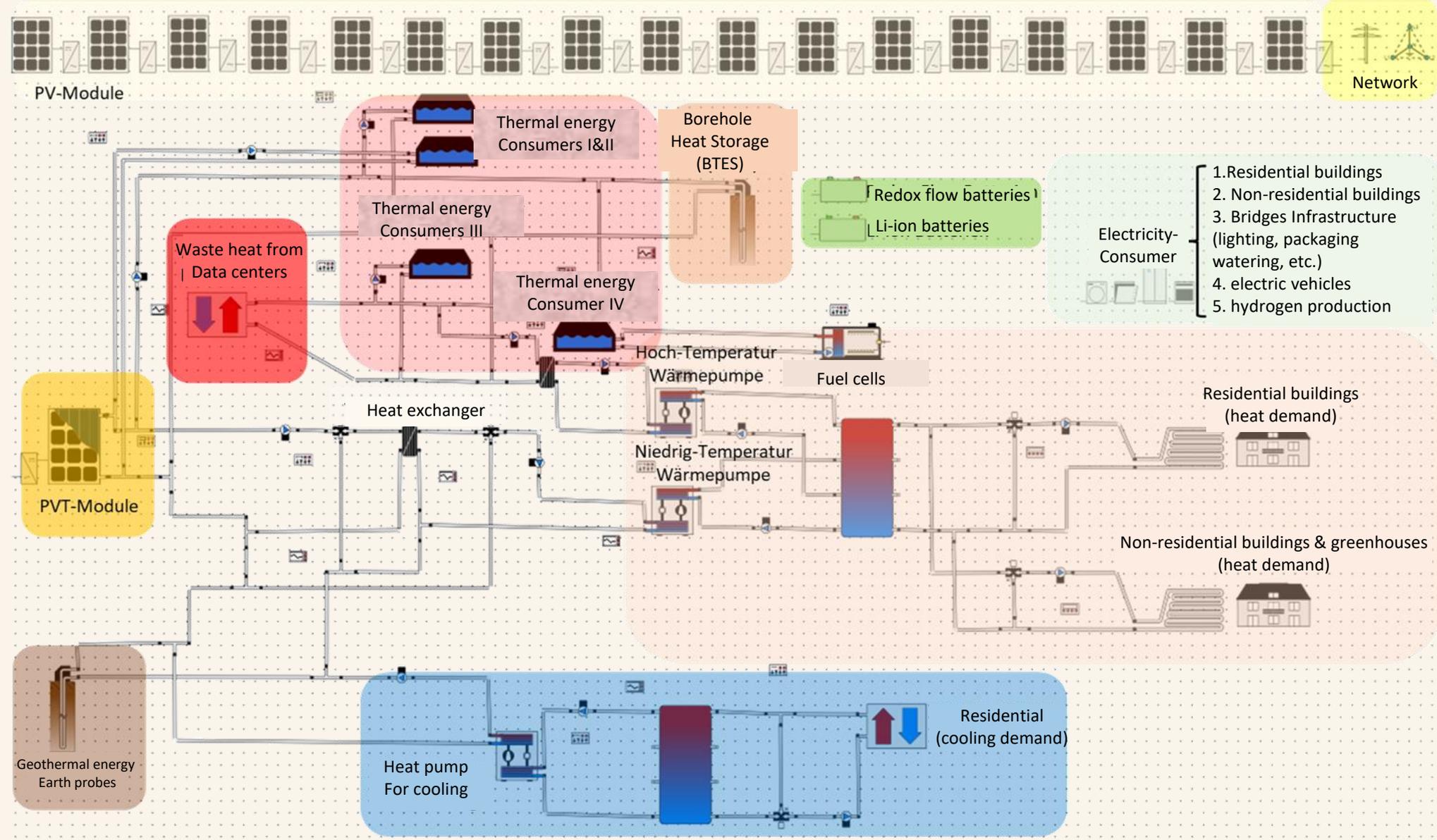
游泳池作为热能消费者的典范被提及，因为数倍于桥梁消耗的热能被产生或储存起来，必须为此找到买家，这样储存的热量才不会长年累月地积累在地下，使其和地下水一样被加热。然而，在遥远的将来，当桥梁沿线的建筑物经历了翻新周期后，这些热量就可以被输送到这些建筑物的热泵中。

在夏季，住宅楼屋顶的冷却天花板的热量被送入地下进行再生。在冬季，光伏发电模块的部分剩余热能也被输送到地下用于再生，但要控制温度，而且只有在光伏发电模块的盐水温度低于30°C时才会这样做，因为柱桩中的地热储存罐（与更深的探测场不同）否则会有使土壤和地下水过热的风险。

Old New Territory Frankfurt

在对法兰克福大桥的能源概念进行建模时，考虑到了电力和热力部分

- THE PLAN
- BUILDINGS & BRIDGES
- URBAN GREEN & NATURE
- WATER
- 能源**
- 目标：城市能源转型
- 桥梁网络的电力需求
- 桥梁网络的供暖和制冷需求
- 市区光伏发电
- 地热储能
- 未来能源基础设施
- TRANSPORT
- URBAN CLIMATE - GLOBAL CLIMATE
- ART & CULTURE
- PACKAGING - INNOVATIVE
- OLD NEW TERRITORY WORLDWIDE
- LAW
- FINANCES
- IMPLEMENTATION
- SPECIALIST INFORMATION
- SEARCH
- THE TEAM
- CONTACT & IMPRINT



- Electricity-Consumer
1. Residential buildings
 2. Non-residential buildings
 3. Bridges Infrastructure (lighting, packaging watering, etc.)
 4. electric vehicles
 5. hydrogen production

Old New Territory Frankfurt

为了做出可靠的声明，以每小时为单位进行了为期一年的模拟。

THE PLAN

BUILDINGS & BRIDGES
URBAN GREEN & NATURE
WATER

能源

目标：城市能源转型
桥梁网络的电力需求
桥梁网络的供暖和制冷需求
市区光伏发电
地热储能

未来能源基础设施

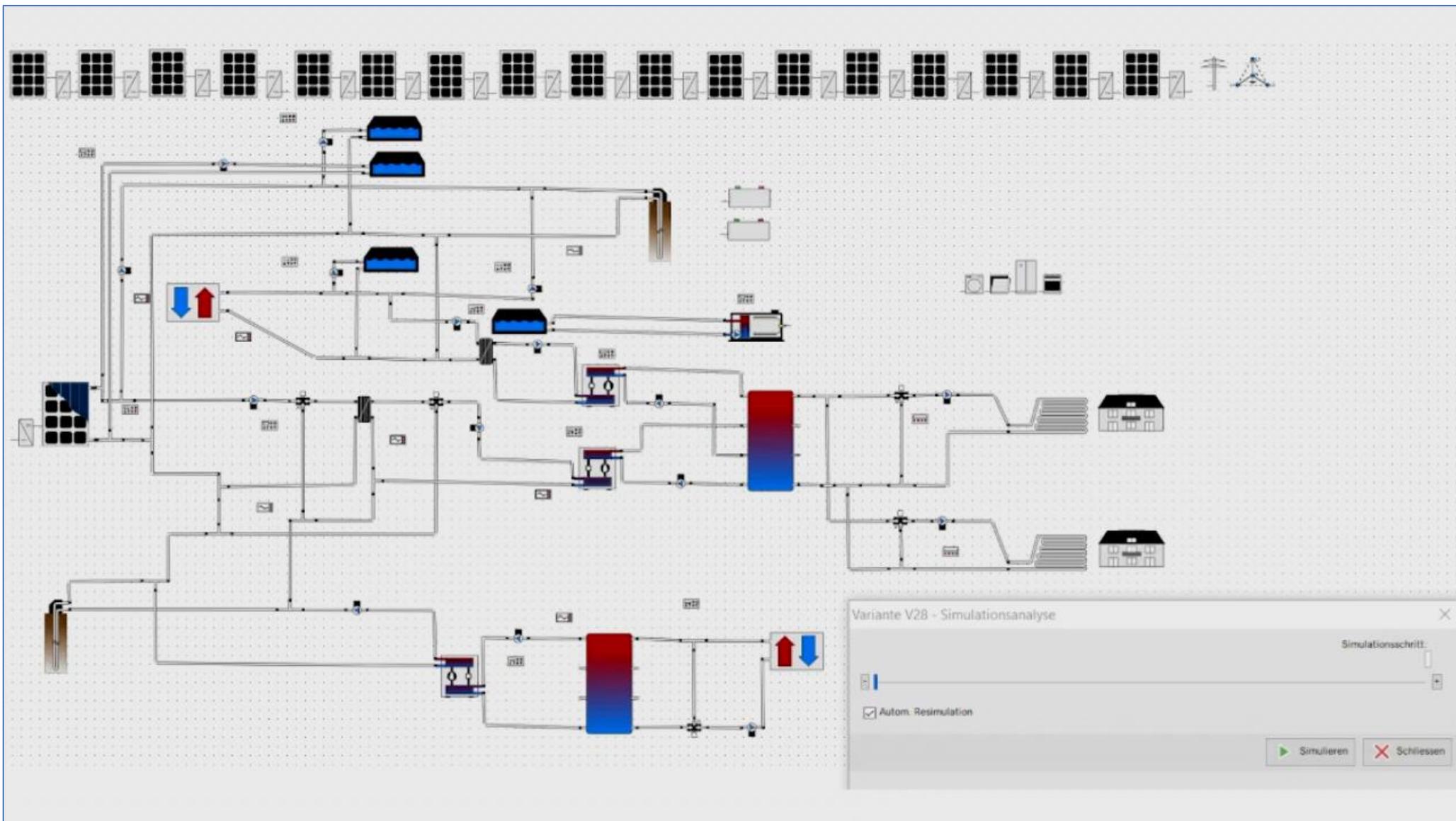
TRANSPORT
URBAN CLIMATE - GLOBAL CLIMATE

ART & CULTURE
PACKAGING - INNOVATIVE
OLD NEW TERRITORY WORLDWIDE

LAW
FINANCES
IMPLEMENTATION

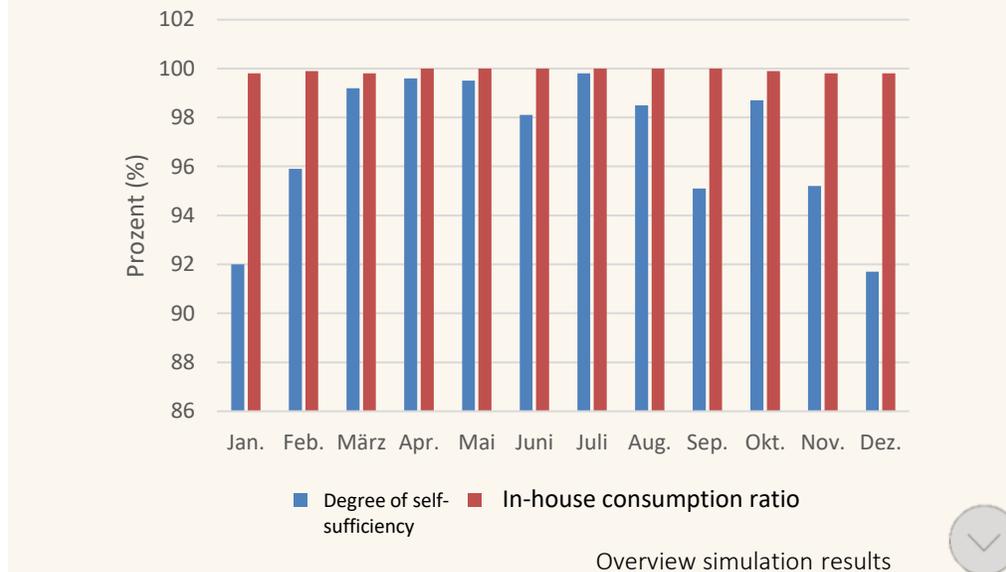
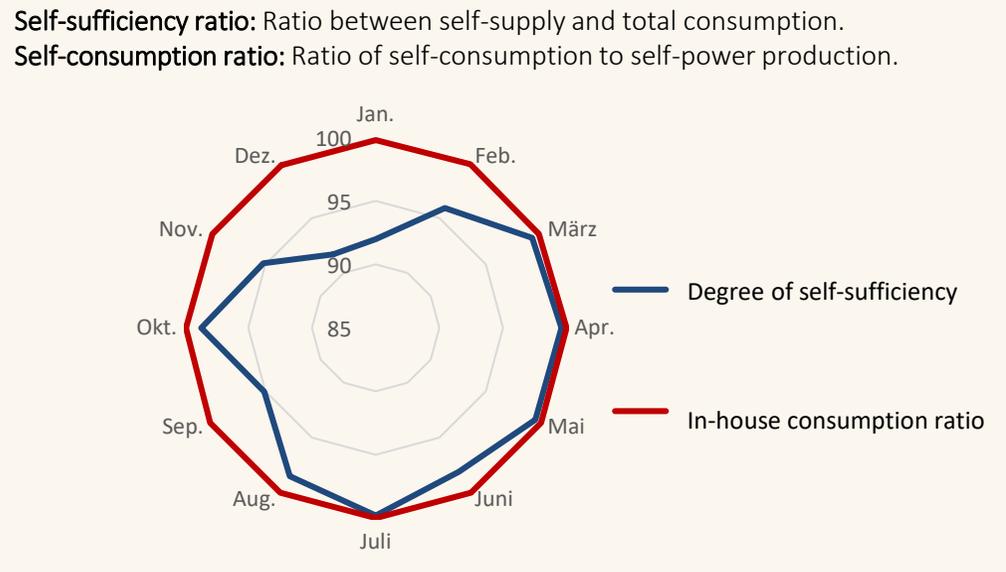
SPECIALIST INFORMATION

SEARCH
THE TEAM
CONTACT & IMPRINT



结果是：法兰克福大桥的自给率很高，自用率几乎达到100%。

在夏季，当法兰克福大桥大量生产或收集光伏电力时，大桥的自给自足程度几乎达到了100%。只有在冬季，这些桥梁才依靠从电网中获取电力，但不到其需求量的10%。全年的自用率几乎是100%，因为桥梁总是要么自己消耗所有的能源，要么将其送给附近的其他用户直接使用。



Self-sufficient wheel and self-consumption ratio														
Name	Unit	Year	Jan.	Feb.	March	Apr.	May	June	July	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.
Degree of self-sufficiency	GWh	97,7	92	95,9	99,2	99,6	99,5	98,1	99,8	98,5	95,1	98,7	95,2	91,7
Energy consumption ratio	GWh	99,9	99,8	99,9	99,8	100	100	100	100	100	100	99,9	99,8	99,8

桥梁的高度自给自足只能通过储存大量的挥发性能量来实现：在夜间或日照较短的阶段用电池，在冬季用氢气。

仿真的电气结果一目了然

THE PLAN

BUILDINGS & BRIDGES

URBAN GREEN & NATURE

WATER

能源

目标：城市能源转型

桥梁网络的电力需求

桥梁网络的供暖和制冷需求

市区光伏发电

地热储能

未来能源基础设施

TRANSPORT

URBAN CLIMATE - GLOBAL CLIMATE

ART & CULTURE

PACKAGING - INNOVATIVE

OLD NEW TERRITORY WORLDWIDE

LAW

FINANCES

IMPLEMENTATION

SPECIALIST INFORMATION

SEARCH

THE TEAM

CONTACT & IMPRINT



电气结果（年度值）

Name	Einheit	Jahr	Jan	Feb	März	Apr	Mai	Juni	Juli	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
自给自足的程度	%	97,7	92	95,9	99,2	99,6	99,5	98,1	99,8	98,5	95,1	98,7	95,2	91,7
自身消费比例	%	99,9	99,8	99,9	99,8	100	100	100	100	100	100	99,9	99,8	99,8
模块层面的辐照	GWh	1.957	71	94	161	223	240	244	251	229	185	126	74	60
污染损失	GWh	9,0	0,3	0,4	0,8	1,0	1,1	1,1	1,1	1,0	0,8	0,6	0,3	0,3
不匹配的损失	GWh	17,5	0,7	0,9	1,5	2,0	2,1	2,2	2,2	2,0	1,6	1,1	0,7	0,5
降解损失	GWh	2,19	0,08	0,11	0,18	0,25	0,27	0,27	0,28	0,25	0,21	0,14	0,08	0,07
电缆损失	GWh	4,8	0,2	0,2	0,4	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,5	0,3	0,2	0,1
收益率光伏发电DC	GWh	414	15	20	35	48	51	51	52	48	39	27	16	13
产量 光伏交流	GWh	392	15	19	33	45	48	49	50	45	37	25	15	12
自身消费	GWh	414	19	22	34	45	48	49	50	45	37	28	20	18
直接消费	GWh	339	15	16	25	38	41	42	43	38	30	22	15	13
入网	GWh	0,31	0,04	0,03	0,06	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,04	0,04	0,04
主电源参考	GWh	9,3	1,6	0,9	0,2	0,2	0,2	0,9	0,1	0,6	1,8	0,3	0,9	1,5
产生的电能 燃料电池（交流）。	GWh	22	5	3	1	0	0	0	0	0	0	3	5	6
节省二氧化碳	Tonnen	47,8	17,8	23,5	40,1	54,9	58,1	59,3	60,8	55,1	44,8	30,8	18,2	14,9
具体年产量	kWh/kWp	949	35,3	46,6	79,6	109	115	118	121	109	89	61,2	36,1	29,5
自有电力生产	GWh	413,8	19,3	22	33,7	45	47,6	48,6	49,8	45,2	36,7	28,2	19,7	17,8
总耗电量	GWh	400	19,5	21,2	31,2	43,2	45,6	47,5	47,9	43,6	36,7	26,5	19,2	17,9

年度概览中的模拟热结果

THE PLAN

BUILDINGS & BRIDGES

URBAN GREEN & NATURE

WATER

能源

目标：城市能源转型

桥梁网络的电力需求

桥梁网络的供暖和制冷需求

市区光伏发电

地热储能

未来能源基础设施

TRANSPORT

URBAN CLIMATE - GLOBAL CLIMATE

ART & CULTURE

PACKAGING - INNOVATIVE

OLD NEW TERRITORY WORLDWIDE

LAW

FINANCES

IMPLEMENTATION

SPECIALIST INFORMATION

SEARCH

THE TEAM

CONTACT & IMPRINT

热能结果 (年度值)

命名	单位	年	扬	2月	三月	四月	5月	6月	七月	8月	9月	10月	11月	12月
PVT收集器平面的辐照	GWh	703	27	34	58	81	85	86	88	82	67	46	28	22
向系统提供太阳能热能	GWh	306	45	62	166	281	393	471	535	500	316	186	70	37
从PVT集热器中储存的热能	GWh	252	0	0	0	28	39	48	54	51	32	0	0	0
地热能源	GWh	36	7	6	4	3	1	0	0	0	1	3	5	7
数据中心的废热	GWh	101	9	8	9	8	8	8	8	8	8	9	9	9
通过冷却提取的热量	GWh	27	0	0	0	1	3	6	8	7	2	0	0	0
从发热体到系统的能量	GWh	242	25	21	18	14	17	22	26	24	14	17	21	25
有用的能源	GWh	277	43	43	57	4	2	1	0	0	1	44	39	44
由热泵产生的热量用于空间加热	GWh	59	11	9	8	4	2	1	0	0	1	4	7	10
空间加热的总热量需求	GWh	60	11	9	8	4	2	1	0	0	2	4	7	11
将余热泵入系统	GWh	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
向室内的热量损失	GWh	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
热电联产厂废气损失	GWh	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
太阳分量：集热器平面内的辐照度	%	92	69	82	94	99	99	99	98	99	99	87	71	62
热泵的电力消耗	GWh	17,6	2,5	2,2	1,8	1,1	0,8	1,1	1,4	1,2	0,6	0,9	1,6	2,4
冬季PVT组件的可用热量	GWh	51	3	5	15	0	0	0	0	0	0	18	6	3
冬季从BTES获得的热量	GWh	92	15	17	24	0	0	0	0	0	0	10	12	16
冬季从数据中心的废热中获得的可用热量	GWh	56	9	9	10	0	0	0	0	0	0	9	9	10
冬季燃料电池的可用热量	GWh	20	4	3	1	0	0	0	0	0	0	3	4	5
总的燃料消耗	GWh	29,8	9,8	4,7	-0,8	-1,8	-2,0	-1,1	-2,0	-1,6	0,0	4,2	9,2	11,3
总的燃料消耗	GWh	44	10	6	2	0	0	0	0	0	0	6	10	11
地区供热总消费量	GWh	132	9	9	10	9	11	14	16	15	10	9	9	10
最大限度地避免了二氧化碳排放	吨数	99	2	3	8	12	11	13	15	14	8	6	3	2

桥梁产生的大部分能量是以氢气的形式储存的--从形式上看，氢气生产归于相应的“
电力消耗”。

THE PLAN

BUILDINGS & BRIDGES
URBAN GREEN & NATURE
WATER

能源

目标：城市能源转型
桥梁网络的电力需求
桥梁网络的供暖和制冷需求
市区光伏发电
地热储能

未来能源基础设施

TRANSPORT
URBAN CLIMATE - GLOBAL CLIMATE

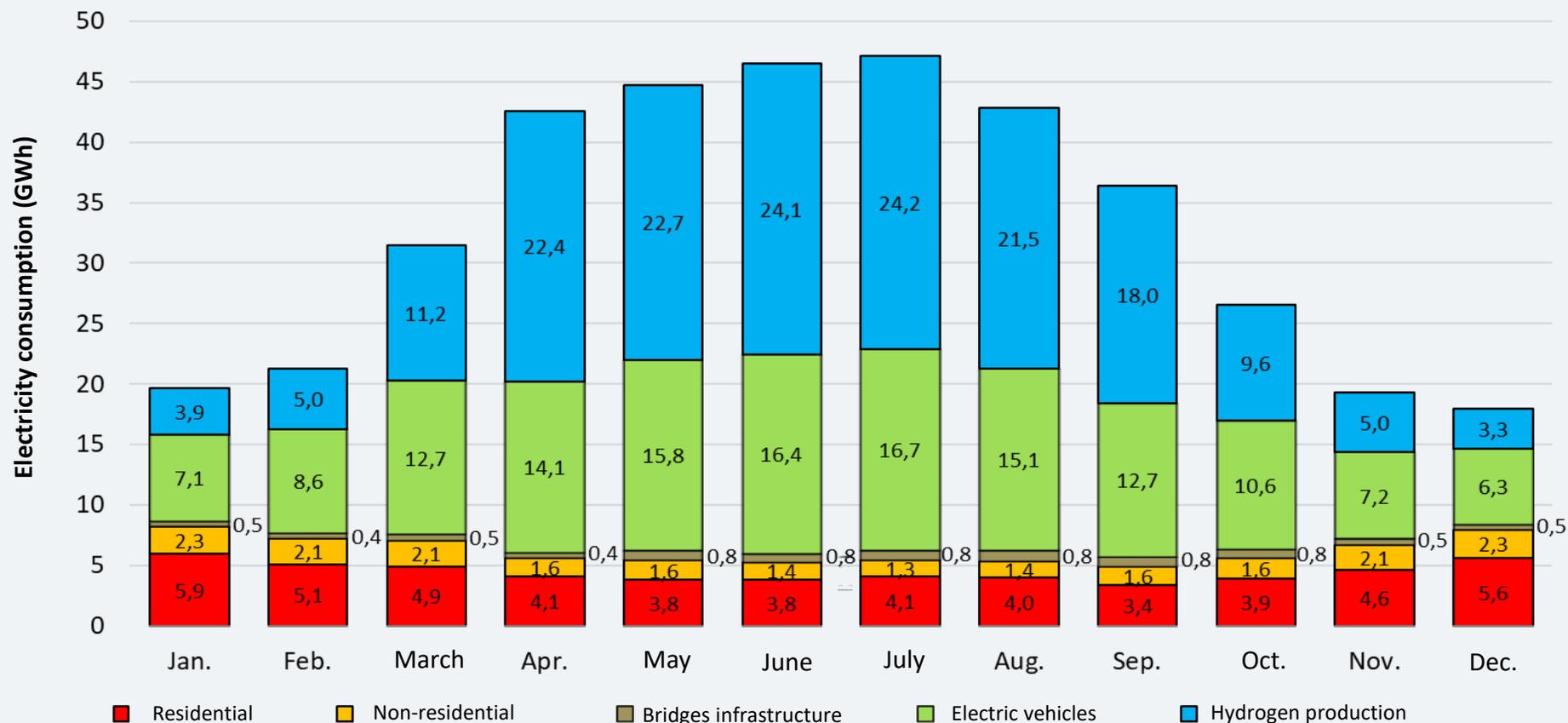
ART & CULTURE
PACKAGING - INNOVATIVE
OLD NEW TERRITORY WORLDWIDE

LAW
FINANCES
IMPLEMENTATION

SPECIALIST INFORMATION

SEARCH
THE TEAM
CONTACT & IMPRINT

在冬季，光伏发电的盈余也被投入到氢气生产中--当然，其程度要比夏季小得多。



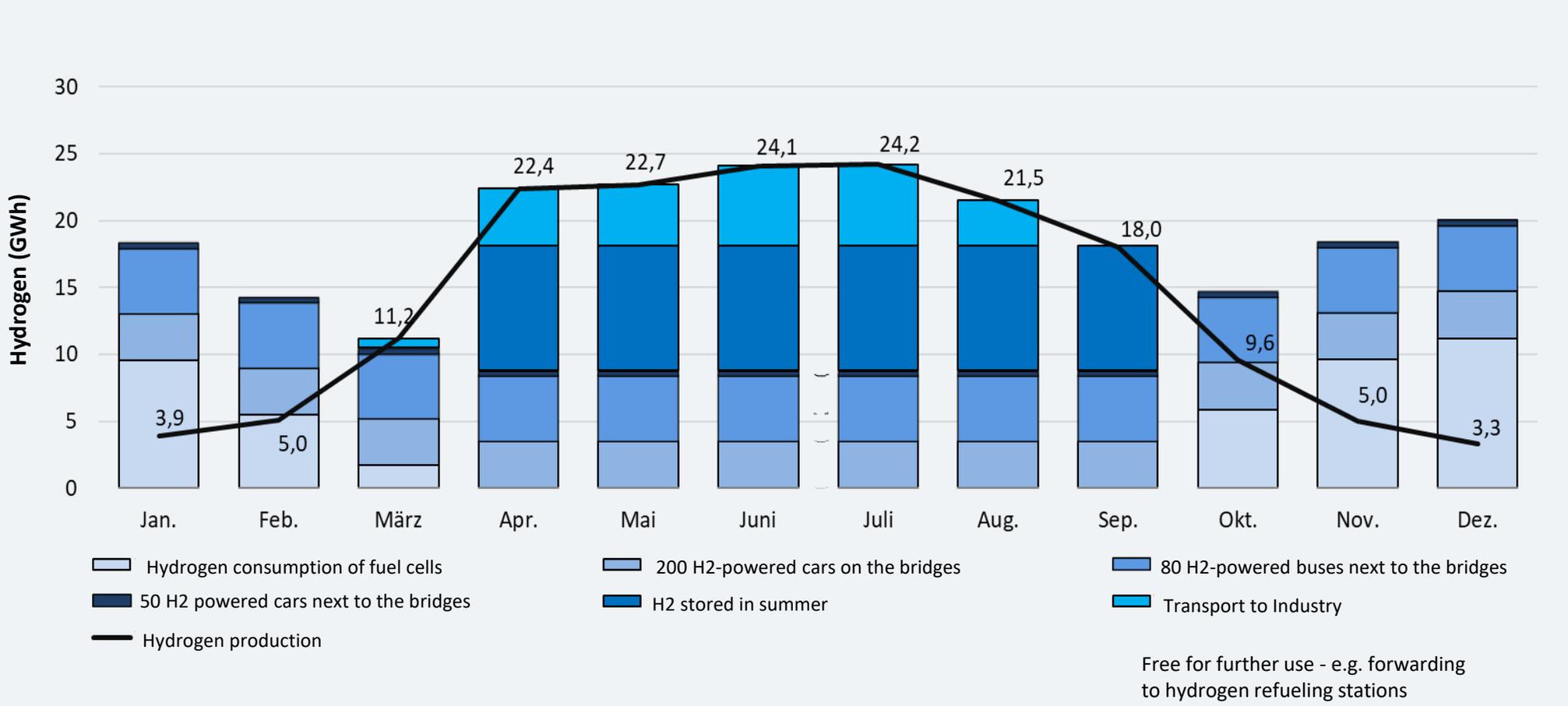
Old New Territory Frankfurt

- THE PLAN
- BUILDINGS & BRIDGES
- URBAN GREEN & NATURE
- WATER
- 能源**
- 目标: 城市能源转型
- 桥梁网络的电力需求
- 桥梁网络的供暖和制冷需求
- 市区光伏发电
- 地热储能
- 未来能源基础设施
- TRANSPORT
- URBAN CLIMATE - GLOBAL CLIMATE
- ART & CULTURE
- PACKAGING - INNOVATIVE
- OLD NEW TERRITORY WORLDWIDE
- LAW
- FINANCES
- IMPLEMENTATION
- SPECIALIST INFORMATION
- SEARCH
- THE TEAM
- CONTACT & IMPRINT



产生的氢气可用于桥上和桥旁的车辆，也可确保冬季的电力生产。

发电的最大份额 (约171GWh/a) 被用于氢气生产: 一方面, 这可用于全年为桥梁上和沿线的H2动力车辆供电。另一方面, 夏季产生的剩余电力以氢气的形式"储存"起来, 这样在冬季, 当日照较少时, 总有一种能源可以提供补偿。



利用171GWh的剩余电力，每年可生产3240吨氢气：需要135,000立方米的储存量，以便在350巴的条件下将这些数量的氢气储存在地下罐中。

THE PLAN

BUILDINGS & BRIDGES

URBAN GREEN & NATURE

WATER

能源

目标：城市能源转型

桥梁网络的电力需求

桥梁网络的供暖和制冷需求

市区光伏发电

地热储能

未来能源基础设施

TRANSPORT

URBAN CLIMATE - GLOBAL CLIMATE

ART & CULTURE

PACKAGING - INNOVATIVE

OLD NEW TERRITORY WORLDWIDE

LAW

FINANCES

IMPLEMENTATION

SPECIALIST INFORMATION

SEARCH

THE TEAM

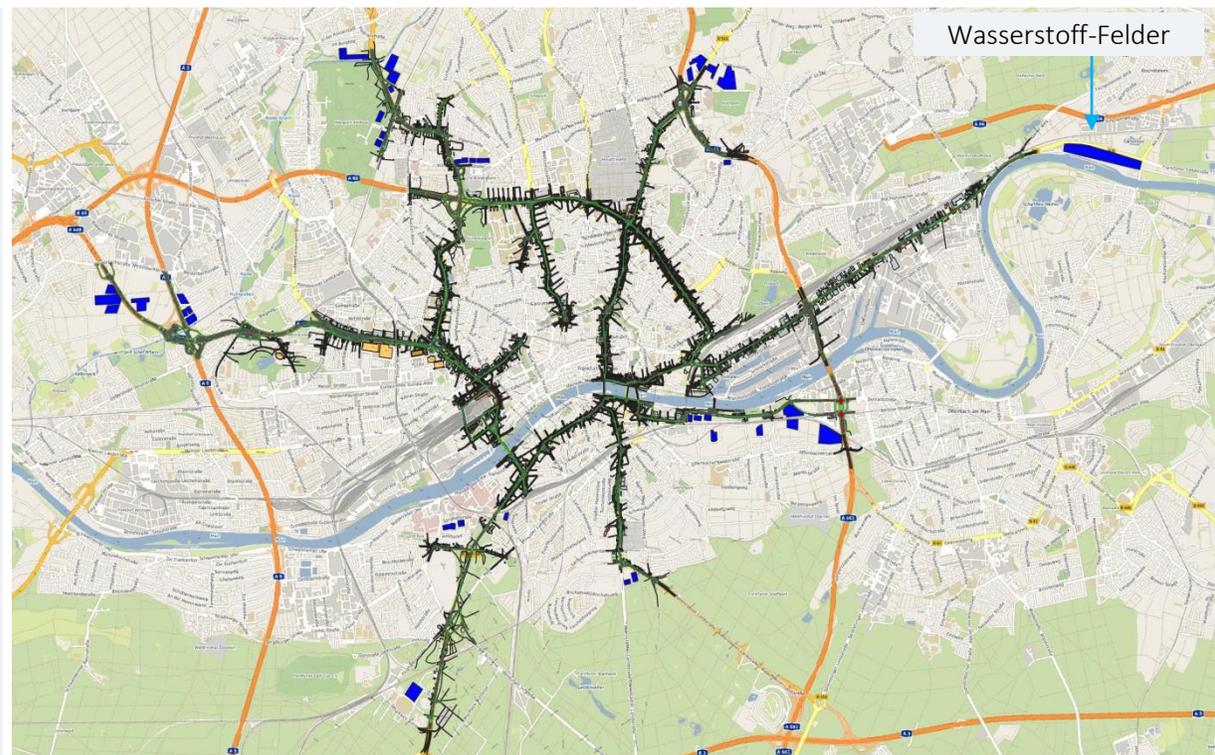
CONTACT & IMPRINT

为了在PEM电解器中生产3240吨氢气，需要52,000立方米的水。桥下蓄水池中收集或储存的雨水中约有3%至4%可作为水源。

由于3240吨氢气所需的空间相对较大，即使是在350巴的情况下，在桥梁的7个臂旁确定了42块农田和运动场，总面积为840,000平方米，可用于氢气生产以及储存 - 但只需要20,000平方米。这些地区的使用不受包括PEM电解器在内的2至3米深的水箱安装的影响--因此，对土地所有者来说，为这样的基础设施"租赁"他们的底土是很有吸引力的，他们几乎没有注意到这一点。

大桥的每个外臂都计划建立一个"氢气站"，用于生产和储存氢气--法兰克福大桥上总共有7个氢气站。

氢气是在外臂上生产的，但其消耗是分散的：通过桥上或桥边的氢气汽车、通过供应中心的燃料电池（冬季用于发电）。它可以通过大桥上的氢气管道系统运到那里。

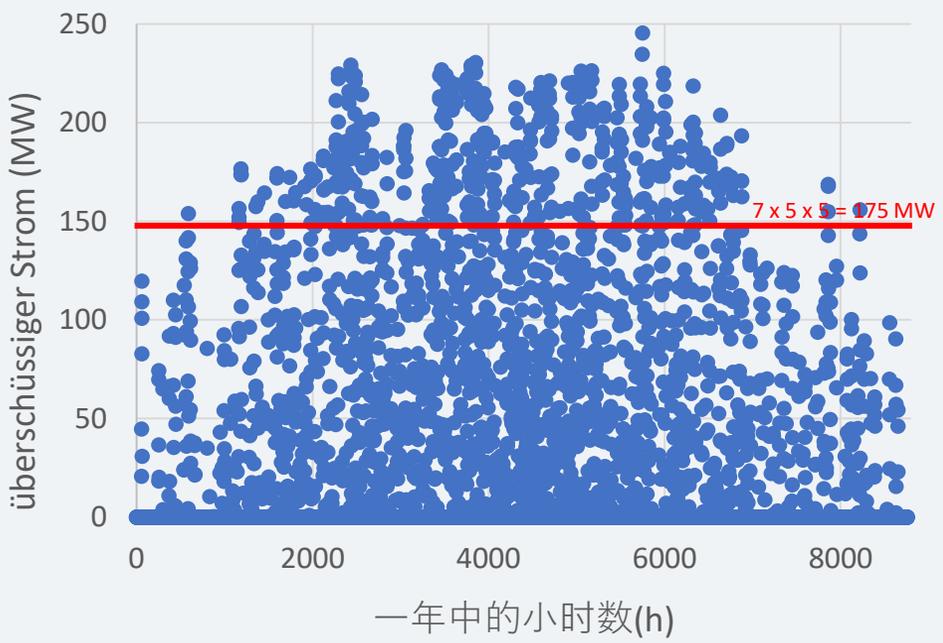


Old New Territory Frankfurt

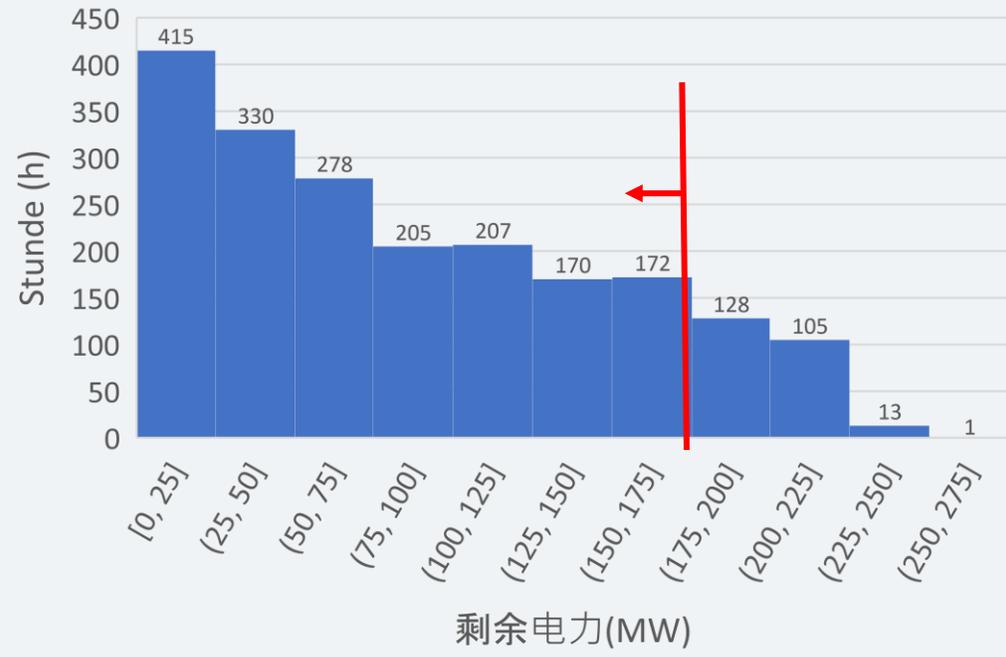
- THE PLAN
- BUILDINGS & BRIDGES
- URBAN GREEN & NATURE
- WATER
- 能源
 - 目标：城市能源转型
 - 桥梁网络的电力需求
 - 桥梁网络的供暖和制冷需求
 - 市区光伏发电
 - 地热储能
- 未来能源基础设施
- TRANSPORT
- URBAN CLIMATE - GLOBAL CLIMATE
- ART & CULTURE
- PACKAGING - INNOVATIVE
- OLD NEW TERRITORY WORLDWIDE
- LAW
- FINANCES
- IMPLEMENTATION
- SPECIALIST INFORMATION
- SEARCH
- THE TEAM
- CONTACT & IMPRINT

为了能够在夏季将90%的剩余电力转化为氢气，在大桥外侧的每个氢气站需要5个电解器堆，每个5兆瓦。

用于制氢的剩余电力(MW)



用于制氢的剩余电力柱状图(MW)



对于每小时的电量观察，将1.1.00:00时的数值作为0值。在夏季的许多时间里，电解槽以全功率（175兆瓦）运行，每小时生产3.3吨氢气。上限是175兆瓦，之后剩余的电力被输入电网。

在每年运行时间的415小时内（约2000小时），可用于制氢的电力不足25兆瓦。在盈余的上限范围内，每年有175兆瓦的电力盈余的小时数是简洁的。为了处理这175兆瓦（即使只是暂时的），每个氢气站需要5个5兆瓦PEM电解器的堆栈。



THE PLAN

- BUILDINGS & BRIDGES
- URBAN GREEN & NATURE
- WATER

能源

- 目标：城市能源转型
- 桥梁网络的电力需求
- 桥梁网络的供暖和制冷需求
- 市区光伏发电
- 地热储能

未来能源基础设施

- TRANSPORT
- URBAN CLIMATE - GLOBAL CLIMATE

- ART & CULTURE
- PACKAGING - INNOVATIVE
- OLD NEW TERRITORY WORLDWIDE

- LAW
- FINANCES
- IMPLEMENTATION

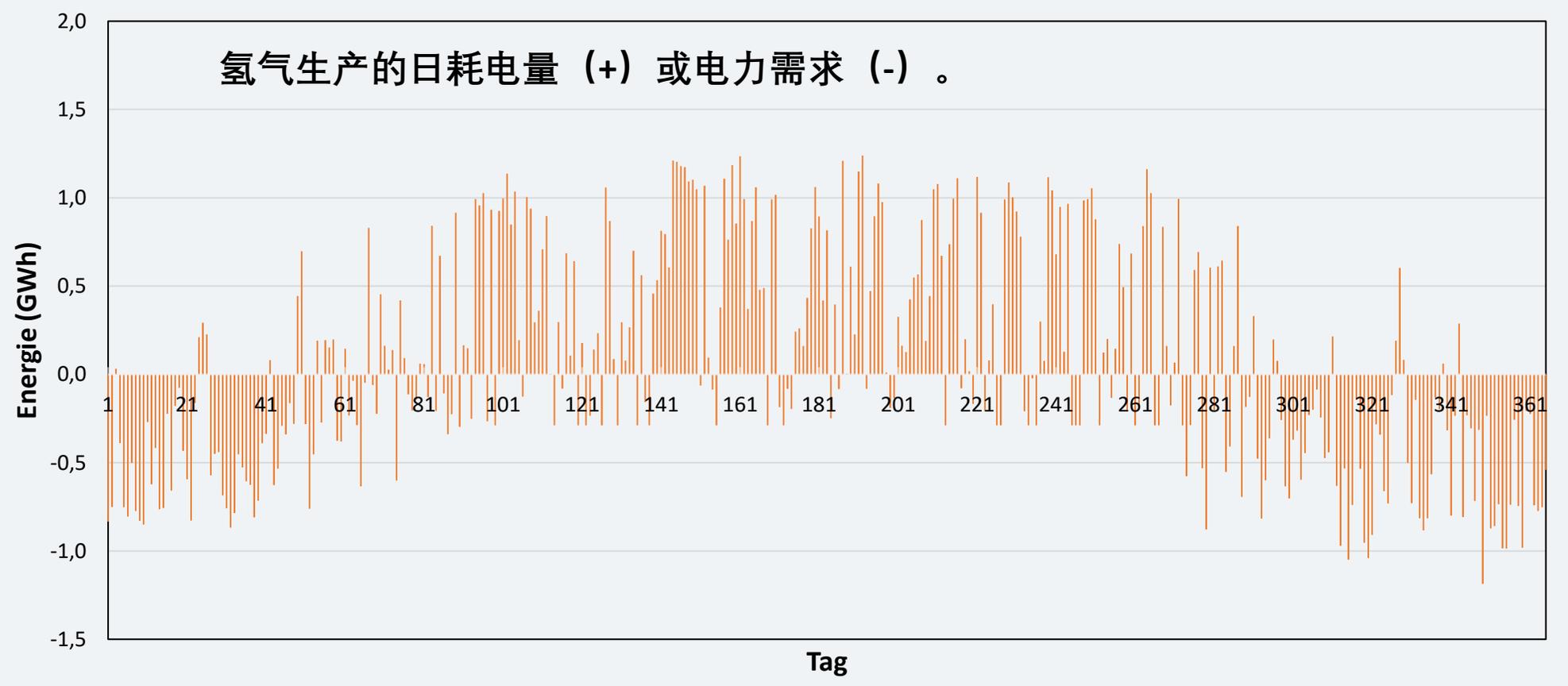
SPECIALIST INFORMATION

- SEARCH
- THE TEAM
- CONTACT & IMPRINT



在夏季生产的133GWh/a的氢气中，有71GWh/a（约占53%）被储存用于冬季。

所生产的氢气并不是一次就完全储存起来到时消费，而是在一年中长期有更多（冬季）或更少（过渡月份）的密集消费：因此，在用于氢气生产的大约171GWh/a的剩余电力中，只有41%，即大约71GWh/a或1345吨，在夏季月份储存起来供冬季消费。



THE PLAN

- BUILDINGS & BRIDGES
- URBAN GREEN & NATURE
- WATER

能源

- 目标：城市能源转型
- 桥梁网络的电力需求
- 桥梁网络的供暖和制冷需求
- 市区光伏发电
- 地热储能
- 未来能源基础设施

- TRANSPORT
- URBAN CLIMATE - GLOBAL CLIMATE

- ART & CULTURE
- PACKAGING - INNOVATIVE
- OLD NEW TERRITORY WORLDWIDE

- LAW
- FINANCES
- IMPLEMENTATION

SPECIALIST INFORMATION

- SEARCH
- THE TEAM
- CONTACT & IMPRINT



<https://resources.plugpower.com/product-literature/ex-2125d-f041122>

储氢罐需要约4250平方米，PEM电解器需要约450至500平方米 - 总的来说，这导致每个桥臂末端的每个站的空间需求小于5000平方米。

这个 "峰值存储量" 的空间需求为56,000立方米。一小部分的氢气确实可以直接储存在桥梁现场的200个供应中心：每个地下室都有一个容积为3.5立方米的氢气罐，因此，在总共56,000立方米的氢气中，大约有4,900立方米的氢气可以在200个桥梁点就地储存。

但大部分的氢气，约51000立方米，被储存在7个氢气站的7个桥臂的末端部分--也是地下。

另一方面，7个氢气站的储气罐直径为3.6米，长度为15米，处理起来要复杂得多，尤其是7个氢气站中的每一个都需要平均49个这样的储气罐，所以相对来说比较方便和紧凑。

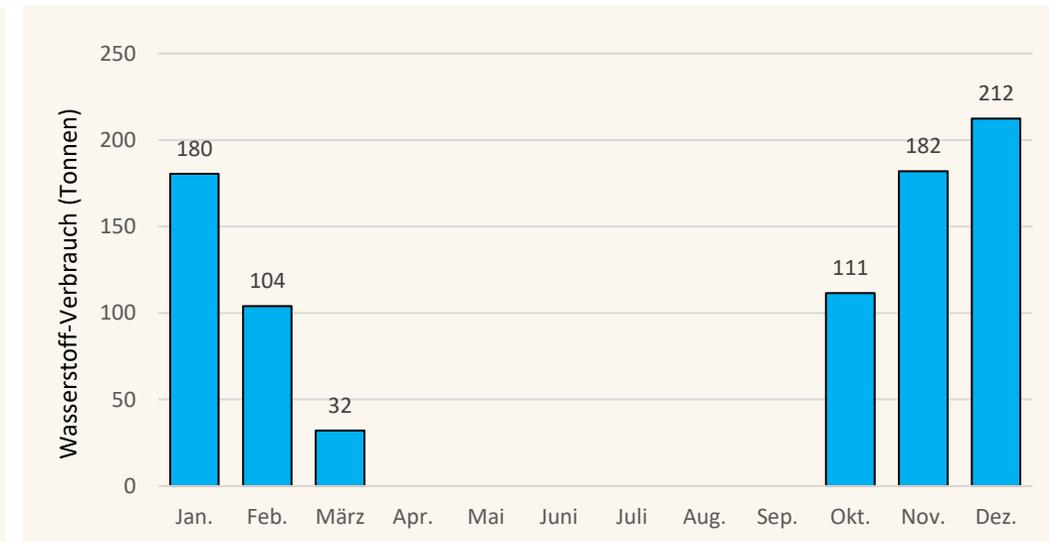
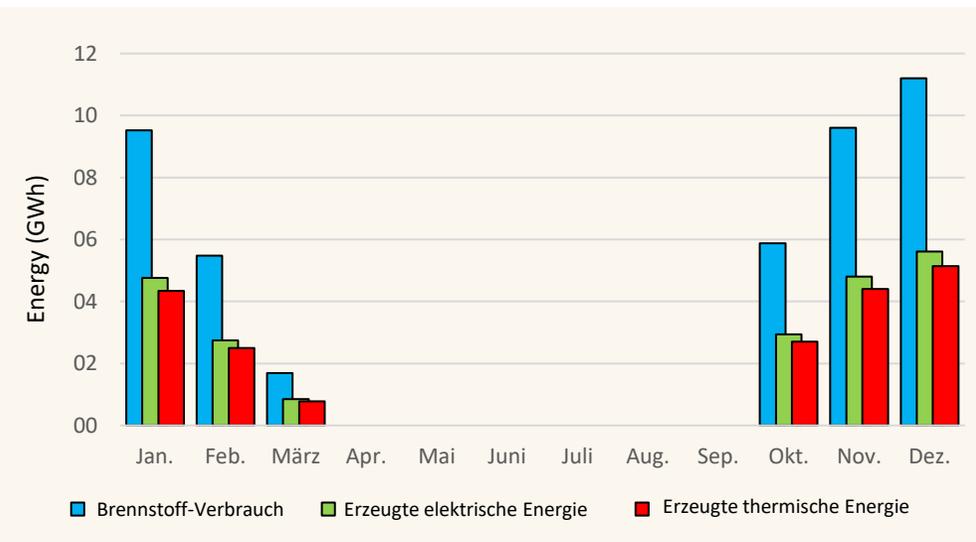
尽管如此，每个氢气站的地下储存空间仍然可以控制在4250平方米左右，特别是由于在桥臂的每一端只需要增加450至500平方米的电解器。

Input		Pressure	40 barg / 580 psig (w/o compressor)
Stack Power Consumption	Up to 5MW	Operational	
Voltage & Frequency	4.1 to 34.5kVAC 60HZ (USA) 11 to 33kVAC 50HZ (EU)	Start Up Time	30 sec warm / < 5 min cold
Water Consumption	13 liters per kg of H2 produced	Average Stack Efficiency	49.9 kWh / kg
Output (Hydrogen Gas)		Load Following	Instantaneous
Volume	1,000 Nm ³ / hour	Physical / Environment	
Mass	2,125 kg / day	Installed Footprint	87.9 m ² / 960 ft ²
Purity	Up to 99.999%	Ambient Temperature	-20°C to +40°C (wider temperature range)

在3240吨的氢气中，大约四分之一将被用来为燃料电池提供动力，然后在冬季也可以提供电能和热能。

即使在冬季，当光伏发电和太阳热能产生的热量少得多时，也必须确保电力和热能供应。这是通过使用约823吨的氢气来操作燃料电池来实现的。这些燃料电池主要在冬季运行，以有效利用同时产生的热能。

整个桥梁需要总输出功率为100,000千瓦的燃料电池：为此，使用了200个燃料电池，每个输出功率为500千瓦，分布在200个供应中心。



Fuel cells															
Name	Unit	Year	Jan.	Feb.	March	Apr.	May	June	July	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	
Fuel consumption	GWh	43	10	5	2							6	10	11	
Kraftstoffverbrauch	GWh	22	5	3	1							3	5	6	
Generated thermal energy	GWh	20	4	3	1							3	4	5	
Hydrogen consumption	Tons	823	180	104	32							111	182	212	

- THE PLAN
- BUILDINGS & BRIDGES
- URBAN GREEN & NATURE
- WATER
- 能源
 - 目标：城市能源转型
 - 桥梁网络的电力需求
 - 桥梁网络的供暖和制冷需求
 - 市区光伏发电
 - 地热储能
 - 未来能源基础设施
- TRANSPORT
- URBAN CLIMATE - GLOBAL CLIMATE
- ART & CULTURE
- PACKAGING - INNOVATIVE
- OLD NEW TERRITORY WORLDWIDE
- LAW
- FINANCES
- IMPLEMENTATION

SPECIALIST INFORMATION

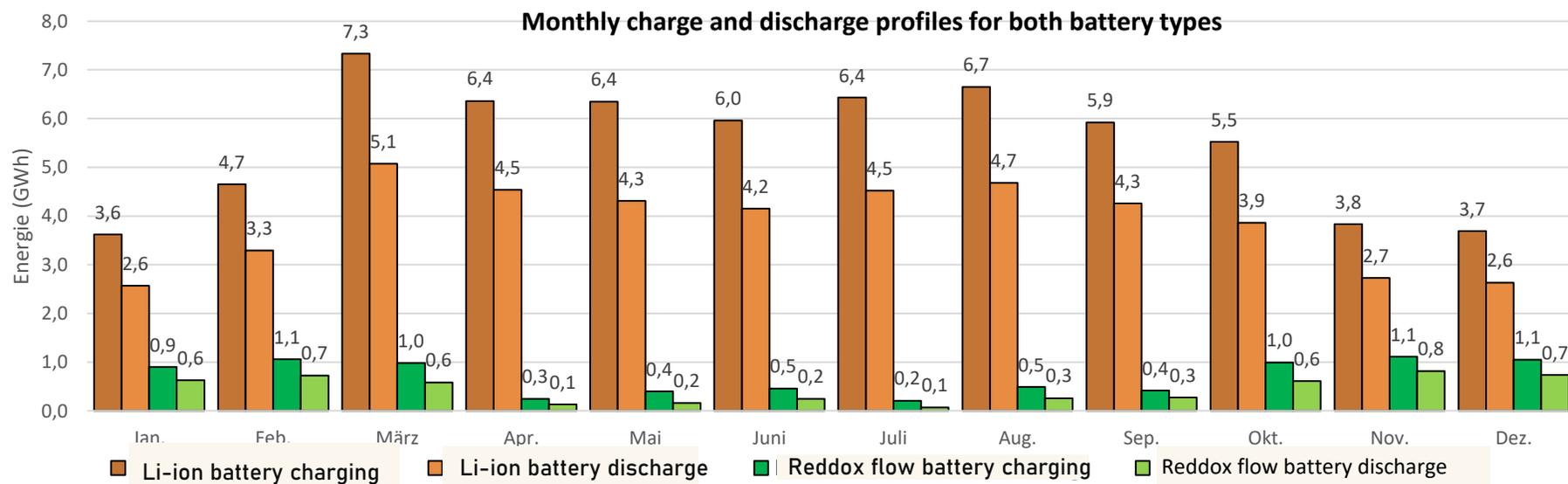
- SEARCH
- THE TEAM
- CONTACT & IMPRINT



虽然氢气和燃料电池为所产生的挥发性光伏能源提供了夏季和冬季的平衡，但在日照较短的阶段和夜间的平衡则由电池提供。

在桥梁上，供应中心的电池总容量为400兆瓦时。其中，320兆瓦时是锂离子电池，只有80兆瓦时是氧化还原液流电池，因为后者相对于其能源效率来说占用了更多的空间。然而，法兰克福大桥的电池概念可以在未来有机液流电池准备好进入市场时进行修改。

锂离子电池容量分布在200个供应中心（VZ）中的70个，平均每个VZ的锂离子电池总容量为4.6兆瓦时，空间需求约为33平方米。所有供应中心都有氧化还原电池：在60个VZ中，有2个，每个300千瓦时，在其余140个VZ中，有一个，每个300千瓦时。



Battery charging and discharging														
Name	Unity	Year	Jan.	Feb.	March	Apr.	May	June	July	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.
Li-ion battery charging	GWh	66,7	3,6	4,7	7,4	6,4	6,4	6,0	6,5	6,7	6,0	5,5	3,8	3,7
Li-ion battery discharge	GWh	46,9	2,6	3,3	5,1	4,6	4,3	4,2	4,5	4,7	4,3	3,9	2,7	2,6
Reddox flow battery charging	GWh	8,6	0,9	1,1	1,0	0,3	0,4	0,5	0,3	0,5	0,5	1,0	1,1	1,1
Reddox flow battery discharge	GWh	5,4	0,6	0,7	0,6	0,1	0,2	0,3	0,1	0,3	0,3	0,6	0,8	0,7

- THE PLAN
- BUILDINGS & BRIDGES
- URBAN GREEN & NATURE
- WATER
- 能源
 - 目标：城市能源转型
 - 桥梁网络的电力需求
 - 桥梁网络的供暖和制冷需求
 - 市区光伏发电
 - 地热储能
 - 未来能源基础设施
- TRANSPORT
- URBAN CLIMATE - GLOBAL CLIMATE
- ART & CULTURE
- PACKAGING - INNOVATIVE
- OLD NEW TERRITORY WORLDWIDE
- LAW
- FINANCES
- IMPLEMENTATION
- SPECIALIST INFORMATION

- SEARCH
- THE TEAM
- CONTACT & IMPRINT



Old New Territory Frankfurt

THE PLAN

BUILDINGS & BRIDGES URBAN GREEN & NATURE WATER

能源

目标：城市能源转型
桥梁网络的电力需求
桥梁网络的供暖和制冷需求
市区光伏发电
地热储能

未来能源基础设施

TRANSPORT URBAN CLIMATE - GLOBAL CLIMATE

ART & CULTURE PACKAGING - INNOVATIVE OLD NEW TERRITORY WORLDWIDE

LAW FINANCES IMPLEMENTATION

SPECIALIST INFORMATION

SEARCH THE TEAM CONTACT & IMPRINT



有机流电池



锂离子电池

<https://www.tesvolt.com/de/produkte/e-serie/tps-e.html>

就能源效率而言，锂离子电池比氧化还原液流电池更节省空间：对于法兰克福大桥，70个供应中心（VZ）的320兆瓦时锂离子电池需要的面积为 $(70 \times 33) = 2310$ 平方米。

260个80兆瓦时的Reddox液流电池在200个VZ中占用的总面积为 $(260 \times 3.6) = 963$ 平方米。

在桥梁建成之前，可以增加另一种类型的电池或作为无锂的替代品：有机液流电池，目前仍处于测试阶段。

Reddox流动电池



<https://lade-engel.de/LadeEngel-Batteriespeicher-bis-300-kWh-Battery-storage-pack-Stromspeicher-PV-Speicher/SW10023.8>

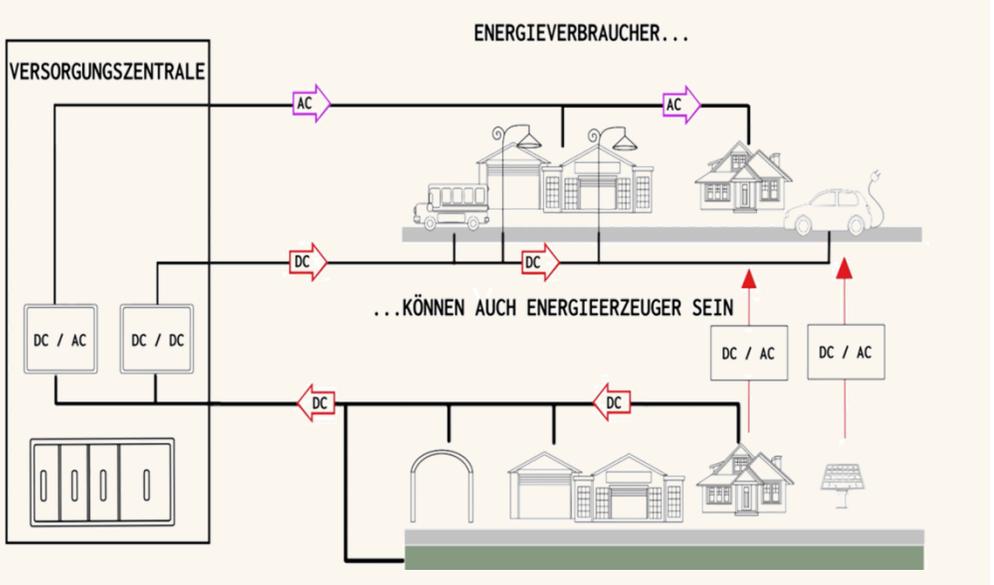
Old New Territory Frankfurt

- THE PLAN
- BUILDINGS & BRIDGES
- URBAN GREEN & NATURE
- WATER
- 能源
 - 目标：城市能源转型
 - 桥梁网络的电力需求
 - 桥梁网络的供暖和制冷需求
 - 市区光伏发电
 - 地热储能
- 未来能源基础设施
- TRANSPORT
- URBAN CLIMATE - GLOBAL CLIMATE
- ART & CULTURE
- PACKAGING - INNOVATIVE
- OLD NEW TERRITORY WORLDWIDE
- LAW
- FINANCES
- IMPLEMENTATION
- SPECIALIST INFORMATION
- SEARCH
- THE TEAM
- CONTACT & IMPRINT

创新的能源供应基础设施还考虑到了分散的能源生产者和消费者之间最短的运输路线

通过这些桥梁，法兰克福迈出了从通过电厂燃烧的集中供应到通过可再生能源的分散供应的第一大步。重要的是，生产者和消费者通过控制系统（一个封闭的“物联网”）相互沟通，而且能源的消耗总是尽可能地靠近其生产地：因此，热能和电力运输的距离更短，由于变压器造成的转换损失或由于线路距离造成的热损失被降到最低。

例如，在桥梁上，所有覆盖有PVT模块的表面都是能源生成单元。它们产生的电力总是首先被传输到下一个供应中心，在那里可以以最佳的控制方式使用。



光伏发电的能量首先在自己的供应区（最近的供应中心附近）使用。如果那里的需求得到满足，多余的能量就会被转移到目前电力需求超过可以满足的相邻供应区之一。

而一旦在桥梁上实现了最佳平衡，不再有任何需求，剩余的电力就会被输送到桥下的车辆或用于制氢的PEM电解器中。

提高效率的另一个研究领域：避免转换损失。光伏产生的直流电能理论上可以直接用于为电动汽车充电，而不必将光伏产生的直流电转换为有损耗的交流电。只有电压必须被调整。



THE PLAN

- BUILDINGS & BRIDGES
- URBAN GREEN & NATURE
- WATER

能源

- 目标：城市能源转型
- 桥梁网络的电力需求
- 桥梁网络的供暖和制冷需求
- 市区光伏发电
- 地热储能
- 未来能源基础设施

TRANSPORT URBAN CLIMATE - GLOBAL CLIMATE

ART & CULTURE PACKAGING - INNOVATIVE OLD NEW TERRITORY WORLDWIDE

LAW FINANCES IMPLEMENTATION

SPECIALIST INFORMATION

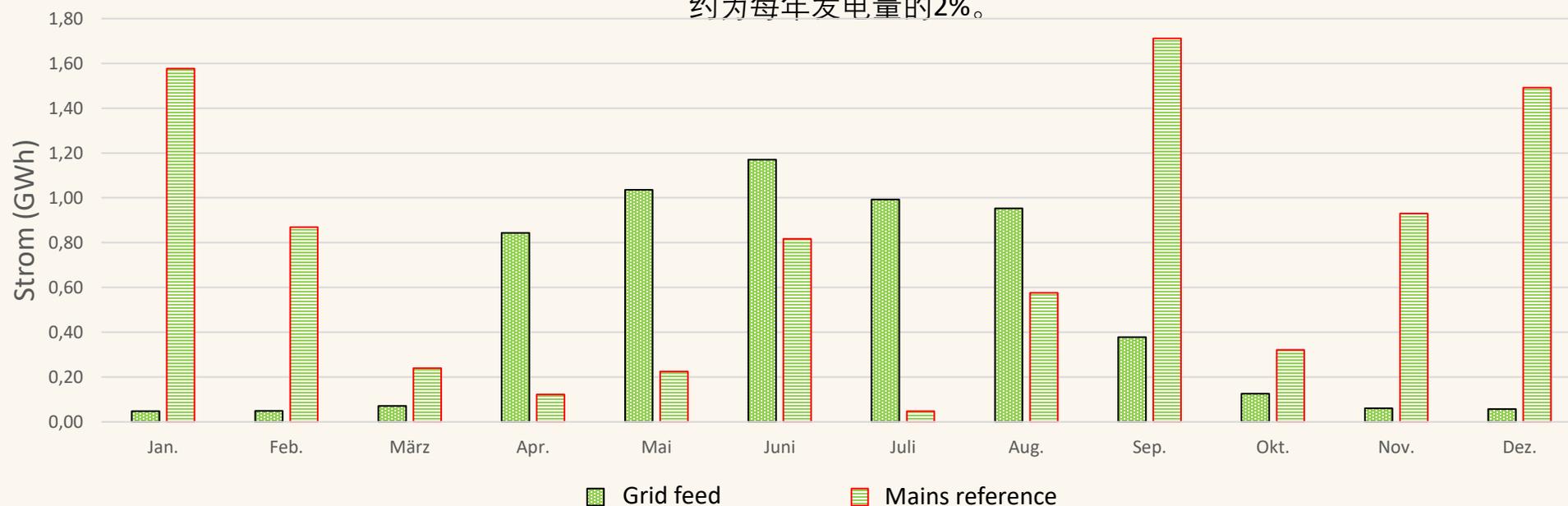
SEARCH THE TEAM CONTACT & IMPRINT



由于桥梁的储存情况，法兰克福电网通过电网馈电和抽水的利用率仍然很低

有了法兰克福桥，外部电网和当地电网之间的电力交换被降到了最低：剩余的电力要么储存在电池中，要么用它来生产氢气--这两种方法都大大减少了电网的输入。电池和燃料电池还可以在电力短缺的情况下减少从电网提取的电力。只有在9月至2月，由于太阳辐照减少，从电网中提取的电力量略高，然而，占桥梁收集或产生的电力的2%，这仍然是比较低的。

电网馈电总量为5.8GWh/a，即约为每年总发电量的1.5%，而电网购买量约为8.9GWh/a，即约为每年发电量的2%。



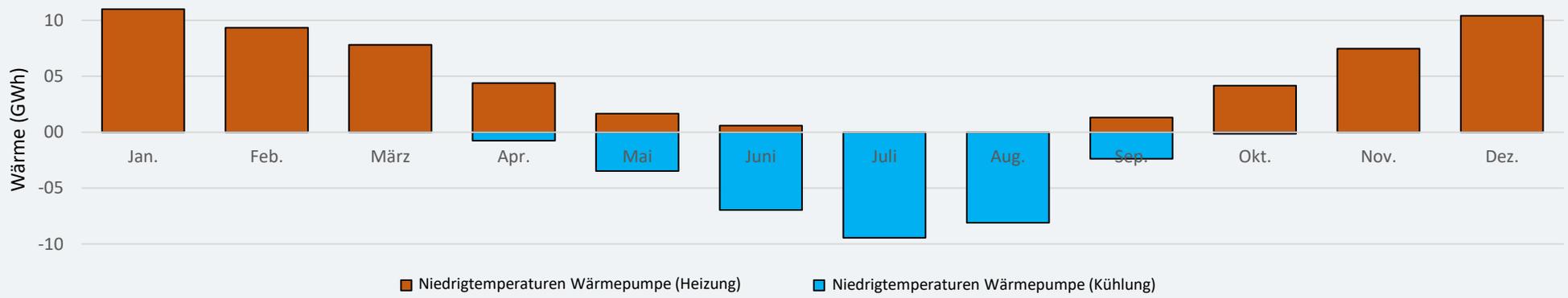
Mains supply and feeding														
Name	Unit	Year	Jan.	Feb.	March	Apr.	May	June	July	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.
Grid feed	GWh	5,78	0,05	0,05	0,07	0,84	1,04	1,17	0,99	0,95	0,38	0,13	0,06	0,06
Mains reference	GWh	8,93	1,58	0,87	0,24	0,12	0,22	0,82	0,05	0,58	1,71	0,32	0,93	1,49

在空间加热和冷却领域，热泵是桥梁基础设施的一个重要组成部分

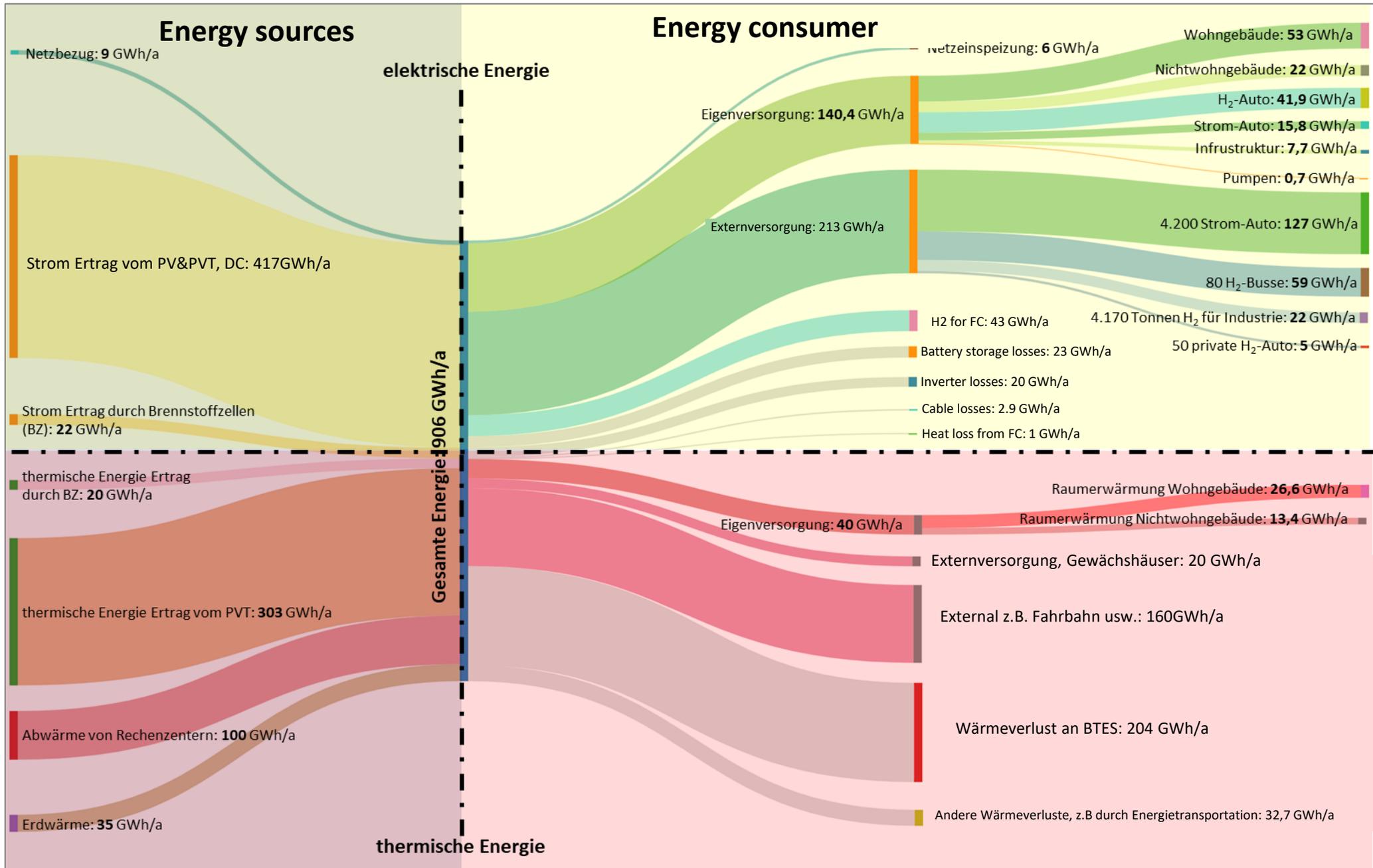
在桥区，加热和冷却是在热泵的帮助下完成的。如果供应中心为几座较小的建筑提供服务，则会在这些中心安装热泵。桥梁上的大型建筑，如公寓楼、养老院、幼儿园等，都有自己的热泵。该系统包括低温（NT）和高温（HT）热泵：NT热泵的热源是温度约为14°C的地热，HT热泵的热源是地热能。大约100%的空间供暖和所有空间制冷都由NT热泵提供。桥上的建筑和桥边的温室需要100台NT热泵，在W15/W35条件下，加热能力约为290千瓦。

高温热泵的热源是来自桥梁上和沿线的PVT模块的太阳能热能和来自温度高于20°C的数据中心的废热。

在最初几年，HT热泵主要为桥上和桥下的道路除霜或游泳池等提供热量，直到桥梁沿线的现有建筑在改造过程中从燃气转向热泵加热，储存在地下的太阳能热能和数据中心的废热也可用于这些建筑。所有热泵的COP在4到7之间，取决于水温。



围绕法兰克福大桥的所有能量流动一目了然



Old New Territory Frankfurt

- THE PLAN
- BUILDINGS & BRIDGES
- URBAN GREEN & NATURE
- WATER
- 能源
- 目标: 城市能源转型
- 桥梁网络的电力需求
- 桥梁网络的供暖和制冷需求
- 市区光伏发电
- 地热储能
- 未来能源基础设施
- TRANSPORT
- URBAN CLIMATE - GLOBAL CLIMATE
- ART & CULTURE
- PACKAGING - INNOVATIVE
- OLD NEW TERRITORY WORLDWIDE
- LAW
- FINANCES
- IMPLEMENTATION
- SPECIALIST INFORMATION
- SEARCH
- THE TEAM
- CONTACT & IMPRINT



Old New Territory Frankfurt

THE PLAN

BUILDINGS & BRIDGES URBAN GREEN & NATURE WATER

能源

目标：城市能源转型
桥梁网络的电力需求
桥梁网络的供暖和制冷需求
市区光伏发电
地热储能

未来能源基础设施

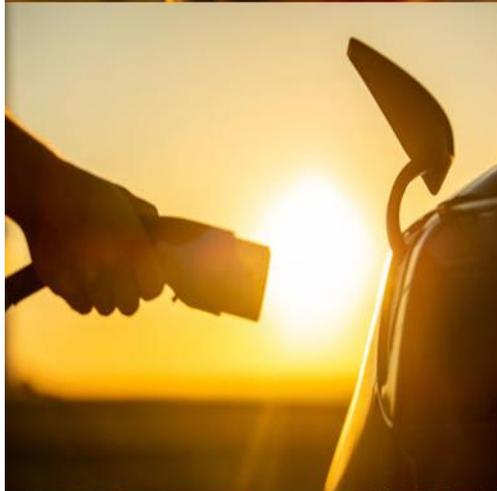
TRANSPORT URBAN CLIMATE - GLOBAL CLIMATE

ART & CULTURE PACKAGING - INNOVATIVE OLD NEW TERRITORY WORLDWIDE

LAW FINANCES IMPLEMENTATION

SPECIALIST INFORMATION

SEARCH THE TEAM CONTACT & IMPRINT



桥上和桥下的电动汽车充电基础设施的双向整合，扩大了存储的范围，而且--相应的规模--还可以提供优化的控制功率。

在夏季，桥梁上有过剩的电力，所以用它来给停在桥边柱子上的车辆充电是个好主意。大桥上的柱子只要能停在上面就成了充电站。

法兰克福正在建立一个巨大的充电网络，该网络还可以将有盖停车位的剩余电力分配给电动汽车用户。

相反，所有的电动车也可以作为储能单元，在不使用时，例如在夜间或恶劣天气下，向系统返回能量：特别是在桥上自动驾驶的电动车队，因为这是完全可控的，也包括停在桥柱上的电动车。

可以为此开发一个信贷系统，这使得储存和释放电力对车主有吸引力。

随着相应的推广，法兰克福大桥的电池储能景观也会相应地减少容量。

THE PLAN

- BUILDINGS & BRIDGES
- URBAN GREEN & NATURE
- WATER

能源

- 目标：城市能源转型
- 桥梁网络的电力需求
- 桥梁网络的供暖和制冷需求
- 市区光伏发电
- 地热储能

未来能源基础设施

- TRANSPORT
- URBAN CLIMATE - GLOBAL CLIMATE

- ART & CULTURE
- PACKAGING - INNOVATIVE
- OLD NEW TERRITORY WORLDWIDE

- LAW
- FINANCES
- IMPLEMENTATION

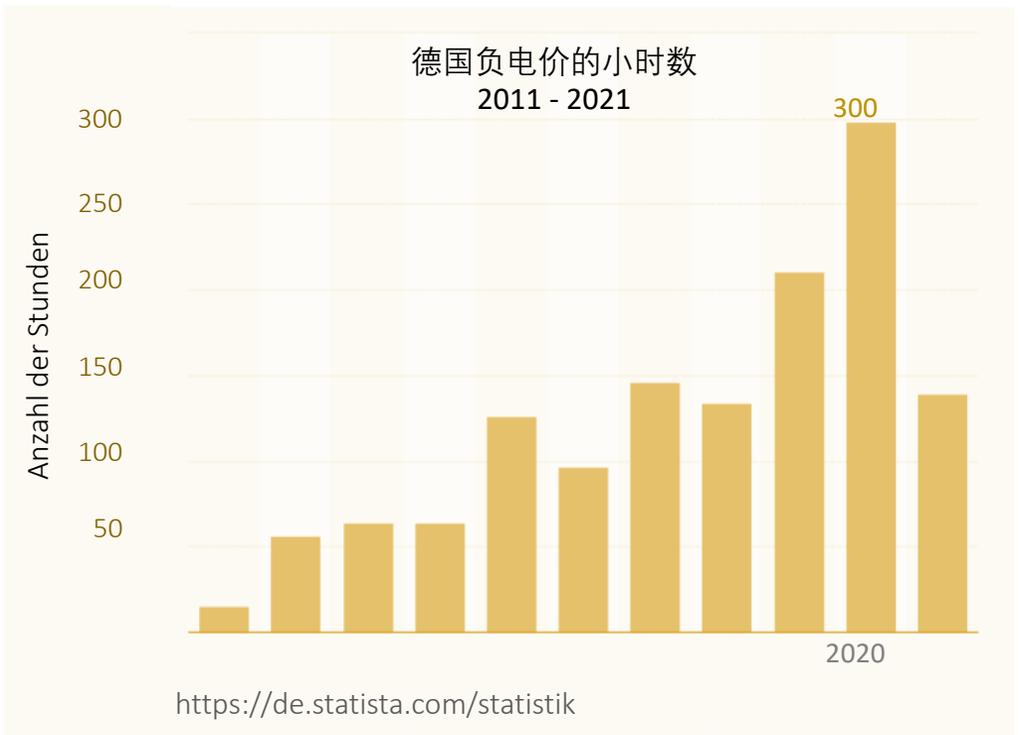
SPECIALIST INFORMATION

- SEARCH
- THE TEAM
- CONTACT & IMPRINT



未来最大的挑战将不是能源的产生，而是能源的储存。

不稳定的可再生能源的扩张也增加了产生大量剩余电力的时间，如果不把这些电力转移到某个地方，电网就会受到损害。这表现在负电价的上升。
许多研究预测，在遥远的未来，在扩大可再生能源之后，将会有大量的能源。



Old New Territory Frankfurt

THE PLAN

BUILDINGS & BRIDGES URBAN GREEN & NATURE WATER

能源

目标：城市能源转型
桥梁网络的电力需求
桥梁网络的供暖和制冷需求
市区光伏发电
地热储能

未来能源基础设施

TRANSPORT URBAN CLIMATE - GLOBAL CLIMATE

ART & CULTURE PACKAGING - INNOVATIVE OLD NEW TERRITORY WORLDWIDE

LAW FINANCES IMPLEMENTATION

SPECIALIST INFORMATION

SEARCH THE TEAM CONTACT & IMPRINT



结论：通过法兰克福大桥，城市能源的转变可以在现有建筑群中间开始。

在法兰克福大桥的基础设施中，电能和热能的所有组成部分都受到控制，以便最佳地利用所有剩余的可再生能源，同时通过最先进的控制方法，避免供应瓶颈。

随着时间的推移，记录能源的产生和消耗是设计一个复杂的存储景观的基础，它将成为未来智能城市中不稳定的可再生能源的对应物。

法兰克福的桥梁可以成为该市其他地区智能城市改造的核心：它们收集能源并将其转移到存储，它们产生热能和电能盈余并将其释放给城市，它们作为一个平台，发展现代电网控制，包括基础设施，然后可以转移到整个城市。