

ENERGIE

Die Heiz- und Kühlenergie sowie der Strom für die Frankfurter Brücken werden durch oberflächennahe Geothermie, Abwärme von Rechenzentren sowie Photovoltaik (PV) und hybride Solarmodule (PVT) bereitgestellt.

Die Frankfurter Brücken sowie die Parkplätze und Dächer von Gebäuden entlang der Brücken fördern die Erzeugung von über 415 GWh Strom sowie die Erzeugung und Rückgewinnung von knapp 440 GWh thermischer Energie pro Jahr. Davon verbrauchen die Brücken lediglich rund 140 GWh/a Strom und 40 GWh/a thermische Energie selbst, den Rest können sie der Stadt zur Verfügung stellen.

Die Brücken bieten damit die Chance, mitten in der Stadt die urbane Energiewende zunächst in dem Brückenquartier auf einer zweiten Ebene umzusetzen, von wo aus sie sich sodann langsam auf die Stadt ausbreiten kann.

Entsprechend erweist es sich als sinnvoll, wenn die Brückengesellschaft den Brückenkörper samt seiner Leitungen nach der baulichen Fertigstellung den Frankfurter Stadtwerken übergibt, um so die Verzahnung mit der städtischen Infrastruktur sicherzustellen.

Altes Neuland Frankfurt

DER PLAN

GEBÄUDE & BRÜCKEN
STADTGRÜN & NATUR
WASSER

ENERGIE

Die urbane Energiewende
Strombedarf der Brücken
Heiz- und Kühlbedarf der Brücken
Photovoltaik als Quartiersstrom
Oberflächennahe Geothermie
Energie-Infrastruktur der Zukunft

TRANSPORT
STADTKLIMA - WELTKLIMA

KUNST & KULTUR
VERPACKUNG - INNOVATIV
ALTES NEULAND WELTWEIT

RECHT
FINANZEN
UMSETZUNG

FACHINFORMATIONEN

SUCHE
DAS TEAM
KONTAKT & IMPRESSUM



DIE URBANE ENERGIEWENDE

Alle Innovationsregister für erneuerbare Energien ziehen – und zwar übertragbar auf den Bestand



STROMBEDARF DER BRÜCKEN

Sparsamer Verbrauch bei luxuriösem Lebensstil: Die richtigen Hebel bedienen



HEIZ- UND KÜHLBEDARF DER BRÜCKEN

Ein Maximum an Komfort mit einem Minimum an Energie erreichen – durch Technologie, Steuerung und Bauphysik



PHOTOVOLTAIK ALS QUARTIERSTROM

Große Mengen an Strom werden mit unsichtbarer oder ästhetisch schöner Photovoltaik erzeugt



WÄRMEERZEUGUNG UND GEOTHERMISCHE SPEICHERUNG

Die Solarwärme sowie die Abwärme von Rechenzentren bzw. Industrieparks werden im Sommer unterirdisch gespeichert



DIE ENERGIE-INFRASTRUKTUR DER ZUKUNFT

Das Zusammenspiel von zentraler und dezentraler Energieerzeugung kann durch eine Speicherlandschaft optimiert werden

Das Ziel: die urbane Energiewende

Altes Neuland Frankfurt

DER PLAN

GEBÄUDE & BRÜCKEN

STADTGRÜN & NATUR

WASSER

ENERGIE

Die urbane Energiewende

Strombedarf der Brücken

Heiz- und Kühlbedarf der Brücken

Photovoltaik als Quartiersstrom

Oberflächennahe Geothermie

Energie-Infrastruktur der Zukunft

TRANSPORT

STADTKLIMA - WELTKLIMA

KUNST & KULTUR

VERPACKUNG - INNOVATIV

ALTES NEULAND WELTWEIT

RECHT

FINANZEN

UMSETZUNG

FACHINFORMATIONEN

SUCHE

DAS TEAM

KONTAKT & IMPRESSUM



Copyright © by Shirin Kriklava - Stiftung Altes Neuland Frankfurt GNU

Auf den Frankfurter Brücken kann die urbane Energiewende realisiert werden

Von Photovoltaik über Solarthermie in Hybridkollektoren und Abwärme von Rechenzentren bis hin zur Geothermie - das komplette Potential der Stadt an erneuerbaren Energien kann genutzt und optimal austariert werden: nicht nur für die Frankfurter Brücken selbst, sondern auch für Gebäude, Gewächshäuser und Straßeninfrastruktur sowie Wasserstoff- und Strom-betriebene Fahrzeuge entlang der Brücken. Photovoltaik für Stromerzeugung sowie Solarthermie zum Heizen sind tragende Prinzipien bei der energetischen Neuaufstellung der Stadt Frankfurt. Die Integration von Energieerzeugung und -speicherung mitten im Bestand einer Stadt wird mit dem Brückennetz möglich.

Altes Neuland Frankfurt

DER PLAN

GEBÄUDE & BRÜCKEN

STADTGRÜN & NATUR

WASSER

ENERGIE

Die urbane Energiewende

Strombedarf der Brücken

Heiz- und Kühlbedarf der Brücken

Photovoltaik als Quartiersstrom

Oberflächennahe Geothermie

Energie-Infrastruktur der Zukunft

TRANSPORT

STADTKLIMA - WELTKLIMA

KUNST & KULTUR

VERPACKUNG - INNOVATIV

ALTES NEULAND WELTWEIT

RECHT

FINANZEN

UMSETZUNG

FACHINFORMATIONEN

SUCHE

DAS TEAM

KONTAKT & IMPRESSUM



Inhalt: Die Energiewende in Frankfurt - Ausgangslage und Ziele

Noch ist der Anteil erneuerbarer Energien an der Gesamt-Energieerzeugung in Frankfurt äußerst gering.

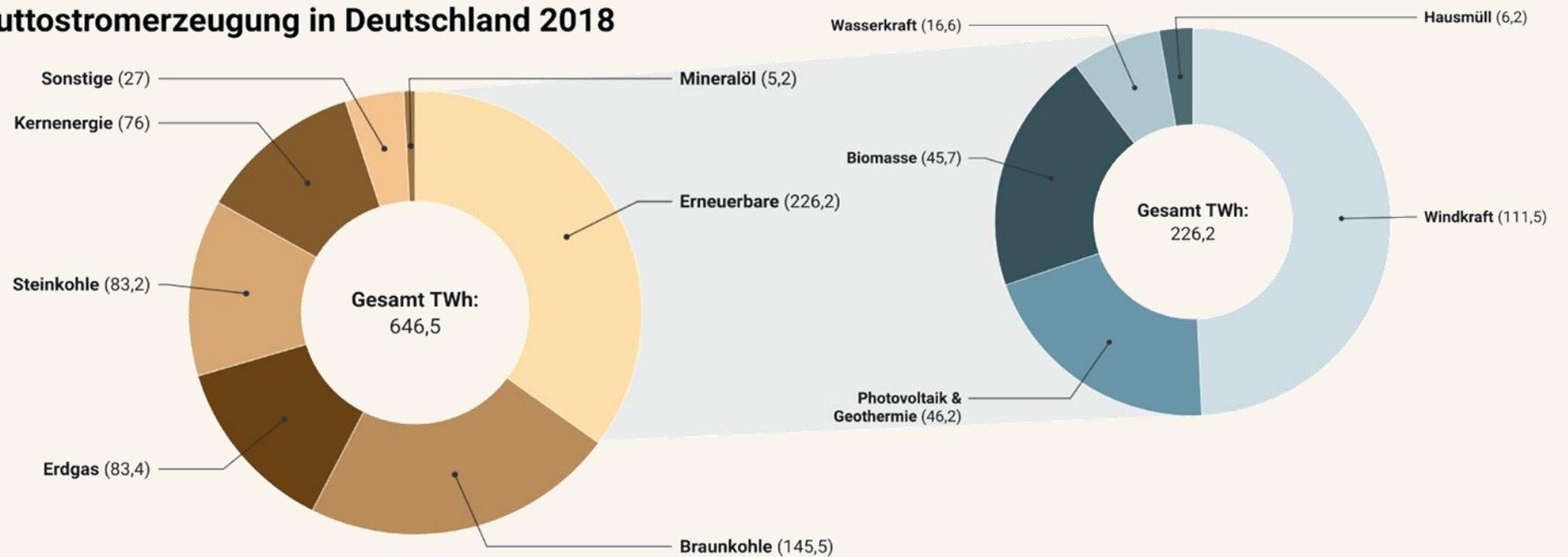
Frankfurt verfügt jedoch über ein großes Photovoltaik-Potential, das genutzt werden sollte. Auf den bzw. entlang der Frankfurter Brücken geschieht dies in vollem Umfang. Mit Solarmodulen wird Strom für die Brücke selbst und die angrenzenden Stadtteile erzeugt. Für eine derartige dezentrale Stromerzeugung und -nutzung benötigen die Brücken sogenannte Versorgungszentralen, die alle paar hundert Meter Angebot und Verbrauch aussteuern und auch untereinander verknüpft sind.

Ausgeführt als Hybridkollektoren sammeln die Solarmodule nicht nur Sonnenlicht zwecks Stromerzeugung, sondern auch Sonnenwärme ein, die im Winter direkt verbraucht wird und im Sommer für den nächsten Winter im Erdboden gespeichert werden kann.

Bis 2050 will Deutschland 100 % Strom aus erneuerbaren Quellen - denn Stromerzeugung ist für 40 % des CO₂-Ausstoßes in Deutschland verantwortlich

Der Anteil der erneuerbaren Energien an der Bruttostromerzeugung beträgt bereits über ein Drittel.

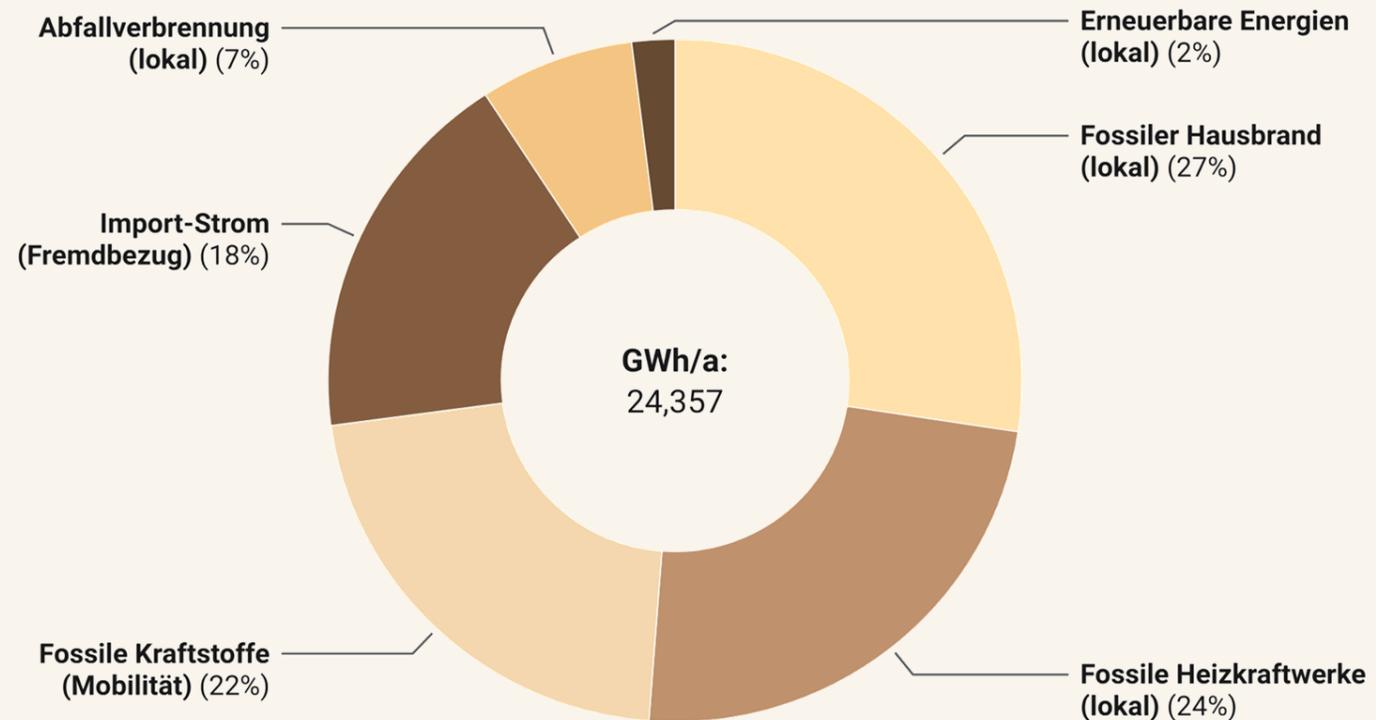
Bruttostromerzeugung in Deutschland 2018



Grafik: Altes Neuland Frankfurt • Quelle: BMWi • Erstellt mit Datawrapper

In Frankfurt haben erneuerbare Energien noch keinen maßgeblichen Anteil an der insgesamt erzeugten Energiemenge

Von 2 % erneuerbarer Energien (Stand 2019) bis hin zur urbanen Energiewende ist es in Frankfurt noch ein weiter Weg: Für die Stromerzeugung werden Verbrennungsprozesse genutzt (Abfall und Kohle) und zum Heizen entweder auf die Fernwärme daraus oder auf fossile Energieträger wie Gas und Öl zurückgegriffen.



Quelle: Kommunalen Steckbrief Regionalverband Frankfurt RheinMain 2019

Altes Neuland Frankfurt

DER PLAN

GEBÄUDE & BRÜCKEN

STADTGRÜN & NATUR

WASSER

ENERGIE

Die urbane Energiewende

Strombedarf der Brücken

Heiz- und Kühlbedarf der Brücken

Photovoltaik als Quartiersstrom

Oberflächennahe Geothermie

Energie-Infrastruktur der Zukunft

TRANSPORT

STADTKLIMA - WELTKLIMA

KUNST & KULTUR

VERPACKUNG - INNOVATIV

ALTES NEULAND WELTWEIT

RECHT

FINANZEN

UMSETZUNG

FACHINFORMATIONEN

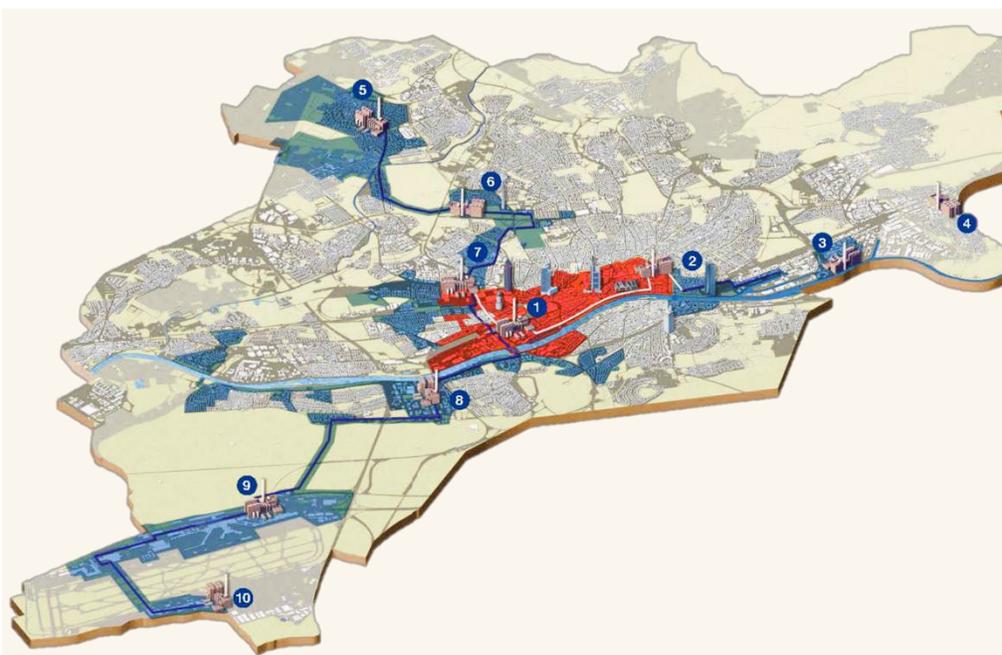
SUCHE

DAS TEAM

KONTAKT & IMPRESSUM



Die Frankfurter Kraftwerke stoßen –
Stand 2019 – durch Verbrennung über
800.000 Tonnen CO₂ p.a. aus



Copyright © by Mainova_Kraftwerk 2019

Die Menge des emittierten CO₂ hat sich seit 2019 zwar durch zukunftsorientierte Maßnahmen verringert, bewegt sich aber dennoch in signifikanten Größenordnungen.

Die meisten Kraftwerke werden mit
Kohle und/oder Erdgas betrieben

1 HKW West

Strom: 262 MW

Wärme: 430 MW

Brennstoff: Kohle & Erdgas

2 HKW Mitte

Strom: 4 MW

Wärme: 58 MW

Brennstoff: Erdgas

3 HW Schielestraße

Wärme: 19 MW

Brennstoff: Erdgas

4 Biomasse Kraftwerk Fechenheim

Strom: 12 MW

Wärme: 27 MW

Brennstoff: Holzabfälle

5 HKW Nordweststadt

Strom: 72,5 MW

Wärme: 120 MW

Brennstoff: Hausmüll

6 HW Raimundstraße

Wärme: 21 MW

Brennstoff: Erdgas

7 HKW Messe

Strom: 5,3 MW

Wärme: 112 MW

Brennstoff: Erdgas

8 HKW Niederrad

Strom: 70 MW

Wärme: 235 MW

Brennstoff: Erdgas

9 Heiz-/Kälte-Werk am Flughafen

Strom: 262 MW

Wärme: 430 MW

Brennstoff: Erdgas

10 HW Süd

Wärme: 15,4 MW

Brennstoff: Erdgas

In Frankfurt machen Wind- und Sonnenenergie – Stand 2019 – lediglich ein Achtel der Stromerzeugung aus

Frankfurt hat den strukturellen Nachteil, dass Windkraft aufgrund der Nähe zum Flughafen nicht ausgebaut werden kann. Hinzu kommt, dass die Stadtfläche vergleichsweise klein ist, sodass auch keine riesigen Solarparks darauf entstehen könnten, ohne Grünflächen oder für Wohnraum benötigtes Land zu opfern.

Entsprechend lag der Fokus für die Erzeugung von nachhaltigerem Strom bislang hauptsächlich auf der technologischen Optimierung hinsichtlich der energetischen Nutzung von Müll und Biomasse.

Kennzahl	Einheit	2019	2018	2017
Stromerzeugung nach Primärenergiequellen⁴				
Steinkohle	MWh	263.545	344.844	525.390
Erdgas ⁵	MWh	879.196	617.809	1.035.787
Biomasse	MWh	62.655	83.806	83.708
Müll	MWh	157.356	234.590	233.482
Wind	MWh	171.473	156.936	156.693
Sonne	MWh	32.699	34.900	31.506
Gesamt	MWh	1.566.923	1.472.886	2.066.566

Altes Neuland

Frankfurt

DER PLAN

GEBÄUDE & BRÜCKEN
STADTGRÜN & NATUR
WASSER

ENERGIE

Die urbane Energiewende

Strombedarf der Brücken
Heiz- und Kühlbedarf der Brücken
Photovoltaik als Quartiersstrom
Oberflächennahe Geothermie
Energie-Infrastruktur der Zukunft

TRANSPORT

STADTKLIMA - WELTKLIMA

KUNST & KULTUR

VERPACKUNG - INNOVATIV
ALTES NEULAND WELTWEIT

RECHT

FINANZEN
UMSETZUNG

FACHINFORMATIONEN

SUCHE

DAS TEAM
KONTAKT & IMPRESSUM



Staudämme und Windräder könnten Frankfurt nicht zur urbanen Energiewende bringen, aber Stromgewinnung aus Photovoltaik ist für die Stadt ein gangbarer Lösungsweg, um 10 % des Frankfurter Strombedarfs zu decken, wie eine Studie der Frankfurt University of Applied Science ermittelt hat



Copyright © by momnoi - istockphoto.com

Von der Frankfurt University of Applied Science wurde ein Solarkataster entwickelt, das das solare Potenzial aller Dach- und Freiflächen in Frankfurt ermittelt.

Jeder Hausbesitzer kann also genau feststellen, welche Möglichkeiten der Energieversorgung auf seinem Dach schlummern.

Mehr als 10 % des Frankfurter Strombedarfs könnten so gedeckt werden. Über 400.000 Tonnen Kohlendioxid könnten pro Jahr eingespart werden – eine beträchtliche Menge, wenn man bedenkt, dass Frankfurt seinen Strom derzeit noch hauptsächlich aus der Verbrennung von Kohle und Erdgas gewinnt.

GEBÄUDE & BRÜCKEN

STADTGRÜN & NATUR

WASSER

ENERGIE

Die urbane Energiewende

Strombedarf der Brücken

Heiz- und Kühlbedarf der Brücken

Photovoltaik als Quartiersstrom

Oberflächennahe Geothermie

Energie-Infrastruktur der Zukunft

TRANSPORT

STADTKLIMA - WELTKLIMA

KUNST & KULTUR

VERPACKUNG - INNOVATIV

ALTES NEULAND WELTWEIT

RECHT

FINANZEN

UMSETZUNG

FACHINFORMATIONEN

SUCHE

DAS TEAM

KONTAKT & IMPRESSUM



Ästhetische Beeinträchtigung und Aufwand bei der Installation sind allerdings häufige Gründe für Hausbesitzer, Photovoltaik nicht zu nutzen



Bei bestehenden Gebäuden scheuen Hausbesitzer den Aufwand, an einem funktionierenden, dichten Dach Eingriffe vorzunehmen oder durch vermietete Räumlichkeiten neue Leitungen verlegen zu müssen.

Außerdem sind die Kraftwerke der Mainova alle schon da, „up and running“, weitestgehend abgeschrieben und somit relativ günstige Lieferanten von Strom. Die zentrale Versorgung mit Energie hat einfach aus der historischen Entwicklung heraus Anbietervorteile.

Und das wichtigste K.O.-Kriterium für viele Gebäudebesitzer: Photovoltaik-Anlagen verändern das Aussehen eines Gebäudes meist nicht zu seinen Gunsten, da sie klassischerweise vor allem in Hinblick auf Effizienz und nicht auf Schönheit entwickelt werden.

Das Problem der Ästhetik

Egal ob Schieferdach oder Dach mit schönen roten Ziegeln: Die gängigen Photovoltaik-Module sind in der Regel kein optischer Gewinn für ein Gebäude.

Sie sind allerdings auch nicht auf Ästhetik hin optimiert, sondern Effizienz steht ganz klar im Vordergrund: Schwarz ist nun mal für Photovoltaik die beste Farbe, um möglichst viel Licht zu absorbieren. Und die auffälligen Gitterlinien, die die Paneele durchziehen, haben auch einen Zweck: Sie greifen den entstehenden Strom möglichst engmaschig ab.

Die Industrie hat das Ästhetik-Problem längst erkannt, und entsprechend gibt es inzwischen auch farblich ansprechende Paneele, die nicht von auffälligen Metallgittern durchzogen sind.

Der einzige Nachteil: Sie sind meist ineffizienter als die herkömmlichen unansehnlicheren Paneele.

Das Motto für die Frankfurter Brücken lautet daher: Besser ästhetisch schöne oder nicht sichtbare Photovoltaik mit weniger Effizienz als gar keine Photovoltaik mit viel Effizienz – zumindest im Innenstadtbereich. Effizienzoptimierte Photovoltaik hingegen wird an den Außenarmen der Brücken angebracht, wo sie niemanden stören kann.



Die urbane Energiewende

Strombedarf der Brücken
Heiz- und Kühlbedarf der Brücken
Photovoltaik als Quartiersstrom
Oberflächennahe Geothermie
Energie-Infrastruktur der Zukunft

STADTKLIMA - WELTKLIMA

VERPACKUNG - INNOVATIV ALTES NEULAND WELTWEIT

FINANZEN UMSETZUNG



Photovoltaik auf dem Dach sollte im besten Fall so aussehen wie das Dach ohne Photovoltaik

Auch wenn viele Anbieter daran arbeiten: Noch gibt es keine Dächer, die mit einem authentisch wirkenden roten Ziegelstein oder einem überzeugenden photovoltaischen Schiefer-Imitat gedeckt wurden. Täuschend echt aussehende Imitate sind noch nicht auf dem Markt. Und die innovativen Produkte, die bereits entwickelt wurden, weisen immer noch eine vergleichsweise geringe Effizienz auf.



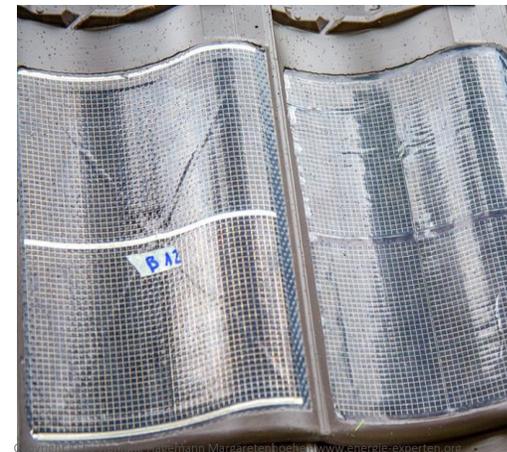
Copyright © by tesla



Copyright © by tesla

Bereits seit Jahren bemüht sich Tesla um die Entwicklung von Dachsteinen, die tatsächlich so aussehen wie rote Dachziegel oder Naturschiefer. Aber bislang gibt es keine realisierten Projekte dazu auf dem Markt bzw. sind noch keine derartigen Dachsteine als Massenprodukt auf dem Markt erhältlich.

Lediglich im Denkmalschutz ist man einen Schritt weiter: Das Institut für Bauphysik der Universität Stuttgart hat mit Photovoltaik-Zellen belegte Dachsteine entwickelt, die zwar von nahem anders aussehen als die schwarzen Dachziegel der historischen Gebäude auf der Margarethenhöhe in Essen, sich von Weitem jedoch optisch unauffällig in die Dachstruktur einfügen.



Copyright © by rojekt raegt. Juelich, Forschungszentrum Juelich, GmbH - www.energie-wende-bauen.de

Altes Neuland Frankfurt

DER PLAN

GEBÄUDE & BRÜCKEN
STADTGRÜN & NATUR
WASSER

ENERGIE

Die urbane Energiewende

Strombedarf der Brücken
Heiz- und Kühlbedarf der Brücken
Photovoltaik als Quartiersstrom
Oberflächennahe Geothermie
Energie-Infrastruktur der Zukunft

TRANSPORT

STADTKLIMA - WELTKLIMA

KUNST & KULTUR

VERPACKUNG - INNOVATIV
ALTES NEULAND WELTWEIT

RECHT

FINANZEN
UMSETZUNG

FACHINFORMATIONEN

SUCHE

DAS TEAM
KONTAKT & IMPRESSUM



Copyright © by Henning Hagemann Margaretenhoehe - www.energie-experten.org



Copyright © by projekttraeger „Jülicher Energieforschungszentrum“ Energie-Gen.GmbH - www.energie-wende-juelich.de

Die Kosten pro Element sind leider (noch) relativ hoch, weil es sich (noch) nicht um Massenprodukte handelt. Es lohnt sich einfach derzeit noch nicht für Bauherren, auf schöne, aber teure ästhetische Lösungen mit geringem Return on Investment zu setzen.

Dies soll sich mit den Frankfurter Brücken ändern: Alle „nicht sichtbaren“ Photovoltaik-Elemente, die in Europa bereits erhältlich sind und gar nicht aussehen wie Photovoltaik, sollen auf den Dächern der Brücken zur Anwendung kommen, da die Brücken auch hierfür als „Schaufenster der Innovationen“ dienen. Begleitet von Forschungsinstituten zielen regelmäßige Auswertungen darauf ab, die Produkte weiter zu optimieren. Und jeder Besucher der Brücke erhält einen aktuellen Überblick über angewandte Innovationen, die dadurch eine Chance erhalten, zum Massenprodukt zu werden. Eine ständige Expo – die auch permanent aktualisiert oder erweitert wird.



Altes Neuland Frankfurt

DER PLAN

GEBÄUDE & BRÜCKEN

STADTGRÜN & NATUR

WASSER

ENERGIE

Die urbane Energiewende

Strombedarf der Brücken

Heiz- und Kühlbedarf der Brücken

Photovoltaik als Quartiersstrom

Oberflächennahe Geothermie

Energie-Infrastruktur der Zukunft

TRANSPORT

STADTKLIMA - WELTKLIMA

KUNST & KULTUR

VERPACKUNG - INNOVATIV

ALTES NEULAND WELTWEIT

RECHT

FINANZEN

UMSETZUNG

FACHINFORMATIONEN

SUCHE

DAS TEAM

KONTAKT & IMPRESSUM



Das Problem der Ästhetik gibt es auch an Fassaden

In einer dicht bebauten Stadt wie Frankfurt mit sehr vielen mehrgeschossigen Gebäuden in Reihe sind die Dachflächen von Mehrfamilienhäusern im Verhältnis zum bewohnten Raum darunter oft zu klein. Damit genug Strom für Alle erzeugt werden kann, muss eine Stadt also nach weiteren Flächen suchen. Fassaden sind dabei nur bedingt als Ausweichfläche geeignet. Insbesondere Altbauten in den Städten will man eigentlich nicht damit überdecken. Ein Beispiel aus Zürich (s. Abbildung): Ein Jugendstilhaus sollte im Zuge der Sanierung mit Photovoltaik ausgestattet werden. Da die Dachfläche zu klein war, wurde die Fassade mit genutzt.

Mit dem neuen Quartier der Frankfurter Brücken kann Hausbesitzern gezeigt werden, wie ästhetisch ausgewogen oder vor allem auch wie unsichtbar Photovoltaik sein kann – auf dem Dach, auf der Fassade oder auch anderweitig integriert

Altes Neuland Frankfurt

DER PLAN

GEBÄUDE & BRÜCKEN

STADTGRÜN & NATUR

WASSER

ENERGIE

Die urbane Energiewende

Strombedarf der Brücken

Heiz- und Kühlbedarf der Brücken

Photovoltaik als Quartiersstrom

Oberflächennahe Geothermie

Energie-Infrastruktur der Zukunft

TRANSPORT

STADTKLIMA - WELTKLIMA

KUNST & KULTUR

VERPACKUNG - INNOVATIV

ALTES NEULAND WELTWEIT

RECHT

FINANZEN

UMSETZUNG

FACHINFORMATIONEN

SUCHE

DAS TEAM

KONTAKT & IMPRESSUM



Auf den Frankfurter Brücken werden nicht nur die Dächer, sondern zum Teil auch die Fassaden moderner Gebäude mit Photovoltaik ausgestattet – mit ästhetisch passenden bzw. unauffälligen Modulen

Die einfachste Lösung, wenn auf dem Dach nicht genug Platz ist:

Man bringt die Photovoltaikmodule an der Fassade an. Gerade bei moderner Architektur kann man sich dabei den Spiegel-Effekt der Glasschicht über der Photovoltaik zunutze machen, um elegant schwarz glänzende Module in die Architektur zu integrieren.

Die Effizienz solcher schwarzen monokristallinen Paneele liegt inzwischen bei über 20 % - zumindest, wenn die Module nicht gebogen werden müssen. Biegbare photovoltaische Flächen haben leider eine geringere Effizienz als gerade Flächen.



Bauhaus-Zitat auf den Frankfurter Brücken

© 2017 Altes Neuland Frankfurt GfG



Copyright © by SchwoererHaus KG

Altes Neuland Frankfurt

DER PLAN

GEBÄUDE & BRÜCKEN STADTGRÜN & NATUR WASSER

ENERGIE

Die urbane Energiewende

Strombedarf der Brücken
Heiz- und Kühlbedarf der Brücken
Photovoltaik als Quartiersstrom
Oberflächennahe Geothermie
Energie-Infrastruktur der Zukunft

TRANSPORT

STADTKLIMA - WELTKLIMA

KUNST & KULTUR

VERPACKUNG - INNOVATIV ALTES NEULAND WELTWEIT

RECHT

FINANZEN UMSETZUNG

FACHINFORMATIONEN

SUCHE

DAS TEAM KONTAKT & IMPRESSUM



Mit selektiven Streuungsfiltern können sogar weiße Photovoltaik-Flächen erstellt werden

Ein selektiver Streuungsfilter reflektiert das sichtbare Licht mit einer Vielzahl von Schichten. Das sichtbare Licht wird auf diese Weise von uns Menschen noch wahrgenommen, während die Infrarot-Strahlung zu den Solarzellen geleitet wird. Die Reflektion des weißen Lichtanteils wird durch eine zusätzliche Mikrostruktur auf der Rückseite der Folie erreicht. Diese Technologie bringt allerdings erwartungsgemäß einen Verlust des Wirkungsgrades mit sich, erwirtschaftet also etwas weniger Energie.

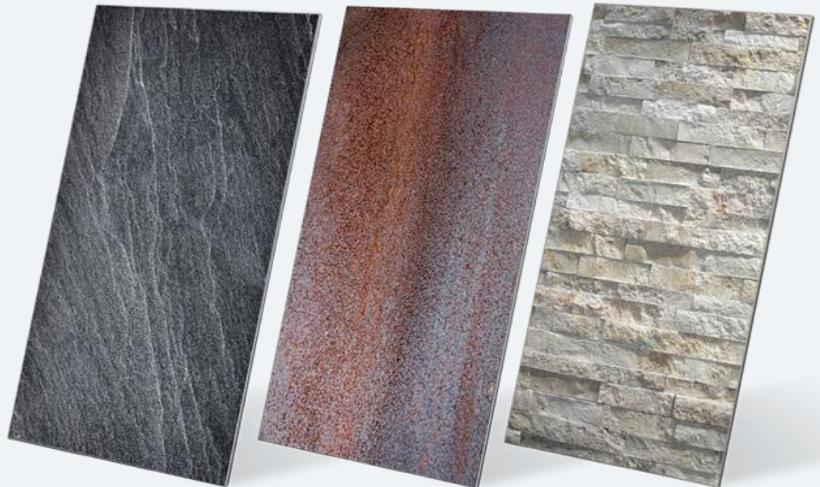
Über ein Drittel der Gebäude auf den Frankfurter Brücken besteht aus moderner Architektur, die neben eleganten, glatten, dunklen Fassaden auch gerne mit hellen, schlichten Fassaden arbeitet: so, wie es hier in einer Visualisierung eines Einfamilienhauses auf der Hanauer Landstraße dargestellt ist.



Auch der öffentliche Bereich kann genutzt werden: Kleine Mauern auf den Brücken werden mit Photovoltaik ausgestattet, die nicht als solche erkennbar ist – allerdings auch einen geringeren Wirkungsgrad hat

Weltweit forschen Institute, Firmen oder Start-ups mit Hochdruck an Alternativen zu den herkömmlichen schwarzen Photovoltaikmodulen. Denn viele Städte und Gemeinden haben ähnlich wie Frankfurt bereits ausrechnen lassen, wie viel Strom sie durch Photovoltaik auf ihren Flächen generieren könnten und bis wann sie CO₂-neutral werden können. Werden Flächen im öffentlichen Bereich erneuert, wie z.B. in der Visualisierung auf dem Schaubild, können auch kleine Mauern mit photovoltaisch aktivierten Flächen versehen werden, um die anliegende Straßenbeleuchtung zu unterstützen.

So sieht man es bereits manchen Modulen in Steinoptik nicht an, dass sich Photovoltaik dahinter verbirgt: Die Technik und die Photovoltaikzellen finden sich vor dem Betrachter verborgen hinter einem bedruckten Frontglas.



Altes Neuland Frankfurt

DER PLAN

GEBÄUDE & BRÜCKEN

STADTGRÜN & NATUR

WASSER

ENERGIE

Die urbane Energiewende

Strombedarf der Brücken

Heiz- und Kühlbedarf der Brücken

Photovoltaik als Quartiersstrom

Oberflächennahe Geothermie

Energie-Infrastruktur der Zukunft

TRANSPORT

STADTKLIMA - WELTKLIMA

KUNST & KULTUR

VERPACKUNG - INNOVATIV

ALTES NEULAND WELTWEIT

RECHT

FINANZEN

UMSETZUNG

FACHINFORMATIONEN

SUCHE

DAS TEAM

KONTAKT & IMPRESSUM



Eine bunte Vielfalt an Photovoltaik kann sowohl Fassaden als auch andere Bereiche im öffentlichen Raum schmücken





Neben buntfarbig bedrucktem Frontglas über den eigentlichen Photovoltaik-Zellen gibt es inzwischen auch Technologien, mit denen tatsächlich bunte Photovoltaik-Module hergestellt werden können

Während die Farben von Photovoltaik-Modulen früher noch eher gedämpft waren und stets einen Grau- oder Schwarzstich hatten, gibt es nun eine Technologie, die das Fraunhofer Institut ISE aus Freiburg auf den Markt gebracht hat: Die sogenannten „MorphoColor-Module“. Dabei werden nicht die Deckgläser der Photovoltaik-Module mit Farbpigmenten eingefärbt, sondern man ahmt den physikalischen Effekt eines Schmetterlingsflügels nach: Schmetterlingsflügel haben eine mikrometerfeine Oberflächenstruktur, die gezielt eine Farbe reflektiert. Das Fraunhofer Institut hat eine ähnliche Oberflächenstruktur auf der Rückseite der Solarmodulglasschicht aufgebracht. Je nach Struktur werden bis zu 7 % des einfallendes Lichtes reflektiert, wodurch die Deckgläser über der Photovoltaik als blau, rot oder grün wahrgenommen werden.



Copyright © by MorphoColor Fraunhofer ISE



Copyright © by MorphoColor Fraunhofer ISE



Copyright © by MorphoColor Fraunhofer ISE

Altes Neuland Frankfurt

DER PLAN

GEBÄUDE & BRÜCKEN
STADTGRÜN & NATUR
WASSER

ENERGIE

Die urbane Energiewende

Strombedarf der Brücken
Heiz- und Kühlbedarf der Brücken
Photovoltaik als Quartiersstrom
Oberflächennahe Geothermie
Energie-Infrastruktur der Zukunft

TRANSPORT

STADTKLIMA - WELTKLIMA

KUNST & KULTUR

VERPACKUNG - INNOVATIV
ALTES NEULAND WELTWEIT

RECHT

FINANZEN
UMSETZUNG

FACHINFORMATIONEN

SUCHE
DAS TEAM
KONTAKT & IMPRESSUM



Elemente im öffentlichen Raum können ebenfalls auf den Brücken photovoltaisch aktiviert werden und dabei sehr ansprechend aussehen

Eine weitere Möglichkeit, optische Vielfalt zu ermöglichen: gebogene Photovoltaik-Flächen statt starrer flacher Module. Aber auch hier muss man Effizienzeinbußen in Kauf nehmen: Diese sogenannte „Dünnschicht-Technologie“ bleibt in ihrem Wirkungsgrad heute noch unter 15 %.

Dafür hat sie neben ihrer Biegsamkeit allerdings noch einen weiteren Vorteil: Die Module sind deutlich leichter und damit vielfältig einsetzbar bzw. installierbar, wo für schwerere Module die statischen Voraussetzungen nicht gegeben sind.

Bei Sitzgelegenheiten, Pavillons oder Baldachinen im öffentlichen Raum können durch die Dünnschicht-Technologie viele Flächen photovoltaisch aktiviert werden.

Sogar die Fenster auf den Brücken werden photovoltaisch aktiviert, ohne dass der Betrachter es bemerkt

Ein neuartiger Ansatz in der Photovoltaikbranche arbeitet mit dem Prinzip des sogenannten „Wave-Guidings“. Dieses wird auf den Brücken beispielsweise bei Fenstern von Gebäuden eingesetzt.

Beim Wave-Guiding wird die einfallende Strahlung in den Rand eines Fensters mit handelsüblichen Glasscheiben geleitet. Im Rand wird dann über Photovoltaik-Module elektrische Energie erzeugt.

Die Fenster sind also eigene kleine Energieerzeuger.



Altes Neuland Frankfurt

DER PLAN

GEBÄUDE & BRÜCKEN

STADTGRÜN & NATUR

WASSER

ENERGIE

Die urbane Energiewende

Strombedarf der Brücken

Heiz- und Kühlbedarf der Brücken

Photovoltaik als Quartiersstrom

Oberflächennahe Geothermie

Energie-Infrastruktur der Zukunft

TRANSPORT

STADTKLIMA - WELTKLIMA

KUNST & KULTUR

VERPACKUNG - INNOVATIV

ALTES NEULAND WELTWEIT

RECHT

FINANZEN

UMSETZUNG

FACHINFORMATIONEN

SUCHE

DAS TEAM

KONTAKT & IMPRESSUM



Auch im künstlerischen Bereich ist auf den Brücken Photovoltaik geplant – allerdings ist der Wirkungsgrad der optisch schönen Module meist relativ gering



Altes Neuland Frankfurt

DER PLAN

GEBÄUDE & BRÜCKEN
STADTGRÜN & NATUR
WASSER

ENERGIE

Die urbane Energiewende

Strombedarf der Brücken
Heiz- und Kühlbedarf der Brücken
Photovoltaik als Quartiersstrom
Oberflächennahe Geothermie
Energie-Infrastruktur der Zukunft

TRANSPORT

STADTKLIMA - WELTKLIMA

KUNST & KULTUR

VERPACKUNG - INNOVATIV
ALTES NEULAND WELTWEIT

RECHT

FINANZEN
UMSETZUNG

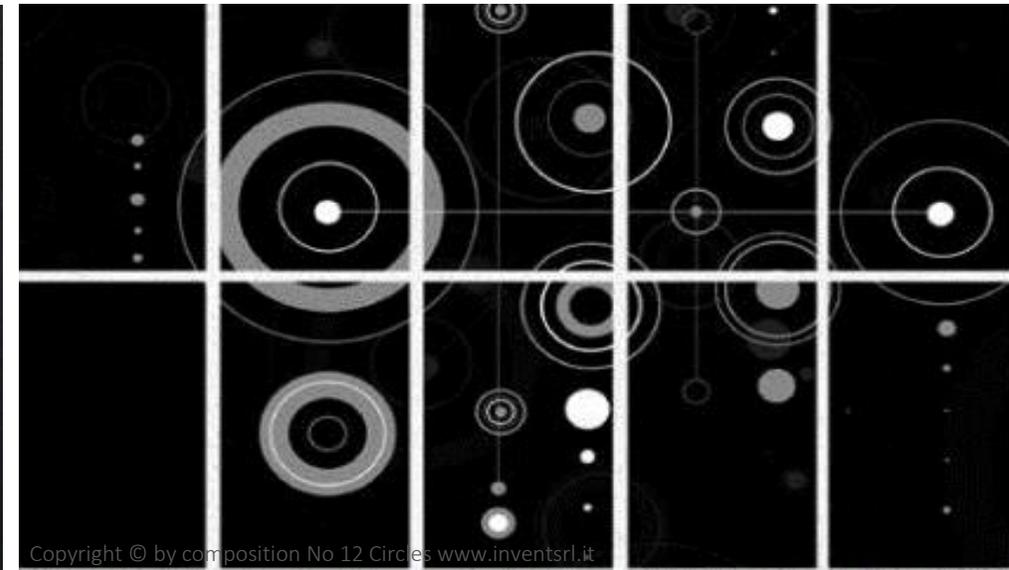
FACHINFORMATIONEN

SUCHE

DAS TEAM
KONTAKT & IMPRESSUM

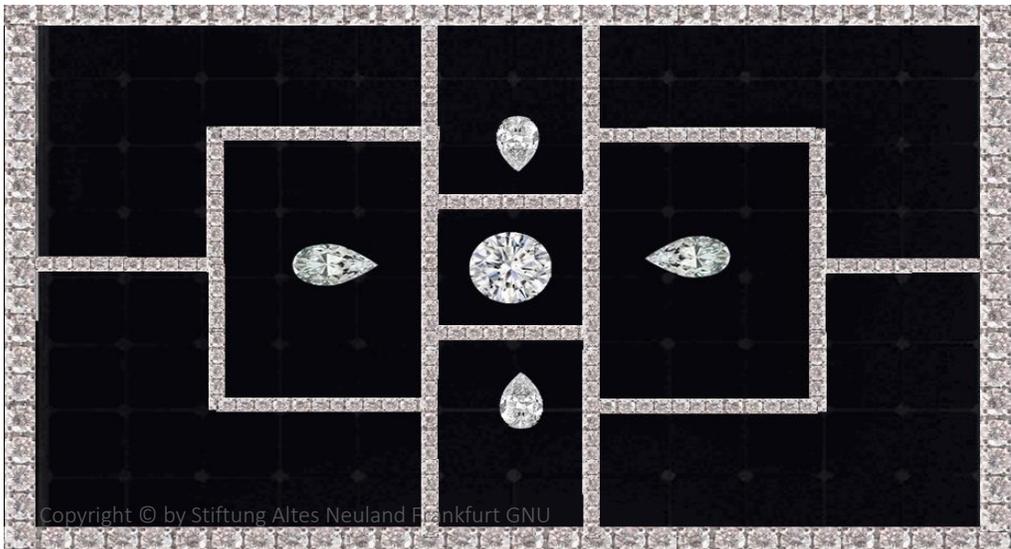


Copyright © by Neue Abenteuer Weimar 2013 www.maxx-solar.de

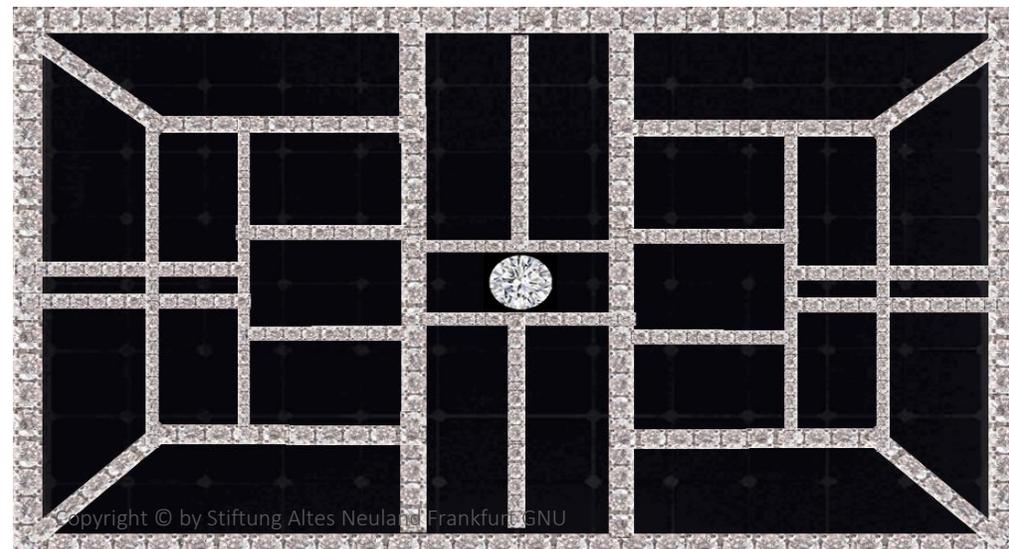


Copyright © by composition No 12 Circles www.inventsrl.it

Denn bunte künstlerische Photovoltaik ist nicht so wirkungsvoll wie schwarze.
Daher gibt es auf den Brücken auch Photovoltaik-Kunstwerke in schwarz.



Copyright © by Stiftung Altes Neuland Frankfurt GNU



Copyright © by Stiftung Altes Neuland Frankfurt GNU



Die Photovoltaik-Ernte von so vielen Oberflächen auf den Brücken kann nur mithilfe ausgefeilter Steuerungssysteme optimal genutzt werden

Mit dem neuen Quartier der Frankfurter Brücken kann Hausbesitzern gezeigt werden, wie schön und vor allem unsichtbar Photovoltaik auf dem Dach sein kann und wie effizient es für alle Bereiche des Lebens ist, inklusive Mobilität.

Auf den Brücken wird dazu ein intelligentes Steuerungssystem entwickelt. So kann ein ganzes Quartier mit günstigstem Strom versorgt werden, sowohl für seine Infrastruktur, als auch für moderne „Luxusprozesse“, wie zum Beispiel fahrende Mülltonnen, Brückenfahrzeuge auf Abruf, automatisierter Tragdienst für Einkäufe (nie wieder Schleppe) und vieles mehr – ohne „verschwenderisch“ mit Strom umzugehen.

Sobald der Strombedarf auf den Brücken gedeckt ist, wird überschüssiger Strom, den die Photovoltaik-Module produzieren, erst in Batterien gespeichert bzw. den elektrisch betriebenen Fahrzeugen neben den Brücken angeboten, die an den Ladestationen der Brückenpfeiler „Strom tanken“ können. Darüber hinaus entstehender überschüssiger Strom wird zur Herstellung von Wasserstoff verwendet. Der grüne Wasserstoff wird von den H₂-betriebenen Fahrzeugen auf den Frankfurter Brücken verbraucht und Überschüsse werden gespeichert, um im Winter mittels Brennstoffzellen der Strom- und Wärmeerzeugung zu dienen.

Erst wenn auch dieser Bedarf auf und entlang der Brücken gedeckt ist, alle Energiespeicher der Brücken gefüllt sind und immer noch überschüssiger Strom vorhanden sein sollte, wird dieser in das Netz des lokalen Stromversorgers Mainova rückeingespeist: Es gibt somit keine Einzelabrechnungen pro Gebäude mit dem Versorger Mainova, sondern erst nach erfolgtem Brücken-internen „netting“ findet eine Brücken-Saldierung mit der Mainova statt.

DER PLAN

GEBÄUDE & BRÜCKEN

STADTGRÜN & NATUR

WASSER

ENERGIE

Die urbane Energiewende

Strombedarf der Brücken

Heiz- und Kühlbedarf der Brücken

Photovoltaik als Quartiersstrom

Oberflächennahe Geothermie

Energie-Infrastruktur der Zukunft

TRANSPORT

STADTKLIMA - WELTKLIMA

KUNST & KULTUR

VERPACKUNG - INNOVATIV

ALTES NEULAND WELTWEIT

RECHT

FINANZEN

UMSETZUNG

FACHINFORMATIONEN

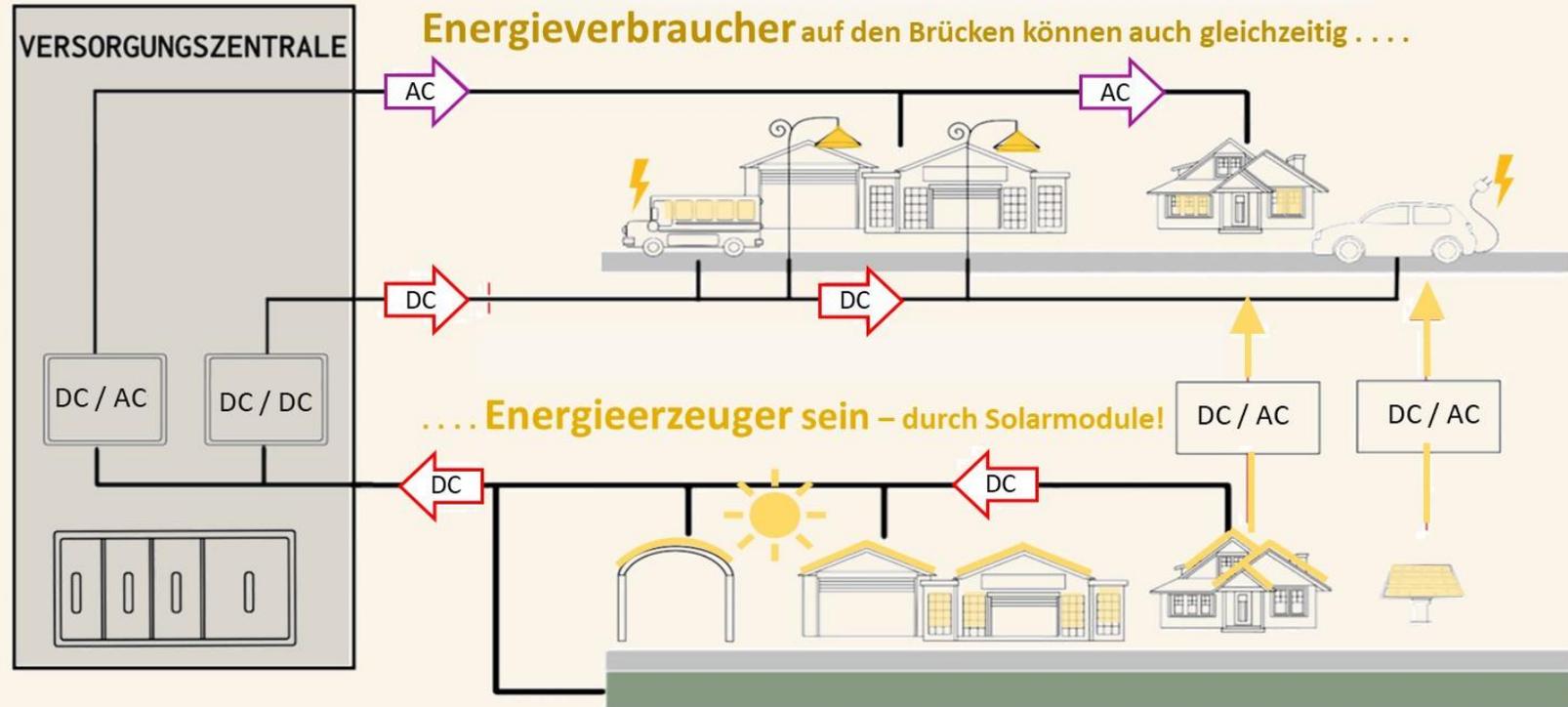
SUCHE

DAS TEAM

KONTAKT & IMPRESSUM



Auf den Brücken wird zur direkten Nutzung des dort erzeugten Photovoltaik-Stroms ein intelligentes Steuerungssystem entwickelt



Die Photovoltaik-Module auf den Brücken produzieren Gleichstrom (DC), der allerdings nicht direkt von den Stromverbrauchern auf den Brücken genutzt werden kann, sondern entweder in passenden Gleichstrom mit anderer Spannung umgewandelt werden muss oder aber – für einige Endverbrauchsarten – zu Wechselstrom (AC) gewandelt wird. Dies geschieht bei sogenannten Inselösungen (erzeugendes und verbrauchendes Element bilden eine „Insel“ – z.B. bei Straßenbeleuchtung mit integrierter Photovoltaik) ohne Umwege; der Großteil des produzierten Stroms auf den Brücken wird jedoch zuerst zu brückeninternen Versorgungsknotenpunkten, den „Versorgungszentralen“, umgeleitet und dort in größerem Umfang und zentral gewandelt, bevor er zu den Verbrauchern geschickt wird.

DER PLAN

GEBÄUDE & BRÜCKEN
STADTGRÜN & NATUR
WASSER

ENERGIE

Die urbane Energiewende

Strombedarf der Brücken
Heiz- und Kühlbedarf der Brücken
Photovoltaik als Quartiersstrom
Oberflächennahe Geothermie
Energie-Infrastruktur der Zukunft

TRANSPORT

STADTKLIMA - WELTKLIMA

KUNST & KULTUR

VERPACKUNG - INNOVATIV
ALTES NEULAND WELTWEIT

RECHT

FINANZEN
UMSETZUNG

FACHINFORMATIONEN

SUCHE
DAS TEAM
KONTAKT & IMPRESSUM



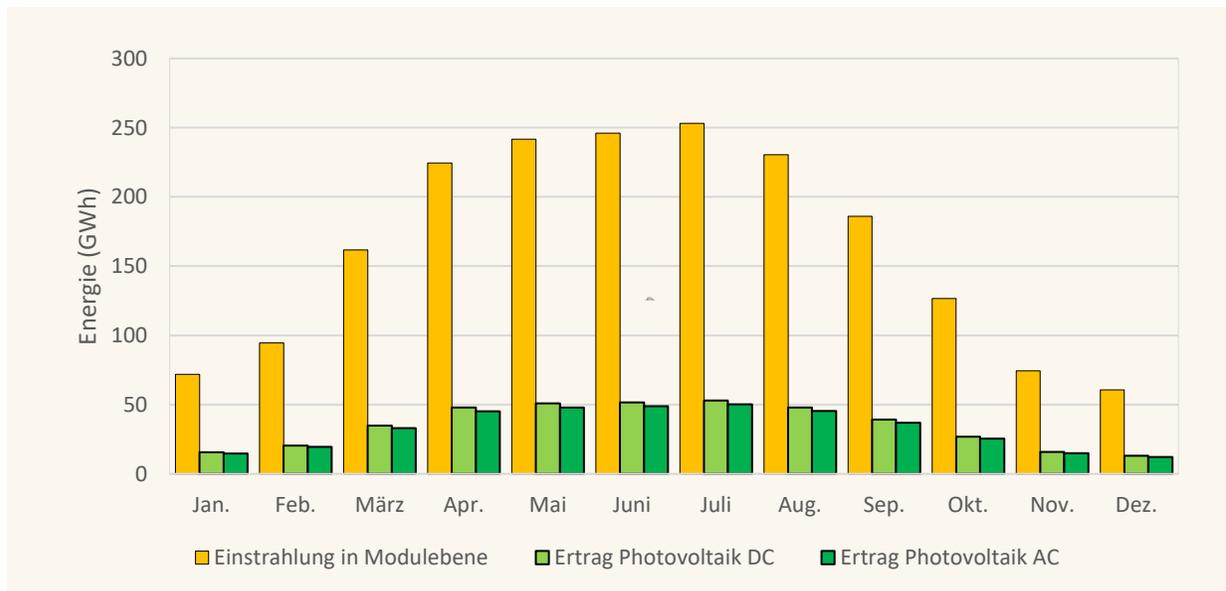
417 GWh Strom p.a. lassen sich photovoltaisch auf und neben den Brücken erzeugen – dabei ist mit konservativen Prognosewerten simuliert worden

Simuliert wurde mit einer Effizienz der PV-Module von 25,5 %. Konservativ ist ein Verlust von 4,5 % angenommen worden, d.h. von einer Gesamteinstrahlung von 1.971 GWh/a sind ca. 21 % als Resultateffizienz auf Modulebene angenommen worden:

Bei kompletter DC/AC-Umwandlung würden 5 % (ca. 23 GWh/a) Strom verloren gehen.

Damit ergibt sich eine Gesamterzeugung von insgesamt ca. 417 GWh Strom pro Jahr durch die Solarmodule auf und neben den Brücken. Genutzt werden könnten selbst nach vollständiger AC-Transformation davon immernoch 392 GWh/a.

Stromerzeugung															
Name	Einheit	Jahr	Jan.	Feb.	März	Apr.	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sep.	Okt.	Nov.	Dez.	
Einstrahlung in Modulebene	GWh	1971	72	95	162	224	242	246	253	230	186	127	74	61	
Ertrag Photovoltaik DC	GWh	417	16	21	35	48	51	52	53	48	39	27	16	13	
Ertrag Photovoltaik AC	GWh	394	15	19	33	45	48	49	50	45	37	25	15	12	



Der maximale Stromertrag ist im Juli zu verzeichnen, wenn er um ein Vierfaches höher ist als im Dezember – dem Monat mit der geringsten Stromerzeugung.

Diese Graphik verdeutlicht, dass das Stromsystem der Frankfurter Brücken durch ein Speichersystem ergänzt werden muss, das die Überschüsse des Sommers für den Winter speichert.

Altes Neuland Frankfurt

DER PLAN

GEBÄUDE & BRÜCKEN
STADTGRÜN & NATUR
WASSER

ENERGIE

Die urbane Energiewende

Strombedarf der Brücken
Heiz- und Kühlbedarf der Brücken
Photovoltaik als Quartiersstrom
Oberflächennahe Geothermie
Energie-Infrastruktur der Zukunft

TRANSPORT

STADTKLIMA - WELTKLIMA

KUNST & KULTUR

VERPACKUNG - INNOVATIV
ALTES NEULAND WELTWEIT

RECHT

FINANZEN
UMSETZUNG

FACHINFORMATIONEN

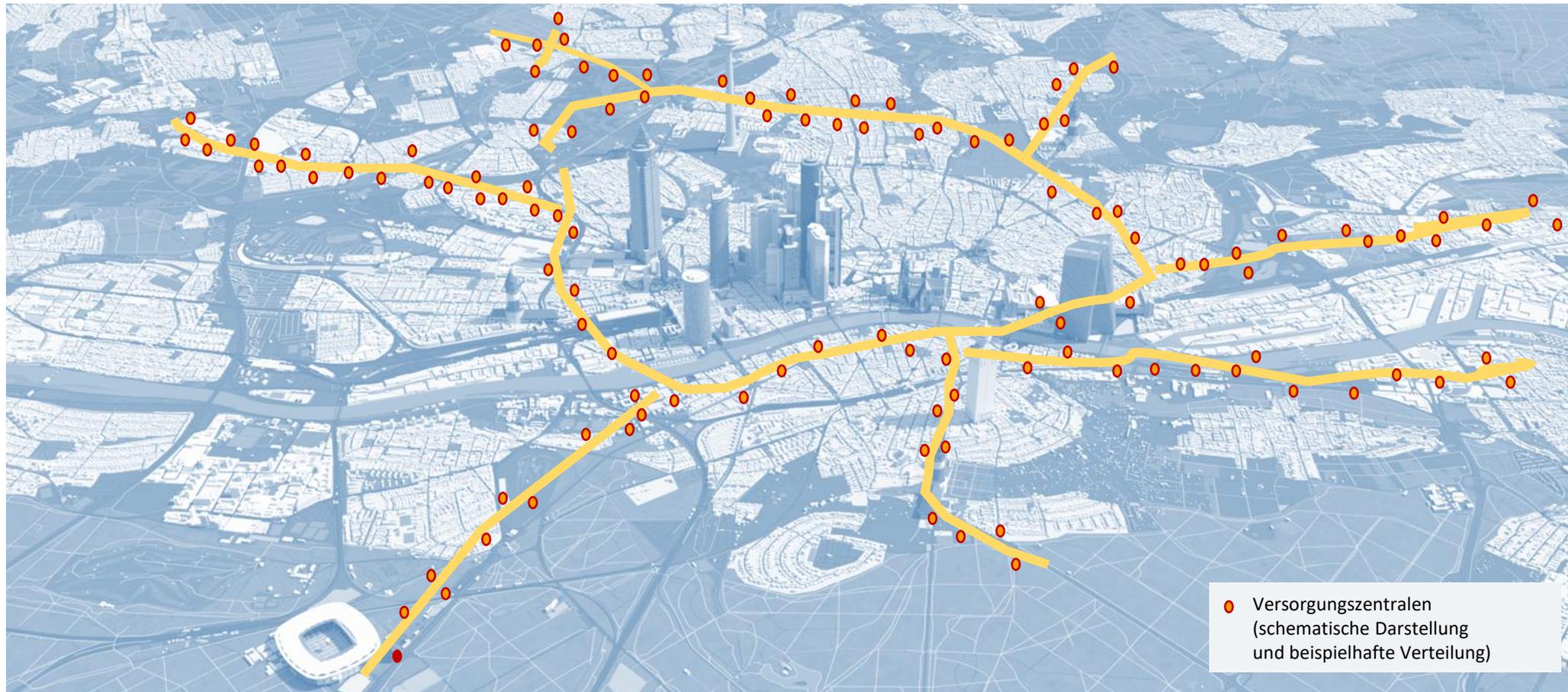
SUCHE

DAS TEAM
KONTAKT & IMPRESSUM



Das Brückenquartier bekommt Versorgungszentralen entlang der Brücken – in ihnen finden Speicherung, Umwandlung und Aufbereitung der Energie statt, sie dienen aber gleichzeitig auch als Infrastruktur für Trinkwasser, Löschwasser, Kommunikation etc.

Die Energie von Photovoltaikanlagen wird nicht direkt für Gebäude, Laternen etc. auf den Brücken verbraucht, sondern wird zunächst in die sogenannten Versorgungszentralen geleitet: ca. alle 500 bis 1000 m befinden sich rechts oder links der Brücken Zentralen, in denen viele Leitungen zusammenlaufen und die überschüssige Energie intelligent und effizient verteilt wird.



Altes Neuland Frankfurt

DER PLAN

GEBÄUDE & BRÜCKEN
STADTGRÜN & NATUR
WASSER

ENERGIE

Die urbane Energiewende

Strombedarf der Brücken
Heiz- und Kühlbedarf der Brücken
Photovoltaik als Quartiersstrom
Oberflächennahe Geothermie
Energie-Infrastruktur der Zukunft

TRANSPORT

STADTKLIMA - WELTKLIMA

KUNST & KULTUR

VERPACKUNG - INNOVATIV
ALTES NEULAND WELTWEIT

RECHT

FINANZEN
UMSETZUNG

FACHINFORMATIONEN

SUCHE
DAS TEAM
KONTAKT & IMPRESSUM



Der Begriff „Versorgungszentrale“ lässt das Schlimmste vermuten, aber die Zentralen sind „undercover“ unterwegs: entweder hochmodern oder kunsthandwerklich ausgestaltet – wie ästhetische Perlen entlang der Brücken



Altes Neuland Frankfurt

DER PLAN

GEBÄUDE & BRÜCKEN

STADTGRÜN & NATUR

WASSER

ENERGIE

Die urbane Energiewende

Strombedarf der Brücken

Heiz- und Kühlbedarf der Brücken

Photovoltaik als Quartiersstrom

Oberflächennahe Geothermie

Energie-Infrastruktur der Zukunft

TRANSPORT

STADTKLIMA - WELTKLIMA

KUNST & KULTUR

VERPACKUNG - INNOVATIV

ALTES NEULAND WELTWEIT

RECHT

FINANZEN

UMSETZUNG

FACHINFORMATIONEN

SUCHE

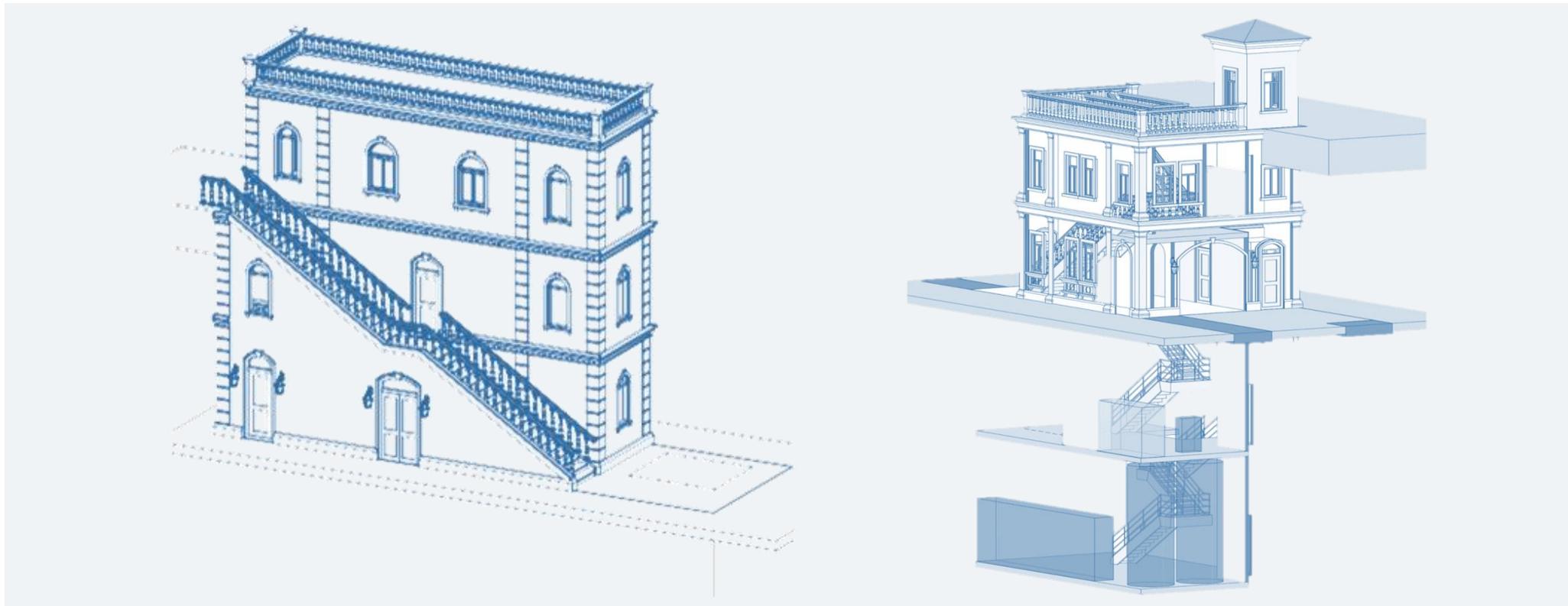
DAS TEAM

KONTAKT & IMPRESSUM



Auf Fussgänger-Ebene sind die Versorgungszentralen extrem schlank und platzsparend gehalten – aber dafür sind sie unterirdisch bis zu zwei Kellergeschosse tief

Jede Versorgungszentrale wird stilistisch der Umgebungsbebauung angepasst: Ist die Umgebung von Altbauten geprägt, dann verkleiden sich die Versorgungszentralen als Gründerzeit-Villen; in moderner Umgebung hingegen sind sie ultra-modern, aber künstlerisch gestaltet: durch Beleuchtungseffekte, Graffiti-Malerei, moderne Kunst, Naturstein-Verkleidung oder andere Stilmittel der Kunst.



Altes Neuland Frankfurt

DER PLAN

GEBÄUDE & BRÜCKEN

STADTGRÜN & NATUR

WASSER

ENERGIE

Die urbane Energiewende

Strombedarf der Brücken

Heiz- und Kühlbedarf der Brücken

Photovoltaik als Quartiersstrom

Oberflächennahe Geothermie

Energie-Infrastruktur der Zukunft

TRANSPORT

STADTKLIMA - WELTKLIMA

KUNST & KULTUR

VERPACKUNG - INNOVATIV

ALTES NEULAND WELTWEIT

RECHT

FINANZEN

UMSETZUNG

FACHINFORMATIONEN

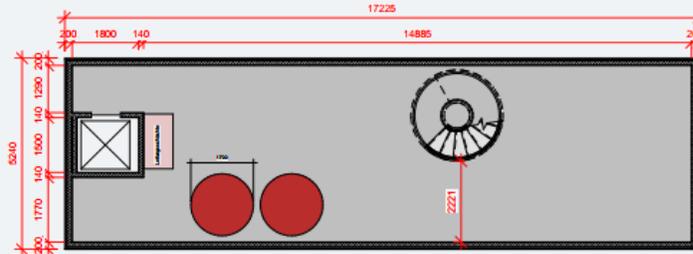
SUCHE

DAS TEAM

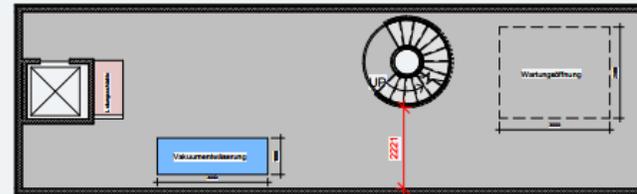
KONTAKT & IMPRESSUM



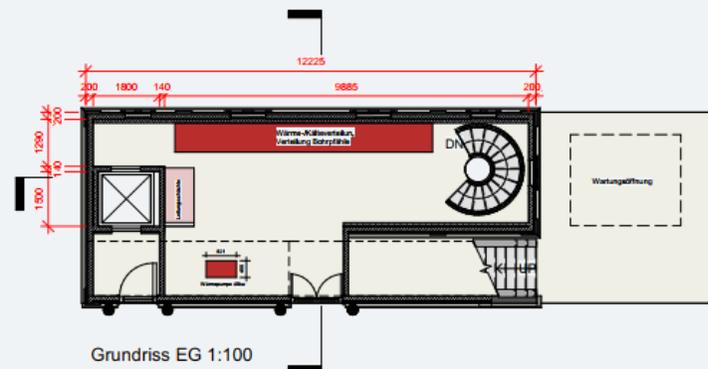
Manche Versorgungszentralen haben nicht nur ein Untergeschoss, sondern sind zweifach unterkellert



Grundriss U2 1:100

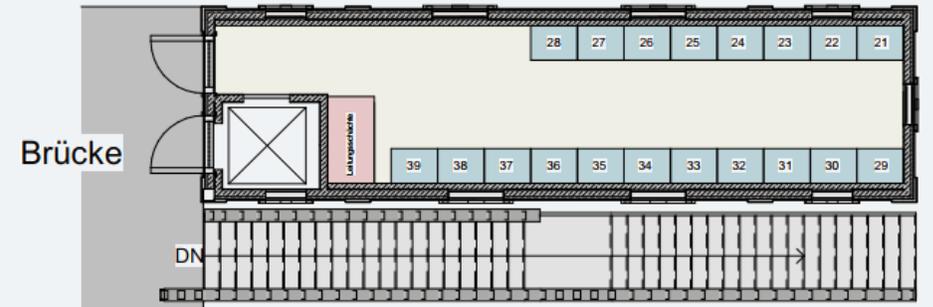


Grundriss U1 1:100

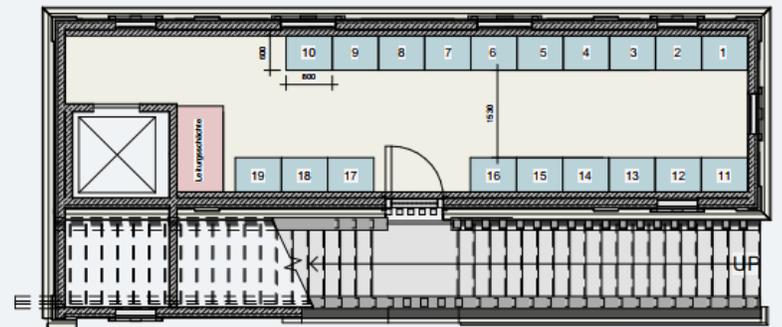


Grundriss EG 1:100

Das Innenleben besteht aus Schaltschränken, Rechnern, Pumpaggregaten u.v.m.



Grundriss Brücke Ebene 1:100



Grundriss Podest Ebene 1:100

Altes Neuland Frankfurt

DER PLAN

GEBÄUDE & BRÜCKEN

STADTGRÜN & NATUR

WASSER

ENERGIE

Die urbane Energiewende

Strombedarf der Brücken

Heiz- und Kühlbedarf der Brücken

Photovoltaik als Quartiersstrom

Oberflächennahe Geothermie

Energie-Infrastruktur der Zukunft

TRANSPORT

STADTKLIMA - WELTKLIMA

KUNST & KULTUR

VERPACKUNG - INNOVATIV

ALTES NEULAND WELTWEIT

RECHT

FINANZEN

UMSETZUNG

FACHINFORMATIONEN

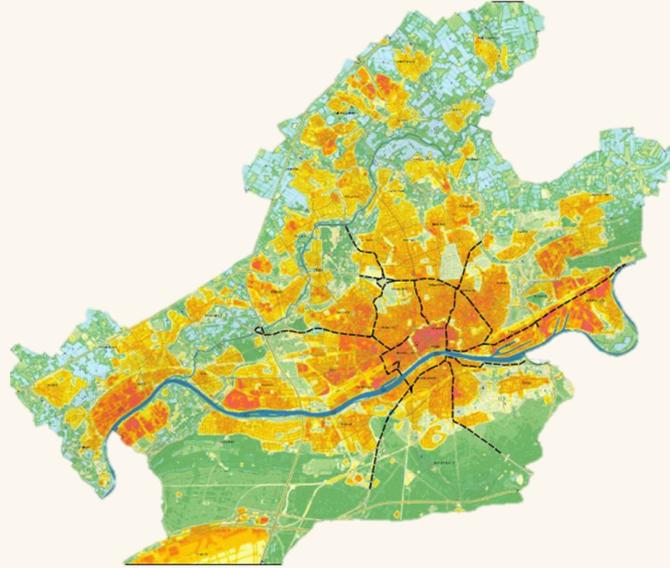
SUCHE

DAS TEAM

KONTAKT & IMPRESSUM



Das Quartier der Frankfurter Brücken hat den großen Vorteil, dass es sich wie ein Netz durch Frankfurt zieht



Copyright © by agenda-stadtplan.de

Stromüberschüsse der Brücken können so auch zu anderen Abnehmern hin verteilt werden

Wenn tagsüber in einem Teil des Brückennetzes – z.B. auf einem Mehrfamilienhaus – überschüssiger Strom produziert wird, ohne benötigt zu werden, kann dieser im lokalen Netz zu einem anderen Abnehmer auf den Brücken weitertransportiert werden, z.B. einem Restaurant, das Hochbetrieb hat.

Verbleibt dann noch Strom, so können Lithium-Ionen- und Redox-Flow-Batterien der Brücken beladen werden oder auch die Umwandlung in Wasserstoff zur Energiespeicherung herangezogen werden.

Die Verteilung von Stromüberschüssen kann zudem nicht nur auf den Brücken innerhalb des Quartieres stattfinden, sondern beispielsweise auch indem elektrisch betriebene PKWs auf und neben den Brücken geladen werden.

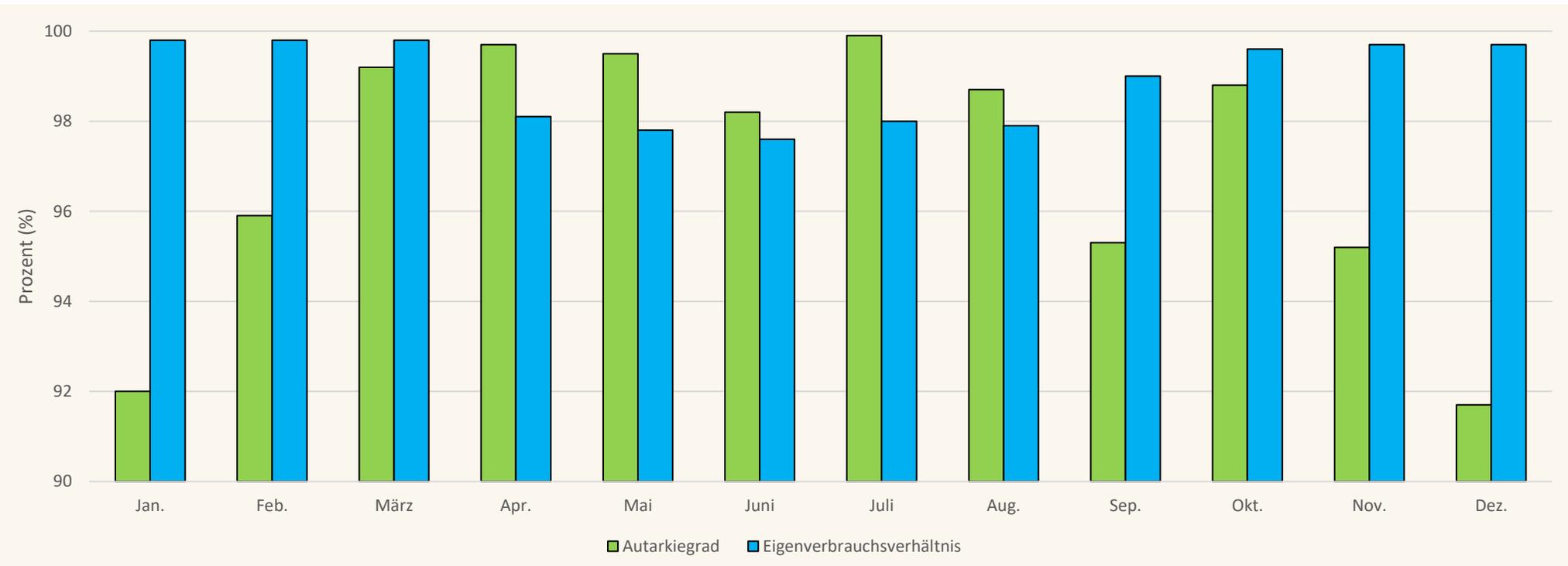
Sind alle Verbraucher auf und entlang der Brücken versorgt und die eigenen Speicher voll, dann muss in das Netz der Stadtwerke eingespeist werden: Es erfolgen also keine Einzelabrechnungen der Brückenbewohner oder -nutzer mit dem Versorger Mainova, sondern brückeninternes „netting“ innerhalb des Quartiers steht auf Platz Nummer 1, gefolgt vom Füllen der brückeneigenen Speicher sowie der Versorgung von Fahrzeugen entlang der Brücken. Erst ganz zum Schluss erfolgt eine Saldierung mit der Mainova über die brückeninternen Versorgungsknotenpunkte, die „Versorgungszentralen“.



Die Frankfurter Brücken sind fast autark: Sowohl Autarkiegrad als auch Eigenverbrauchsverhältnis liegen bei über 90 % bzw. fast 100 %

Der **Autarkiegrad** beschreibt das Verhältnis zwischen Eigenversorgung und gesamtem Verbrauch. Die Frankfurter Brücken können nahezu ihren gesamten Strombedarf durch Eigenversorgung decken.

Auf diese Weise wird der Stromaustausch mit dem städtischen Stromnetz minimiert: Überschüssiger Strom wird entweder in Batterien gespeichert oder es wird damit Wasserstoff produziert – was beides die Netzeinspeisung erheblich verringert. Dies führt zu einem hohen **Eigenverbrauchsverhältnis**: Der Eigenverbrauch wird durch Eigenstromproduktion zu fast 100 % abgedeckt.



Name	Einheit	Jahr	Jan.	Feb.	März	Apr.	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sep.	Okt.	Nov.	Dez.
Autarkiegrad	%	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
Eigenverbrauchsverhältnis	%	98,6	99,8	99,8	99,8	98,1	97,8	97,6	98	97,9	99	99,6	99,7	99,7

Die Frankfurter Brücken können nicht nur ihre eigene Stromversorgung sicherstellen und benachbarten Quartieren überschüssigen Strom liefern – vielmehr können sie auch thermisch einen Energiebeitrag leisten

Frankfurt liegt auf einem günstigen Breitengrad für Photovoltaik

Photovoltaik-Anlagen nutzen das Sonnenlicht, um daraus Strom zu erzeugen.

Man könnte also meinen „je mehr Sonne, desto besser für eine Photovoltaik-Anlage“; das würde bedeuten, dass theoretisch die Wüste der beste Ort sein müsste, um richtig viel Photovoltaik-Energie zu gewinnen.

Die Leistung von Photovoltaik sinkt jedoch, sobald es zu heiß wird

Nur wenn Photovoltaik-Module gekühlt werden, z.B. durch Wind, der unter ihnen hindurchweht, erreichen sie optimale Effizienzgrade.

Deutschland hat somit ein vergleichsweise gutes Photovoltaik-Potential, denn die Sonne scheint hier nicht so stark wie in der Wüste und kühlenden Wind an sonnigen Tagen gibt es in Mitteleuropa zu Genüge.

Photovoltaik auf den Brücken wird daher meist hinterkühlt

Man kann Photovoltaik nicht nur mit Luft hinterkühlen, sondern auch mit Sole in solarthermischen Leitungen, die unter der Photovoltaik-Schicht angebracht sind. So schlägt man zwei Fliegen mit einer Klappe auf der gleichen Dachfläche: Die Photovoltaik wird hinterkühlt und die Sole dahinter wird trotzdem erwärmt. Auf den Brücken findet dies daher meistens Anwendung.

Altes Neuland Frankfurt

DER PLAN

GEBÄUDE & BRÜCKEN
STADTGRÜN & NATUR
WASSER

ENERGIE

Die urbane Energiewende

Strombedarf der Brücken
Heiz- und Kühlbedarf der Brücken
Photovoltaik als Quartiersstrom
Oberflächennahe Geothermie
Energie-Infrastruktur der Zukunft

TRANSPORT

STADTKLIMA - WELTKLIMA

KUNST & KULTUR

VERPACKUNG - INNOVATIV
ALTES NEULAND WELTWEIT

RECHT

FINANZEN
UMSETZUNG

FACHINFORMATIONEN

SUCHE

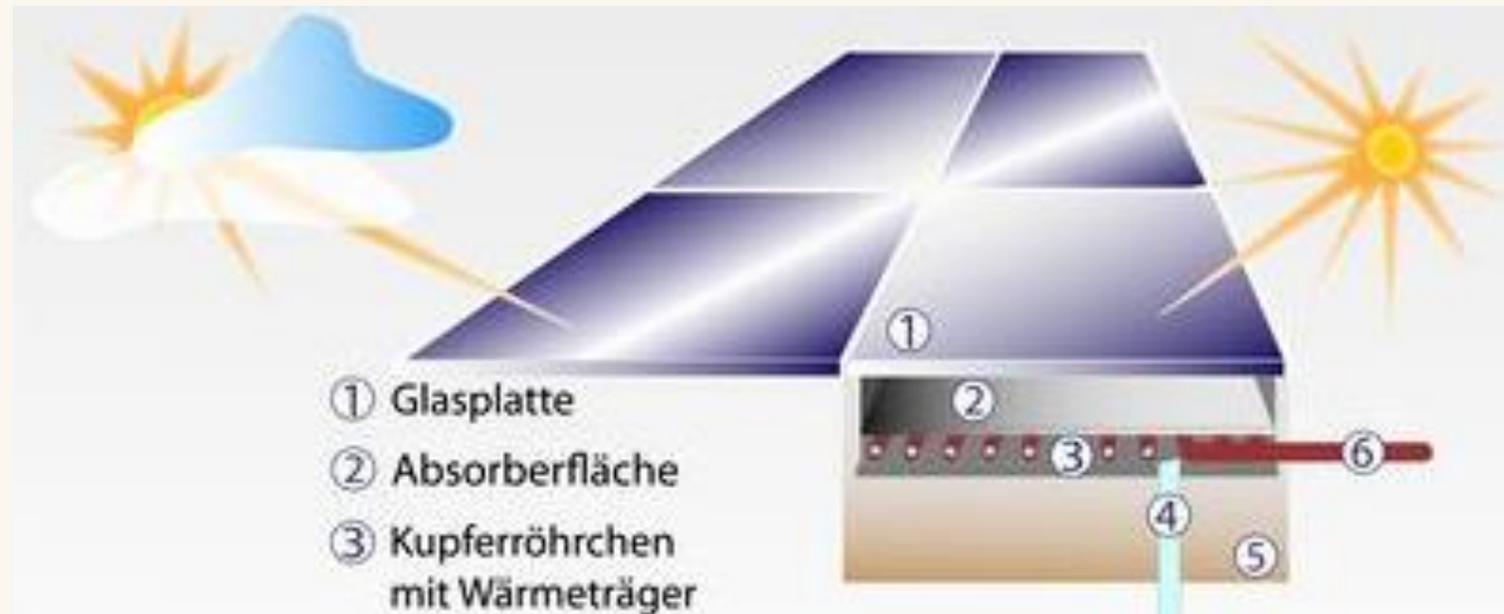
DAS TEAM
KONTAKT & IMPRESSUM



Auf den Frankfurter Brücken wird entsprechend nicht nur Strom aus Photovoltaik, sondern auch Wärme aus Solarthermie genutzt

Solarthermische Anlagen nutzen die Sonnenwärme zur Energiegewinnung. Hierzu braucht man allerdings relativ kontinuierlich möglichst intensive Sonneneinstrahlung, wenn man damit ein ganzes Haus heizen will. Entsprechend wird Solarthermie in Mitteleuropa meist nur begleitend zu anderen Energiesystemen benutzt, also unterstützend für die normale Heizung im Keller – so auch auf den Frankfurter Brücken.

Auf den Brücken wird ein Großteil der Solarmodule als sogenannte Hybridkollektoren ausgeführt: Sie können durch Photovoltaik auf ihrer Oberfläche Strom erzeugen und gleichzeitig thermische Energie durch darunterliegende Leitungen sammeln. Gespeichert wird die Wärme im Sommer unterirdisch im sogenannten Borehole Thermal Energy Storage (BTES); verwendet wird sie im Winter, indem man mit dem (eher lauwarmen Wasser) die Wärmepumpen unterstützt.



DER PLAN

GEBÄUDE & BRÜCKEN

STADTGRÜN & NATUR

WASSER

ENERGIE

Die urbane Energiewende

Strombedarf der Brücken

Heiz- und Kühlbedarf der Brücken

Photovoltaik als Quartiersstrom

Oberflächennahe Geothermie

Energie-Infrastruktur der Zukunft

TRANSPORT

STADTKLIMA - WELTKLIMA

KUNST & KULTUR

VERPACKUNG - INNOVATIV

ALTES NEULAND WELTWEIT

RECHT

FINANZEN

UMSETZUNG

FACHINFORMATIONEN

SUCHE

DAS TEAM

KONTAKT & IMPRESSUM



Wärmeüberschüsse im Sommer können mithilfe von Sondenfeldern entlang der Frankfurter Brücken im Boden gespeichert werden

Ein potentieller Speicher von überschüssiger thermischer Energie sind oberflächennahe Geothermie-Sondenfelder, die im Zuge des Bauvorhabens dort eingebaut werden, wo der Straßenbelag für den Bau der Brücken ohnehin erneuert werden muss.

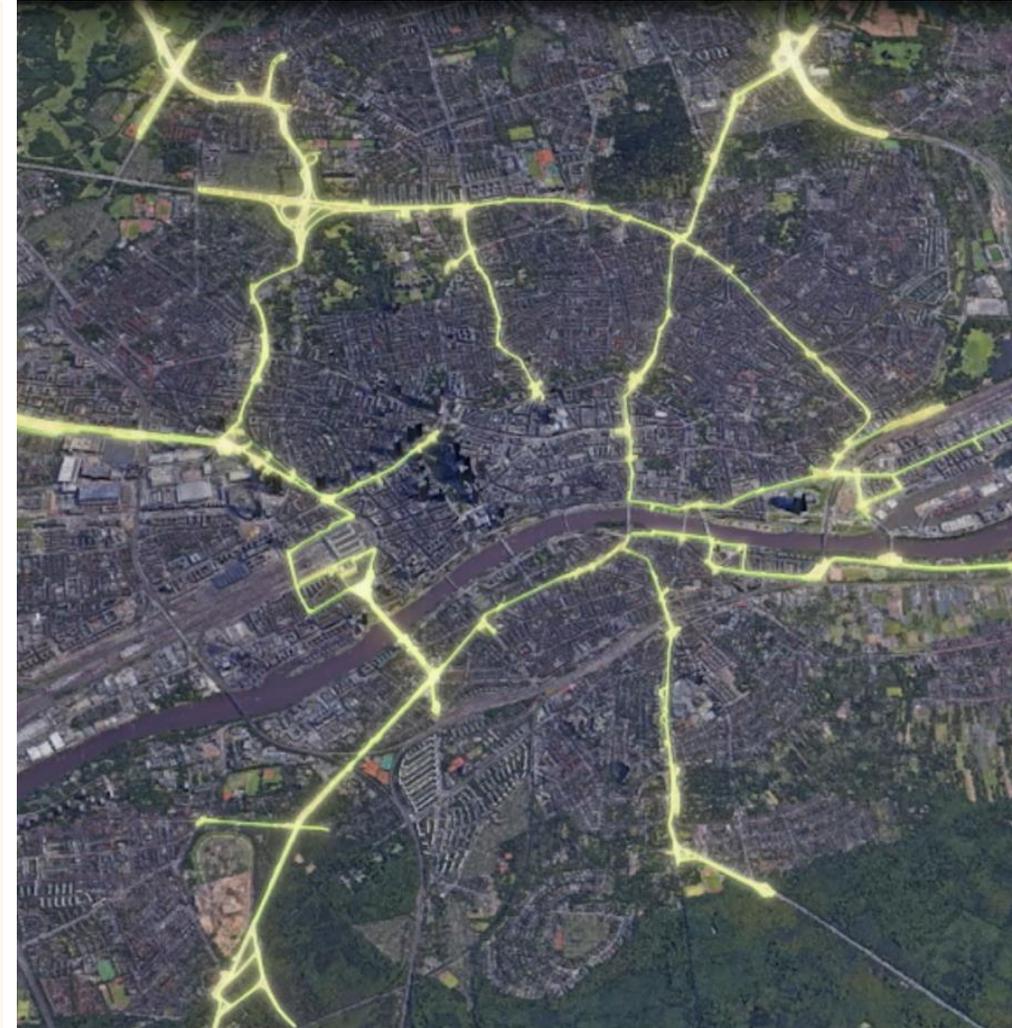
Kann man tatsächlich Solarwärme in den Boden schicken und dort für kalte Tage speichern?

Verliert sich die Wärme, die man im Sommer hinunterschickt, unten im Boden nicht sofort?

Bleibt sie tatsächlich um die Säulenpfähle oder Erdwärmesonden herum erhalten und kann Wochen oder Monate später zum Heizen genutzt werden?

Und wenn die Wärme im Boden verbleibt: Würde sich dann nicht das Grundwasser in der Bodenschicht erwärmen?

Die Antwort geben Kopplungssysteme von Solar- und Geothermie: Ihre Wirkungsweise bei den Frankfurter Brücken ist im Rahmen einer Studie simuliert worden – als Prototyp für ihre Funktionsweise in der „Stadt der Zukunft“ mit einer „Energie-Infrastruktur der Zukunft“.



Altes Neuland Frankfurt

DER PLAN

GEBÄUDE & BRÜCKEN
STADTGRÜN & NATUR
WASSER

ENERGIE

Die urbane Energiewende

Strombedarf der Brücken
Heiz- und Kühlbedarf der Brücken
Photovoltaik als Quartiersstrom
Oberflächennahe Geothermie
Energie-Infrastruktur der Zukunft

TRANSPORT

STADTKLIMA - WELTKLIMA

KUNST & KULTUR

VERPACKUNG - INNOVATIV
ALTES NEULAND WELTWEIT

RECHT

FINANZEN
UMSETZUNG

FACHINFORMATIONEN

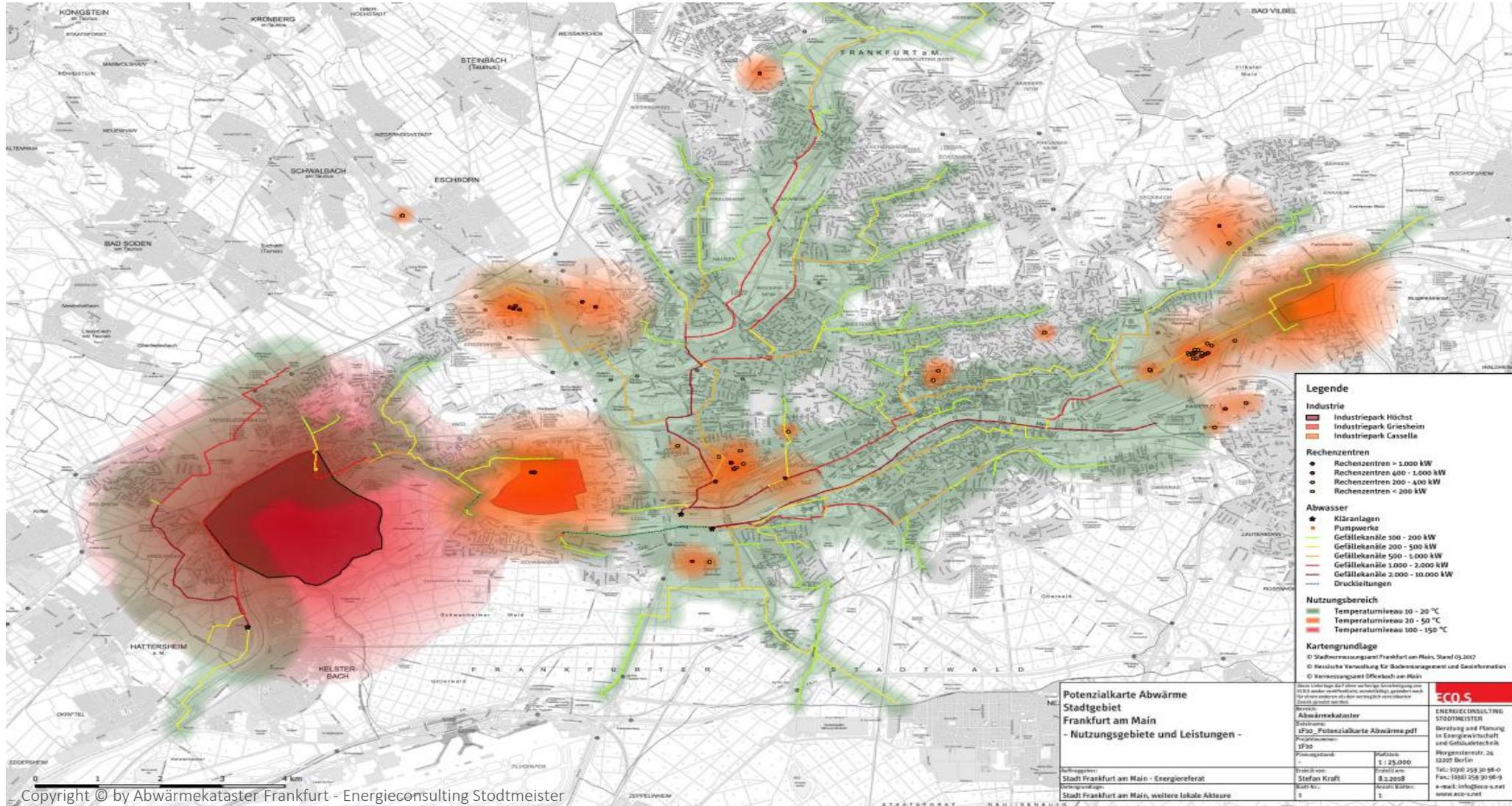
SUCHE

DAS TEAM

KONTAKT & IMPRESSUM



Und es gibt in Frankfurt noch weitere Quellen für ca. 190 MW Wärme, die mithilfe der Brücken im Boden gespeichert werden können: 100 MW Wärme aus Abwasser, 40 MW Abwärme aus Industrieparks und 50 MW Abwärme aus Rechenzentren



Altes Neuland Frankfurt

DER PLAN

GEBÄUDE & BRÜCKEN

STADTGRÜN & NATUR

WASSER

ENERGIE

Die urbane Energiewende

Strombedarf der Brücken

Heiz- und Kühlbedarf der Brücken

Photovoltaik als Quartiersstrom

Oberflächennahe Geothermie

Energie-Infrastruktur der Zukunft

TRANSPORT

STADTKLIMA - WELTKLIMA

KUNST & KULTUR

VERPACKUNG - INNOVATIV

ALTES NEULAND WELTWEIT

RECHT

FINANZEN

UMSETZUNG

FACHINFORMATIONEN

SUCHE

DAS TEAM

KONTAKT & IMPRESSUM



Copyright © by Robert Kneschke - shutterstock.com

Fazit: Auf den Frankfurter Brücken kann die urbane Energiewende realisiert werden

Von Photovoltaik über Solarthermie bis hin zur Geothermie: Das komplette Potential der Stadt an erneuerbaren Energien kann auf den Brücken genutzt werden. Zudem wird die ungenutzte Abwärme von Rechenzentren und Industrieparks effizient mitverwendet. Baulich wird alles direkt schon beim Erstellen der Brücke vorgesehen: von der Ausstattung aller Oberflächen mit Solarthermie, über die Ausstattung des Brückennetzes mit Versorgungszentralen – bis hin zur geothermischen Aktivierung der Brückenpfeiler.

Dabei wird die Übertragbarkeit auf den Rest der bestehenden Stadt sichergestellt: Hybridkollektoren oder Photovoltaikmodule müssen je nach Umgebung ästhetisch schön oder unsichtbar sein – quasi als Schaufläche, um Hausbesitzer zur Nachahmung zu motivieren.

Die Überschüsse von Strom werden für den Rest der Stadt verfügbar gemacht, und die überschüssige Wärme kommt unter anderem Gebäuden mit Wärmepumpen entlang der Brücken zugute. Durch die Übergabe des Brückenkörpus samt Leitungen an die Frankfurter Stadtwerke Mainova wird die Verzahnung der energetisch modernen Brückenwelt mit dem Rest der Stadt sichergestellt.

Altes Neuland Frankfurt

DER PLAN

GEBÄUDE & BRÜCKEN
STADTGRÜN & NATUR
WASSER

ENERGIE
Die urbane Energiewende
Strombedarf der Brücken
Heiz- und Kühlbedarf der Brücken
Photovoltaik als Quartiersstrom
Oberflächennahe Geothermie
Energie-Infrastruktur der Zukunft

TRANSPORT
STADTKLIMA - WELTKLIMA

KUNST & KULTUR
VERPACKUNG - INNOVATIV
ALTES NEULAND WELTWEIT

RECHT
FINANZEN
UMSETZUNG

FACHINFORMATIONEN

SUCHE
DAS TEAM
KONTAKT & IMPRESSUM



Strombedarf auf den Frankfurter
Brücken



Photovoltaik als Quartiersstrom



Heiz- und Kühlbedarf der Brücken



Oberflächennahe Geothermie



Die Energie-Infrastruktur der Zukunft



Die Brückenwelt



Nachhaltigkeit durch Technik



Die Co2-Bilanz der Brücken

MITWIRKENDE

Architektur	Geoinformation	Stadtklima - Weltklima	Wasser	Recht	Kritische Sparringspartner:
Bild & Foto	Grün & Natur	Statik	Verpackung	Finanzen	Professoren
Brücken	Kommunikation	Transport	Webpage & Design	Umsetzung	Fachleute
Energie	Kunst & Kultur	Technik & IT			Inspiratoren & Unterstützer



Strombedarf der Brücken

Altes Neuland Frankfurt

DER PLAN

GEBÄUDE & BRÜCKEN

STADTGRÜN & NATUR

WASSER

ENERGIE

Die urbane Energiewende

Strombedarf der Brücken

Heiz- und Kühlbedarf der Brücken

Photovoltaik als Quartiersstrom

Oberflächennahe Geothermie

Energie-Infrastruktur der Zukunft

TRANSPORT

STADTKLIMA - WELTKLIMA

KUNST & KULTUR

VERPACKUNG - INNOVATIV

ALTES NEULAND WELTWEIT

RECHT

FINANZEN

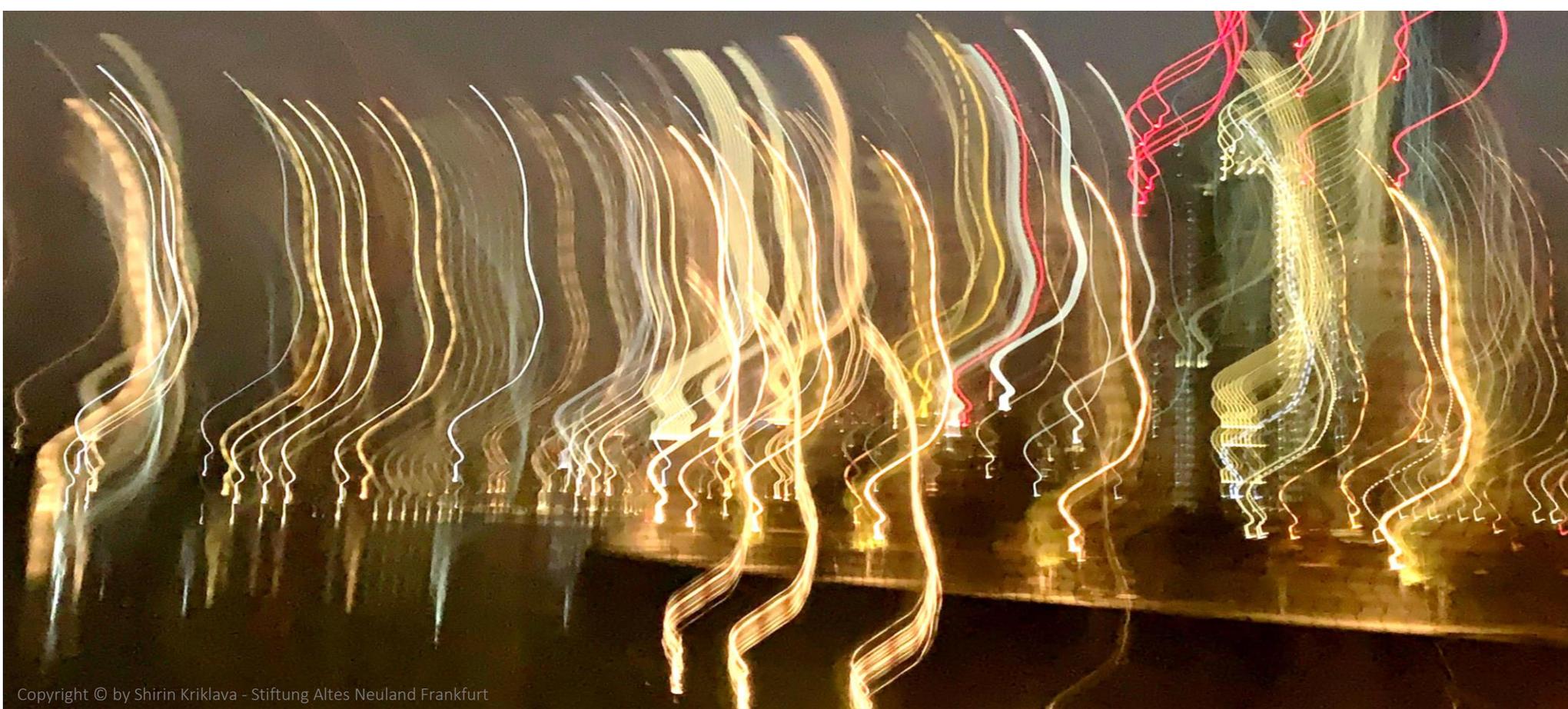
UMSETZUNG

FACHINFORMATIONEN

SUCHE

DAS TEAM

KONTAKT & IMPRESSUM



Copyright © by Shirin Kriklava - Stiftung Altes Neuland Frankfurt

Die Frankfurter Brücken benötigen rund 140 GWh Strom p.a. – Stromverbrauch von Warmwasser, Wärmepumpen und autonomem Fahren inklusive!

Von den 140 GWh Strom pro Jahr entfallen ca. 53 GWh/a auf die Brücken-Haushalte mit den rund 35.000 Brücken-Bewohnern. Rund 22 GWh/a werden von Betrieben wie Restaurants, Bildungsstätten etc. verbraucht. Weitere 58 GWh/a ergeben sich aus dem Strombedarf des Brückenverkehrs und 7 GWh/a werden für die Brücken-Infrastruktur wie Aufzüge, Straßenbeleuchtung, Steuerungstechnik, Pumpen usw. aufgewendet.

DER PLAN

GEBÄUDE & BRÜCKEN
STADTGRÜN & NATUR
WASSER

ENERGIE

Die urbane Energiewende
Strombedarf der Brücken
Heiz- und Kühlbedarf der Brücken
Photovoltaik als Quartiersstrom
Oberflächennahe Geothermie
Energie-Infrastruktur der Zukunft

TRANSPORT
STADTKLIMA - WELTKLIMA

KUNST & KULTUR
VERPACKUNG - INNOVATIV
ALTES NEULAND WELTWEIT

RECHT
FINANZEN
UMSETZUNG

FACHINFORMATIONEN

SUCHE
DAS TEAM
KONTAKT & IMPRESSUM



Inhalt: Zusammensetzung des Strombedarfs auf den Frankfurter Brücken

Die 35.000 Brücken-Bewohner verbrauchen in ihren Haushalten pro Kopf ca. 1.500 kWh/a – inklusive Wärmepumpen für Raumwärme und -kühlung – bzw. in Summe ca. 53 GWh pro Jahr, weil nur die modernste Technik und extrem energiesparende Geräte in den Häusern der Brücken installiert werden.

Für 275.000 m² Nichtwohngebäude-Fläche werden insgesamt 22 GWh/a benötigt, wobei Gastronomie, Sportstätten, Bildungseinrichtungen u.v.m. von Anfang an ebenfalls mit energiesparenden Geräten und auch mit Sensortechnik ausgestattet werden müssen, so dass alles bedarfsbasiert gesteuert wird und nur anspringt, wenn es genutzt wird.

Bei 14 Stunden Fahrzeit pro Tag verbrauchen die 400 Brückenfahrzeuge ganzjährig 58 GWh Antriebsenergie (hinzu kommen rund 2 GWh für Steuerungstechnik). Der vergleichsweise niedrige Strombedarf von ca. 85 kWh/100 km für Strom-betriebene Fahrzeuge und ca. 230 kWh/100 km für H₂-betriebene Fahrzeuge kommt durch die Leichtbauweise der Brückenfahrzeuge und die Reibungslosigkeit des autonom fahrenden Verkehrs zustande.

Die größten Stromverbraucher auf den Frankfurter Brücken sind die Gebäude mit insgesamt 75 GWh/a, gefolgt von den E-Fahrzeugen mit 58 GWh/a

DER PLAN

GEBÄUDE & BRÜCKEN

STADTGRÜN & NATUR

WASSER

ENERGIE

Die urbane Energiewende

Strombedarf der Brücken

Heiz- und Kühlbedarf der Brücken

Photovoltaik als Quartiersstrom

Oberflächennahe Geothermie

Energie-Infrastruktur der Zukunft

TRANSPORT

STADTKLIMA - WELTKLIMA

KUNST & KULTUR

VERPACKUNG - INNOVATIV

ALTES NEULAND WELTWEIT

RECHT

FINANZEN

UMSETZUNG

FACHINFORMATIONEN

SUCHE

DAS TEAM

KONTAKT & IMPRESSUM



Kategorie					SUMME GWh/a
Wohngebäude	76%	# Personen	Stromverbrauch (kWh/a)	Gesamte Strombedarf (GWh/a)	53
		35.000	1.080	37,79	
Wärmepumpen Heizung für Wohngebäude				10,00	
Wärmepumpen Kühlung für Wohngebäude				4,60	
Fahrräder (Wohngebäude)	470	408		0,19	
Nichtwohngebäude	24%	Fläche (m ²) / Anzahl	spez. Strombedarf (kWh/m ² a)	Gesamte Strombedarf (GWh/a)	22
Cafés, Kioske, Teehäuser u.ä. Kleinstrestauration	12%	33.001	137	4,51	
Restaurants, Bistros	10%	27.501	137	3,76	
Lebensmittelgeschäfte (klein/groß)	11%	30.251	79	2,39	
Spezial Verkaufsgeschäfte (Kunst, Bio-Blumen etc.)	10%	27.501	27	0,75	
Kleinstbetriebe (Reparatur-Café, Kochschule)	4%	11.000	40	0,44	
Dienstleister (Friseur, Kosmetik, Schuster etc.)	6%	16.501	62	1,02	
Div. Büros (Landschaftsgärtner etc. max. 5 Mitarbeiter)	1%	2.750	33	0,09	
Medizinische Praxen aller Art	5%	13.751	40	0,55	
Sportliche Betätigung (Fitness, Tanz, Gymnastik etc.)	4%	11.000	74	0,82	
Schwimmbäder mit Spezialfokus (3 Stück)	3%	8.250	83	0,69	
Musikpavillon, Hobby-Popup, Theater, sonst. Kultur	6%	16.501	31	0,47	
Krippen/Kindergärten/Bildung	4%	11.000	28	0,31	
Grundschulen/Weiterführende Schulen	3%	8.250	31	0,25	
IT-College	10%	27.501	41	1,13	
Akademie für Kunsthandwerk	9%	24.751	41	1,01	
Spezielle Unterkünfte (Frauenhaus etc.)	2%	5.500	69	0,38	
Wärmepumpe für Nichtwohngebäude				3,20	
Fahrräder (Gewerbe)	215	505		0,11	
Einrichtungen/Geräte	Anzahl		Stromverbrauch (kWh/a)	Gesamte Strombedarf (GWh/a)	7
Fahrräder (Öffentlich)	400		832	0,33	
Lastenaufzüge (Supermärkte)	60		506	0,03	
Öffentl. Beleuchtung (auf Brücke)	9000		103	0,92	
Öffentl. Beleuchtung (unten Brücke)	9000		164	1,48	
Vereinzelungsanlagen	400		170	0,07	
Schiebetüren-Übergänge	600		127	0,08	
Ticketautomaten und Sonstigen	209		1.168	0,24	
Verpackungsrondelle	500		781	0,39	
Infoscreens	209		1.168	0,24	
Be- u. Entwässerung				2,00	
Automation, Steuerung, Kommunikation, Netzwerktechnik				2,00	
Fahrzeuge	Anzahl		Stromverbrauch pro Fahrzeug (kWh/100 km)	gesamte Strombedarf (GWh/a)	58
Strom-Betriebene Fahrzeuge auf den Brücken	200		85	15,80	
H ₂ -Betriebene Fahrzeuge auf den Brücken	200		230	41,90	
SUMME					140

Die Wohngebäude auf den Brücken sind vergleichsweise sparsam im Stromverbrauch

1,15 Mio. Quadratmeter Gebäudefläche entstehen auf den Frankfurter Brücken, 875.000 m² davon sind Wohnfläche, der Rest ist ein buntes Gemisch aus Flächen für Bildung, Kultur, Sport, Heilberufe, Gastronomie oder ökologisch wertvollen Supermärkten und Geschäften.

Die 35.000 Bewohner der Frankfurter Brücken benötigen rund 53 GWh/a für Beleuchtung, Haushaltsgeräte etc. und Warmwasser sowie Wärmepumpen. Verglichen mit Frankfurt ist das sparsam, denn die 750.000 Einwohner in den Frankfurter Haushalten verbrauchen 900 GWh/a, und das obwohl nur ein kleiner Teil dieser Haushalte Wärmepumpen hat – die meisten Gebäude in Frankfurt haben noch Gasheizungen. Würden sie, wie die Brückenhaushalte, alle mit Wärmepumpen heizen, läge der Strombedarf deutlich höher.

Dass die elektrisch betriebenen Wärmepumpen der Brückengebäude den Stromverbrauch der Brückenhaushalte nicht signifikant in die Höhe treiben, ist in erster Linie der Kopplung mit Geothermie, Solarthermie sowie Abwärme von Rechenzentren zu verdanken, durch die sich der COP (Coefficient Of Performance) der Wärmepumpen erhöht: Der Stromverbrauch der Wärmepumpen zur Raumerwärmung und -kühlung für alle Gebäude liegt bei nur 17,8 GWh/a.

Altes Neuland Frankfurt

DER PLAN

GEBÄUDE & BRÜCKEN
STADTGRÜN & NATUR
WASSER

ENERGIE

Die urbane Energiewende
Strombedarf der Brücken
Heiz- und Kühlbedarf der Brücken
Photovoltaik als Quartiersstrom
Oberflächennahe Geothermie
Energie-Infrastruktur der Zukunft

TRANSPORT
STADTKLIMA - WELTKLIMA

KUNST & KULTUR
VERPACKUNG - INNOVATIV
ALTES NEULAND WELTWEIT

RECHT
FINANZEN
UMSETZUNG

FACHINFORMATIONEN

SUCHE
DAS TEAM
KONTAKT & IMPRESSUM



Stromspiegel Deutschland 2020/2021

Richtig ausgestattete Haushalte verbrauchen bis zu 50% weniger Strom

Gebäudetyp	Warmwasser	Personen im Haushalt	Stromverbrauch (kWh/a)						
			gering						sehr hoch
			A	B	C	D	E	F	G
Haus	ohne Strom	1 Person	bis 1.300	bis 1.600	bis 2.000	bis 2.500	bis 3.200	bis 4.100	über 4.100
		2 Personen	bis 2.000	bis 2.400	bis 2.800	bis 3.000	bis 3.500	bis 4.200	über 4.200
		3 Personen	bis 2.500	bis 3.000	bis 3.400	bis 3.700	bis 4.200	bis 5.000	über 5.000
		4 Personen	bis 2.700	bis 3.300	bis 3.700	bis 4.000	bis 4.700	bis 5.800	über 5.800
		5+ Personen	bis 3.200	bis 4.000	bis 4.500	bis 5.000	bis 6.000	bis 7.500	über 7.500
	mit Strom	1 Person	bis 1.500	bis 1.900	bis 2.300	bis 2.900	bis 3.500	bis 5.000	über 5.000
		2 Personen	bis 2.400	bis 3.000	bis 3.400	bis 3.800	bis 4.500	bis 6.000	über 6.000
		3 Personen	bis 3.000	bis 3.500	bis 4.000	bis 4.800	bis 5.600	bis 7.000	über 7.000
		4 Personen	bis 3.500	bis 4.000	bis 4.800	bis 5.500	bis 6.400	bis 8.000	über 8.000
		5+ Personen	bis 4.000	bis 5.000	bis 6.000	bis 6.800	bis 8.000	bis 10.000	über 10.000
Wohnung	ohne Strom	1 Person	bis 800	bis 1.000	bis 1.200	bis 1.500	bis 1.600	bis 2.000	über 2.000
		2 Personen	bis 1.200	bis 1.500	bis 1.800	bis 2.100	bis 2.500	bis 3.000	über 3.000
		3 Personen	bis 1.500	bis 1.900	bis 2.200	bis 2.600	bis 3.000	bis 3.700	über 3.700
		4 Personen	bis 1.700	bis 2.000	bis 2.500	bis 2.900	bis 3.500	bis 4.100	über 4.100
		5+ Personen	bis 1.700	bis 2.300	bis 2.800	bis 3.500	bis 4.200	bis 5.500	über 5.500
	mit Strom	1 Person	bis 1.000	bis 1.400	bis 1.600	bis 2.000	bis 2.200	bis 2.800	über 2.800
		2 Personen	bis 1.800	bis 2.300	bis 2.600	bis 3.000	bis 3.500	bis 4.000	über 4.000
		3 Personen	bis 2.500	bis 3.000	bis 3.500	bis 4.000	bis 4.500	bis 5.500	über 5.500
		4 Personen	bis 2.500	bis 3.200	bis 4.000	bis 4.500	bis 5.000	bis 6.000	über 6.000
		5+ Personen	bis 2.400	bis 3.500	bis 4.300	bis 5.200	bis 6.200	bis 8.000	über 8.000

Der Haushalt der Zukunft arbeitet mit optimiertem Stromverbrauch

Gemäß dem Trend zu kleineren Haushalten sind über die Hälfte der Brückenwohnungen 2- bis 3-Personenhaushalte.

Laut Stromspiegel liegt der Stromverbrauch pro Person in einer sparsamen, energetisch optimierten Zweipersonen-Wohnung (mit Warmwasser durch Strom, wie es auch auf den Brücken geplant ist, jedoch ohne Wärmepumpe) derzeit noch bei rund 1.800 kWh/a.

Bei der Berechnung des Strombedarfs der 35.000 Brücken-Bewohner muss berücksichtigt werden, dass sie in Gebäuden mit unterschiedlicher Größe bzw. Stockwerkszahl wohnen

Der gesamte Strombedarf für die Wohngebäude auf den Brücken (ohne Wärmepumpen) liegt bei ca. 38 GWh/a. Bei 35.000 Brücken-Bewohnern beträgt der durchschnittliche Stromverbrauch pro Person entsprechend rund 1.100 kWh/a.

Wohngebäude	Anteil Gebäudeart	Anzahl Personen	Anteil Bewohner	Anteil Gebäudeart/ Bewohner	Anzahl Personen	Strombedarf (kWh/p)	Strombedarf (GWh/a)
<=2.5 Etagen (Haus)	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 Etagen (Mehrfamilien- häuser)	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
			Summe	100%	35,000		37.8



Kulinarisches und Bildung nehmen den größten Flächenanteil auf den Frankfurter Brücken ein

Cafés, Kioske, Teehäuser u.ä. Kleinstrestauration	12%
Restaurants, Bistros	10%
Lebensmittelgeschäfte (klein/groß)	11%
Spezial Verkaufsgeschäfte (Kunst, Bio-Blumen etc.)	10%
Kleinstbetriebe (Reparatur-Cafe, Kochschule)	4%
Dienstleister (Friseur, Kosmetik, Schuster etc.)	6%
Div. Büros (Landschaftsgärtner etc. max 5 Mitarbeiter)	1%
Medizinische Praxen aller Art	5%
Sportliche Betätigung (Fitness, Tanz, Gymnastik etc.)	4%
Schwimmbäder mit Spezialfokus (3 Stück)	3%
Musikpavillons, Hobby-Pop-ups, Theater sonstige Kultur	6%
IT-College	10%
Akademie für Kunsthandwerk	9%
Krippen/Kindergärten/Bildung	4%
Grundschulen/Weiterführende Schulen	3%
Spezielle Unterkünfte (Frauenhaus etc.)	2%

Flächenanteile der einzelnen Branchen an der Gesamtfläche der Frankfurter Brücken

Nichtwohngebäude verbrauchen im Schnitt etwas mehr Strom als Privathaushalte

Für die 275.000 m² buntgemischte „Nicht-Wohnfläche“ lässt sich ein mittlerer Stromverbrauchswert errechnen:

Gewichtet man den branchenspezifischen Stromverbrauch pro Quadratmeter mit dem Quadratmeter-Anteil jeder Branche auf den Brücken, so kommt man auf einen durchschnittlichen (optimierten) Stromverbrauch von rund 80 kWh/m²a, inklusive Wärmepumpen-Stromverbrauch, mit dem für Heizung und Kühlung gesorgt wird.

Für die Nicht-Wohnflächen auf den Brücken ergibt sich somit ein Gesamt-Stromverbrauch von ca. 22 GWh/a.



Der spezifische Strombedarf ändert sich je nach Nutzungsart: Die Gastronomie ist der Hauptstromverbraucher bei den Nichtwohngebäuden auf den Brücken

Nichtwohngebäude	Prozent/ Anzahl	Fläche (m ²) / Anzahl	spez. Strombedarf (kWh/m ² a)	Strombedarf (GWh/a)	Summe (GWh/a)
Cafés, Kioske, Teehäuser u.ä. Kleinstrestauration	12%	33.001	137	4,51	22
Restaurants, Bistros	10%	27.501	137	3,76	
Lebensmittelgeschäfte (klein/groß)	11%	30.251	79	2,39	
Spezial Verkaufsgeschäfte (Kunst, Bio-Blumen etc.)	10%	27.501	27	0,75	
Kleinstbetriebe (Reparatur-Café, Kochschule)	4%	11.000	40	0,44	
Dienstleister (Friseur, Kosmetik, Schuster etc.)	6%	16.501	62	1,02	
Div. Büros (Landschaftsgärtner etc. max. 5 Mitarbeiter)	1%	2.750	33	0,09	
Medizinische Praxen aller Art	5%	13.751	40	0,55	
Sportliche Betätigung (Fitness, Tanz, Gymnastik etc.)	4%	11.000	74	0,82	
Schwimmbäder mit Spezialfokus (3 Stück)	3%	8.250	83	0,69	
Musikpavillon, Hobby-Popup, Theater, sonst. Kultur	6%	16.501	31	0,47	
Krippen/Kindergärten/Bildung	4%	11.000	28	0,31	
Grundschulen/Weiterführende Schulen	3%	8.250	31	0,25	
IT-College	10%	27.501	41	1,13	
Akademie für Kunsthandwerk	9%	24.751	41	1,01	
Spezielle Unterkünfte (Frauenhaus etc.)	2%	5.500	69	0,38	
Wärmepumpe für Nichtwohnbegebäude				3,10	
Fahrstühle (Gewerbe)	240	505		0,11	

GEBÄUDE & BRÜCKEN

STADTGRÜN & NATUR

WASSER

ENERGIE

Die urbane Energiewende

Strombedarf der Brücken

Heiz- und Kühlbedarf der Brücken

Photovoltaik als Quartiersstrom

Oberflächennahe Geothermie

Energie-Infrastruktur der Zukunft

TRANSPORT

STADTKLIMA - WELTKLIMA

KUNST & KULTUR

VERPACKUNG - INNOVATIV

ALTES NEULAND WELTWEIT

RECHT

FINANZEN

UMSETZUNG

FACHINFORMATIONEN

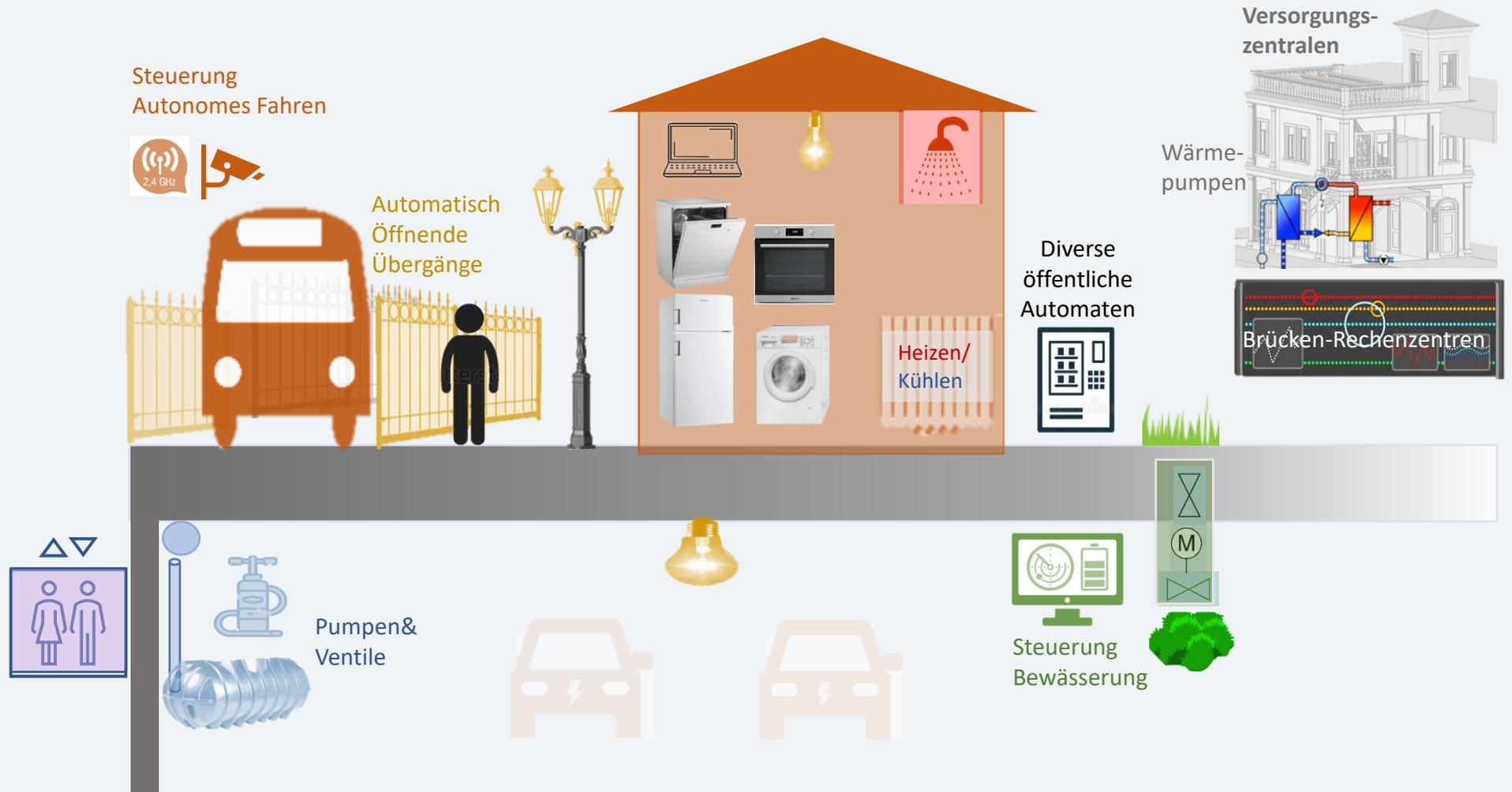
SUCHE

DAS TEAM

KONTAKT & IMPRESSUM



Sonstige Infrastruktur wie Straßenbeleuchtung, Steuerung, Pumpen, Fahrstühle u.ä. verbrauchen mit insgesamt 7 GWh/a vergleichsweise wenig Strom



Die Brückeninfrastruktur verbraucht ca. 7 GWh/a – dabei sind Automation und Steuerung die Hauptstromverbraucher, gefolgt von Beleuchtung auf und unter den Brücken

Einrichtungen/Geräte	Anzahl	einzelne Stromverbrauch (kWh/a)	gesamte Strombedarf (GWh/a)
Fahrstühle (öffentlich)	400	832	0,33
Öffentl. Beleuchtung (auf den Brücken)	9.000	103	0,92
Öffentl. Beleuchtung (unter den Brücken)	9.000	164	1,48
Vereinzelungsanlagen	400	170	0,07
Schiebetüren-Übergänge	600	127	0,08
Ticketautomaten und Sonstige	209	1.168	0,24
Verpackungsrondelle	500	781	0,39
Infoscreens	209	1.168	0,24
Be- u. Entwässerung			2,00
Automation, Steuerung, Kommunikation, Netzwerktechnik			2,00
SUMME			7

Altes Neuland Frankfurt

DER PLAN

GEBÄUDE & BRÜCKEN

STADTGRÜN & NATUR

WASSER

ENERGIE

Die urbane Energiewende

Strombedarf der Brücken

Heiz- und Kühlbedarf der Brücken

Photovoltaik als Quartiersstrom

Oberflächennahe Geothermie

Energie-Infrastruktur der Zukunft

TRANSPORT

STADTKLIMA - WELTKLIMA

KUNST & KULTUR

VERPACKUNG - INNOVATIV

ALTES NEULAND WELTWEIT

RECHT

FINANZEN

UMSETZUNG

FACHINFORMATIONEN

SUCHE

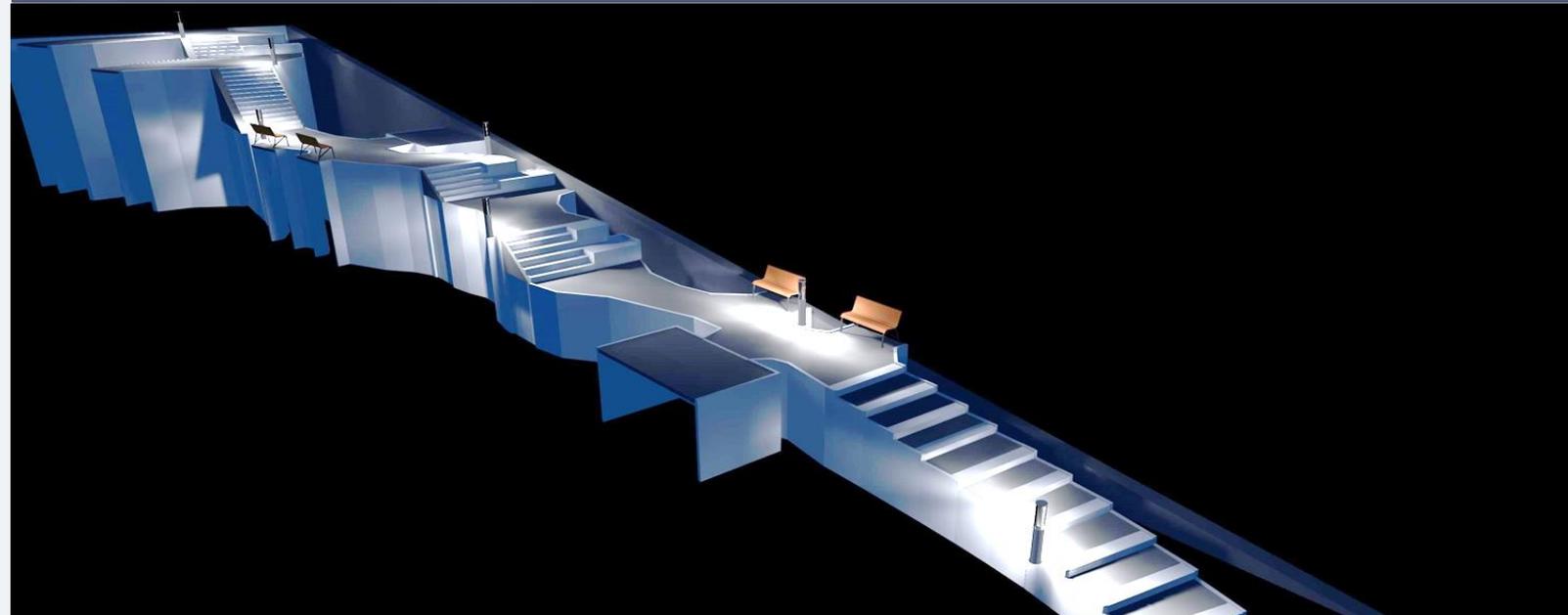
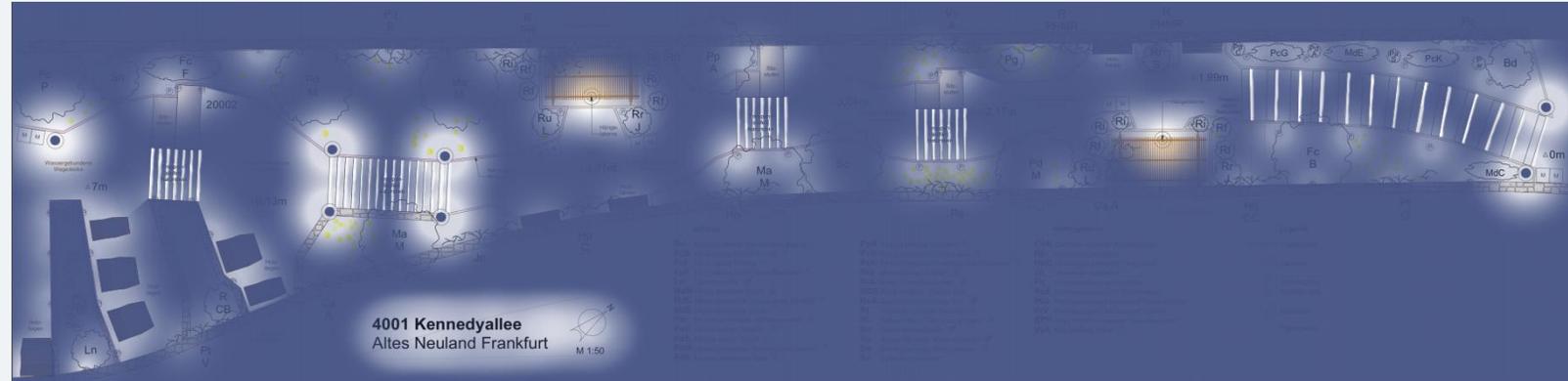
DAS TEAM

KONTAKT & IMPRESSUM



Im Rahmen der vier- bis fünfjährigen Vorplanungsphase der Frankfurter Brücken muss der Stromverbrauch in allen Bereichen detailliert geplant werden

Beispiel: Beleuchtungsplanung 200 m Abschnitt Kennedyallee zwischen Bahnbrücken und Paul-Ehrlich-Straße





Die Fahrzeuge auf den Brücken transportieren rund 40 Millionen Fahrgäste pro Jahr – und verbrauchen dafür 58 GWh Strom p.a.: Von ihnen sind 200 E-Fahrzeuge und 200 Wasserstoff-Fahrzeuge

Die 400 Fahrzeuge auf den Brücken fahren täglich 14 Stunden mit einer durchschnittlichen Geschwindigkeit von 17,8 km/h. Jedes Fahrzeug legt im Schnitt 250 km pro Tag zurück.

Die großen Brückenfahrzeuge für den Mehrpersonen-Transport fahren mit Wasserstoff, die kleineren sind reine E-Autos.

Gemäß dem jetzigen Entwicklungsstand für beide Antriebsarten beträgt der Energieverbrauch für Strom-betriebene Fahrzeuge 15 kWh/100 km und für Wasserstoff-betriebene Fahrzeuge 60 kWh/100 km: Beide Fahrzeugtypen sind in Leichtbauweise geplant, wodurch ihr Verbrauch geringer ist als bei derzeitigen handelsüblichen (Bus-)Modellen mit alternativen Antriebsformen.

Fahrzeuge	Anzahl	Stromverbrauch pro Fahrzeug (kWh/100 km)	Gesamter Strombedarf (GWh/a)	Summe (GWh/a)
Strom-Betriebene Fahrzeuge auf den Brücken	200	85	15,8	58
H ₂ -Betriebene Fahrzeuge auf den Brücke	200	230	41,9	

DER PLAN

GEBÄUDE & BRÜCKEN
STADTGRÜN & NATUR
WASSER

ENERGIE

Die urbane Energiewende
Strombedarf der Brücken
Heiz- und Kühlbedarf der Brücken
Photovoltaik als Quartiersstrom
Oberflächennahe Geothermie
Energie-Infrastruktur der Zukunft

TRANSPORT
STADTKLIMA - WELTKLIMA

KUNST & KULTUR
VERPACKUNG - INNOVATIV
ALTES NEULAND WELTWEIT

RECHT
FINANZEN
UMSETZUNG

FACHINFORMATIONEN

SUCHE
DAS TEAM
KONTAKT & IMPRESSUM



Mithilfe der Brücken werden rund 417 GWh Strom pro Jahr erzeugt – die Brücken selbst samt ihren Fahrzeugen verbrauchen jedoch nur 140 GWh/a davon. Mit dem verbleibenden Überschuss von rund 190 GWh werden Fahrzeuge auf den Straßen entlang der Brücken versorgt

127 GWh/a werden für Strom-betriebene Fahrzeuge entlang der Brücken bereitgestellt, weitere 64 GWh/a werden in die Produktion von Wasserstoff für H₂-betriebene Fahrzeuge entlang der Brücken gesteckt.

Bedarfsdeckung neben den Brücken	Anzahl der Betankung pro Tag	einzelne Stromverbrauch (kWh/a)	gesamte Strombedarf (GWh/a)	Summe (GWh/a)
H ₂ -betriebene Busse neben den Brücken	80	736.000	59	191
H ₂ -betriebene Fahrzeuge neben den Brücken	50	96.000	5	
Strom-betriebene Fahrzeuge neben den Brücken (300 Tage)	3.200	29.780	95	
Strom-betriebene neben den Brücken (365 Nächte)	1.000	32.000	32	



Altes Neuland Frankfurt

DER PLAN

GEBÄUDE & BRÜCKEN
STADTGRÜN & NATUR
WASSER

ENERGIE

Die urbane Energiewende
Strombedarf der Brücken
Heiz- und Kühlbedarf der Brücken
Photovoltaik als Quartiersstrom
Oberflächennahe Geothermie
Energie-Infrastruktur der Zukunft

TRANSPORT

STADTKLIMA - WELTKLIMA

KUNST & KULTUR

VERPACKUNG - INNOVATIV
ALTES NEULAND WELTWEIT

RECHT

FINANZEN
UMSETZUNG

FACHINFORMATIONEN

SUCHE
DAS TEAM
KONTAKT & IMPRESSUM



Fazit: Der Strombedarf auf den Brücken wird bereits beim Bau des Quartiers optimiert

Wohngebäude werden ebenso wie Nichtwohngebäude mit energieeffizienten Geräten und Sensorik zur gezielten Gerätenutzung ausgestattet. Auf sie entfällt mit 75 GWh/a etwa die Hälfte des Stromverbrauchs der Frankfurter Brücken.

Der zweitgrößte Verbraucher sind die Wasserstoff- und Strom-betriebenen Fahrzeuge auf den Brücken: Sie sind durch ihr leichtes Gewicht und die optimierte, bremsarme Streckenführung sehr energieeffizient und benötigen in Summe 58 GWh/a.

Die Infrastruktur der Brücken macht mit 7 GWh/a den kleinsten Anteil des gesamten Strombedarfs von 140 GWh/a aus.

Altes Neuland Frankfurt

DER PLAN

GEBÄUDE & BRÜCKEN
STADTGRÜN & NATUR
WASSER

ENERGIE

Die urbane Energiewende
Strombedarf der Brücken
Heiz- und Kühlbedarf der Brücken
Photovoltaik als Quartiersstrom
Oberflächennahe Geothermie
Energie-Infrastruktur der Zukunft

TRANSPORT

STADTKLIMA - WELTKLIMA

KUNST & KULTUR

VERPACKUNG - INNOVATIV
ALTES NEULAND WELTWEIT

RECHT

FINANZEN
UMSETZUNG

FACHINFORMATIONEN

SUCHE

DAS TEAM

KONTAKT & IMPRESSUM



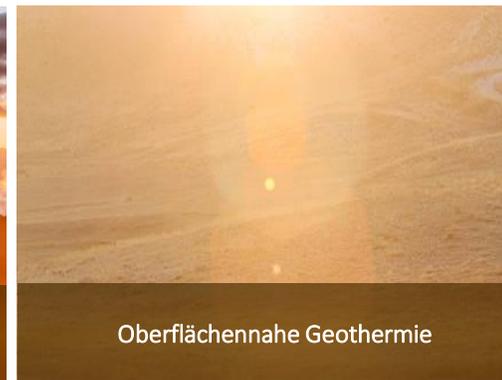
Das Ziel: die urbane Energiewende



Photovoltaik als Quartiersstrom



Heiz- und Kühlbedarf der Brücken



Oberflächennahe Geothermie



Die Energie-Infrastruktur der Zukunft



Die Brückenwelt



Nachhaltigkeit durch Technik



Die Co2-Bilanz der Brücken

MITWIRKENDE

Architektur

Geoinformation

Stadtklima - Weltklima

Wasser

Recht

Kritische Sparringspartner:

Bild & Foto

Grün & Natur

Statik

Verpackung

Finanzen

Professoren

Brücken

Kommunikation

Transport

Webpage & Design

Umsetzung

Fachleute

Energie

Kunst & Kultur

Technik & IT

Inspiratoren & Unterstützer



Heiz- und Kühlbedarf der Brücken

Altes Neuland Frankfurt

DER PLAN

GEBÄUDE & BRÜCKEN

STADTGRÜN & NATUR

WASSER

ENERGIE

Die urbane Energiewende

Strombedarf der Brücken

Heiz- und Kühlbedarf der Brücken

Photovoltaik als Quartiersstrom

Oberflächennahe Geothermie

Energie-Infrastruktur der Zukunft

TRANSPORT

STADTKLIMA - WELTKLIMA

KUNST & KULTUR

VERPACKUNG - INNOVATIV

ALTES NEULAND WELTWEIT

RECHT

FINANZEN

UMSETZUNG

FACHINFORMATIONEN

SUCHE

DAS TEAM

KONTAKT & IMPRESSUM



Copyright © by tongpatong - istockphoto.com

Die Frankfurter Brücken können bei entsprechender Bauweise auch in Bezug auf Heiz- und Kühlverbrauch autark sein

Die 1,15 Mio. Quadratmeter Gebäudefläche im Brückenquartier benötigen rund 40 GWh/a zum Heizen. Dabei schlagen die 875.000 m² Wohngebäudefläche mit rund 26 GWh/a zu Buche, da sie aufgrund ihrer optimierten Bauweise mit einem Heizenergie-Bedarf von unter 30 kWh/m²a wie Niedrigenergiehäuser ausgelegt werden können. Die 275.000 m² Nichtwohngebäude-Fläche hingegen brauchen in Summe 14 GWh/a Heizenergie, bedingt durch lange Öffnungszeiten und um Wärmeverluste durch Publikumsverkehr zu kompensieren. Für thermische Kühlung werden 26 GWh/a Wärme von den gesamten Brücken-Wohngebäuden abgenommen und zwecks Regeneration in den Boden geleitet. Die Nichtwohngebäude hingegen nutzen ausschließlich elektrisch betriebene Klimaanlage.

Altes Neuland Frankfurt

DER PLAN

GEBÄUDE & BRÜCKEN
STADTGRÜN & NATUR
WASSER

ENERGIE

Die urbane Energiewende
Strombedarf der Brücken

Heiz- und Kühlbedarf der Brücken

Photovoltaik als Quartiersstrom
Oberflächennahe Geothermie
Energie-Infrastruktur der Zukunft

TRANSPORT

STADTKLIMA - WELTKLIMA

KUNST & KULTUR

VERPACKUNG - INNOVATIV
ALTES NEULAND WELTWEIT

RECHT

FINANZEN
UMSETZUNG

FACHINFORMATIONEN

SUCHE

DAS TEAM

KONTAKT & IMPRESSUM



Kapitelinhalt: den Heizbedarf im Brückenquartier durch energieeffiziente Bauweise senken

Heizen macht einen großen Anteil des Energie-Aufwandes in Frankfurt aus. Entsprechend wichtig ist es, den Heizbedarf des gesamten Quartiers deutlich zu reduzieren, indem durch bestimmte Bauweisen die Energie-Effizienz der Gebäude erhöht wird: Wichtig hierfür sind in erster Linie die verwendeten Bau- und Dämm-Materialien sowie die Formgebung der Gebäude.

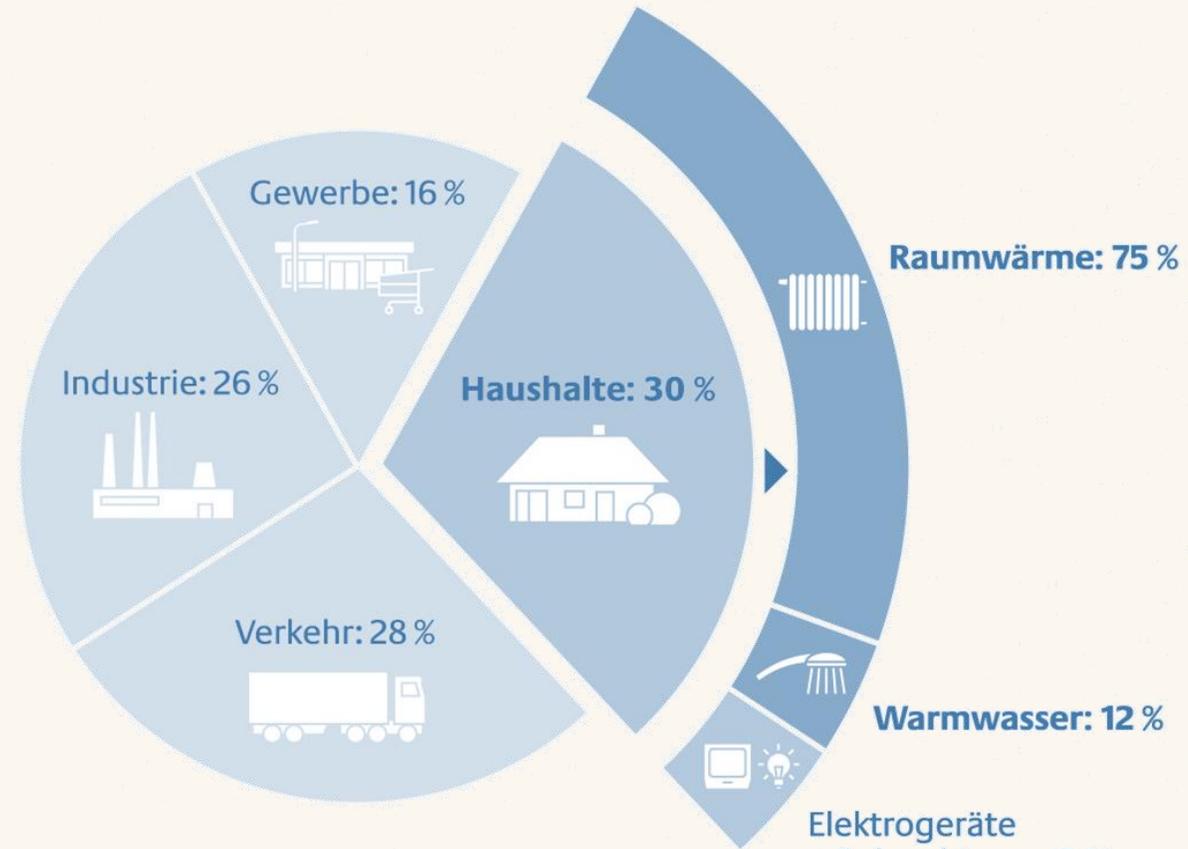
Neben modernen Niedrig-Energiehaus-Konzepten finden auch besonders nachhaltige, traditionelle Baustoffe und Bauweisen für einen Teil des Gebäudeportfolios Anwendung.

Außerdem werden sämtliche Wohngebäude mit thermisch aktivierten Flächen versehen, sodass mit niedrigen Vorlauftemperaturen geheizt bzw. bei Kühldecken auch gekühlt werden kann. Das Heizen kann auf diese Weise ebenso wie das Kühlen durch Wärmepumpen erfolgen.

Nur die Brücken-Nichtwohngebäude werden elektrisch mithilfe verschiedener Kühlanlagen gekühlt.

Etwa ein Viertel des Energieverbrauchs in Deutschland entfällt auf das Heizen der Haushalte

Entsprechend muss das Quartier der Frankfurter Brücken als „Schaufenster der Zukunft“ den Energieaufwand für Heizen (und Kühlen) massiv reduzieren.



*Endenergie

Quelle: dena / Energiedaten BMWi

Altes Neuland Frankfurt

DER PLAN

GEBÄUDE & BRÜCKEN
STADTGRÜN & NATUR
WASSER

ENERGIE

Die urbane Energiewende
Strombedarf der Brücken

Heiz- und Kühlbedarf der Brücken

Photovoltaik als Quartiersstrom
Oberflächennahe Geothermie
Energie-Infrastruktur der Zukunft

TRANSPORT

STADTKLIMA - WELTKLIMA

KUNST & KULTUR

VERPACKUNG - INNOVATIV
ALTES NEULAND WELTWEIT

RECHT

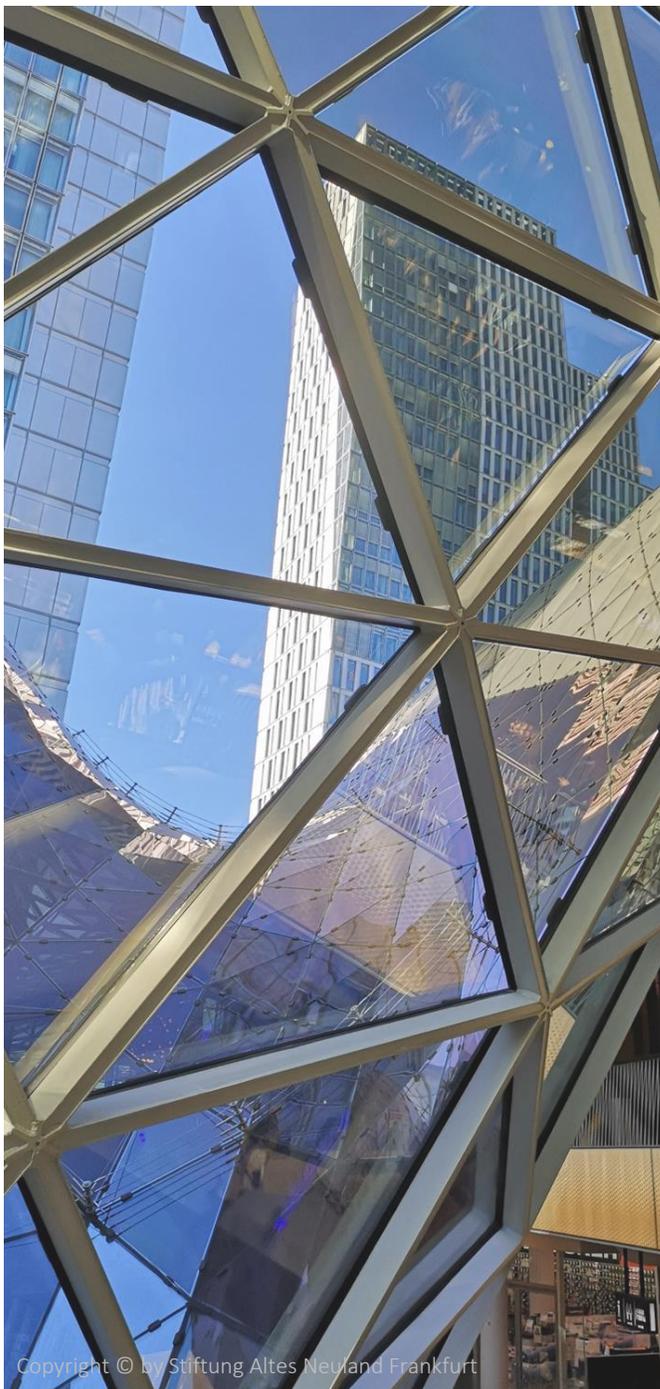
FINANZEN
UMSETZUNG

FACHINFORMATIONEN

SUCHE

DAS TEAM

KONTAKT & IMPRESSUM



Copyright © by Stiftung Altes Neuland Frankfurt



Copyright © by Stiftung Altes Neuland Frankfurt, GNU

Ob Altbau oder
Glashochhaus:
Die Energie-Effizienz ist
bei vielen
Bestandsgebäuden
„suboptimal“ – gelinde
ausgedrückt

Ein Blick in die Energieausweise zeigt: Der Durchschnittsverbrauch pro Quadratmeter liegt in Frankfurt nach wie vor zwischen 150 und 200 kWh/m²a. Die EU-Kommission strebt als Niedrigenergiestandard rund 30 kWh/m²a an.

Neubauten in Deutschland dürfen seit 2020 nicht mehr als 55 kWh/m²a haben.

DER PLAN

GEBÄUDE & BRÜCKEN STADTGRÜN & NATUR WASSER

ENERGIE

Die urbane Energiewende

Strombedarf der Brücken

Heiz- und Kühlbedarf der Brücken

Photovoltaik als Quartiersstrom

Oberflächennahe Geothermie

Energie-Infrastruktur der Zukunft

TRANSPORT

STADTKLIMA - WELTKLIMA

KUNST & KULTUR

VERPACKUNG - INNOVATIV

ALTES NEULAND WELTWEIT

RECHT

FINANZEN

UMSETZUNG

FACHINFORMATIONEN

SUCHE

DAS TEAM

KONTAKT & IMPRESSUM



Die 875.000 m² Brücken-Wohngebäude als Niedrigenergiehäuser benötigen insgesamt ca. 26 GWh/a thermische Energie für die Raumerwärmung

Für sämtliche Wohngebäude auf den Brücken wird der Zielwert der EU-Kommission von 30 kWh/m²a unterschritten. Dies entspricht auch dem Gebäudeenergie-Gesetz von 2021.

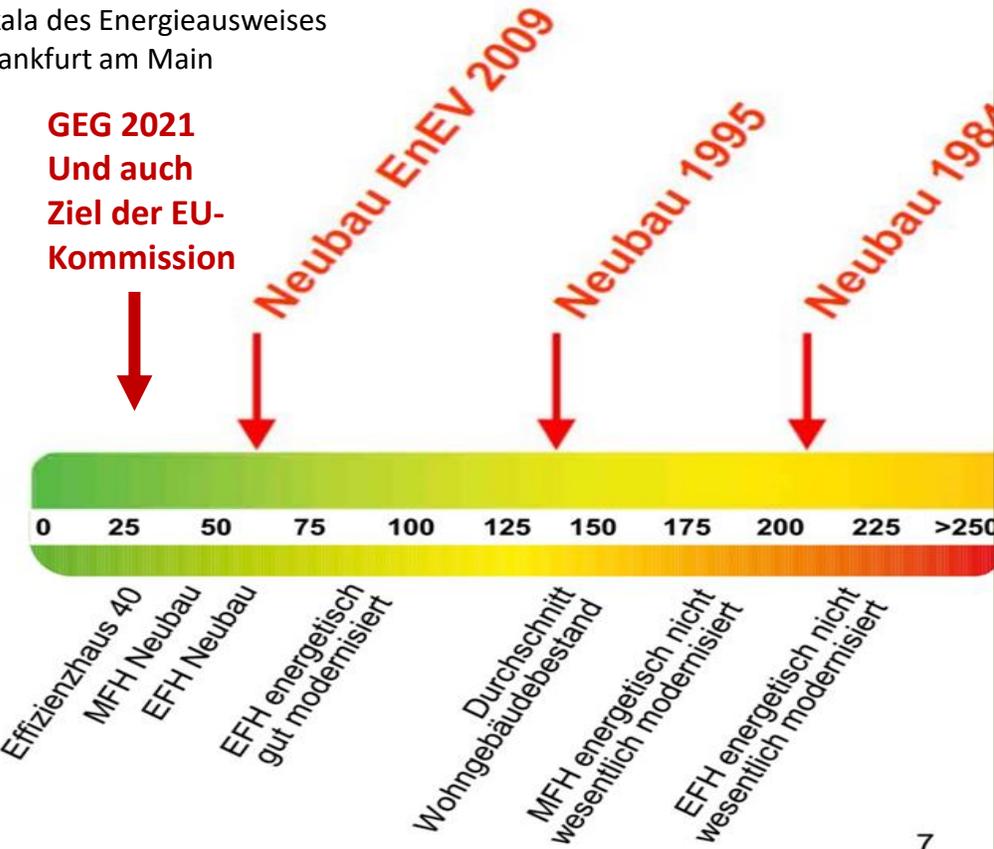
Das ist möglich, da auf Wärmepumpen-Technik gesetzt wird und die Bauweise sowie die Energietechnik der Gebäude optimiert sind.

Wärmebedarf				
Gebäudekategorie	Anteil (%)	Oberfläche (m ²)	spez. Wärmebedarf (kWh/m ² a)	Gesamte Wärmebedarf (GWh/a)
Wohngebäude	76%	875.000	30	26

Gebäude- fläche in m ²	Energieträger/ Heizsystem	kWh Verbrauch in Kilowattstunden je m ² und Jahr			
		niedrig	mittel	erhöht	zu hoch
100 – 250	Erdgas	bis 89	bis 157	bis 244	ab 245
	Heizöl	bis 101	bis 162	bis 242	ab 243
	Fernwärme	bis 80	bis 135	bis 236	ab 237
	Wärmepumpe	bis 27	bis 43	bis 96	ab 97
	Holzpellets	bis 64	bis 131	bis 227	ab 228
251 – 500	Erdgas	bis 86	bis 150	bis 233	ab 234
	Heizöl	bis 98	bis 159	bis 239	ab 240
	Fernwärme	bis 77	bis 128	bis 222	ab 223
	Wärmepumpe	bis 25	bis 42	bis 94	ab 95
	Holzpellets	bis 60	bis 123	bis 215	ab 216

Skala des Energieausweises
Frankfurt am Main

GEG 2021
Und auch
Ziel der EU-
Kommission





Die Wohngebäude auf den Brücken haben einen Wärmebedarf von rund 26 GWh/a, der Wärmebedarf für sämtliche Nichtwohngebäude auf den Frankfurter Brücken beträgt 14 GWh/a in Summe

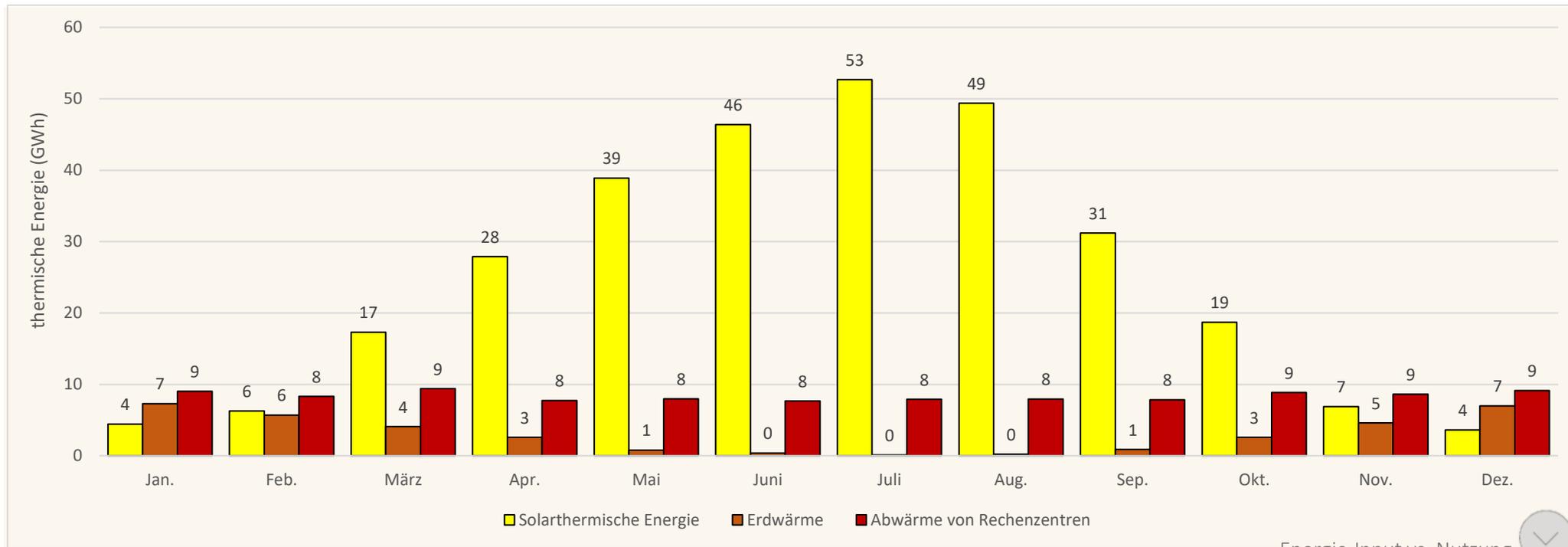
Im Nichtwohngebäudebestand der Brückenquartiere ist der spezifische Wärmebedarf mithilfe der „Bekanntmachung der Regeln für Energieverbrauchswerte“ (BAnz AT 16.04.2021 B1) sowie mithilfe von Vergleichswerten aus der Praxis berechnet worden. In den Berechnungen wird davon ausgegangen, dass der Wärmebedarf auf ein Drittel der in der Bekanntmachung genannten Werte für bereits bestehende Nichtwohngebäuden sinken kann. Der spezifische Wärmebedarf für Nichtwohngebäude ändert sich mit der Gebäudeart. Für die geplanten Gebäudearten bzw. Nutzungsaufteilung auf den Brücken liegt der Bedarf in Summe bei ca. 14 GWh/a.

Wärmebedarf					
Gebäudekategorie	Anteil		Nutzfläche (m ²)	spez. Wärmebedarf / Kühlbedarf (kWh/m ² a)	Wärmebedarf (GWh)
Wohngebäude	76%				26,2
Wohngebäude (Wärmebedarf für Raumwärme)			873.257	30/30	26,2
Wohngebäude (Kühlbedarf für Raumkühlung)			873.257	30/30	26,2
Nichtwohngebäude	24%				13,6
Cafés, Kioske, Teehäuser u.ä. Kleinstrestauration		12%	33.001	92/	2,0
Restaurants, Bistros		10%	27.501	92/	1,7
Lebensmittelgeschäfte (klein/groß)		11%	30.251	57/	1,2
Spezial Verkaufsgeschäfte (Kunst, Bio-Blumen etc.)		10%	27.501	55/	1,0
Kleinstbetriebe (Reparatur-Café, Kochschule)		4%	11.000	56/	0,4
Dienstleister (Friseur, Kosmetik, Schuster etc.)		6%	16.501	45/	0,5
Medizinische Praxen aller Art		5%	13.751	66/	0,6
Sportliche Betätigung (Fitness, Tanz, Gymnastik etc.)		4%	11.000	76/	0,6
Krippen/Kindergärten/Bildung		4%	11.000	58/	0,4
Grundschulen/Weiterführende Schulen		3%	8.250	58/	0,3
Musikpavillon, Hobby-Popup, Theater, sonst. Kultur		6%	16.501	69/	0,8
Spezielle Unterkünfte (Frauenhaus etc.)		2%	5.500	75/	0,3
Div. Büros (Landschaftsgärtner etc. max. 5 Mitarbeiter)		1%	2.750	58/	0,1
Schwimmbäder mit Spezialfokus (3 Stück)		3%	8.250	181/	1,0
IT-College		10%	27.501	78/	1,4
Akademie für Kunsthandwerk		9%	24.751	78/	1,3
Summe					40



Aus drei Energiequellen werden knapp 440 GWh/a thermische Energie mithilfe der Frankfurter Brücken gesammelt: Solarthermie, Erdwärme und Abwärme von Rechenzentren – benötigt werden auf den Brücken jedoch nur 40 GWh/a Wärme

Allerdings ist zu berücksichtigen: Tatsächlich genutzt werden können von den 438 GWh/a Wärme letztendlich nur 238 GWh/a: Der Rest geht durch die für geothermische Speicherung typischen Verlust trotz guter Isolation und kurzer Transportstrecken verloren.



Da nur ca. 40 GWh/a von den Brücken selbst benötigt werden, bleiben von den 238 GWh/a Wärme aus dem Boden fast 200 GWh/a übrig. Diese müssen entlang der Brücken im Winter hervorgeholt und genutzt werden, da der Boden sich ansonsten über die Zeit aufheizt: In ferner Zukunft werden mit der eingesammelten überschüssigen Energie die nebenstehenden Wohn- und Nichtwohngebäude entlang der Brücken versorgt – sobald sie ihre Raumwärme durch Wärmepumpen beziehen können. Bis dahin müssen andere Abnehmer-Lösungen gefunden werden.



Speicherung von solarthermischer Energie im Boden geht auch bei guter Isolation und kurzen Strecken stets mit einer Effizienz von lediglich 30 % einher

Thermische Quelle (GWh)

PVT (Solarthermie) 303

Rechenzentren (RZ) 100

Erdwärme 35

(zuzügl. Wärmepumpen-Energie 13)

Summe thermische Input-Energie **438**

Verbrauch (GWh)

Direktverbrauch im Winter 51

Gespeichert im Sommer 252

Direktverbrauch im Winter 50

Gespeichert im Sommer 50

Wohngebäude 26

Nichtwohngebäude 14

Gewächshäuser 20

Nutzung (GWh)

Direktverbrauch PVT 51

Direktverbrauch RZ 50

Gespeicherte PVT Wärme 252

Gespeicherte RZ Wärme 50

Gespeicherte Summe 302

Davon nutzbar nach Verlusten **102**

Erdwärme 35

Summe nutzbare thermische Energie **238**

Altes Neuland Frankfurt

DER PLAN

GEBÄUDE & BRÜCKEN STADTGRÜN & NATUR WASSER

ENERGIE

Die urbane Energiewende
Strombedarf der Brücken

Heiz- und Kühlbedarf der Brücken

Photovoltaik als Quartiersstrom
Oberflächennahe Geothermie
Energie-Infrastruktur der Zukunft

TRANSPORT STADTKLIMA - WELTKLIMA

KUNST & KULTUR VERPACKUNG - INNOVATIV ALTES NEULAND WELTWEIT

RECHT FINANZEN UMSETZUNG

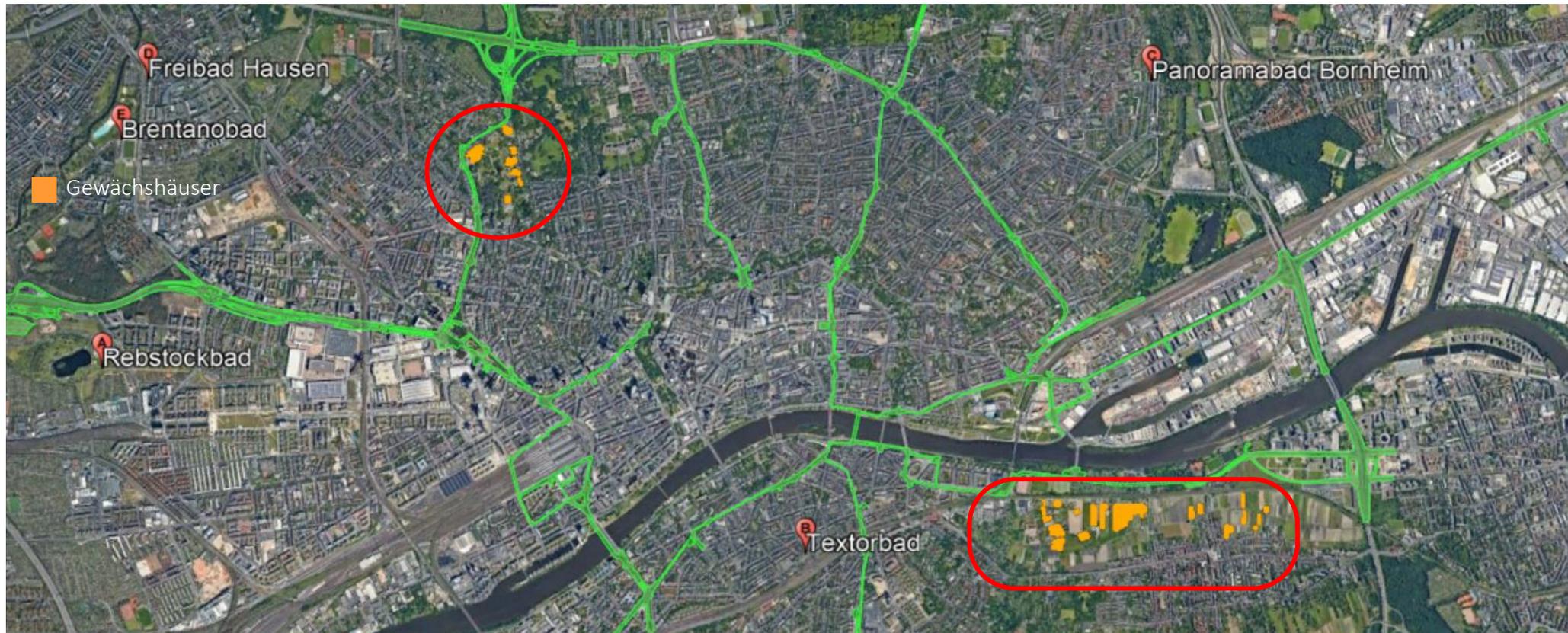
FACHINFORMATIONEN

SUCHE
DAS TEAM
KONTAKT & IMPRESSUM



Mögliche Abnehmer entlang der Brücken können z.B. Schwimmbäder oder aber auch Gewächshäuser sein. In Frankfurt gibt es eine Vielzahl von Gewächshäusern: zum einen im Palmengarten, zum anderen auf den Oberräder Feldern.

Sobald der Gebäudebestand entlang der Brücken mit Wärmepumpen und thermisch aktivierten Flächen ausgestattet ist, können die Frankfurter Brücken ihre thermische Energie an sie abgeben. Da die Gasheizungen jedoch erst nach Sanierungs- und Neubauzyklen von 20 bis 30 Jahren verschwinden werden, muss die überschüssige Wärme bis dahin anderweitig genutzt werden. Würde sie im Winter nämlich den Erdspeichern nicht entzogen werden, würde das Erdreich sich mit den Jahren aufheizen, was negative Folgen für das Grundwasser und ggf. auch für die geotechnischen Gegebenheiten hätte.



DER PLAN

GEBÄUDE & BRÜCKEN
STADTGRÜN & NATUR
WASSER

ENERGIE

Die urbane Energiewende
Strombedarf der Brücken

Heiz- und Kühlbedarf der Brücken

Photovoltaik als Quartiersstrom
Oberflächennahe Geothermie
Energie-Infrastruktur der Zukunft

TRANSPORT

STADTKLIMA - WELTKLIMA

KUNST & KULTUR

VERPACKUNG - INNOVATIV
ALTES NEULAND WELTWEIT

RECHT

FINANZEN
UMSETZUNG

FACHINFORMATIONEN

SUCHE

DAS TEAM

KONTAKT & IMPRESSUM



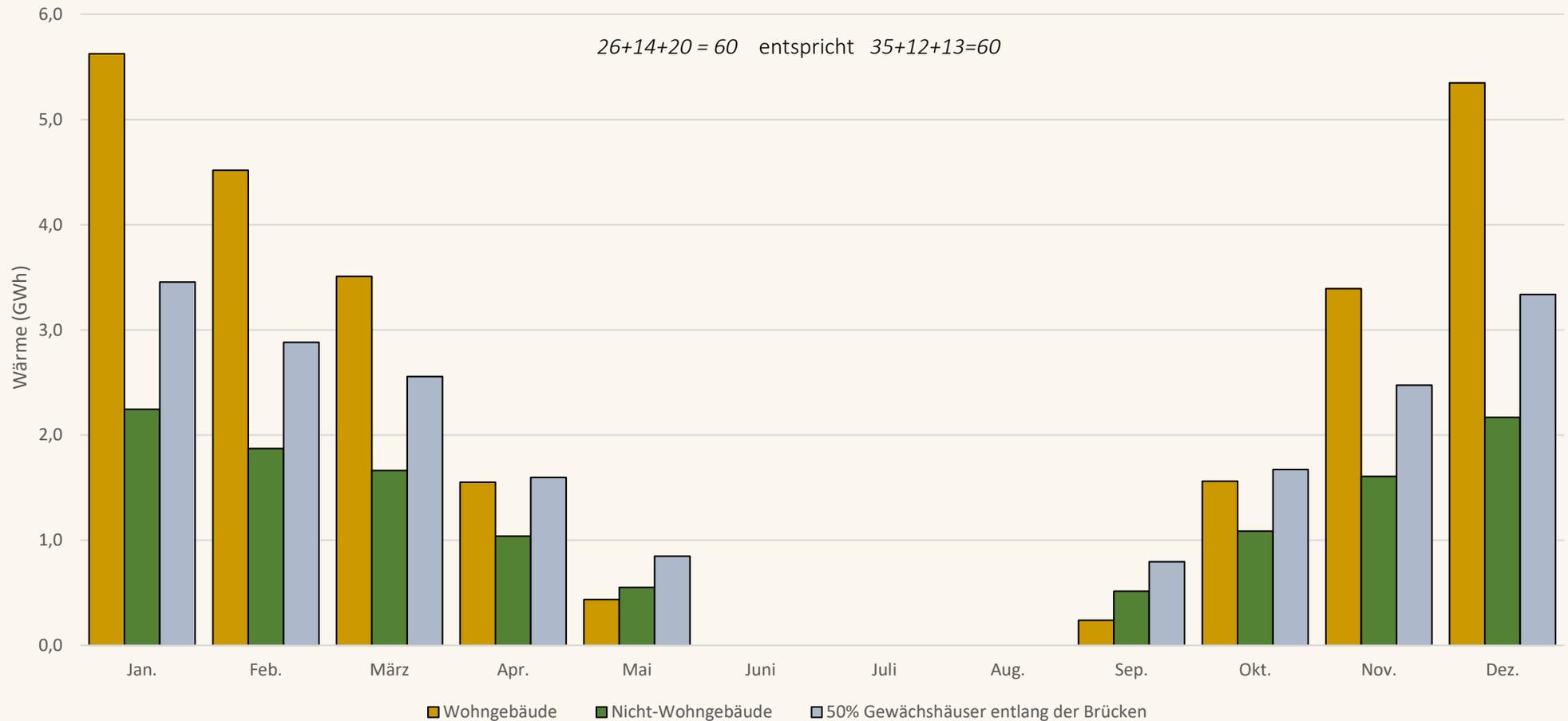
Rund die Hälfte aller Gewächshäuser entlang der Frankfurter Brücken können im Winter mit thermischer Wärme aus dem Erdboden geheizt werden

Entlang der Frankfurter Brücken stehen Gewächshäuser mit einer Gesamtfläche von schätzungsweise 85.000 m². Sie verbrauchen im Vergleich zu Wohn- bzw. Nichtwohngebäuden im Winter deutlich mehr Wärme pro Quadratmeter. Der durchschnittliche Wärmeverbrauch für ein Gewächshaus, das zum Beispiel für tropische Gewächse eine durchschnittliche Temperatur von mindestens 18 °C im Winter beibehalten muss, liegt bei über 400 kWh/m²a. Gewächshäuser mit europäischen Pflanzen hingegen, deren Temperatur im Winter lediglich nicht unter 5 bis 10 °C fallen darf, benötigen 60 bis 120 kWh/m²a.

Gewächshäuser entlang der Brücken können ihren Bedarf von schätzungsweise rund 40 GWh/a Wärme zur Hälfte aus der Erdwärme beziehen, die von den geothermisch aktivierten Pfählen der Brückensäulen bereitgestellt werden; die andere Hälfte ihres Bedarfs kann mithilfe der solarthermischen PVT-Wärme, die im Sommer durch BETS im Boden gespeichert wird, gedeckt werden.



Der Raumwärme-Verbrauch auf den Brücken von 26 GWh/a durch Wohnhäuser und 14 GWh/a durch Nichtwohngebäude sowie der Verbrauch der Hälfte der Gewächshäuser entlang der Brücken von rund 20 GWh/a lässt sich mit den 35 GWh/a Erdwärme und den 12 GWh/a Solarwärme zuzüglich 13 GWh/a Wärmepumpen-Energie abdecken



DER PLAN

GEBÄUDE & BRÜCKEN
STADTGRÜN & NATUR
WASSER

ENERGIE

Die urbane Energiewende

Strombedarf der Brücken

Heiz- und Kühlbedarf der Brücken

Photovoltaik als Quartiersstrom

Oberflächennahe Geothermie

Energie-Infrastruktur der Zukunft

TRANSPORT

STADTKLIMA - WELTKLIMA

KUNST & KULTUR

VERPACKUNG - INNOVATIV

ALTES NEULAND WELTWEIT

RECHT

FINANZEN

UMSETZUNG

FACHINFORMATIONEN

SUCHE

DAS TEAM

KONTAKT & IMPRESSUM

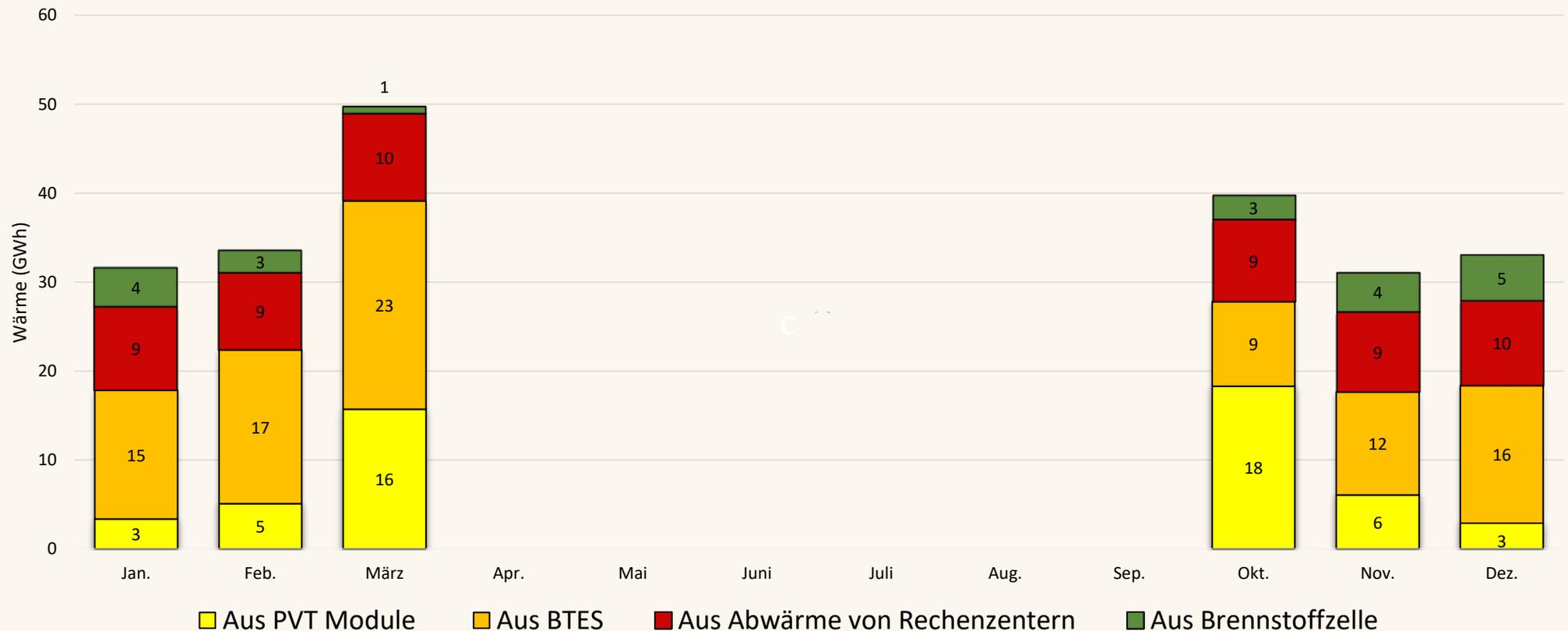


Außer der Erdwärme stehen im Winter noch rund 220 GWh/a Wärme aus anderen Quellen zur Verfügung

Mit dieser Wärme lässt sich die andere Hälfte der Gewächshäuser, deren Wärmebedarf nicht durch Erdwärme abgedeckt ist, heizen.

Auch das Entfrosten von Straßen oder das Wärmen von Haltestellen auf und unter den Brücken, an denen Leute warten, können potentielle Abnehmer sein, ebenso wie Schwimmbäder oder große Hallen in Brückennähe.

Sobald Gebäude entlang der Brücken auf Heizen mit Wärmepumpe umstellen, erhalten diese natürlich vorrangig Wärme aus diesem großen (wenn auch nur mit Niedrigtemperatur verfügbaren) „Wärmevorrat“.



Altes Neuland Frankfurt

DER PLAN

GEBÄUDE & BRÜCKEN

STADTGRÜN & NATUR

WASSER

ENERGIE

Die urbane Energiewende

Strombedarf der Brücken

Heiz- und Kühlbedarf der Brücken

Photovoltaik als Quartiersstrom

Oberflächennahe Geothermie

Energie-Infrastruktur der Zukunft

TRANSPORT

STADTKLIMA - WELTKLIMA

KUNST & KULTUR

VERPACKUNG - INNOVATIV

ALTES NEULAND WELTWEIT

RECHT

FINANZEN

UMSETZUNG

FACHINFORMATIONEN

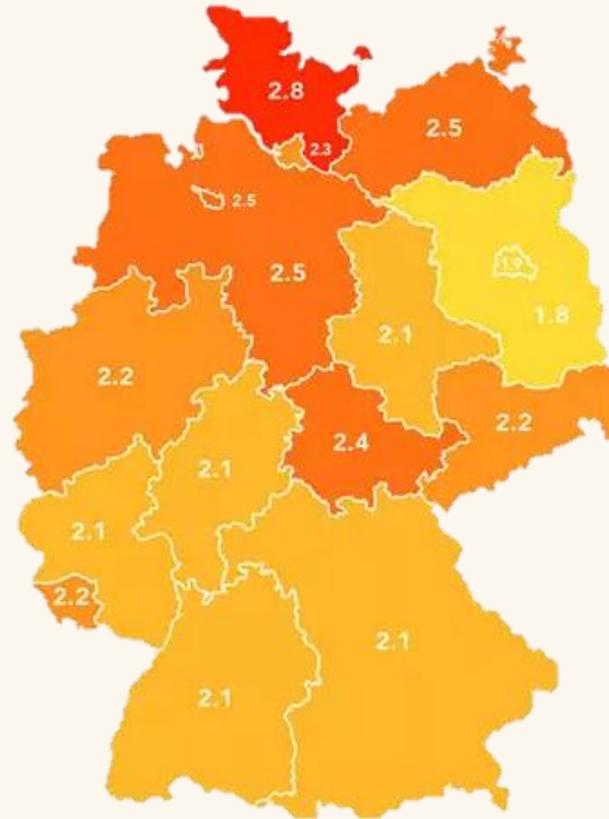
SUCHE

DAS TEAM

KONTAKT & IMPRESSUM



Wärmeanstieg (°C) der Haushalte nach 3 Stunden - mit einer Innentemperatur von 20 °C und einer Außentemperatur von 30 °C



Studie tabo. Basis >80.000 deutsche Haushalte

Energiebedarf für Klimatisierung wächst in Deutschland

In Mitteleuropa und damit auch in Deutschland werden die Sommer immer heißer und somit der Klimatisierungsaufwand bei gleichbleibendem Komfort-Anspruch der Menschen immer höher.

Die Gebäude auf den Brücken werden zwar zum Teil verschattet durch höhere Gebäude entlang der Brücken oder auch durch die Bäume, die die Brücke wie einen Baumwipfelweg säumen; aber um der veränderten klimatischen Situation auch langfristig gerecht zu werden, werden sie in den Dachetagen mit Kühldecken ausgestattet.

Kühldecken sind – genauso wie Fußbodenheizungen – thermisch aktivierte Flächen. Nur dass sie kühle Flüssigkeit von der Wärmepumpe erhalten und erwärmte Flüssigkeit zurückschicken.

Statistisches Bundesamt 2020

Um optimal und energieeffizient kühlen zu können, muss – genauso wie für das Heizen – schon bei der Planung der Gebäude auf den Brücken die thermische Optimierung baulich vorgesehen werden

Altes Neuland Frankfurt

DER PLAN

GEBÄUDE & BRÜCKEN
STADTGRÜN & NATUR
WASSER

ENERGIE

Die urbane Energiewende
Strombedarf der Brücken

Heiz- und Kühlbedarf der Brücken

Photovoltaik als Quartiersstrom
Oberflächennahe Geothermie
Energie-Infrastruktur der Zukunft

TRANSPORT

STADTKLIMA - WELTKLIMA

KUNST & KULTUR

VERPACKUNG - INNOVATIV
ALTES NEULAND WELTWEIT

RECHT

FINANZEN
UMSETZUNG

FACHINFORMATIONEN

SUCHE
DAS TEAM
KONTAKT & IMPRESSUM



Copyright © by www.omegapowerep.com

Der Energie-Aufwand für Klimaanlagen

Auch wenn der Sommer 2021 in Deutschland vergleichsweise kalt und nass anmutete, durch die globalen Klimaveränderungen werden für Mitteleuropa in den kommenden Jahre zunehmend heißere Sommer erwartet.

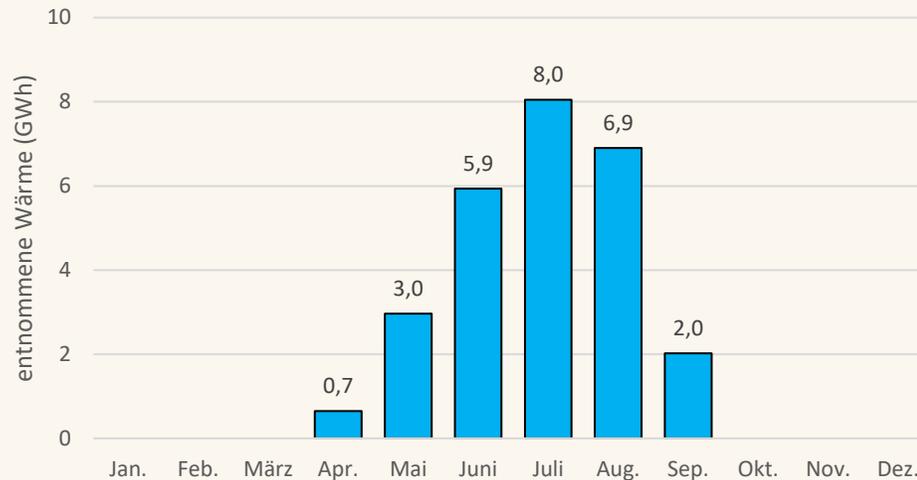
Auf den Frankfurter Brücken sind die Wärmepumpen nicht nur für das Heizen von Bedeutung, sondern sie lösen auch das Problem der Klimatisierung: Die Wärmeenergie der Wohngebäude wird über eine Sole, die in den thermisch aktivierten Decken fließt, nach unten über das bodennahe Geothermie-System in den Boden gepumpt. Dort gibt die Flüssigkeit ihre Wärmeenergie an den kälteren Boden ab und kommt so gekühlt wieder nach oben, um erneut Energie aufzunehmen und hinunterzutransportieren. Für die thermische Kühlung der Wohngebäude sind 26 GWh/a Wärme von den Wohngebäuden abgenommen worden.



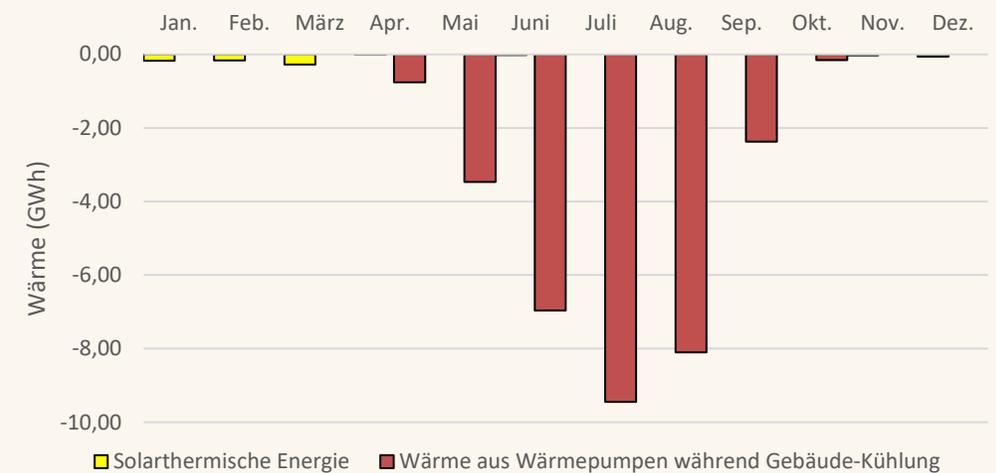
Die Kühlung der Wohngebäude dient gleichzeitig der Regeneration von Erdwärme

Für die Raumwärme der Brückengebäude wird dem Boden während des Winters Wärme entnommen. Um das Auskühlen der Erde über die Jahren hinweg zu vermeiden, muss die im Winter entnommene Wärme allerdings „regeneriert“ werden. Dies wird vor allem im Hochsommer mithilfe der thermischen Energie realisiert, die aus den Gebäuden zwecks Kühlung in den Boden hinuntergeschickt wird.

Entnommene (abgeleitete) Wärme für die Kühlung von Wohngebäuden



Regeneration von Erdwärme
Wärmeeintrag in den Boden



Würde man der Erde immer nur Wärme entziehen, ohne neue Wärme hinunterzuführen, würde der Boden mit der Zeit auskühlen und sein Heizpotenzial im Winter allmählich verlieren. Auf den Frankfurter Brücken werden jedoch im Zuge der Gebäudekühlung im Sommer ca. 26 GWh/a Wärme von den Wohngebäuden entnommen und mittels Wärmepumpen zur Regeneration unter die Erde geleitet.



Die Gebäude auf den Frankfurter Brücken werden einen sehr niedrigen thermischen Energieverbrauch erreichen

Für die Wohngebäude der Brücken wird die EU-Vorgabe von 30 kWh/m²a eingehalten werden. Auf diesen Wert wirken mehrere Faktoren ein, die wichtigsten sind jedoch:

Bauweise

- Bauart: Einfamilienhaus vs. Mehrfamilienhaus, kompakte Bauweise vs. zergliederte Bauweise, Reihenhaus vs. freistehendes Gebäude
- Bauphysik: Baumaterial (Ziegel, Beton, Holz, Lehm etc.) und Dämm-Materialien

Energietechnik

- Energieträger: Gas, Öl, Pellets, (Luft-)Wärmepumpe
- Abdichtung: insbesondere Fenster und Türen
- Nutzung von Abluft-Wärme/-Kühle

Auf den Frankfurter Brücken gibt es mannigfaltige Bauweisen mit verschiedenen Bau- und Dämm-Materialien.

Als Energieträger kommen Wärmepumpen, unterstützt von bodennaher Geothermie, sowie Strom für die Warmwasser-Bereitung zur Anwendung.

Optimiert wird der Energieverbrauch durch entsprechende Abdichtungen, in Teilen durch die (filterfreie) thermische Nutzung von Abluft sowie durch entsprechende Steuerungssysteme.

Altes Neuland Frankfurt

DER PLAN

GEBÄUDE & BRÜCKEN

STADTGRÜN & NATUR

WASSER

ENERGIE

Die urbane Energiewende

Strombedarf der Brücken

Heiz- und Kühlbedarf der Brücken

Photovoltaik als Quartiersstrom

Oberflächennahe Geothermie

Energie-Infrastruktur der Zukunft

TRANSPORT

STADTKLIMA - WELTKLIMA

KUNST & KULTUR

VERPACKUNG - INNOVATIV

ALTES NEULAND WELTWEIT

RECHT

FINANZEN

UMSETZUNG

FACHINFORMATIONEN

SUCHE

DAS TEAM

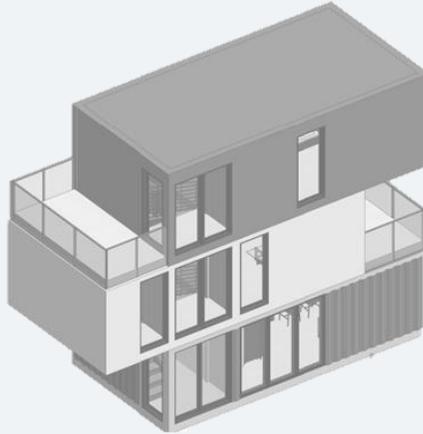
KONTAKT & IMPRESSUM



Einfamilienhaus



Kleines Mehrfamilienhaus



Reihenhäuser



Aus energetischer Sicht sind Reihenhäuser am besten, da es weniger Außenfläche pro Quadratmeter Gebäudefläche gibt, über die Wärme abgegeben werden könnte

Am energetisch ungünstigsten sind entsprechend eingeschossige Einfamilienhäuser.

Da die Brücken im Innenstadtbereich nur dünn besiedelt sind mit vergleichsweise niedrigen Gebäuden, finden sich die energetisch gesehen besonders günstigen Gebäude hauptsächlich auf den Außenarmen: ca. 450 der rund 2.200 Gebäude sind eingeschossig und freistehend (einige davon mit ausgebautem Dach). Mit durchdachten Isolationskonzepten sind allerdings auch diese im Vergleich zu Bestandsgebäuden sehr energieeffizient gestaltbar.

Weitere 950 Gebäude haben zwei- oder zweieinhalb Etagen. Rund 600 Gebäude besitzen drei- oder dreieinhalb Etagen.

Und nur 190 Gebäude verfügen über vier oder mehr Stockwerke.

Altes Neuland Frankfurt

DER PLAN

GEBÄUDE & BRÜCKEN
STADTGRÜN & NATUR
WASSER

ENERGIE

Die urbane Energiewende
Strombedarf der Brücken

Heiz- und Kühlbedarf der Brücken

Photovoltaik als Quartiersstrom
Oberflächennahe Geothermie
Energie-Infrastruktur der Zukunft

TRANSPORT

STADTKLIMA - WELTKLIMA

KUNST & KULTUR

VERPACKUNG - INNOVATIV
ALTES NEULAND WELTWEIT

RECHT

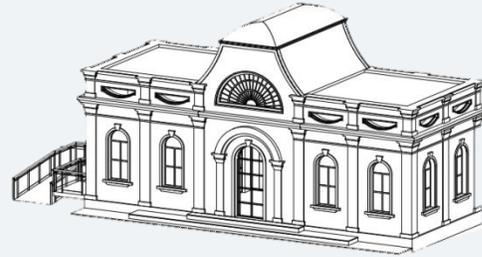
FINANZEN
UMSETZUNG

FACHINFORMATIONEN

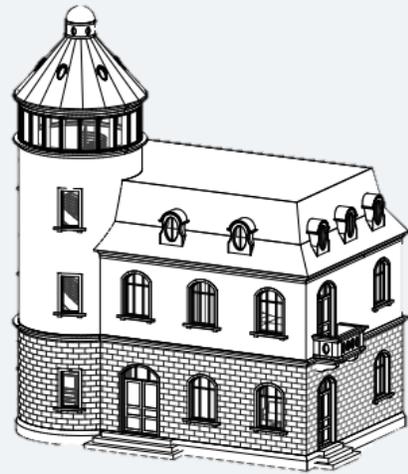
SUCHE
DAS TEAM
KONTAKT & IMPRESSUM



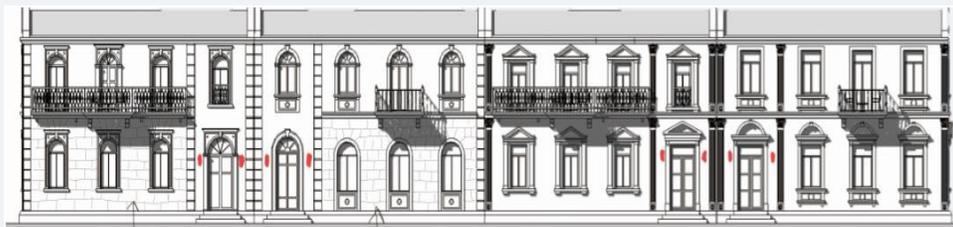
Jugendstil-Einfamilienhaus



Mehrfamilienhaus-Altbau mit zergliedernder? Kurvatur



Altbau Reihenhäuser kompakt



Rund die Hälfte aller Gebäude auf den Brücken sind im Altbau-Stil gehalten und durch ihre Gebäude-Kurvatur eine Herausforderung

Ob Jugendstil oder Gründerzeit: Eine Vielzahl an Türmchen, Erkern, Balkonen und Zinnen zergliedert die Oberfläche eines Gebäudes, so dass mehr Fläche zur Abgabe von Wärme entsteht.

Will man auf einen Erker zum Lesen oder ein Arbeits-Turmzimmer mit Aussicht nicht verzichten, müssen verstärkt kompensatorische Maßnahmen ergriffen werden.

Kompakte Gebäude im Altbau-Stil hingegen, die in Reihe gebaut sind, erreichen – nicht zuletzt durch ihre großen Fenster, wenn diese nach Süden gewandt sind – fast genau so gute Energie-Werte wie ihre Pendanten im modernen Reihenhäuser-Stil.

Altes Neuland Frankfurt

DER PLAN

GEBÄUDE & BRÜCKEN
STADTGRÜN & NATUR
WASSER

ENERGIE

Die urbane Energiewende
Strombedarf der Brücken

Heiz- und Kühlbedarf der Brücken

Photovoltaik als Quartiersstrom
Oberflächennahe Geothermie
Energie-Infrastruktur der Zukunft

TRANSPORT

STADTKLIMA - WELTKLIMA

KUNST & KULTUR

VERPACKUNG - INNOVATIV
ALTES NEULAND WELTWEIT

RECHT

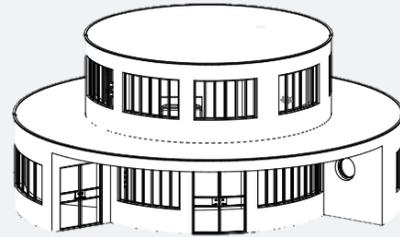
FINANZEN
UMSETZUNG

FACHINFORMATIONEN

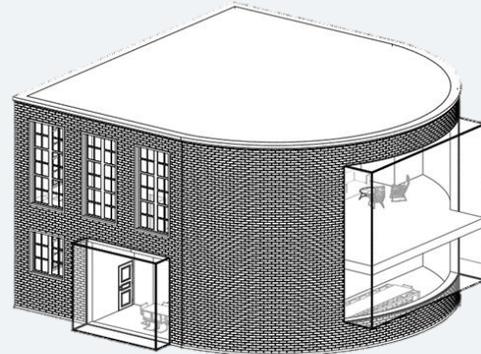
SUCHE
DAS TEAM
KONTAKT & IMPRESSUM



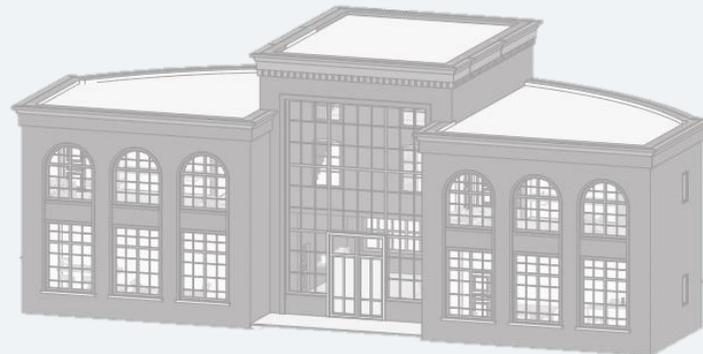
Einfamilienhaus im Bauhaus-Stil



Einfamilienhaus mit Glas-Kuben



Mehrfamilienhaus - Loft



Rundungen und hohe Decken sind ebenfalls nicht förderlich für maximale Energie-Effizienz

Allerdings lassen sich auch bei solchen Gebäuden sehr gute Werte erzielen, wenn alle anderen Möglichkeiten zur Einsparung genutzt werden.

Es wäre nicht zielführend, nur noch rechteckige Kästen in langen Reihen zu bauen, einzig um der maximalen Energie-Effizienz willen. Gebäude sollten grundsätzlich so gestaltet sein, dass Menschen gerne in ihnen wohnen, arbeiten oder sich zum Essen und anderen Aktivitäten treffen.

Die Gebäude auf den Frankfurter Brücken erreichen die von der EU geforderten Energie-Standards auch mit ihrer extravaganten Architektur, die humanen Wohn- und Lebensraum für Menschen schaffen soll.

DER PLAN

GEBÄUDE & BRÜCKEN

STADTGRÜN & NATUR

WASSER

ENERGIE

Die urbane Energiewende

Strombedarf der Brücken

Heiz- und Kühlbedarf der Brücken

Photovoltaik als Quartiersstrom

Oberflächennahe Geothermie

Energie-Infrastruktur der Zukunft

TRANSPORT

STADTKLIMA - WELTKLIMA

KUNST & KULTUR

VERPACKUNG - INNOVATIV

ALTES NEULAND WELTWEIT

RECHT

FINANZEN

UMSETZUNG

FACHINFORMATIONEN

SUCHE

DAS TEAM

KONTAKT & IMPRESSUM



Der Kompaktheitsgrad wird bestimmt durch Gebäude-Kurvatur sowie durch Reihen- versus Einzelbebauung

Stil # Etagen	Altbau	Frühe Moderne (Loft, Bauhaus u.ä.)	Modern
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%
	Geringer Kompakt heitsgrad	Sehr kompakt	Mittel kompakt

Grobe Aufgliederung der rund 2.200 Gebäude auf den Frankfurter Brücken

Erst im Rahmen der mehrjährigen Vorplanung lässt sich genau ermitteln, welche Gebäude in den einzelnen Quartierabschnitten welche Stilrichtung und damit thermisch relevante Ausformung haben.

Altes Neuland Frankfurt

DER PLAN

GEBÄUDE & BRÜCKEN
STADTGRÜN & NATUR
WASSER

ENERGIE

Die urbane Energiewende
Strombedarf der Brücken

Heiz- und Kühlbedarf der Brücken

Photovoltaik als Quartiersstrom
Oberflächennahe Geothermie
Energie-Infrastruktur der Zukunft

TRANSPORT

STADTKLIMA - WELTKLIMA

KUNST & KULTUR

VERPACKUNG - INNOVATIV
ALTES NEULAND WELTWEIT

RECHT

FINANZEN
UMSETZUNG

FACHINFORMATIONEN

SUCHE

DAS TEAM

KONTAKT & IMPRESSUM



Auf den Frankfurter Brücken wird innovativ beides vereint: humane schöne Architektur mit optimierter Energieeffizienz



Bodo Wartke – Architektur in Deutschland. 3min 46

<https://www.youtube.com/watch?v=9yRZkYZiM88>

Eintönige Architektur deprimiert, während schöne, gelungene Architektur von Menschen geliebt wird: Sie wirkt tröstend und aufheiternd – diese Erfahrung hat fast jeder schon mal gemacht.

Mit innovativer Energie-Technik wird es möglich, auf den Frankfurter Brücken die ganze Palette der Wohnmöglichkeiten zu realisieren, die unterschiedliche Gruppen von Menschen bevorzugen: egal ob Altbau oder moderne Architektur – alles ist energieeffizient gestaltet und human.

GEBÄUDE & BRÜCKEN

STADTGRÜN & NATUR

WASSER

ENERGIE

Die urbane Energiewende

Strombedarf der Brücken

Heiz- und Kühlbedarf der Brücken

Photovoltaik als Quartiersstrom

Oberflächennahe Geothermie

Energie-Infrastruktur der Zukunft

TRANSPORT

STADTKLIMA - WELTKLIMA

KUNST & KULTUR

VERPACKUNG - INNOVATIV

ALTES NEULAND WELTWEIT

RECHT

FINANZEN

UMSETZUNG

FACHINFORMATIONEN

SUCHE

DAS TEAM

KONTAKT & IMPRESSUM



Neben der Bauart spielen die verwendeten Baumaterialien eine große Rolle für den Energieverbrauch der Gebäude

Für zu verwendende Baumaterialien gibt es auf den Frankfurter Brücken vier Kriterien:

1. Sie müssen gute Dämmeigenschaften haben.
2. Sie müssen unter Berücksichtigung des gesamten ökologischen Rucksacks nachhaltig sein.
3. Sie dürfen keine Brandgefahr darstellen bzw. die Brandgefahr nicht erhöhen.
4. Sie müssen vergleichsweise leicht sein wegen der Statik der Brücken.

Jedes Baumaterial hat seine Stärken in einer Kombination der vier Filterkriterien, und daher kommen auch völlig unterschiedliche Materialien auf den Brücken zum Einsatz, getreu dem Konzept, ein Schaufenster der Innovationen zu bieten.

Zum Teil handelt es sich um herkömmliche, altbewährte Baumaterialien und Bauweisen (z.B. Holzfachwerk), zum Teil aber auch um moderne innovative Baumaterialien (z.B. Rabbitz-Konstruktionen aus Rundeisen, Drahtgitter und Kalkgips sowie Kalkzementputz).

Welche Materialien wo Anwendung finden, wird Abschnitt für Abschnitt entschieden, gemäß dem Architekturstil in dem jeweiligen Abschnitt (hochmoderne Kugelbauten aus klassischem Fachwerk bauen zu wollen, ist beispielsweise nicht sinnvoll) sowie auch im Hinblick auf die Lokalität. Auch die Ausgestaltung der Brücke selbst pro Abschnitt ist mitbestimmend bei der Auswahl des Gebäude-Baumaterials: Ist die Brücke zum Beispiel an einer Stelle durch mehr Säulen gegründet, kann ein Gebäude darüber auch mal aus Tuffstein sein – der ist zwar als Naturstein schwerer als z.B. Fachwerk, aber er ist immer noch vergleichsweise leicht, kunsthandwerklich sehr gut zu bearbeiten, ökologisch einwandfrei und brennt nicht.

Verschiedene Arten von „Porenbeton“ sind aufgrund ihrer Leichtigkeit, ihrer guten Gestaltbarkeit und ihrer Wärmedämm-Eigenschaften ohne zusätzliche Wärmedämm-Maßnahmen eine der wichtigsten Baustoffgruppen für die Gebäude auf den Frankfurter Brücken

Porenbeton gehört zur Gruppe der Leichtbetone, auch wenn er streng genommen gar kein Beton ist, da er keine Gesteinszuschläge beinhaltet.

Porenbeton verfügt über ausgezeichnete Wärmedämmeigenschaften, welche durch die vielen, im Inneren vorhandenen Luftkammern zustande kommen. Daher lassen sich mit Porenbeton ohne zusätzliche Wärmedämmmaßnahmen Außenwände errichten, die dem Niedrigenergiehausstandard entsprechen.

Für die Ausgestaltung der unterschiedlichsten Architekturstilrichtungen und insbesondere für die Bearbeitung durch Kunsthandwerker ist er geradezu perfekt geeignet.

Nachteilig wirkt sich die relativ geringe Dichte lediglich auf die Schalldämm-Eigenschaften aus, und das Feuchte-Ausgleichsverhalten ist aufgrund der vielen Poren vergleichsweise schlecht.

Doch für die Nachteile in puncto Schallschutz – oder auch Feuchtigkeitsschutz – gibt es bereits zahlreiche innovative Lösungsansätze, so dass Porenbeton für die Frankfurter Brücken in seinen verschiedensten Varianten insbesondere für die Quartiersabschnitte im Altbau-Stil ein passendes Material ist.

DER PLAN

GEBÄUDE & BRÜCKEN

STADTGRÜN & NATUR

WASSER

ENERGIE

Die urbane Energiewende

Strombedarf der Brücken

Heiz- und Kühlbedarf der Brücken

Photovoltaik als Quartiersstrom

Oberflächennahe Geothermie

Energie-Infrastruktur der Zukunft

TRANSPORT

STADTKLIMA - WELTKLIMA

KUNST & KULTUR

VERPACKUNG - INNOVATIV

ALTES NEULAND WELTWEIT

RECHT

FINANZEN

UMSETZUNG

FACHINFORMATIONEN

SUCHE

DAS TEAM

KONTAKT & IMPRESSUM



Die Frankfurter Brücken setzen aber auch auf traditionelle nachhaltige Baumaterialien

Holz und Lehm sind beide nachhaltig, in bestimmten Ausführungen vergleichsweise leicht, dämmen gut und sind (mit entsprechender Bearbeitung) nur schwer entflammbar. Ohne ergänzende Materialien zum Dämmen oder zur baulichen Verbesserung können beide Materialien nicht ihr Optimum erreichen. Auf den Frankfurter Brücken wurde das Ziel gesetzt, die unterschiedlichsten Bauweisen und Kombinationen aus herkömmlichen und nachhaltigen Baumaterialien bei ihren Gebäuden zu verwirklichen – je nach Architekturstil in einem Quartiersabschnitt herrscht dann eine andere Bauweise vor. Begleitet von Forschung und Wissenschaft sollen so über die Jahre hinweg die im Hinblick auf CO₂-Emissionen und Nachhaltigkeit besten Bauweisen identifiziert werden. Für Fachwerkhäuser beispielsweise eignet sich der Brückenabschnitt über dem Parkplatz der Deutsche Bank Arena im Süden von Frankfurt, wo auf einem 27.000 m² großen Areal eine Hommage an die Frankfurter Altstadt entsteht. Die Häuser der Frankfurter Altstadt waren zum Teil Meisterwerke der Fachwerkkunst, welche bis heute eine ausgezeichnete Wohnatmosphäre bieten kann.



Copyright © by Wikipedia – Haus wertheim



copyright © by Wikipedia – Frankfurt, Große Rittergasse 79

Altes Neuland Frankfurt

DER PLAN

GEBÄUDE & BRÜCKEN
STADTGRÜN & NATUR
WASSER

ENERGIE

Die urbane Energiewende
Strombedarf der Brücken

Heiz- und Kühlbedarf der Brücken

Photovoltaik als Quartiersstrom
Oberflächennahe Geothermie
Energie-Infrastruktur der Zukunft

TRANSPORT

STADTKLIMA - WELTKLIMA

KUNST & KULTUR

VERPACKUNG - INNOVATIV
ALTES NEULAND WELTWEIT

RECHT

FINANZEN
UMSETZUNG

FACHINFORMATIONEN

SUCHE

DAS TEAM

KONTAKT & IMPRESSUM



Copyright © by Wikipedia: Weilburg Hainallee

Von Traditionsbauten lässt sich lernen: das Pisé-Haus in Weilburg aus Stampflehm

Fast ein Drittel der Menschheit lebt in Lehmbauten –
allerdings sind diese meist nur ein- oder
zweigeschossig.

In Deutschland in der Stadt Weilburg steht das höchste
Haus aus Stampflehm, das 1828 erbaute
fünfgeschossige „Pisé-Haus“.

In Ermangelung von Holz und Naturstein entstanden in
der Gegend damals mehrere Gebäude dieser Art: eine
inzwischen in Vergessenheit geratene Baukunst, die es
zu erforschen lohnt. Denn die Häuser sind heute noch
bewohnbar – das Pisé-Haus zum Beispiel wurde gerade
als Mehrfamilienhaus saniert.

Altes Neuland Frankfurt

DER PLAN

GEBÄUDE & BRÜCKEN STADTGRÜN & NATUR WASSER

ENERGIE

Die urbane Energiewende
Strombedarf der Brücken

Heiz- und Kühlbedarf der Brücken

Photovoltaik als Quartiersstrom
Oberflächennahe Geothermie
Energie-Infrastruktur der Zukunft

TRANSPORT

STADTKLIMA - WELTKLIMA

KUNST & KULTUR

VERPACKUNG - INNOVATIV ALTES NEULAND WELTWEIT

RECHT

FINANZEN UMSETZUNG

FACHINFORMATIONEN

SUCHE

DAS TEAM

KONTAKT & IMPRESSUM



Weiteres Neuland: Sogenannte Rabbitzkonstruktionen bestehend aus Rundeisen, Drahtgitterträgern, einem Putzträger und innen Kalkgips sowie außen Kalkzementputz

Rabbitzkonstruktionen sind für Gebäude auf den Brücken ideal, da ihr Hauptbaustoff Gips ein Multi-Talent ist: Als reines Naturprodukt beinhaltet er keine Schadstoffe, ist mit niedrigem CO₂-Ausstoß verbunden und kann noch dazu unbegrenzt recycelt werden. Außerdem ist Gips dank des eingeschlossenen Wassers nicht brennbar und wirkt sogar feuerhemmend. Durch die geringe Wärmeleitfähigkeit bleibt Wärme im Gips lange erhalten – ein großer Pluspunkt beim Heizen. Seine poröse Oberfläche nimmt die Feuchtigkeit gut auf und kann dadurch das Raumklima regulieren.

Es gibt nur einen Nachteil: Gips ist zum Teil wasserlöslich. Daher verwendet man im Innenbereich Kalkgips und im Außenbereich Kalkzementputz. Dazwischen bleibt Raum für Dämmung, die aus diversen Materialien (Gras, Hanf etc. oder auch Perlit) bestehen kann.



Copyright © by Martin Ranft



Copyright © by Martin Ranft

Altes Neuland Frankfurt

DER PLAN

GEBÄUDE & BRÜCKEN
STADTGRÜN & NATUR
WASSER

ENERGIE

Die urbane Energiewende
Strombedarf der Brücken

Heiz- und Kühlbedarf der Brücken

Photovoltaik als Quartiersstrom
Oberflächennahe Geothermie
Energie-Infrastruktur der Zukunft

TRANSPORT

STADTKLIMA - WELTKLIMA

KUNST & KULTUR

VERPACKUNG - INNOVATIV
ALTES NEULAND WELTWEIT

RECHT

FINANZEN
UMSETZUNG

FACHINFORMATIONEN

SUCHE

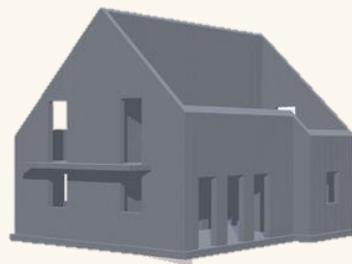
DAS TEAM

KONTAKT & IMPRESSUM



Die notwendigen U-Werte* für das Ziel, unter 30 kWh/m²a Heizenergie zu kommen, können bei der richtigen Kombination von Baustoffen und Bautechnik mit den hier vorgestellten Materialien erreicht werden

Die Frankfurter Brücken sind auch in Bezug auf moderne Bauphysik ein Schaufenster der Innovationen, so dass unterschiedlichste Baumaterialien, Kombinationen und Dämmsysteme ausprobiert und in Langzeittests weiter erforscht werden können.



(Poren-) Beton



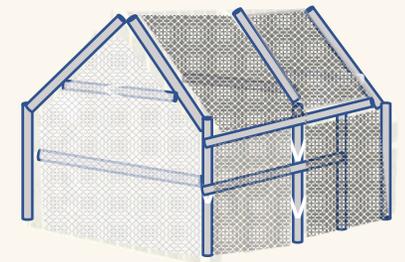
Holz (Rahmenbau)



Ziegel- / Naturstein-
Mauerwerk



Stampflehm



Rabbitz-
Konstruktion

* Wärmedurchgangskoeffizient

Altes Neuland Frankfurt

DER PLAN

GEBÄUDE & BRÜCKEN

STADTGRÜN & NATUR

WASSER

ENERGIE

Die urbane Energiewende

Strombedarf der Brücken

Heiz- und Kühlbedarf der Brücken

Photovoltaik als Quartiersstrom

Oberflächennahe Geothermie

Energie-Infrastruktur der Zukunft

TRANSPORT

STADTKLIMA - WELTKLIMA

KUNST & KULTUR

VERPACKUNG - INNOVATIV

ALTES NEULAND WELTWEIT

RECHT

FINANZEN

UMSETZUNG

FACHINFORMATIONEN

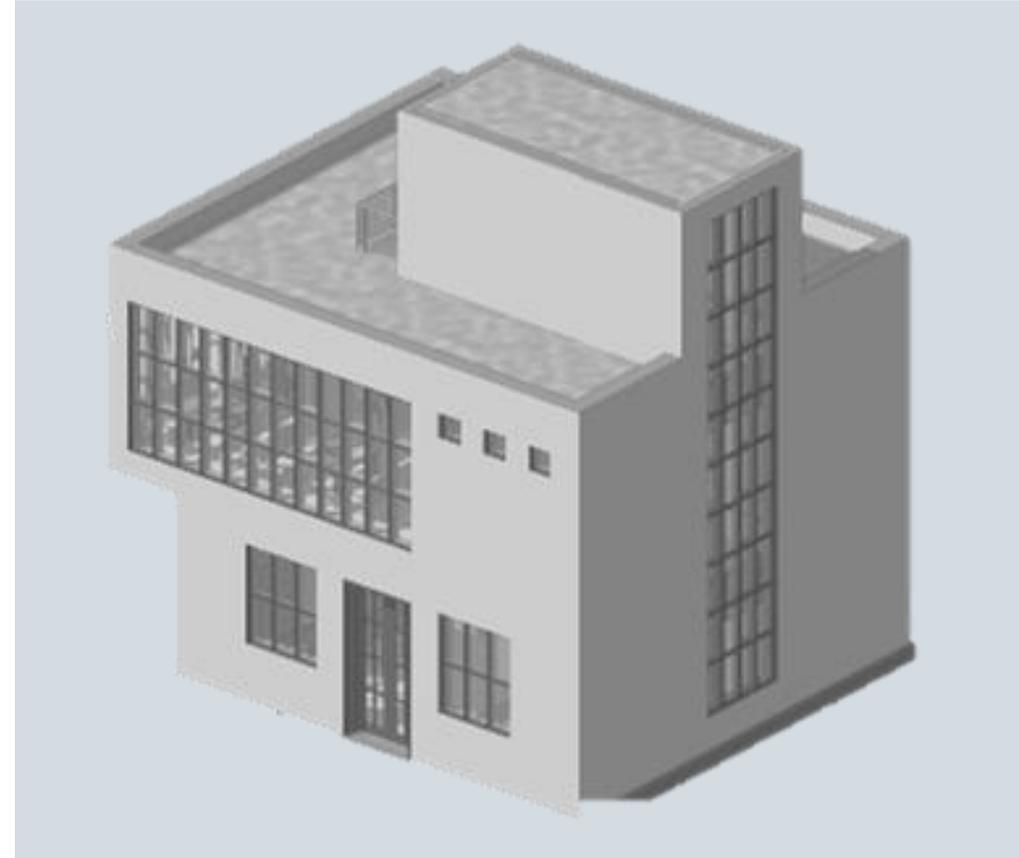
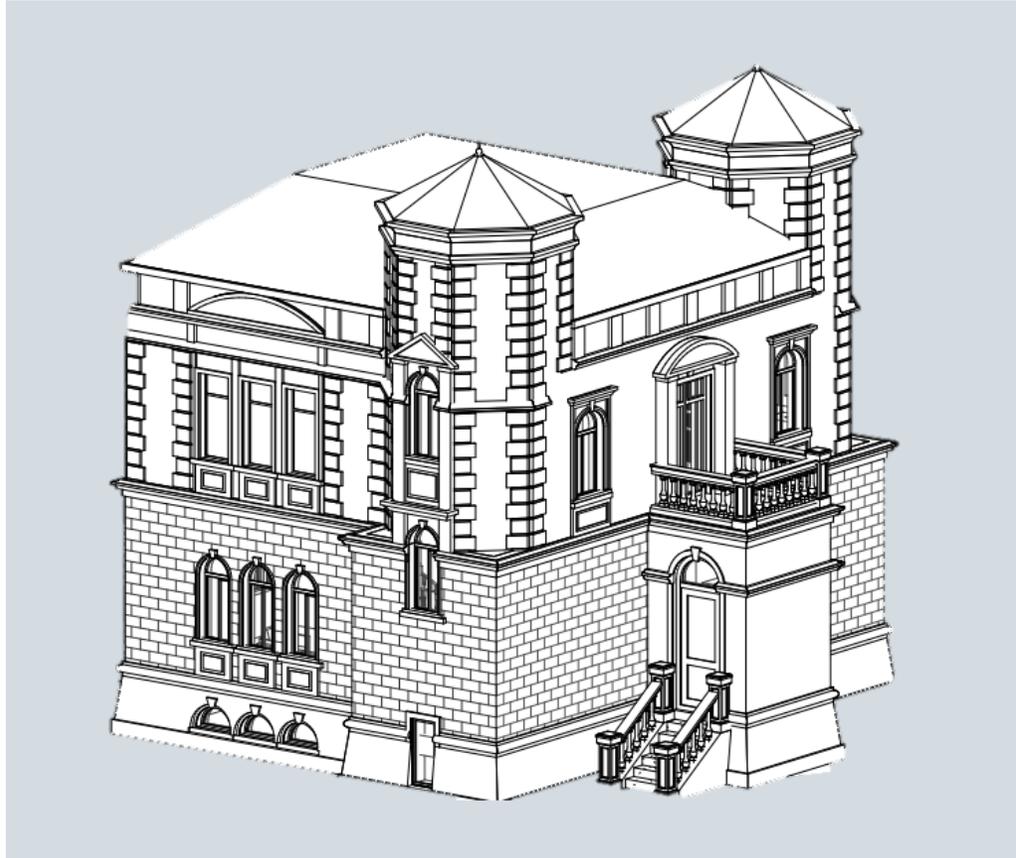
SUCHE

DAS TEAM

KONTAKT & IMPRESSUM



Beispielhafte Rechnung für zwei Gebäude aus dem Brücken-Gebäudeportfolio: Ohne Optimierung lagen die U-Werte bei über 100 kWh/m²a – mit Optimierung lagen beide Gebäude im Bereich von Niedrigenergiehäusern



Alle Gebäude auf den Brücken werden mit Wärmepumpen-Technik beheizt

DER PLAN

GEBÄUDE & BRÜCKEN
STADTGRÜN & NATUR
WASSER

ENERGIE

Die urbane Energiewende
Strombedarf der Brücken

Heiz- und Kühlbedarf der Brücken

Photovoltaik als Quartiersstrom
Oberflächennahe Geothermie
Energie-Infrastruktur der Zukunft

TRANSPORT

STADTKLIMA - WELTKLIMA

KUNST & KULTUR

VERPACKUNG - INNOVATIV
ALTES NEULAND WELTWEIT

RECHT

FINANZEN
UMSETZUNG

FACHINFORMATIONEN

SUCHE

DAS TEAM

KONTAKT & IMPRESSUM



Egal welche Bauart und welches Baumaterial: Die Entscheidung, ob mit Öl und Gas oder mit einem Wärmepumpen-System geheizt wird, wirkt sich am stärksten auf die EU-Vorgabe von 30 kWh/m²a für Wohngebäude aus

Herkömmliche Heizprozesse funktionieren, indem etwas verbrannt wird, sei es Öl, Gas oder auch Pellets.

Vor dem Hintergrund der CO₂-Senkungsmaßnahmen ist die Wärmepumpe inzwischen zum Mittel der Wahl geworden:
Hierbei wird nichts verbrannt, sondern ein Prinzip verwendet, das quasi genau umgekehrt wie ein Kühlschrank
funktioniert.

Die Wärmepumpe nutzt in geringem Maße elektrische Energie und zu 75 % die Wärmeenergie (im Fall von COP=4) aus
der Umgebung, z.B. Luft, Erde oder Sole aus Solarsystemen.

Über Kompressionsvorgänge wird ein umweltverträgliches Kältemittel auf ein höheres Temperaturniveau gebracht, um
damit das Wasser in den Heizrohren heizen zu können.

Altes Neuland Frankfurt

DER PLAN

GEBÄUDE & BRÜCKEN
STADTGRÜN & NATUR
WASSER

ENERGIE

Die urbane Energiewende
Strombedarf der Brücken

Heiz- und Kühlbedarf der Brücken

Photovoltaik als Quartiersstrom
Oberflächennahe Geothermie
Energie-Infrastruktur der Zukunft

TRANSPORT

STADTKLIMA - WELTKLIMA

KUNST & KULTUR

VERPACKUNG - INNOVATIV
ALTES NEULAND WELTWEIT

RECHT

FINANZEN
UMSETZUNG

FACHINFORMATIONEN

SUCHE

DAS TEAM

KONTAKT & IMPRESSUM



Copyright © by www.variotherm.com



Copyright © by www.variotherm.com



Copyright © by www.variotherm.com

Auf den Frankfurter Brücken werden sämtliche Gebäude mit thermisch aktivierten Flächen ausgestattet

Ob Wand, Boden oder Leiste vor dem Fenster, die Heizsysteme haben auch kleine Nachteile: Man muss bei der Wand wissen, wo sich Heizschlaufen im Inneren befinden, um nicht versehentlich Nägel hineinzuhauen; Fußbodenheizungen sind vergleichsweise träge: Man möchte ja nicht mittags schon mit dem Heizen beginnen, wenn man erst abends um 20:00 Uhr nach Hause kommt. Und Heizleisten, aus denen warme Luft bläst, können ähnlich wie Klimageräte auch unangenehm viel Staub aufwirbeln und sind gerade für Allergiker und Asthmatiker ein Problem.

Um die negativen Auswirkungen dieser modernen und klimafreundlichen Technologien auf den Luxus zu kompensieren, werden in den Gebäuden vereinzelt redundant auch kleine herkömmliche Heizkörper angebracht, die mit Hochtemperaturwärme laufen (z.B. erzeugt mit Brennstoffzellen). Diese Heizkörper kommen nur in besonderen Situationen zum Einsatz, wenn beispielsweise in der Übergangszeit nur ein, zwei Stunden abends Wärme benötigt wird und die Fußbodenheizung, einmal angeworfen, langsam reagiert und viel zu lange nachheizt; oder bei hohem Wärmebedarf an einem kalten Wintertag als Unterstützung.

Weitere Maßnahmen: Abdichtung und Nutzung von Abluftwärme eines Gebäudes

Dass gut abgedichtete Fenster und Türen, inkl. Terrassen- und Balkontüren helfen, Heizenergie zu sparen, ist allgemein bekannt und ist auch bei Neubauten seit Jahren gängige Praxis.

Viel weniger bekannt und auch weniger beliebt ist die Nutzung von Abluftwärme aus den Räumen, um die hereinströmende Luft schon einmal vorzuwärmen. Das Prinzip ist einfach: Verbrauchte, stickige, aufgewärmte Luft will man loswerden, stößt aber hierzu nicht die Fenster auf, sondern saugt die Luft ab und leitet sie in einem Rohr nach draußen. Im Inneren dieses Rohres liegt ein zweites Rohr, durch das die frische, aber deutlich kühlere Luft reinströmt. Diese wird durch die warme Abluft vorgewärmt, bevor dann Fußboden- und Wandheizungen den Rest tun.

Der einzige Nachteil: Es handelt sich um ein System, bei dem hereinströmende Luft durch eine Filteranlage geführt wird. Und Luftströme von Filteranlagen sind - zumindest für Wohnräume - meist nicht angenehm.

Dafür gibt es eine Lösung, die nicht mit Filtern arbeitet, sondern ganz aus Metall oder Keramik besteht und leicht zu reinigen ist: der sogenannte Rotationswärmetauscher, wobei zu beachten ist, dass der Begriff "Tauscher" wärmetechnisch etwas unscharf ist. Denn es findet kein Austausch, sondern nur eine einseitige Übertragung von Energie statt. Das Resultat ist jedoch eindeutig: Für das Heizen eines Raumes wird damit weniger Energie benötigt.

Altes Neuland Frankfurt

DER PLAN

GEBÄUDE & BRÜCKEN

STADTGRÜN & NATUR

WASSER

ENERGIE

Die urbane Energiewende

Strombedarf der Brücken

Heiz- und Kühlbedarf der Brücken

Photovoltaik als Quartiersstrom

Oberflächennahe Geothermie

Energie-Infrastruktur der Zukunft

TRANSPORT

STADTKLIMA - WELTKLIMA

KUNST & KULTUR

VERPACKUNG - INNOVATIV

ALTES NEULAND WELTWEIT

RECHT

FINANZEN

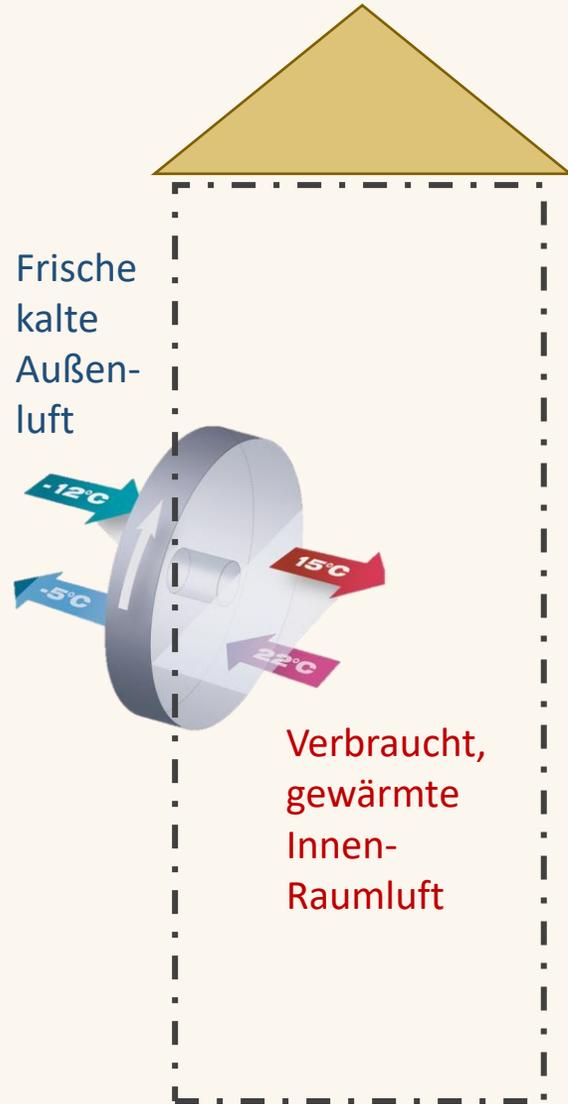
UMSETZUNG

FACHINFORMATIONEN

SUCHE

DAS TEAM

KONTAKT & IMPRESSUM



Die Luft strömt nur an Metall oder Keramik vorbei, sodass keine Filtermembranen dazwischen sind, die Brutstätten für Keime u.ä. sein könnten

Der Rotor wird durch einen kleinen Motor angetrieben. Die eine Hälfte des Rotors ist dem Innenraum zugewandt, also im Abluftstrom, und die andere Seite ist dem Außenbereich zugewandt, also dem Zuluftstrom.

Der Rotationswärmetauscher dient dazu, Wärme aus der warmen Abluft auf die kalte Zuluft zu übertragen. Dazu durchströmen Ab- und Zuluft zeitlich versetzt dasselbe walzenförmige, drehbare Gebilde aus Metall: Die Abluft heizt die Metallstruktur in dem Walzengebilde auf und kühlt selbst ab. Die Walze dreht sich langsam im Kreis, sodass der erwärmte Teil mit der kalten Außenluft in Berührung kommt und dabei die Wärme an die Zuluft abgibt. Gleichzeitig kühlt die Metallstruktur in dem Walzengebilde ab, um sich später wieder von der warmen Abluft aufheizen zu lassen.

Der Wirkungsgrad dieser Technologie liegt bei bis zu 85 %. Das bedeutet, die wegströmende, warme Raumluft schafft es, bis zu 85 % ihrer Wärme an die hereinströmende Frischluft abzugeben. Man braucht nur noch ein wenig nachzuheizen, um auf 100 % zu kommen.

Altes Neuland Frankfurt

DER PLAN

GEBÄUDE & BRÜCKEN

STADTGRÜN & NATUR

WASSER

ENERGIE

Die urbane Energiewende

Strombedarf der Brücken

Heiz- und Kühlbedarf der Brücken

Photovoltaik als Quartiersstrom

Oberflächennahe Geothermie

Energie-Infrastruktur der Zukunft

TRANSPORT

STADTKLIMA - WELTKLIMA

KUNST & KULTUR

VERPACKUNG - INNOVATIV

ALTES NEULAND WELTWEIT

RECHT

FINANZEN

UMSETZUNG

FACHINFORMATIONEN

SUCHE

DAS TEAM

KONTAKT & IMPRESSUM



Copyright © by Nina Butts - pixabay.com

Fazit: Bauweise, Baumaterialien und Energie-Technik auf den Frankfurter Brücken sind auf Energiesparen beim Heizen und Kühlen ausgerichtet

Getreu dem Motto, „ein Schaufenster der Innovationen“ zu sein, finden nachhaltige Baumaterialien wie Holz, Lehm oder Rabbitz-Konstruktionen auf den Brücken Anwendung.

Für jedes Teilquartier der Frankfurter Brücken muss genau untersucht werden, welche Baumaterialien bei welchen Gebäudeformen am besten geeignet sind.

Die Energietechnik hingegen ist für alle 2.200 Gebäude gleichermaßen modern und innovativ: Beim Heizen und Kühlen wird sie optimiert durch die Kopplung mit bodennaher Geothermie. Damit diese mitgenutzt werden kann, werden sämtliche Gebäude mit thermisch aktivierten Flächen ausgestattet.

Durch die Kombination vieler verbrauchsreduzierender Maßnahmen direkt schon beim Bau der Brücken und Gebäude entsprechen alle Brücken-Häuser den modernen Niedrigenergie-Anforderungen.

Altes Neuland Frankfurt

DER PLAN

GEBÄUDE & BRÜCKEN
STADTGRÜN & NATUR
WASSER

ENERGIE

Die urbane Energiewende
Strombedarf der Brücken
Heiz- und Kühlbedarf der Brücken
Photovoltaik als Quartiersstrom
Oberflächennahe Geothermie
Energie-Infrastruktur der Zukunft

TRANSPORT
STADTKLIMA - WELTKLIMA

KUNST & KULTUR
VERPACKUNG - INNOVATIV
ALTES NEULAND WELTWEIT

RECHT
FINANZEN
UMSETZUNG

FACHINFORMATIONEN

SUCHE
DAS TEAM
KONTAKT & IMPRESSUM



Das Ziel: die urbane Energiewende



Photovoltaik als Quartiersstrom



Heiz- und Kühlbedarf der Brücken



Oberflächennahe Geothermie



Die Energie-Infrastruktur der Zukunft



Die Brückenwelt



Nachhaltigkeit durch Technik



Die Co2-Bilanz der Brücken

MITWIRKENDE

Architektur	Geoinformation	Stadtklima - Weltklima	Wasser	Recht	Kritische Sparringspartner:
Bild & Foto	Grün & Natur	Statik	Verpackung	Finanzen	Professoren
Brücken	Kommunikation	Transport	Webpage & Design	Umsetzung	Fachleute
Energie	Kunst & Kultur	Technik & IT			Inspiratoren & Unterstützer



Photovoltaik als Quartiersstrom

Altes Neuland Frankfurt

DER PLAN

GEBÄUDE & BRÜCKEN

STADTGRÜN & NATUR

WASSER

ENERGIE

Die urbane Energiewende

Strombedarf der Brücken

Heiz- und Kühlbedarf der Brücken

Photovoltaik als Quartiersstrom

Oberflächennahe Geothermie

Energie-Infrastruktur der Zukunft

TRANSPORT

STADTKLIMA - WELTKLIMA

KUNST & KULTUR

VERPACKUNG - INNOVATIV

ALTES NEULAND WELTWEIT

RECHT

FINANZEN

UMSETZUNG

FACHINFORMATIONEN

SUCHE

DAS TEAM

KONTAKT & IMPRESSUM



Copyright © by Jensen - shutterstock.com

Die Frankfurter Brücken sind unbemerkt ein riesiger Stromerzeuger und ein innerstädtisches zweites Stromnetz auch für Photovoltaik entlang ihres Verlaufs: Sie ermöglichen so die Erzeugung von über 415 GWh pro Jahr

Auf den Brücken können pro Jahr 140 GWh Strom erzeugt werden, und zwar durch den Einsatz von ästhetisch angenehmer bzw. unsichtbarer Photovoltaik im Innenstadtbereich sowie effizienzmaximierender Photovoltaik auf den Außenarmen.

Überdacht man bestehende große Parkplätze von Firmen und Institutionen entlang der Brücken und stattet sie mit Photovoltaik aus, können weitere 135 GWh/a produziert werden. Belegt man auch die Dächer dieser Firmen und Institutionen mit nicht-installativen, Dachhaut-schonenden Solarmodulen, so können nochmal zusätzliche 142 GWh/a erzeugt werden. Mithilfe der Frankfurter Brücken kann dieser Strom eingesammelt und zu Verbrauchern oder Speicherorten entlang der Brücken transportiert werden.

Zum Vergleich: Frankfurter Haushalte verbrauchen 900 GWh pro Jahr.

Altes Neuland Frankfurt

DER PLAN

GEBÄUDE & BRÜCKEN
STADTGRÜN & NATUR
WASSER

ENERGIE

Die urbane Energiewende
Strombedarf der Brücken
Heiz- und Kühlbedarf der Brücken
Photovoltaik als Quartiersstrom
Oberflächennahe Geothermie
Energie-Infrastruktur der Zukunft

TRANSPORT

STADTKLIMA - WELTKLIMA

KUNST & KULTUR

VERPACKUNG - INNOVATIV
ALTES NEULAND WELTWEIT

RECHT

FINANZEN
UMSETZUNG

FACHINFORMATIONEN

SUCHE

DAS TEAM
KONTAKT & IMPRESSUM



Inhalt: Auf den Flächen der Frankfurter Brücken können mit Photovoltaik-Modulen signifikante Mengen an Strom erzeugt werden

Auf den Frankfurter Brücken ist für die unterschiedlichen Flächenarten „Dächer, Fassaden, Baldachine & Stationen sowie Brückenseiten“ definiert worden, mit welchen PV-Modulen sie ausgestattet werden können und wieviel Strom damit erzeugt werden kann.

Darüber hinaus können die Brücken als Infrastruktur-Netz dienen für Strom von Photovoltaik-Modulen, die entlang der Brücken auf großen Parkplatzüberdachungen oder Flachdächern angebracht werden können.

Bei der intensiven Ausstattung aller geeigneten Flächen mit Photovoltaik müssen stets sämtliche Leitungen so gelegt werden, dass keine elektromagnetischen Felder entstehen, die belastend für die Gesundheit sein könnten.

Frankfurt braucht viel mehr Photovoltaik-Fläche

Weniger als 1 Prozent des Stroms in Frankfurt wird derzeit durch Photovoltaik produziert. Die Bundesregierung sieht seit der Energiewende vor, bis zum Jahr 2050 80 % des Strombedarfes in Deutschland aus erneuerbaren Energien zu decken. Für Frankfurt mit seinem Gesamtstromverbrauch von rund 7.100 GWh/a bedeutet das, rund 5.700 GWh/a müssen aus erneuerbaren Energien kommen. Und da Windkraft in Frankfurt wegen des Flughafens nicht ausgebaut werden kann, wird die Photovoltaik den wichtigsten Beitrag leisten müssen.

Anteile lokaler Stromerzeugung am Stromverbrauch (inkl. Strom für Wärme und Mobilität)

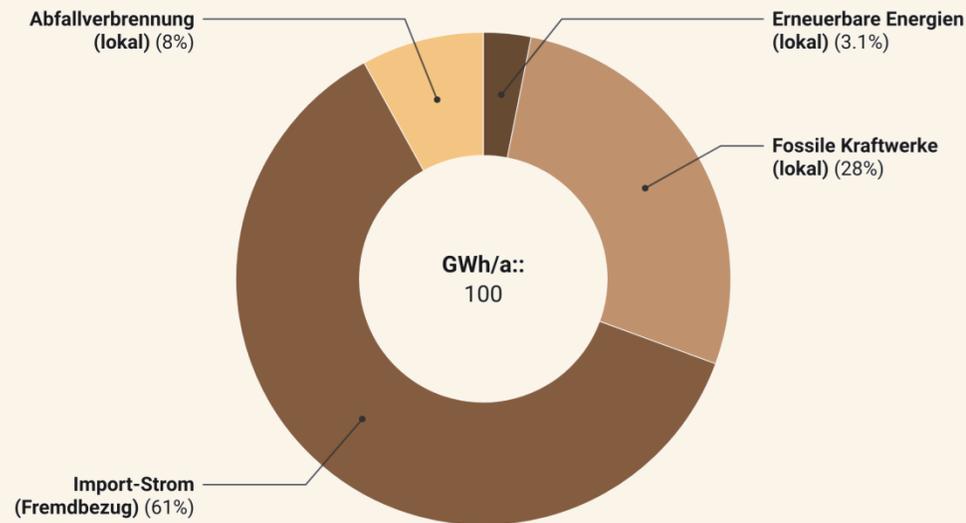


Chart: Altes Neuland Frankfurt • Source: Regionalgebiet FrankfurtRheinMain • Created with Datawrapper

Lokale Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien

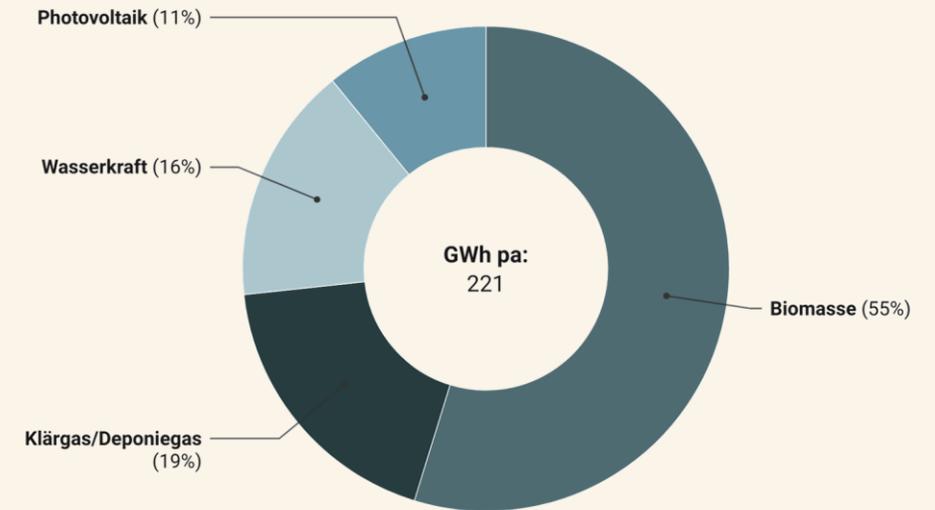


Chart: Altes Neuland Frankfurt • Source: Regionalgebiet FrankfurtRheinMain • Created with Datawrapper



Warum wird aktuell nicht mehr Photovoltaik verbaut?

Zum einen ist nicht zu unterschätzen, dass unsere Stromnetze ursprünglich nicht dafür ausgelegt wurden, dezentral und sehr volatil anfallende überschüssige Strommengen einzusammeln und weiterzuleiten. Doch während Steuerungssysteme dafür immer weiterentwickelt und ausgebaut werden, ziehen insbesondere in Innenstadtlagen Immobilienbesitzer noch nicht in gleichem Maße nach.

In der Regel scheuen Hausbesitzer bei bestehenden Gebäuden den Aufwand, an einem funktionierenden, dichten Dach herumzubasteln oder durch vermietete Räumlichkeiten neue Leitungen durchzuziehen.

Hinzu kommt: Die Stromversorgung durch den Zentralversorger Mainova ist günstig, bequem und bereits angeschlossen. Das Wechselspiel zwischen Eigennutzung von selbsterzeugtem Strom und Einspeisung der Überschüsse in das Versorgernetz stellt für viele Hausbesitzer steuerungstechnisch ebenfalls einen Zusatzaufwand dar.

Und ein weiteres wichtiges K.O.-Kriterium für viele Gebäudebesitzer: Photovoltaik-Anlagen verändern das Aussehen eines Gebäudes meist nicht zu seinen Gunsten, da sie klassischerweise vor allem im Hinblick auf Effizienz und nicht auf Schönheit entwickelt werden.

Auf den Brücken soll sich das alles ändern: Überall dort, wo Bürger die Flächen sehen können, wird ästhetisch angenehme oder unauffällige Photovoltaik installiert. An den Außenarmen der Brücken hingegen, wo kaum jemand von der Seite oder von oben draufschaut, wird deutlich effizientere und optisch weniger attraktive Photovoltaik verwendet.

Es erfolgt auf den Brücken auch keine Einzelabrechnung pro Gebäude mit dem Versorger Mainova, sondern es erfolgt ein brückeninternes „Netting“ innerhalb des Quartiers, und eine Saldierung mit der Mainova findet nur über brückeninterne Versorgungsknotenpunkte, den „Versorgungszentralen“, statt.

Altes Neuland Frankfurt

DER PLAN

GEBÄUDE & BRÜCKEN STADTGRÜN & NATUR WASSER

ENERGIE

Die urbane Energiewende
Strombedarf der Brücken
Heiz- und Kühlbedarf der Brücken
Photovoltaik als Quartiersstrom
Oberflächennahe Geothermie
Energie-Infrastruktur der Zukunft

TRANSPORT STADTKLIMA - WELTKLIMA

KUNST & KULTUR VERPACKUNG - INNOVATIV ALTES NEULAND WELTWEIT

RECHT FINANZEN UMSETZUNG

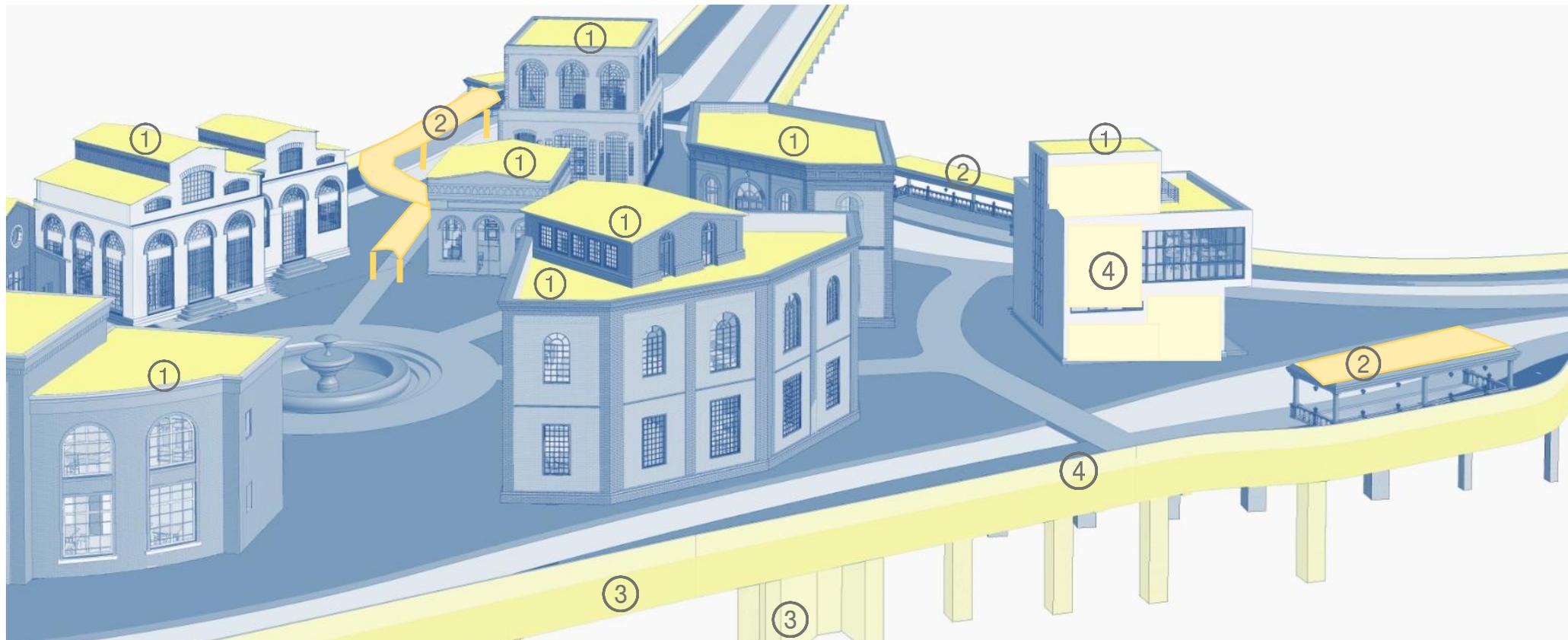
FACHINFORMATIONEN

SUCHE DAS TEAM KONTAKT & IMPRESSUM



Dächer, Fassaden, Mauern, Stationen – auf den Frankfurter Brücken können auf vielen Flächen ästhetisch schöne Photovoltaik-Module aus der Pipeline der Forschung und der Industrieentwicklung angebracht werden

Es gibt verschiedene Arten von Arealen für das Anbringen von Photovoltaik. Die wichtigsten sind: (1) Gebäudedächer, (2) Dächer von Stationen oder Baldachinen über den Wegen sowie (3) die Seiten des Brückenkörpus mitsamt den Säulen. Auch vertikal (4) können PV-Module angebracht werden, z.B. an den Absturzsicherungen bzw. den Sichtschuttscheiben am Brückenrand ebenso wie an Fassaden. Doch eines haben sie alle gemeinsam: Alle Photovoltaikmodule sollten sich im Alltag ästhetisch eingliedern in das Stadtbild bzw. in das „Brückenbild“ und nicht besonders auffallen.



Auf den Frankfurter Brücken können in Summe 1 Mio. Quadratmeter Fläche mit Photovoltaik ausgestattet werden: 475.000 m² Dachfläche sowie weitere 525.000 m² sonstige spezielle Brückenfläche

Würden man alle Flächen auf den Brücken nutzen, stünden noch mehr Quadratmeter für PV-Module zur Verfügung. Aber in der Innenstadt, wo die Brücke durch Bebauung führt und daher von allen Seiten schön sein muss, wird wenig Photovoltaik auf und an den Brücken angebracht werden.

Auch an den Außenarmen, wo die Brücken noch durch Wohngebiete verlaufen, wird Photovoltaik nur in ästhetisch integrierter Form installiert.

Denn es wäre schade, wenn moderne Kunst oder Kunsthandwerk an den Seiten der Brücken oder an den Säulen von technischen Modulen ästhetisch beeinträchtigt oder sogar verdeckt würden. Außerdem sind viele Säulen mit Kletterpflanzen bewachsen, die die Photovoltaik überdecken würden.

Aber sobald die Brücken aus der Stadt herausführen und von der Seite keine Anwohner mehr darauf schauen (und keine hohen Gebäude rechts und links sie verschatten), werden alle nur möglichen Flächen mit Photovoltaik versehen.

Die Ausstattung von Flächen mit Photovoltaik darf daher nicht überall in gleicher Form vorgenommen werden, sondern muss je nach Brückenabschnitt segmentiert erfolgen.

DER PLAN

GEBÄUDE & BRÜCKEN
STADTGRÜN & NATUR
WASSER

ENERGIE

Die urbane Energiewende
Strombedarf der Brücken
Heiz- und Kühlbedarf der Brücken
Photovoltaik als Quartiersstrom
Oberflächennahe Geothermie
Energie-Infrastruktur der Zukunft

TRANSPORT

STADTKLIMA - WELTKLIMA

KUNST & KULTUR

VERPACKUNG - INNOVATIV
ALTES NEULAND WELTWEIT

RECHT

FINANZEN
UMSETZUNG

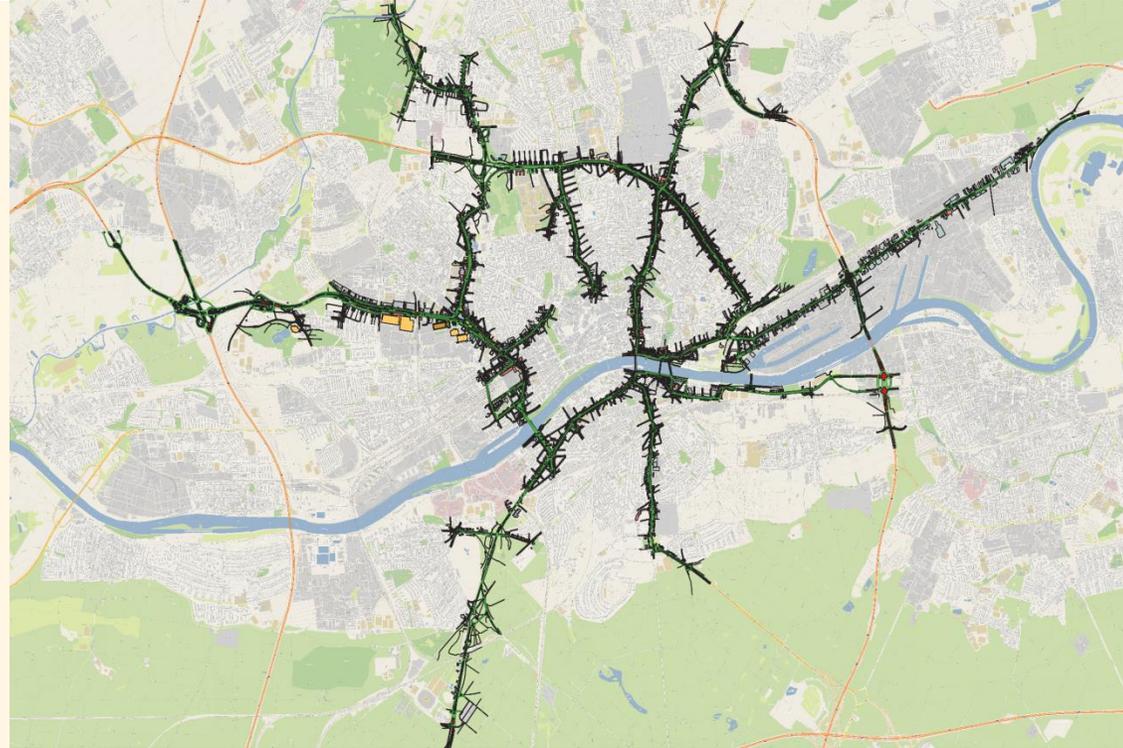
FACHINFORMATIONEN

SUCHE

DAS TEAM
KONTAKT & IMPRESSUM



Das gesamte Brückennetz wurde segmentiert nach „Schönheitsgrad“ der installierbaren Photovoltaik bzw. dem Grad der Unauffälligkeit



Photovoltaik auf dem Ring und entlang von Wohngebäuden ist ästhetisch ansprechend oder extrem unauffällig geplant, auf den Außenarmen hingegen können streckenweise hocheffiziente klassische Solarmodule angebracht werden

Bei den Energie-Berechnungen werden (1) der Neigungswinkel, (2) die Richtung sowie (3) die ästhetische Wirkung auf den Energieertrag der Paneele und zu guter Letzt auch (4) die Verschattungswirkung der benachbarten Gebäude und Bäume berücksichtigt.

Altes Neuland Frankfurt

DER PLAN

GEBÄUDE & BRÜCKEN
STADTGRÜN & NATUR
WASSER

ENERGIE

Die urbane Energiewende
Strombedarf der Brücken
Heiz- und Kühlbedarf der Brücken
Photovoltaik als Quartiersstrom
Oberflächennahe Geothermie
Energie-Infrastruktur der Zukunft

TRANSPORT

STADTKLIMA - WELTKLIMA

KUNST & KULTUR

VERPACKUNG - INNOVATIV
ALTES NEULAND WELTWEIT

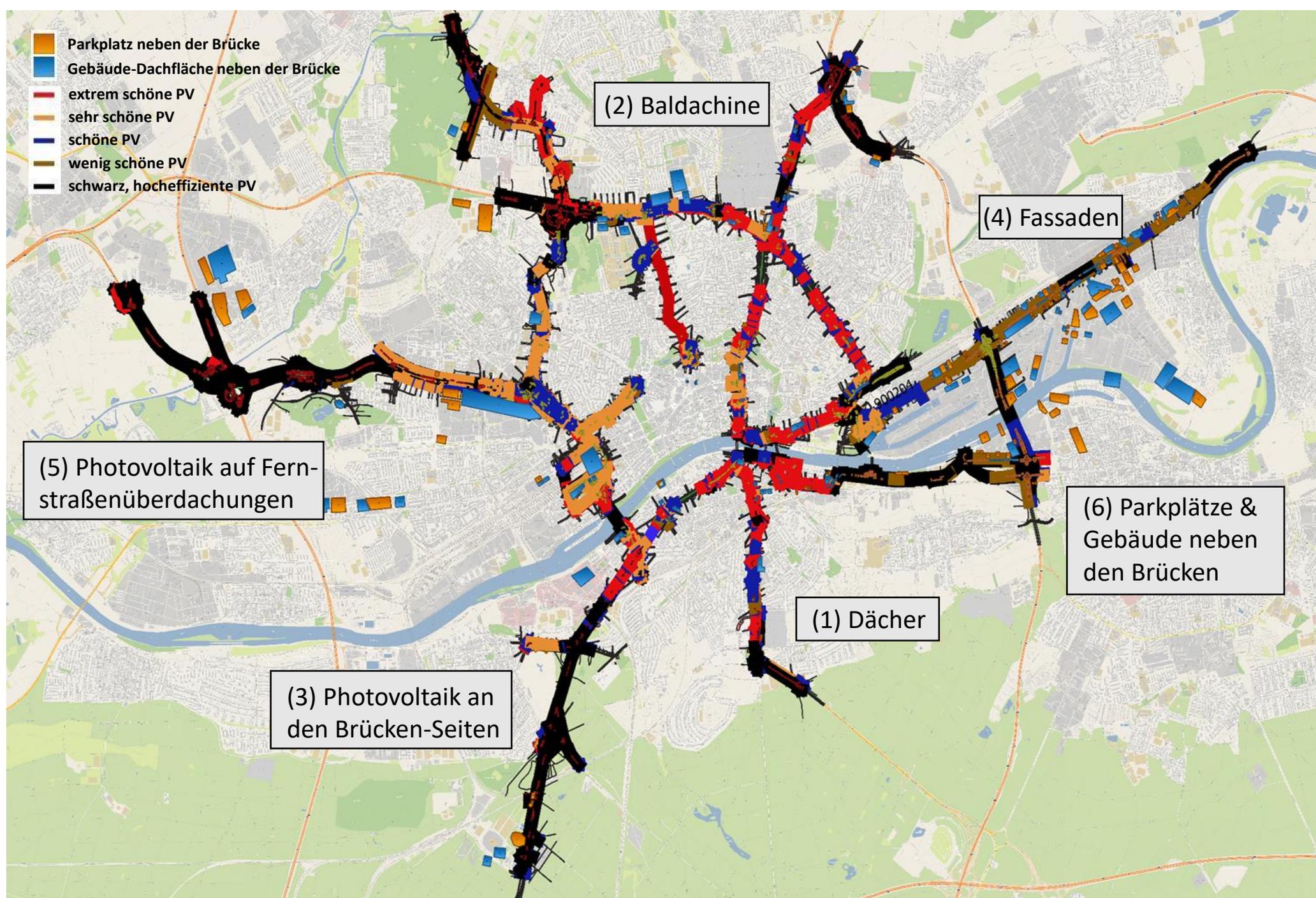
RECHT

FINANZEN
UMSETZUNG

FACHINFORMATIONEN

SUCHE

DAS TEAM
KONTAKT & IMPRESSUM



Altes Neuland Frankfurt

DER PLAN

GEBÄUDE & BRÜCKEN
STADTGRÜN & NATUR
WASSER

ENERGIE

Die urbane Energiewende
Strombedarf der Brücken
Heiz- und Kühlbedarf der Brücken
Photovoltaik als Quartiersstrom
Oberflächennahe Geothermie
Energie-Infrastruktur der Zukunft

TRANSPORT

STADTKLIMA - WELTKLIMA

KUNST & KULTUR

VERPACKUNG - INNOVATIV
ALTES NEULAND WELTWEIT

RECHT

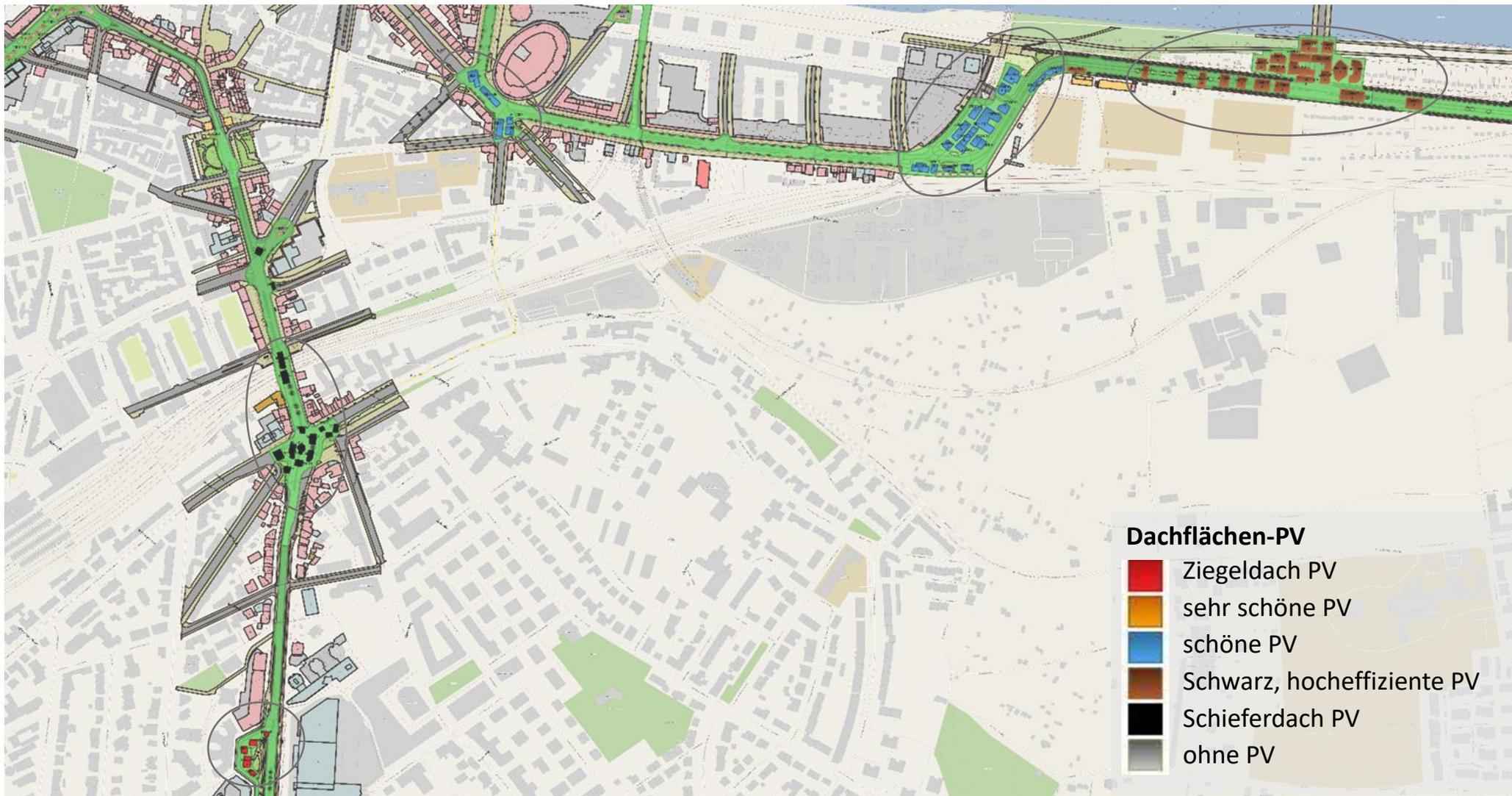
FINANZEN
UMSETZUNG

FACHINFORMATIONEN

SUCHE
DAS TEAM
KONTAKT & IMPRESSUM



(1) Mit dem Bau der Brücken entstehen über 500.000 m² Dachfläche auf den Brückengebäuden, die theoretisch alle für Photovoltaik genutzt werden könnten – aber selbst mit einem Teil davon können bereits 58 GWh/a Strom erzeugt werden



(1) Dächer: Begrünte Dächer auf den Brücken, Dächer mit großen Dachterrassen oder auch kunsthandwerklich besondere Dächer werden nicht mit Photovoltaik belegbar sein

Im Stadtgebiet Frankfurt „erntet“ man pro Quadratmeter Photovoltaikfläche mit modernsten Technologien bis zu 275 kWh im Jahr – allerdings nur, wenn es sich um unverschattete Flächen auf dem Dach mit entsprechender Ausrichtung zur Sonne handelt.

Insgesamt werden allerdings nur auf 80 % der Dächer, die sich hauptsächlich auf den Außenarmen befinden, PV-Module mit Schiefer- oder Ziegel-Optik angebracht. Diese Module lassen sich zwar ästhetisch weitestgehend integrieren, weisen jedoch nur einen Wirkungsgrad von 12 % auf (im Gegensatz zu hocheffizienten herkömmlichen Modulen, bei denen er bei über 25,5 % liegt).

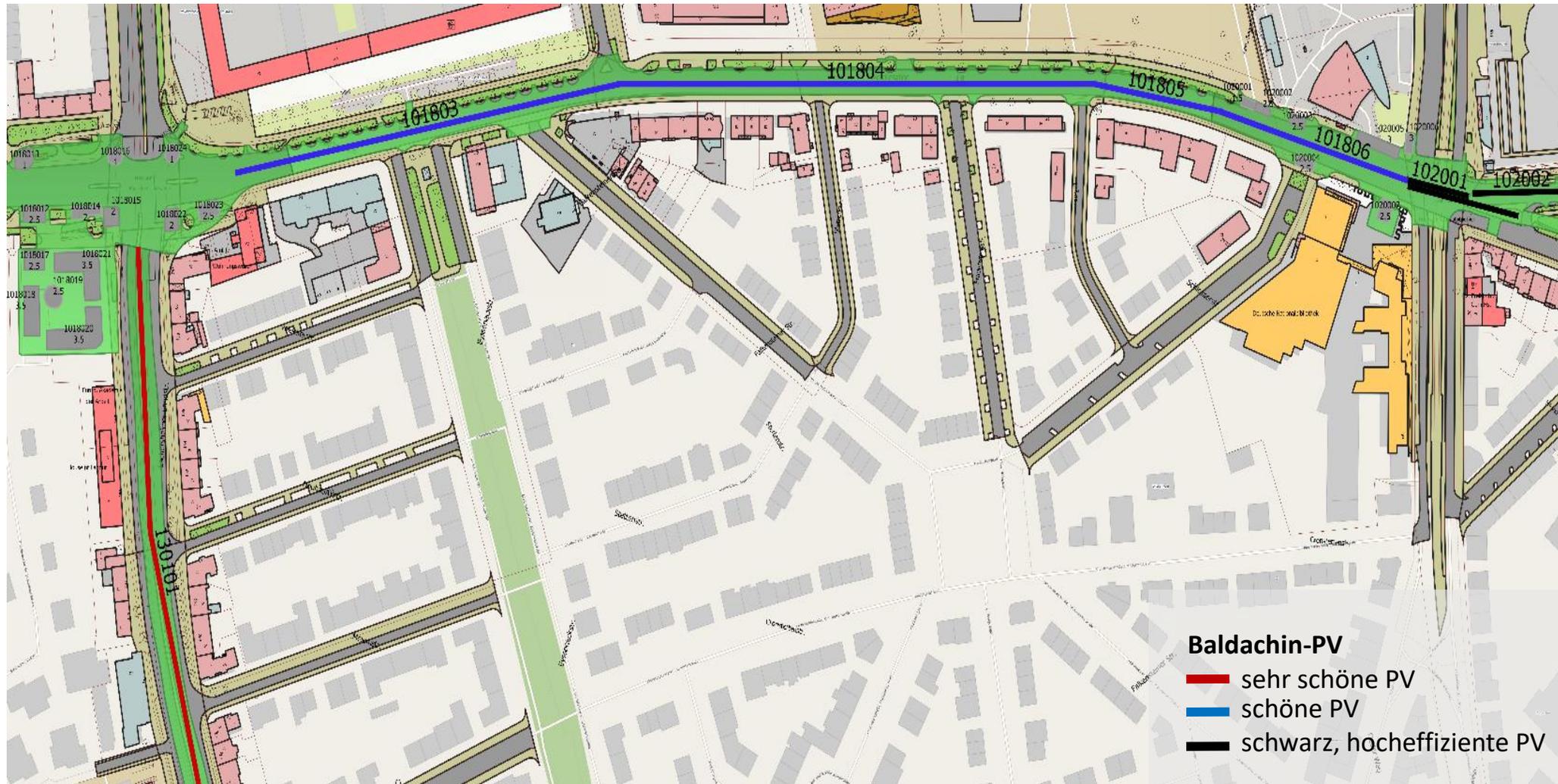
Auf den Dächern der Innenstadt-Gebäude wird gar keine PV verwendet, denn zu handwerklich kunstvoll gedeckten Schiefer-, Kupfer oder Ziegeldächern im Innenstadtbereichen passen keine industriell gefertigten Photovoltaik-Bauteile – auch wenn sie noch so schön gefärbt oder geformt sind.

Da es zahlreiche andere Flächen auf den Frankfurter Brücken gibt, auf denen PV-Module angebracht werden können, kann man es sich bei den Gebäuden des Brücken-Innenstadtrings „leisten“, keine Photovoltaik auf dem Dach zu installieren. Die Dächer dort werden von der Meisterakademie für Kunsthandwerk im traditionellen Stil erbaut und haben eine kulturhistorische Funktion – leisten also auf andere Art und Weise einen wertvollen gesellschaftlichen Beitrag.

Die urbane Energiewende
Strombedarf der Brücken
Heiz- und Kühlbedarf der Brücken
Photovoltaik als Quartiersstrom
Oberflächennahe Geothermie
Energie-Infrastruktur der Zukunft



(2) Baldachine: Die Wege auf den Frankfurter Brücken sind zum Teil von Baldachinen überdacht, die die Fußgänger vor Sonnenhitze oder Regen schützen und knapp 20 GWh/a Strom erzeugen



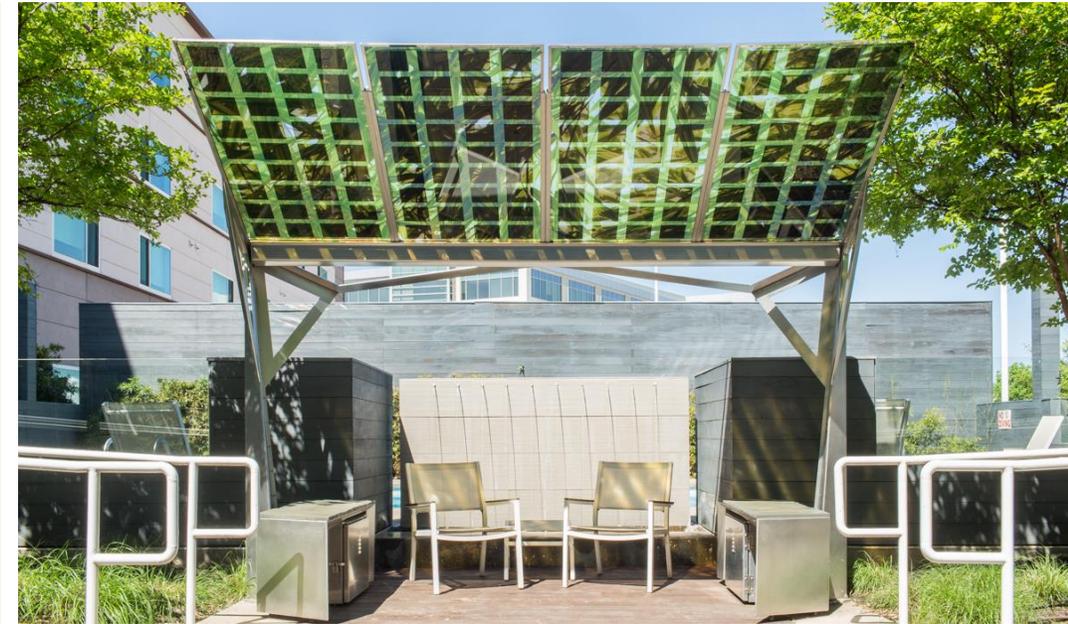


(2) Die Innenstadt-Baldachine werden mit sehr schönen PV-Modulen ausgestattet, die Baldachine auf den Außenarmen hingegen mit schwarzen hocheffizienten PV-Modulen belegt

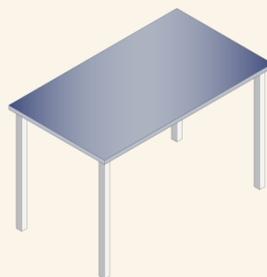
Auf den Frankfurter Brücken entstehen 100.000 m² Überdachungen von Stationen oder Wegabschnitten („Baldachinen“).

Sie können fast ausnahmslos mit PV-Modulen belegt werden. Neben flachen Dächern oder Dächern mit Schrägen gibt es auch Baldachine mit gebogenem Dach.

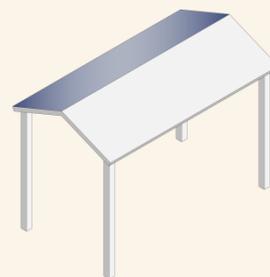
Fünf Baldachinarten sind für die Frankfurter Brücken angedacht.



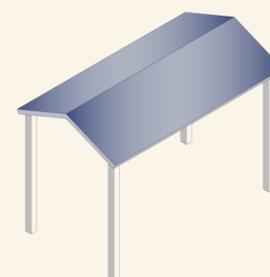
Flach & Horizontal



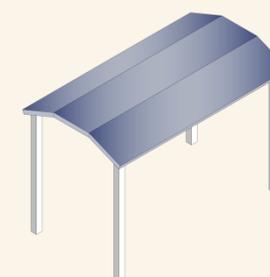
Schräg & Einseitig



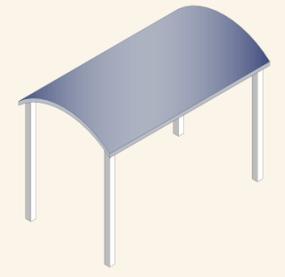
Schräg & Zweiseitig



Trapezförmig



Rund



DER PLAN

GEBÄUDE & BRÜCKEN
STADTGRÜN & NATUR
WASSER

ENERGIE

Die urbane Energiewende
Strombedarf der Brücken
Heiz- und Kühlbedarf der Brücken
Photovoltaik als Quartiersstrom
Oberflächennahe Geothermie
Energie-Infrastruktur der Zukunft

TRANSPORT

STADTKLIMA - WELTKLIMA

KUNST & KULTUR

VERPACKUNG - INNOVATIV
ALTES NEULAND WELTWEIT

RECHT

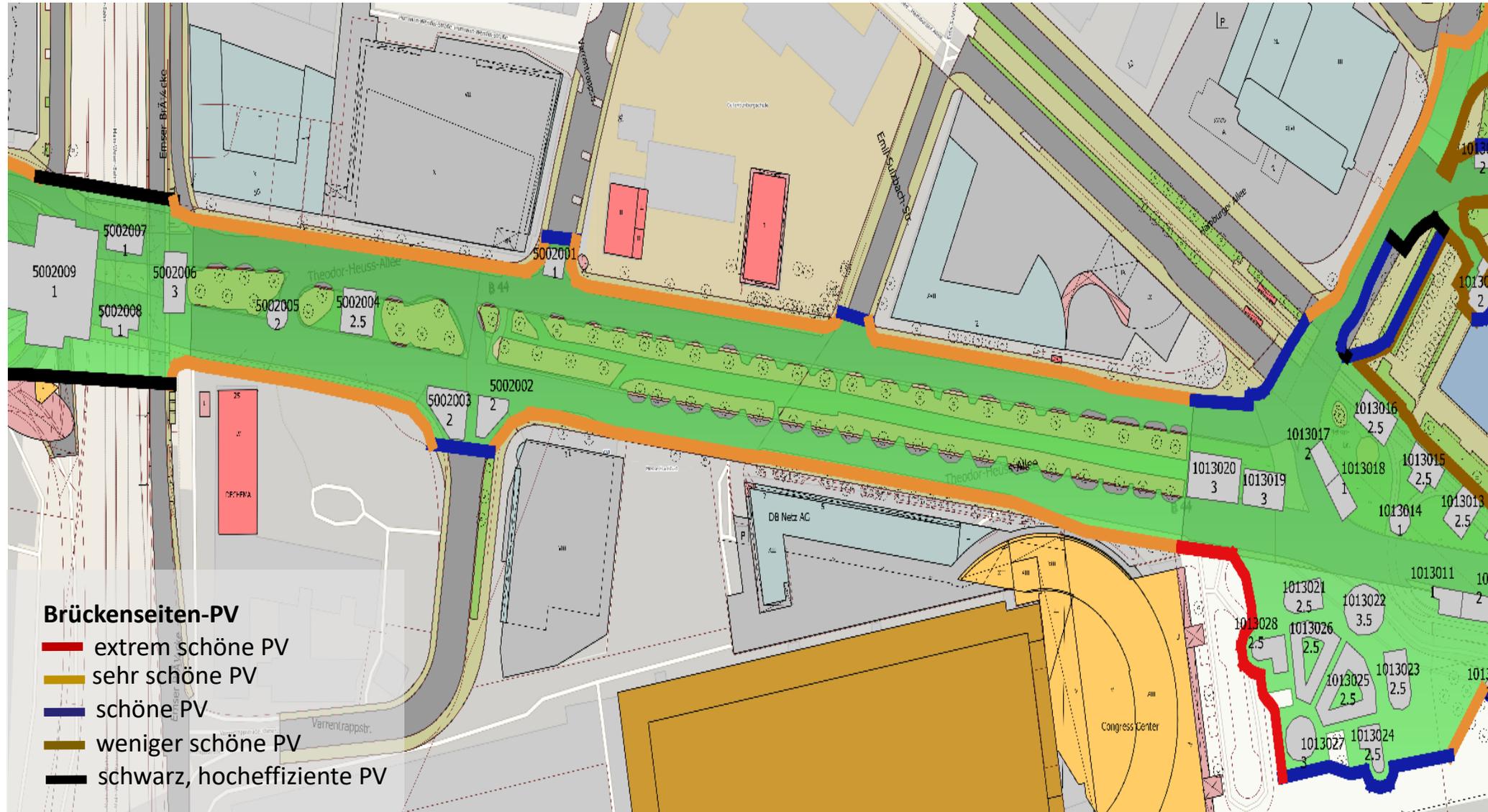
FINANZEN
UMSETZUNG

FACHINFORMATIONEN

SUCHE
DAS TEAM
KONTAKT & IMPRESSUM



(3) Brückenseiten: An den Seiten der Frankfurter Brücken werden Photovoltaik-Module vertikal angebracht – insgesamt 270.000 m², die ca. 31 GWh/a Strom erzeugen





(3) Die Oberfläche der Brücken-Seiten wird mit 1,3 m oder 2 m breiten PV-Modulen ausgestattet

Parameter	Value
<i>Konstante & Faktoren</i>	
Neigungswinkel (°)	90
Wirkungsgrad (%)	25,50
Schatten-Faktor= 1 (keine Schatten)	1,00
Schatten-Faktor= 2 (partielle Schatten durch Bäume)	0,73
Schatten-Faktor= 3 (partielle Schatten durch Gebäude)	0,60
Schatten-Faktor= 4 (partielle Schatten durch Bäume & Gebäude)	0,67
Schatten-Faktor= 5 (voll Schatten durch Gebäude)	0,19
Ästhetik-Faktor= 1 (extreme schöne PV)	0,70
Ästhetik-Faktor= 2 (sehr schöne PV)	0,80
Ästhetik-Faktor= 3 (schöne PV)	0,85
Ästhetik-Faktor= 4 (wenig schöne PV)	0,90
Ästhetik-Faktor= 5 (schwarz, hocheffiziente PV)	1,00
<i>abgeleitete Werte</i>	
gesamte Länge (m)	131.014
gesamte Oberfläche (m2)	272.797
Summe GWh (85% der erzeugten E)	30,9

Beispielhafter Auszug aus der Berechnung der Brücken-Seiten

id	Postal	Richtung (°)	Ästhetik	Schatten	Breite (m)	Oberfläche (m2)	E (kWh)
1001001	1001	85	2	3	2	71.2	6635.7
1001002	1001	85	2	3	2	17.6	1640.3
1001003	1001	60	2	4	2	47.4	5407.1
1001004	1001	65	2	2	2	46	5667.4
1001005	1001	10	2	3	2	12	1343.5
1001006	1001	125	1	2	2	54	4149.9
1001007	1001	-30	2	5	2	55.6	1938.1
1001008	1001	15	2	5	2	67.4	2382.7
1001009	1001	130	2	5	2	8.8	193.8
1001010	1001	140	2	5	2	106.4	2181.8
1001011	1001	80	2	3	2	14	1335.9
1001012	1001	40	3	3	2	34.4	3952.4
1001013	1001	35	3	5	2	113.6	4169.8
1001014	1001	35	2	5	2	95.8	3309.6
1001015	1001	85	2	4	2	17.4	1797.3
1001016	1001	65	3	1	2	32	5738.3

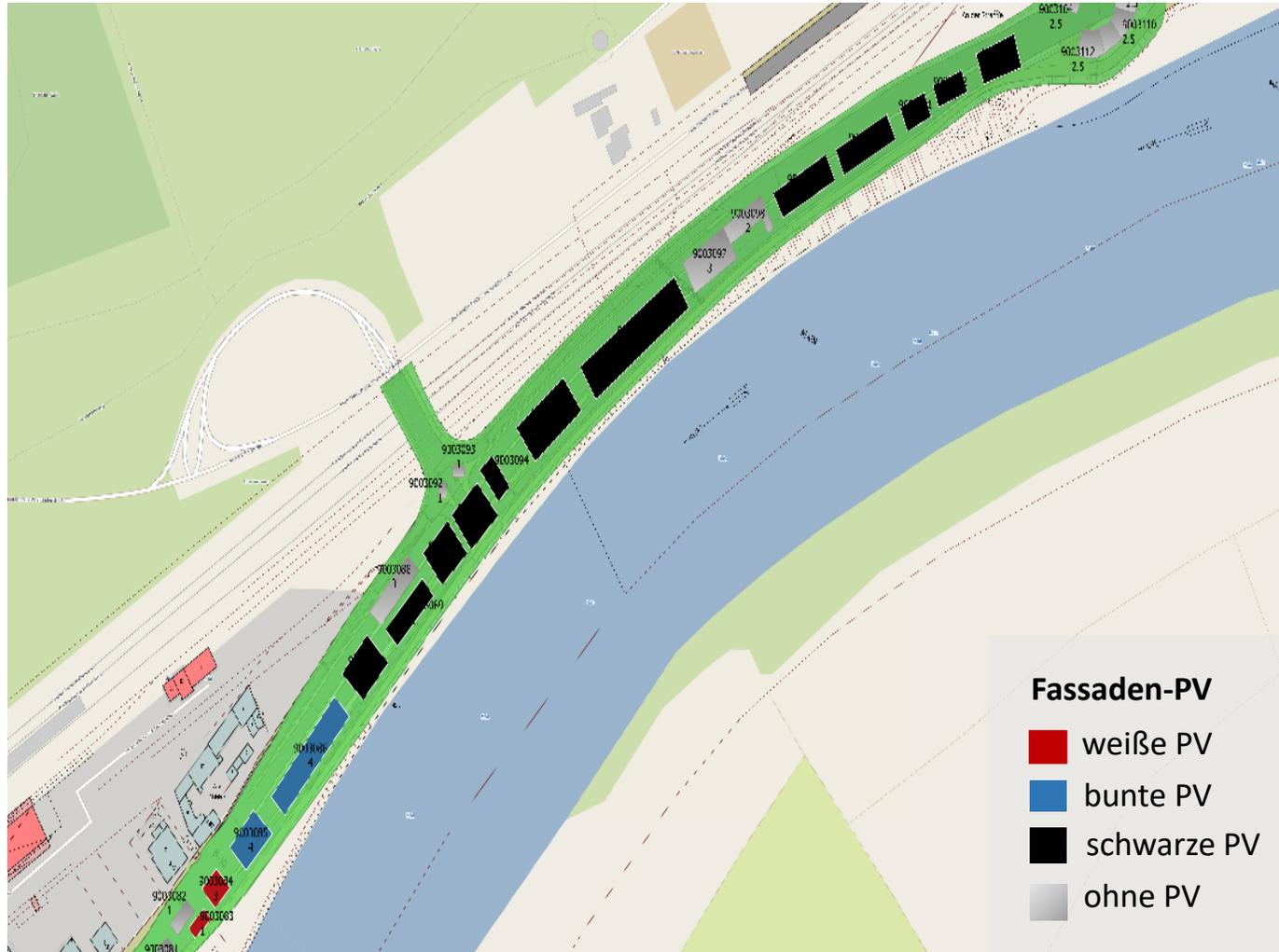
USW.

Die Ästhetik der PV-Module hängt wie überall an den Brücken davon ab, ob die PV-Module von Gebäuden entlang der Brücken aus gesehen werden können oder nicht. An bestimmten Stellen, wo die Brücken sehr hoch sind (z.B. am IT-College), werden die Seiten bis zu einer Höhe von 4,5 m mit PV-Modulen ausgestattet.

Die urbane Energiewende
Strombedarf der Brücken
Heiz- und Kühlbedarf der Brücken
Photovoltaik als Quartiersstrom
Oberflächennahe Geothermie
Energie-Infrastruktur der Zukunft



(4) Fassaden: Auf den Frankfurter Brücken werden nur 12 % der Gebäude-
Fassaden (ca. 70.000 m²) mit PV-Modulen belegt – mit ihnen werden in Summe
5 GWh/a Strom erzeugt



Weißer Fassaden-Photovoltaik findet Anwendung bei Gebäuden mit Wohnbebauung in der Nachbarschaft, schwarze hingegen eher dort, wo rechts und links der Brücken keine Anwohner sind.

Gebäude, die weiße PV-Fassaden-Module erhalten, werden von drei Seiten damit versehen; kommen schwarze PV-Fassaden-Module zur Anwendung, wird nur eine Gebäudeseite damit ausgestattet.

Altes Neuland Frankfurt

DER PLAN

GEBÄUDE & BRÜCKEN
STADTGRÜN & NATUR
WASSER

ENERGIE
Die urbane Energiewende
Strombedarf der Brücken
Heiz- und Kühlbedarf der Brücken
Photovoltaik als Quartiersstrom
Oberflächennahe Geothermie
Energie-Infrastruktur der Zukunft

TRANSPORT
STADTKLIMA - WELTKLIMA

KUNST & KULTUR
VERPACKUNG - INNOVATIV
ALTES NEULAND WELTWEIT

RECHT
FINANZEN
UMSETZUNG

FACHINFORMATIONEN

SUCHE
DAS TEAM
KONTAKT & IMPRESSUM



(4) Die meisten Fassaden-PV-Module befinden sich auf den östlichen Außenarmen, da sie in die Fassaden der dort vorherrschenden modernen Architektur leichter zu integrieren sind.



Altes Neuland Frankfurt

DER PLAN

GEBÄUDE & BRÜCKEN
STADTGRÜN & NATUR
WASSER

ENERGIE

Die urbane Energiewende
Strombedarf der Brücken
Heiz- und Kühlbedarf der Brücken
Photovoltaik als Quartiersstrom
Oberflächennahe Geothermie
Energie-Infrastruktur der Zukunft

TRANSPORT
STADTKLIMA - WELTKLIMA

KUNST & KULTUR
VERPACKUNG - INNOVATIV
ALTES NEULAND WELTWEIT

RECHT
FINANZEN
UMSETZUNG

FACHINFORMATIONEN

SUCHE
DAS TEAM
KONTAKT & IMPRESSUM



(4) Bei den innenstadtnahen Brückenhäusern können geschickt ebenfalls PV-Module integriert werden – die Potentiale kämen noch zu den 5 GWh/a der Brücken-Stromerzeugung hinzu



Altes Neuland Frankfurt

DER PLAN

GEBÄUDE & BRÜCKEN STADTGRÜN & NATUR WASSER

ENERGIE

Die urbane Energiewende
Strombedarf der Brücken
Heiz- und Kühlbedarf der Brücken
Photovoltaik als Quartiersstrom
Oberflächennahe Geothermie
Energie-Infrastruktur der Zukunft

TRANSPORT STADTKLIMA - WELTKLIMA

KUNST & KULTUR VERPACKUNG - INNOVATIV ALTES NEULAND WELTWEIT

RECHT FINANZEN UMSETZUNG

FACHINFORMATIONEN

SUCHE DAS TEAM KONTAKT & IMPRESSUM



(5) Um die Stromversorgung zu ergänzen, können die Brücken an ihren Enden als Überdachungen der Autobahnen fortgeführt werden

Um den Aufwand für diese PV-Installationen so gering wie möglich zu halten, werden die „Autobahn-Extensions“ nur dort angebracht, wo die Autobahn geradlinig verläuft, da ansonsten zu dem Installationsaufwand auch der Aufwand von Sonderanfertigungen für gebogene PV-Dachmodule hinzukäme. Alle sieben Arme der Frankfurter Brücken enden über Bundesfernstraßen: Insgesamt können mit solchen „Extensions“ 30.000 m² Fernstraße überdacht und mit PV Module in Sonnenrichtung und im optimalen Winkel ausgestattet werden. Damit können insgesamt 7 GWh/a Strom erzeugt werden.



DER PLAN

GEBÄUDE & BRÜCKEN
STADTGRÜN & NATUR
WASSER

ENERGIE

Die urbane Energiewende
Strombedarf der Brücken
Heiz- und Kühlbedarf der Brücken
Photovoltaik als Quartiersstrom
Oberflächennahe Geothermie
Energie-Infrastruktur der Zukunft

TRANSPORT
STADTKLIMA - WELTKLIMA

KUNST & KULTUR
VERPACKUNG - INNOVATIV
ALTES NEULAND WELTWEIT

RECHT
FINANZEN
UMSETZUNG

FACHINFORMATIONEN

SUCHE
DAS TEAM
KONTAKT & IMPRESSUM



(6) Parkplätze neben den Brücken: Entlang der Frankfurter Brücken können überdies 380.000 m² Parkplätze mit PV-Modulen ausgestattet werden

380.000 m² photovoltaisch aktivierbare Parkplatzüberdachungen sollen im Zuge des Brückenbaus rechts und links über den Parkplätzen von Baumärkten, Gewerbeeinheiten oder Büros entstehen – ohne Kosten für die Liegenschaftsbesitzer. Diese haben den Vorteil, dass ihre Kunden bei jedem Wetter geschützt ihre Fahrzeuge verlassen oder betreten können: bei Regen steigen sie trockenen Fußes aus und im Sommer nicht in ein überhitztes Auto ein. Außerdem können ihre Mitarbeiter oder Kunden über Lademöglichkeiten an den Ständersäulen ihre E-Fahrzeuge während der Parkzeit aufladen.



Parkplätze entlang der Brücken



(6) Dächer neben den Brücken: Auf 725.000 m² Dachfläche von Firmen und Institutionen entlang der Frankfurter Brücken können schonend PV-Module aufgelegt werden

Entlang der Frankfurter Brücken befinden sich Flachdächer von großen Firmen-Gebäuden oder Institutionen, von denen viele für PV-Module geeignet sind. Für die meisten Liegenschaftsbesitzer sind Schienensysteme und auf lastenverteilenden Bautenschutzmatten aufliegende Module am attraktivsten, die die Wärmedämmung und Dachhaut nicht beschädigen.

Durch die Kooperation mit der Brückengesellschaft haben Liegenschaftsbesitzer einen kompetenten Partner bei der Montage, dem Betrieb, der Nutzungsverteilung und der Speicherung für die PV-Anlagen auf ihren Dächern – wodurch das Anbringen von PV-Modulen auf dem Dach für sie bequem und vorteilhaft wird.



Copyright © by www.triplesolar.eu



Copyright © by www.phovo.de

Altes Neuland Frankfurt

DER PLAN

GEBÄUDE & BRÜCKEN
STADTGRÜN & NATUR
WASSER

ENERGIE

Die urbane Energiewende
Strombedarf der Brücken
Heiz- und Kühlbedarf der Brücken
Photovoltaik als Quartiersstrom
Oberflächennahe Geothermie
Energie-Infrastruktur der Zukunft

TRANSPORT
STADTKLIMA - WELTKLIMA

KUNST & KULTUR
VERPACKUNG - INNOVATIV
ALTES NEULAND WELTWEIT

RECHT
FINANZEN
UMSETZUNG

FACHINFORMATIONEN

SUCHE
DAS TEAM
KONTAKT & IMPRESSUM



(6) Wenn sämtliche große Parkplätze und Dächer entlang der Brücken mit schwarzen, hocheffizienten PV-Modulen im optimalen Winkel nach Süden hin ausgestattet werden, können damit 277 GWh/a Strom erzeugt werden





Parkplätze von Firmen und Institutionen neben der Brücke (beispielhafter Auszug)

id	Oberfläch (m ²)	Name	Stadtteil	Schatten	Ästhetik	gesamte Solar-Oberfläche (m ²)	E (kWh/a)
1	1134	Parkplatz AVis Autovermiet	Hanauer Ldstr	3	5	1482	396041
2	4413	Bauhaus	Hanauer Ldstr	3	5	5766	1541207
3	1712	LIDL	Hanauer Ldstr	1	5	2237	738152
4	1554	Mainova	Hanauer Ldstr	1	5	2030	670028
5	10568	Hornbach	Hanauer Ldstr	3	5	13807	3690793
5	5711	Hornbach	Hanauer Ldstr	1	5	7461	2462374
6	10800	Parkplatz Adam Opel Strass	Hanauer Ldstr	1	5	14110	4656565
7	4160	Parkplatz Möbelum I	Hanauer Ldstr	1	5	5435	1793640
8	1864	Parkplatz Möbelum II	Hanauer Ldstr	3	5	2435	650988
9	8735	Parkplatz Ex-Neckermann 1	Hanauer Ldstr	1	5	11412	3766213
10	11331	Parkplatz Ex-Neckermann	Hanauer Ldstr	1	5	14804	4885513
11	3464	Parkplatz BLG Handelslogis	Hanauer Ldstr	1	5	4526	1493550
12	8369	Fundgrube	Hanauer Ldstr	3	5	10934	2922809
13	4129	Parkplatz Find Fachgroßhan	Hanauer Ldstr	1	5	5394	1780274
14	3767	Crytec PP I	Hanauer Ldstr	1	5	4922	1624193
15	3727	Parkplatz unbennantes Gebäu	Hanauer Ldstr	3	5	4869	1301626
16	8587	Parkplatz R&M Cars	Hanauer Ldstr	1	5	11219	3702400
17	20837	Siemens PP	Hanauer Ldstr	1	5	27223	8984152
18	2997	Parkplatz 385 ideal Studio	Hanauer Ldstr	1	5	3916	1292197
19	547	Parkplatz Hertz Autovermie	Hanauer Ldstr	3	5	715	191036
20	1139	Parkplatz Still Niederlass	Hanauer Ldstr	1	5	1488	491095
21	1952	Parkplatz Roth Energie	Hanauer Ldstr	1	5	2550	841631



In Summe können mit PV-Modulen auf und entlang der Brücken 417 GWh Strom pro Jahr erzeugt werden

Den größten Beitrag auf den Brücken leisten hierzu die Dächer der Brückengebäude mit 58 GWh/a, da sie auf nicht einsehbaren Flachdächern im optimalen Winkel von 37 Grad zur Sonne hin ausgerichtet werden können. An zweiter Stelle stehen mit 31 GWh/a die PV-Module, die an den Brückenseiten angebracht werden. Diese werden vertikal integriert, d.h. sie werden nur bedingt bzw. an manchen Stellen im optimalen Winkeln zur Sonne hin von der Brückenseite „abgespreizt“.

Große Parkplätze und Gebäude neben den Brücken bieten allerdings das größte Potential: Da sie zum größten Teil entlang der Außenarme der Frankfurter Brücken liegen und kaum aus Wohngebäuden auf sie draufgeschaut werden kann, werden weite Teile ihrer Fläche mit hocheffizienten, optimal zur Sonne hin ausgerichteten PV-Modulen belegt, die mit 277 GWh/a in Summe fast doppelt so viel produzieren wie die PV-Module direkt auf und an den Brücken.

Stromerzeugung				
Photovoltaik	gesamte Fläche (m ²)	gesamte E (GWh/a)	Anteile E (%)	Anteile auf & neben der Brücke (%)
Brückenseite	272.797	31	6,07	27,11
Baldachin	97.040	20	3,86	
Dachfläche	476.026	58	11,44	
Fassade	70.763	5	0,92	
Fenster	17.691	0,5	0,09	
Säule	22.318	0,1	0,02	
Fahrstuhle	1.200	0,3	0,05	
Stationen	5.000	1	0,20	
Verlängerung-Brücke & Autobahnüberdachung	108.054	24,6	4,77	
SUMME	1.070.888	140		
Parkplätze	498.420	135	26,52	72,89
Gebäude neben der Brücke	723.350	142	27,71	
SUMME	1.221.770	277		
GESAMTSUMME	2.682.278	417	100	100

Altes Neuland Frankfurt

DER PLAN

GEBÄUDE & BRÜCKEN
STADTGRÜN & NATUR
WASSER

ENERGIE

Die urbane Energiewende
Strombedarf der Brücken
Heiz- und Kühlbedarf der Brücken
Photovoltaik als Quartiersstrom
Oberflächennahe Geothermie
Energie-Infrastruktur der Zukunft

TRANSPORT

STADTKLIMA - WELTKLIMA

KUNST & KULTUR

VERPACKUNG - INNOVATIV
ALTES NEULAND WELTWEIT

RECHT

FINANZEN
UMSETZUNG

FACHINFORMATIONEN

SUCHE

DAS TEAM

KONTAKT & IMPRESSUM



Eine Erweiterung über die Brücken hinaus: Energiebänder an den Autobahnen



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

DER PLAN

GEBÄUDE & BRÜCKEN

STADTGRÜN & NATUR

WASSER

ENERGIE

Die urbane Energiewende

Strombedarf der Brücken

Heiz- und Kühlbedarf der Brücken

Photovoltaik als Quartiersstrom

Oberflächennahe Geothermie

Energie-Infrastruktur der Zukunft

TRANSPORT

STADTKLIMA - WELTKLIMA

KUNST & KULTUR

VERPACKUNG - INNOVATIV

ALTES NEULAND WELTWEIT

RECHT

FINANZEN

UMSETZUNG

FACHINFORMATIONEN

SUCHE

DAS TEAM

KONTAKT & IMPRESSUM



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.



Altes Neuland Frankfurt

DER PLAN

GEBÄUDE & BRÜCKEN
STADTGRÜN & NATUR
WASSER

ENERGIE

Die urbane Energiewende
Strombedarf der Brücken
Heiz- und Kühlbedarf der Brücken
Photovoltaik als Quartiersstrom
Oberflächennahe Geothermie
Energie-Infrastruktur der Zukunft

TRANSPORT
STADTKLIMA - WELTKLIMA

KUNST & KULTUR
VERPACKUNG - INNOVATIV
ALTES NEULAND WELTWEIT

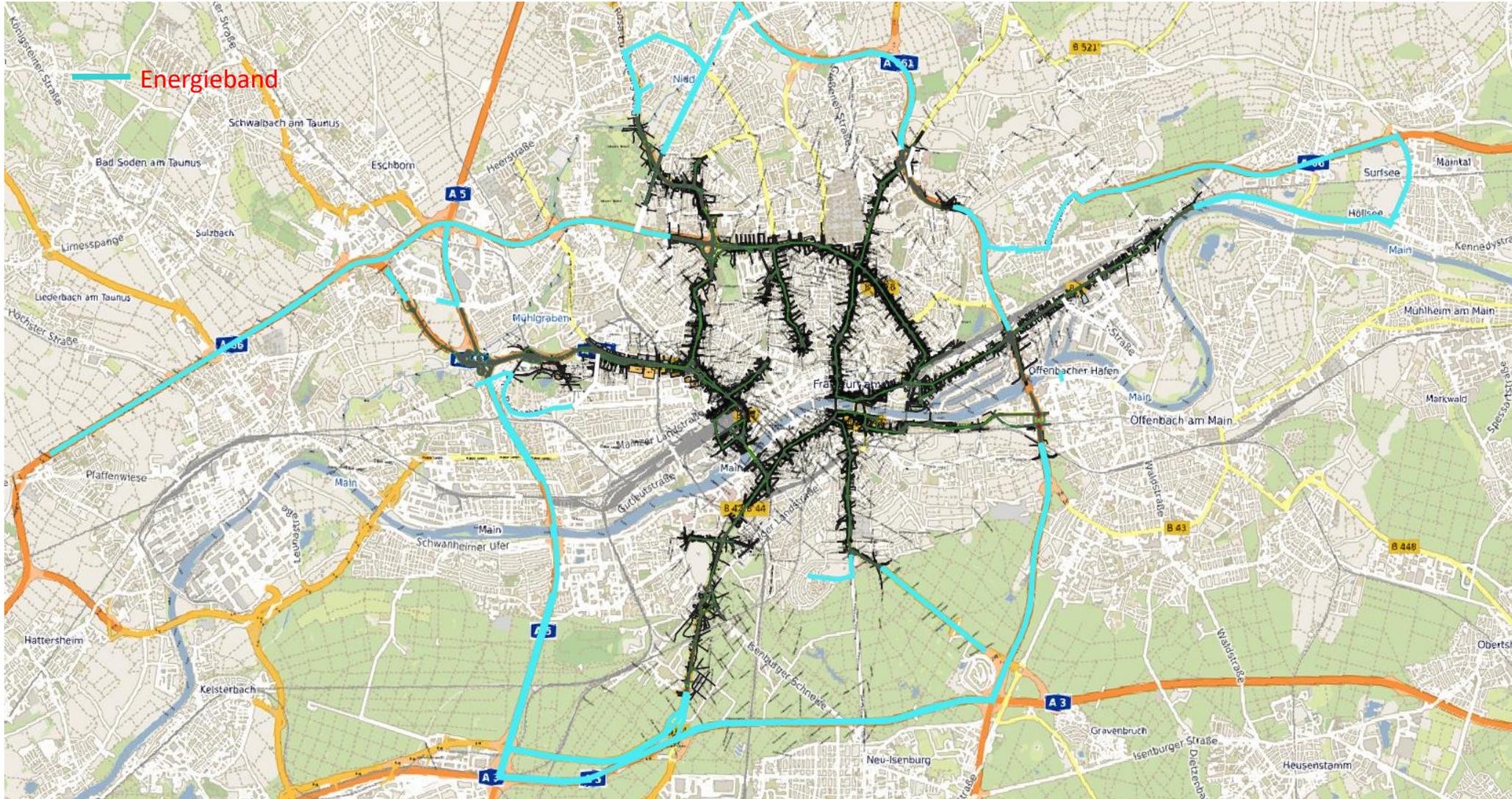
RECHT
FINANZEN
UMSETZUNG

FACHINFORMATIONEN

SUCHE
DAS TEAM
KONTAKT & IMPRESSUM



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



Altes Neuland Frankfurt

DER PLAN

GEBÄUDE & BRÜCKEN

STADTGRÜN & NATUR

WASSER

ENERGIE

Die urbane Energiewende

Strombedarf der Brücken

Heiz- und Kühlbedarf der Brücken

Photovoltaik als Quartiersstrom

Oberflächennahe Geothermie

Energie-Infrastruktur der Zukunft

TRANSPORT

STADTKLIMA - WELTKLIMA

KUNST & KULTUR

VERPACKUNG - INNOVATIV

ALTES NEULAND WELTWEIT

RECHT

FINANZEN

UMSETZUNG

FACHINFORMATIONEN

SUCHE

DAS TEAM

KONTAKT & IMPRESSUM



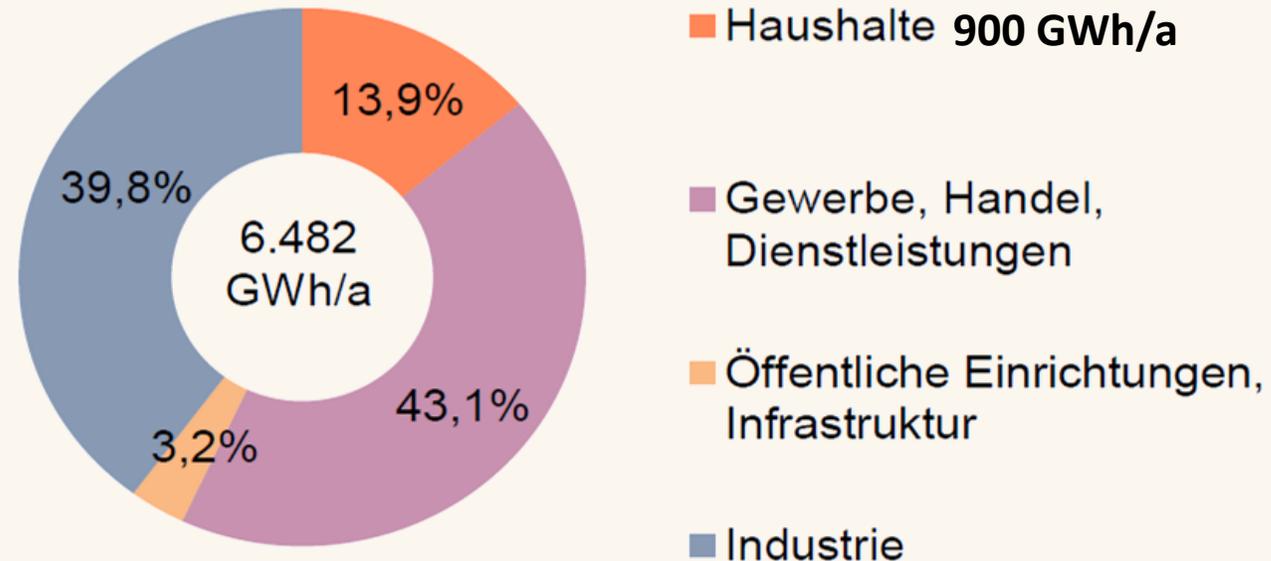
Dieses Potential könnte um weitere 20 % erhöht werden durch Energiebänder,
die in 5 bzw. 7 m Höhe quer über die Autobahn verlaufen



140 GWh/a von Brücken-PV-Modulen, 277 GWh/a von PV entlang der Brücken und 100 GWh/a durch Energiebänder – die 517 GWh/a entsprechen mehr als der Hälfte der Energiemenge für den Strombedarf der Frankfurter Haushalte

Stromverbrauch nach Sektoren

Energiesteckbrief Frankfurt 2018



Die tatsächliche optimale Nutzung dieser enormen Mengen an zusätzlichem Strom muss allerdings durch den lokalen Versorger, die Mainova, bestimmt werden: 140 GWh/a verbraucht das Quartier der Frankfurter Brücken davon selbst. Ein Großteil der verbleibenden 377 GWh/a fließt in die Produktion von Grünem Wasserstoff und in die Fahrzeugversorgung entlang der Brücken.

Altes Neuland Frankfurt

DER PLAN

GEBÄUDE & BRÜCKEN
STADTGRÜN & NATUR
WASSER

ENERGIE

Die urbane Energiewende
Strombedarf der Brücken
Heiz- und Kühlbedarf der Brücken
Photovoltaik als Quartiersstrom
Oberflächennahe Geothermie
Energie-Infrastruktur der Zukunft

TRANSPORT

STADTKLIMA - WELTKLIMA

KUNST & KULTUR

VERPACKUNG - INNOVATIV
ALTES NEULAND WELTWEIT

RECHT

FINANZEN
UMSETZUNG

FACHINFORMATIONEN

SUCHE
DAS TEAM
KONTAKT & IMPRESSUM



Copyright © by www.neoteo.com



Copyright © by Stiftung Altes Neuland Frankfurt GNU



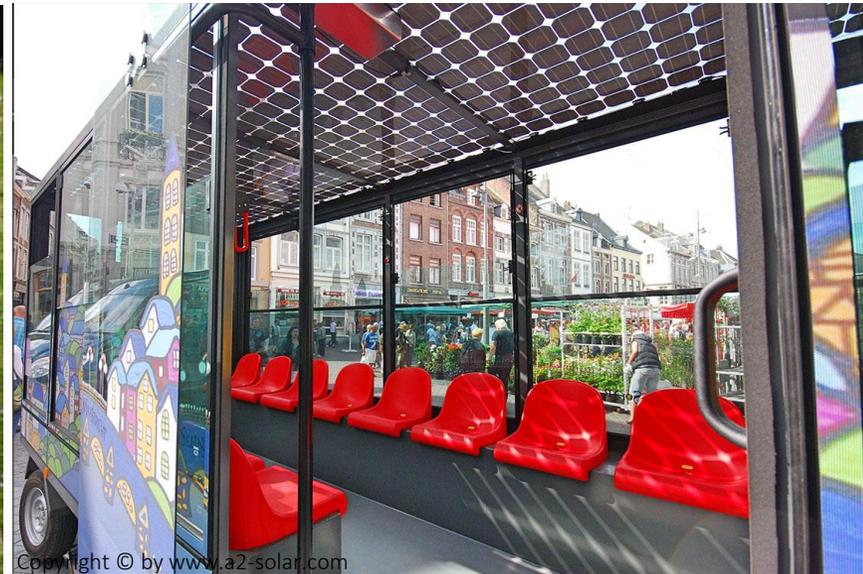
Copyright © by Solar Pine - www.solarscape.kr

Photovoltaik immer und überall.

Selbst wenn sie schön aussieht oder gar nicht sichtbar ist – ist so viel
Strom direkt um den Menschen herum überhaupt gesund?



Copyright © by solarenergy-shop.ch



Copyright © by www.a2-solar.com



Copyright © by www.solmove.com

Altes Neuland Frankfurt

DER PLAN

GEBÄUDE & BRÜCKEN
STADTGRÜN & NATUR
WASSER

ENERGIE

Die urbane Energiewende
Strombedarf der Brücken
Heiz- und Kühlbedarf der Brücken
Photovoltaik als Quartiersstrom
Oberflächennahe Geothermie
Energie-Infrastruktur der Zukunft

TRANSPORT
STADTKLIMA - WELTKLIMA

KUNST & KULTUR
VERPACKUNG - INNOVATIV
ALTES NEULAND WELTWEIT

RECHT
FINANZEN
UMSETZUNG

FACHINFORMATIONEN

SUCHE
DAS TEAM
KONTAKT & IMPRESSUM



Copyright © by Solartechnik-shop.de



Copyright © by www.clearvue.com



Copyright © by www.habitat.com



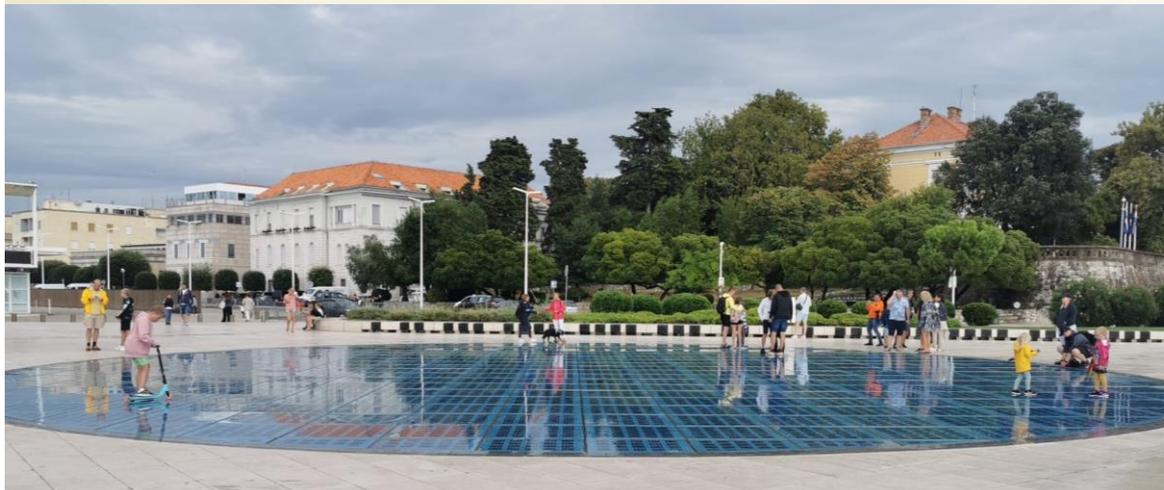
Copyright © by robbi Dalland_Pvillon - www.architecturepize.com



Copyright © by Dean Takahashi - www.venturebeat.com



Copyright © by iBench - www.norddisplay.de



Copyright © by Solar-powered jacket - www.global.tommy.com



Copyright © by Blauwestad - www.solaroad.nl

Altes Neuland Frankfurt

DER PLAN

GEBÄUDE & BRÜCKEN

STADTGRÜN & NATUR

WASSER

ENERGIE

Die urbane Energiewende

Strombedarf der Brücken

Heiz- und Kühlbedarf der Brücken

Photovoltaik als Quartiersstrom

Oberflächennahe Geothermie

Energie-Infrastruktur der Zukunft

TRANSPORT

STADTKLIMA - WELTKLIMA

KUNST & KULTUR

VERPACKUNG - INNOVATIV

ALTES NEULAND WELTWEIT

RECHT

FINANZEN

UMSETZUNG

FACHINFORMATIONEN

SUCHE

DAS TEAM

KONTAKT & IMPRESSUM



Copyright © by Shirin Kriklava - Stiftung Altes Neuland Frankfurt

Photovoltaik immer und überall: Wie schädlich ist das?

Die Menschen sind heutzutage täglich verschiedenen elektrischen, magnetischen und elektromagnetischen Feldern ausgesetzt. Bei Leitern, die von Gleichstrom durchflossen werden, entsteht ein magnetisches Gleichfeld, während bei einem von Wechselstrom durchflossenen Leiter ein sich änderndes elektromagnetisches Wechselfeld entsteht.

Nicht jeder fühlt sich wohl bei dem Gedanken, von allen Seiten von Strom-Produktion umgeben zu sein. Und manche dieser Felder stehen tatsächlich im Verdacht, unter bestimmten Umständen eine schädliche Wirkung auf unseren Bioorganismus zu haben.

Auf den Brücken in Frankfurt wird deshalb überall auf elektromagnetische Umweltverträglichkeit und die Einhaltung strenger Grenzwerte geachtet.

Insbesondere elektrosensible Menschen reagieren stark auf die Felder, weswegen die Installation auf den Brücken nach Prüfung und eingehender Analyse von potentiellen elektromagnetischen Feldern erfolgt.



Bei einer fachgerechten Montage sind keine erhöhten Gesundheitsgefahren durch eine Photovoltaikanlage zu erwarten

Der Zoologe und Forscher zum Magnetsinn von Tieren, Professor Dr. Hynek Burda (Duisburg), untersuchte in einer Studie den Einfluss von niedrigfrequenten Feldern auf die Melatoninausschüttung im Körper und kam zu dem Ergebnis, dass Kälber, die elektromagnetischen Wechselfeldern ausgesetzt waren, im Winter weniger vom Schlafhormon Melatonin produzieren als im Sommer – wobei der Effekt sich im Sommer umkehrt.

Die Ursachen hierfür sind unklar und noch nicht erforscht, aber gewisse Effekte magnetischer Felder auf den menschlichen Organismus können nicht ausgeschlossen werden.

Daher ist es entscheidend, bei der Planung integrierter Photovoltaik fachgerecht die Auswirkungen magnetischer Felder auf ein völlig unbedenkliches Maß zu reduzieren: Gleichstromleitungen der PV-Anlage möglichst nahe beieinander verlegen, um magnetische Wechselfelder zu reduzieren, auf geringe Leitungsschleifenbildung achten, Abstände zum Wechselrichter einhalten, für fachgerechte Erdung sorgen etc. gehören zu den Regeln, die Fachfirmen allesamt anwenden.

Die zusätzliche Elektrosmog-Belastung durch eine PV-Anlage ist bei richtiger Ausführung auch aus baubiologischer Sicht entsprechend gering und gesundheitlich unbedenklich.

Die urbane Energiewende

Strombedarf der Brücken

Heiz- und Kühlbedarf der Brücken

Photovoltaik als Quartiersstrom

Oberflächennahe Geothermie

Energie-Infrastruktur der Zukunft

STADTKLIMA - WELTKLIMA

VERPACKUNG - INNOVATIV

ALTES NEULAND WELTWEIT

FINANZEN

UMSETZUNG

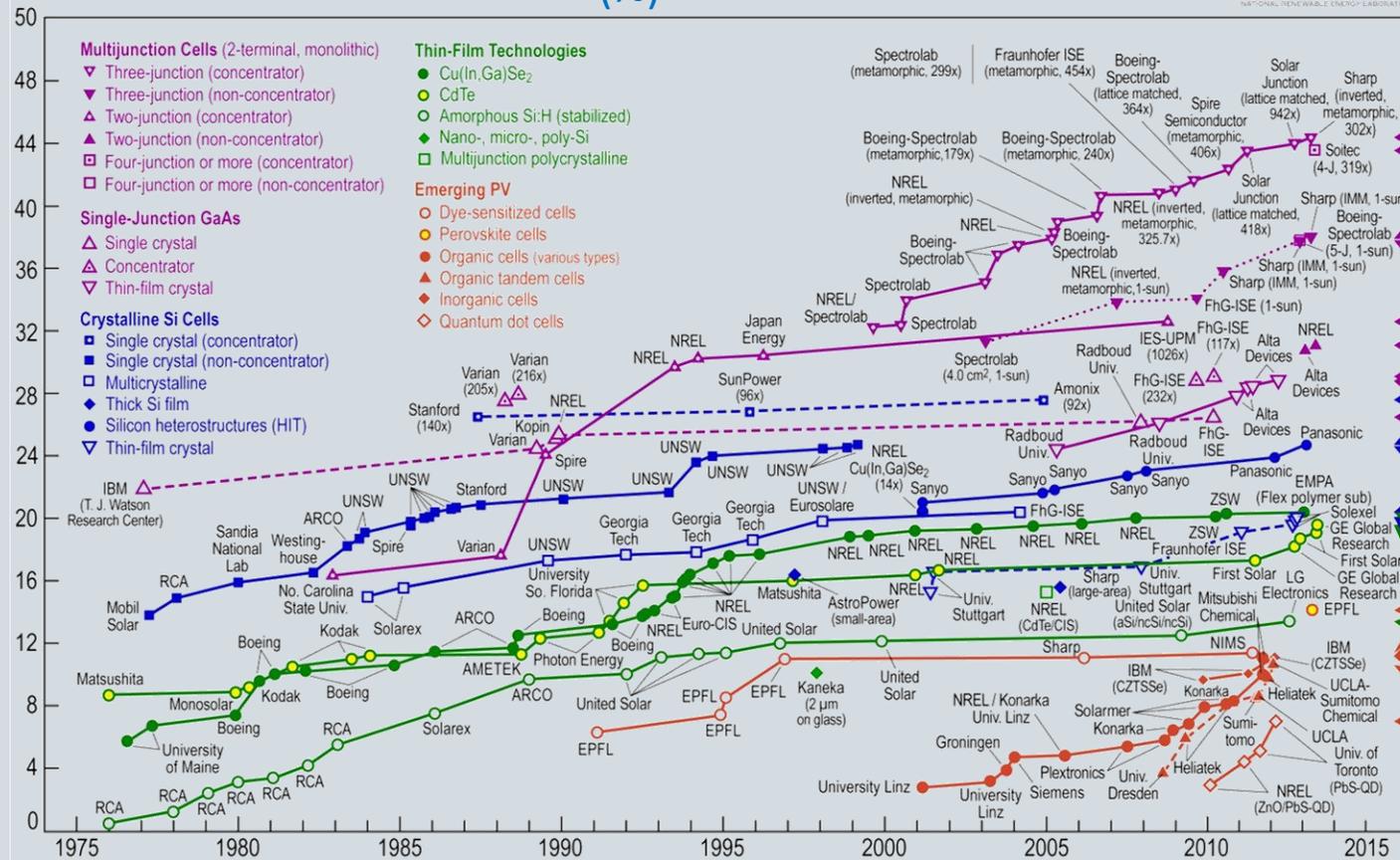
DAS TEAM

KONTAKT & IMPRESSUM



Nachhaltigkeit fängt bei der Auswahl der PV-Technologie an: Die PV-Module sollten vor allem Schadstoff-frei oder zumindest Schadstoff-arm in der Herstellung und Entsorgung sein

Best Research-Cell Efficiencies (%)



Denn leider sind gerade die effizientesten Technologien nicht immer auch gleichzeitig die umweltfreundlichsten:

Manche Solartechnologien enthalten giftige Chemikalien wie Cadmiumtellurid, Kupfer-Indium-Selenid, Cadmium-Gallium-(Di)Selenid, Kupfer-Indium-Gallium-(Di)Selenid, Hexafluorethan, Blei und Polyvinylfluorid. Diese Chemikalien befinden sich nicht auf den Brücken-Solarmodulen.

Mit dem Ausbau von Wind- und Sonnenenergie wird es in Spitzenzeiten immer häufiger Energie im Überfluss geben

Im Jahresschnitt sind Windkraft- und Photovoltaik-Anlagen so effektiv, dass Deutschland nicht nur genug, sondern in Zukunft, nach dem großzügigen Ausbau dieser Technologien sogar mehr als genug Strom haben wird. Das Problem: Der Strom wird je nach Wind und Sonne nicht unbedingt zu der Zeit produziert, zu der er auch gebraucht wird. Immer dann, wenn mehr Strom produziert als verbraucht wird, müssen Anlagen, die Grünen Strom produzieren, entweder abgeschaltet werden, oder der Strom muss ins Ausland oder Umland verkauft bzw. zu Negativpreisen abgegeben werden. Insbesondere weil Stromspeichermöglichkeiten wie Batterien und Pumpspeicherkraftwerke derzeit nur sehr begrenzt verfügbar sind, gibt es dann zu bestimmten Zeiten zu viel Strom, den man ohne Speicher nirgends sinnvoll brauchen kann und der im Extremfall sogar eine Überlastungsgefahr für das Stromnetz birgt. Wegen dieses „Überschusses“ an Strom hat die Zahl der Stunden, in denen Strom zu Negativpreisen verkauft wird, in den letzten Jahren deutlich zugenommen: Wer Strom verkaufen will, muss den Abnehmern in diesem Fall auch noch Geld bezahlen.



Photovoltaische
Energie zu
Spitzenzeiten im
Überfluss.
Wo kann man sie
speichern?

Altes Neuland Frankfurt

DER PLAN

GEBÄUDE & BRÜCKEN

STADTGRÜN & NATUR

WASSER

ENERGIE

Die urbane Energiewende

Strombedarf der Brücken

Heiz- und Kühlbedarf der Brücken

Photovoltaik als Quartiersstrom

Oberflächennahe Geothermie

Energie-Infrastruktur der Zukunft

TRANSPORT

STADTKLIMA - WELTKLIMA

KUNST & KULTUR

VERPACKUNG - INNOVATIV

ALTES NEULAND WELTWEIT

RECHT

FINANZEN

UMSETZUNG

FACHINFORMATIONEN

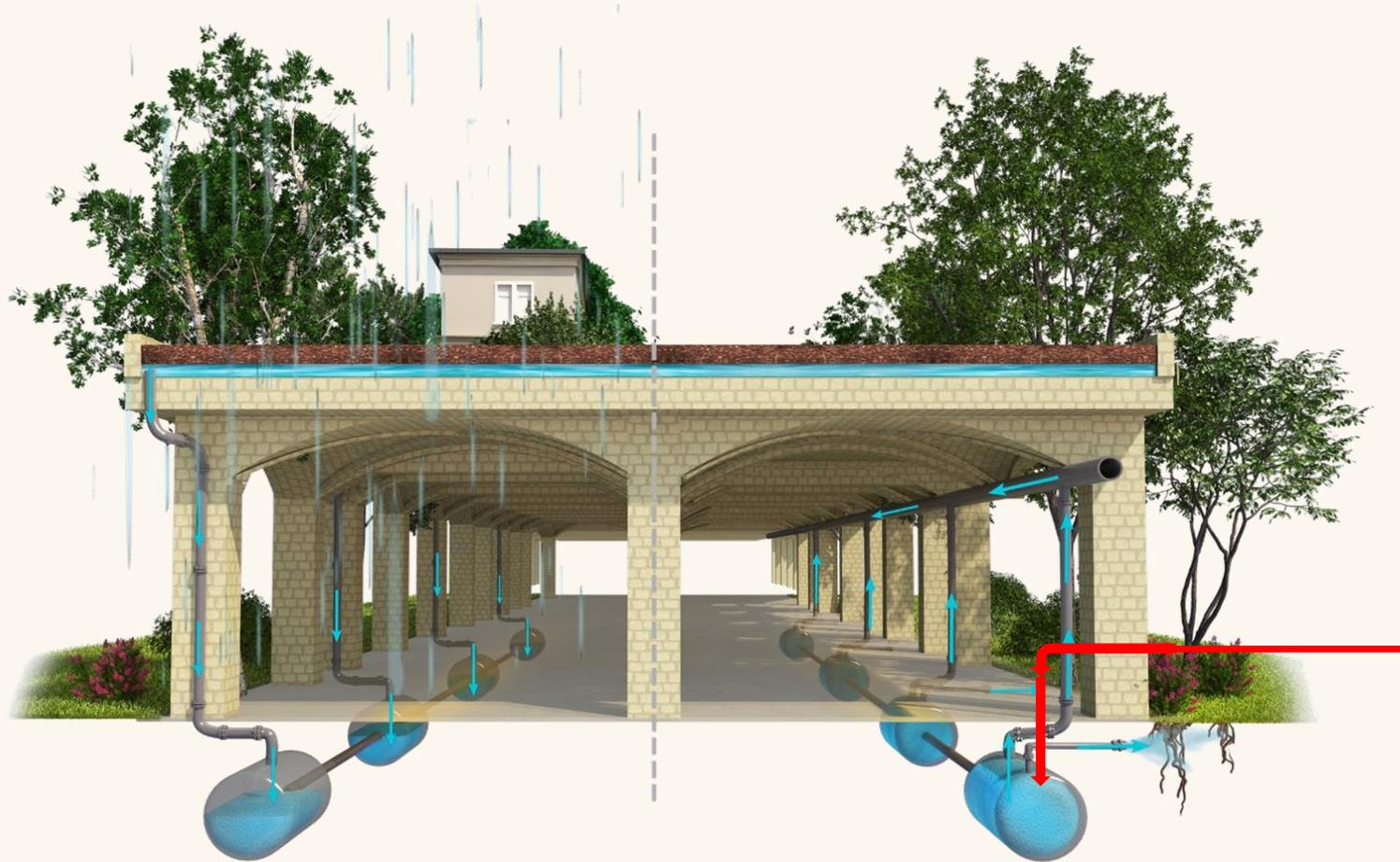
SUCHE

DAS TEAM

KONTAKT & IMPRESSUM



Für extreme Energieüberhänge gibt es im Sommer auch noch die Möglichkeit, das Wasser in den Zisternen unter der Straße temporär einige Grad zu erwärmen, um Energie dort „loszuwerden“, damit die Netze nicht überlastet werden



Altes Neuland Frankfurt

DER PLAN

GEBÄUDE & BRÜCKEN

STADTGRÜN & NATUR

WASSER

ENERGIE

Die urbane Energiewende

Strombedarf der Brücken

Heiz- und Kühlbedarf der Brücken

Photovoltaik als Quartiersstrom

Oberflächennahe Geothermie

Energie-Infrastruktur der Zukunft

TRANSPORT

STADTKLIMA - WELTKLIMA

KUNST & KULTUR

VERPACKUNG - INNOVATIV

ALTES NEULAND WELTWEIT

RECHT

FINANZEN

UMSETZUNG

FACHINFORMATIONEN

SUCHE

DAS TEAM

KONTAKT & IMPRESSUM



Fazit: Die Brücken produzieren nicht nur einen Überschuss an Quartiersstrom, sondern sie ermöglichen als Infrastruktur-Netz auch Stromerzeugung in ihrem näheren Umfeld

Mit 1 Mio. Quadratmeter Photovoltaik-Fläche auf den Brücken können 140 GWh/a Strom produziert werden. Von PV-Modulen im Umfeld der Brücken kommen weitere 277 GWh/a hinzu. Und durch Verlängerungen in Form von Energiebändern an den Brückenenden können zusätzliche 100 GWh/a Strom erzeugt werden.

Die Brücken benötigen für ihre eigenen Bewohner, Betriebe sowie ihre Infrastruktur lediglich rund 140 GWh/a. Das bedeutet: Sie könnten mit den verbleibenden 377 GWh/a die Frankfurter Bevölkerung durch regenerativ erzeugten Grünen Strom mitversorgen.

Die massive Ausstattung von Wohnquartieren mit Photovoltaik muss fachgerecht erfolgen, sodass sie keinerlei Auswirkungen auf die Gesundheit der Bewohner hat. Dies muss – ebenso wie die Auswahl schadstofffreier PV-Module – ein fester Bestandteil der Planung sein.

Altes Neuland Frankfurt

DER PLAN

GEBÄUDE & BRÜCKEN
STADTGRÜN & NATUR
WASSER

ENERGIE

Die urbane Energiewende
Strombedarf der Brücken
Heiz- und Kühlbedarf der Brücken
Photovoltaik als Quartiersstrom
Oberflächennahe Geothermie
Energie-Infrastruktur der Zukunft

TRANSPORT

STADTKLIMA - WELTKLIMA

KUNST & KULTUR

VERPACKUNG - INNOVATIV
ALTES NEULAND WELTWEIT

RECHT

FINANZEN
UMSETZUNG

FACHINFORMATIONEN

SUCHE

DAS TEAM

KONTAKT & IMPRESSUM



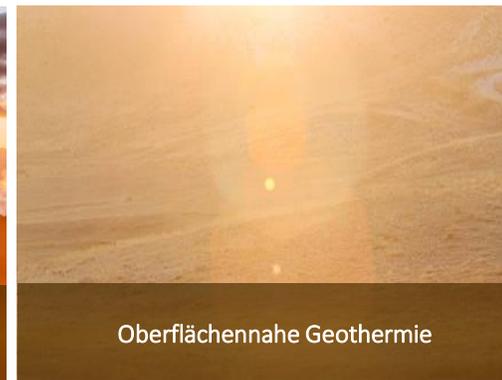
Das Ziel: die urbane Energiewende



Photovoltaik als Quartiersstrom



Heiz- und Kühlbedarf der Brücken



Oberflächennahe Geothermie



Die Energie-Infrastruktur der Zukunft



Die Brückenwelt



Nachhaltigkeit durch Technik



Die Co2-Bilanz der Brücken

MITWIRKENDE

Architektur

Geoinformation

Stadtklima - Weltklima

Wasser

Recht

Kritische Sparringspartner:

Bild & Foto

Grün & Natur

Statik

Verpackung

Finanzen

Professoren

Brücken

Kommunikation

Transport

Webpage & Design

Umsetzung

Fachleute

Energie

Kunst & Kultur

Technik & IT

Inspiratoren & Unterstützer

Oberflächennahe Geothermie

Altes Neuland Frankfurt

DER PLAN

GEBÄUDE & BRÜCKEN
STADTGRÜN & NATUR
WASSER

ENERGIE

Die urbane Energiewende
Strombedarf der Brücken
Heiz- und Kühlbedarf der Brücken
Photovoltaik als Quartiersstrom
Oberflächennahe Geothermie
Energie-Infrastruktur der Zukunft

TRANSPORT
STADTKLIMA - WELTKLIMA

KUNST & KULTUR
VERPACKUNG - INNOVATIV
ALTES NEULAND WELTWEIT

RECHT
FINANZEN
UMSETZUNG

FACHINFORMATIONEN

SUCHE
DAS TEAM
KONTAKT & IMPRESSUM



Durch die Frankfurter Brücken werden rund 438 GWh/a thermische Energie erzeugt bzw. gesammelt und zur Speicherung weitergeleitet

Mithilfe der 15.000 Säulen der Frankfurter Brücken können dem Boden rund 35 GWh thermische Energie pro Jahr entnommen werden – eine klassische Nutzung von oberflächennaher Geothermie.

Darüber hinaus können durch 1 Mio. Quadratmeter PVT-Solarmodule auf und entlang der Brücken ca. 303 GWh thermische Energie pro Jahr erzeugt werden. Weitere 100 GWh/a können durch Abwärme von Rechenzentren und Industrieparks in Frankfurt gewonnen werden. Von dieser Gesamtmenge von rund 403 GWh/a an thermischer „Energie-Ernte“ können 107 GWh/a im Winter direkt nach Erzeugung verbraucht werden. Die restlichen 296 GWh/a können mithilfe von mehreren tausend Borehole Thermal Energy Storages (BTES) im Boden gespeichert werden, so dass bei einem Effizienzfaktor von ca. 30 bis 35 % rund 92 GWh/a im Winter für Raumwärme wieder entnommen und genutzt werden können.

Altes Neuland Frankfurt

DER PLAN

GEBÄUDE & BRÜCKEN
STADTGRÜN & NATUR
WASSER

ENERGIE

Die urbane Energiewende
Strombedarf der Brücken
Heiz- und Kühlbedarf der Brücken
Photovoltaik als Quartiersstrom
Oberflächennahe Geothermie
Energie-Infrastruktur der Zukunft

TRANSPORT

STADTKLIMA - WELTKLIMA

KUNST & KULTUR

VERPACKUNG - INNOVATIV
ALTES NEULAND WELTWEIT

RECHT

FINANZEN
UMSETZUNG

FACHINFORMATIONEN

SUCHE

DAS TEAM
KONTAKT & IMPRESSUM



Kapitelinhalt: Natürliche Erdwärme wird dem Boden entnommen und zudem wird oberirdisch gesammelte Wärme im Boden gespeichert

Der Boden in Frankfurt ist oberflächennah mit einer Temperatur von 14 °C vergleichsweise warm. Die Säulen der Frankfurter Brücken ragen mit ihren Gründungspfählen 15 bis 20 m tief in den Boden. Sonden in den Pfählen können durch thermischen Austausch je nach Bedarf Raumwärme oder -kühlung für die Gebäude auf den Brücken realisieren.

Die Wärme, die sich hinter den Photovoltaik-Oberflächen ansammelt, wird – mit einer umweltverträglichen Flüssigkeit als Träger – durch Sondenfelder in die Tiefe geschickt, dort gespeichert und bei Bedarf wieder nach oben geholt. Die Sondenfelder können im Zuge des Brückenbaus im (ohnehin) aufgerissenen Boden installiert werden und ragen bis zu 250 m tief hinunter.

Beide Systeme nutzen de facto Sonnenenergie und keine Erdwärme aus dem Planeteninneren, wie es bei der bodentiefen bzw. „klassischen“ Geothermie der Fall ist.



Geothermiepfähle können genutzt werden, um die im Boden vorhandene Wärme zum Heizen zu entnehmen oder aber um oberirdisch eingesammelte Solarwärme in den Boden hinunterzuschicken und bis zur Entnahme dort zu speichern



Copyright © by Shirin Kriklava - Stiftung Altes Neuland Frankfurt

Geothermiepfähle unter Frankfurts Hochhäusern haben beide Funktionen

Klassische Geothermie mithilfe von Gründungspfählen im Boden findet in Frankfurt bereits Anwendung, insbesondere bei Hochhäusern: Hier wird seit über 20 Jahren direkt schon beim Bauen daran gedacht, unter einem Hochhaus die Gründungspfähle 30 bis 100 m tief hinabtragen zu lassen und mit Leitungsschleifen (Sonden) auszustatten, um die sogenannte „oberflächennahe Geothermie“ zu nutzen, aber auch um Wärme, die sich – insbesondere durch die großen Fensterfronten – ansammelt, hinunter in den Boden zu transportieren, damit dieser thermisch regeneriert bzw. die Wärme dort im Sommer für die Entnahme im Winter gespeichert wird.

Allerdings lässt sich das leider nicht mit einem stadtweiten Roll-Out auf andere Gebäude übertragen, da der nachträgliche Einbau von tiefen, geothermisch genutzten Gründungspfählen bei Bestandsgebäuden unmöglich ist.

Auf den Frankfurter Brücken wird mit zwei Grundmechanismen für Wärmetransport gearbeitet:

- I) Die Gründungspfeiler
der Brückensäulen
werden für konvektiven
Wärmetransport
ausgestattet
&
II) in der direkten
Umgebung der Brücken
werden Sondenfelder
für konduktiven
Wärmetransport
angelegt

Konvektiver Wärmetransport

Hier erfolgt der Wärmetransport in Abhängigkeit von der Grundwasser-Temperatur und vor allem der Grundwasser-Strömung: Hat das Grundwasser (und damit der Boden, in dem die Sonden sich zwecks Wärmeentnahme befinden) z.B. 14 °C, strömt jedoch langsam oder kaum, dann kühlt die Stelle über die Jahre hinweg ab, weil nicht genug Wasser mit der Temperatur von 14 °C nachströmt.

Entsprechend ist die Effektivität von konvektivem Wärmetransport abhängig von der Porosität des Bodens und der damit gegebenen Fließgeschwindigkeit des Grundwassers: In poröserem Erdreich fließt das Wasser schneller.

In Frankfurt ist der Boden in weiten Teilen für konvektiven Wärmetransport geeignet: 12.750 der 15.000 Säulen der Brücken können schätzungsweise dafür ausgelegt werden.

Konduktiver Wärmetransport

Konduktiver Wärmetransport erfolgt entlang von Temperaturgradienten: Abhängig von Wärmeleitfähigkeit und Wärmekapazität des Untergrundes kann Wärme in den Boden geschickt und dort gespeichert werden: Das Boden-Umfeld der Sonden speichert die Wärme, bis sie zu einem späteren Zeitpunkt wieder entnommen wird.

Wie gut Wärme gespeichert werden kann, hängt von der Gesteinsart und Porosität ab, aber auch von der Wassersättigung: Eine gewisse Sättigung an sich ist für die Wärmeaufnahme nicht schlecht, verfügt das Wasser jedoch über eine zu hohe Fließgeschwindigkeit, wird zu viel Wärme wegtransportiert anstatt lokal gespeichert zu bleiben.

Sondenfelder werden bei dem Bau der Frankfurter Brücken vor allem nördlich des Mains angelegt, wo der Frankfurter Ton mit guten Speichereigenschaften verstärkt vorkommt.

DER PLAN

GEBÄUDE & BRÜCKEN STADTGRÜN & NATUR WASSER

ENERGIE

Die urbane Energiewende
Strombedarf der Brücken
Heiz- und Kühlbedarf der Brücken
Photovoltaik als Quartiersstrom
Oberflächennahe Geothermie
Energie-Infrastruktur der Zukunft

TRANSPORT STADTKLIMA - WELTKLIMA

KUNST & KULTUR VERPACKUNG - INNOVATIV ALTES NEULAND WELTWEIT

RECHT

FINANZEN UMSETZUNG

FACHINFORMATIONEN

SUCHE DAS TEAM KONTAKT & IMPRESSUM



**Maßgeblich
beeinflussend für den
Wärmetransport ist die
hydraulische
Durchlässigkeit des
Bodens. Frankfurt hat
im Süden relativ
sandigen Boden, im
Norden hingegen liegt
oft bereits direkt unter
der Oberfläche der
„Frankfurter Ton“**

Bei hoher hydraulischer Durchlässigkeit ist die Ausbreitung der sogenannten „Wärmefahne“ deutlich von konvektivem Wärmetransport geprägt – was positiv ist, wenn man nur auf Bodenwärme angewiesen ist (sprich auf den Zustrom von Wärme durch Grundwasser). Für thermische Speicherung im Untergrund hingegen ist die hohe hydraulische Durchlässigkeit von Wärme, die oberirdisch gesammelt wurde, weniger geeignet. Da in Frankfurt fast überall auf den ersten 20 Metern in der Tiefe Grundwasser zu finden ist, können 85 % der Pfähle der Brückensäulen mit Sonden für den konvektiven Wärmetransport ausgestattet werden.

Bei geringer hydraulischer Durchlässigkeit ist die Ausbreitung der Wärmefahne überwiegend durch konduktiven Wärmetransport geprägt: Für die Entnahme der bodeneigenen Wärme ist dies zwar ungeeignet, da kein „Nachschub“ an Wärme über das Grundwasser erfolgt. Dafür eignet sich der Untergrund aber umso besser für die thermische Speicherung von Wärme, die oberirdisch gesammelt wurde.
Beim Bau der Frankfurter Brücken wird der Straßenbelag jeweils erneuert werden, so dass bei dieser Gelegenheit Sondenfelder im Straßenrandbereich entlang der Brücken installiert werden können.

Beide geothermischen Konzepte kommen auf den Brücken zum Einsatz: Die Säulen entziehen dem Boden dort vorhandene Wärme in Höhe von insgesamt 35 GWh pro Jahr. Zusätzlich werden jährlich ca. 403 GWh Wärme oberirdisch gesammelt: Rund 303 GWh kommen durch PVT-Module und weitere 100 GWh durch Abwärme von Rechenzentren hinzu. Der Anteil davon, der im Sommer erzeugt wird, wird im Boden gespeichert, der Anteil, der im Winter anfällt, wird direkt verbraucht.

Je nachdem, ob die bereits im Boden vorhandene Wärme genutzt wird oder aber die oberirdisch gesammelte Solarwärme zur Speicherung in den Boden geschickt wird, müssen verschiedene Erdsonden-Installationen verwendet werden.

DER PLAN

GEBÄUDE & BRÜCKEN
STADTGRÜN & NATUR
WASSER

ENERGIE

Die urbane Energiewende
Strombedarf der Brücken
Heiz- und Kühlbedarf der Brücken
Photovoltaik als Quartiersstrom
Oberflächennahe Geothermie
Energie-Infrastruktur der Zukunft

TRANSPORT

STADTKLIMA - WELTKLIMA

KUNST & KULTUR

VERPACKUNG - INNOVATIV
ALTES NEULAND WELTWEIT

RECHT

FINANZEN
UMSETZUNG

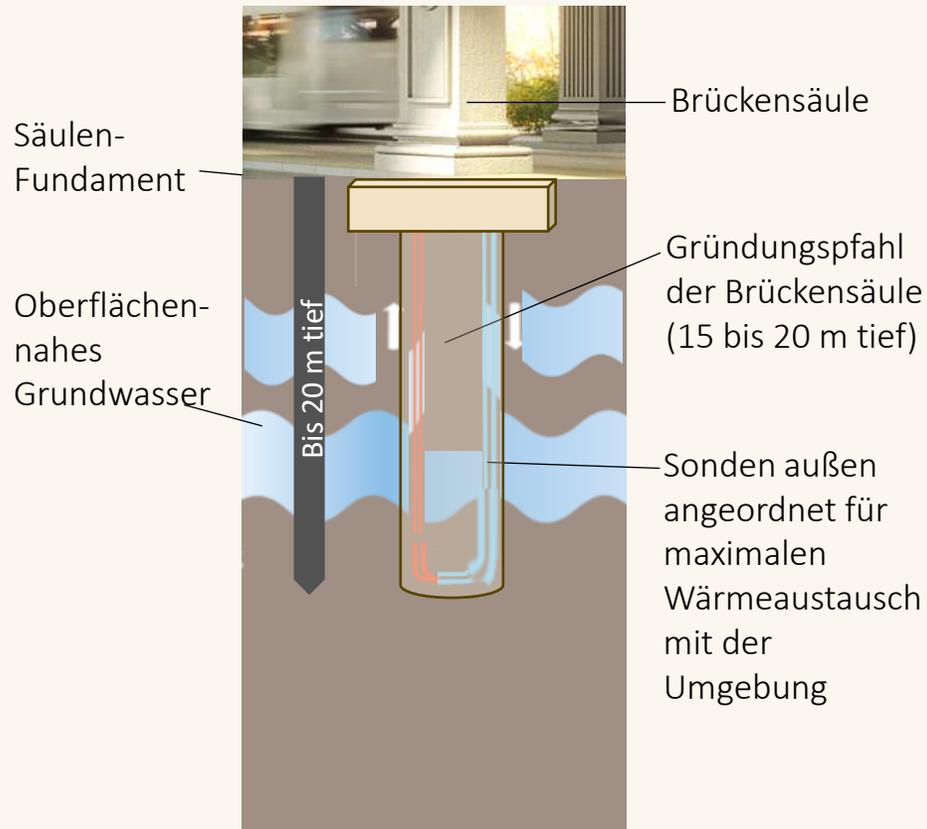
FACHINFORMATIONEN

SUCHE
DAS TEAM
KONTAKT & IMPRESSUM

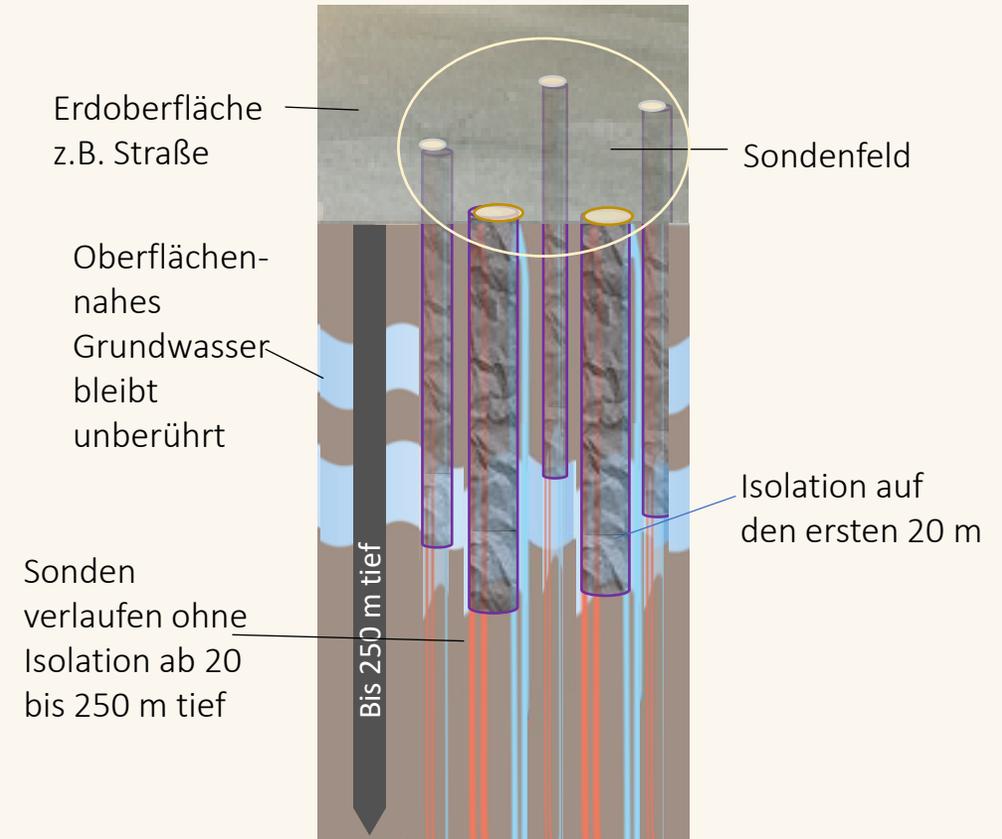


Wärmeaustausch zwischen Boden und Sonden erfolgt bei den Frankfurter Brücken mit zwei Systemen

Geothermisch aktivierter Pfahl: Sonden im Pfahl transportieren Bodenwärme nach oben



Sondenfeld: Sonden dienen zur Speicherung von oberirdisch eingesammelter Wärme



DER PLAN

GEBÄUDE & BRÜCKEN

STADTGRÜN & NATUR

WASSER

ENERGIE

Die urbane Energiewende

Strombedarf der Brücken

Heiz- und Kühlbedarf der Brücken

Photovoltaik als Quartiersstrom

Oberflächennahe Geothermie

Energie-Infrastruktur der Zukunft

TRANSPORT

STADTKLIMA - WELTKLIMA

KUNST & KULTUR

VERPACKUNG - INNOVATIV

ALTES NEULAND WELTWEIT

RECHT

FINANZEN

UMSETZUNG

FACHINFORMATIONEN

SUCHE

DAS TEAM

KONTAKT & IMPRESSUM



Fall 1: Die Frankfurter Brücken nutzen Bodenwärme, indem sie über die Pfähle ihrer Säulen, in denen Sonden angebracht sind, dem Boden seine Wärme entziehen



Copyright © by Haka Gerodur - www.archiexpo.com

Bis zu zwanzig Meter reichen die Säulen der Frankfurter Brücken in die Tiefe, um dort insgesamt 35 GWh/a Energie zu entziehen:

Bevor beim Bau der Säulen der Bewehrungsstahl in das Bohrloch hinabgelassen wird, um dann mit Beton verfüllt zu werden, werden innen „Sonden“ (schwarze Kunststoffröhren) in sie eingelassen. Durch sie fließt später die Sole, die im Winter Wärme aus dem Boden nach oben fördert und umgekehrt im Sommer die Wärme von oben in den Boden hinuntertransportiert.

Die Energiepfähle der Frankfurter Brücken haben einen Durchmesser von 90 cm.

In den obersten 10-15 Metern wird die Bodentemperatur durch das Klima, sprich atmosphärische Faktoren, wie Sonneneinstrahlung, Luftkontakt und die Temperatur und Menge des versickernden Regenwassers bestimmt (darunter bis in ca. 50 Meter Tiefe herrschen über das Jahr konstant etwa 10 °C, lautet eine Faustregel für Mitteleuropa). Die Bodentemperatur in Frankfurt beträgt aufgrund seiner Lage im Oberrheingraben ab 2 m Tiefe an vielen Stellen ca. 12 °C oder mehr.

Altes Neuland Frankfurt

DER PLAN

GEBÄUDE & BRÜCKEN
STADTGRÜN & NATUR
WASSER

ENERGIE

Die urbane Energiewende
Strombedarf der Brücken
Heiz- und Kühlbedarf der Brücken
Photovoltaik als Quartiersstrom
Oberflächennahe Geothermie
Energie-Infrastruktur der Zukunft

TRANSPORT

STADTKLIMA - WELTKLIMA

KUNST & KULTUR

VERPACKUNG - INNOVATIV
ALTES NEULAND WELTWEIT

RECHT

FINANZEN
UMSETZUNG

FACHINFORMATIONEN

SUCHE

DAS TEAM
KONTAKT & IMPRESSUM

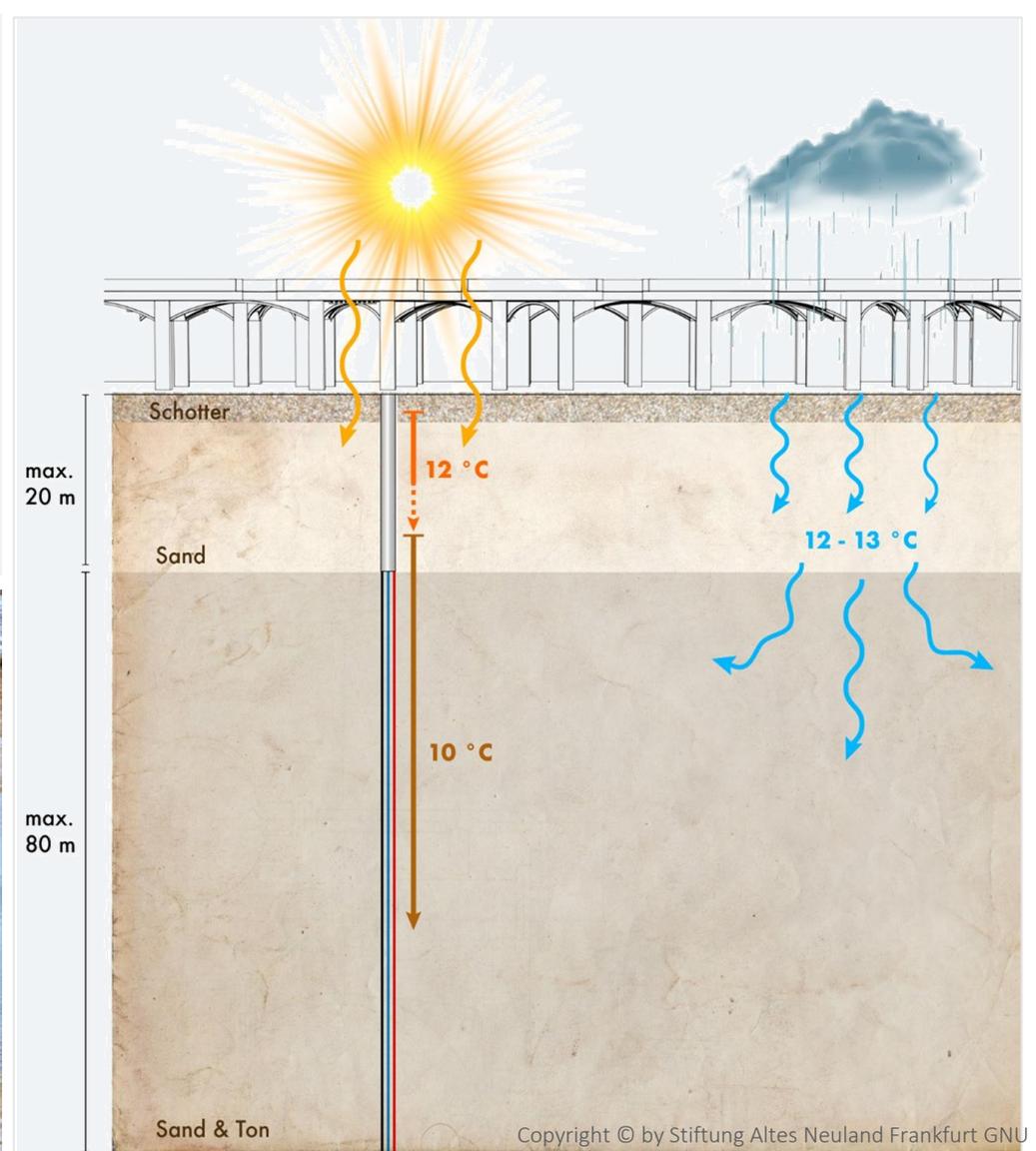


Oberflächennahe Geothermie nutzt nicht die Wärme des Erdmantels

Die Säulenpfeiler der Frankfurter Brücken sind ca. 20 m tief gegründet und werden mit geothermischen Sonden ausgestattet. Auch da erreicht man noch lange nicht die Erdwärme des Erdmantels, wie sie bei den schönen Geysiren in Island zutage tritt, sondern nutzt lediglich die Sonnenwärme, die in die Erdoberfläche eindringt.



Copyright © by askja.nl



Wieviel Wärme der Boden einer Region speichert, hängt nicht nur von dem Klima der Region ab, sondern auch von der Beschaffenheit des Erdreichs. Den Effekt kennt jeder: Manche Materialien heizen sich in der Sonne schnell auf und geben die Wärme aber auch schnell wieder ab, wenn es kalt wird; andere Materialien wiederum brauchen eine Weile, bis sie warm sind, aber dann halten sie die Wärme auch.

Wieviel Energie oberflächennah im Boden gespeichert bzw. aus dem Boden entnommen werden kann, hängt (1) vom Klima der Region und (2) von der geologischen Beschaffenheit des Untergrundes ab

Im Rahmen der mehrjährigen Vorplanung für die Frankfurter Brücken muss durch geologische Gutachten für jeden Teilabschnitt des Brückenverlaufes bestimmt werden, wie der jeweilige Untergrund aufgebaut ist und welche Temperatur er aufweist bzw. wie warm er bei Zufuhr von Energie werden kann. Denn manche Schichten speichern Wärme besser, andere weniger gut.

Der Boden unter einer Stadt ist meist sehr heterogen, so auch in Frankfurt. Laienhaft und pauschalisiert kann man sagen: Südlich vom Main ist er eher sandig, nördlich vom Main trifft man beim Graben recht schnell auf Ton. Steckt ein Säulenpfahl in einer sandigen Umgebung, nimmt dieser leichter Wärme auf, gibt sie aber auch schneller wieder ab. Tonhaltige Erde hingegen braucht mehr Zeit, um sich aufzuheizen, hält die Wärme dann aber auch länger.

So nah unter der Erdoberfläche ist ein weiterer wichtiger Faktor für die Wärmespeicher-Kapazität des Bodens das Grundwasser, auf das man in Frankfurt beim Graben schon nach wenigen Metern trifft: Wenn durch den Boden viel Grundwasser mit relativ hoher Geschwindigkeit durchsickert (wie es bei sehr sandigem Boden der Fall ist), dann kann das für den Wärmetransport der Pfähle in zwei Richtungen Folgen haben: Zum einen bedeutet das, dass stets eine gewisse Grundtemperatur „zufließt“, denn das Grundwasser unter Frankfurt hat zwischen 12 und 14 °C – vereinzelt sogar noch mehr. Andererseits wird zusätzliche Wärme, die von den Pfählen im Sommer hinuntergeführt wird, auch schneller wieder abtransportiert.

Will man also berechnen, wieviel Wärme man aus dem Boden von Frankfurt holen kann bzw. wieviel man dort speichern kann, benötigt man für unterschiedliche geologische Abschnitte komplexe geothermische Berechnungsmodelle.

DER PLAN

GEBÄUDE & BRÜCKEN

STADTGRÜN & NATUR

WASSER

ENERGIE

Die urbane Energiewende

Strombedarf der Brücken

Heiz- und Kühlbedarf der Brücken

Photovoltaik als Quartiersstrom

Oberflächennahe Geothermie

Energie-Infrastruktur der Zukunft

TRANSPORT

STADTKLIMA - WELTKLIMA

KUNST & KULTUR

VERPACKUNG - INNOVATIV

ALTES NEULAND WELTWEIT

RECHT

FINANZEN

UMSETZUNG

FACHINFORMATIONEN

SUCHE

DAS TEAM

KONTAKT & IMPRESSUM



(3) Das Grundwasser ist der dritte wichtige Faktor für die Wärmespeicherfähigkeit eines Bodes

Das Grundwasser unter Frankfurt hat im Schnitt 12 bis 14 °C, ähnlich wie der Boden, durch den es fließt. Die Pfähle der Säulen entziehen dem Boden im Winter Wärme, speisen aber im Sommer auch wieder große Mengen an Wärme ein (sonst würde der Boden über die Jahre hinweg auskühlen).

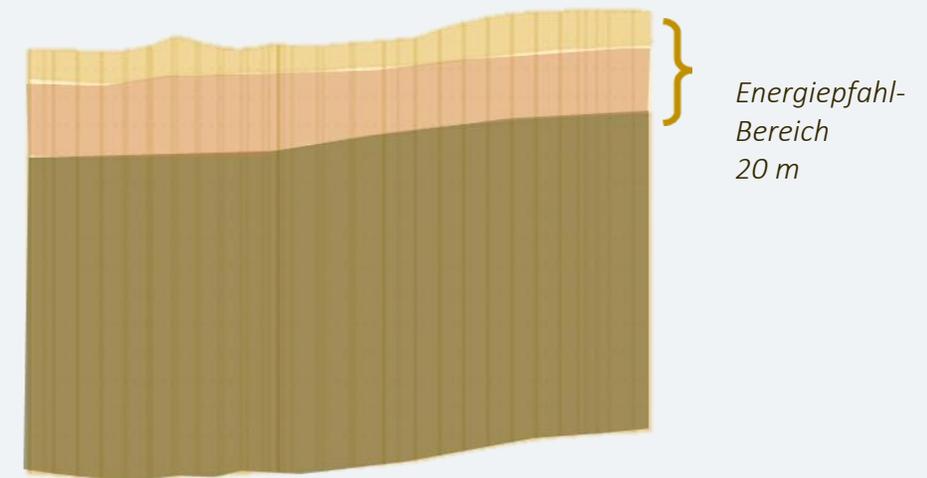
Nun kann man sich leicht vorstellen, dass das Grundwasser in sandigem Boden schneller fließt als in Tonschichten.

Wenn es die Pfähle „umspült“, können diese die im Durchschnitt 13 °C betragende Wärme der Umgebung sehr gut aufnehmen – besser als aus „trockenem“ Boden. Aber wenn die Pfähle Wärme hinunterleiten, dann wird diese zum Teil auch vom Grundwasser mitgenommen bzw. weggespült.

Deshalb ist es wichtig, die Fließgeschwindigkeit pro Bodenschicht zu bestimmen, um daraus abzuleiten, wie speicherfähig ein Boden auf Dauer ist.

Die Fließgeschwindigkeit des Grundwassers im oberflächennahen Bereich ist in Frankfurt an den meisten Stellen gering. Aber es gibt vereinzelt auch reißende Ströme. Ein umfassendes Grundwasser-Modell gibt es für Frankfurt derzeit noch nicht.

Auf Grundwasser stößt man in Frankfurt nach ca. 2 bis 5 Metern Tiefe, je nachdem wo man gräbt. Das sind dann noch keine „rauschenden“ Flüsse (die gibt es zwar auch, aber meist erst viel tiefer), sondern Feuchtigkeit, die den Boden durchsickert.



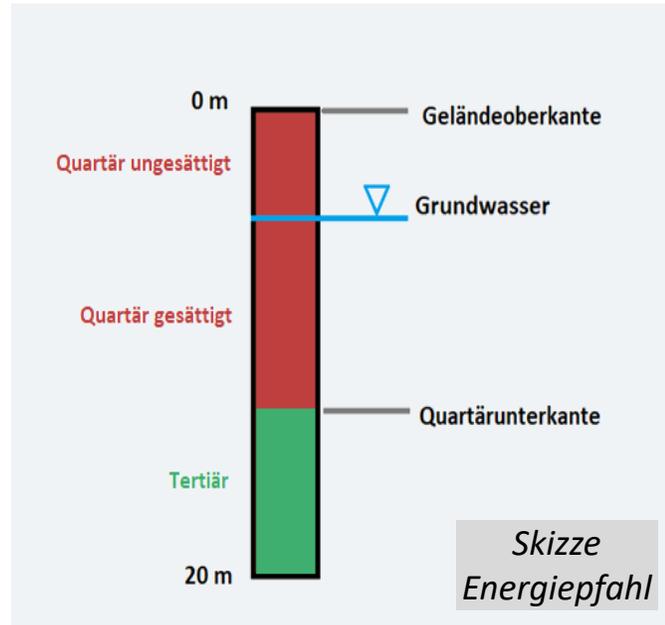
Ein Energiepfahl einer Säule der Frankfurter Brücken kann dem Boden schätzungsweise durchschnittlich 1 kW Wärme entziehen

Das ergibt sich aus der Betrachtung, wieviel Wärmeentzug pro Meter (W/m) möglich sind: Dieser unterscheidet sich von Erdschicht zu Erdschicht, deshalb gewichtet man ihn mit der „Dicke“, die Fachwelt spricht von der „Mächtigkeit“, der jeweiligen Erdschicht

– also jeweiliger Wärmeentzug (W/m) x jeweilige Mächtigkeit (m).

Das Resultat der Berechnung: Der Wärmeentzug (W) eines 20 m-Pfahls betrug in der Szenarioberechnung für die Frankfurter Brücken zwischen 885 und 1148 W. Entsprechend wurde pro Pfahl ein durchschnittlicher Wärmeentzug von 1000 W bzw. 1 kW angesetzt.

Schicht- mächtigkeit (m)	Lithologie	Wärmeleit- fähigkeit λ (W/mK)	Spezifische Wärmeentzug pro m (W/m) für 1800 h		Wärmeentzug (W) je 1800 h/a Betrieb	
			von	bis	von	bis
2,5	Quartär ungesättigt Schotter	0,5	25	25	62,5	62,5
7	Quartär gesättigt Sand	1,7	65	80	455	560
10,5	Tertiär gesättigt Sand und Ton	1,4	35	50	367,5	525
Summe					885	1.147,5



Die urbane Energiewende

Strombedarf der Brücken

Heiz- und Kühlbedarf der Brücken

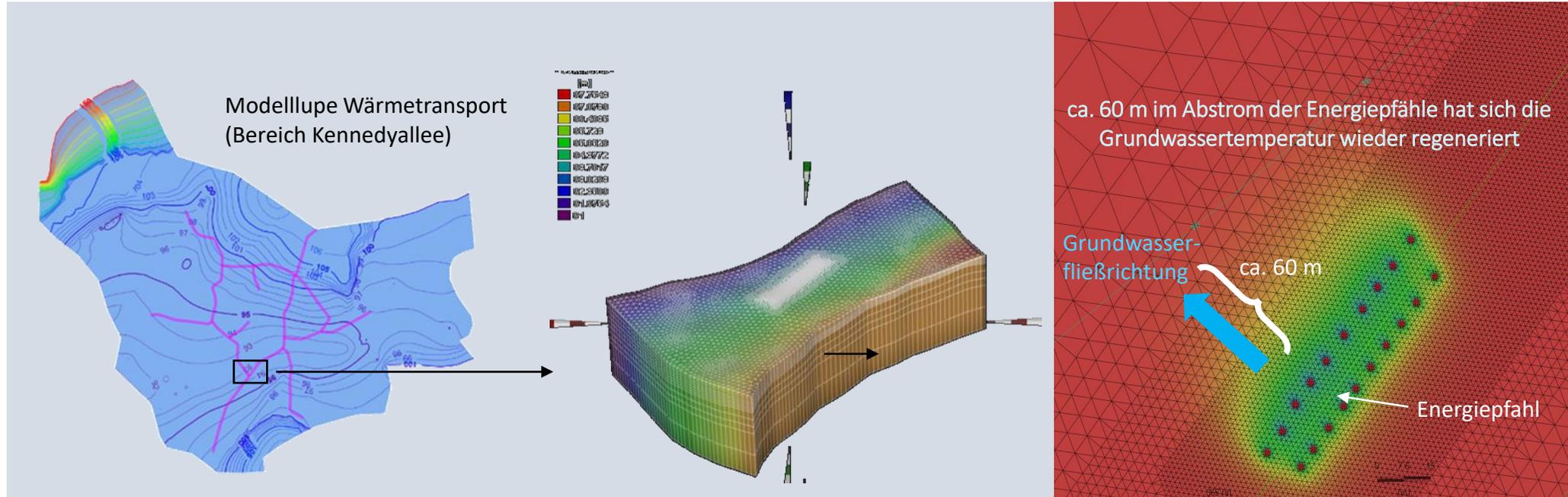
Photovoltaik als Quartiersstrom

Oberflächennahe Geothermie

Energie-Infrastruktur der Zukunft



Wichtig ist bei der Analyse die Abschätzung der Entwicklung der Grundwassertemperatur im Abstrom von Energiepfählen



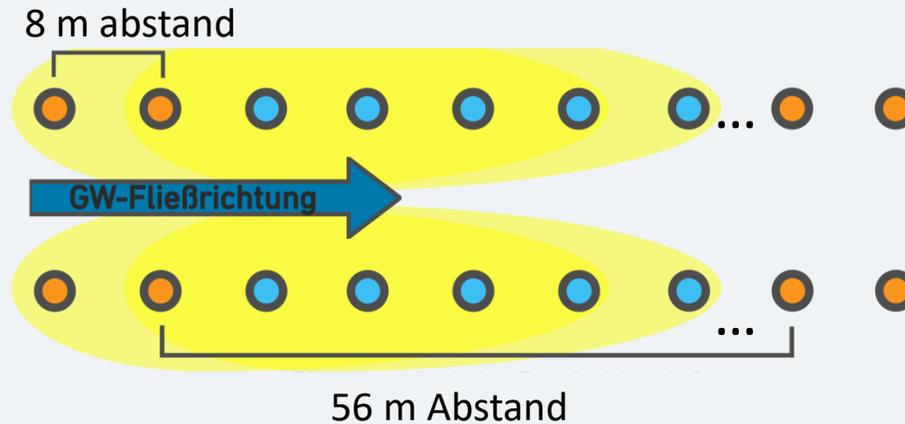
Es lassen sich nicht alle Streckenabschnitte gleichzeitig geothermisch nutzen, da sich die Energiepfähle gegenseitig beeinflussen, vor allem wenn sie in Grundwasserfließrichtung liegen.

Die Gesamtstrecke (ca. 60 km) wird daher vereinfacht in zwei Abschnittstypen unterteilt:

- Streckenabschnitte A: Streckenabschnitte in Grundwasserfließrichtung - diese haben ein gemindertes Energiepotential
- Streckenabschnitte B: alle anderen Streckenabschnitte - diese können das geothermische Energiepotential ausschöpfen

Ob es eine gegenseitige Beeinflussung der Energiepfähle gibt, ist abhängig von der Grundwasserfließrichtung

1. Streckenabschnitt A: Streckenabschnitte in Grundwasserfließrichtung



Brückenpfeiler als Energiepfähle

Nicht verwendete Brückenpfeiler

Kälte/Wärmefahne

- 4 Pfähle werden in je 64 m Abstand als Energiepfähle verwendet
- ca. 12 km Streckenabschnitte in Grundwasser-Fließrichtung
- ca. 750 Energiepfähle

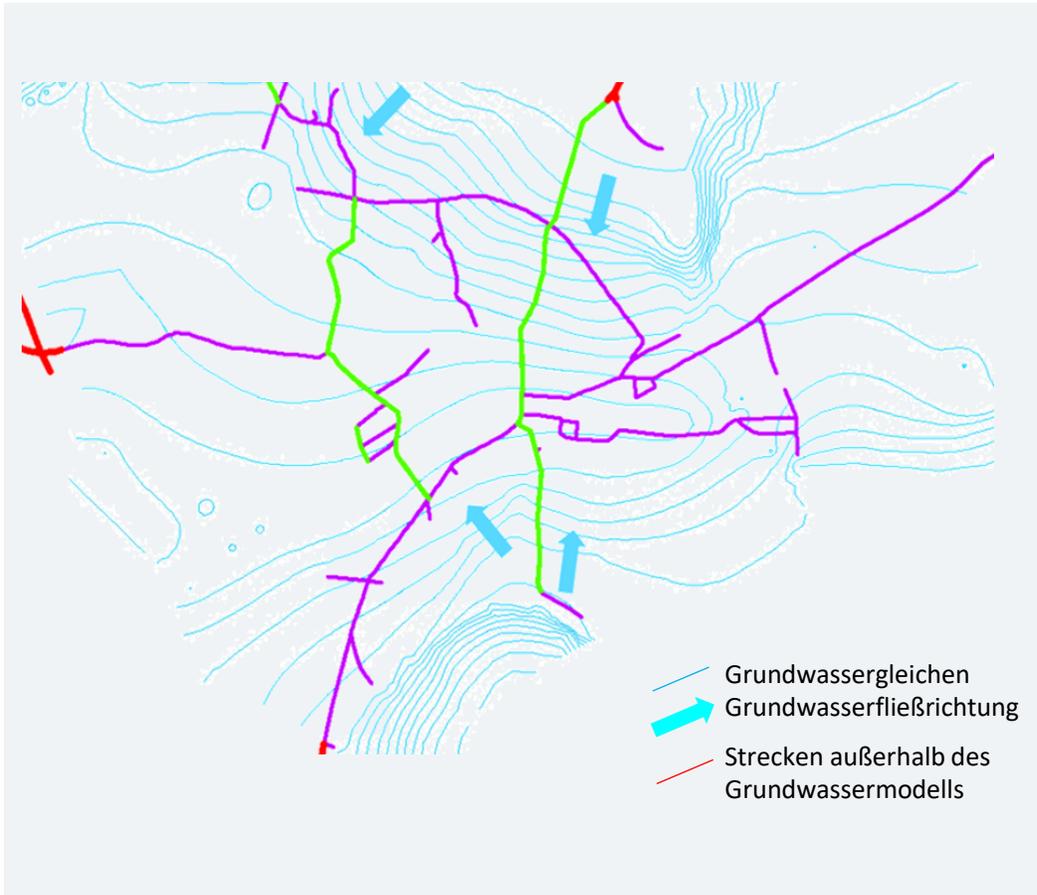
2. Streckenabschnitt B: alle anderen Streckenabschnitte



- Alle Pfähle werden als Energiepfähle verwendet
- ca. 48 km Strecke mit anderer Grundwasserfließrichtung
- ca. 12.000 Energiepfähle

Auswirkung der Grundwasserfließrichtung auf die Gesamtheit der Säulen-Energiepfähle der Frankfurter Brücken

Die rund 60 km lange Brückenstrecke wird von rund 15.000 Säulen getragen, von denen 12.750 Stück mit geothermischen Pfählen versehen sind. Da von den 8.760 Stunden, die das Jahr hat, nur ein Drittel der Zeit (2.700 Stunden) die geothermische Pfählanlage in Nutzung ist, kommen zeitversetzt fast alle Pfähle zum Einsatz.



Streckenabschnitt A: geminderte Wärmenutzung
(betrifft alle Streckenabschnitte mit Ausrichtung in Grundwasserfließrichtung):

- ca. 12 km
- betrifft: ca. 750 Pfähle
- betrifft ca. **2 GWh/a** Wärmeentzug

Streckenabschnitt B: unbeeinflusst von Wärmeabstrom
(betrifft alle anderen Strecken)

- ca. 48 km
- betrifft ca. 12.000 Pfähle
- betrifft ca. **33 GWh/a** Wärmeentzug

gesamter Wärmeentzug: ca. 35 GWh/a

DER PLAN

GEBÄUDE & BRÜCKEN
STADTGRÜN & NATUR
WASSER

ENERGIE

Die urbane Energiewende
Strombedarf der Brücken
Heiz- und Kühlbedarf der Brücken
Photovoltaik als Quartiersstrom
Oberflächennahe Geothermie
Energie-Infrastruktur der Zukunft

TRANSPORT
STADTKLIMA - WELTKLIMA

KUNST & KULTUR
VERPACKUNG - INNOVATIV
ALTES NEULAND WELTWEIT

RECHT
FINANZEN
UMSETZUNG

FACHINFORMATIONEN

SUCHE
DAS TEAM
KONTAKT & IMPRESSUM



Regeneration: Insbesondere im Sommer – aber auch bei intensiven Sonnentagen im Winter – muss überschüssige Wärme in den Boden geschickt werden, damit er über die Jahre hinweg nicht auskühlt

Einige Gemeinden haben bereits die leidvolle Erfahrung gemacht: Holt man zum Beheizen von Häusern durch oberflächennahe Geothermie permanent Wärme aus der Erde, ohne auch wieder Wärme hinunterzuschicken, dann kühlt der Boden über die Jahre hinweg aus.

Im ersten von vielen Wintern könnte man in Frankfurt also dem Boden Wärme entziehen: Der Boden samt Grundwasser hat in Frankfurt im Schnitt eine Temperatur von ca. 12 – 14 °C. Bereits im nächsten Winter wäre die Bodentemperatur an der Stelle der Wärmeentnahme jedoch schon geringfügig niedriger. Über mehrere Jahre hinweg würde sich der Effekt zu einem Temperaturverlust von mehreren Grad Celsius aufaddieren. Deshalb muss jeden Sommer für die „Regeneration“ des Bodens gesorgt werden, das bedeutet: Es muss auch wieder Wärme in den Boden hinuntergeschickt werden.

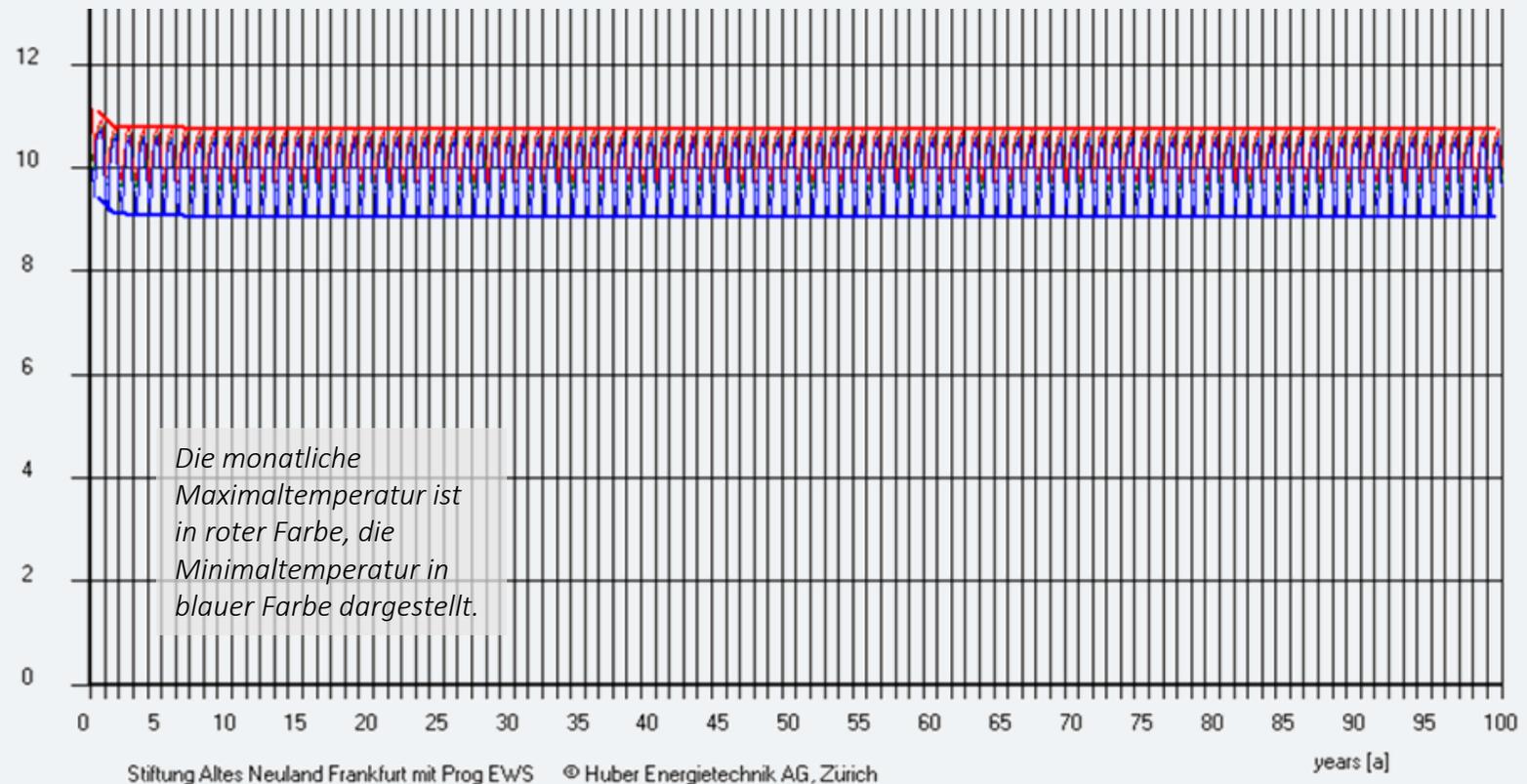
Im Fall der Frankfurter Brücken werden zwei Wärmequellen für die Regeneration verwendet: 1) die Wohngebäudekühlung der Brückengebäude im Sommer und 2) die Wärme der PVT-Module (photovoltaic thermal collectors). Durch diese sogenannten „Kopplungssysteme“ wird die Bodentemperatur wiederhergestellt, indem die erwärmte Flüssigkeit, die von oben durch die Sonden hinunterfließt, ihre Wärme an den umgebenden Boden abgibt.



Kopplungssysteme sorgen dafür, dass die Bodentemperatur trotz jahrzehntelanger Nutzung fast gleich bleibt – Beispielsimulation für die Kennedyallee in Frankfurt

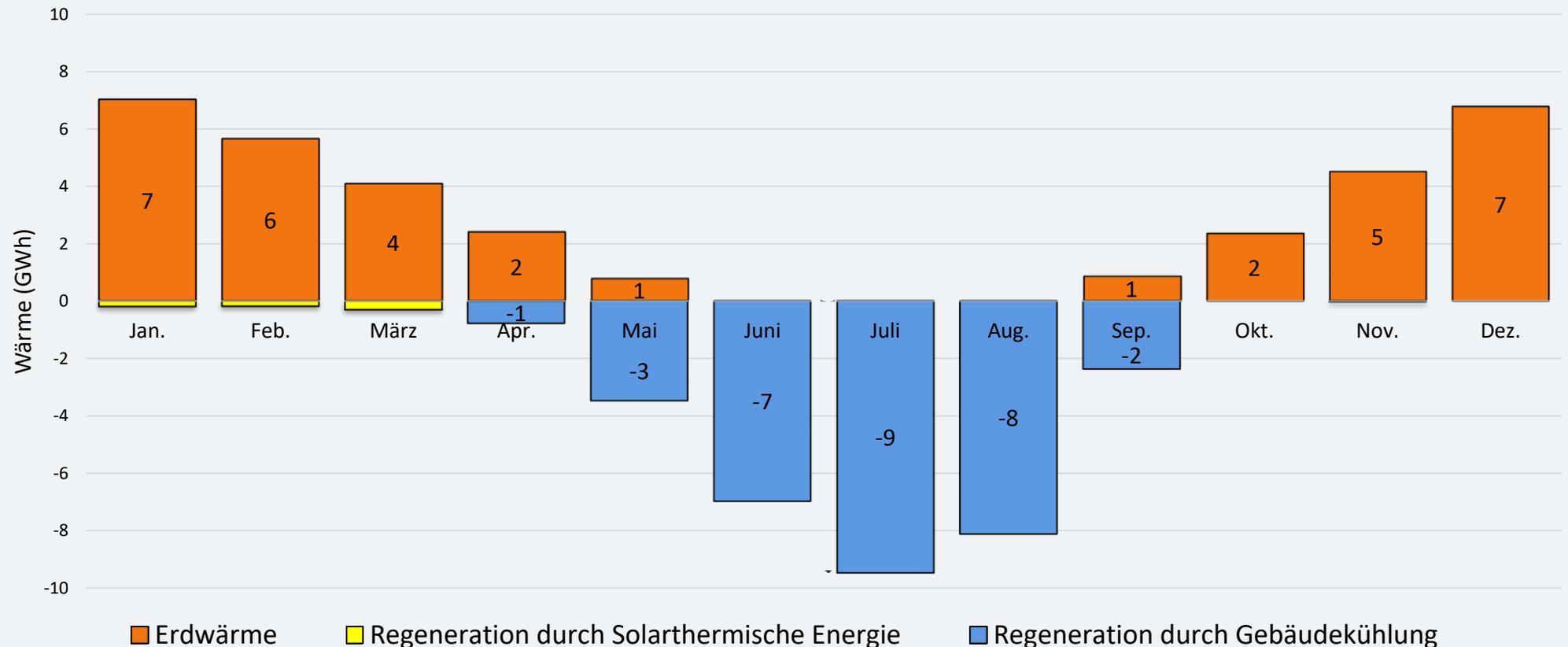
Im Rahmen der vorliegenden Machbarkeitsstudie wurde für einen Teilabschnitt der Frankfurter Brücken an der Kennedy-Allee die Entwicklung der Sondeneintrittstemperatur über 100 Jahre hinweg simuliert, unter Nutzung von Kopplungssystemen, die für die Regeneration der Bodentemperatur sorgen.

Das Resultat bestätigt die Wirksamkeit von Kopplungssystemen: Die höchste Sondeneintrittstemperatur tritt nur im ersten Jahr auf (11,1 °C) und sinkt bis zum 100. Jahr geringfügig (10,8 °C). Die geringste Sondeneintrittstemperatur liegt im ersten Jahr bei 9,4 °C und sinkt bis zum 100. Jahr auf 9,1 °C.



Von den 35 GWh/a Erdwärme, die das Heizen der Brücken-Gebäude unterstützen, werden 40 Prozent in nur zwei Monaten, von Dezember bis Januar, aus dem Boden geholt

Ein großer Teil der Regeneration wird durch die bei der Gebäudekühlung abgeführte Wärme im Sommer realisiert; nur ein kleiner Teil der Regeneration erfolgt durch Solarthermie an sonnigen Tagen im Winter.





Fall 2: Oberirdisch gesammelte Wärme wird über gruppierte Erdsonden in den Boden geschickt, dort gespeichert und bedarfsweise zum Heizen von dort wieder entnommen.

Wo die Frankfurter Brücken gebaut werden, wird der Belag der Straßen unter ihnen im Zuge des Bauvorhabens erneuert werden müssen. Diese Gelegenheit wird genutzt, um entlang der Fahrbahn Sondenfelder anzulegen.

Diese Sonden reichen bis zu 250 m tief. Auf den ersten 20 m sind sie gut isoliert, da sie dort potentiell durch grundwasserhaltige Erdschichten führen und ihre Wärme verfrüht abgeben bzw. das Grundwasser aufheizen würden. Unterhalb davon geben sie dann die Wärme zur Speicherung an den umgebenden Boden ab.



DER PLAN

GEBÄUDE & BRÜCKEN
STADTGRÜN & NATUR
WASSER

ENERGIE

Die urbane Energiewende
Strombedarf der Brücken
Heiz- und Kühlbedarf der Brücken
Photovoltaik als Quartiersstrom
Oberflächennahe Geothermie
Energie-Infrastruktur der Zukunft

TRANSPORT
STADTKLIMA - WELTKLIMA

KUNST & KULTUR
VERPACKUNG - INNOVATIV
ALTES NEULAND WELTWEIT

RECHT
FINANZEN
UMSETZUNG

FACHINFORMATIONEN

SUCHE
DAS TEAM
KONTAKT & IMPRESSUM



Gesammelt wird die Wärme oberirdisch durch Hybridkollektoren. Diese erzeugen beides: Strom und thermische Energie

Durch PVT-Hybridkollektoren (PVT: Photovoltaic-Thermal hybrid solar collector) werden gleichzeitig Strom und Wärme erzeugt. Bei den PVT-Hybridkollektoren befindet sich auf der Rückseite der PV-Module ein thermischer Kollektor, der die Wärme der Sonnenstrahlen aufnimmt und an einen Wärmetauscher weitergeben kann. Manchmal findet man auf Dächern noch beide Funktionen – Photovoltaik und Wärmekollektoren – getrennt angebracht.



Photovoltaik und Solarwärmekollektoren in einem Hybridkollektor vereint



Bei den Frankfurter Brücken befinden sich PVT-Hybridkollektoren auf Dächern, Baldachinen, den Seiten des Brückenkopus und an den Fassaden der Brückengebäude. Zudem werden die Parkplätze neben den Brücken auf Kosten der Brückengesellschaft überdacht und mit PVT-Hybridkollektoren ausgestattet.

Die urbane Energiewende

Strombedarf der Brücken

Heiz- und Kühlbedarf der Brücken

Photovoltaik als Quartiersstrom

Oberflächennahe Geothermie

Energie-Infrastruktur der Zukunft



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

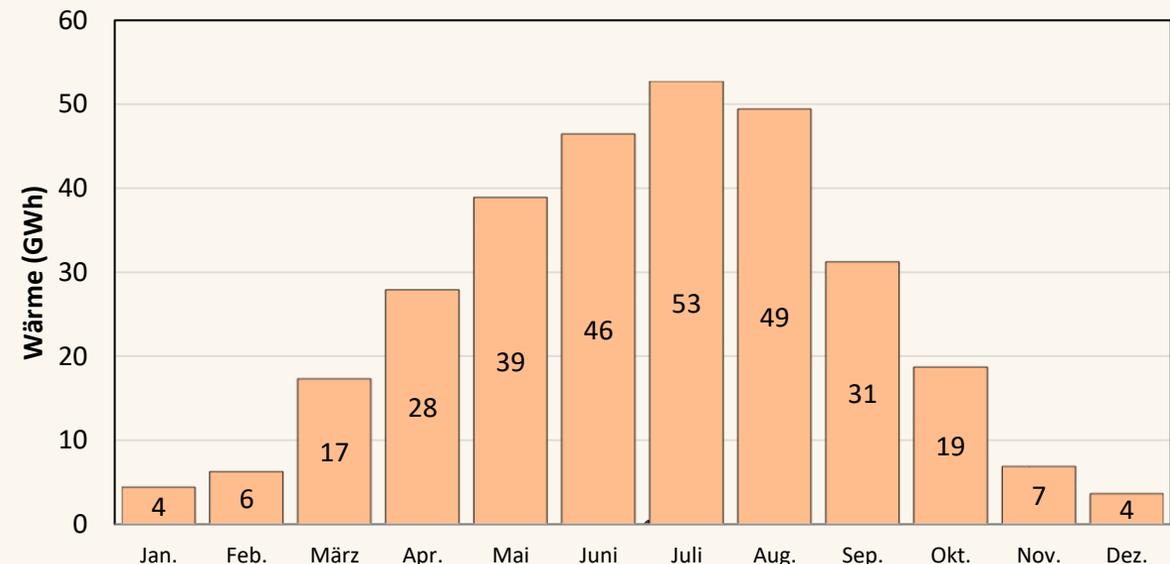
Mit 1 Mio. Quadratmeter PVT-Hybridkollektoren werden ca. 303 GWh/a Wärme erzeugt; ca. die Hälfte davon befindet sich auf den Brücken und die andere Hälfte auf den Parkplatzüberdachungen neben den Brücken.

Thermische Energieerzeugung durch PVT Module

PVT Solarmodule	gesamte Fläche (m ²)	85% der gesamten Energie (GWh/a)	Anteile E (%)	Anteile auf & neben den Brücken (%)
(1) Dächer der Brückengebäude	47.429	11,25	3,71	51,56
(2) Baldachine und Stationsdächer	58.078	14,17	4,67	
(3) Brückenseiten	445.723	119,51	39,39	
(4) Fassaden der Brückengebäude	55.882	11,51	3,79	48,44
(5) Parkplätze neben den Brücken	411.675	146,97	48,44	
SUMME	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 weitergeleitet.





Eine weitere Quelle für thermische Energie: Abwärme. Das Abwärmepotenzial aus Rechenzentren, Industrieparks und auch Abwasser beläuft sich in Frankfurt auf rund 190 MW bzw. mehr als 1,66 TWh pro Jahr

Laut dem Frankfurter Abwärmekataster teilen sich die 1.660 GWh pro Jahr folgendermaßen auf:

- 100 MW (876 GWh) Wärme aus Abwasser,
- 40 MW (350 GWh) Abwärme aus Industrieparks,
- 50 MW (438 GWh) Abwärme aus Rechenzentren

Das ist etwa ein Drittel des Wärmeverbrauchs der Frankfurter Haushalte. Allerdings liegt die thermische Energie nur als Niedrigenergie-Abwärme vor und wäre daher nur in Gebäuden mit Wärmepumpen-Heizung nutzbar.

Bislang konnte die Abwärme der Rechenzentren bzw. Industrieparks in Frankfurt jedoch gar nicht genutzt werden, da ein Leitungssystem fehlt, das die erwärmte Sole-Flüssigkeit zu den Wärmetauschern von Gebäudenutzern transportieren kann. In die Fernwärmeleitung der Mainova kann sie leider auch nicht eingespeist werden, da diese auf 80 bis 90 °C heiße Flüssigkeit ausgelegt ist.

Beim Bau der Frankfurter Brücken wird daher entlang der Brücken ein Leitungssystem geschaffen, das nicht nur die von PVT-Hybridkollektoren gesammelte Wärme im Boden speichert, sondern auch die Abwärme von Rechenzentren und Industrieparks, wie sie sich vor allem an der Hanauer Landstraße und in Sossenheim finden, sammelt und weiterleitet.

Für diese Rechenzentren und Industrieparks stellen die Frankfurter Brücken den direkten Draht zur Nutzung ihrer Abwärme in Gebäuden oder bei anderen Abnehmern dar.

Altes Neuland Frankfurt

DER PLAN

GEBÄUDE & BRÜCKEN
STADTGRÜN & NATUR
WASSER

ENERGIE

Die urbane Energiewende
Strombedarf der Brücken
Heiz- und Kühlbedarf der Brücken
Photovoltaik als Quartiersstrom
Oberflächennahe Geothermie
Energie-Infrastruktur der Zukunft

TRANSPORT

STADTKLIMA - WELTKLIMA

KUNST & KULTUR

VERPACKUNG - INNOVATIV
ALTES NEULAND WELTWEIT

RECHT

FINANZEN
UMSETZUNG

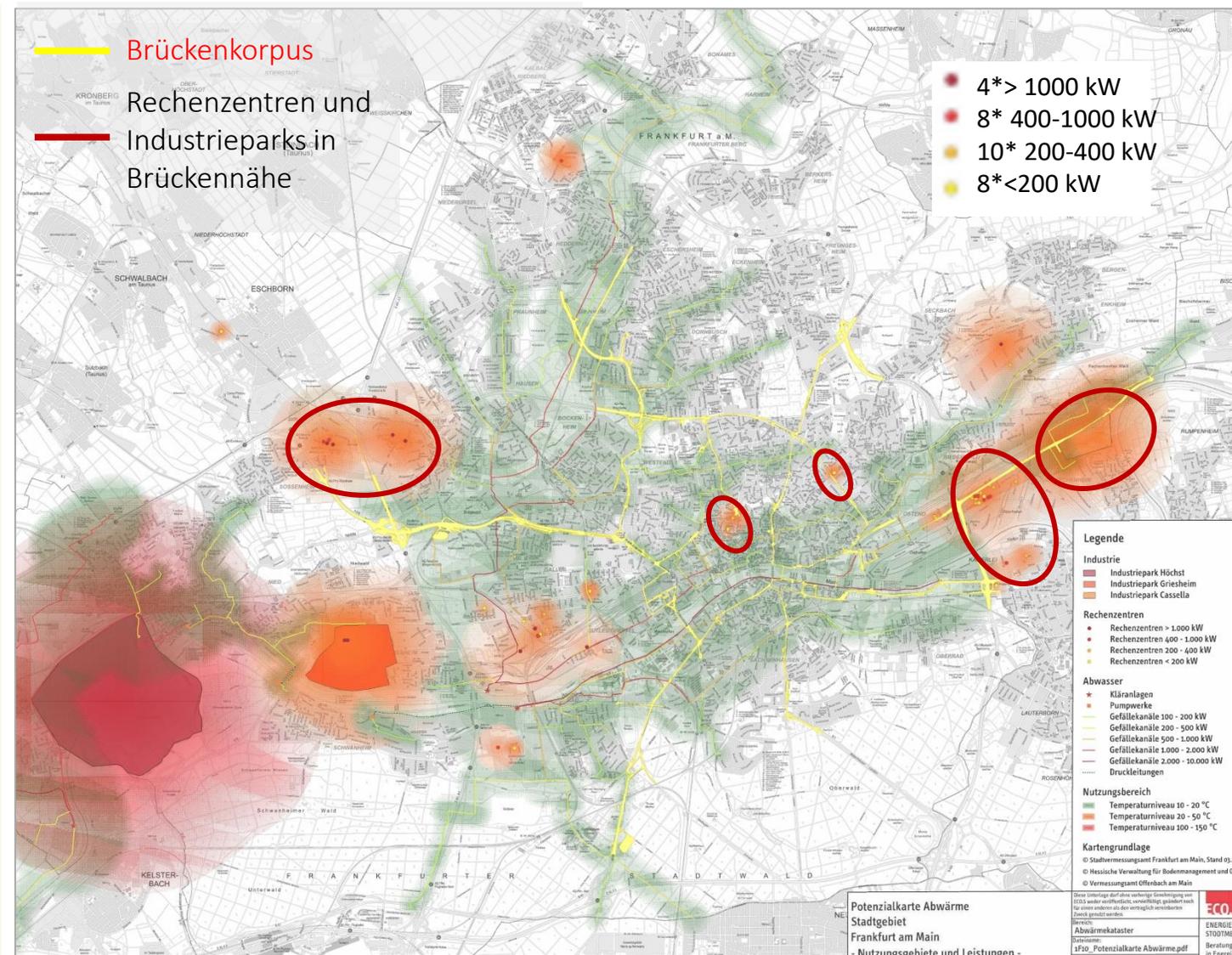
FACHINFORMATIONEN

SUCHE

DAS TEAM
KONTAKT & IMPRESSUM



Die Frankfurter
Brücken verlaufen
an einigen kritischen
Stellen vorbei, wo
Rechenzentren
extrem viel Abwärme
erzeugen – eine
sehr nützliche
Energiequelle,
gerade an weniger
sonnigen bzw.
warmen Tagen im
Herbst oder Winter



In Brückennähe erzeugen 30 Rechenzentren sowie der Cassella Industriepark ca. 200 GWh/a Niedrigtemperatur-Abwärme, die derzeit ungenutzt bleibt. Die Hälfte davon (100 GWh/a) kann mithilfe der Brücken eingesammelt und verwendet werden.

DER PLAN

GEBÄUDE & BRÜCKEN

STADTGRÜN & NATUR

WASSER

ENERGIE

Die urbane Energiewende

Strombedarf der Brücken

Heiz- und Kühlbedarf der Brücken

Photovoltaik als Quartiersstrom

Oberflächennahe Geothermie

Energie-Infrastruktur der Zukunft

TRANSPORT

STADTKLIMA - WELTKLIMA

KUNST & KULTUR

VERPACKUNG - INNOVATIV

ALTES NEULAND WELTWEIT

RECHT

FINANZEN

UMSETZUNG

FACHINFORMATIONEN

SUCHE

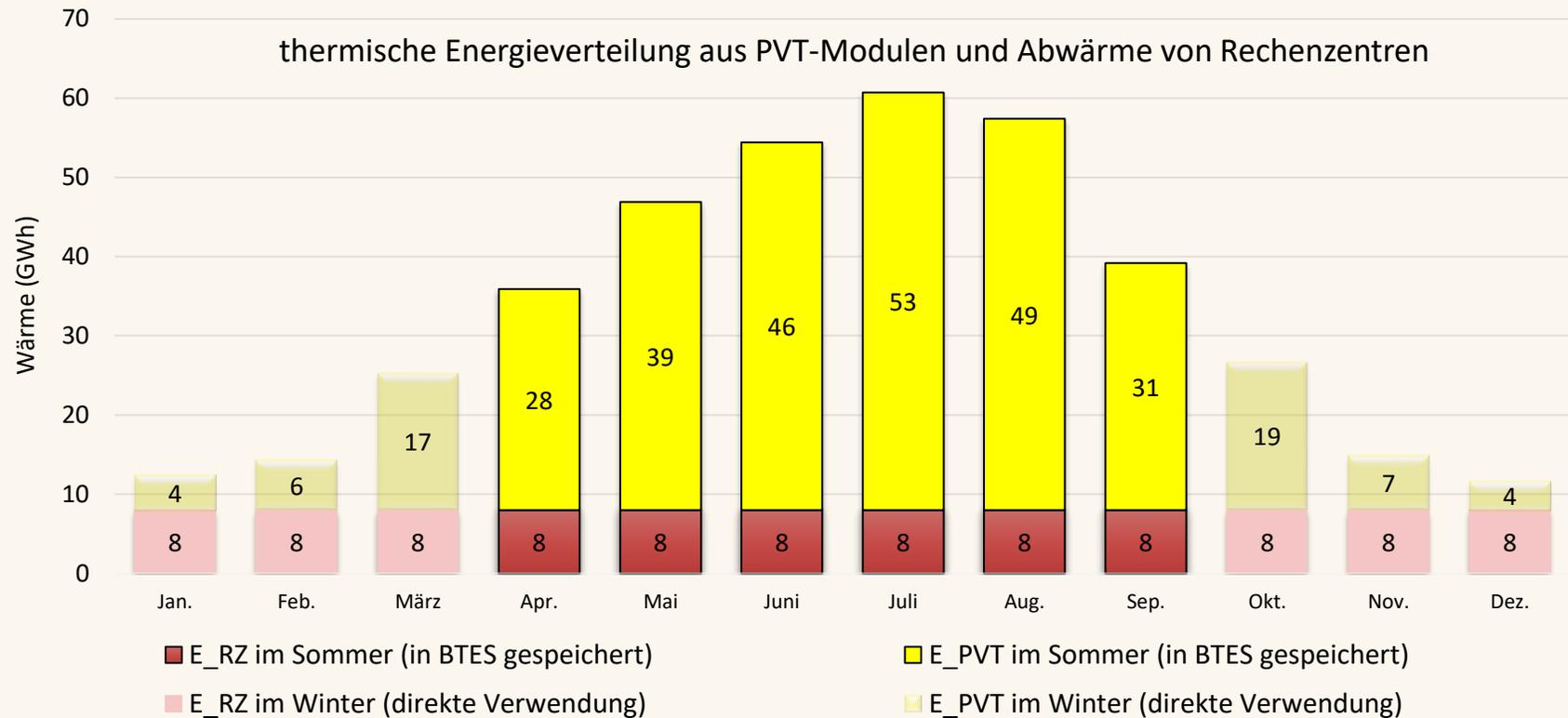
DAS TEAM

KONTAKT & IMPRESSUM



Nicht nur im Sommer ist thermische Energie verfügbar

Etwa 246 GWh/a Niedrigtemperatur-Wärme (ca. 35°C) aus PVT-Modulen und rund 50 GWh/a Abwärme von Rechenzentren werden von April bis September unterirdisch gespeichert. Aber auch zwischen Januar und März sowie Oktober und Dezember wird die erzeugte Wärme entweder zwecks Regeneration in den Boden geleitet oder direkt zum Verbraucher transportiert.



Die im Sommer gesammelte thermische Energie (ca. 296 GWh/a) wird nicht direkt verbraucht, sondern in langfristigen Speichern aufbewahrt

DER PLAN

GEBÄUDE & BRÜCKEN
STADTGRÜN & NATUR
WASSER

ENERGIE

Die urbane Energiewende
Strombedarf der Brücken
Heiz- und Kühlbedarf der Brücken
Photovoltaik als Quartiersstrom
Oberflächennahe Geothermie
Energie-Infrastruktur der Zukunft

TRANSPORT
STADTKLIMA - WELTKLIMA

KUNST & KULTUR
VERPACKUNG - INNOVATIV
ALTES NEULAND WELTWEIT

RECHT
FINANZEN
UMSETZUNG

FACHINFORMATIONEN

SUCHE
DAS TEAM
KONTAKT & IMPRESSUM



Wärme aus PVT-Modulen und auch Abwärme von Rechenzentren werden im Untergrund in „Sondenfeldern“ gespeichert

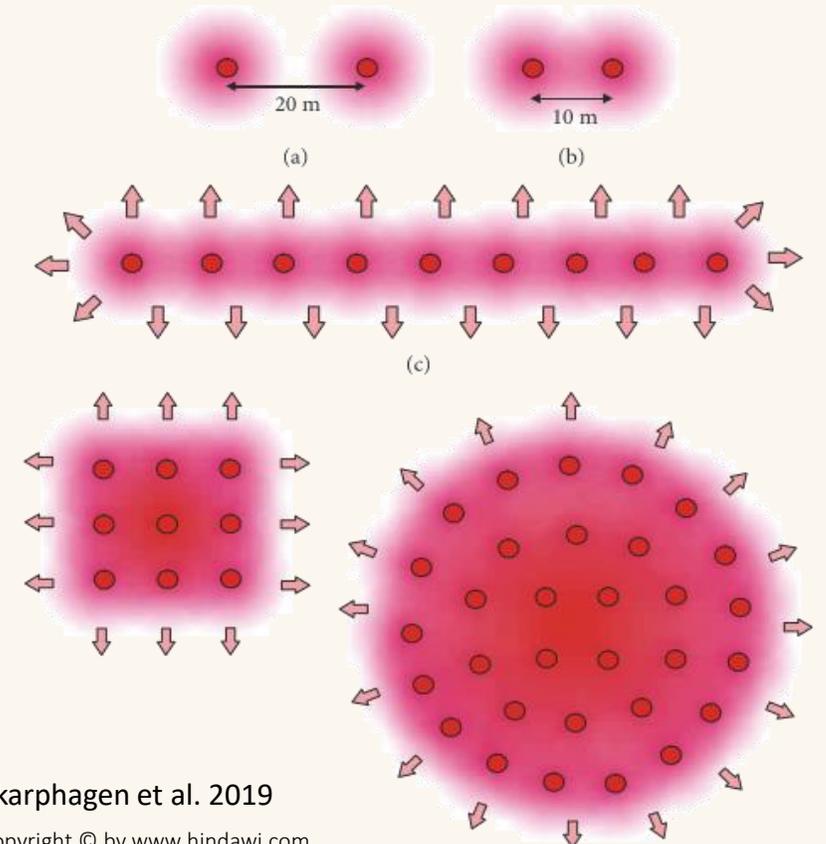
Die Frankfurter Brücken bieten die Möglichkeit, an strategisch günstigen Orten, z.B. unter den Versorgungszentralen oder Fahrbahnen unterhalb der Brücken, Sondenfelder zu installieren, sogenannte Borehole Thermal Energy Storages (BTES), um – wie der Name schon sagt – überschüssige Wärme zu speichern. So kann die Zeit zwischen Angebot (Sommer) und Nachfrage (Winter) überbrückt werden.

Die Speichereffizienz von einzelnen Erdwärmesonden ist vergleichsweise gering. Deshalb legt man sogenannte „Erdwärmesondenfelder“ an, die im Kreis oder Quadrat angeordnet am effizientesten die Wärme speichern. Es empfiehlt sich, einen Abstand von weniger als 10 m anzusetzen (optimal: 3 bis 5 m).

Weitere Faktoren, die für die Effizienz entscheidend sind:

- thermische Eigenschaften des Untergrundes
- Grundwasserfließgeschwindigkeit
- Verhältnis von Oberfläche zu Volumen
- Arbeitstemperaturen und zeitliche Steuerung

Zur Abschätzung von Speicherpotential und -nutzungsgrad wurden numerische Modelle aufgebaut und eine langjährige Simulation des Speicherbetriebes durchgeführt.



Skarphagen et al. 2019

Copyright © by www.hindawi.com



Das Modell des Borehole Thermal Energy Storage (BTES) berechnet die gespeicherte bzw. entnommene Wärmeenergie sowie Outlet-Temperaturen pro Speicherzyklus – und dadurch auch den Speichernutzungsgrad von BTES

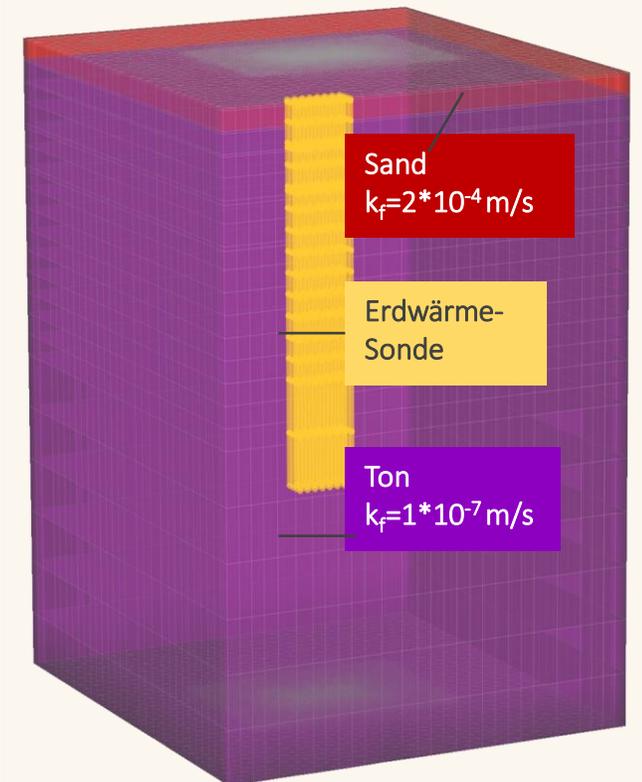
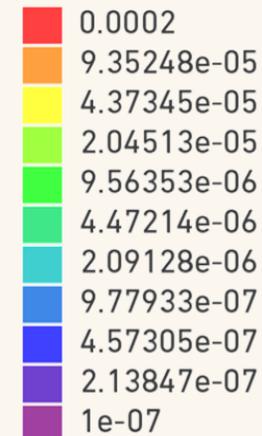
Voraussetzungen:

- Modell mit „4 auf 8 Sonden-Anordnung“, also 32 Erdwärmesonden (EWS) mit jeweils 4 m Abstand
- zugeführte Wassertemperatur im Sommer von 35 °C und im Winter von 4 °C
- Oberer Aquifer bis 10 m unter Geländeoberkante (u GOK), danach Ton
- EWS von 20 bis 200 m u GOK (Slice 5-23)
- Hydraulischer Gradient von 6,5 %
- EWS als 1D-line element implementiert

Erdwärmesonden des BTES:

- U-Sonden mit Standardmaßen
 - 150 mm Bohrdurchmesser
 - 32 mm Sondendurchmesser
- Konstanter Volumenstrom mit 10 m³/d je Sonde
- Vereinfachter Ansatz: ohne komplexe Verschaltung der EWS untereinander, jede EWS ein einzelner Kreislauf

Conductivity: K_xx
- Patches -
[m/s]



DER PLAN

GEBÄUDE & BRÜCKEN
STADTGRÜN & NATUR
WASSER

ENERGIE

Die urbane Energiewende
Strombedarf der Brücken
Heiz- und Kühlbedarf der Brücken
Photovoltaik als Quartiersstrom
Oberflächennahe Geothermie
Energie-Infrastruktur der Zukunft

TRANSPORT
STADTKLIMA - WELTKLIMA

KUNST & KULTUR
VERPACKUNG - INNOVATIV
ALTES NEULAND WELTWEIT

RECHT
FINANZEN
UMSETZUNG

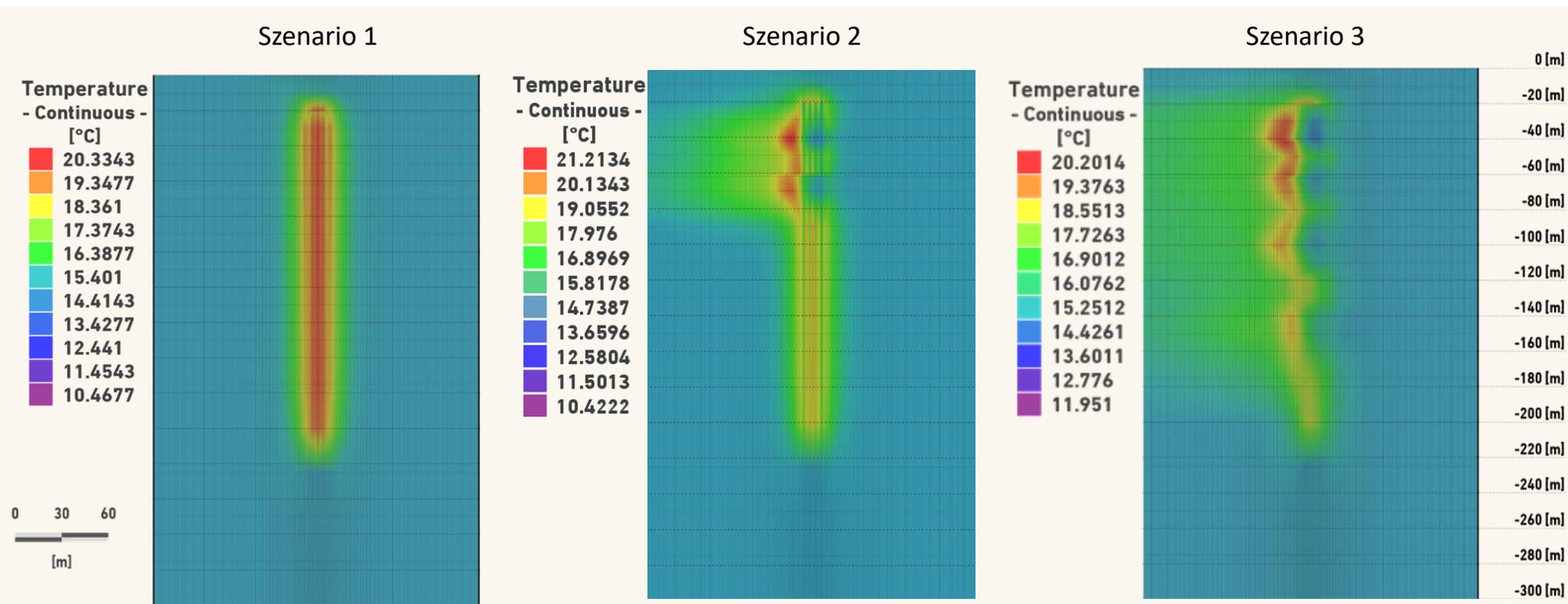
FACHINFORMATIONEN

SUCHE
DAS TEAM
KONTAKT & IMPRESSUM



Für die Abschätzung der Sondenfelder-Performance entlang der Frankfurter Brücken wurden drei Szenarien mit jeweils unterschiedlichen geologischen Gegebenheiten, die im Frankfurter Raum vorkommen, simuliert

1. Szenario 1 (S1): Idealer Fall für Speicherung in komplett durchgängiger Tonschicht mit hydraulischer Durchlässigkeit von $k_f = 10^{-7}$ m/s, somit kaum konvektive Wärmeverluste durch fließendes Grundwasser
2. Szenario 2 (S2): Ton von zwei Sandschichten ($k_f = 2 \cdot 10^{-4}$ m/s) mit 2 und 8 m Mächtigkeit unterbrochen, somit auf 5 % der Strecke erhöhte konvektive Wärmeverluste
3. Szenario 3 (S3): Ton von vier Sandschichten ($k_f = 2 \cdot 10^{-4}$ m/s) unterbrochen mit insgesamt 50 m Mächtigkeit, somit auf 25 % der Strecke erhöhte konvektive Verluste



Altes Neuland Frankfurt

DER PLAN

GEBÄUDE & BRÜCKEN

STADTGRÜN & NATUR

WASSER

ENERGIE

Die urbane Energiewende

Strombedarf der Brücken

Heiz- und Kühlbedarf der Brücken

Photovoltaik als Quartiersstrom

Oberflächennahe Geothermie

Energie-Infrastruktur der Zukunft

TRANSPORT

STADTKLIMA - WELTKLIMA

KUNST & KULTUR

VERPACKUNG - INNOVATIV

ALTES NEULAND WELTWEIT

RECHT

FINANZEN

UMSETZUNG

FACHINFORMATIONEN

SUCHE

DAS TEAM

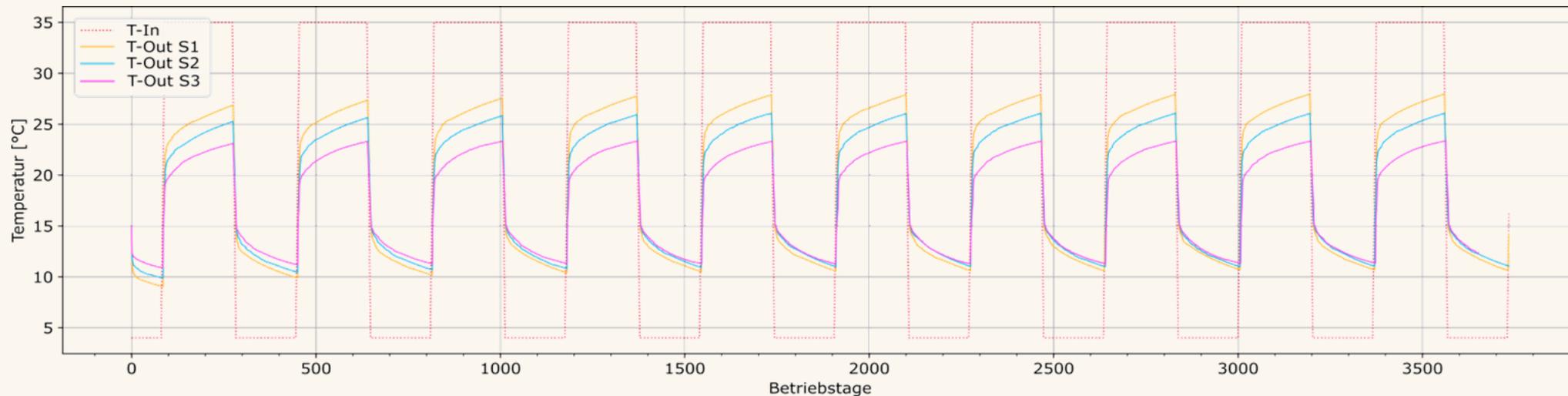
KONTAKT & IMPRESSUM



Die Modellergebnisse zeigen die Eintritts- und Austritts-Soletemperaturen innerhalb des 10-jährigen Betriebszeitraums. Die Eintrittstemperatur (T-In) wird für alle Szenarien auf 4 °C im Winter und 35 °C (Austrittstemperatur der PVT-Hybridkollektoren) im Sommer festgelegt. Bei allen Szenarien ist erkennbar, dass die Austrittstemperatur (T-Out) während der Wärmeversorgung (im Winter) sinkt und während der Speicherung (im Sommer) steigt.

Modellergebnisse von unterschiedlichen Szenarien: In- & Out-Temperaturen in EWS

- Die Outlet-Temperaturen sind bei zunehmenden konvektiven Verlusten in den Speicherphasen niedriger
- In den Entnahmephasen sind die Outlet-Temperaturen sehr ähnlich



Warum zeigt die Simulation ähnliche Outlet-Temperaturen im Winter? Obwohl bei S1 (nur Ton) der Temperaturgradient zum Speichervolumen im Vergleich zu S3 (viel Sand) höher ist, weil die gespeicherte Wärme nicht vom Grundwasser wegtransportiert wurde, sind dennoch gleichzeitig der Wärmeaustausch zwischen den Erdwärmesonden und das Speichervolumen geringer, da kaum konvektiver Wärmetransport stattfindet.



Bei allen Szenarien für die Sondenfelder entlang der Frankfurter Brücken steigt die entnommene Wärme nach den ersten Jahren an und erreicht ein Plateau, während die Menge der gespeicherten Energie einen umgekehrten Trend aufweist

Die Modellergebnisse zeigen die gespeicherte und entnommene Wärmeenergie in einem Betriebszeitraum von ca. 30 Jahren.

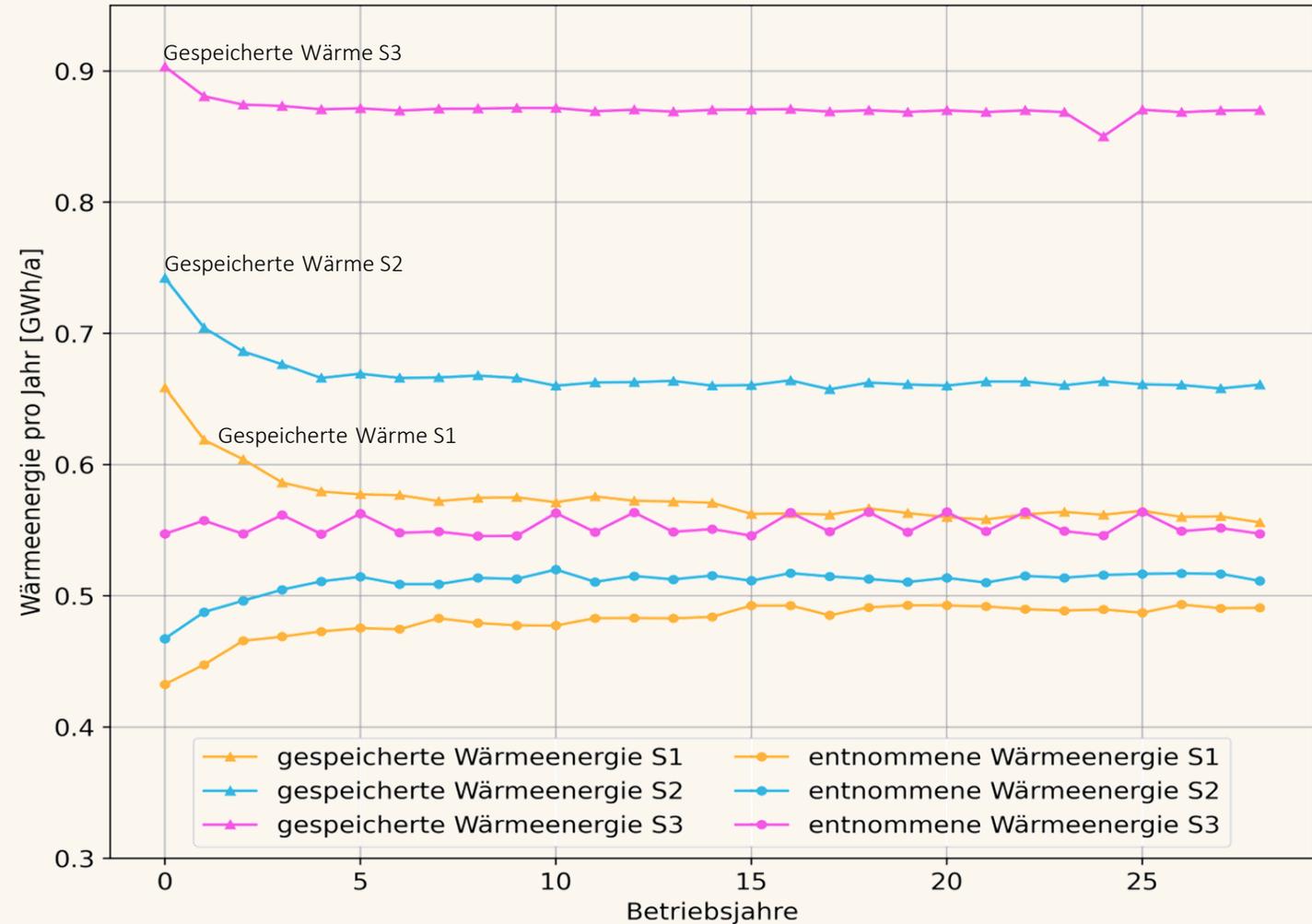
Bei den Szenarien mit Grundwasserströmung kann etwas mehr Energie entnommen werden, es wird aber auch deutlich mehr hineingesteckt.

Speichernutzungsgrad:

- S1: ~ 87 %
- S2: ~ 78 %
- S3: ~ 63 %

Konvektive Verluste haben signifikante Auswirkungen auf den Speichernutzungsgrad.

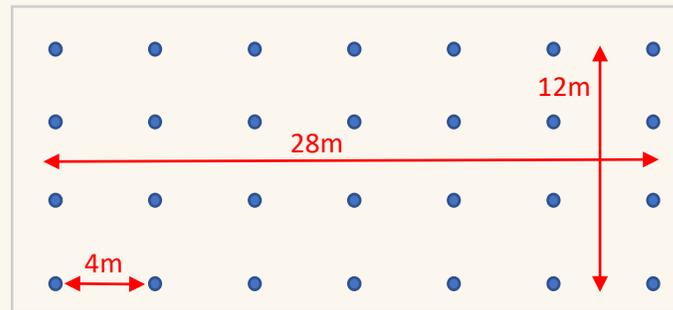
Der Speichernutzungsgrad ist deutlich niedriger, wenn man Verschaltung und Steuerung usw. berücksichtigt.



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

Laut simuliertem Modell werden 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.

650 MWh
Speichermenge
pro Sondenfeld



336 m²
Flächenbedarf
pro Sondenfeld

- (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.

DER PLAN

GEBÄUDE & BRÜCKEN

STADTGRÜN & NATUR

WASSER

ENERGIE

Die urbane Energiewende
Strombedarf der Brücken
Heiz- und Kühlbedarf der Brücken
Photovoltaik als Quartiersstrom
Oberflächennahe Geothermie
Energie-Infrastruktur der Zukunft

TRANSPORT

STADTKLIMA - WELTKLIMA

KUNST & KULTUR

VERPACKUNG - INNOVATIV ALTES NEULAND WELTWEIT

RECHT

FINANZEN UMSETZUNG

FACHINFORMATIONEN

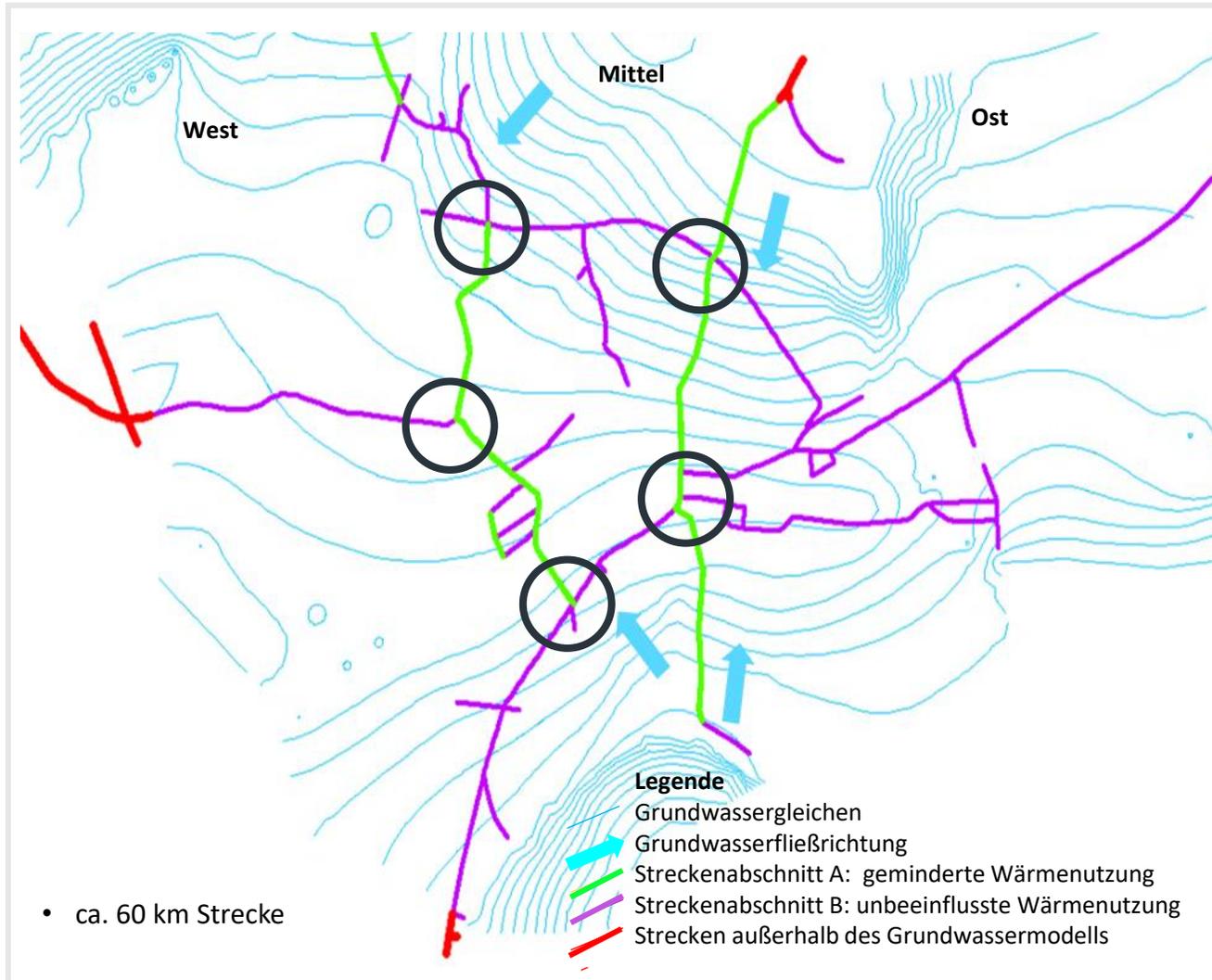
SUCHE

DAS TEAM

KONTAKT & IMPRESSUM



Die 130.000 m² Fläche für die Sondenfelder sollte ferner rund um die Kreuzungsbereiche der Brückenabschnitte angelegt werden, da dies energetisch günstiger ist: Von dort hat die Wärme kürzere Strecken zum Gesteinungs- aber auch zum Nutzungsort



Die beiden Streckenabschnitte A (die in Grundwasser-Fließrichtung liegen: grüne Linien) teilen die Brücken-Landschaft in drei Gebiete: Ost, Mittel und West.

Die Platzierung der Erdwärmesondenfelder erfolgt sinnvollerweise meistens um die Kreuzungen der Brückenverläufe herum (angezeigt durch schwarze Kreise):

Denn wenn die Wärme zwecks Speicherung immer nur bis zur nächsten Kreuzung geleitet werden muss (und vice versa bei der Entnahme), dann wird die Streckenlänge für Energietransporte verkürzt, die Wärmeverluste sind geringer und die Effizienz der Wärmespeicher ist damit höher.

Altes Neuland Frankfurt

DER PLAN

GEBÄUDE & BRÜCKEN STADTGRÜN & NATUR

WASSER

ENERGIE

Die urbane Energiewende
Strombedarf der Brücken
Heiz- und Kühlbedarf der Brücken
Photovoltaik als Quartiersstrom
Oberflächennahe Geothermie
Energie-Infrastruktur der Zukunft

TRANSPORT STADTKLIMA - WELTKLIMA

KUNST & KULTUR VERPACKUNG - INNOVATIV ALTES NEULAND WELTWEIT

RECHT FINANZEN UMSETZUNG

FACHINFORMATIONEN

SUCHE DAS TEAM KONTAKT & IMPRESSUM



Von den 15.000 Säulen der Brücken sind bei 12.750 die Pfähle mit Sonden versehen. Diese sind ebenso wie die Sondenfelder unter den Straßen an eine unterirdische Ringleitung angeschlossen, sodass Wärme weitergeleitet werden kann, wenn sie vor Ort nicht benötigt wird

Ca. ein bis zwei Meter unter der Erde, also in der frostfreien Zone, verläuft eine Ringleitung, an die sowohl die Sonden in den Säulenpfählen als auch die Erdwärme-Sondenfelder unter der Straßen angeschlossen sind. Durch diese besonders gut isolierten Verbindungsleitungen kann die erwärmte Sondenflüssigkeit immer dorthin fließen, wo sie gerade gebraucht wird. Abnehmer sind die Gebäude auf den Brücken, Gewächshäuser und Schwimmbäder neben den Brücken und in fernerer Zukunft auch Wohn- und Bürogebäude neben den Brücken.



Bei der Wärmeentnahme aus den Speichern wird die temperierte Sondenflüssigkeit bei Heizbedarf aus dem Boden hochgeleitet und – ebenso wie die Sole aus den PVT-Modulen – unterirdisch zum Keller der nächstgelegenen Versorgungszentrale geleitet

Die Sole der Solarthermie der Photovoltaikmodule läuft durch Leitungen entlang der Säulen bis hinunter in den Boden, um dort dann in einer gemeinsamen Verbindungsleitung zur Versorgungszentrale weiterzufließen.

Entweder wird sie (im Winter) dort zum Heizen genutzt oder zur Speicherung in den Boden weitergeleitet, um bei Bedarf wieder hochgeholt und zu den Versorgungszentralen geschickt zu werden. Dort wird die Wärme durch einen Wärmetauscher an die Leitungen abgegeben, die zu den Brücken-Gebäuden und anderen Abnehmern verlaufen.

Auch die Sondenflüssigkeit aus dem Boden, die durch die dort vorhandene Bodentemperatur von ca. 14 °C in den Brückenpfeiler-Sonden erwärmt wurde, steigt in den Brückenpfeilern bis zur Erdwärme-Ringleitung auf, die ca. 2 m unter dem Boden liegt, so dass sie frostfrei ist und auf dem Niveau des Kellers der Versorgungszentrale herauskommt, um dort genutzt zu werden.

Altes Neuland Frankfurt

DER PLAN

GEBÄUDE & BRÜCKEN

STADTGRÜN & NATUR

WASSER

ENERGIE

Die urbane Energiewende

Strombedarf der Brücken

Heiz- und Kühlbedarf der Brücken

Photovoltaik als Quartiersstrom

Oberflächennahe Geothermie

Energie-Infrastruktur der Zukunft

TRANSPORT

STADTKLIMA - WELTKLIMA

KUNST & KULTUR

VERPACKUNG - INNOVATIV

ALTES NEULAND WELTWEIT

RECHT

FINANZEN

UMSETZUNG

FACHINFORMATIONEN

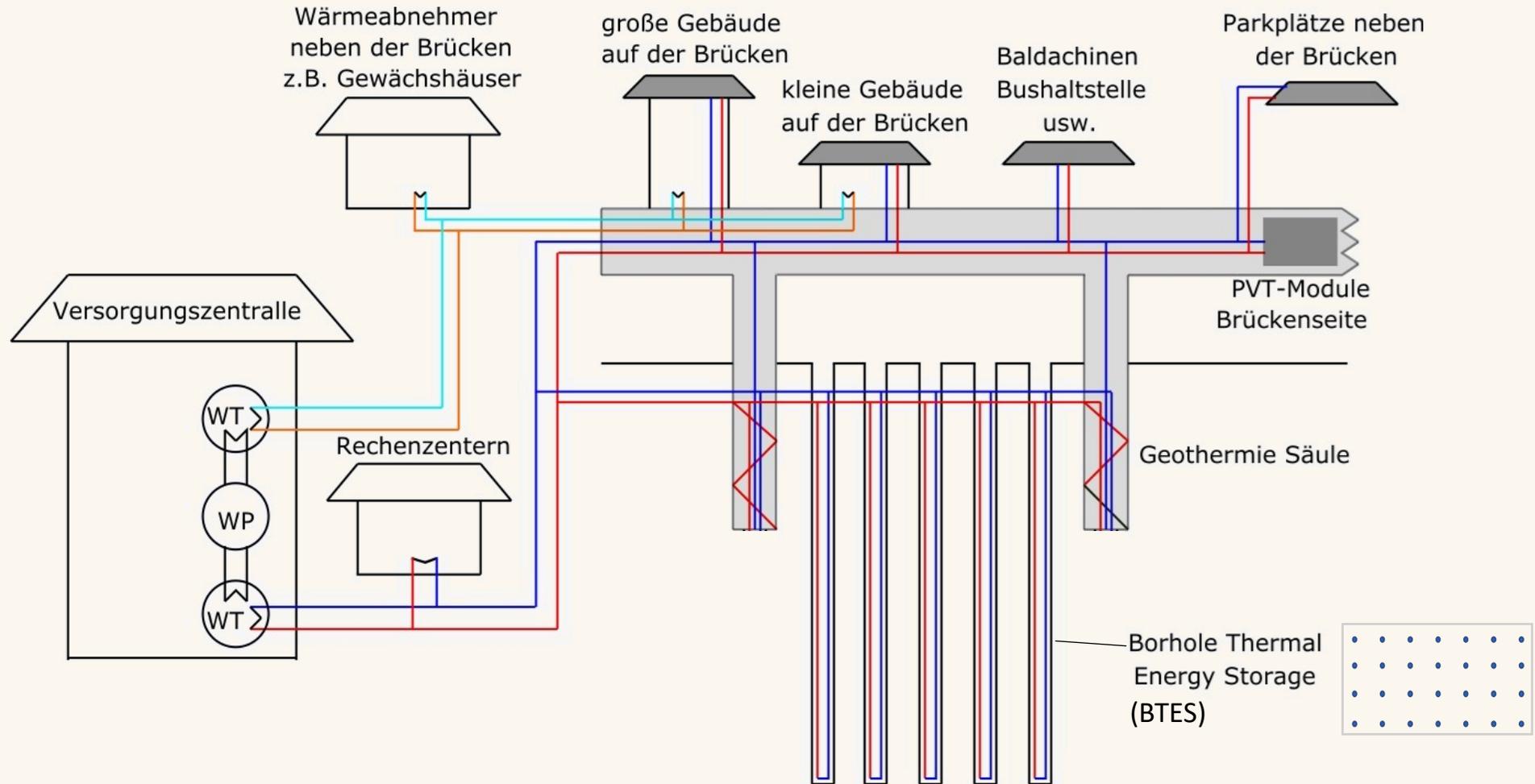
SUCHE

DAS TEAM

KONTAKT & IMPRESSUM



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 gutes Steuerungs- und Regelungssystem benötigt



Altes Neuland Frankfurt

DER PLAN

GEBÄUDE & BRÜCKEN STADTGRÜN & NATUR WASSER

ENERGIE

Die urbane Energiewende
Strombedarf der Brücken
Heiz- und Kühlbedarf der Brücken
Photovoltaik als Quartiersstrom
Oberflächennahe Geothermie
Energie-Infrastruktur der Zukunft

TRANSPORT STADTKLIMA - WELTKLIMA

KUNST & KULTUR VERPACKUNG - INNOVATIV ALTES NEULAND WELTWEIT

RECHT FINANZEN UMSETZUNG

FACHINFORMATIONEN

SUCHE DAS TEAM KONTAKT & IMPRESSUM



Wenn eines Tages weniger Fahrspuren benötigt werden und unter den Frankfurter Brücken Gebäude entstehen, können diese geothermisch mitversorgt werden

Da fast alle Stützen der Brücken geothermisch aktiviert sind, können eventuell in Zukunft entstehende weitere „Gebäude“ neben oder unter den Brücken energieeffizient mitgeheizt werden. Durch die an das System angeschlossenen Versorgungszentralen, die alle paar hundert Meter entlang der Brücke eingeplant sind, ist der Anschluss dieser zusätzlichen Gebäude unproblematisch.

DER PLAN

GEBÄUDE & BRÜCKEN
STADTGRÜN & NATUR
WASSER

ENERGIE

Die urbane Energiewende
Strombedarf der Brücken
Heiz- und Kühlbedarf der Brücken
Photovoltaik als Quartiersstrom
Oberflächennahe Geothermie
Energie-Infrastruktur der Zukunft

TRANSPORT
STADTKLIMA - WELTKLIMA

KUNST & KULTUR
VERPACKUNG - INNOVATIV
ALTES NEULAND WELTWEIT

RECHT
FINANZEN
UMSETZUNG

FACHINFORMATIONEN

SUCHE
DAS TEAM
KONTAKT & IMPRESSUM



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.

Altes Neuland

Frankfurt

DER PLAN

GEBÄUDE & BRÜCKEN
STADTGRÜN & NATUR
WASSER

ENERGIE

Die urbane Energiewende
Strombedarf der Brücken
Heiz- und Kühlbedarf der Brücken
Photovoltaik als Quartiersstrom
Oberflächennahe Geothermie
Energie-Infrastruktur der Zukunft

TRANSPORT

STADTKLIMA - WELTKLIMA

KUNST & KULTUR

VERPACKUNG - INNOVATIV
ALTES NEULAND WELTWEIT

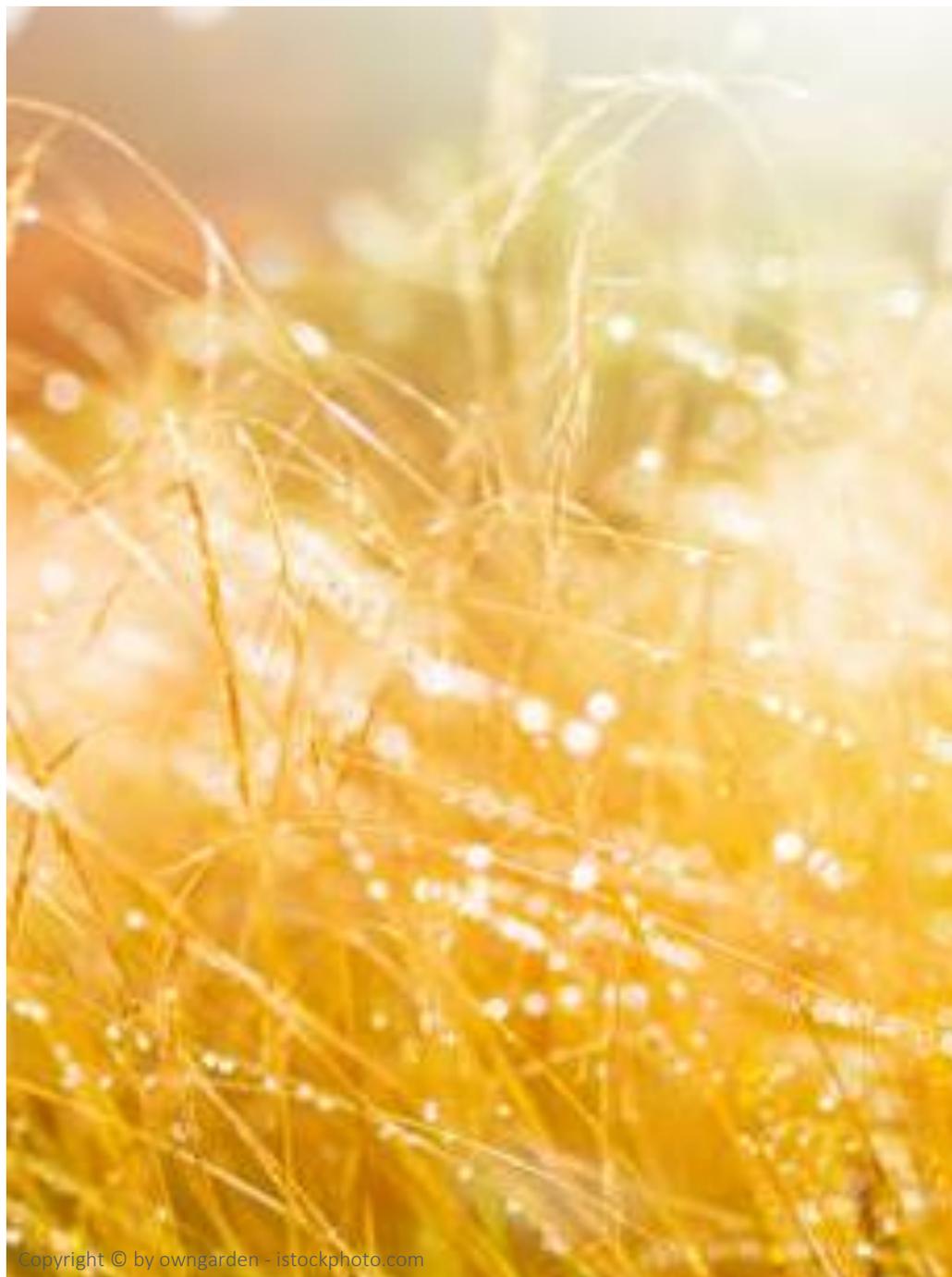
RECHT

FINANZEN
UMSETZUNG

FACHINFORMATIONEN

SUCHE

DAS TEAM
KONTAKT & IMPRESSUM



**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-Emissionen 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 der Errichtung einer Infrastruktur umweltfreundliche Systeme erneuerbarer Energieerzeugung gleich mitinstalliert werden.

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

Altes Neuland Frankfurt

DER PLAN

GEBÄUDE & BRÜCKEN
STADTGRÜN & NATUR
WASSER

ENERGIE

Die urbane Energiewende
Strombedarf der Brücken
Heiz- und Kühlbedarf der Brücken
Photovoltaik als Quartiersstrom
Oberflächennahe Geothermie
Energie-Infrastruktur der Zukunft

TRANSPORT

STADTKLIMA - WELTKLIMA

KUNST & KULTUR

VERPACKUNG - INNOVATIV
ALTES NEULAND WELTWEIT

RECHT

FINANZEN
UMSETZUNG

FACHINFORMATIONEN

SUCHE

DAS TEAM

KONTAKT & IMPRESSUM



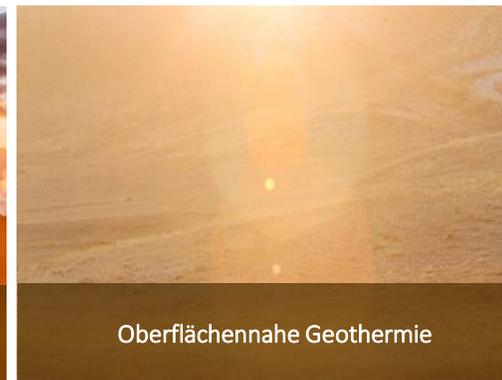
Das Ziel: die urbane Energiewende



Photovoltaik als Quartiersstrom



Heiz- und Kühlbedarf der Brücken



Oberflächennahe Geothermie



Die Energie-Infrastruktur der Zukunft



Die Brückenwelt



Nachhaltigkeit durch Technik



Die Co2-Bilanz der Brücken

MITWIRKENDE

Architektur

Geoinformation

Stadtklima - Weltklima

Wasser

Recht

Kritische Sparringspartner:

Bild & Foto

Grün & Natur

Statik

Verpackung

Finanzen

Professoren

Brücken

Kommunikation

Transport

Webpage & Design

Umsetzung

Fachleute

Energie

Kunst & Kultur

Technik & IT

Inspiratoren & Unterstützer

Die Energie-Infrastruktur der Zukunft

Altes Neuland Frankfurt

DER PLAN

GEBÄUDE & BRÜCKEN
STADTGRÜN & NATUR
WASSER

ENERGIE

Die urbane Energiewende
Strombedarf der Brücken
Heiz- und Kühlbedarf der Brücken
Photovoltaik als Quartiersstrom
Oberflächennahe Geothermie
Energie-Infrastruktur der Zukunft

TRANSPORT

STADTKLIMA - WELTKLIMA

KUNST & KULTUR

VERPACKUNG - INNOVATIV
ALTES NEULAND WELTWEIT

RECHT

FINANZEN
UMSETZUNG

FACHINFORMATIONEN

SUCHE

DAS TEAM
KONTAKT & IMPRESSUM



Die Frankfurter Brücken bilden die Infrastruktur der Zukunft ab: Mit ihrer Hilfe wird dezentral Energie erzeugt, und sie sorgen für Volatilitätsausgleich durch Verbrauch vor Ort sowie eine ausgefeilte Speicherlandschaft

Die mithilfe der Brücken gewonnene Energie liegt teils in Form von Strom vor und teils in Form von Wärme. Bei der Infrastruktur der Zukunft werden beide Energieströme in ihrem Zusammenspiel gesteuert und optimiert. Dazu wird ein ausgeklügeltes Steuerungssystem für die Frankfurter Brücken erschaffen, das vorbildlich ist für die Stadtquartiere der Zukunft.

DER PLAN

GEBÄUDE & BRÜCKEN

STADTGRÜN & NATUR

WASSER

ENERGIE

Die urbane Energiewende

Strombedarf der Brücken

Heiz- und Kühlbedarf der Brücken

Photovoltaik als Quartiersstrom

Oberflächennahe Geothermie

Energie-Infrastruktur der Zukunft

TRANSPORT

STADTKLIMA - WELTKLIMA

KUNST & KULTUR

VERPACKUNG - INNOVATIV

ALTES NEULAND WELTWEIT

RECHT

FINANZEN

UMSETZUNG

FACHINFORMATIONEN

SUCHE

DAS TEAM

KONTAKT & IMPRESSUM



Kapitelinhalt: Steuerung der erneuerbaren Energieweise für ein Smart-City Quartier wie die Frankfurter Brücken

Energiequellen und Energieverbraucher werden in ihrem Zusammenspiel auf den Frankfurter Brücken dargestellt.

Aufgrund der Sammlung von Energieüberschüssen, die die Frankfurter Brücken sowohl thermisch als auch elektrisch ermöglichen, weisen die Brücken selbst einen hohen Autarkiegrad auf und können den Rest der Stadt mit Energie mitversorgen. Voraussetzung dafür ist ein Speichersystem, das mit einer Batterielandschaft die kurzfristigen Engpässe überbrückt (Nächte, sonnenarme Tage) und mit Wasserstoffspeichern sowie geothermischen Sondenfeldern auch langfristige Speicherung für die Wintermonate vornehmen kann.

Darüber hinaus wird mit den Brücken ein Netzsystem aufgebaut, das dezentral anfallende Energie aufnehmen und entweder zum nächstgelegenen Verbraucher oder zum nächsten verfügbaren Speicher transportieren kann.

Die urbane Energiewende

Strombedarf der Brücken

Heiz- und Kühlbedarf der Brücken

Photovoltaik als Quartiersstrom

Oberflächennahe Geothermie

Energie-Infrastruktur der Zukunft



Historisch bedingt wird der größte Teil der Energie in Städten und Gemeinden kontinuierlich und zentral erzeugt

Große Energieerzeuger, wie beispielsweise Kohle- oder Gaskraftwerke, erzeugen Strom, der dann über ein Verteilernetz zum Endverbraucher geleitet wird. Das ist bei Atom-, Kohle- oder Gaskraftwerken und selbst bei Windkraftparks auch sinnvoll: Dezentrale Energieerzeugung im eigenen Haus war bis zur Verbreitung der Photovoltaik undenkbar – bzw. überholt, seit nicht mehr jeder ein Feuerchen am eigenen Herd entfacht oder ein Mühlrad durch den Bach hinterm Haus antreiben lässt.

Entsprechend sind die Verteilernetze der Städte nicht dafür ausgelegt, gleichzeitig Strom zu verteilen und permanent dezentral einzusammeln.

Die Herausforderung: Erzeugung von erneuerbarer Energie erfolgt meist dezentral und ist überdies extrem volatil

Bei zentralen Kraftwerken mit Verbrennungstechnik kann die Menge der erzeugten Energie je nach Bedarf höher oder niedriger geregelt werden, insbesondere bei Gaskraftwerken. Bei Photovoltaik fällt die erzeugte Energiemenge je nach Tages- und Jahreszeit oder Wetter unregelmäßig an.

Die fehlende Steuer- und Vorhersehbarkeit bedeutet für die CO₂-neutrale Stadt der Zukunft, dass elektrische Energie durch Pufferspeicher in großen Mengen gespeichert werden muss, damit sie für den Endverbraucher jederzeit verfügbar ist.

Die Smart City der Zukunft muss zwei Aufgaben bewältigen: eine Netzstruktur für dezentral anfallende Energie schaffen und die Energieversorgung bei volatil anfallenden Energiemengen steuern – für die Brücken wurde das beispielhaft modelliert

Altes Neuland Frankfurt

DER PLAN

GEBÄUDE & BRÜCKEN

STADTGRÜN & NATUR

WASSER

ENERGIE

Die urbane Energiewende

Strombedarf der Brücken

Heiz- und Kühlbedarf der Brücken

Photovoltaik als Quartiersstrom

Oberflächennahe Geothermie

Energie-Infrastruktur der Zukunft

TRANSPORT

STADTKLIMA - WELTKLIMA

KUNST & KULTUR

VERPACKUNG - INNOVATIV

ALTES NEULAND WELTWEIT

RECHT

FINANZEN

UMSETZUNG

FACHINFORMATIONEN

SUCHE

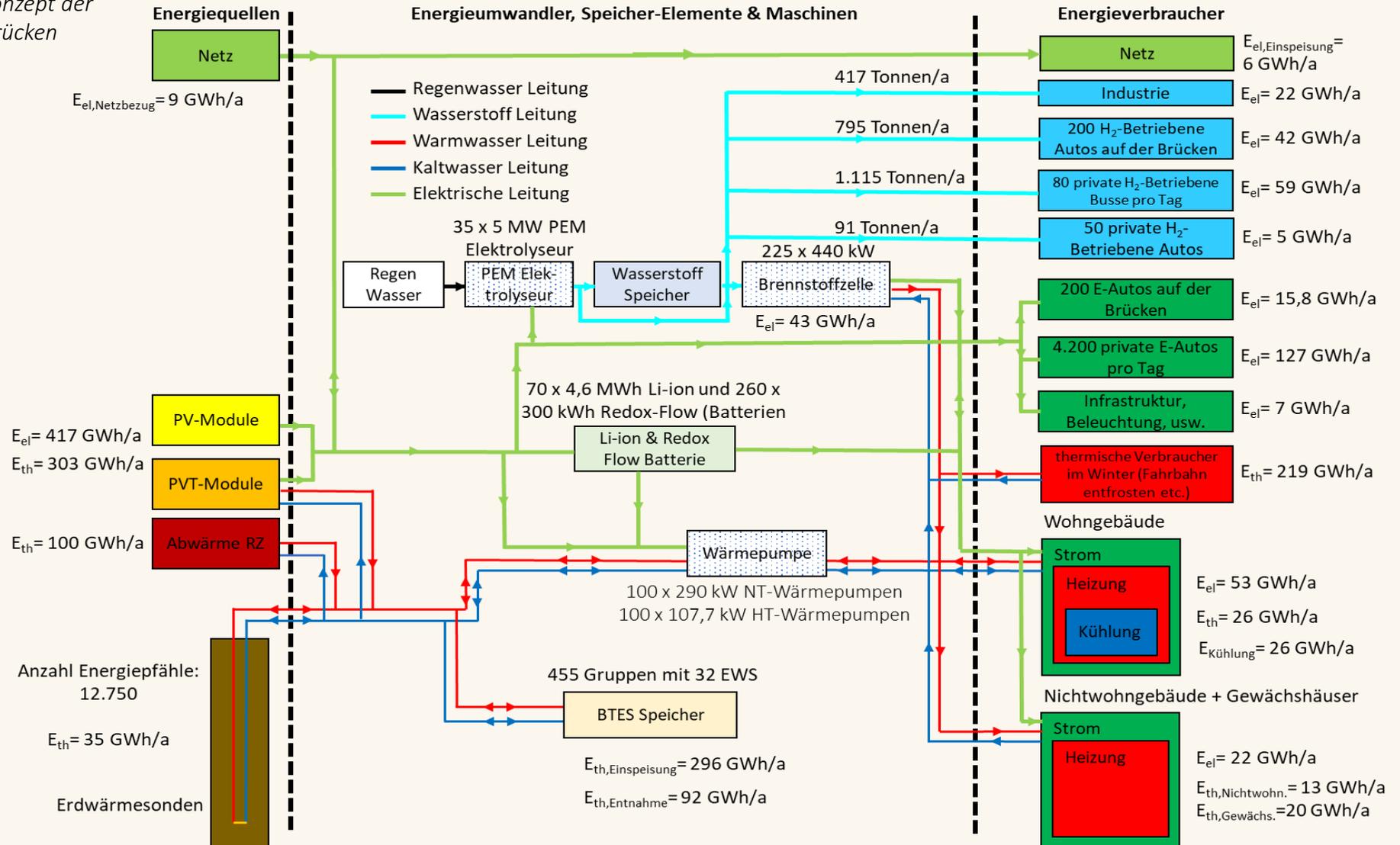
DAS TEAM

KONTAKT & IMPRESSUM



Bei der Infrastruktur der Zukunft werden Smart Cities – ähnlich wie die Frankfurter Brücken – interdisziplinär ein Controlling für das komplexe Zusammenspiel von dezentral und volatil erzeugter Energie etablieren

Das Energiekonzept der Frankfurter Brücken





Für die Frankfurter Brücken sind die drei Bereiche „Energiequellen“, „Energieumwandlung und -speicherung“ sowie „Energieverbraucher“ in die Gesamtsimulation eingeflossen

Das Energiekonzept der Frankfurter Brücken ist mittels Polysun simuliert worden

Energiequellen:

PV-Module: in 8 Richtungen (Süd, Süd-West, West usw.) mit Winkeln von 0, 37 und 90 Grad

PVT-Module: in Südrichtung mit optimalem Winkel

Erdwärmesonden: für Raumwärme

Energiequelle: Darstellung der Abwärme von Rechenzentren

Netz: Bei starkem Strombedarf wird der Netzstrom verbraucht (*falls umgekehrt ist das Netz ein Energieverbraucher*)

Energiespeicher:

Li-ion Batterien: 320 MWh Speicherkapazität

Redox-Flow Batterien: 80 MWh Speicherkapazität

Erdwärmesonden: als BTES Speicher

Energieverbraucher:

Elektrische Verbraucher: für Wohn- und Nichtwohngebäude, Brücken-Infrastruktur (Beleuchtung, Bewässerung usw.), Elektro-Fahrzeuge, Wasserstoff-Produktion

Schwimmbäder: als thermische Verbraucher

Gebäude: für die Raumwärme der Wohn- und Nichtwohngebäude und Gewächshäuser

Energiesenke, -quelle: Darstellung der Wohngebäude während Raumkühlung

Einrichtungen:

Wärmepumpen: für Raumwärme und -kühlung

Blockheizkraftwerk: als Brennstoffzellen zwecks Back-up für verstärkten Energiebedarf im Winter

Steuerung: Controlling der gesamten Systeme



Parameter, Randbedingungen sowie Voraussetzungen für die Modellierung des Energiekonzeptes der Frankfurter Brücken

Um die sehr komplexe Simulation nicht zu aufwendig zu gestalten, ist sie für 1 % der gesamten Energie der Brücken als repräsentativen Teilausschnitt für 100 % der Energie durchgeführt worden. Dementsprechend berücksichtigt die Simulation lediglich zwei statt der 200 Versorgungszentralen, die es an den Frankfurter Brücken gibt. Die Simulationszeitschritte betragen je 1 Stunde über die Periode eines Jahres hinweg. Der Simulations-Vorlauf ist mit 270 Tagen angesetzt, um die Speicher-Effekte für die BTES genauer zu simulieren.

Genutzt werden Hochtemperatur-Wärmepumpen, die mit der Abwärme von Rechenzentren und Solarwärme gekoppelt sind, während Niedrigtemperatur-Wärmepumpen für die Kopplung mit Erdwärme eingesetzt werden.

Die Wärme aus PVT-Modulen sowie die Abwärme von Rechenzentren werden von April bis September im BTES gespeichert und von Oktober bis März entnommen bzw. verbraucht.

Um die Wärme aus Brennstoffzellen effizienter nutzen zu können, sind die Brennstoffzellen nur im Winter bei starkem Energiebedarf im Betrieb.

Die Schwimmbäder sind als beispielhafte thermische Energieverbraucher genannt, da ein Mehrfaches des Brückenverbrauchs an thermischer Energie generiert bzw. gespeichert wird und dafür Abnehmer gefunden werden müssen, damit die gespeicherte Wärme sich über die Jahre hinweg nicht im Boden kumuliert und diesen sowie das Grundwasser aufheizt. In ferner Zukunft allerdings, wenn die Gebäude entlang der Brücken Sanierungszyklen durchlaufen haben, kann diese Wärme dann zu Wärmepumpen dieser Gebäude geleitet werden.

Im Sommer wird die Wärme aus Kühldecken in den Dachetagen der Wohngebäude zwecks Regeneration nach unten in den Boden geschickt. Im Winter wird ergänzend ebenfalls ein Teil der überschüssigen thermischen Energie aus PVT-Modulen zu regenerativen Zwecken in den Untergrund geführt, allerdings temperaturgesteuert und nur dann, wenn die Sole-Temperatur der PVT-Module niedriger als 30 °C ist, da die Erdwärmespeicher in den Säulenpfählen (anders als die viel tiefer reichenden Sondenfelder) ansonsten Gefahr laufen, das Erdreich und das Grundwasser übermäßig aufzuheizen.

Altes Neuland Frankfurt

DER PLAN

GEBÄUDE & BRÜCKEN

STADTGRÜN & NATUR

WASSER

ENERGIE

Die urbane Energiewende

Strombedarf der Brücken

Heiz- und Kühlbedarf der Brücken

Photovoltaik als Quartiersstrom

Oberflächennahe Geothermie

Energie-Infrastruktur der Zukunft

TRANSPORT

STADTKLIMA - WELTKLIMA

KUNST & KULTUR

VERPACKUNG - INNOVATIV

ALTES NEULAND WELTWEIT

RECHT

FINANZEN

UMSETZUNG

FACHINFORMATIONEN

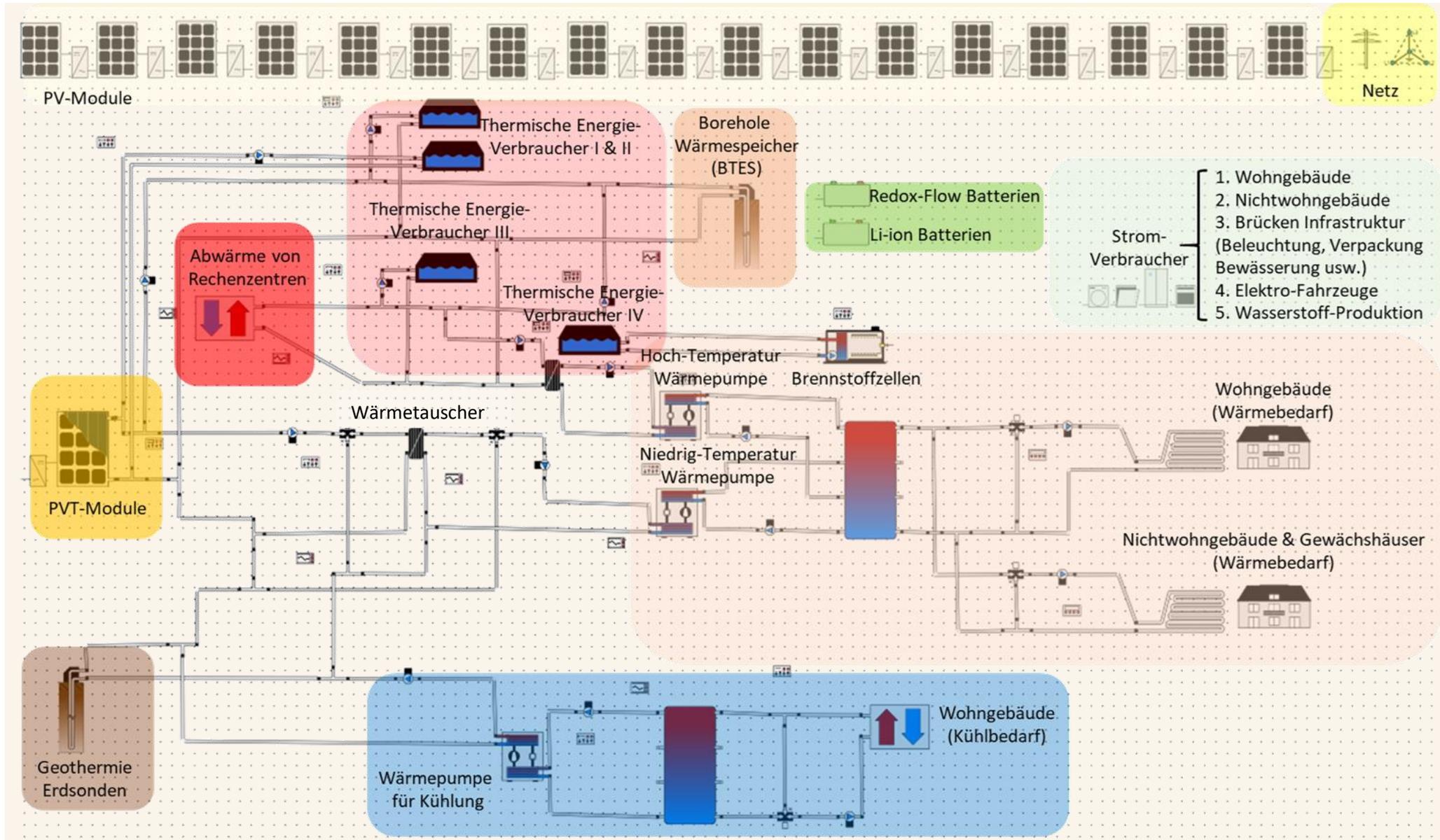
SUCHE

DAS TEAM

KONTAKT & IMPRESSUM



Bei der Modellierung des Energiekonzeptes der Frankfurter Brücken wurden elektrische und thermische Komponenten berücksichtigt



Altes Neuland Frankfurt

DER PLAN

GEBÄUDE & BRÜCKEN
STADTGRÜN & NATUR
WASSER

ENERGIE

Die urbane Energiewende
Strombedarf der Brücken
Heiz- und Kühlbedarf der Brücken
Photovoltaik als Quartiersstrom
Oberflächennahe Geothermie
Energie-Infrastruktur der Zukunft

TRANSPORT

STADTKLIMA - WELTKLIMA

KUNST & KULTUR

VERPACKUNG - INNOVATIV
ALTES NEULAND WELTWEIT

RECHT

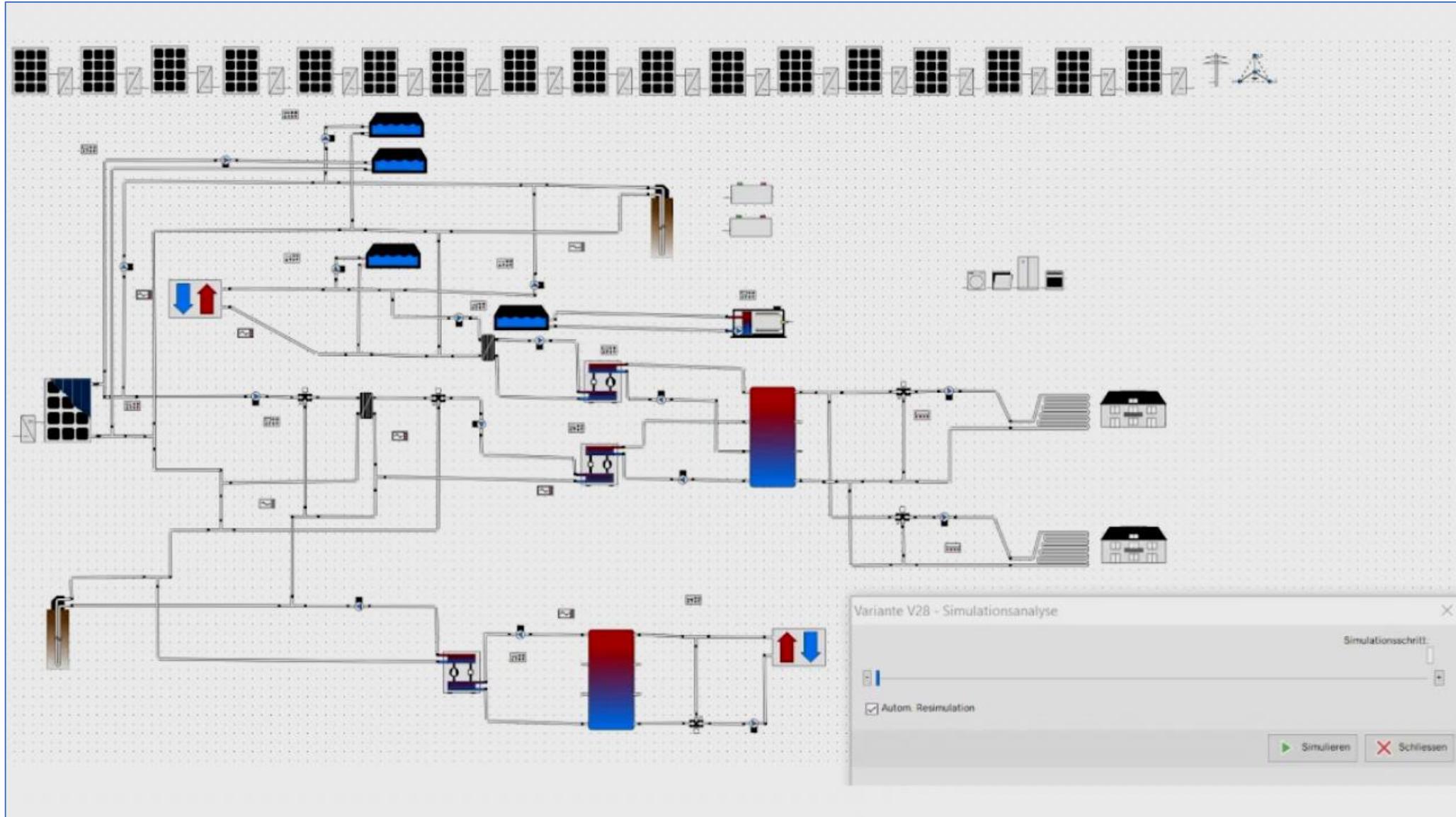
FINANZEN
UMSETZUNG

FACHINFORMATIONEN

SUCHE
DAS TEAM
KONTAKT & IMPRESSUM



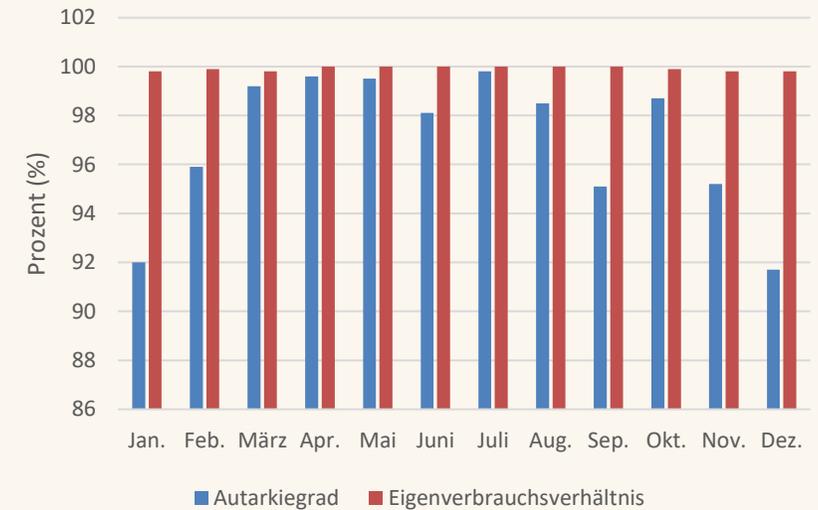
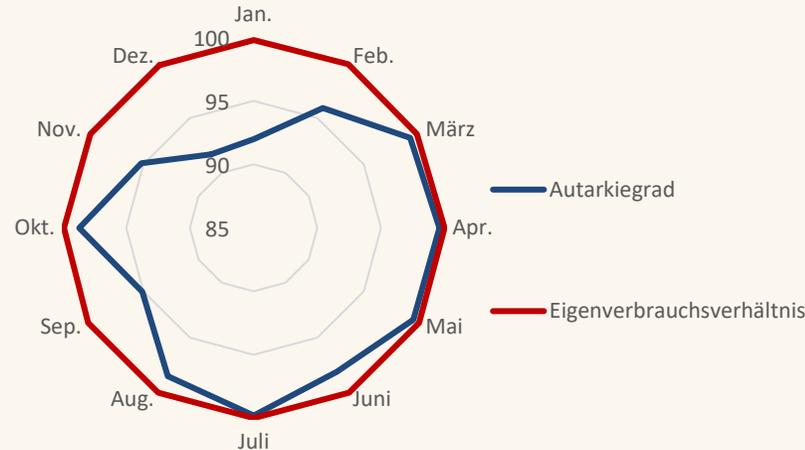
Um belastbare Aussagen zu machen, wurde eine Simulation auf Stundenbasis für den Zeitraum eines Jahres vorgenommen



Das Ergebnis: Die Frankfurter Brücken weisen einen hohen Autarkiegrad und ein fast 100 prozentiges Eigenverbrauchsverhältnis auf

Im Sommer, wenn photovoltaischer Strom mithilfe der Frankfurter Brücken im Überfluss produziert bzw. eingesammelt wird, liegt der Autarkiegrad der Brücken bei fast 100 %. Lediglich im Winter sind die Brücken auf den Bezug von Strom aus dem Netz angewiesen – allerdings mit weniger als 10 % ihres Bedarfes. Das Eigenverbrauchsverhältnis liegt das ganze Jahr über bei fast 100 %, da die Brücken stets sämtliche erzeugte Energie entweder selbst verbrauchen oder an andere Nutzer in der Nähe zum direkten Verbrauch abgeben.

Autarkiegrad: Verhältnis zwischen Eigenversorgung und gesamtem Verbrauch
Eigenverbrauchsverhältnis: Verhältnis von Eigenverbrauch zu Eigenstromproduktion



Übersicht Simulationsresultate

Autarkiegrad und Eigenverbrauchsverhältnis

Name	Einheit	Autarkiegrad und Eigenverbrauchsverhältnis												
		Jahr	Jan.	Feb.	März	Apr.	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sep.	Okt.	Nov.	Dez.
Autarkiegrad	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
Eigenverbrauchsverhältnis	GWh	99,9	99,8	99,9	99,8	100	100	100	100	100	100	99,9	99,8	99,8

Der hohe Autarkiegrad der Brücken kann nur dadurch erreicht werden, dass die großen Mengen an volatil anfallender Energie gespeichert werden: In Batterien für die Nacht oder für kurze sonnenarme Phasen und in Wasserstoff für den Winter



Elektrische Resultate der Simulation im Jahresüberblick

Elektrische Resultate (Jahreswerte)														
Name	Einheit	Jahr	Jan	Feb	März	Apr	Mai	Juni	Juli	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
Autarkiegrad	%	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
Eigenverbrauchsverhältnis	%	99,9	99,8	99,9	99,8	100	100	100	100	100	100	99,9	99,8	99,8
Einstrahlung in Modulebene	GWh	1.957	71	94	161	223	240	244	251	229	185	126	74	60
Verschmutzungsverluste	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
Mismatchingverluste	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
Degradationsverluste	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
Kabelverluste	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
Ertrag Photovoltaik DC	GWh	414	15	20	35	48	51	51	52	48	39	27	16	13
Ertrag Photovoltaik AC	GWh	392	15	19	33	45	48	49	50	45	37	25	15	12
Eigenverbrauch	GWh	414	19	22	34	45	48	49	50	45	37	28	20	18
Direktverbrauch	GWh	339	15	16	25	38	41	42	43	38	30	22	15	13
Netzeinspeisung	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
Netzbezug	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
Erzeugte elektr. Energie Brennstoffzelle (AC)	GWh	22	5	3	1	0	0	0	0	0	0	3	5	6
C02 Einsparung	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
Spezifischer Jahresertrag	kWh/kWp	949	35,3	46,6	79,6	109	115	118	121	109	89	61,2	36,1	29,5
Eigenstromproduktion	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
Gesamter Stromverbrauch	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

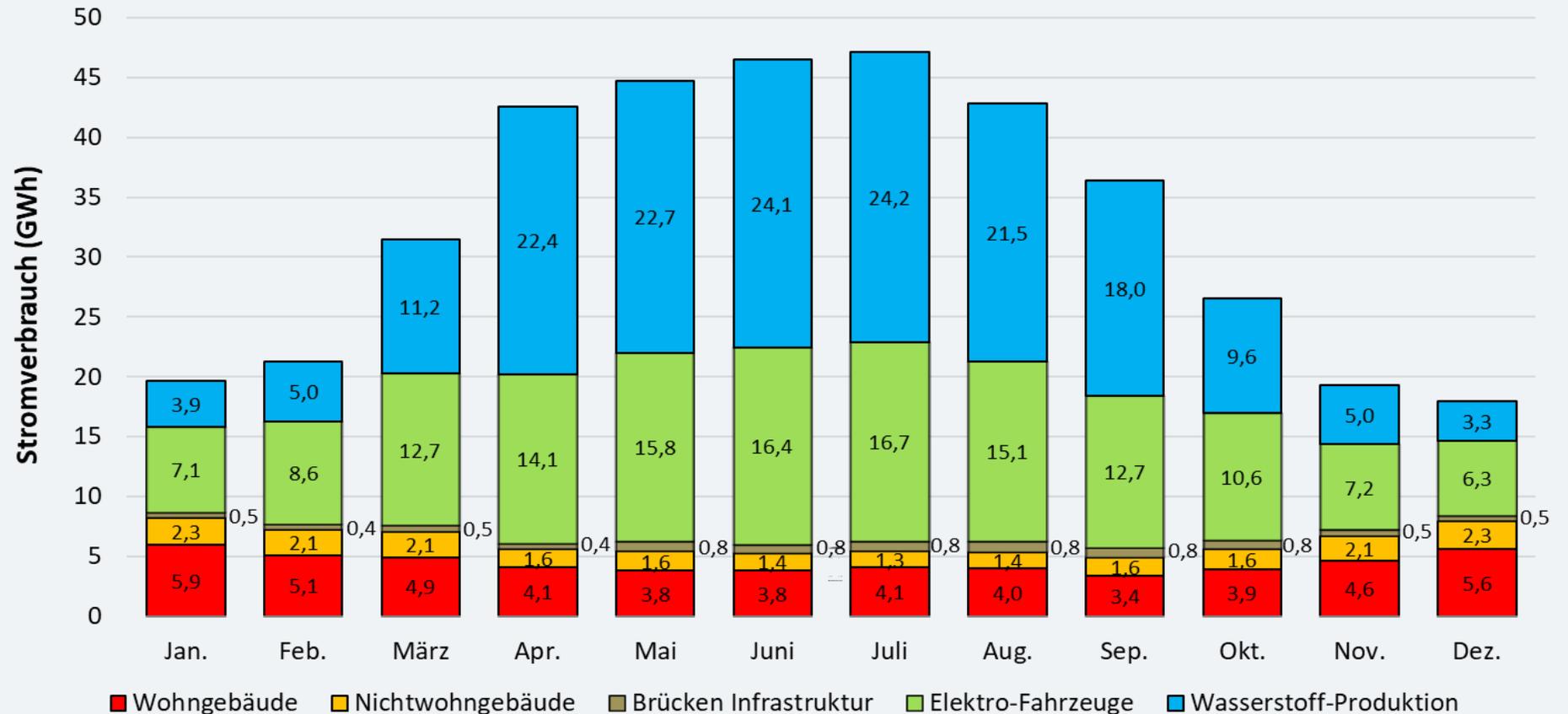


Thermische Resultate der Simulation im Jahresüberblick

Thermische Resultate (Jahreswerte)														
Name	Einheit	Jahr	Jan	Feb	März	Apr	Mai	Juni	Juli	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
Einstrahlung in PVT-Kollektorebene	GWh	703	27	34	58	81	85	86	88	82	67	46	28	22
Solarthermische Energie an das System	GWh	306	45	62	166	281	393	471	535	500	316	186	70	37
gespeicherte thermische Energie vom PVT-Kollektor	GWh	252	0	0	0	28	39	48	54	51	32	0	0	0
Erdwärme	GWh	36	7	6	4	3	1	0	0	0	1	3	5	7
Abwärme von Rechenzentren	GWh	101	9	8	9	8	8	8	8	8	8	9	9	9
entnommene Wärme durch Kühlung	GWh	27	0	0	0	1	3	6	8	7	2	0	0	0
Energie der Wärmeerzeuger an das System	GWh	242	25	21	18	14	17	22	26	24	14	17	21	25
Nutzenergie	GWh	277	43	43	57	4	2	1	0	0	1	44	39	44
erzeugte Wärme durch Wärmepumpen für Raumwärme	GWh	59	11	9	8	4	2	1	0	0	1	4	7	10
Gesamter Wärmebedarf für Raumwärme	GWh	60	11	9	8	4	2	1	0	0	2	4	7	11
Pumpenabwärme an das System	GWh	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Wärmeverlust an Innenraum	GWh	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Blockheizkraftwerksabgasverluste	GWh	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Solarer Deckungsanteil: Einstrahlung in die Kollektorebene	%	92	69	82	94	99	99	99	98	99	99	87	71	62
Strom-Verbrauch der Wärmepumpen	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
verfügbare Wärme aus PVT-Module im Winter	GWh	51	3	5	15	0	0	0	0	0	0	18	6	3
verfügbare Wärme aus BTES im Winter	GWh	92	15	17	24	0	0	0	0	0	0	10	12	16
verfügbare Wärme aus Abwärme von Rechenzentren im Winter	GWh	56	9	9	10	0	0	0	0	0	0	9	9	10
verfügbare Wärme aus Brennstoffzelle im Winter	GWh	20	4	3	1	0	0	0	0	0	0	3	4	5
Gesamter Brennstoff-Verbrauch	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
Gesamter Brennstoff-Verbrauch	GWh	44	10	6	2	0	0	0	0	0	0	6	10	11
Gesamter Fernwärmeverbrauch	GWh	132	9	9	10	9	11	14	16	15	10	9	9	10
Max vermiedene CO2-Emission	Tonnen	99	2	3	8	12	11	13	15	14	8	6	3	2

Ein Großteil der mithilfe der Brücken erzeugten Energie wird in Form von Wasserstoff gespeichert – formal wird hier der Wasserstoffproduktion ein entsprechender „Stromverbrauch“ zugeschrieben

Auch im Winter werden Überschüsse aus photovoltaischer Stromerzeugung in die Produktion von Wasserstoff gesteckt – natürlich in deutlich geringerem Umfang als im Sommer



DER PLAN

GEBÄUDE & BRÜCKEN
STADTGRÜN & NATUR
WASSER

ENERGIE

Die urbane Energiewende
Strombedarf der Brücken
Heiz- und Kühlbedarf der Brücken
Photovoltaik als Quartiersstrom
Oberflächennahe Geothermie
Energie-Infrastruktur der Zukunft

TRANSPORT
STADTKLIMA - WELTKLIMA

KUNST & KULTUR
VERPACKUNG - INNOVATIV
ALTES NEULAND WELTWEIT

RECHT
FINANZEN
UMSETZUNG

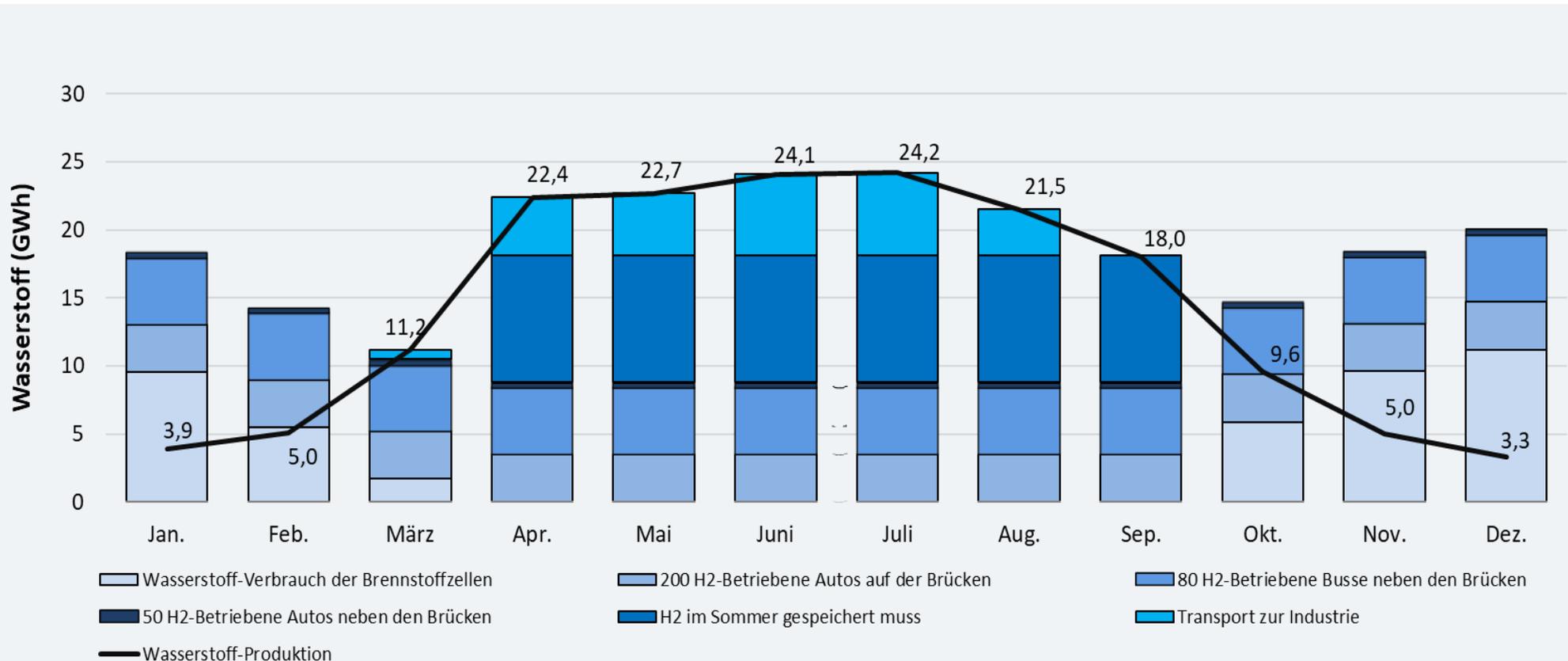
FACHINFORMATIONEN

SUCHE
DAS TEAM
KONTAKT & IMPRESSUM



Der produzierte Wasserstoff kann für die Fahrzeuge auf und neben den Brücken verwendet werden und zudem im Winter die Stromproduktion sicherstellen

Der größte Anteil des erzeugten Stroms (ca. 171 GWh/a) wird zur Wasserstoff-Produktion verwendet: Damit können zum einen ganzjährig H₂-betriebene Fahrzeuge auf und entlang der Brücken versorgt werden. Zum anderen wird damit der Überschuss an erzeugtem Strom im Sommer in Form von Wasserstoff „gespeichert“, so dass im Winter bei geringerer Sonneneinstrahlung stets ein Energieträger da ist, der für Ausgleich sorgen kann.



Frei für weitere Verwendung –z.B. Weiterleitung zu Wasserstofftankstellen

DER PLAN

GEBÄUDE & BRÜCKEN

STADTGRÜN & NATUR

WASSER

ENERGIE

Die urbane Energiewende
Strombedarf der Brücken
Heiz- und Kühlbedarf der Brücken
Photovoltaik als Quartiersstrom
Oberflächennahe Geothermie
Energie-Infrastruktur der Zukunft

TRANSPORT

STADTKLIMA - WELTKLIMA

KUNST & KULTUR

VERPACKUNG - INNOVATIV ALTES NEULAND WELTWEIT

RECHT

FINANZEN UMSETZUNG

FACHINFORMATIONEN

SUCHE DAS TEAM KONTAKT & IMPRESSUM



3.240 Tonnen Wasserstoff werden p.a. mit den 171 GWh überschüssigem Strom hergestellt: Für die Speicherung dieser Mengen mit 350 bar in unterirdischen Tanks wird ein Speichervolumen von 135.000 m³ benötigt

Um die 3.240 Tonnen Wasserstoff in PEM-Elektrolyseuren herzustellen, werden 52.000 m³ Wasser benötigt. Als Wasserquelle können ca. 3 bis 4 % des Regenwassers, das in den Zisternen unter den Brücken gesammelt bzw. gespeichert wird, verwendet werden.

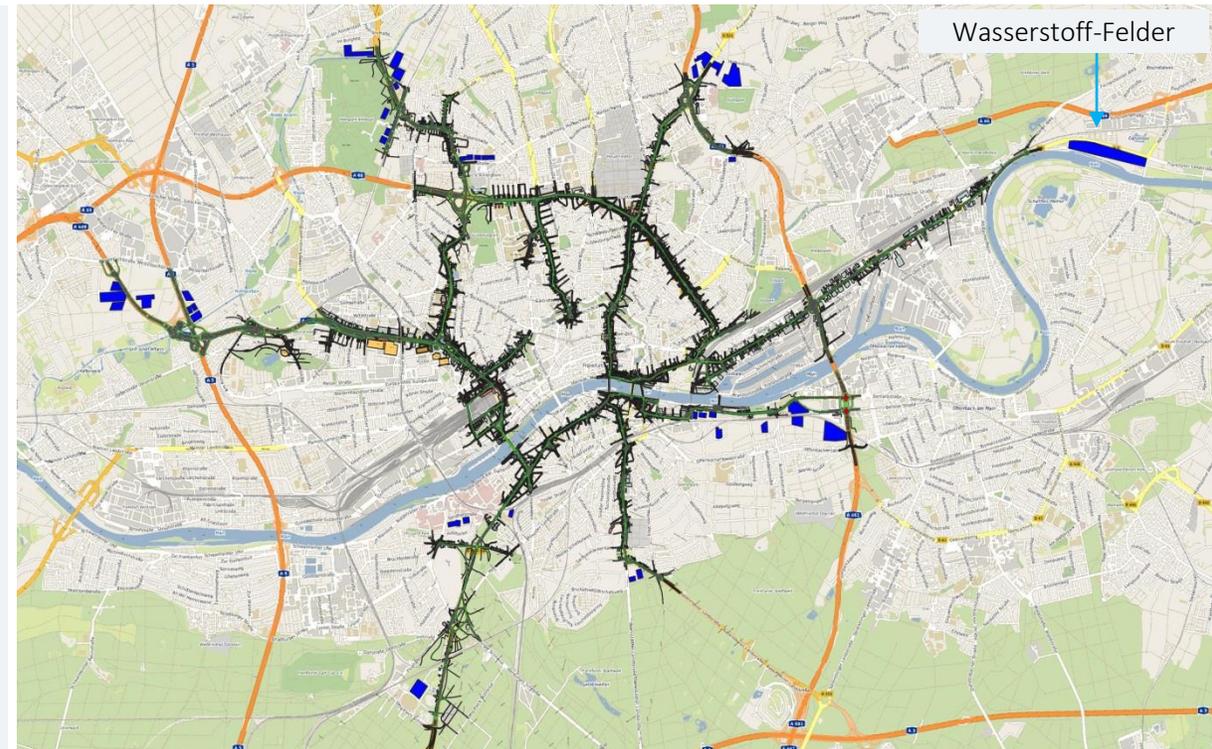
Da der Platzbedarf für 3.240 Tonnen Wasserstoff selbst bei 350 bar vergleichsweise groß ist, wurden 42 Ackerflächen und Sportfelder mit insgesamt 840.000 m² Fläche neben den 7 Armen der Brücken identifiziert, die für Wasserstofferzeugung sowie -speicherung in Frage kämen – benötigt werden allerdings nur 20.000 m². Die Nutzung dieser Flächen wird durch eine Installation der Wassertanks samt PEM-Elektrolyseur in 2 bis 3 Metern Tiefe nicht beeinträchtigt – entsprechend attraktiv ist es für die Flächenbesitzer, ihren Untergrund für so eine Infrastruktur zu „verpachten“, von der sie kaum etwas mitbekommen.

Für jeden Außenarm der Brücken ist eine „Wasserstoffstation“ vorgesehen, an der Wasserstoff produziert und gespeichert wird – in Summe gibt es also 7 Wasserstoffstationen an den Frankfurter Brücken.

Der Wasserstoff wird an den Außenarmen produziert, sein Verbrauch hingegen findet verteilt statt:

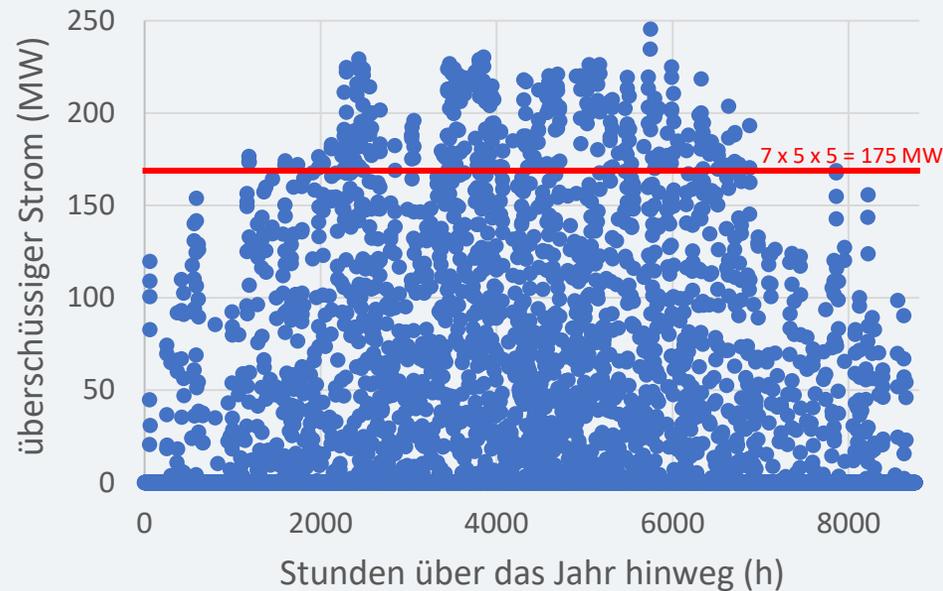
- durch Wasserstoffautos auf den bzw. entlang der Brücken,
- durch Brennstoffzellen (zwecks Stromproduktion im Winter) in den Versorgungszentralen.

Dort kann er durch das Wasserstoffleitungssystem der Brücken hingeleitet werden.



Um 90 % des überschüssigen Stroms im Sommer in Wasserstoff umwandeln zu können, werden pro Wasserstoffstation an den Außenarmen der Brücken 5 Elektrolyseur-Stacks mit je 5 MW benötigt

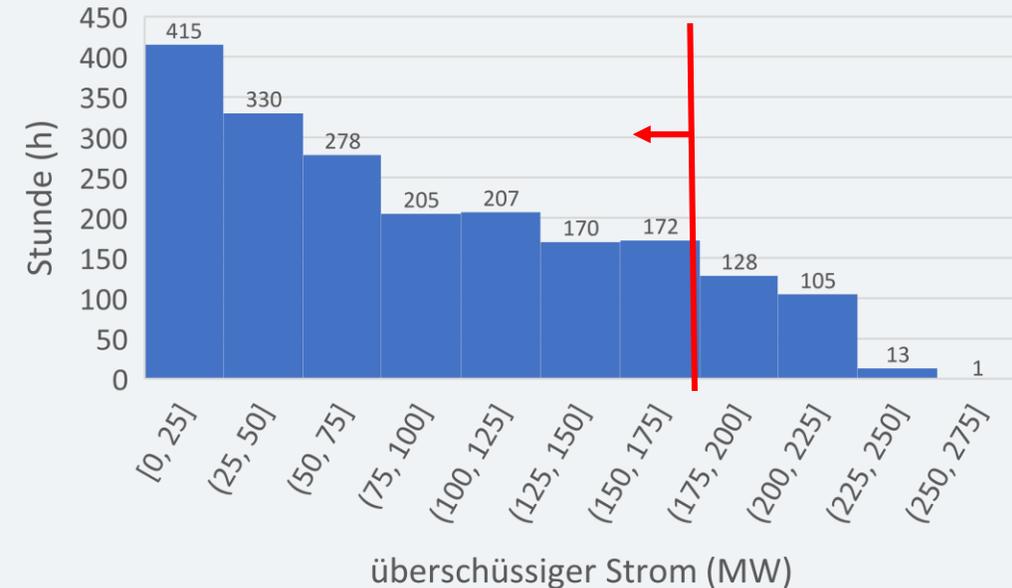
Überschüssiger Strom für Wasserstoff-Produktion (MW)



Für die stundenweise Betrachtung des Stroms wurde als 0-Wert der Wert am 1.1. um 00:00 Uhr angesetzt.

Viele Stunden im Sommer sind die Elektrolyseure mit voller Leistung (175 MW) im Betrieb und erzeugen 3,3 Tonnen Wasserstoff pro Stunde. Die Obergrenze liegt bei 175 MW, ab dann wird der Stromüberschuss ins Netz eingespeist.

Histogramm von überschüssigem Strom für Wasserstoff-Produktion (MW)



Während 415 Stunden der jährlichen Betriebszeit (ca. 2.000 Stunden) stehen weniger als 25 MW Strom für die Wasserstoff-Produktion zur Verfügung. Im oberen Bereich des Überschusses ist die Stundenzahl pro Jahr für 175 MW Stromüberschuss prägnant. Um diese 175 MW (wenn auch nur temporär) zu verarbeiten, benötigt jede Wasserstoffstation 5 Stacks eines 5 MW PEM-Elektrolyseurs.

DER PLAN

GEBÄUDE & BRÜCKEN
STADTGRÜN & NATUR
WASSER

ENERGIE

Die urbane Energiewende
Strombedarf der Brücken
Heiz- und Kühlbedarf der Brücken
Photovoltaik als Quartiersstrom
Oberflächennahe Geothermie
Energie-Infrastruktur der Zukunft

TRANSPORT
STADTKLIMA - WELTKLIMA

KUNST & KULTUR
VERPACKUNG - INNOVATIV
ALTES NEULAND WELTWEIT

RECHT
FINANZEN
UMSETZUNG

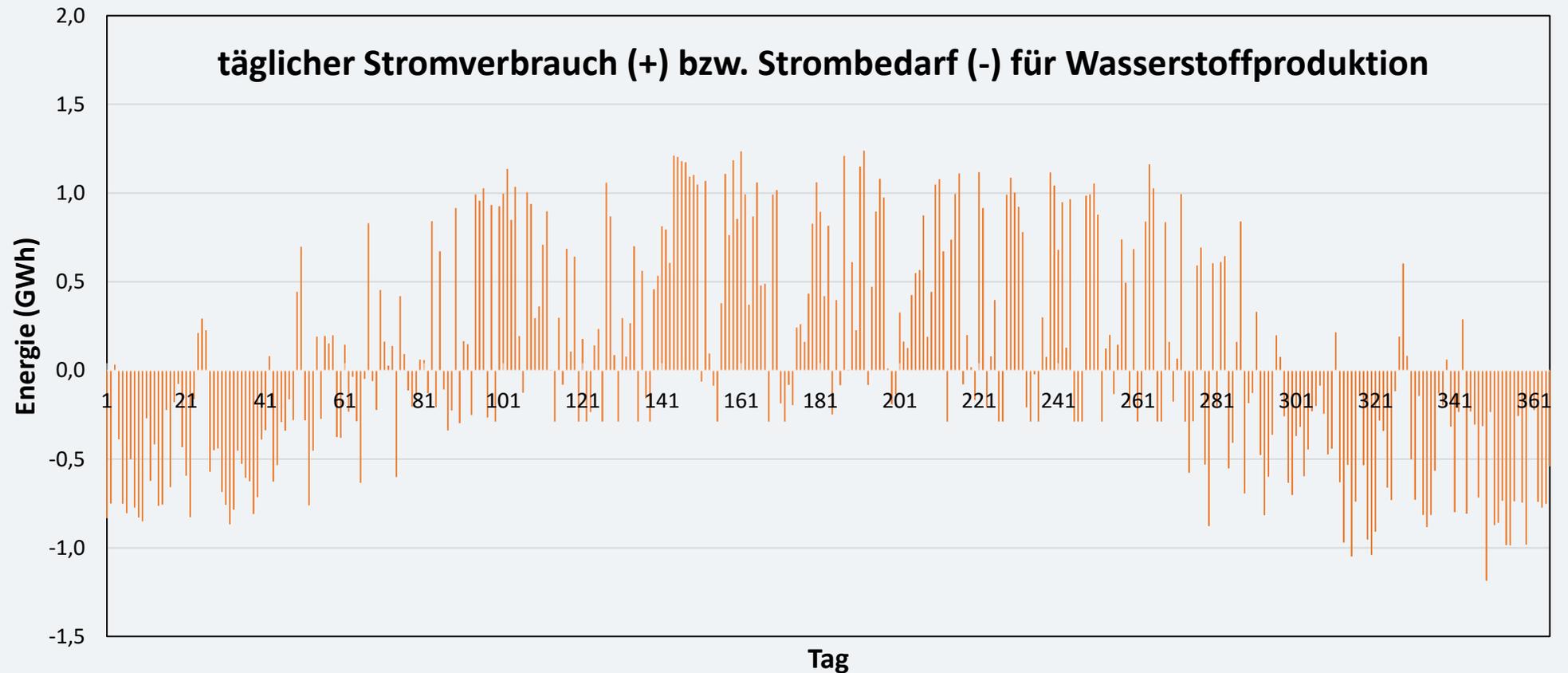
FACHINFORMATIONEN

SUCHE
DAS TEAM
KONTAKT & IMPRESSUM



Von den im Sommer erzeugten 133 GWh/a Wasserstoff werden 71 GWh/a (ca. 53 %) für den Winter gespeichert

Der produzierte Wasserstoff wird nicht einmalig komplett gespeichert, um dann verbraucht zu werden, sondern es erfolgt unterjährig permanent ein mehr (im Winter) oder weniger (in den Übergangsmonaten) intensiver Verbrauch: Von den rund 171 GWh/a überschüssigem Strom, der zur Wasserstoff-Produktion verwendet wird, werden daher lediglich 41 %, also ca. 71 GWh/a bzw. 1.345 Tonnen, in den Sommermonaten für den Verbrauch im Winter gespeichert.





Für die Wasserstoff-Speichertanks werden ca. 4.250 m² benötigt, für die PEM-Elektrolyseure dazu jeweils ca. 450 bis 500 m² – in Summe ergibt sich ein Flächenbedarf von unter 5.000 m² pro Station am Ende eines jeden Brückenarms

Dieses „Spitzenspeichervolumen“ hat einen Platzbedarf von 56.000 m³. Ein kleiner Teil des Wasserstoffs kann zwar direkt vor Ort an den Brücken in den dort befindlichen 200 Versorgungszentralen gespeichert werden: Jede hat einen Wasserstofftank mit einem Volumen von 3,5 m³ in einem ihrer Untergeschosse, so dass von den insgesamt 56.000 m³ in Summe ca. 4.900 m³ Wasserstoff an 200 Brückenpunkten lokal gespeichert werden können.

Aber der Großteil des Wasserstoffs, rund 51.000 m³, wird in den Endbereichen der 7 Brückenarme in den 7 Wasserstoffstationen – ebenfalls unterirdisch – gespeichert.

Die Tanks der 200 Versorgungszentralen sind mit 1,5 m Durchmesser und 2 m Länge vergleichsweise handlich und kompakt, die Tanks an den sieben Wasserstoffstationen hingegen sind mit 3,6 m Durchmesser und 15 m Länge deutlich aufwendiger im Handling, zumal für jede der sieben Stationen im Schnitt 49 solcher Tanks benötigt werden.

Dennoch bleibt der Flächenbedarf für die unterirdische Speicherung pro Wasserstoffstation mit rund 4.250 m² überschaubar, zumal für die Elektrolyseure an jedem Brückenarm-Ende nur weitere 450 bis 500 m² anzusetzen sind.



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

Input	
Stack Power Consumption	Up to 5MW
Voltage & Frequency	4.1 to 34.5kVAC 60HZ (USA) 11 to 33kVAC 50HZ (EU)
Water Consumption	13 liters per kg of H2 produced
Output (Hydrogen Gas)	
Volume	1,000 Nm ³ / hour
Mass	2,125 kg / day
Purity	Up to 99.999%

Pressure	40 barg / 580 psig (w/o compressor)
Operational	
Start Up Time	30 sec warm / < 5 min cold
Average Stack Efficiency	49.9 kWh / kg
Load Following	Instantaneous
Physical / Environment	
Installed Footprint	87.9 m ² / 960 ft ²
Ambient Temperature	-20°C to +40°C (wider temperature range)

DER PLAN

GEBÄUDE & BRÜCKEN
STADTGRÜN & NATUR
WASSER

ENERGIE

Die urbane Energiewende
Strombedarf der Brücken
Heiz- und Kühlbedarf der Brücken
Photovoltaik als Quartiersstrom
Oberflächennahe Geothermie
Energie-Infrastruktur der Zukunft

TRANSPORT
STADTKLIMA - WELTKLIMA

KUNST & KULTUR
VERPACKUNG - INNOVATIV
ALTES NEULAND WELTWEIT

RECHT
FINANZEN
UMSETZUNG

FACHINFORMATIONEN

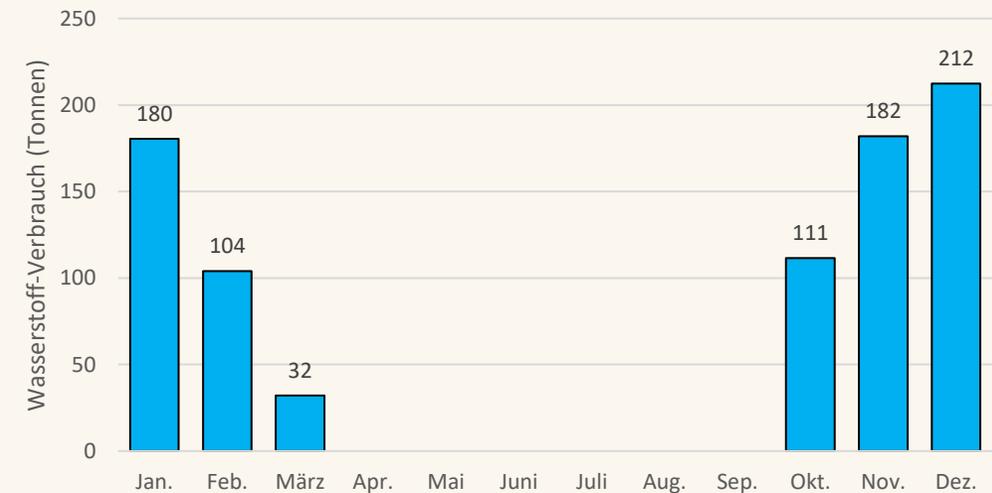
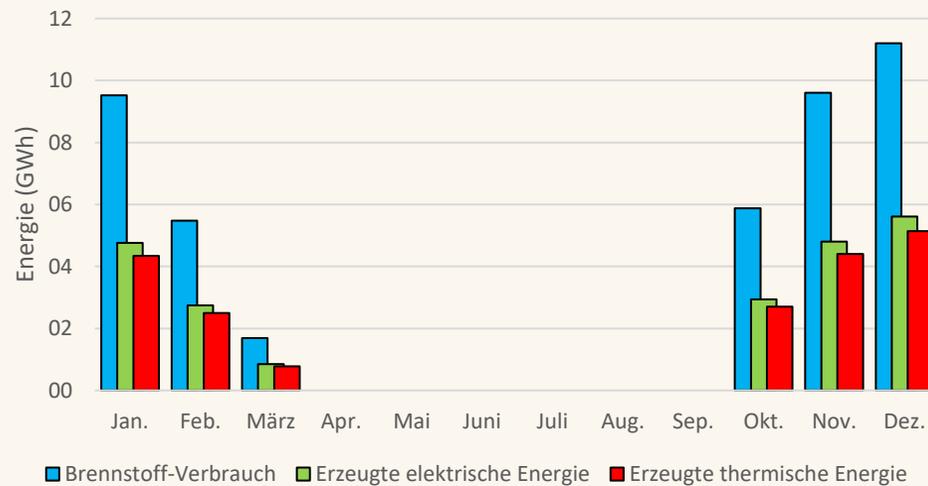
SUCHE
DAS TEAM
KONTAKT & IMPRESSUM



Von den 3.240 Tonnen Wasserstoff wird rund ein Viertel zum Betrieb von Brennstoffzellen verwendet, die dann auch im Winter elektrische und thermische Energie bereitstellen können

Auch im Winter, wenn photovoltaisch erzeugter Strom ebenso wie solarthermisch erzeugte Wärme in deutlich geringerem Umfang produziert werden, muss die Strom- und Wärmeversorgung sichergestellt werden. Dies geschieht, indem ca. 823 Tonnen Wasserstoff zum Betrieb von Brennstoffzellen genutzt werden. Diese werden primär im Winter betrieben, um die gleichzeitig erzeugte thermische Energie effizient zu nutzen.

Für die gesamten Brücken werden Brennstoffzellen mit einer Leistung von 100.000 kW in Summe benötigt: Dafür werden 200 Brennstoffzellen mit einer elektrischen Leistung von je 500 kW angesetzt, die auf die 200 Versorgungszentralen verteilt werden.



Brennstoffzellen															
Name	Einheit	Jahr	Jan.	Feb.	März	Apr.	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sep.	Okt.	Nov.	Dez.	
Brennstoff-Verbrauch	GWh	43	10	5	2							6	10	11	
Erzeugte elektrische Energie	GWh	22	5	3	1							3	5	6	
Erzeugte thermische Energie	GWh	20	4	3	1							3	4	5	
Wasserstoff-Verbrauch	Tonnen	823	180	104	32							111	182	212	

DER PLAN

GEBÄUDE & BRÜCKEN
STADTGRÜN & NATUR
WASSER

ENERGIE

Die urbane Energiewende
Strombedarf der Brücken
Heiz- und Kühlbedarf der Brücken
Photovoltaik als Quartiersstrom
Oberflächennahe Geothermie
Energie-Infrastruktur der Zukunft

TRANSPORT
STADTKLIMA - WELTKLIMA

KUNST & KULTUR
VERPACKUNG - INNOVATIV
ALTES NEULAND WELTWEIT

RECHT
FINANZEN
UMSETZUNG

FACHINFORMATIONEN

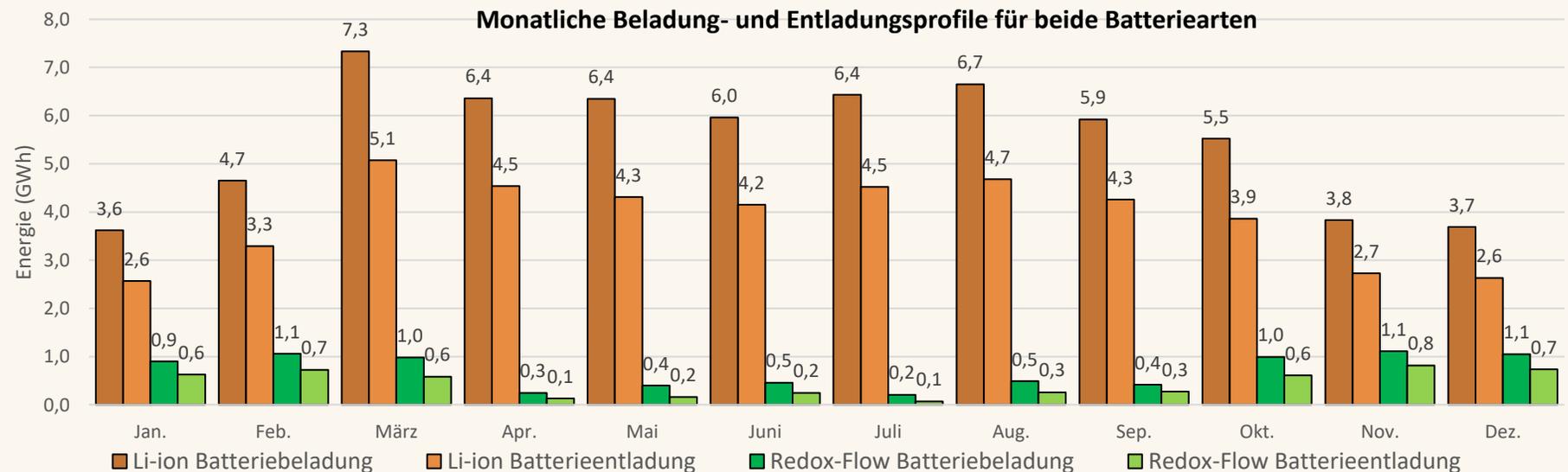
SUCHE
DAS TEAM
KONTAKT & IMPRESSUM



Während der Wasserstoff und die Brennstoffzellen für einen Sommer-Winter-Ausgleich der volatil erzeugten PV-Energie sorgen, erfolgt der Ausgleich für kürzere sonnenarme Phasen und die Nacht über Batterien

Auf den Brücken befindet sich in den Versorgungszentralen eine Batteriekapazität von insgesamt 400 MWh. Davon entfallen 320 MWh auf Li-ion-Batterien und nur 80 MWh auf Redox-Flow-Batterien, da letztere mehr Raum im Verhältnis zu ihrer Energieeffizienz einnehmen. Eine Abänderung des Batteriekonzeptes der Frankfurter Brücken könnte allerdings zukünftig mit der Marktreife von Organic-Flow-Batterien erfolgen.

Die Li-ion-Batteriekapazität verteilt sich auf 70 der 200 Versorgungszentralen (VZ). Pro VZ sind im Schnitt Li-ion-Batterien mit einer Gesamtleistung von 4,6 MWh und einem Flächenbedarf von ca. 33 m² anzusetzen. Die Redox-Batterien finden sich in allen Versorgungszentralen: In 60 VZ stehen je 2 Stück mit jeweils 300 kWh und in den restlichen 140 VZ steht je eine mit 300 kWh.



		Batteriebeladung und -entladung														
Name	Einheit	Jahr	Jan.	Feb.	März	Apr.	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sep.	Okt.	Nov.	Dez.		
Li-ion Batteriebeladung	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 Batterieentladung	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		
Redox-Flow Batteriebeladung	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		
Redox-Flow Batterieentladung	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		

Altes Neuland Frankfurt

DER PLAN

GEBÄUDE & BRÜCKEN
STADTGRÜN & NATUR
WASSER

ENERGIE

Die urbane Energiewende
Strombedarf der Brücken
Heiz- und Kühlbedarf der Brücken
Photovoltaik als Quartiersstrom
Oberflächennahe Geothermie
Energie-Infrastruktur der Zukunft

TRANSPORT
STADTKLIMA - WELTKLIMA

KUNST & KULTUR
VERPACKUNG - INNOVATIV
ALTES NEULAND WELTWEIT

RECHT
FINANZEN
UMSETZUNG

FACHINFORMATIONEN

SUCHE
DAS TEAM
KONTAKT & IMPRESSUM



Organic-Flow-Batterie

Li-ion-Batterien sind im Verhältnis zu ihrer Energieeffizienz platzsparender als Reddow-Flow-Batterien: Für die Frankfurter Brücken benötigen die **320 MWh Li-ion-Batterien** in 70 Versorgungszentralen (VZ) eine Fläche von $(70 \times 33) = 2.310 \text{ m}^2$.

Die 260 **80-MWh Reddow-Flow-Batterien** nehmen in den 200 VZ insgesamt eine Fläche von $(260 \times 3,6) = 963 \text{ m}^2$ ein.

Bis zum Bau der Brücken könnte eine weitere Batterieform hinzukommen bzw. als Lithium-freier Ersatz dienen: die noch in der Testphase befindlichen Organic-Flow-Batterien.



Li-ion Batterie

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

Reddow-Flow-Batterie



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

DER PLAN

GEBÄUDE & BRÜCKEN
STADTGRÜN & NATUR
WASSER

ENERGIE

Die urbane Energiewende
Strombedarf der Brücken
Heiz- und Kühlbedarf der Brücken
Photovoltaik als Quartiersstrom
Oberflächennahe Geothermie
Energie-Infrastruktur der Zukunft

TRANSPORT
STADTKLIMA - WELTKLIMA

KUNST & KULTUR
VERPACKUNG - INNOVATIV
ALTES NEULAND WELTWEIT

RECHT
FINANZEN
UMSETZUNG

FACHINFORMATIONEN

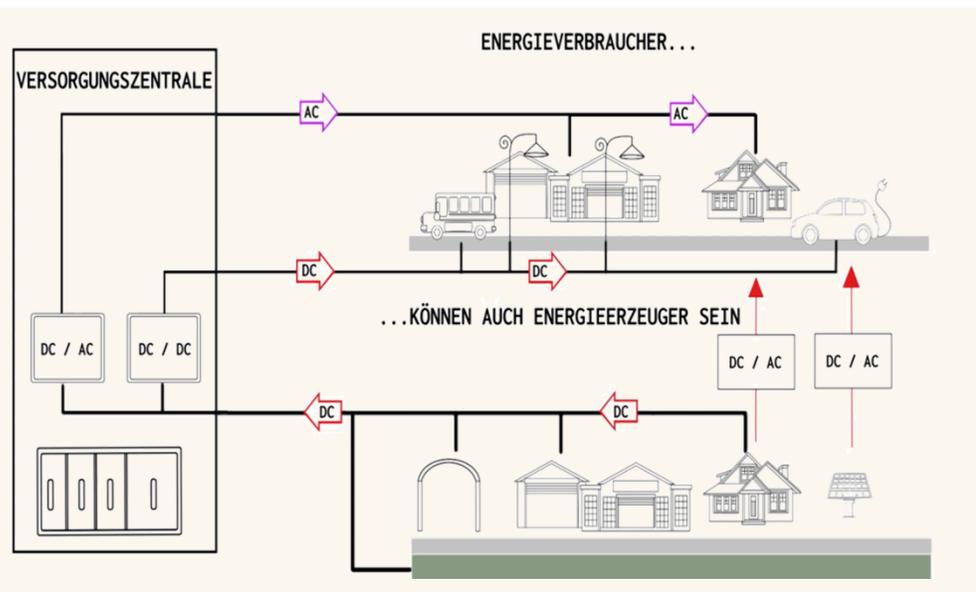
SUCHE
DAS TEAM
KONTAKT & IMPRESSUM



Innovative Infrastruktur zur Energieversorgung berücksichtigt auch möglichst kurze Transportwege zwischen dezentralen Energieerzeugern und -abnehmern

Mit den Brücken macht Frankfurt den ersten großen Schritt von der zentralen Versorgung durch Kraftwerksverbrennung zur dezentralen Versorgung durch erneuerbare Energien. Dabei ist es wichtig, dass über ein Steuerungssystem, ein geschlossenes „Internet of Things“, Erzeuger und Verbraucher miteinander kommunizieren und die Energie immer möglichst nahe ihres Erzeugungsortes verbraucht wird: Strecken des Wärme- und Stromtransports werden dadurch kürzer und Umwandlungsverluste durch Transformatoren oder thermische Verluste durch Leitungstrecken werden minimiert.

Auf den Brücken sind beispielsweise alle mit PVT-Modulen bedeckten Flächen Energie-erzeugende Einheiten. Der Strom, den sie produzieren, wird stets erstmal bis zur nächsten Versorgungszentrale weitergeleitet, um von dort optimal gesteuert genutzt zu werden.



Die photovoltaisch erzeugte Energie wird zunächst im eigenen Versorgungsabschnitt (im Umkreis der nächstgelegenen Versorgungszentrale) eingesetzt. Ist dort der Bedarf gedeckt, wird die überschüssige Energie an einen der Nachbar-Versorgungsabschnitte abgegeben, der gerade mehr Strombedarf hat als gedeckt werden kann.

Und sobald auf den Brücken der optimale Ausgleich stattgefunden hat und keinerlei Bedarf mehr besteht, wird der überschüssige Strom an Fahrzeuge unter den Brücken oder an PEM-Elektrolyseure zwecks Wasserstoffherzeugung abgegeben.

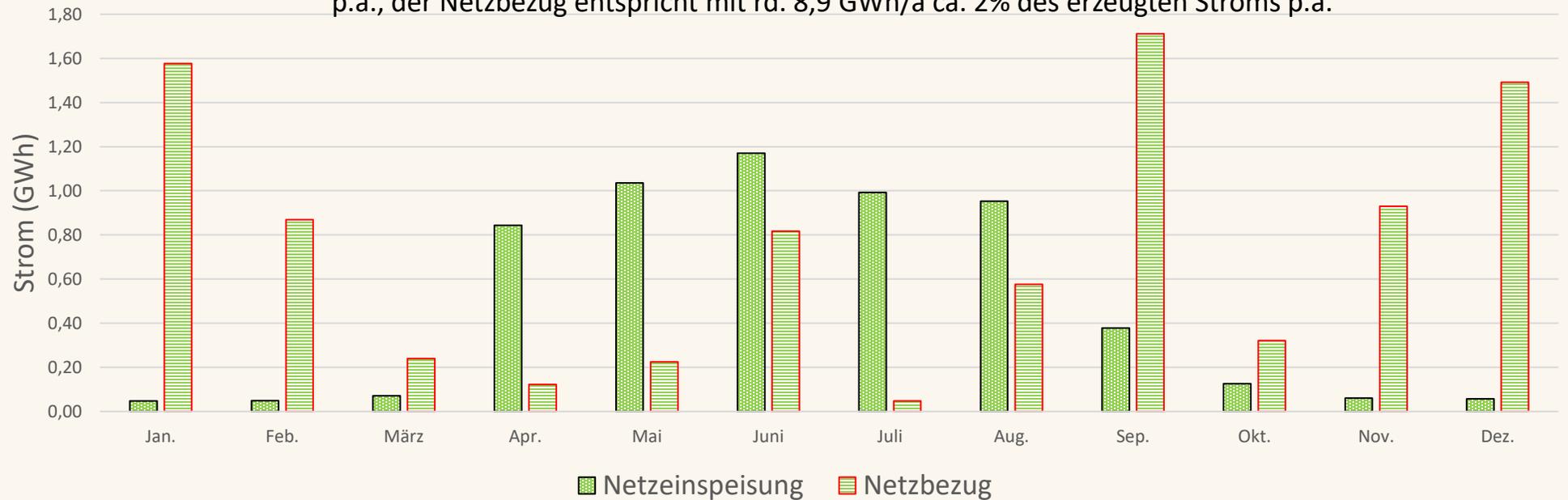
Ein weiteres Forschungsgebiet zur Effizienzsteigerung: Vermeidung von Umwandlungsverlusten. Durch Photovoltaik erzeugte Gleichstrom-Energie kann theoretisch direkt dazu genutzt werden, E-Fahrzeuge wiederaufzuladen, ohne den durch Photovoltaik entstandenen Gleichstrom verlustbehaftet in Wechselstrom wandeln zu müssen. Lediglich die Spannung muss angepasst werden.



Aufgrund der Speicherlandschaft der Brücken bleibt die Inanspruchnahme des Frankfurter Netzes durch Netzeinspeisung und -bezug sehr gering

Bei den Frankfurter Brücken wird der Stromaustausch zwischen externem und lokalem Netz minimiert: Überschüssiger Strom wird entweder in Batterien gespeichert oder es wird damit Wasserstoff produziert – was beides die Netzeinspeisung erheblich verringert. Ebenso vermindern Batterien sowie Brennstoffzellen den Netzbezug bei Stromdefizits. Nur in den Monaten September bis Februar ist der Netzbezug aufgrund verminderter Sonneneinstrahlung leicht erhöht – er ist jedoch in Summe mit 2 % des durch die Brücken gesammelten bzw. erzeugten Stromes immer noch vergleichsweise gering.

Netzeinspeisung liegt in Summe bei 5,8 GWh/a, das sind ca. 1,5% des gesamten erzeugten Stroms p.a., der Netzbezug entspricht mit rd. 8,9 GWh/a ca. 2% des erzeugten Stroms p.a.



Netzbezug und -einspeisung														
Name	Einheit	Jahr	Jan.	Feb.	März	Apr.	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sep.	Okt.	Nov.	Dez.
Netzeinspeisung	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
Netzbezug	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

DER PLAN

GEBÄUDE & BRÜCKEN

STADTGRÜN & NATUR

WASSER

ENERGIE

Die urbane Energiewende

Strombedarf der Brücken

Heiz- und Kühlbedarf der Brücken

Photovoltaik als Quartiersstrom

Oberflächennahe Geothermie

Energie-Infrastruktur der Zukunft

TRANSPORT

STADTKLIMA - WELTKLIMA

KUNST & KULTUR

VERPACKUNG - INNOVATIV

ALTES NEULAND WELTWEIT

RECHT

FINANZEN

UMSETZUNG

FACHINFORMATIONEN

SUCHE

DAS TEAM

KONTAKT & IMPRESSUM

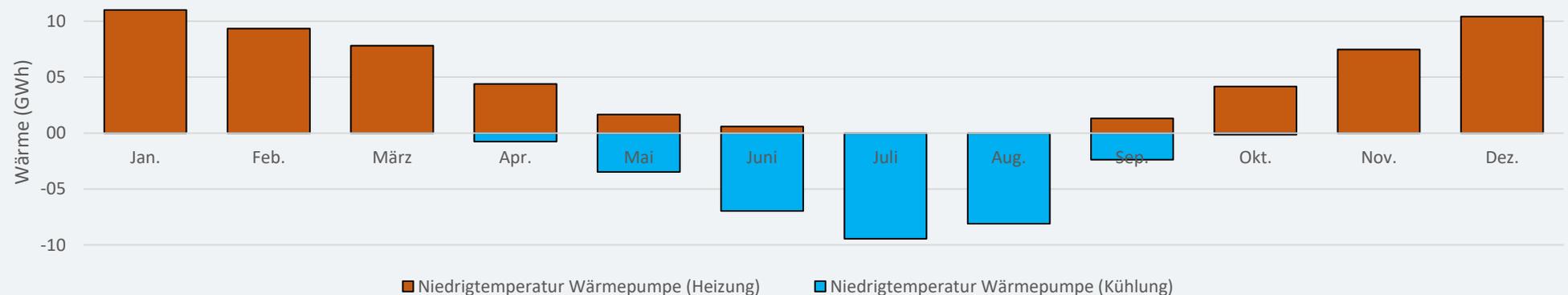


Im Bereich Raumwärme und -kühlung sind Wärmepumpen ein wichtiger Bestandteil der Brückeninfrastruktur

In den Brückenquartieren erfolgt Heizen und Kühlen mithilfe von Wärmepumpen. Sie sind dann in den Versorgungszentralen installiert, wenn diese mehrere kleinere Gebäude versorgen. Größere Gebäude auf den Brücken wie Mehrfamilienhäuser, Seniorenheime, Kindergärten etc. haben ihre eigene Wärmepumpe. Das System umfasst Niedrigtemperatur- (NT) und Hochtemperatur- (HT) Wärmepumpen: Die Wärmequelle für NT-Wärmepumpen ist Erdwärme mit einer Temperatur von ca. 14 °C. Rund 100 % der Raumwärme und sämtliche Raumkühlung werden mithilfe von NT-Wärmepumpen bereitgestellt. Die Gebäude auf den Brücken und die Gewächshäuser entlang der Brücken benötigen 100 NT-Wärmepumpen mit ca. 290 kW Heizleistung bei W15/W35.

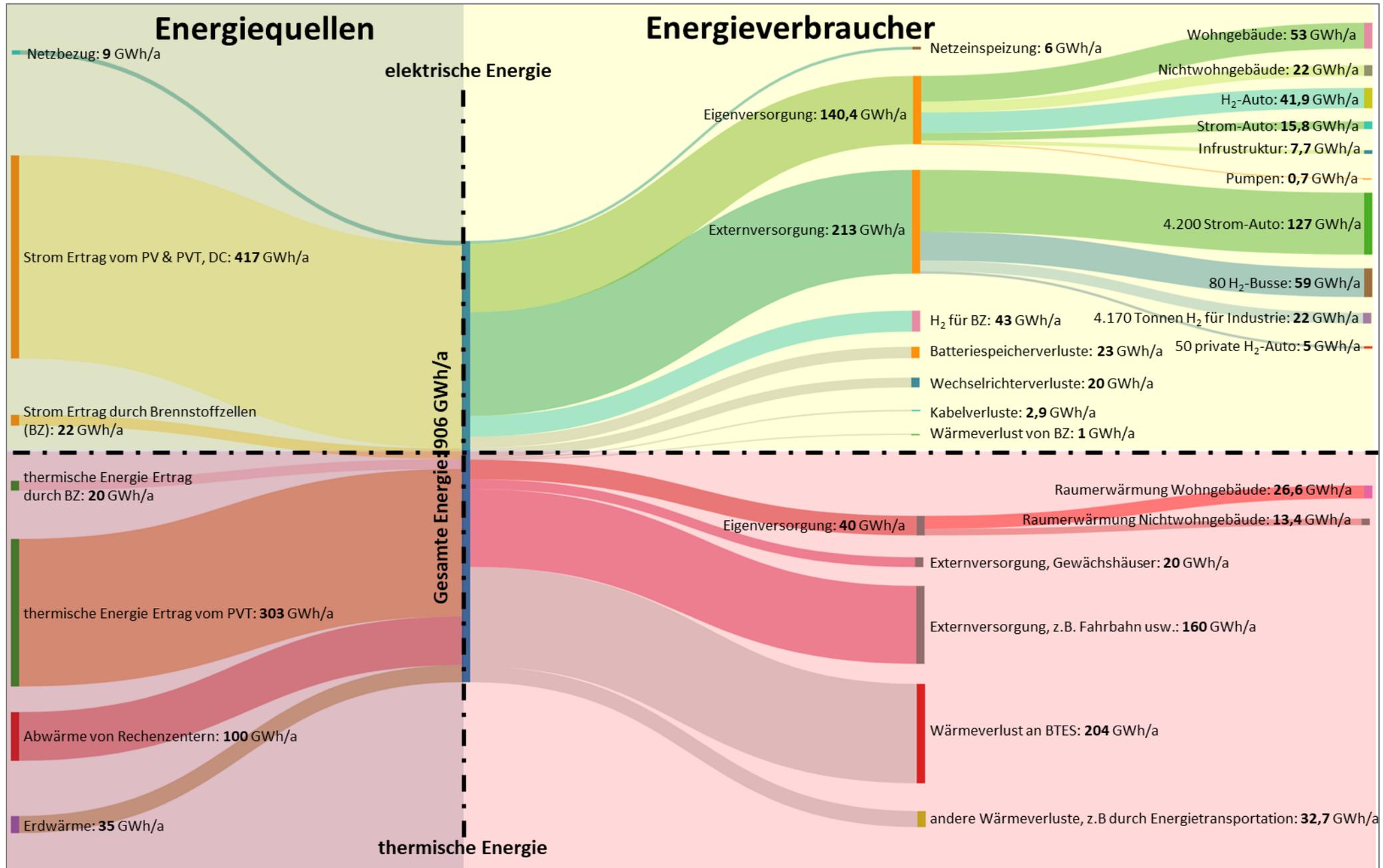
Die Wärmequellen für HT-Wärmepumpen sind Solarthermie aus den PVT-Modulen auf und entlang der Brücken sowie die Abwärme von Rechenzentren mit einer Temperatur von über 20 °C.

Die HT-Wärmepumpen liefern in den ersten Jahren hauptsächlich Wärme für die Entfrostdung der Straßen auf und unter den Brücken oder für Schwimmbäder etc., bis die Bestandsgebäude entlang der Brücken im Zuge von Sanierungen von Gas- auf Wärmepumpenheizungen umgestiegen sind und die im Boden gespeicherte solarthermische Wärme sowie die Abwärme von Rechenzentren auch für diese Gebäude genutzt werden können. Der COP von sämtlichen Wärmepumpen liegt zwischen 4 und 7, je nach Wassertemperatur.





Sämtliche Energieströme rund um die Frankfurter Brücken im Überblick



Altes Neuland Frankfurt

DER PLAN

GEBÄUDE & BRÜCKEN
STADTGRÜN & NATUR
WASSER

ENERGIE

Die urbane Energiewende
Strombedarf der Brücken
Heiz- und Kühlbedarf der Brücken
Photovoltaik als Quartiersstrom
Oberflächennahe Geothermie
Energie-Infrastruktur der Zukunft

TRANSPORT

STADTKLIMA - WELTKLIMA

KUNST & KULTUR

VERPACKUNG - INNOVATIV
ALTES NEULAND WELTWEIT

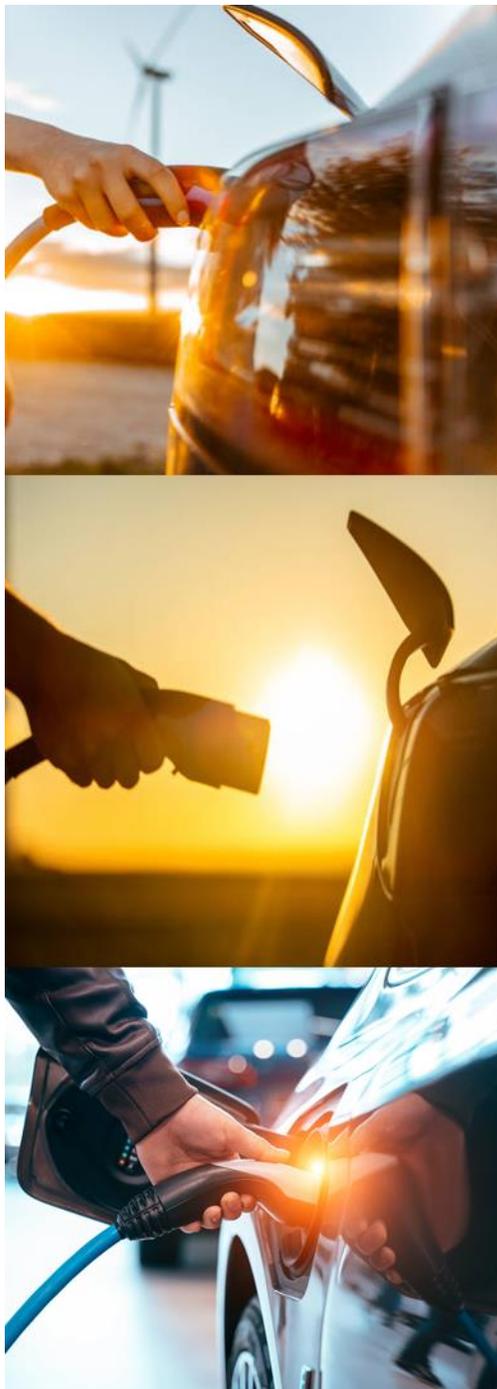
RECHT

FINANZEN
UMSETZUNG

FACHINFORMATIONEN

SUCHE

DAS TEAM
KONTAKT & IMPRESSUM



Die bi-direktionale Integration der Ladeinfrastruktur von E-Fahrzeugen auf und unter den Brücken erweitert die Speicher-Landschaft und kann – entsprechend skaliert – auch Regelleistung bedarfsoptimiert zur Verfügung stellen

Auf den Brücken entsteht in den Sommermonaten ein Überschuss an Strom, so dass es sich anbietet, die Fahrzeuge, welche entlang der Brücken an den Säulen parken, damit aufzuladen. Die Säulen der Brücken werden überall dort, wo man an ihnen parken kann, zu Ladestationen.

Ein riesiges Ladenetz entsteht in Frankfurt, das auch den überschüssigen Strom von den überdachten Parkplätzen an E-Auto-Abnehmer verteilen kann.

Umgekehrt könnten alle E-Fahrzeuge auch als Energiespeicher dienen und bei Nichtbenutzung, z.B. nachts oder bei schlechtem Wetter, wieder Energie an das System abgeben: die autonom fahrende E-Flotte auf den Brücken im Besonderen, da diese vollständig steuerbar ist, aber auch die E-Autos, die an den Brückensäulen parken.

Dafür kann ein Gutschriftssystem entwickelt werden, das das Speichern und wieder Abgeben von Strom für die Fahrzeughalter attraktiv macht.

Bei entsprechendem Roll-out kann sich für die Batterie-Speicherlandschaft der Frankfurter Brücken eine entsprechende Reduktion der Kapazitäten ergeben.

DER PLAN

GEBÄUDE & BRÜCKEN

STADTGRÜN & NATUR

WASSER

ENERGIE

Die urbane Energiewende
Strombedarf der Brücken
Heiz- und Kühlbedarf der Brücken
Photovoltaik als Quartiersstrom
Oberflächennahe Geothermie
Energie-Infrastruktur der Zukunft

TRANSPORT

STADTKLIMA - WELTKLIMA

KUNST & KULTUR

VERPACKUNG - INNOVATIV ALTES NEULAND WELTWEIT

RECHT

FINANZEN UMSETZUNG

FACHINFORMATIONEN

SUCHE

DAS TEAM

KONTAKT & IMPRESSUM



Nicht die Erzeugung von Energie, sondern die Speicherung wird zukünftig die größte Herausforderung sein

Durch den Ausbau der volatilen erneuerbaren Energien steigt auch die Zahl der Stunden, in denen so viel Überschuss produziert wird, dass das Stromnetz Schaden nehmen würde, wenn man den Strom nicht irgendwo los wird. Dies findet seinen Ausdruck in den steigenden negativen Strompreisen. Zahlreiche Studien sagen für die fernere Zukunft voraus, dass es nach Ausbau der erneuerbaren Energien signifikant Energie im Überfluss geben wird.



Altes Neuland Frankfurt

DER PLAN

GEBÄUDE & BRÜCKEN

STADTGRÜN & NATUR

WASSER

ENERGIE

Die urbane Energiewende

Strombedarf der Brücken

Heiz- und Kühlbedarf der Brücken

Photovoltaik als Quartiersstrom

Oberflächennahe Geothermie

Energie-Infrastruktur der Zukunft

TRANSPORT

STADTKLIMA - WELTKLIMA

KUNST & KULTUR

VERPACKUNG - INNOVATIV

ALTES NEULAND WELTWEIT

RECHT

FINANZEN

UMSETZUNG

FACHINFORMATIONEN

SUCHE

DAS TEAM

KONTAKT & IMPRESSUM



Fazit: Mit den Frankfurter Brücken kann die urbane Energiewende mitten im Bestand initiiert werden

Sämtliche Komponenten elektrischer und thermischer Energie werden bei der Infrastruktur der Frankfurter Brücken in ihrem Zusammenspiel gesteuert, um alle Überschüsse der erneuerbaren Energien optimal zu nutzen und gleichzeitig durch modernste Controllingmethoden Versorgungsengpässe zu vermeiden.

Die Erfassung der Energieerzeugung und des Energieverbrauchs über die Zeit ist die Grundlage, um eine ausgefeilte Speicherlandschaft zu konzipieren, die in der Smart City der Zukunft das Pendant zu den volatil anfallenden erneuerbaren Energien darstellt.

Die Frankfurter Brücken können den Kern der Smart-City-Wandlung der restlichen Stadt darstellen: Sie sammeln Energie ein und leiten sie weiter zu Speichern, sie produzieren sowohl thermische als auch elektrische Überschüsse und geben diese an die Stadt ab, und sie dienen als Plattform, um eine moderne Netzsteuerung samt Infrastruktur zu entwickeln, die sodann auf die ganze Stadt übertragen werden kann.

Altes Neuland Frankfurt

DER PLAN

GEBÄUDE & BRÜCKEN
STADTGRÜN & NATUR
WASSER

ENERGIE

Die urbane Energiewende
Strombedarf der Brücken
Heiz- und Kühlbedarf der Brücken
Photovoltaik als Quartiersstrom
Oberflächennahe Geothermie
Energie-Infrastruktur der Zukunft

TRANSPORT
STADTKLIMA - WELTKLIMA

KUNST & KULTUR
VERPACKUNG - INNOVATIV
ALTES NEULAND WELTWEIT

RECHT

FINANZEN
UMSETZUNG

FACHINFORMATIONEN

SUCHE
DAS TEAM
KONTAKT & IMPRESSUM



MITWIRKENDE

Architektur	Geoinformation	Stadtklima - Weltklima	Wasser	Recht	Kritische Sparringspartner:
Bild & Foto	Grün & Natur	Statik	Verpackung	Finanzen	Professoren
Brücken	Kommunikation	Transport	Webpage & Design	Umsetzung	Fachleute
Energie	Kunst & Kultur	Technik & IT			Inspiratoren & Unterstützer

