



Die Stadt als Kraftwerk und in der Kreislaufwirtschaft

26. Dresdner Fernwärme-Kolloquium
28. - 29. September 2021

Prof. Dr.-Ing. Matthias Koziol,
Brandenburgische Technische Universität
Cottbus- Senftenberg, 29.09.2021

Ziele der Klimaschutzpolitik der Bundesrepublik Deutschland

Urteil des Bundesverfassungsgerichtes → ersten Änderung des Bundes-Klimaschutzgesetzes (veröffentlicht am 18.08.21).

verschärfter Zielpfad für die Minderung der Treibhausgasemissionen gegenüber 1990

- bis 2030 um mindestens **65 %**,
- bis 2040 um mindestens **88 %**,
- bis 2045 Erreichung von **Netto-Treibhausgasneutralität** und
- nach 2050 sollen negative Treibhausgasemissionen erreicht werden.

Die Sektorziele für die Jahre 2020 bis 2030 wurden entsprechend dem Gesamtminderungsziel von 65 % bis 2030 angepasst

Neu: **Sektorziele für den Bereich Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft (LULUCF)** mit mindestens

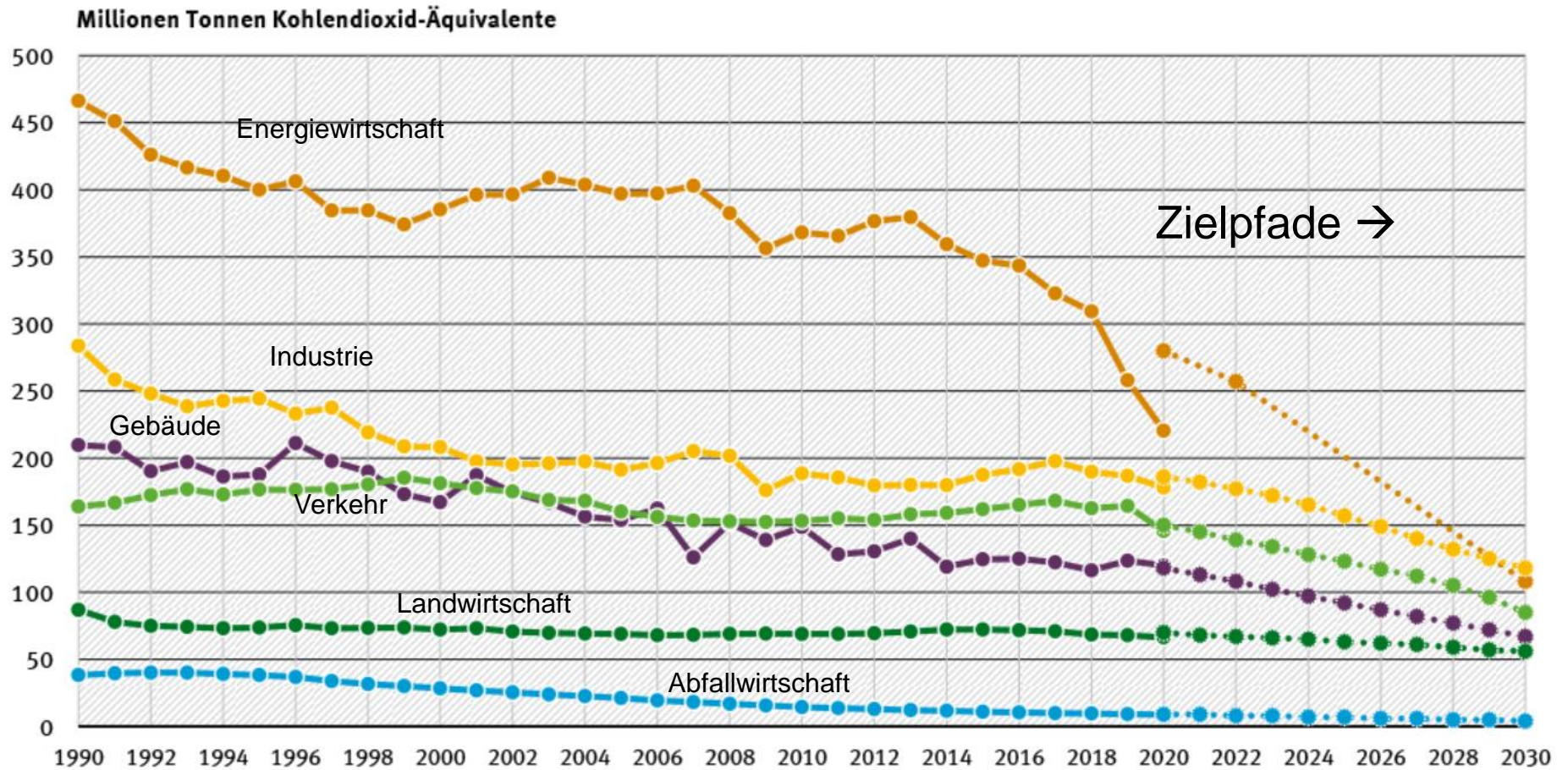
- minus 25 Mio. t CO₂äq bis 2030,
- minus 35 Mio. t CO₂äq bis 2040 und
- minus 40 Mio. t CO₂äq bis 2045.

LULUCF-Sektor ist der einzige, der eine Senke darstellen kann und damit zukünftig nicht vermeidbare Restemissionen kompensieren kann.

Die Stadt als Kraftwerk und in der Kreislaufwirtschaft

Entwicklung der Zielerreichung nach Sektoren

in der Abgrenzung der Sektoren des Bundes-Klimaschutzgesetzes*

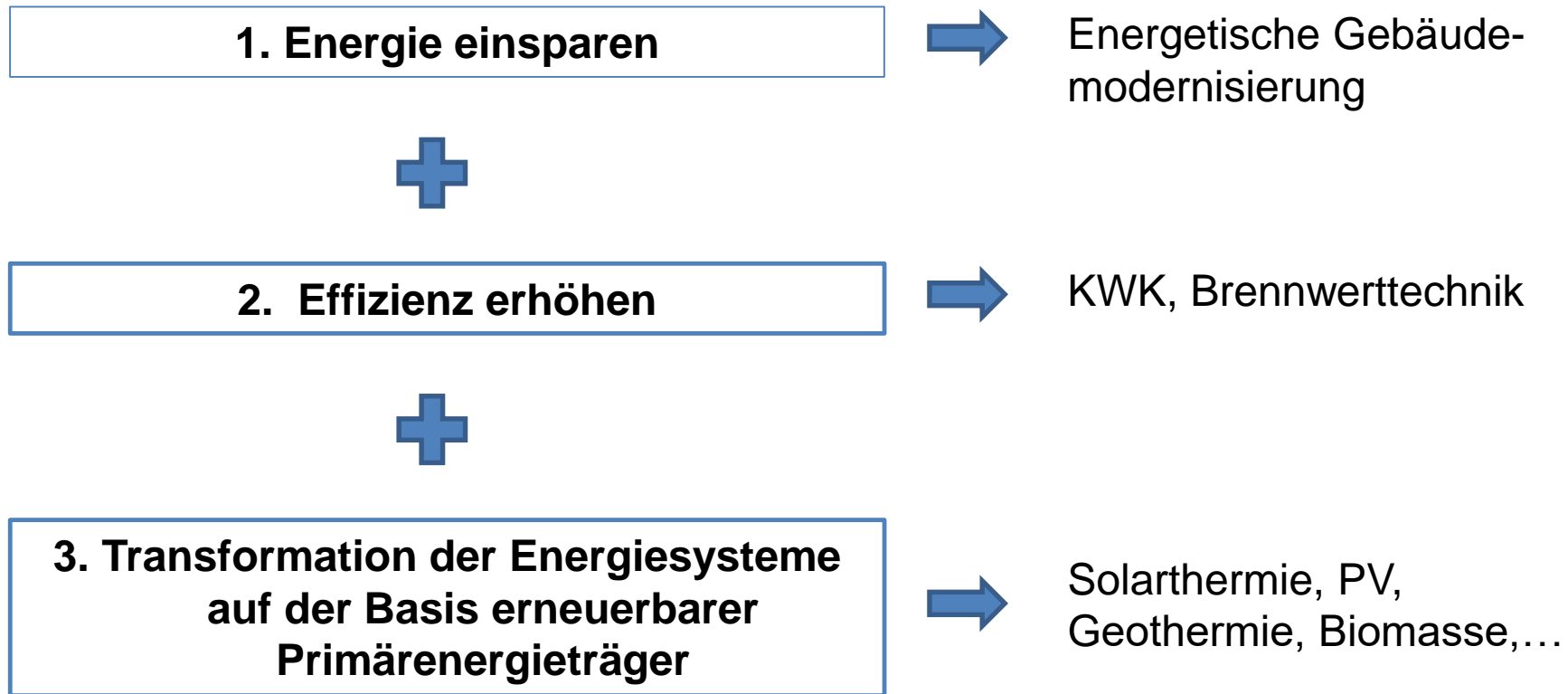


* Die Aufteilung der Emissionen weicht von der UN-Berichterstattung ab, die Gesamtemissionen sind identisch

Quelle EM-Daten 1990-2019: Umweltbundesamt, Deutsches Treibhausgasinventar 1990-2019, Endstand vom 15.04.2021
 Quelle Vorjahresschätzung (VJS) für das Jahr 2020: Umweltbundesamt, Presse-Information 07/2021, vom 15.03.2021
 Quelle Ziele 2020 & 2030: Novelle des Bundes-KSG vom 12.05.2021

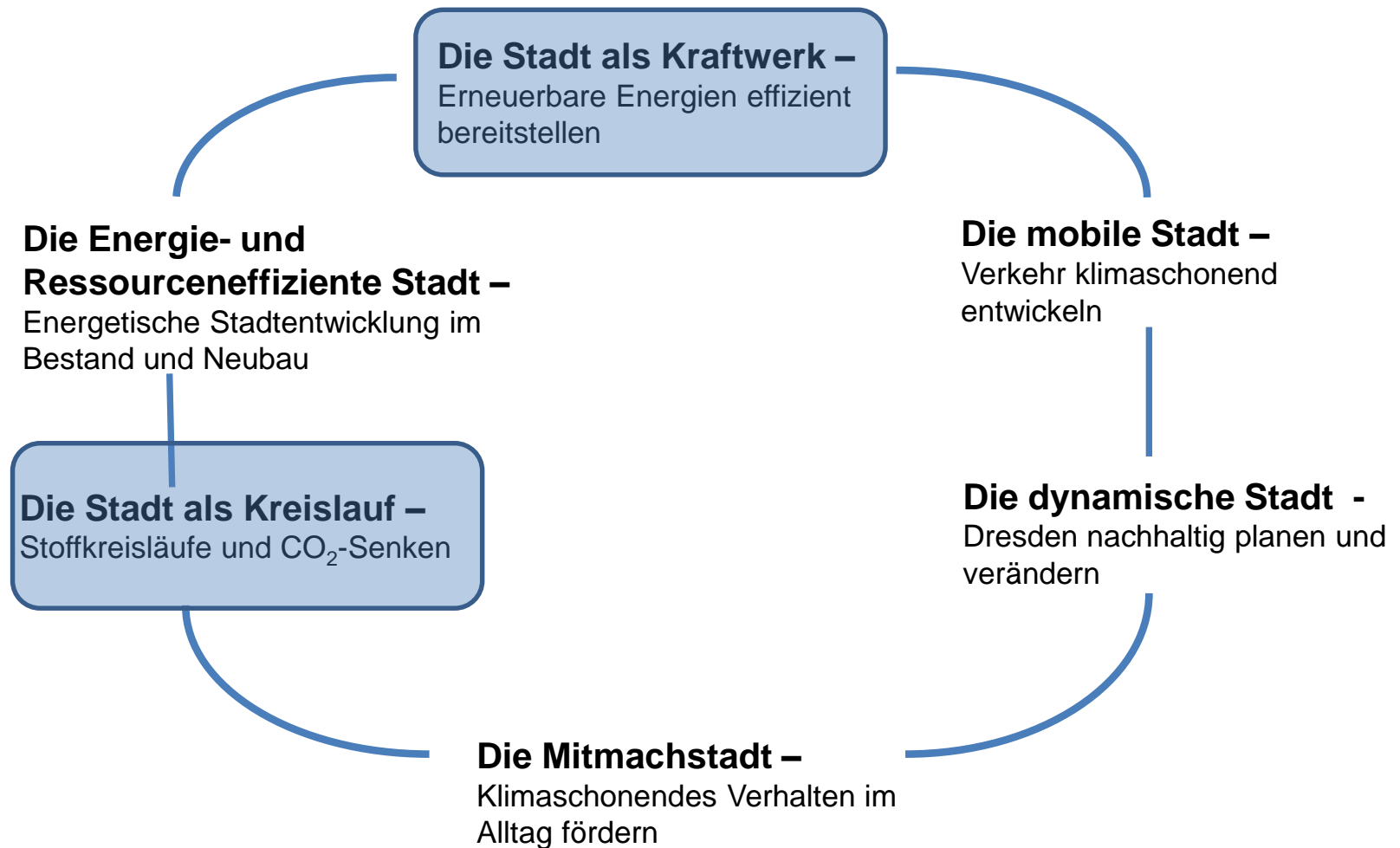
Die Stadt als Kraftwerk und in der Kreislaufwirtschaft

Potentiale zur CO₂-Reduktion – Drei wesentliche Elemente



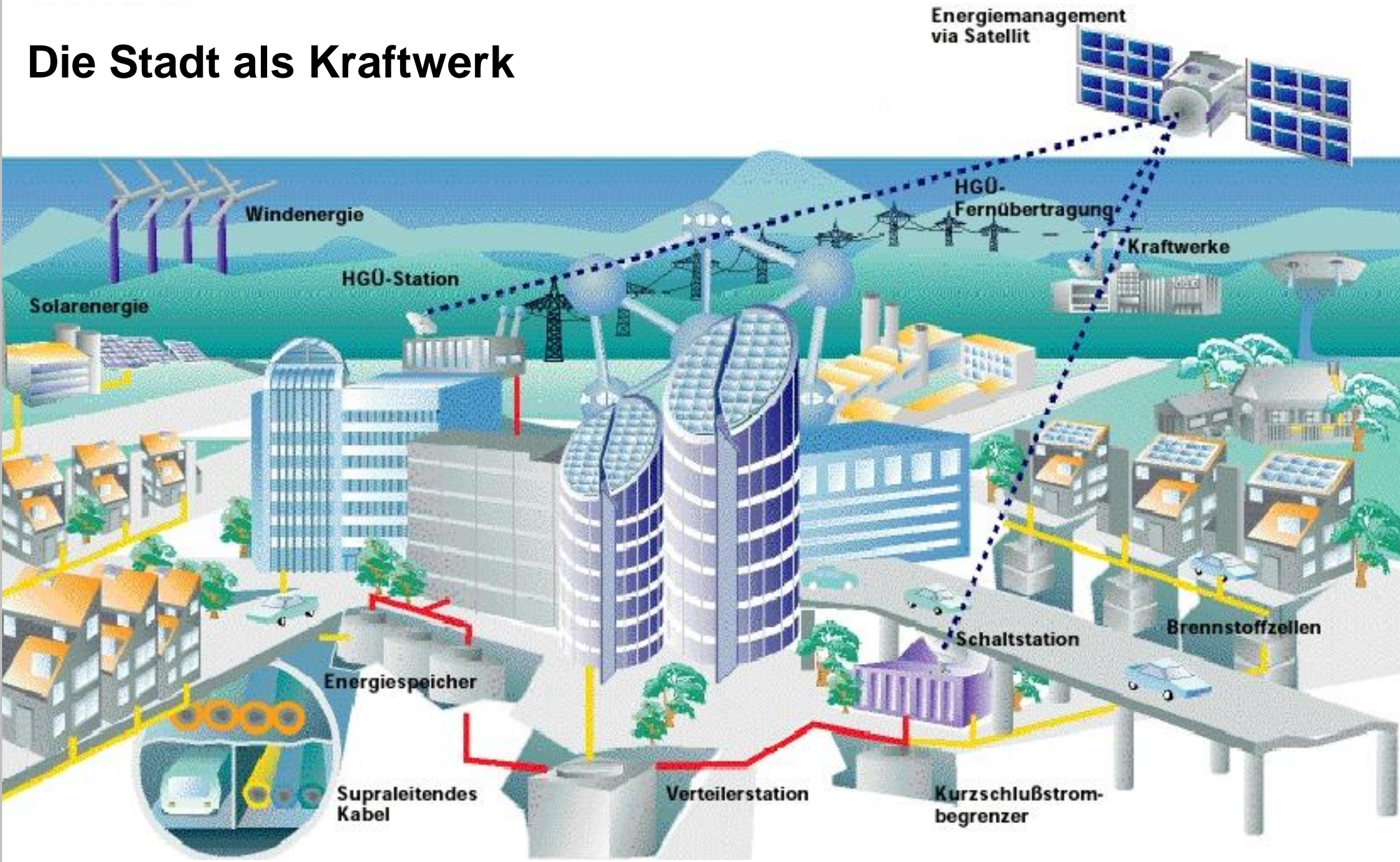
Ziel: Klimaneutralität

Methodik (Handlungsfelder), Beispiel Klimaschutzkonzept DD



Die Stadt als **Kraftwerk** und in der Kreislaufwirtschaft

Die Stadt als Kraftwerk



Quelle: Siemens

Die Stadt als **Kraftwerk** und in der Kreislaufwirtschaft

Die Stadt als Kraftwerk

Transformationsprozess der Energiesysteme

alte Primärenergieträger

- Kohle
- Heizöl
- Erdgas
- ...



neue Primärenergieträger

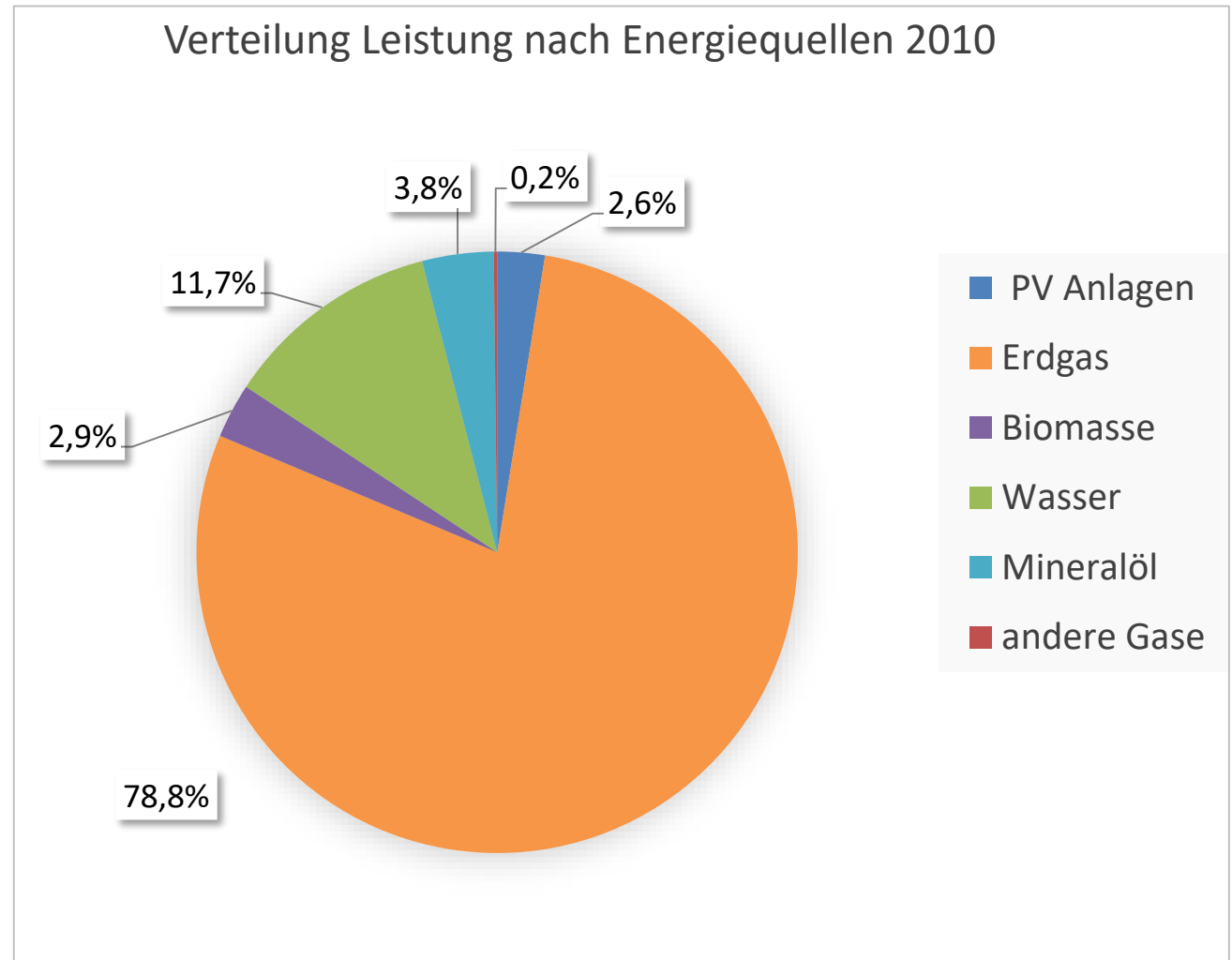
- PV = Photovoltaik
- Geo = Geothermie
- RA = Restabfallverwertung
- AW = Abwärmenutzung
-

Nutzung und Anpassung der Übertragungssysteme/-netze

- FW = Fernwärme
- G = Gasnetze
- S = Stromnetze

Bestandsanalyse Strom Leistung (Beispiel Dresden)

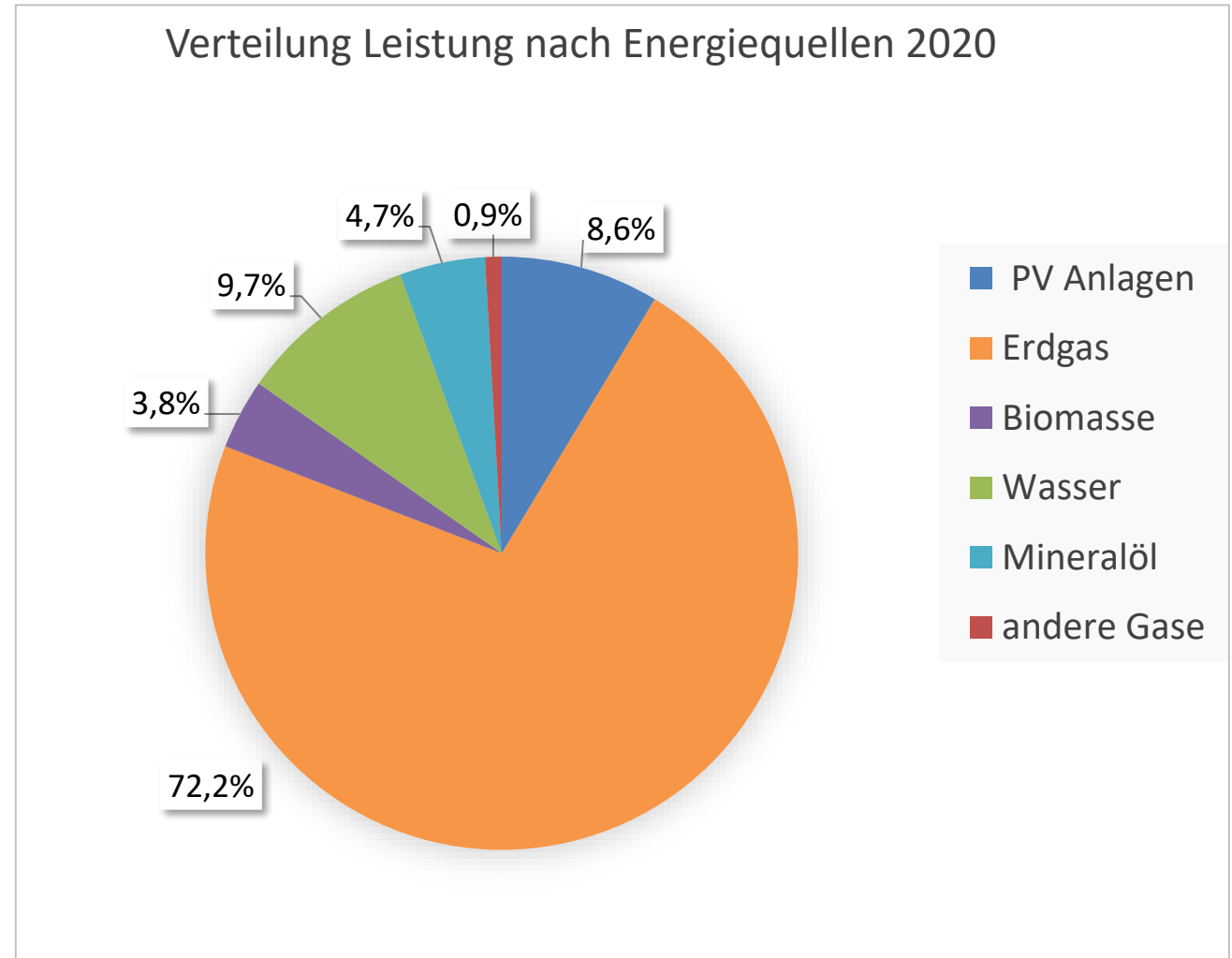
- steigender Anteil PV Anlagen in Dresden



Eigene Darstellung, Quelle: Marktstammdatenregister (Stand: 13.07.2021)

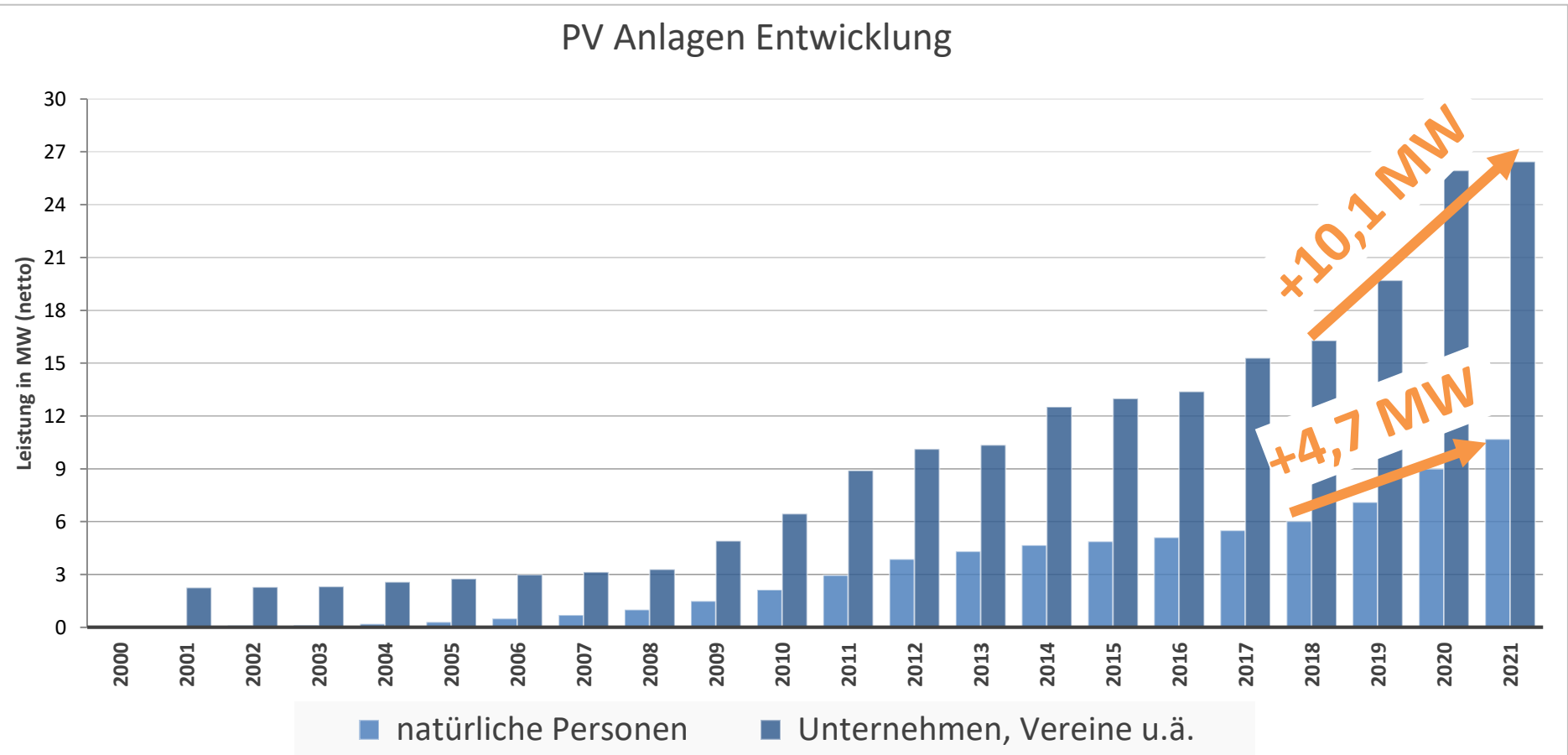
Bestandsanalyse Strom Leistung (Beispiel Dresden)

- steigender Anteil PV Anlagen in Dresden



Eigene Darstellung, Quelle: Marktstammdatenregister (Stand: 13.07.2021)

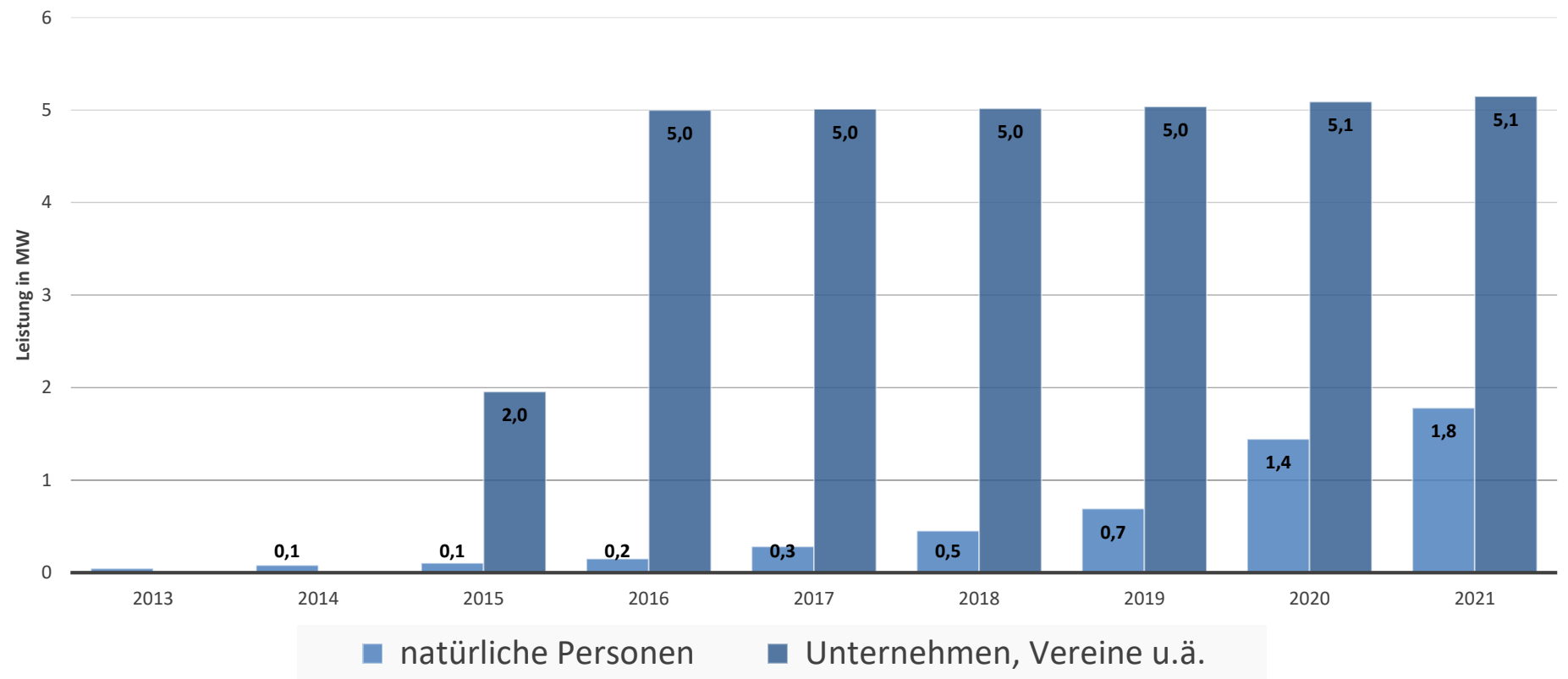
Bestandsanalyse Strom Leistung (Beispiel Dresden)



Eigene Darstellung, Quelle: Marktstammdatenregister (Stand: 13.07.2021)

Bestandsanalyse Stromspeicheranlagen

Entwicklung Ausbau Stromspeicheranlagen

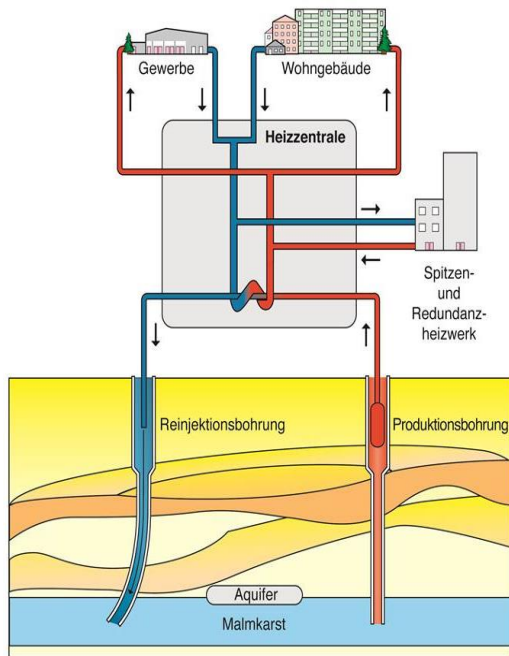


Eigene Darstellung, Quelle: Marktstammdatenregister (Stand: 13.07.2021)

Die Stadt als **Kraftwerk** und in der Kreislaufwirtschaft

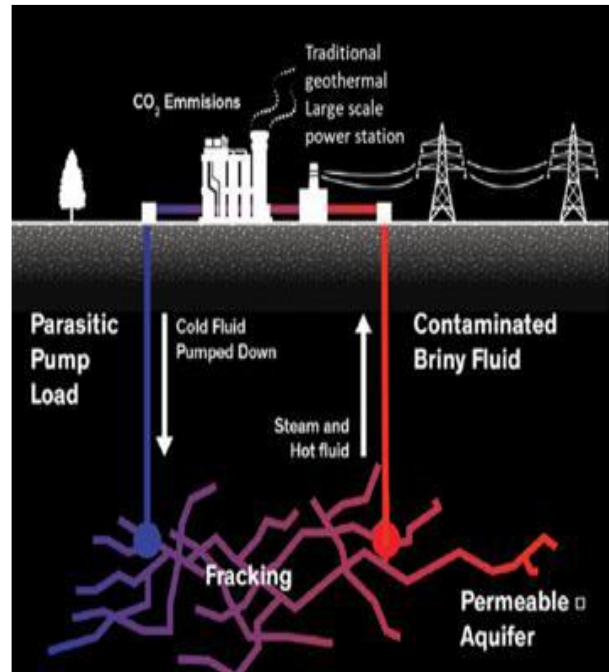
Bestandsanalyse Tiefengeothermie

Petrothermales Verfahren



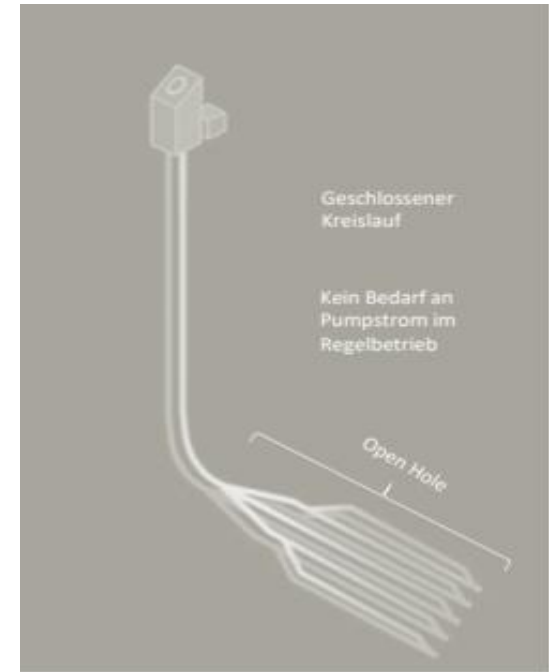
Quelle: Erdwärme Grünwald, GF Lederle

Hydrothermales Verfahren



Quelle: Eavor Präsentation 11.02.2021 Robert Winsloe

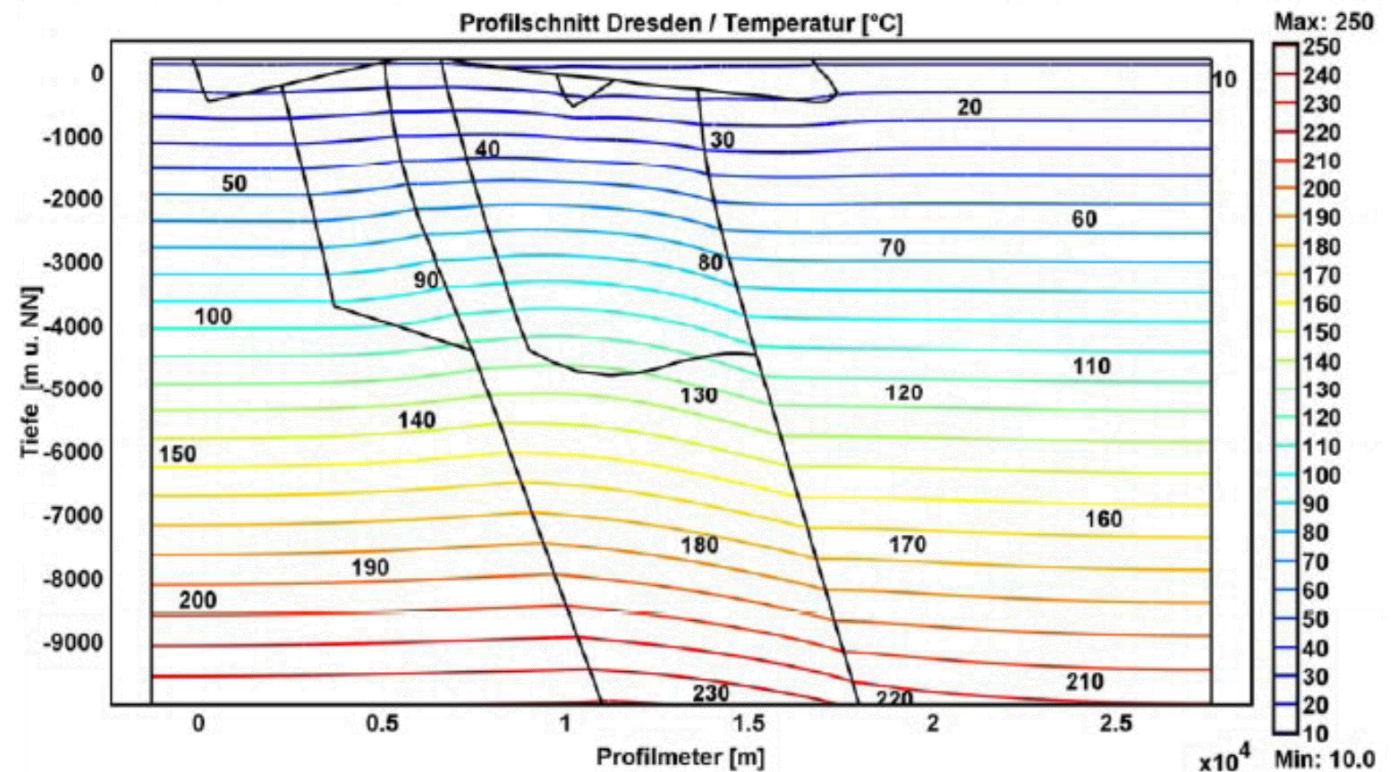
Geschlossenes System (Eavor)



Quelle: Eavor Präsentation 11.02.2021 Robert Winsloe

Bestandsanalyse Tiefengeothermie

- 2D-Temperaturschnitt „Dresden“
- In 5 km unter GOK wurden für das Profil „Dresden“ im Bereich von 120 bis 130 °C ermittelt



Quelle: LfULG, Tiefengeothermie Sachsen Schriftenreihe, Heft 9/2011 und TU Bergakademie Freiberg, Institut für Geophysik (H. SCHÜTZ).

Bestandsanalyse Tiefengeothermie

- Bewertung der Vorzugsgebiete Aue, Freiberg und Elbezone aus geologisch-geothermisch-geomechanischer Sicht

Vorzugsgebiet	Geologische Voraussetzungen				Geothermisch-geomechanische Voraussetzungen					Gesamtbewertung	
	Geologie ¹	Geologisch-geotechnischer Kenntnisstand ²	Tektonische Vorprägung und tiefreichende Störungssysteme ³	Natürliche Seismizität ⁴	Mittlere Modelltemperatur in 5 km u. GOK (in °C) ⁵	erwarteter Aufwand für Stimulation					
						$\frac{\sigma_1 - \sigma_3}{\sigma_1 + \sigma_3}$ ⁶	Frac-Drücke (in MPa) ⁷	Minimale horizontale Gebirgsspannung σ_h ⁸ (in MPa)	Fracbarkeit		
Aue	Granit	gut	stark ausgeprägt	Zone 1	175	0,29-0,34	100-120	95-100	(gut)	sehr gut	
Freiberg	Granodioritgneis	gut	ausgeprägt	Zone 0	135	0,34-0,42	60-85	85-90	gut	gut	
Elbezone	Meißen	Monzonit/Diorit	gering	stark ausgeprägt	Zone 0	140	0,20-0,43	65-140	80-95	gut	gut
	Dresden	Monzonit/Diorit	mäßig	stark ausgeprägt	Zone 0	145	0,20-0,43	65-140	80-95	gut	gut
	Pirna	Granodiorit	mäßig	stark ausgeprägt	Zone 0	120	0,20-0,43	65-140	80-95	gut	mäßig

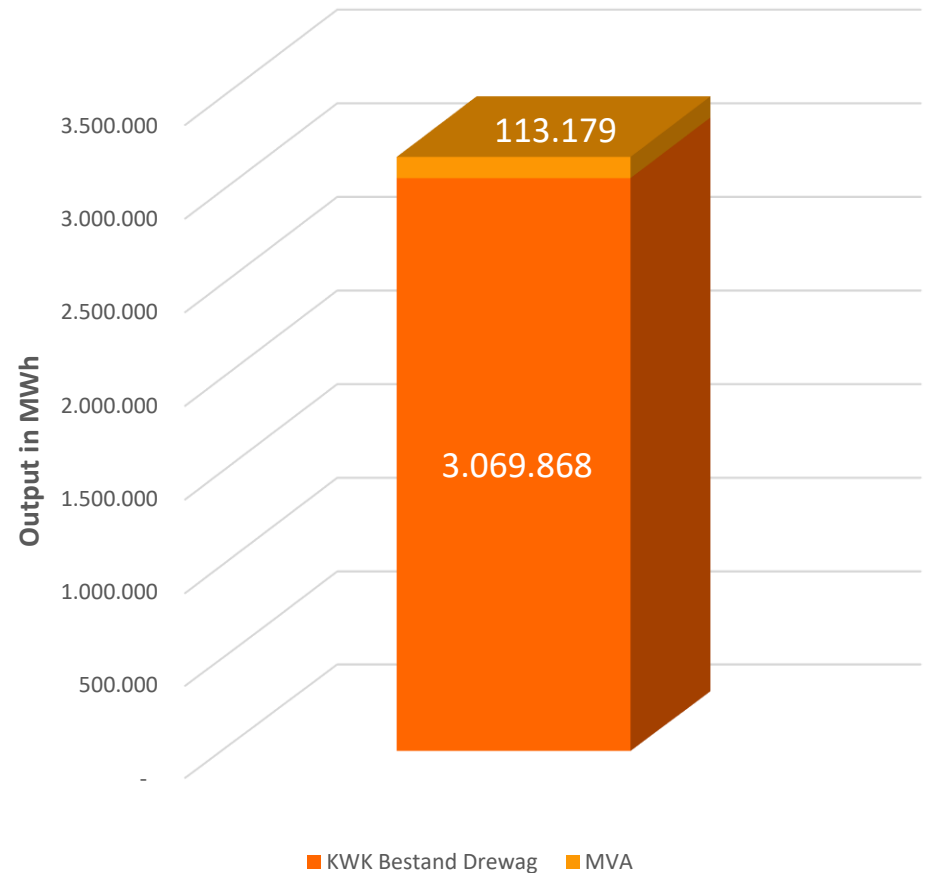
Quelle: LfULG, Tiefengeothermie Sachsen Schriftenreihe, Heft 9/2011 und TU Bergakademie Freiberg, Institut für Geophysik (H. SCHÜTZ)

Die Stadt als **Kraftwerk** und in der Kreislaufwirtschaft

Bestandsanalyse Restabfallverbrennung

- Szenario MVA wird in Fernwärme eingebunden
- Vergleich mit KWK Anlagen DREWAG
- Potential: ca. 5 % Anteil der Wärmeerzeugung + 2% der Stromerzeugung (theor. Potential)

Wärme + Stromerzeugung



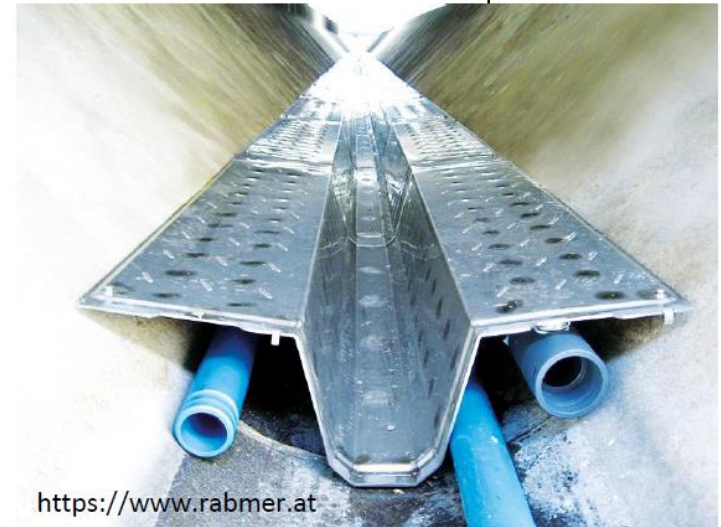
Eigene Darstellung, Quelle: Energiedaten Drewag (2018)

Die Stadt als **Kraftwerk** und in der Kreislaufwirtschaft

Möglichkeiten der Abwärmegewinnung

... z. B. über nachträglichen Einbau von WT

Wirtschaftlichkeitsgrenze nach BWB
mind. 100 kW Entzugsleistung



Bei nachträglichem Einbau wurden die Wärmeübertrager als Einzelelemente im Kanal zusammengesteckt
Foto: Ulling Kanaltchnik

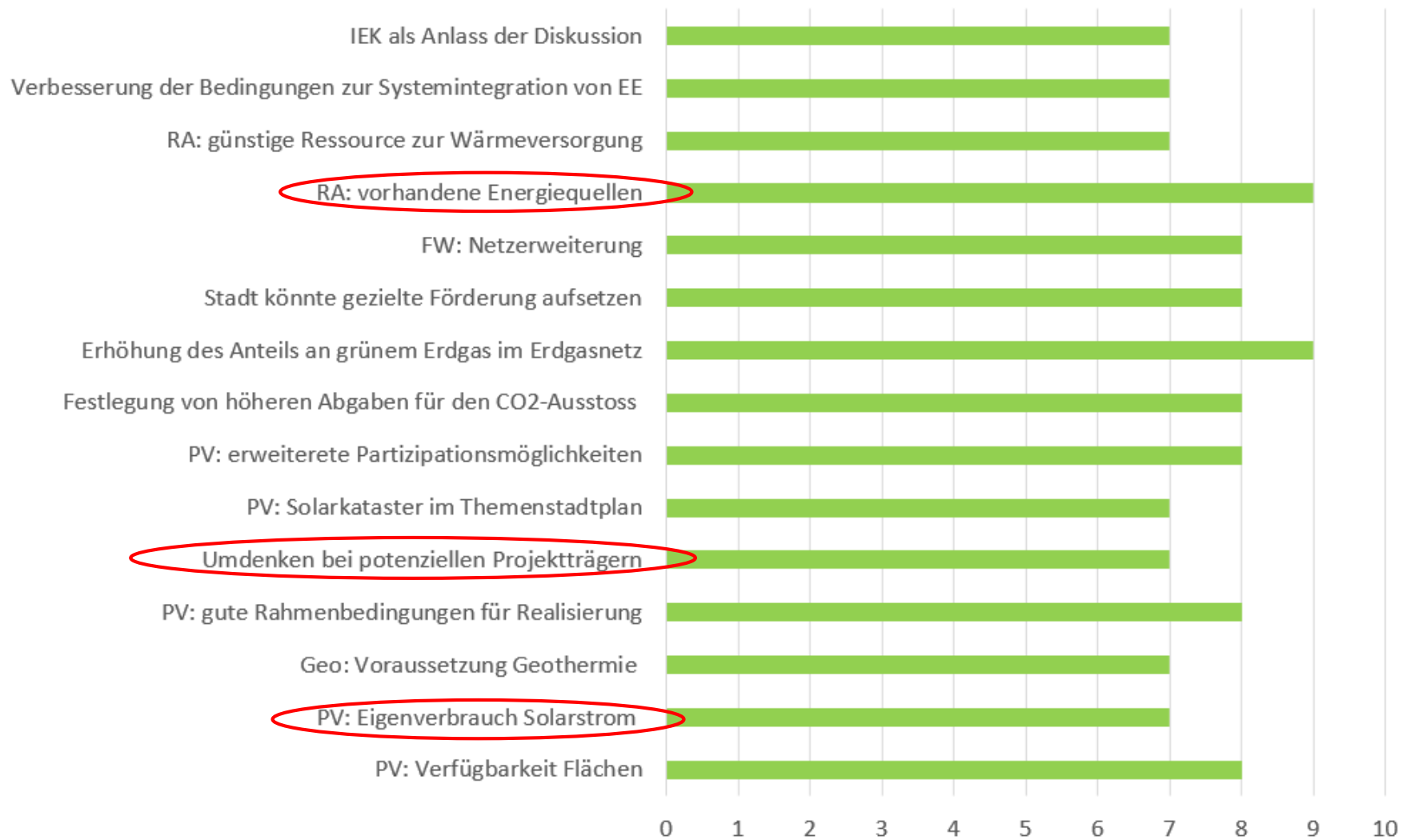


Wärmetauscher im Kanal Schwimmbad Sachsendamm Foto: Berliner Wasserbetriebe

Die Stadt als **Kraftwerk** und in der Kreislaufwirtschaft

Zielstellung | Methodik | Potentiale | Erfahrungen | Fazit

Chancen "Die Stadt als Kraftwerk"



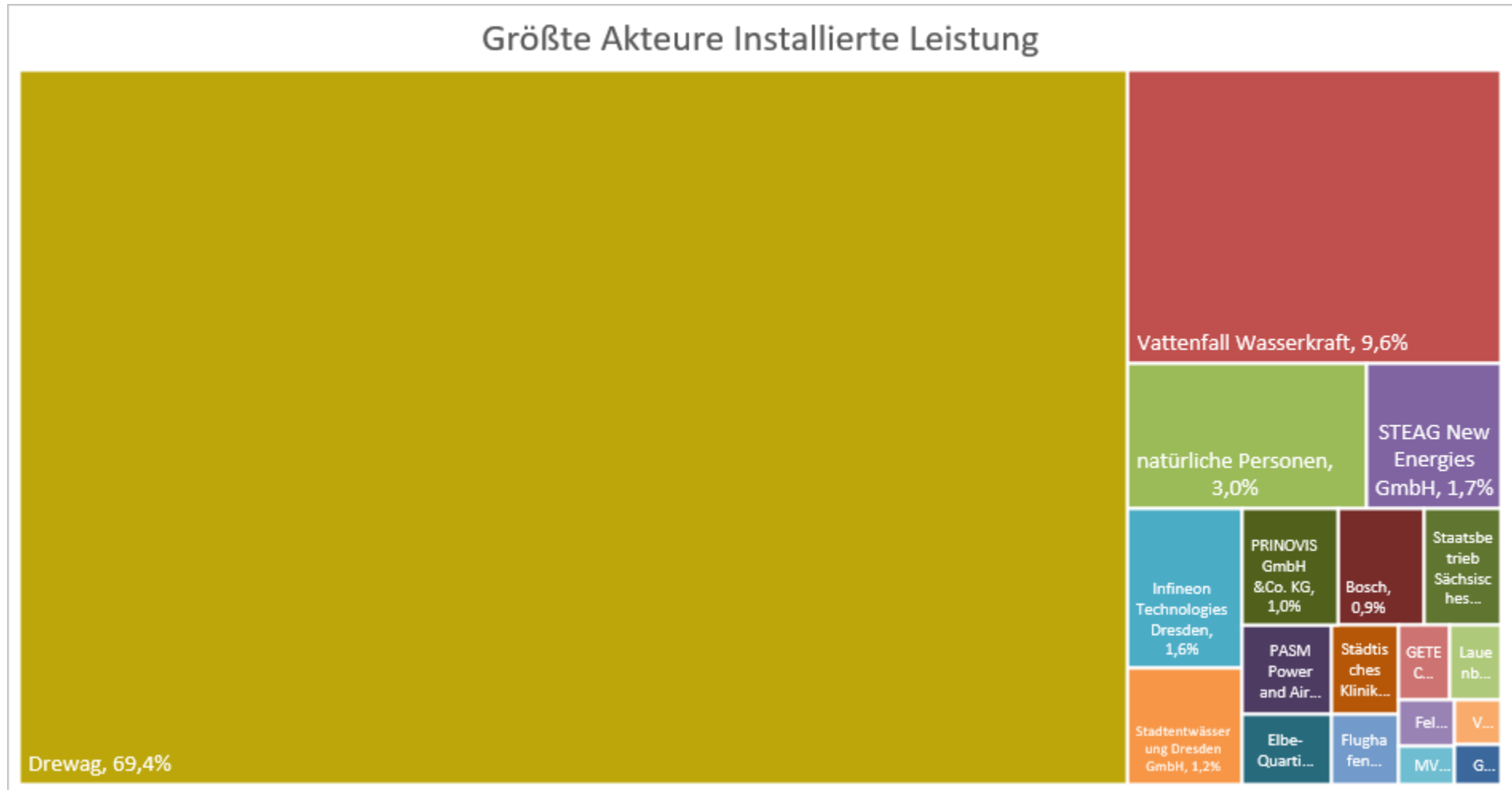
Die Stadt als **Kraftwerk** und in der Kreislaufwirtschaft

Risiken "Die Stadt als Kraftwerk"



Die Stadt als **Kraftwerk** und in der Kreislaufwirtschaft

Die 19 größten Akteure mit 93 % Anteil an installierter Strom-Gesamtleistung (Beispiel Dresden)

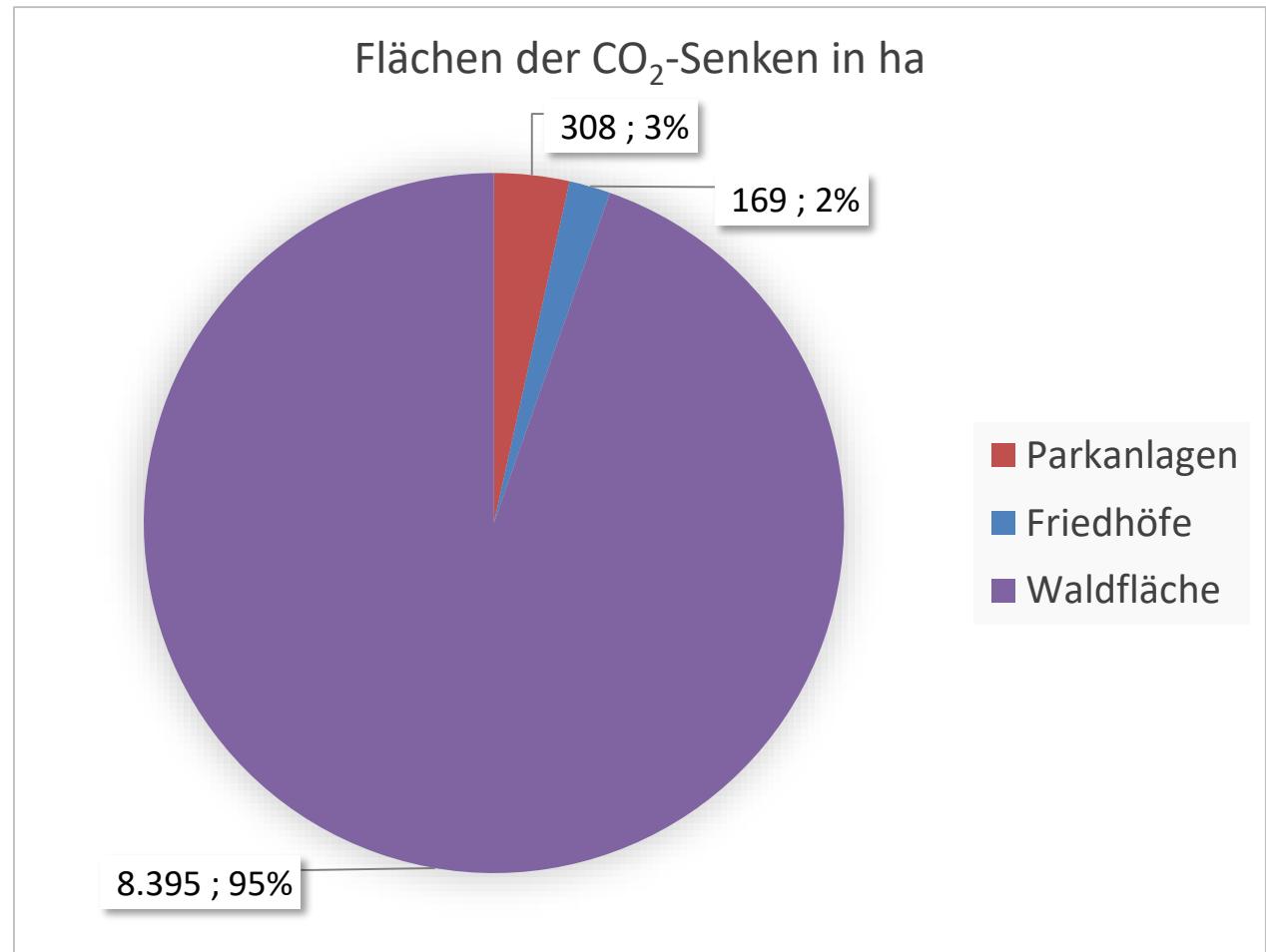


Eigene Darstellung, Quelle: Marktstammdatenregister (Stand: 13.07.2021)

Bestandsanalyse Grüne Infrastruktur als CO₂-Senke (Beispiel Dresden)

- Waldflächen Faustregel:
CO₂ Bindung 10-13 t
CO₂/ha*a
- Wald ca. 8400 ha
- CO₂ Bindung Wald bei
85.000 bis 110.000 t/a
- weitere urbane
Grünflächen keine
Angaben

Wald wesentlicher
Faktor als CO₂-Senke



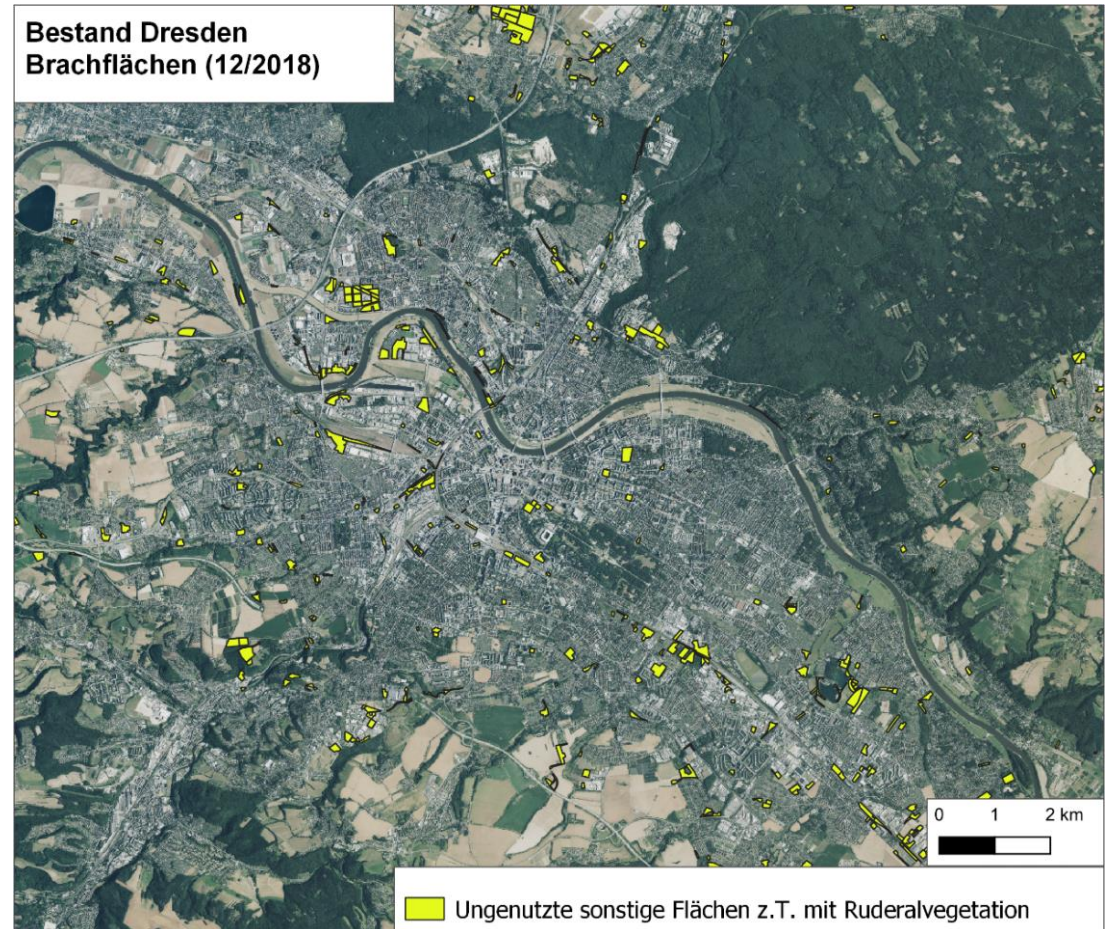
Eigene Darstellung, Quelle: Umweltamt Dresden 2018, Erweiterte Blockkarte [1]

[1] Umweltamt Dresden (2018):Erweiterte Blockkarte WMS [online].

<https://kommisdd.dresden.de/net3/public/ogcsl.ashx?nodeid=1030&service=wms&request=getcapabilities> [Zugriff am 28.07.2021]

Potential Brachflächen (Beispiel Dresden)

- Auswahl Ungenutzte sonstige Flächen z.T. mit Ruderalvegetation (12/2018) [1]
- ca. 588 ha
- Nutzung als Kurzumtriebsplantagen, Energiepflanzen, qualitative Grünflächen, Stadtwälder



Eigene Darstellung, Quelle: Umweltamt Dresden 2018, Erweiterte Blockkarte

[1] Umweltamt Dresden (2018):Erweiterte Blockkarte WMS [online].
<https://kommisdd.dresden.de/net3/public/ogcsl.ashx?nodeid=1030&service=wms&request=getcapabilities>

Potential Brachflächen (Beispiel Dresden)

1: Annahme: 50% der Flächen für Neupflanzungen nutzbar (Abzug durch bestehende Gehölze, Schadstoffbelastung, Bodenversiegelung, Nutzung)

Bestand: 588 ha * 50% = 294 ha

2: Annahme: 10% der möglichen Flächen werden genutzt (Faktoren: Eigentümer, Neubauvorhaben sonstige Zwischennutzungen)

294 ha * 10% = 29 ha

**Energiepotential
Berechnung mit 29 ha
Nutzfläche**

Potential Brachflächen als Kurzumtriebsplantagen (Beispiel Dresden)

Beispiel:

- Nutzfläche: 29 ha für Kurzumtriebsplantagen
- Biomasseertrag Pappeln : 382 t/a (13 t/ha*a)
- **Energie in Holzhackschnitzel: 1.900 MWh im Jahr**
- Nutzung für dezentrale Kleinkraftwerke möglich + Nutzung bestehender holziger Grünschnitt Abfälle der Stadt Dresden (3.350 t/a)

Potential Brachflächen für Wildpflanzen (Beispiel Dresden)

Vorteile von Wildpflanzen:

- vielfältiges Blütenangebot
- Mehrjährige Pflanzen
- Nahrung und Lebensraum im Winter/Sommer
- Förderung der Biodiversität, besonders im urbanen Raum
- ab 2. Jahr keine Bodenbearbeitung
- verbesserte Speicherfähigkeit, Erosionsschutz
- Imagegewinn vgl. Maisanbau in der Stadt



Wildpflanzen 3. Standjahr [2]



Wildpflanzen 4. Standjahr [2]

[1] Lebensraum Feldflur, Ernte und Ertrag [online]. <https://www.energie-aus-wildpflanzen.de/biogas-aus-wildpflanzen//> [Zugriff am 03.08.2021]

[2] Energie aus Wildpflanzen Praxisempfehlungen für den Anbau von Wildpflanzen zur Biomasseproduktion (2019) [online]. https://lebensraum-brache.de/wp-content/uploads/2019/10/NLF_Praxisratgeber_0919_3.-NACHDRUCK_klein.pdf [Zugriff am 03.08.2021]

Prioritätensetzung (Beispiel Dresden)

Zentrale Strom- und Wärmeerzeugungsanlagen:

- Tiefengeothermieanlage
- Restmüllverbrennungsanlage ca. 5% der Wärmeerzeugung Drewag 2017 mit Dresdener Restmüllmengen [1]
- Solarthermieanlagen (Großanlagen)

Dezentrale Strom- und Wärmeerzeugungsanlagen:

- Austausch/Umbau/Ergänzung von dezentralen Wärmeerzeugungsanlagen
- PV Ausbaupotentiale (Gebäude/Anlagen) + Speichersysteme

Stabilisierung/Ausbau der Fernwärme als Verteilsystem und Laststabilisator (Speicher)

[1] Energiedaten DREWAG (2017), Daten für das Konsortium

Prioritätensetzung (Beispiel Dresden)

CO₂-Senken stabilisieren und ausbauen:

- CO₂ Bindung Dresdener Wald bei ca. 100.000 t CO₂/a → **Schutz und Erhalt dieses Naturraumes**
- 100.000 t CO₂/a von 3.500.000 t CO₂äq/a → ca. 3 % der CO₂ Emissionen aus 2005 u. ca. alle CO₂ Emissionen des Stromverbrauches öffentlicher Einrichtungen 2005 [1]

(Energetische) Nutzung Brachflächen:

- Nutzung für Biomasseproduktion (bspw. Wildpflanzen)
- Außenwirkung für Öffentlichkeitsarbeit „Energieproduktion mitten in der Stadt“

Nachhaltiges Bauen:

- Ressourcensparende Bauweise: Stadtverwaltung als Vorreiter

FAZIT: Stadt als Kraftwerk und in der Kreislaufwirtschaft

Zentrale Energiesysteme

- Konzentration auf Großanlagen zur Erschließung regenerativer Energieträger in Verbindung mit zentralen Verteilsystemen (möglichst NT-Wärme, („grünes“)Gas, Strom)

Dezentrale Energiesysteme

- Konzentration auf Photovoltaik in Verbindung mit Eigenstromerzeugung und –nutzung insbesondere auch für Elektromobilität

Kreislaufwirtschaft

- Stabilisierung und Entwicklung von Waldflächen, (energetische)Nutzung von Brachflächen, (energetische)Verwertung Restabfälle