



Dr. Tom Kober, Dr. Mashael Yazdanie, Dr. Martin Densing
Gruppe Energiewirtschaft, Labor für Energiesystemanalysen

Energiedrehscheibe Basel-Stadt: Untersuchung langfristiger Energiebereitstellungspfade für Basel unter Berücksichtigung nationaler Energiepolitiken

18. Workshop der IG Smart City Schweiz, Bern, 30. August 2018

Über 50% der Weltbevölkerung wohnt in Stadtgebieten, mit einem Beitrag von **70% der weltweiten CO₂-Emissionen aus dem Energiesektor**

Ca. 70% der Weltbevölkerung in 2050 wird in Städten wohnen

- Städten kommt eine besondere Bedeutung bei der Emissions- und Energieverbrauchsreduzierung zu
- Lokale Energiesystemplanung und lokale energiepolitische Maßnahmen können dies unterstützen

Fokus Forschung

IDEAS4cities : Integration of Decentralized Energy Adaptive Systems for cities (lead ETHZ)

- WP* A: Design procedures
- WP B: Global urban energy model
- WP C1: Simulation of urban scenarios
→ **Basel local energy hub**
- WP C2: EPFL microgrid test facility
- WP C3: Energy hub in the Empa NEST building

*WP = Work package

Fokus Anwendungsbeispiele

Pilotregion Basel (Leitung AUE)

Projektfokus liegt bei Innovationen in den Bereichen Bauen, Planen und Mobilität, bei der Speicherung von erneuerbarem Strom, bei der Vernetzung von Energieinfrastrukturen und beim Einsatz smarterer Technologien.

- Arealentwicklungen
- Sanierungen und Neubauten
- Speichern und vernetzen → **Energiedrehscheibe Basel**
- Heizen, Kühlen, Beleuchten
- Mobilität
- Gelebte 2000-Watt-Gesellschaft

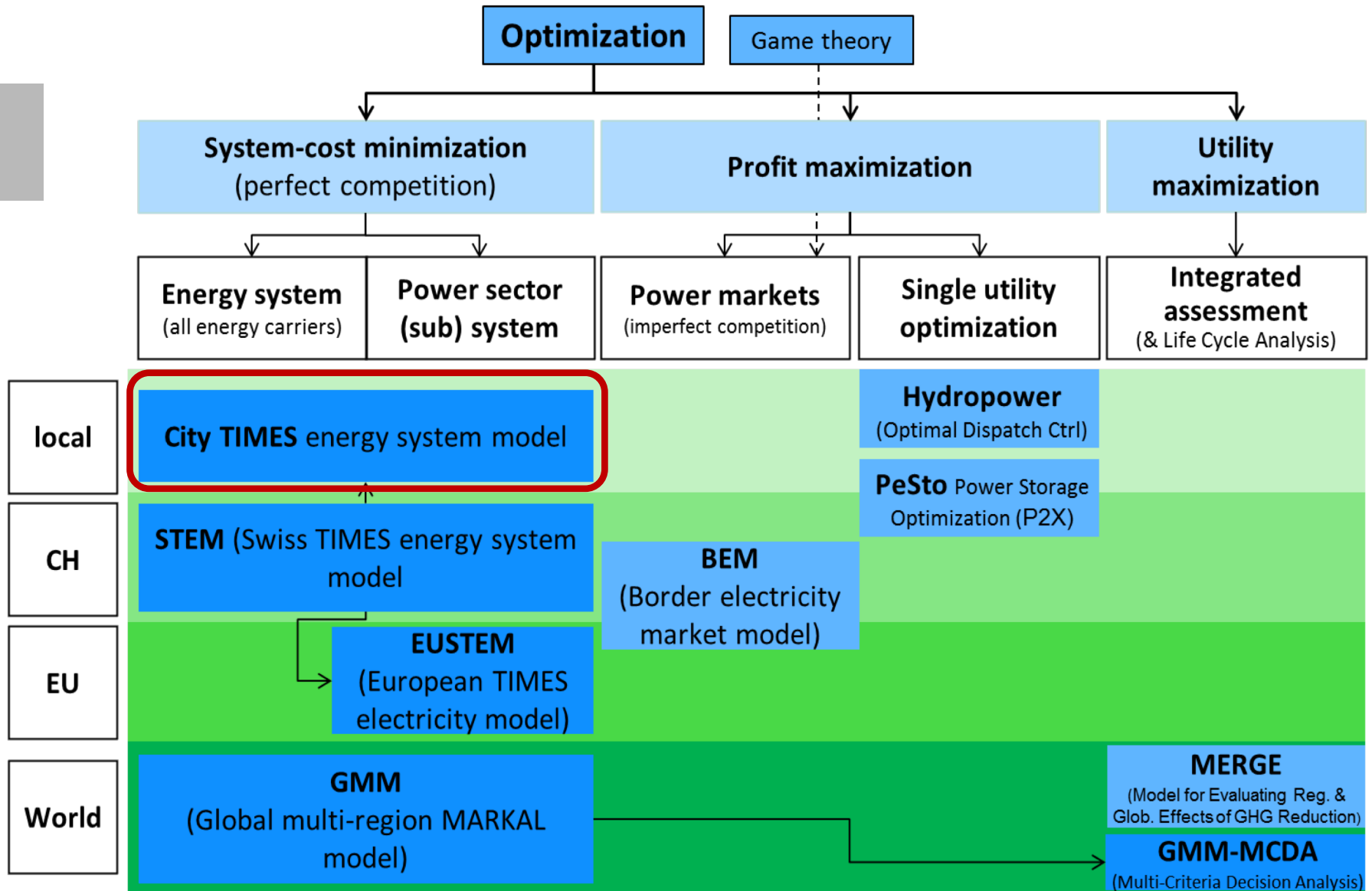
Untersuchung langfristiger, kostenoptimaler Energiebereitstellungspfade für die Stadt Basel unter Berücksichtigung mehrerer Energiepolitik-Szenarien des Bundes, mit Schwerpunkt auf dezentrale Erzeugungs- und Speichertechnologien (DGST) zur Deckung der Wärme- und Stromnachfrage der Haushalte sowie der Dienstleistungs- und Industriesektoren.



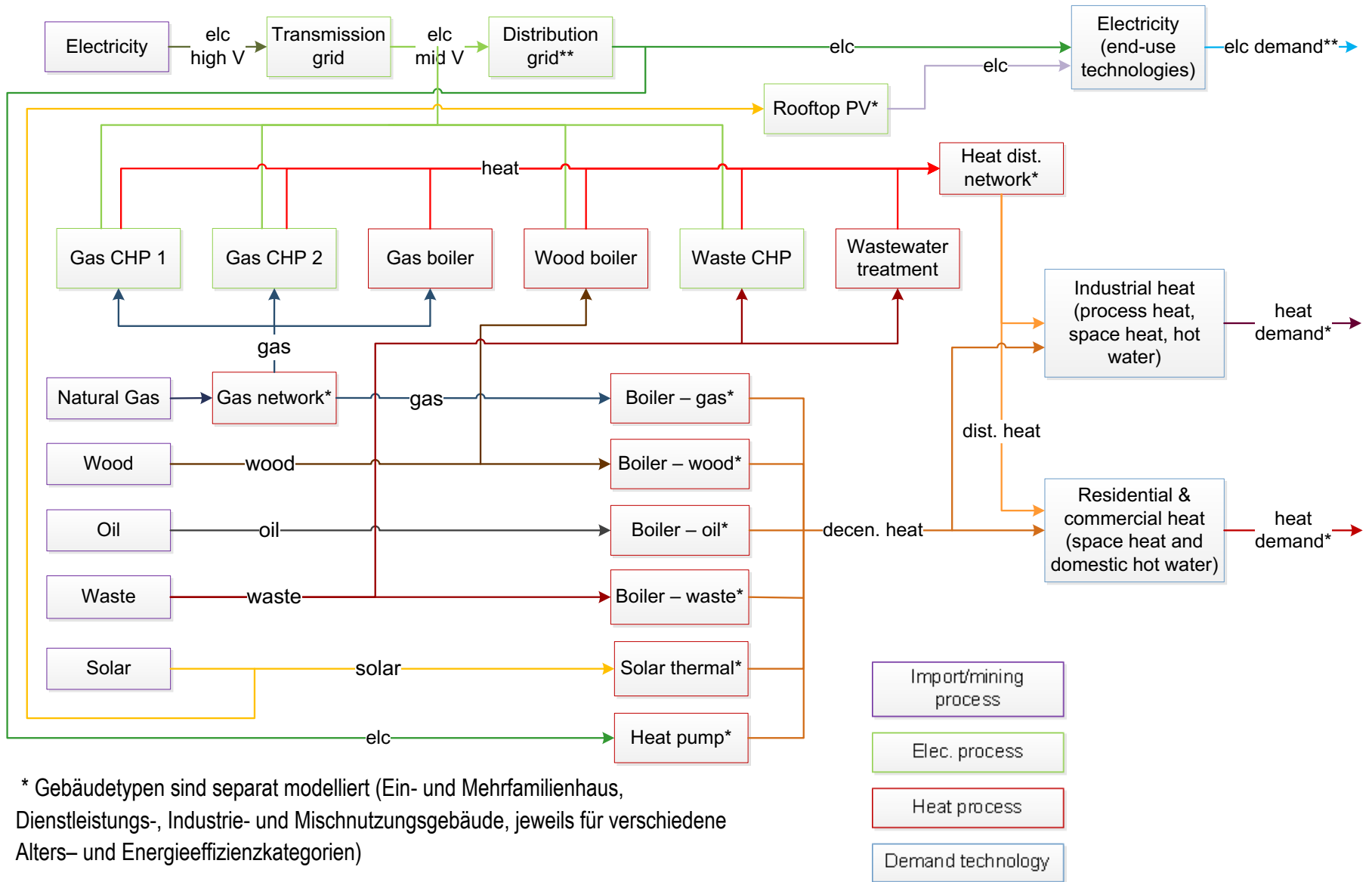
TIMES Energiemodell

Tool zur Modellierung kostenoptimaler Versorgungsstrukturen, ermöglicht Optimierung sowohl von Kapazitätsplanung als auch der Einsatzfahrpläne der einzelnen Technologien

- Detailliertes (“bottom-up”) techno-ökonomisches Energiesystem-Modell
- Auswahlmöglichkeit verschiedener Energieumwandlungs- und Speichertechnologien, Abbildung verschiedener Verbrauchssektoren
- Möglichkeit zur Szenario-Analyse unter Berücksichtigung von Unsicherheiten im Energiesystem (z.B. zukünftige Kosten)
- Zeithorizont im Modell: 2010-2050
- Zeitliche Auflösung: Stundenprofile eines typischen Werktages und eines Wochenendtages, separat für vier Jahreszeiten



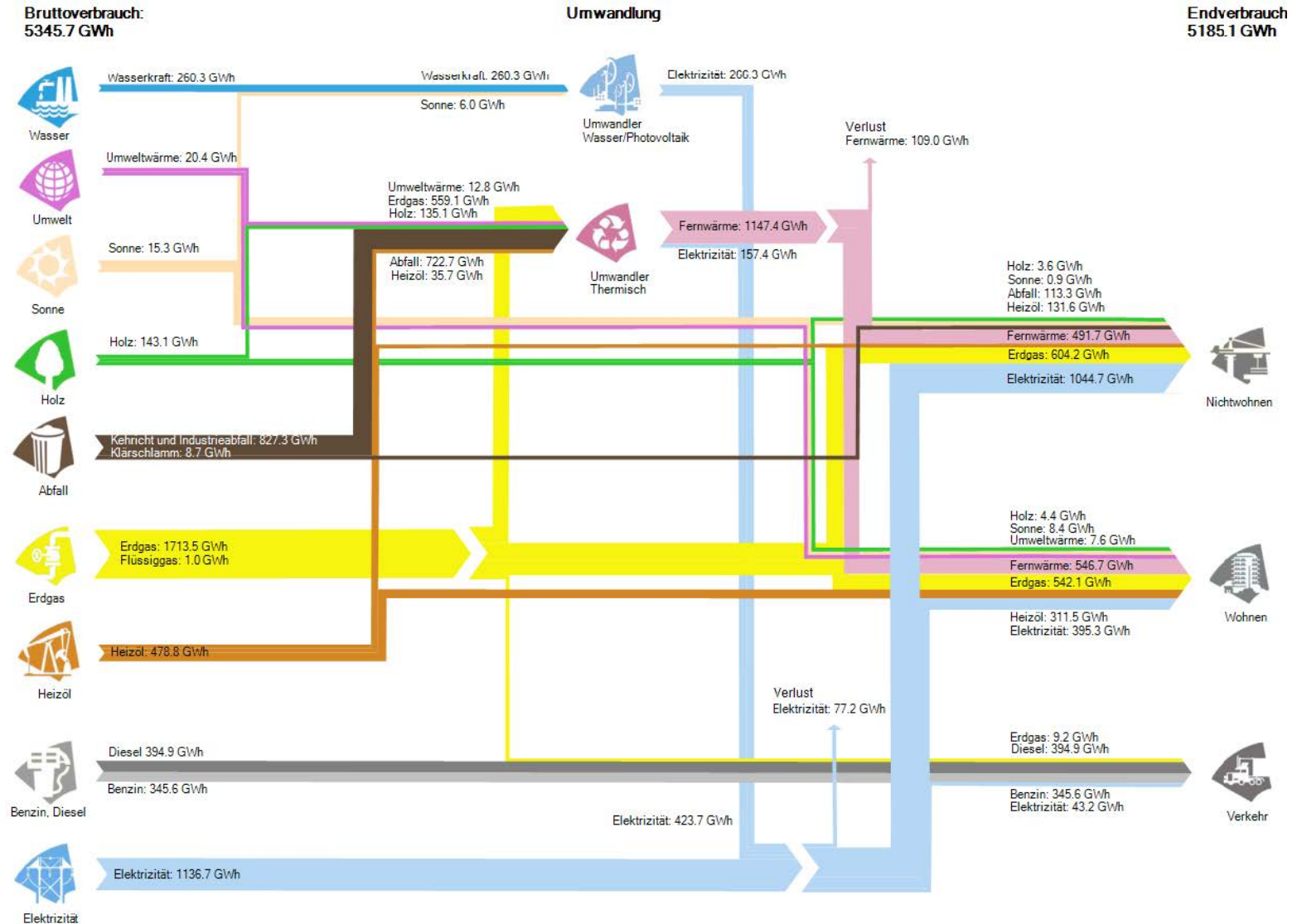
Energiesystem-Modell für Basel (im Basisjahr)



* Gebäudetypen sind separat modelliert (Ein- und Mehrfamilienhaus, Dienstleistungs-, Industrie- und Mischnutzungsgebäude, jeweils für verschiedene Alters- und Energieeffizienzkatgorien)

** Verbrauchssektoren sind separat modelliert (Wohnung, Dienstleistung und Industrie) sowie einzelne Gerätegruppen (Licht, Küche, Gefrieren, Kühlen, etc.)

Energieflussdiagramm des Kantons Basel-Stadt 2012



Szenarien des Bundes

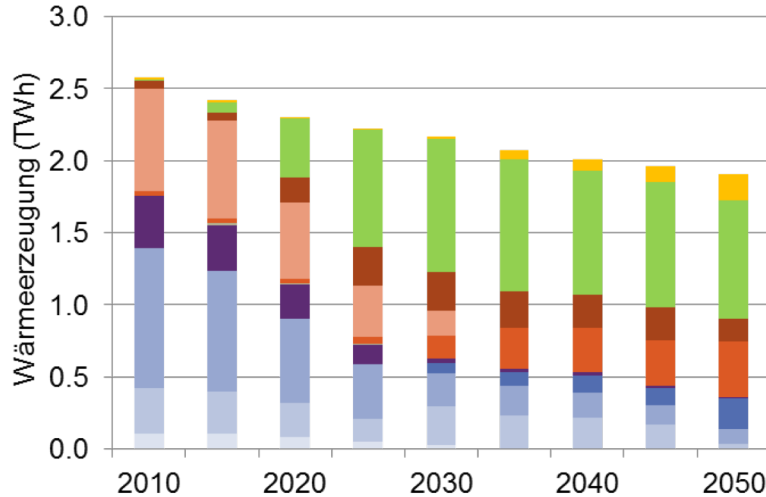
- Untersuchung verschiedener Szenarien der Energiepolitik des Bundes gemäss den *Energieperspektiven für die Schweiz bis 2050*:
 - Referenzszenario: Weiter-Wie-Bisher (REF)
 - PolitikszENARIO: Neue Energiepolitik (NEP)
- Exogene Hauptparameter des Modells, die durch die Politikmassnahmen des Bundes bestimmt werden:

| | Referenzszenario (REF) | Neue Energiepolitik (NEP) |
|---|---|--|
| CO₂-Preis (vereinfacht für alle fossilen Energieträger) | • Tief (60 CHF/t-CO ₂ in 2050) | • Hoch (140 CHF/t-CO ₂ in 2050) |
| Gebäuderenovierung | • Tiefes Potential | • Hohes Potential |
| Geräteverbrauch (z.B. Licht, Waschmaschine/Trockner, etc.) | • Geringe Steigerung des Wirkungsgrads bis 2050 | • Große Steigerung des Wirkungsgrads bis 2050 |
| Kosten für externen Netzstrom | • Tiefe Gesamtkosten (Erzeugung + T&D) | • Hohe Gesamtkosten (Erzeugung + T&D) ¹ |

¹ Gesamtstromkosten sind abhängig von Szenarioannahmen; in den vorgestellten Szenarien werden die relativ hohen Übertragungsnetzkosten des NEP Szenarios des Bundes verwendet.



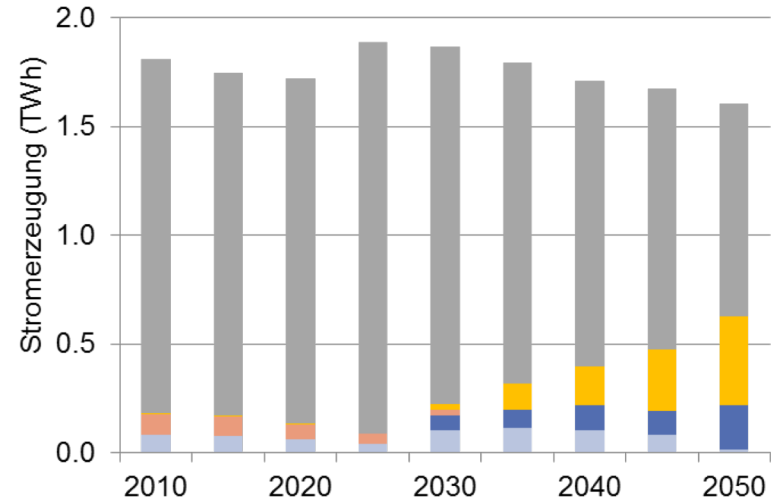
Wärmeerzeugung



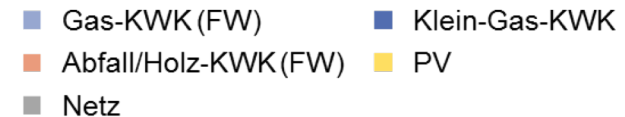
Wärmeerzeugungstechnologien



Strombereitstellung

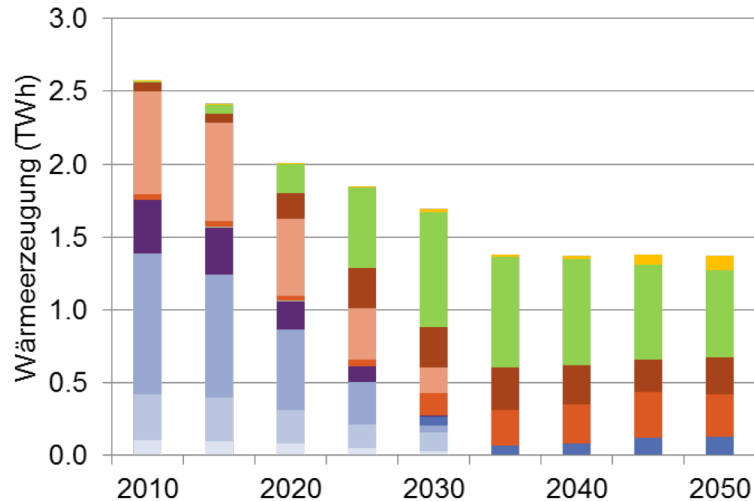


Elektrizitätserzeugungstechnologien

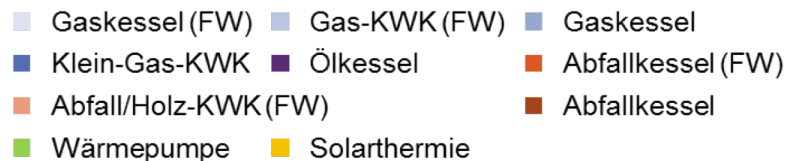


- Wärmeerzeugung hauptsächlich durch Wärmepumpen und die Verbrennung von Abfall und Gas
- Solaranlagen tragen in 2050 ca. 25% zur Stromerzeugung bei
- Strombezug von anderen Regionen in 2050 um 40% ggü. 2010 vermindert
- Ausnutzung des erlaubten Renovationspotentials und des Gebrauchs energieeffizienter Endgeräte

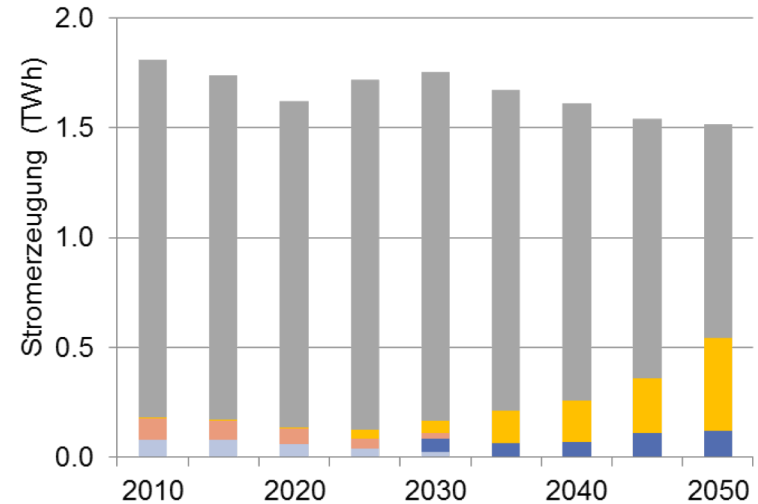
Wärmeerzeugung



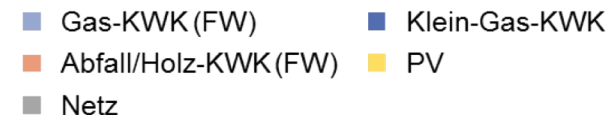
Wärmeerzeugungstechnologien



Strombereitstellung

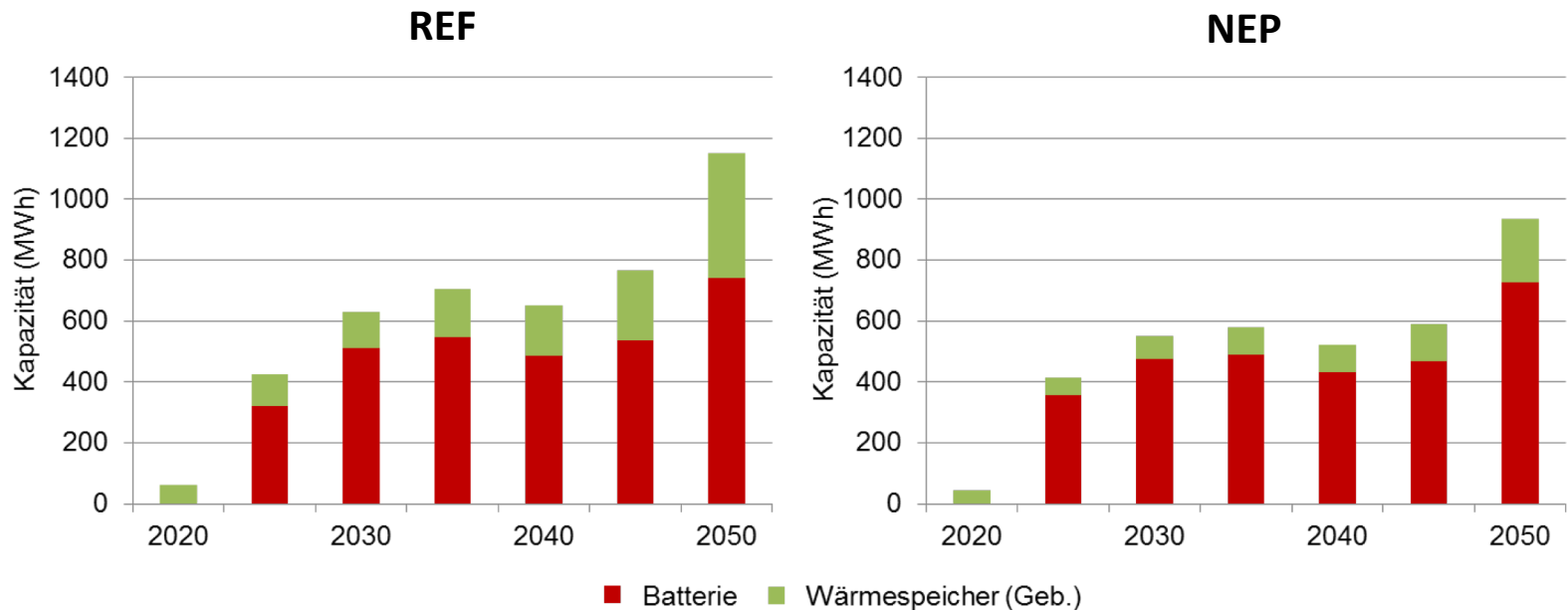


Elektrizitätserzeugungstechnologien



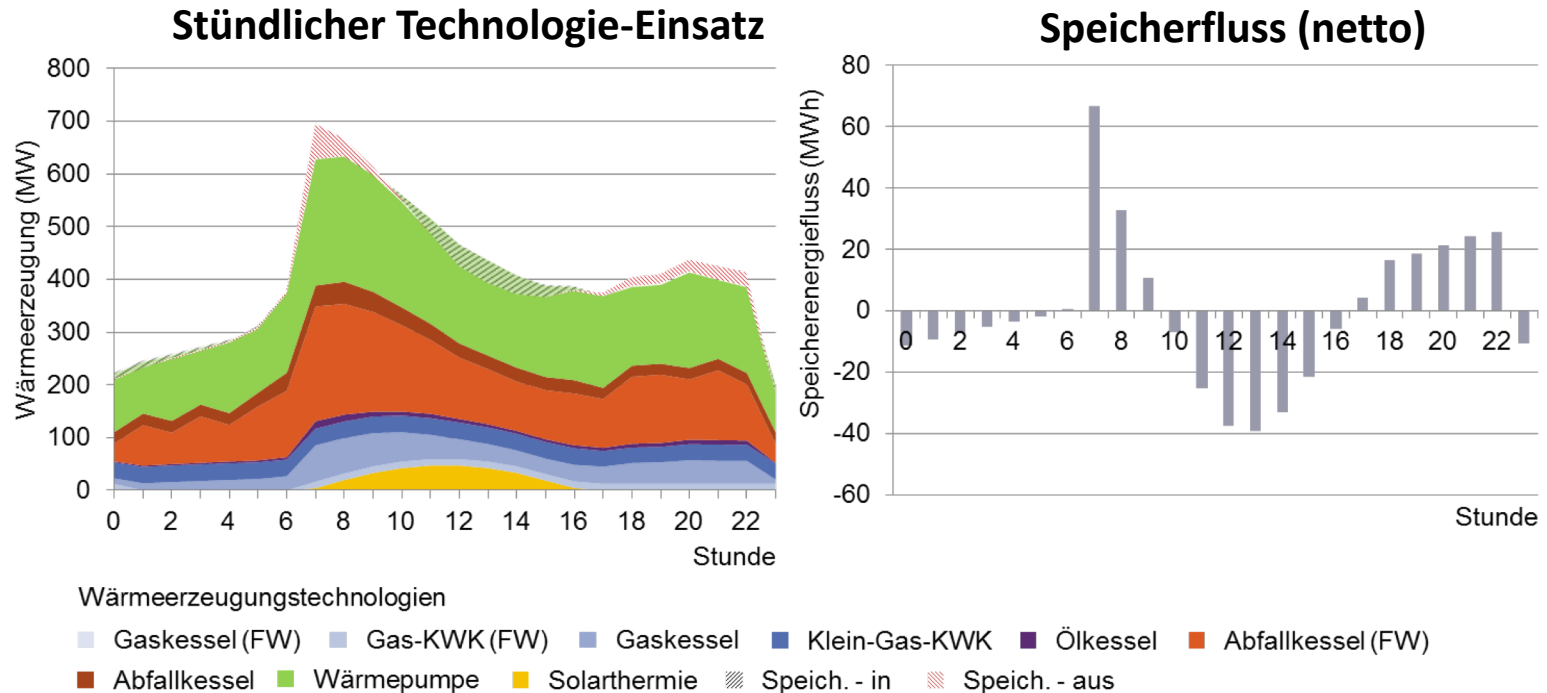
- Ausgenutzte Renovationspotentiale höher als im REF Szenario
- Wärmebedarf in 2035 wird fast vollständig durch Wärmepumpen und Abfallverbrennung gedeckt
- Solaranlagen tragen in 2050 ca. 30% zur Stromerzeugung bei
- Stromimporte in 2050 sind um 40% vermindert relativ zum Jahr 2010

Investitionen in Speicher



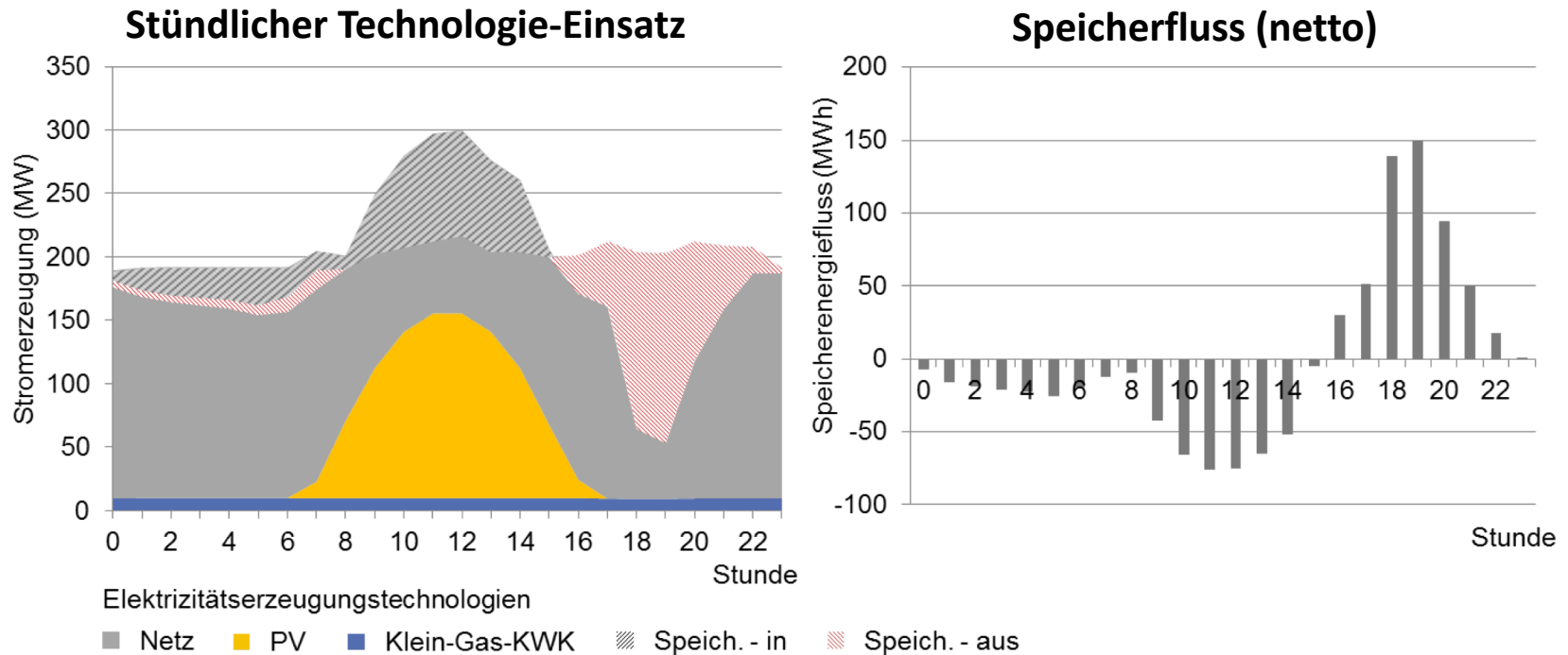
- Großteil der Investitionen in Speicher erfolgt in Batterien im Gebäudebereich
 - 40% in Industriebauten, ca. 20% in Wohnungs-, Dienstleistungs-, und Mischnutzungsgebäuden
- Batteriespeicherkapazität im Jahr 2050 entspricht ~15% des Strombedarfs eines Werktages im Winter
- Speicherkapazität der Wärmespeicher im Jahr 2050 entspricht ~5% des Wärmebedarfs eines Werktages im Winter

Wärmeeinsatz-Stundenplan - Winterwerktag 2050 (REF Szenario)



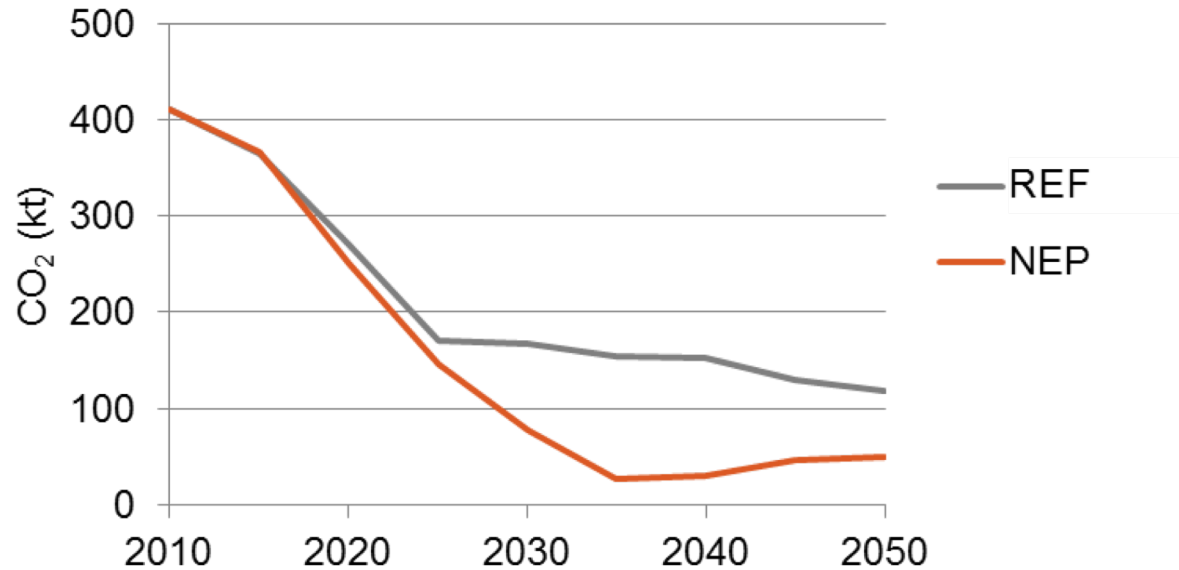
- Wärmespeicherung ermöglicht:
 - Minderung von Lastspitzen
 - Erhöhter Einsatz von Sonnenkollektoren
- Speicherung der Wärme am Tag (u.a. von Sonnenkollektoren), Wärmerückgabe morgens und abends bei Lastspitzen

Stromeinsatz-Stundenplan - Winterwerktag 2050 (Szenario NEP)



- Speicherung des Stroms (u.a. aus Solaranlagen) tagsüber, und nachts während tiefer Strompreise aus dem externen Netz
- Abends Rückgabe des Stroms während Spitzenlaststunden

Lokale CO₂-Emissionen in den Szenarien



- Def. CO₂-Emissionen: Lokale fossile Energieträger (Gas und Heizöl), nur Verbrennungsemissionen
- Basel hat ambitionierte Langfristminderungsziele für Treibhausgase (*compact of mayors*)
- Emissionen im NEP-Szenario um ca. 90% vermindert in 2050 relativ zu 2010; zum Vergleich, Emissionen in REF sind um 70% vermindert
- Emissionsminderung ist sensitiv ggü. CO₂-Preisen und ggü. den verfügbaren Renovierungspotentialen

Hauptergebnisse

- Dezentrale Erzeugungs- und Speichertechnologien und lokale Ressourcen können wesentlich zu einem kostenoptimalen zukünftigen Energiesystem in Basel beitragen, dies unter allen betrachteten Energiepolitikmassnahmen des Bundes
 - Solaranlagen können in 2050 bis zu 30% des jährlichen Strombedarfs der Stadt decken
 - Der Wärmebedarf der Stadt in 2050 kann hauptsächlich mit Wärmepumpen und durch Abfallverbrennungsanlagen gedeckt werden
 - Zwei Faktoren sind entscheidend für eine wesentliche Minderung der CO₂-Emissionen und des Energieverbrauchs im Wärme- und Stromsektor:
 - Der Einsatz effizienter Endverbrauchsgeräte und Nutzung des Renovationspotentials (Gebäudeeffizienz)
 - CO₂-Preis
- Die Ergebnisse sind hauptsächlich sensitiv auf Netzstrom- und Gaspreisfluktuationen (vor allem im REF-Szenario)
- Investitionen in Solaranlagen sind hauptsächlich sensitiv auf zukünftige Batterie- und Solarzellenkosten
- Batteriespeicher und dezentrale Erzeugung bieten Absicherung gegen volatile Strompreise

Vielen Dank für's Zuhören!

Vielen Dank an:

- BS-AUE & Pilotregion Basel
- novatlantis
- Industrielle Werke Basel
- Statistisches Amt Kanton Basel-Stadt
- Finanzierung: CCEM IDEAS4cities Projekt

Publikation:

Yazdanie et al., 2017, Cost optimal urban energy systems planning in the context of national energy policies: a case study for the city of Basel, in *Energy Policy* (in press)

Kontakt: tom.kober@psi.ch



Aksoezen, M., Daniel, M., Hassler, U., & Kohler, N. (2015). Building age as an indicator for energy consumption. *Energy & Buildings*, 87, 74–86. doi:10.1016/j.enbuild.2014.10.074

Basel Statistics Office. (2012). *City of Basel Energy Demand Statistics*. Basel

Berger, T., Genske, D., Hüsler, L., Jödecke, T., Menn, A., & Ruff, A. (2011). *Energetische Optimierung des Kantons Basel-Stadt*. Basel.

Brandes, D., Brändle, N., Maurer, C., Sydow, N., Vautier, C., 2009. Swiss Issues Sectors, Swiss Foreign Trade Facts and Trends. Zurich.

Bundesamt für Statistik. (2015). *Gebäude- und Wohnungsregister*. Bern

C40 Cities, 2017a. C40 Cities Climate Leadership Group [WWW Document]. URL <http://www.c40.org/> (accessed 12.14.16).

Cho, W. (2012). Marina Bay Singapore photo. Retrieved from <https://www.flickr.com/photos/adforce1/8193074594>

Compact of Mayors, 2016. Compact of Mayors [WWW Document]. URL <https://www.compactofmayors.org> (accessed 12.16.16).

Edenhofer, O., Pichs-Madruga, R., Sokona, Y., Minx, J. C., Farahani, E., Kadner, S., & Seyboth, K. (2015). Climate Change 2014 Mitigation of Climate Change Summary for Policymakers and Technical Summary. Working Group III Contribution to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415416>

ICLEI, 2017. ICLEI - Local Governments for Sustainability [WWW Document]. URL <http://www.iclei.org/> (accessed 12.16.16).

Industrielle Werke Basel. (2013). *Basel Supply Data Set*. Basel.

Kirchner, A., Bredow, D., Dining, F., Grebel, T., Hofer, P., Kemmler, A., Ley, A., Piegsa, A., Schütz, N., Strasbourg, S., Struwe, J., Keller, M., 2012. Die Energieperspektiven für die Schweiz bis 2050 [WWW Document]. URL www.bfe.admin.ch/php/modules/publikationen/stream.php?extlang=de&name=de_564869151.pdf (accessed 4.22.16).

Loulou, R., Remme, U., Kanudia, A., Lehtila, A., Goldstein, G., 2016. Documentation for the TIMES Model [WWW Document]. URL http://www.iea-etsap.org/docs/Documentation_for_the_TIMES_Model-Part-I_July-2016.pdf (accessed 12.16.16).

Panos, E., & Kannan, R. (2016). The role of domestic biomass in electricity, heat and grid balancing markets in Switzerland. *Energy*, 112, 1120–1138. <http://doi.org/10.1016/j.energy.2016.06.107>

References

Ramachandran, K., Turton, H., 2011. Documentation on the Development of the Swiss TIMES Electricity Model (STEM-E) [WWW Document]. URL http://www.psi.ch/eem/PublicationsTabelle/2011_Kannan_STEME.pdf (accessed 4.22.16).