

Themenbereich Haushalte
Eigenverbrauchs-
optimierung auf dem
Hunziker Areal

Forschungsprojekt FP-1.17
Kurzfassung, Dezember 2018

51

2011
2012
2013
2014
2015
2016
2017
2018
2019
2020

Auftraggeber

Energieforschung Stadt Zürich
Ein ewz-Beitrag zur 2000-Watt-Gesellschaft

Auftragnehmer

Lemon Consult AG, Sumatrastrasse 10, 8006 Zürich, <https://lemonconsult.ch/>

Autoren

Martin Mühlebach, Lemon Consult AG (Projektleitung)
Mario Roost, Lemon Consult AG (stv. Projektleitung)
Martin Ménard, Lemon Consult AG

Lektorat: Geschäftsstelle Energieforschung Stadt Zürich

Begleitgruppe

Reto Bertschinger, Gesundheits- und Umweltdepartement (GUD)
Christian Bohtz (ewz)
Martina Blum, Departement der Industriellen Betriebe (DIB)
Ruth Furrer, Tiefbauamt (TAZ)
Rahel Gessler, Umwelt- und Gesundheitsschutz Zürich (UGZ)
Yvonne Meier-Bukowicki, Tiefbauamt (TAZ)
Toni W. Püntener, Umwelt- und Gesundheitsschutz Zürich (UGZ)
Dr. Urs Rey, Statistik Stadt Zürich (SSZ)
Franz Sprecher, Amt für Hochbauten (AHB)
Marcel Wickart (ewz)

Das Projekt wurde durch Marcel Wickart (ewz), Martina Blum (DIB) und Franz Sprecher (AHB) als PatInnen betreut.

Zitierung

Mühlebach M., Roost M., Ménard M. 2018. Eigenverbrauchsoptimierung Hunziker Areal. Energieforschung Stadt Zürich. Kurzfassung Nr. 51, Forschungsprojekt FP-1.17.

Für den Inhalt sind alleine die Autorinnen und Autoren verantwortlich. Der vollständige Bericht kann unter www.energieforschung-zuerich.ch bezogen werden.

Kontakt

Energieforschung Stadt Zürich
Geschäftsstelle
c/o econcept AG, Gerechtigkeitsgasse 20, 8002 Zürich
reto.dettli@econcept.ch 044 286 75 75

Titelbild

Luca Zanier, Zürich

Inhaltsverzeichnis

| | |
|----------------------------------|----|
| Inhaltsverzeichnis | 3 |
| Energieforschung Stadt Zürich | 4 |
| 1 Einleitung | 6 |
| 1.1 Das Hunziker Areal | 6 |
| 2 Vorgehen | 8 |
| 2.1 Technische Kennzahlen | 9 |
| 3 Resultate | 10 |
| 4 Synthese | 16 |
| 5 Handlungsempfehlungen | 18 |
| 5.1 Weiterführende Themen | 18 |

Energieforschung Stadt Zürich

Ein ewz-Beitrag zur 2000-Watt-Gesellschaft

Energieforschung Stadt Zürich ist ein auf zehn Jahre angelegtes Programm und leistet einen Beitrag zur 2000-Watt-Gesellschaft. Dabei konzentriert sich Energieforschung Stadt Zürich auf Themenbereiche an der Nahtstelle von sozialwissenschaftlicher Forschung und der Anwendung von neuen oder bestehenden Effizienztechnologien, welche im städtischen Kontext besonders interessant sind.

Im Auftrag von ewz betreiben private Forschungs- und Beratungsunternehmen sowie Institute von Universität und ETH Zürich anwendungsorientierte Forschung für mehr Energieeffizienz und erneuerbare Energien. Die Forschungsergebnisse und -erkenntnisse sind grundsätzlich öffentlich verfügbar und stehen allen interessierten Kreisen zur Verfügung, damit Energieforschung Stadt Zürich eine möglichst grosse Wirkung entfaltet – auch ausserhalb der Stadt Zürich. Geforscht wird zurzeit in zwei Themenbereichen.

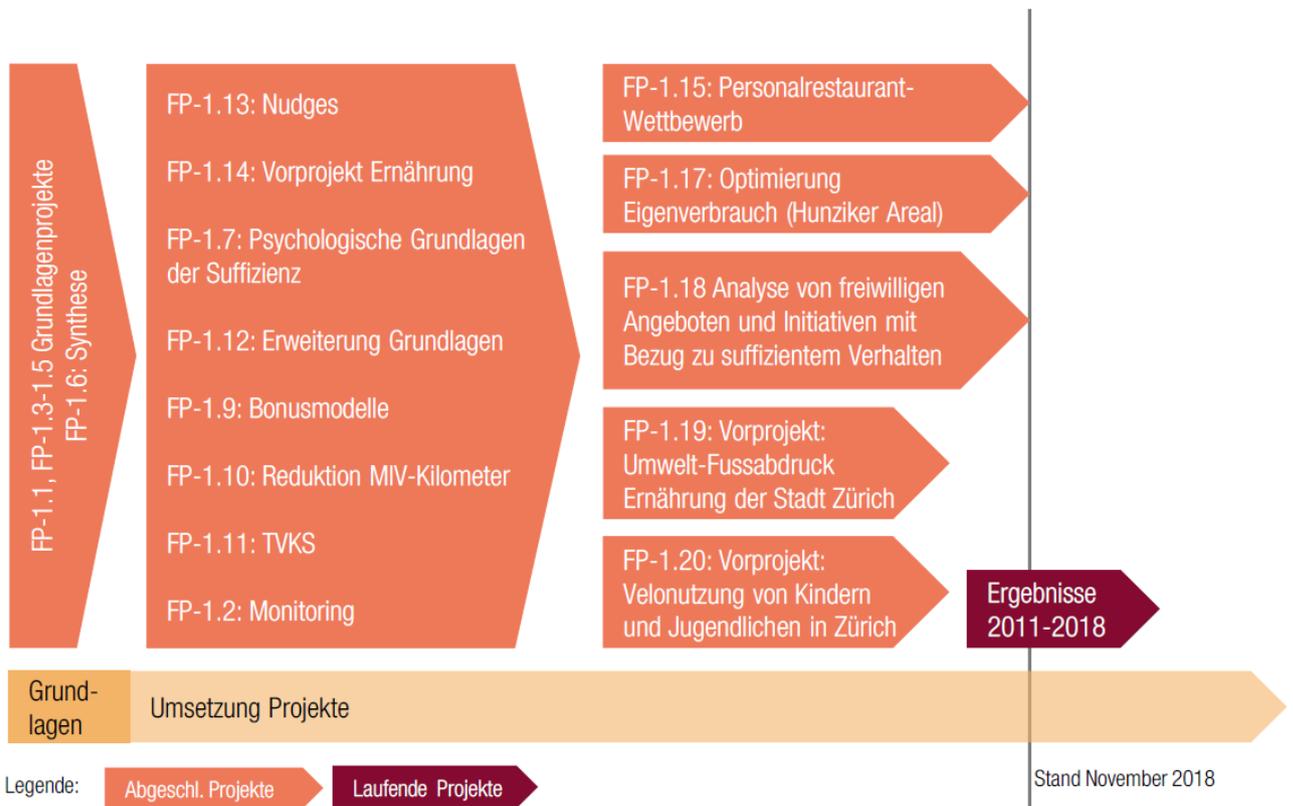
Themenbereich Haushalte

Der Themenbereich Haushalte setzt bei den Einwohnerinnen und Einwohnern der Stadt Zürich an, die zuhause, am Arbeitsplatz und unterwegs Energie konsumieren und als Entscheidungsträgerinnen und Entscheidungsträger in vielerlei Hinsicht eine zentrale Rolle bei der Umsetzung der 2000-Watt-Gesellschaft einnehmen. Dabei werden insbesondere sozialwissenschaftliche Aspekte untersucht, die einen bewussten Umgang mit Energie fördern oder verhindern. In Feldversuchen mit Stadtzürcher Haushalten wird untersucht, welche Hemmnisse in der Stadt Zürich im Alltag relevant sind und welche Massnahmen zu deren Überwindung dienen.

Themenbereich Gebäude

Der Themenbereich Gebäude setzt bei der Gebäudeinfrastruktur an, welche zurzeit für rund 70 Prozent des Endenergieverbrauchs der Stadt Zürich verantwortlich ist. In wissenschaftlich konzipierten und begleiteten Umsetzungsprojekten sollen zusammen mit den Eigentümerinnen und Eigentümern sowie weiteren Entscheidungsträgerinnen und Entscheidungsträgern Sanierungsstrategien für Gebäude entwickelt und umgesetzt werden, um damit massgebend zur Sanierung und Erneuerung der Gebäudesubstanz in der Stadt Zürich beizutragen. Im Vordergrund stehen die Steigerung der Energieeffizienz im Wärmebereich und die Minimierung des Elektrizitätsbedarfs.

Übersicht und Einordnung der Forschungsprojekte (FP) im Themenbereich Haushalte



1 Einleitung

Der vorliegende Bericht ist eine Kurzfassung der Ergebnisse zum Projekt FP-1.17 «Eigenverbrauchsoptimierungen auf dem Hunziker Areal» von Energieforschung Stadt Zürich (EFZ). Dieses Projekt hatte zum Ziel, die technischen Potentiale zur Erhöhung des Eigenverbrauchs auf dem Hunziker Areal aufzuzeigen. Nach einer ersten Analyse wurde klar, dass die Potentiale mit den heutigen Gegebenheiten gering sind. Es interessierte aber, welche wirtschaftlichen Anreize zur Eigenverbrauchsoptimierung und Erhöhung des Deckungsgrades für die Akteure bestehen¹.

Das Projekt wurde in zwei Phasen durchgeführt:

- In einer ersten Projektphase wurden verschiedene Verbrauchs- und Produktionsszenarien simuliert. Daraus konnten technische Kennzahlen wie Deckungsgrad und Eigenverbrauchsanteil für das Hunziker Areal abgeleitet werden.
- In einer zweiten Projektphase wurden die technischen Kennzahlen in Wirtschaftlichkeitsberechnungen integriert. Für die drei Akteursgruppen ProduzentIn, KonsumentIn und Energieversorgungsunternehmen (EVU) wurden anhand von vier Tarifmodellen verschiedene Kennzahlen zur Beurteilung der Wirtschaftlichkeit gebildet.

Mit der Arbeit wird aufgezeigt, warum heute Photovoltaik-Anlagen (PV-Anlagen) in der Regel auf Eigenverbrauch optimiert werden, an Stelle einer Nutzung der gesamten verfügbaren Fläche einer PV-Anlage zu nutzen. Dadurch resultierte eine höhere Eigenproduktion und damit verbunden ein höherer Deckungsgrad. Diese Fragestellung drängt sich gerade im Zuge der Energiestrategie 2050 des Bundes auf. Dort wird ein verstärkter Zubau der neuen erneuerbaren Energien als Ziel formuliert. Es besteht deshalb ein Interesse, die wertvollen Dachflächen beim Bau einer PV-Anlage möglichst vollständig zu nutzen. Eine weitere Frage im Rahmen der Energiestrategie ist das Thema Effizienz: Heute besteht ein Dilemma zwischen Erhöhung der Energieeffizienz verbunden mit sinkendem Eigenverbrauch. Wie stark wirken sich Effizienzmassnahmen tatsächlich auf den Eigenverbrauch und den Deckungsgrad aus?

1.1 Das Hunziker Areal

Die Baugenossenschaft «mehr als wohnen» wurde zum Anlass der 100-jährigen städtischen Wohnbaupolitik der Stadt Zürich im Jahre 2007 gegründet. Auf dem Hunziker Areal in Zürich Oerlikon ist ein Quartierteil entstanden, der die Zwischenziele der 2000-Watt-Gesellschaft erfüllt und zugleich eine hohe Qualität an bezahlbarem Gewerbe- und Wohnraum bietet. Die Gebäude der Genossenschaft „mehr als wohnen“ weisen bereits eine hohe Energie- und Ressourceneffizienz auf (z.B. zentrale Tiefkühlräume und Waschsals). Aufgrund der kompakten Bauweise, den Technikräumen auf dem Dach und den Vorgaben betreffend extensiv begrünten Dachflächen ist die für Photovoltaik zur Verfügung stehende Dachfläche pro Energiebezugsfläche gering. Wegen der begrenzten Dachfläche ist es schwer möglich, einen höheren Deckungsgrad zu erreichen. Der Eigenverbrauchsanteil ist bereits heute, je nach Bilanzgrenze (Haus oder Areal), bei über 80%. Trotzdem eignet sich das Areal aufgrund der

¹ Es war angedacht, nach der Potentialabschätzung im Rahmen einer Feldstudie die Wirkung von Verbrauchsfeedback auf das Energieeffizienz- und Lastverschiebungsverhalten von privaten Haushalten zu untersuchen. Aufgrund der Potentialabschätzung auf dem Areal, wurde die Idee der Feldstudie allerdings verworfen.

Ein Weiterführen des Projektes wäre nur mit einer Vergrößerung der PV-Anlage auf dem Areal interessant geworden. Aufgrund der Resultate im ersten Teil, wurde entschieden, dass wirtschaftliche Anreize für drei Akteursgruppen am Beispiel des Hunziker Areals untersucht werden. So sollen Handlungsempfehlungen für MFH im städtischen Kontext möglich werden.

guten Datenlage für Fragestellungen zu Eigenverbrauchsoptimierungen und zu ökonomischen Zusammenhängen. Das Areal konnte für das Kalenderjahr 2016 im Hinblick auf die Stromproduktion der PV-Anlage und den Stromverbrauch vertieft untersucht werden. Für jedes Haus stehen viertelstündliche Messwerte für Wohn-, Gewerbe- und Allgemiestrom sowie Stromproduktion und Eigenverbrauch respektive Rückspeisung ins Netz zur Verfügung.

2 Vorgehen

Wie gross ist das aktuelle technische Potential zur Erhöhung des Eigenverbrauchs auf dem Hunziker Areal?

Um diese Frage zu beantworten, werden die Kennzahlen Deckungsgrad, Autarkiegrad, Eigenverbrauchsanteil und Residuallast für ein Betriebsjahr ermittelt (siehe Abb. 1, Hunziker Areal). In einem zweiten Schritt werden drei Ausbauvarianten der installierten PV-Anlage simuliert (Produktionsszenarien). Zugleich werden die Auswirkungen von Massnahmen zur Effizienzsteigerung und Lastmanagement auf die Verbrauchskurven untersucht. Die genannten Kennzahlen werden für alle Produktions- und Verbrauchsszenarien ermittelt. Für die genannten Szenarien wird zusätzlich ein Batteriespeicher simuliert, um den Effekt auf den Eigenverbrauchsanteil, den Autarkiegrad und die Residuallast zu ermitteln. Mit den gewählten Szenarien wird die Frage nach dem Einfluss der Effizienzmassnahmen auf den Eigenverbrauch beantwortet.

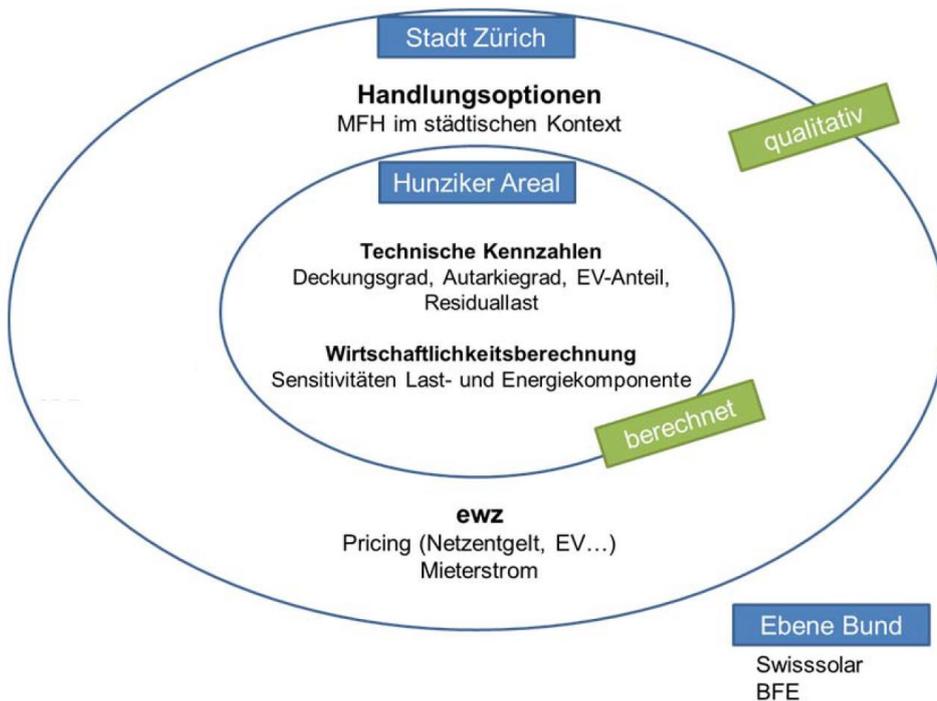


Abbildung 1: Untersuchungsrahmen der Studie (Lemon Consult, 2017)

Welche wirtschaftlichen Anreize bestehen heute für ProduzentInnen, KonsumentInnen und Energieversorgungsunternehmen den Eigenverbrauchsanteil zu erhöhen?

Aufgrund der technischen Kennzahlen wird mit dem aktuellen Tarifsystem eine Wirtschaftlichkeitsberechnung für die Prosumeranlage² auf dem Hunziker Areal durchgeführt (siehe innerer Kreis, Abb. 1). Zusätzlich werden in Absprache mit dem Elektrizitätswerk der Stadt Zürich ewz mögliche künftige Tarifmodelle berücksichtigt.

² Das Wort Prosumer vereint die Worte "producer" (englisch für Hersteller) und "consumer" (englisch für Verbraucher). Wer sowohl Strom verbraucht, als auch produziert ist ein Prosumer.

Die Datengrundlage erlaubt es, sowohl das gesamte Areal als auch einzelne Häuser auf dem Areal zu betrachten. So können Erkenntnisse für Mehrfamilienhäuser im städtischen Kontext gewonnen werden. Eine qualitative Diskussion der einzelnen Themen im äusseren Kreis in Abbildung 1, gestützt auf fünf Interviews mit Akteuren, runden die Studie ab.

2.1 Technische Kennzahlen

Für eine bessere Verständlichkeit werden die Begriffe Eigenverbrauchsanteil und Deckungsgrad an dieser Stelle definiert:

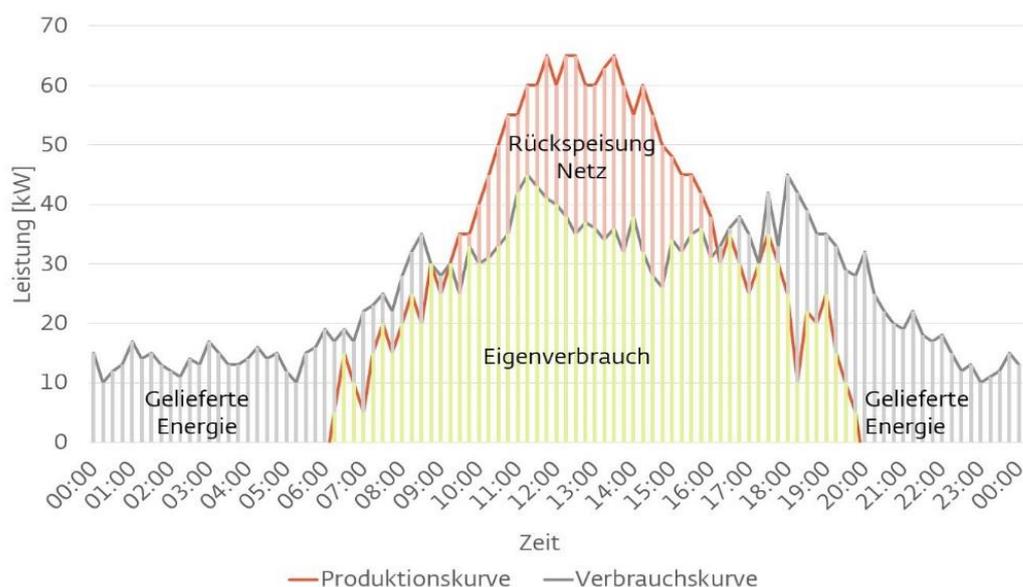


Abbildung 2: Produktions- und Verbrauchskurve im Tagesgang (Lemon Consult, 2018)

Der Eigenverbrauchsanteil beschreibt den zeitgleichen PV-Verbrauch (Eigenverbrauch, Abb. 2) pro PV-Produktion (Produktionskurve, Abb. 2). Die Bilanzierung von PV-Verbrauch und PV-Produktion erfolgt alle 15 Minuten und ist somit gleichzeitig.

Der Deckungsgrad beschreibt die jährliche Eigenenergieproduktion (Produktionskurve) im Verhältnis zum eigenen Jahresverbrauch (Verbrauchskurve). Die Bilanzierung erfolgt über ein Betriebsjahr unabhängig vom jeweiligen Produktions- bzw. Verbrauchszeitpunkt.

Weitere Begriffsdefinitionen werden im Gesamtbericht erläutert.

3 Resultate

Produktionsszenarien

Das Szenario «PV Ist» beschreibt die Produktion von PV-Strom auf dem Hunziker Areal im Jahr 2016. Es war eine Auflage der Stadt Zürich, dass rund 30% der Fläche für eine Dachbegrünung genutzt wird. Diese Grünflächen, einzelne Technikaufbauten, Dachterrassen, Liftüberfahrten und Oblichter machen eine grössere PV-Anlage auf dem Dach aktuell nicht möglich³.

Im Produktionsszenario «Vollausbau Dach/Fassade» wird von einer idealen Platzsituation auf den Dächern ausgegangen. Die Technikräume der Lüftungsanlagen werden komplett ins Untergeschoss verlegt. Oblichter, Liftüberfahrten und Dachterrassen werden weiterhin berücksichtigt. Die bestehenden PV-Module werden durch neue PV-Module mit einer Nennleistung von 330 Watt_{peak} (Wp) ersetzt. Zusätzlich werden 877 PV-Module an den Süd-, Ost- und Westfassaden der Gebäude angebracht. Um den Ertrag der Fassadenanlagen zu simulieren, werden die Globalstrahlungsdaten der Station Kloten von Meteo Schweiz verwendet. Die eintreffende Strahlung auf die geneigte Ebene der Fassadenanlage wird mit dem «Globalstrahlungsmodell von Klucher⁴» berechnet. Die gesamte Anlage hat eine Leistung von 1'380 kWp, was einem Zubau von 174 % gegenüber «PV-Ist» entspricht. Der Ertrag der PV-Anlage steigt auf 1'175 MWh.

| Kenngrössen | Produktionsszenarien | |
|---------------------------------|----------------------|-------------------------|
| | PV Ist (Jahr 2016) | Vollausbau Dach/Fassade |
| Installierte Leistung PV-Anlage | 504 kWp | 1'380 kWp |
| Eigenerzeugte Energie | 459 MWh/a | 1'175 MWh/a |
| Jahresverbrauch des Areals | 1'786 MWh/a | 1'786 MWh/a |

Tabelle 1: Vergleich der Produktionsszenarien «PV IST» mit den Werten des Jahres 2016 und «Vollausbau Dach/Fassade»

Verbrauchsszenarien

Die fünf Verbrauchsszenarien basieren auf folgenden kumuliert einsetzbaren Massnahmen:

- WP Einbezug des Energieverbrauchs für Warmwasser und Heizung, welche heute mit einer Wärmepumpe erzeugt wird und im ausgewiesenen Jahresverbrauch nicht enthalten ist (Contractinganlage)
- EFF Das ermittelte Effizienzpotenzial wird berücksichtigt, der Verbrauch sinkt um 11.5%.
- LAST Lastverschiebungen durch die Einführung von Sperrzeiten für grössere Verbraucher wie beispielsweise die Warmwasser Wärmepumpen
- BATT Realisierung eines Batteriespeichers mit 300 kWh Speicherkapazität.

³ Die beiden Produktionsszenarien «Teilausbau Dach» und «Vollausbau Dach» können im Hauptteil des Berichts eingesehen werden.

⁴ Solar Energy Engineering: Processes and Systems, Kalogirou A. S. (2009)

Einfluss unterschiedlicher Verbrauchsszenarien auf die Kenngrößen

Tabelle 3 zeigt die technischen Kennzahlen für die beschriebenen Produktionsszenarien und die fünf untersuchten Verbrauchsszenarien. Während der Deckungsgrad beim Produktionsszenario «Vollausbau Dach/Fassade» auf 66 % ansteigt sinkt der Eigenverbrauchsanteil ohne umgesetzte Massnahmen um fast ein Drittel, von 91 % auf 59 %. Auch werden bei einem «Vollausbau Dach/Fassade» die Lastspitzen der Rückspeisung wesentlich grösser als die Bezugsspitzen, so dass die Netzsituation am Standort problematisch werden könnte.

| Verbrauchsszenarien | | Kenngrößen der Produktionsszenarien | |
|-----------------------------|-----------------------|-------------------------------------|-------------------------|
| | | PV Ist | Vollausbau Dach/Fassade |
| IST | Deckungsgrad | 26% | 66% |
| | Eigenverbrauchsanteil | 91% | 59% |
| | Autarkiegrad | 23% | 39% |
| | Residuallast | 424/-203 kW | 424/-772 kW |
| IST/WP | Deckungsgrad | 19% | 50% |
| | Eigenverbrauchsanteil | 93% | 64% |
| | Autarkiegrad | 18% | 32% |
| | Residuallast | 531/-186 kW | 531/-659 kW |
| IST/WP/EFF | Deckungsgrad | 22% | 55% |
| | Eigenverbrauchsanteil | 89% | 61% |
| | Autarkiegrad | 20% | 34% |
| | Residuallast | 506/-344 kW | 506/-695 kW |
| IST/WP/EFF/LAST | Deckungsgrad | 22% | 55% |
| | Eigenverbrauchsanteil | 95% | 65% |
| | Autarkiegrad | 21% | 37% |
| | Residuallast | 536/-251 kW | 536/-638 kW |
| IST/WP/EFF/LAST/BATT | Deckungsgrad | 22% | 55% |
| | Eigenverbrauchsanteil | 99% | 70% |
| | Autarkiegrad | 22% | 39% |
| | Residuallast | 525/-143 kW | 525/-638 kW |

Tabelle 2: Resultate für die Produktions- und Verbrauchsszenarien auf dem Hunziker Areal (Lemon Consult, 2016). Der positive Wert der Residuallast entspricht der Bezugsspitze. Der dazugehörige negative Wert der Spitzenleistung der Rückspeisung.

Im Verbrauchsszenario «IST/WP» werden die beiden externen Wärmepumpen für Warmwasser und Heizung (Contractinganlage ewz) in den Arealverbrauch miteinbezogen. Dies führt zu einer Erhöhung des Stromverbrauchs von 1'786 MWh auf 2'365 MWh pro Jahr. Damit sinkt der Deckungsgrad um 7 % bei «PV Ist» bzw. um 16 % bei «Vollausbau Dach/Fassade». Invers dazu verhält sich der Autarkiegrad, welcher sich um 5 % respektive 7 % verringert. Der Eigenverbrauchsanteil erhöht sich mit Einbezug der Wärmepumpen um 2 % bei «PV Ist» und 5 %

bei «Vollausbau Dach/Fassade». Die Bezugsspitze der Residuallast vergrössert sich, da die Wärmepumpen auch die Spitzenlast beeinflussen. Die Rückspeisungsspitze verringert sich, da der produzierte Strom auch in den Vollausbauszenarien gleichzeitig genutzt werden kann.

Auf dem gesamten Areal sind trotz der heute bereits effizienten Lebensformen noch technische Effizienzpotentiale von 11.5 % vorhanden. Würden diese Massnahmen wie Betriebsoptimierungen bei Gewerbebetrieben, Vermeidung von Stand-by, Beleuchtungsersatz oder Warm- statt Kaltwasseranschlüsse bei Waschmaschinen und Geschirrspüler umgesetzt, sinkt der Gesamtstromverbrauchs des Areals von 2'365 MWh auf 2'095 MWh. Damit erhöht sich im *Verbrauchsszenario* «*IST/WP/EFF*» der Deckungsgrad und der Eigenverbrauchsanteil sinkt entsprechend. Bei 11.5% Energieeinsparung sinkt der Eigenverbrauchsanteil allerdings je nach Szenario nur um 3 bis 4 %.

Mit Hinzunahme der Lastverschiebungsmassnahmen (Sperrzeiten für Warmwasser Wärmepumpen und diverse weitere Sperrzeiten) im *Verbrauchsszenario* «*IST/WP/EFF/LAST*» sehen wir für die Kennzahlen Eigenverbrauchsanteil, Autarkiegrad und Residuallast einen gegenteiligen Effekt. Der Deckungsgrad bleibt unverändert, da am Gesamtverbrauch des Areals nichts verändert wird. Es werden lediglich die Lasten innerhalb des Verbrauchsprofils verschoben. Die Lastverschiebungsmassnahmen haben am Beispiel des Hunziker Areals einen grösseren Effekt auf den Eigenverbrauchsanteil, als die Effizienzmassnahmen.

Im letzten *Verbrauchsszenario* «*IST/WP/EFF/LAST/BATT*» wird ein Batteriespeicher von 300 kWh Speicherkapazität hinzugenommen. Dies entspricht der Speicherkapazität von drei Teslas (Model S 100D). Die Batterie wird bei Überschuss geladen und im ersten Moment, beidem der Verbrauch wieder grösser ist als die Produktion, entladen. Der Deckungsgrad bleibt unverändert. Der Eigenverbrauchsanteil erhöht sich, je nach Szenario, um 4 bis 5 %. In Relation zum Areal hat die klein dimensionierte Batterie in diesem Beispiel einen ähnlichen Effekt wie die Lastverschiebungsmassnahmen. Die Bezugsspitze kann im Vollausbau mit der Batterie nicht reduziert werden, da die Batterie zum Zeitpunkt der Lastspitze bereits vollständig geladen ist. Mit einem veränderten Laderegime könnte dieses netzdienliche Verhalten ebenfalls erreicht werden, allerdings auf Kosten des Eigenverbrauchs.

Ergebnisse pro Gebäude

Die technischen Kennzahlen wurden sowohl für das Areal (siehe Tab. 3) wie auch für drei einzelne Häuser (siehe Tab. 4) ermittelt. Haus E hat die grösste PV-Anlage pro Energiebezugsfläche (EBF) und neben Wohnungen auch ein Restaurant im Erdgeschoss (siehe Tab. 4). Dagegen hat Haus G eine kleine PV-Anlage bezogen auf die EBF. Haus I hat neben Wohnungen verschiedene Flächen für Ateliers und Werkstätten und eine für das Areal durchschnittliche spezifische PV-Anlagengrösse. Aus Tabelle 4 wird neben dem Effekt der Anlagengrösse auf den Eigenverbrauchsanteil auch der Effekt der funktionalen Durchmischung von Wohnen und Gewerbe ersichtlich. Haus I und E haben eine ähnliche spezifische Anlagenleistung. Das Restaurant in Haus E hilft den Eigenverbrauchsanteil stärker zu erhöhen, als dies bei Haus I der Fall ist. Haus G erreicht aufgrund der kleineren PV-Anlage einen hohen Eigenverbrauchsanteil, weist allerdings einen wesentlich tieferen Deckungsgrad auf.

| | Areal | Haus E | Haus G | Haus I |
|---|-------------------|----------------------|------------------------------|-----------------------------|
| Nutzung | Wohnen Gewerbe | Wohnen Restaurant | Wohnen Gemeinschaftsräume | Wohnen Atelier/Werkstatt |
| Eigenverbrauchsanteil | 91% | 96% | 98% | 76% |
| Deckungsgrad | 26% | 22% | 13% | 34% |
| Spezifische PV-Anlageleistung [W_{peak}/m^2EBF] | 7.6 | 9.7 | 3.3 | 7.6 |

Tabelle 3: Übersicht technische Kennzahlen Areal und einzelne Häuser (Lemon Consult, 2017)

Auswirkungen unterschiedlicher Tarifmodelle auf die Wirtschaftlichkeit

Für die relevanten Akteure ProduzentIn (EigentümerIn der PV Anlage), KonsumentIn (BewohnerIn des Objektes) und Energieversorgungsunternehmen EVU werden die Auswirkungen auf die Wirtschaftlichkeit mit nachfolgenden unterschiedlichen Tarifmodellen berechnet:

– *Grundpreis*

Die Verbrauchs- und Kostenbilanzierung erfolgt beim Tarifmodell «Grundpreis» auf Basis von Stundenwerten. Die Kostenstruktur orientiert sich am Produkt ewz.basis.

– *Mieterstrom*

Im Modell Mieterstrom («ewz.solarsplit») erfolgt die Verbrauchs- und Kostenabrechnung durch das EVU (Basis 15-Minuten), wofür ein Dienstleistungsentgelt von der KonsumentIn entrichtet wird. Der für die ProduzentIn verbleibende Tarif für den eigenverbrauchten Solarstrom reduziert sich um diesen Betrag.

– *Grossverbrauchermodell*

Im Grossverbrauchermodell wird die Energie des Netzbezuges auf dem offenen Strommarkt eingekauft. Auf Grund der geringeren Kosten für den Einkauf der Energie aus dem Netz (Annahme -2 Rp./kWh im Vergleich zu den anderen Tarifmodellen), fällt auch der Tarif für die eigenverbrauchte Energie tiefer aus. Zusätzlich besteht für die KonsumentIn eine Leistungskomponente. Die Verbrauchs- und Kostenabrechnung erfolgt durch die ProduzentIn.

– *Virtueller Speicher*

Im Tarifmodell «virtueller Speicher» erfolgt die Verbrauchs- und Kostenbilanzierung auf Basis der Jahresbilanz. Die Kostenstruktur orientiert sich am Produkt ewz.solarsplit. Ergänzend zum Standardtarif wird die Überschussproduktion in einen virtuellen Speicher (z.B. das Stromnetz) abgegeben, der vom EVU bewirtschaftet wird. Die KonsumentIn kann den Solarstrom dadurch direkt oder zeitunabhängig beziehen. Die Verbrauchs- und Kostenabrechnung erfolgt durch das EVU, wofür dieses ein Dienstleistungsentgelt an die KonsumentIn entrichtet.

Die Rückzahldauern für das ganze Areal und die drei ausgewählten Häuser sind in Tabelle 5 für die vier beschriebenen Tarifmodelle aufgeführt. Je tiefer die Rückzahldauer, desto wirtschaftlicher ist das entsprechende Tarifmodell. Die Tarifmodelle «Grundpreis» und «Mieterstrom» unterscheiden sich für die ProduzentIn bezüglich Rückzahldauern kaum. Das Tarifmodell «Grossverbraucher» weist eine hohe Rückzahldauer auf, weil sich der Verkaufspreis der eigenerzeugten Energie an den Einkaufspreisen der aus dem Netz bezogenen Energie orientieren muss. Dieser ist aktuell sehr viel tiefer als das Entgelt für die Rückspeisungen der übrigen Tarife.

Haus I zeigt, dass das Tarifmodell «virtueller Speicher» insbesondere für Gebäude mit höheren Deckungsgraden interessant ist. Der überschüssige PV-Strom, der nicht zeitgleich verbraucht werden kann, wird ins Netz eingespeist und zeitunabhängig für ein Entgelt wieder bezogen. Somit wird die Benachteiligung des tieferen Eigenverbrauchsanteils kleiner als bei den heutigen Tarifmodellen (25 gegenüber 30 Jahre, siehe Tab. 5.)

| Tarifmodell | Ganzes Areal | Haus E | Haus G | Haus I |
|---------------------|--------------|--------|--------|--------|
| Grundpreis | 25a | 24a | 23a | 30a |
| Mieterstrom | 24a | 24a | 23a | 30a |
| Grossverbraucher | 118a | | | |
| Virtueller Speicher | 23a | 24a | 23a | 25a |

Tabelle 4: Betrachtung Rückzahldauer für PV «Ist»⁵ (Lemon Consult, 2018)

Mit den anfallenden Kosten und Einnahmen wurde für jeden der drei Akteure (ProduzentIn, KonsumentIn und EVU) eine entsprechende Kennzahl zur Beurteilung der Wirtschaftlichkeit gebildet. Im Falle der *ProduzentIn* werden die maximal zulässigen Investitionskosten pro kWp installierte PV-Anlage angegeben. Für das EVU handelt es sich um die Netto-Einnahmen, welche aus dem betrachteten Perimeter generiert werden können. Darin nicht enthalten sind unter anderem Einnahmen aus dem Weiterverkauf der Energie-Rückspeisung aus der PV-Anlage ins Netz oder Kosten für den Einkauf von Energie auf dem Terminmarkt.

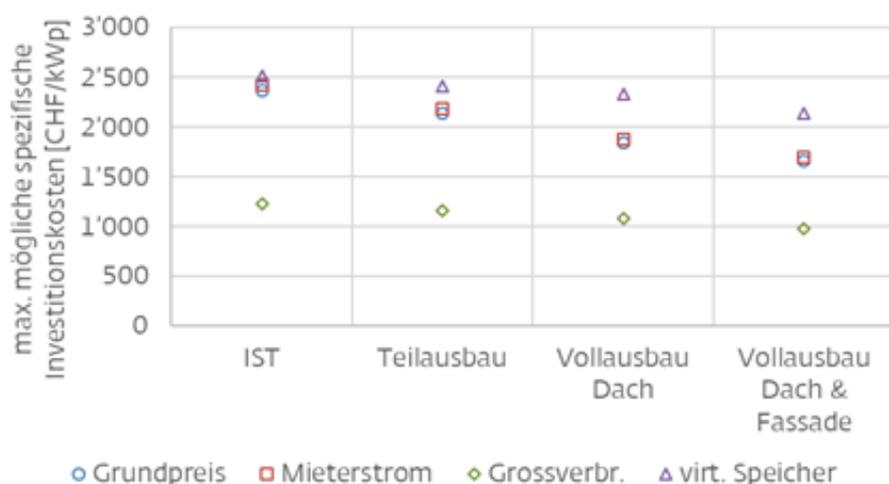


Abbildung 3: Maximal mögliche spezifische Investitionskosten, Sicht ProduzentIn, ganzes Areal, Verbrauchsszenario «Ist» (Lemon Consult, 2018)

⁵ Für die Berechnung wurde von einem mittleren Zinssatz von 2.8 % (Referenzzinssatz 2008-2018: +0.5% Risikozuschlag) und spezifischen Investitionskosten von 2'400 CHF/kWp (Preisniveau 2014 der installierten Anlage) ausgegangen. Das Preisniveau 2018 liegt bei 1'800 CHF/kWp (Auskunft von: Clevergie AG, www.clevergie.ch).

Abbildung 3 zeigt die maximal zulässigen Investitionskosten in CHF pro installierte Leistung an PV auf der vertikalen Achse. Je tiefer diese sind, desto günstiger muss die Anlage realisiert werden können. Auf der horizontalen Achse sind die vier Ausbauszenarien für das Hunziker Areal abgebildet. Je grösser der Ausbau und somit die Leistung der PV-Anlage ist, desto günstiger muss die Anlage erstellt werden können, um wirtschaftlich zu sein. Mit zunehmender Anlagengrösse wird das Tarifmodell «virtueller Speicher» für die ProduzentIn gegenüber den weiteren Tarifmodellen attraktiver. Das Tarifmodell «Grossverbrauchermodell» ist für die ProduzentIn nicht attraktiv und die Tarifmodelle «Mieterstrom» und «Grundpreis» unterscheiden sich bei allen Ausbaustandards kaum voneinander.

In Abbildung 4 sind die Nettoeinnahmen in kCHF auf der horizontalen Achse für das *Energieversorgungsunternehmen* aufgetragen. Die vier Ausbauszenarien sind auf der vertikalen Achse ersichtlich. Für das EVU unterscheiden sich die drei Tarifmodelle Grundpreis, Mieterstrom und virtueller Speicher wenig voneinander. Einzig das Modell Grossverbraucher ist für das EVU unattraktiv. Je grösser die PV-Anlage desto tiefer sind die Netto Einnahmen für das EVU.

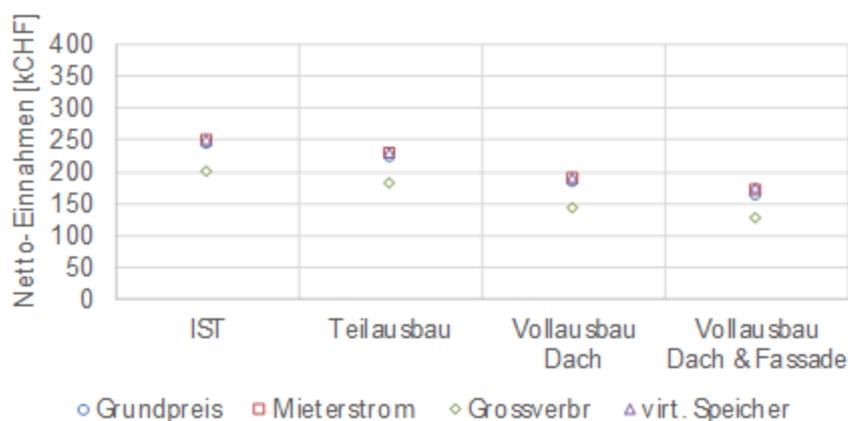


Abbildung 4: Wirtschaftlichkeit Sicht EVU, ganzes Areal, Verbrauchsszenario «IST» (Lemon Consult, 2018)

Gemäss den durchgeführten Sensitivitätsanalysen zu den einzelnen Tarifkomponenten hat für die ProduzentIn der Eigenverbrauch den grössten Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit der PV-Anlage. Dies zeigt, dass heute ein ökonomischer Anreiz besteht, PV-Anlagen auf einen hohen Eigenverbrauch, d.h. eine kleine Grösse, auszulegen. Der oft debattierte Tarif für die Energie-Rückspeisung ins Netz ist in diesem Fall auf Grund des hohen Eigenverbrauchsanteils des Hunziker Areals vernachlässigbar.

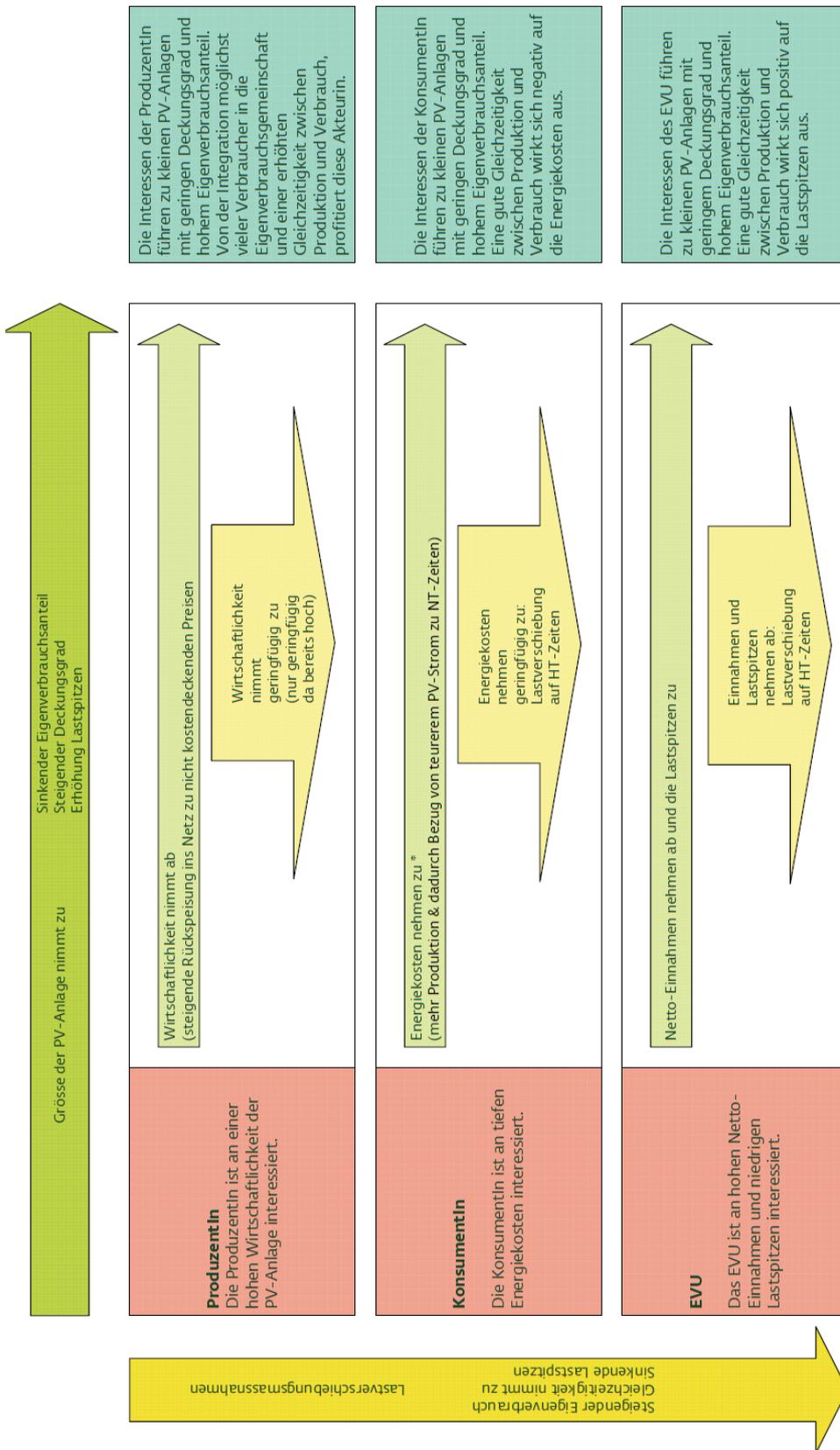
4 Synthese

Die Zusammenführung der technischen Kennzahlen mit den ökonomischen Analysen für das Hunziker Areal ist in Abbildung 5 dargestellt. In der horizontalen Ebene nimmt die Grösse der PV-Anlage von links nach rechts zu. In der vertikalen Ebene nimmt der Eigenverbrauchsanteil durch Massnahmen wie Lastverschiebung und Batteriespeicher von oben nach unten zu. Der Deckungsgrad bleibt konstant. Die Verbrauchsszenarien «IST/WP» und «IST/WP/EFF» werden nicht berücksichtigt. Die Aussagen beziehen sich auf die vier beschriebenen Tarifsysteme und gelten nur für das Hunziker Areal.

Für die ProduzentIn (Eigentümerin der PV-Anlage) sinkt die Wirtschaftlichkeit mit Vergrösserung der PV-Anlage mit den aktuellen Tarifsystemen. Hingegen steigt die Wirtschaftlichkeit mit Massnahmen zur Erhöhung des Eigenverbrauchs (Lastverschiebung oder Batterie).

Mit Vergrösserung der PV-Anlage steigen die Energiekosten für die KonsumentIn, da der Anteil an PV-Strom zu Niedertarifzeiten (NT) steigt und dieser teurer ist, als der Strom zu Niedertarifzeiten aus dem Netz. Ebenfalls nehmen die Kosten für die KonsumentIn zu, wenn Lastverschiebungen in die Hochtarifzeiten fallen. In der vorliegenden Arbeit werden die Lastverschiebungen statisch berechnet, das heisst unabhängig von Jahreszeiten, oder der Frage, ob die PV-Anlage produziert. Deshalb wirken sich diese für die KonsumentIn negativ aus. Je nach Höhe der Energiepreise kann sich der Mehrverbrauch von PV-Strom für die KonsumentIn auch kostensenkend auswirken. Die Nettoeinnahmen des EVU nehmen sowohl bei Vergrösserung der PV-Anlage als auch bei Erhöhung des Eigenverbrauchsanteils ab. Das EVU profitiert allerdings von den Massnahmen Lastverschiebung und Batterie, bei welchen die Lastspitzen reduziert werden.

Alle drei beschriebenen Akteure haben im vorliegenden Beispiel ein Interesse, die bestehende PV-Anlage nicht grösser zu machen. Daher resultiert aus ökonomischen Überlegungen eine Anlage, welche nicht die gesamte zur Verfügung stehende Dachfläche nutzt.



* Dies hängt stark von den eingesetzten Energiepreisen ab. Je nach Tarifierung, kann der Konsument auch von einer grossen PV-Anlage profitieren

Abbildung 5: Zusammenhang zwischen technischen Kennzahlen und den ökonomischen Betrachtungen pro Akteursgruppe für das Hunziker Areal (Lemon Consult, 2018)

5 Handlungsempfehlungen

Die beschriebenen Resultate gelten für das untersuchte Hunziker Areal. Welche Folgerungen lassen sich nun auf ein Mehrfamilienhaus im städtischen Kontext übertragen? Ein Mehrfamilienhaus wird immer eine kleine Dachfläche in Bezug auf die Energiebezugsfläche aufweisen. Beispiele einzelner Häuser auf dem Hunziker Areal zeigen, dass der Eigenverbrauchsanteil auch bei einer reinen Wohnnutzung nie tiefer als 55 % ist. Bei vergleichbaren Objekten mit ähnlichen Geometrien und Flächenverhältnissen (Dachfläche zu Energiebezugsfläche) dürfte dies ebenfalls der Fall sein. Heutige PV-Planungstools (bspw. Polysun oder PVopti) errechnen aktuell tiefere Eigenverbrauchswerte. Auch im vorliegenden Beispiel wurde in der Planung ein Eigenverbrauchsanteil für das Areal von 30 bis 40 % angenommen. Der Eigenverbrauch wurde somit um mehr als die Hälfte unterschätzt. Daher empfehlen die Autoren, auch im Hinblick auf sich ändernde Tarifmodelle, mehr Wert auf eine realistische Einschätzung der zu erwartenden Verbrauchsprofile zu legen und damit die PV-Anlage möglichst gross zu planen und die gesamte Dachfläche zu nutzen. Zusätzlich sollte in der Auslegung mehr Wert auf eine realistische Einschätzung der zu erwartenden Verbrauchsprofile gelegt werden. Nur so, können die ambitionierten Zubauziele an erneuerbaren Energien erreicht werden.

Die vorliegende Arbeit zeigt, dass die Effizienzmassnahmen den Eigenverbrauchsanteil im untersuchten Beispiel in geringerem Masse reduzieren als angenommen. Die Rückzahl dauern von Effizienzmassnahmen werden dadurch zwar reduziert, allerdings sind die beschriebenen gängigen Massnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz aus Sicht der Autoren immer noch wirtschaftlich. Es spricht daher nichts dagegen, weiterhin Energieeffizienzmassnahmen umzusetzen.

Am Beispiel Hunziker Areal ist zu sehen, dass die Gestaltung und die Optimierung der Dachlandschaft im Hinblick auf eine maximale PV-Nutzung, nach Ansicht der Autoren, in Zukunft Teil einer integrierten Planung sein sollte. Gerade bei grossen, kompakten Gebäuden resultieren ansonsten tiefe Deckungsgrade. Die Gebäudetechnikplaner sind gefordert, die Gebäudehülle (Dach und Fassade) als wertvolle Produktionsfläche zu erkennen und diese möglichst für PV freizuhalten. Die zunehmenden Flächenkonflikte zwischen Biodiversität, Stadtklima und PV-Produktion können mit Kombinationen verschiedener Elemente, wie beispielsweise aufgeständerten Anlagen mit Dachbegrünung, entschärft werden. Dazu kommt, dass künftig bei Arealen und MFH die thermischen Gebäudehüllen und die Warmwasserspeicher als Energiespeicher bewusster genutzt werden sollen. Auch müssen die Elektro-Ladestationen vermehrt in die Gesamtbilanz miteinbezogen werden. Die simulierte Batterie kann den Eigenverbrauchsanteil im vorliegenden Beispiel nur geringfügig erhöhen. Ein Batteriespeicher auf Haus- oder Areal-ebene ist demzufolge heute aus Sicht der Autoren aus wirtschaftlichen Überlegungen nur sinnvoll, wenn dieser zur Stabilisierung des Verteilnetzes direkt vom EVU bewirtschaftet werden kann. Dies erfordert ein dynamisches Tarifsysteem als Voraussetzung, damit der monetäre Anreiz besteht, die Batterie netzdienlich zu betreiben.

5.1 Weiterführende Themen

Die Mehrheit der interviewten Experten ist der Ansicht, dass sich mit den aktuellen Rahmenbedingungen für den Zusammenschluss zum Eigenverbrauch das vorhandene Potential für Eigenverbrauchsgemeinschaften nur im Falle eines Neubaus nutzen lässt, da für die Durchleitung ein arealeigenes Netz zur Verfügung stehen muss. Die Autoren sind der Ansicht, dass für bestehende Bauten die Mitnutzung des lokalen Netzes durch ein Entgelt zu prüfen ist, weil damit auf ein eigenes Netz verzichtet werden kann.

Alle Experten, welche mit den Studienresultaten konfrontiert wurden, merken an, dass künftige Tarifmodelle die Wertigkeit des Stromes abbilden müssen. Ansonsten werden die zukünftig geplanten Photovoltaikanlagen weiterhin auf einen hohen Eigenverbrauchsanteil und entsprechend tieferen Deckungsgrad ausgerichtet. Somit wird nicht die gesamte Dachfläche genutzt werden und die Zubaurate für erneuerbare Energien erhöht sich nur langsam oder stagniert. Dies ist nicht im Sinne der Energiestrategie 2050, welche einen erhöhten Zubau an erneuerbaren Energien fordert. Das Tarifmodell «virtueller Speicher» zeigt aus Sicht der Autoren einen interessanten Ansatz, da die Wirtschaftlichkeit mit der Grösse der PV-Anlagen bis zu einem Deckungsgrad von 100 % weniger stark sinkt als die weiteren untersuchten Tarifszenarien. Eine weiterführende Idee wäre aus Sicht der Autoren die Entwicklungen zweier Tarifsysteme: Ein erstes Modell für einen hohen Eigenverbrauchsanteil und ein zweites Modell für einen hohen Deckungsgrad. So kann sich die EigentümerIn, je nach Ausbausituation und Areal, entscheiden, welches Modell sie bevorzugt.