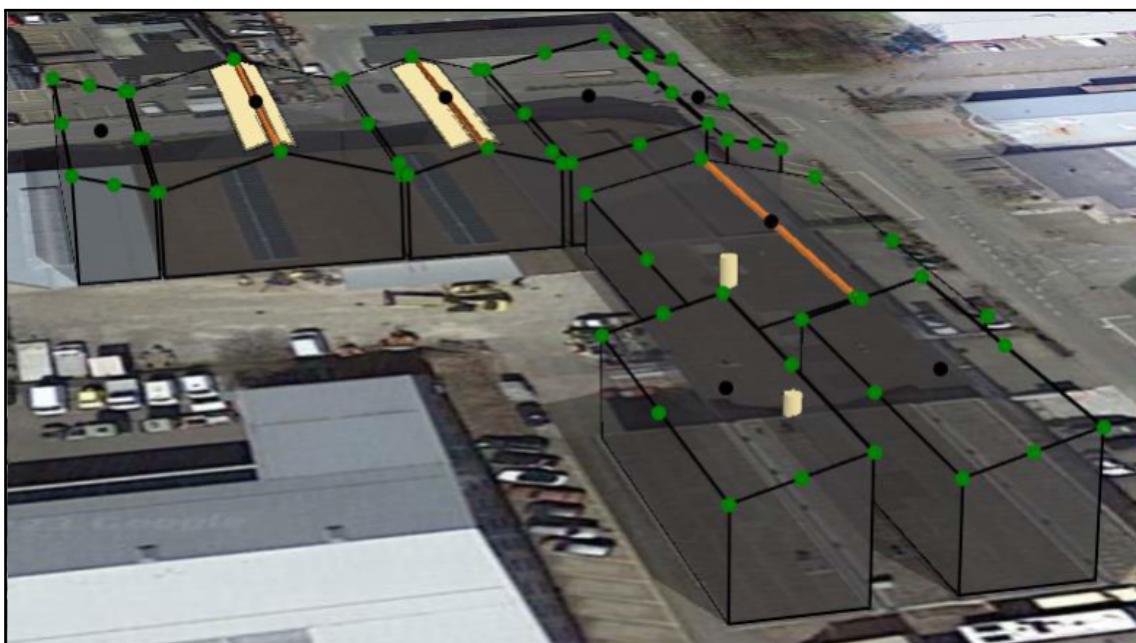




Technisch-wirtschaftliche Systemauslegung und Betriebskonzept einer Photovoltaikanlage für ein Industrieareal

Bachelor Thesis

Brugg-Windisch, August 2023



Student Curdin Fitze

Expertin/Experte Gertrud Muster

Fachbetreuer Matthias Resch

Auftraggeber Hansueli Wartenweiler

Projektnummer YXYX-S

Fachhochschule Nordwestschweiz, Hochschule für Technik

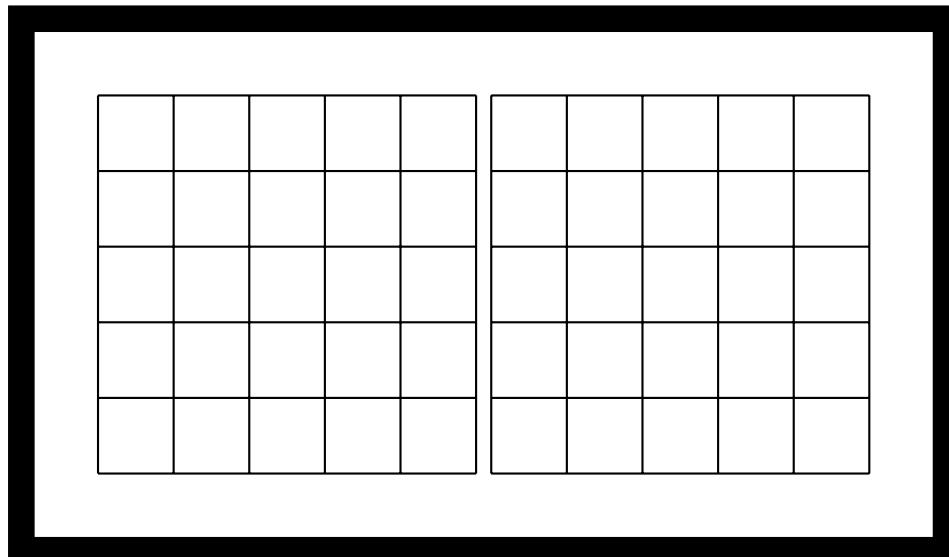
Abstract

Bla bla bla

Keywords:

ZEV	Zusammenschluss zum Eigenverbrauch
Smart Meter	Bla bla bla
HAK	Hausanschlusskasten

Ein ausführliches Abkürzungsverzeichnis befindet sich im Abschnitt 10.



Vorwort / Dank

Nam dui ligula, fringilla a, euismod sodales, sollicitudin vel, wisi. Morbi auctor lorem non justo. Nam lacus libero, pretium at, lobortis vitae, ultricies et, tellus. Donec aliquet, tortor sed accumsan bibendum, erat ligula aliquet magna, vitae ornare odio metus a mi. Morbi ac orci et nisl hendrerit mollis. Suspendisse ut massa. Cras nec ante. Pellentesque a nulla. Cum sociis natoque penatibus et magnis dis parturient montes, nascetur ridiculus mus. Aliquam tincidunt urna. Nulla ullamcorper vestibulum turpis. Pellentesque cursus luctus mauris.

Nulla malesuada porttitor diam. Donec felis erat, congue non, volutpat at, tincidunt tristique, libero. Vivamus viverra fermentum felis. Donec nonummy pellentesque ante. Phasellus adipiscing semper elit. Proin fermentum massa ac quam. Sed diam turpis, molestie vitae, placerat a, molestie nec, leo. Maecenas lacinia. Nam ipsum ligula, eleifend at, accumsan nec, suscipit a, ipsum. Morbi blandit ligula feugiat magna. Nunc eleifend consequat lorem. Sed lacinia nulla vitae enim. Pellentesque tincidunt purus vel magna. Integer non enim. Praesent euismod nunc eu purus. Donec bibendum quam in tellus. Nullam cursus pulvinar lectus. Donec et mi. Nam vulputate metus eu enim. Vestibulum pellentesque felis eu massa.

Quisque ullamcorper placerat ipsum. Cras nibh. Morbi vel justo vitae lacus tincidunt ultrices. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. In hac habitasse platea dictumst. Integer tempus convallis augue. Etiam facilisis. Nunc elementum fermentum wisi. Aenean placerat. Ut imperdiet, enim sed gravida sollicitudin, felis odio placerat quam, ac pulvinar elit purus eget enim. Nunc vitae tortor. Proin tempus nibh sit amet nisl. Vivamus quis tortor vitae risus porta vehicula.

Fusce mauris. Vestibulum luctus nibh at lectus. Sed bibendum, nulla a faucibus semper, leo velit ultricies tellus, ac venenatis arcu wisi vel nisl. Vestibulum diam. Aliquam pellentesque, augue quis sagittis posuere, turpis lacus congue quam, in hendrerit risus eros eget felis. Maecenas eget erat in sapien mattis porttitor. Vestibulum porttitor. Nulla facilisi. Sed a turpis eu lacus commodo facilisis. Morbi fringilla, wisi in dignissim interdum, justo lectus sagittis dui, et vehicula libero dui cursus dui. Mauris tempor ligula sed lacus. Duis cursus enim ut augue. Cras ac magna. Cras nulla. Nulla egestas. Curabitur a leo. Quisque egestas wisi eget nunc. Nam feugiat lacus vel est. Curabitur consectetur.

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	vi
Tabellenverzeichnis	vi
1 Einleitung	1
2 Ausgangslage	2
3 Grundlagen	4
3.1 Wissenschaftlicher Standpunkt	4
3.2 Ermitteln der Dachflächen	4
3.3 Stromverbrauchsdaten	4
3.4 Eigenverbrauchsquote	4
3.5 Autarkiegrad (Eigenversorgungsgrad)	4
3.6 Solextron Design-Optimierungstool	5
4 Zusammenschluss zum Eigenverbrauch	6
4.1 Konkrete Beispiele von ZEVs	6
4.2 Schwierigkeiten bei der Gründung eines ZEV	7
4.3 Rechtliche Grundlagen	7
4.3.1 ZEV	7
4.3.2 Einmalvergütung	7
4.3.3 Steuerabzüge	8
4.3.4 Melde- und Bewilligungspflicht	8
5 Auslegung der verschiedenen Varianten	9
5.1 Variante 1a: Einzelne Liegenschaft ohne Batterie	9
5.2 Variante 1b: Einzelne Liegenschaft mit Batterie	9
5.3 Variante 2a: ZEV ohne Batterie	9
5.4 Variante 2b: ZEV mit Batterie	9
5.5 Variante 3: ZEV im Eigenstrom X Modell	9
6 Stromverbrauchsdaten	10
6.1 Lastprofile der Liegenschaften	10
6.2 Untertitel 2	12
6.2.1 Untertitel 3. Grades	12
6.2.2 Untertitel 3. Grades	12

7 Design-Optimierungstool Solextron	14
7.1 Schritte in der Software	14
7.2 Von Projektübersicht bis Angebotserstellung	15
8 Kapitel That	17
8.1 Code-Beispiel	17
9 Schlussbemerkungen	18
10 Abkürzungsverzeichnis	19
Quellenverzeichnis	21
Ehrlichkeitserklärung	22
A Ein Anhang	23
A.1 Aufgabenstellung im Originalwortlaut	23
A.2 Gesamtübersicht	23
A.3 Berechnungen / Resultate Umfrage	24
A.4 Tests – Screenshots	24

Abbildungsverzeichnis

2.1	Situationsplan der Grundstücke (Quelle: verlinken)	2
2.2	Google Earth Pro 3D Ansicht	3
3.1	Autarkiegrad und Eigenverbrauch in Abhängigkeit von der spezifischen PV-Anlagengrösse und der spezifischen Speicherkapazität	5
4.1	Schema eines ZEV	6
6.1	Leistungen des 20. Februars 2023 in unterschiedlichen Auflösungen	11
7.1	Schritte des Design-Optimierungstools Solextron	14
7.2	Solextron 3D-Modell der Liegenschaften	16

Tabellenverzeichnis

6.1	Schallgeschwindigkeit in verschiedenen Medien	12
-----	---------------------------------------------------------	----

1 Einleitung

Für das Industriegebiet **Riedgrabenstrasse 5-13 in 8153 Rümlang** soll die wirtschaftlichste Variante für eine **Photovoltaikanlage** eruiert werden. Dabei sollen verschiedene Betriebsvarianten und Geschäftsmodelle untersucht und bewertet werden. Des Weiteren soll ein möglicher **Zusammenschluss zum Eigenverbrauch (ZEV)** betrachtet und analysiert werden. Zusätzlich soll der Nutzen eines stationären Batteriespeichers zur Erhöhung des Eigenverbrauchs und zur **Spitzenlastkappung** untersucht und bewertet werden. Wie auch die Möglichkeit für ein aktives Lastmanagement. Dabei soll der **Eigenverbrauch** und **Autarkiegrad** erhöht werden und den ZEV im **Gewerbe- und Industriesektor** zu prüfen.

Dieser Bericht soll der Auftraggeberschaft helfen, bei der Realisierung einer künftigen PV-Anlage. Dabei wird die Riedgrabenstrasse 5, 7/9/11 und 13 je einzeln verglichen. Dabei wird angenommen, jeder installiert seine eigene PV-Anlage. Als weiteres werden danach die drei Gebäude zusammengefügt und ein sogenannter ZEV dargestellt und die technische wie auch wirtschaftliche Situation im Vergleich zum Einzelfall erläutert.

Die Einbindung eines Batteriespeichers wird beim Einzelfall wie bei einem ZEV eruiert. Dazu kommt auch noch die zusätzliche Möglichkeit der Elektromobilität.

Das Inhaltsverzeichnis gibt Aufschluss über den Aufbau des Berichts. Als erstes wird auf die Datengrundlagen eingegangen. Im Kapitel 4 wird beschrieben, wie die Varianten ausgewählt wurden. Im Kapitel 5 wird eine Eigenverbrauchsanalyse der Varianten ausgeführt. Kapitel 6 gibt ergänzende Informationen über die Einbindung der Elektromobilität. Die Kostenanalyse und die Investitionsrechnung sind im Kapitel 7 beschrieben. Ausgehend von den Ergebnissen der voran-gehenden Kapitel wurde die Nutzwertanalyse im Kapitel 8 verfasst. Im Kapitel 9 wird nochmals auf die Ergebnisse zurückgeblickt und allfällige Annahmen und Unsicherheit sowie die Ausbau diskutiert. Am Ausbaufähigkeiten des Berichts wird zusammenfassend eine Empfehlung abgegeben, wie das Projekt weiterverfolgt werden soll.

Noch später anpassen mit Verlinkung zu den sections

2 Ausgangslage

Die Grundstücke Riedgrabenstrasse 5,7,9,11 und 13 liegen auf ca. 420 m ü.M. in Rümlang 8153 im Kanton Zürich. Die nachfolgende Abbildung 2.1 zeigt den Situationsplan laut der Datenbank vom GIS-Browser des Kantons Zürich.

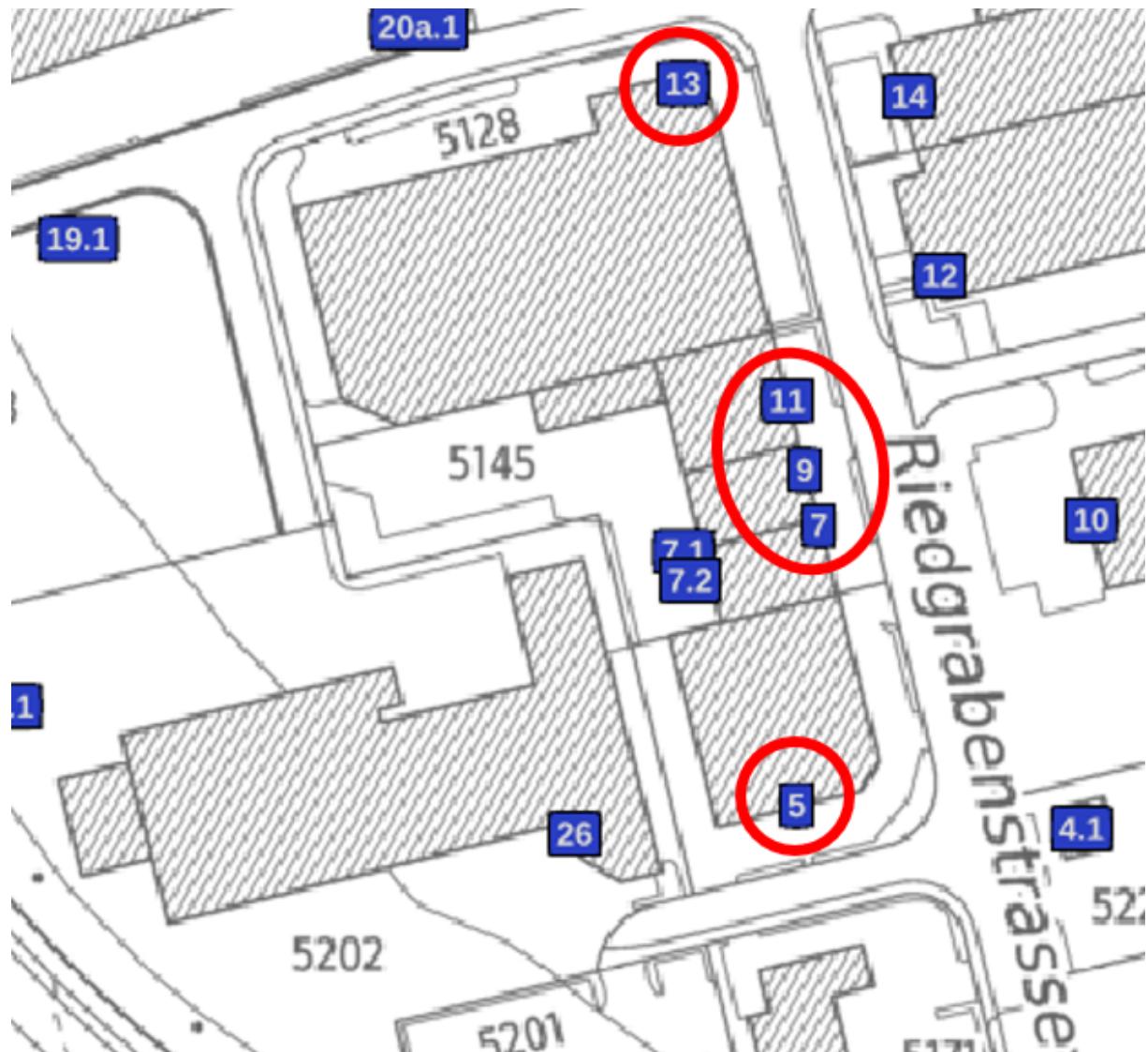


Abbildung 2.1: Situationsplan der Grundstücke (Quelle: verlinken)

Mit dem gratis Programm Google Earth Pro können die Gebäude noch in 3D angezeigt werden.



Abbildung 2.2: Google Earth Pro 3D Ansicht

GIS zu acronyms und link hinzufügen

Die Häuser sind keinem Fernwärmennetz angeschlossen. Es besteht eine relativ neue Ölheizung. Die Liegeschaften sind durch eine einzige Trafostation angeschlossen und somit ist diese rechtliche Hürde für ein ZEV gewährleistet. Mehr dazu im Kapitel 4. Zusammenschluss zum Eigenverbrauch.

3 Grundlagen

In diesem Abschnitt werden die Grundlagen erläutert. Dazu gehört die schrittweise Vorgehensweise der Datenbeschaffung, für die spätere Nutzung der gewonnenen Daten im Optimierungstool von Solextron.[1]

Beschreibung der Vorhandenen Liegenschaften (Arten)

Folgend werden die Schritte kurz erwähnt und danach in den Kapiteln (verlinken) vertieft erläutert.

3.1 Wissenschaftlicher Standpunkt

In der Wissenschaft ist das Thema ZEV / Peakshaving /delokalisierte Energie

3.2 Ermitteln der Dachflächen

Als erster Schritt wurden die Liegenschaften in Rümlang in Person besichtigt. Dabei konnten Baupläne angeschaut werden und ein Begehen des Daches der Riedgrabenstrasse 7,9 und 11 hat auch ein Ermitteln der Dachneigungen ermöglicht. Danach konnte mit der Hilfe von Google Earth Pro eine Vorabschätzung der Dachflächen ermittelt werden. Weiteres dazu steht im Kapitel 3.6.

Informieren und orientieren. Das Schema in Abbildung enthält ...

3.3 Stromverbrauchsdaten

Um eine Photovoltaikanlage am genauesten zu skalieren, sind Stromverbrauchsdaten mit möglichst hoher Auflösung nötig. Tages-, Monats- oder sogar Quartalsverbrauchsdaten geben keine Information aus über den Verlauf für einen Tag oder auch für einen kürzeren Zeitbereich. Genaue Erläuterungen zu diesem Thema und eine Beschreibung der Datenbeschaffung für dieses Projekt sind im Kapitel 6 geschildert.

3.4 Eigenverbrauchsquote

Die Eigenverbrauchsquote oder auch Eigenverbrauchsanteil ist ein sehr wichtiger Faktor bei einer PV-Anlage. Er beschreibt, wie viel der erzeugten Energie selbst vor Ort verbraucht wird. Batterien haben zum Beispiel einen hohen Einfluss auf die Eigenverbrauchsquote

$$\text{Eigenverbrauchsquote [\%]} = \frac{\text{Eigenverbrauch [kWh]}}{\text{Produktion [kWh]}} * 100\% \quad (3.1)$$

3.5 Autarkiegrad (Eigenversorgungsgrad)

Ein weiterer entscheidender und charakterisierender Faktor für eine PV-Anlage ist der Autarkiegrad. Er beschreibt die Unabhängigkeit des Energiebezuges. Er gibt Aufschluss darüber, wie viel des Gesamtverbrauchs mit mithilfe Eigenverbrauchs gedeckt werden kann.

$$\text{Autarkiegrad [\%]} = \frac{\text{Eigenverbrauch [kWh]}}{\text{Gesamtverbrauch [kWh]}} * 100\% \quad (3.2)$$

Folgende zwei Grafiken zeigen die zwei Definitionen Eigenverbrauchsquote und Autarkiegrad (Eigenversorgungsgrad) im Verhältnis der spezifischen PV-Anlagengröße und der spezifischen Speicherkapazität.[2]

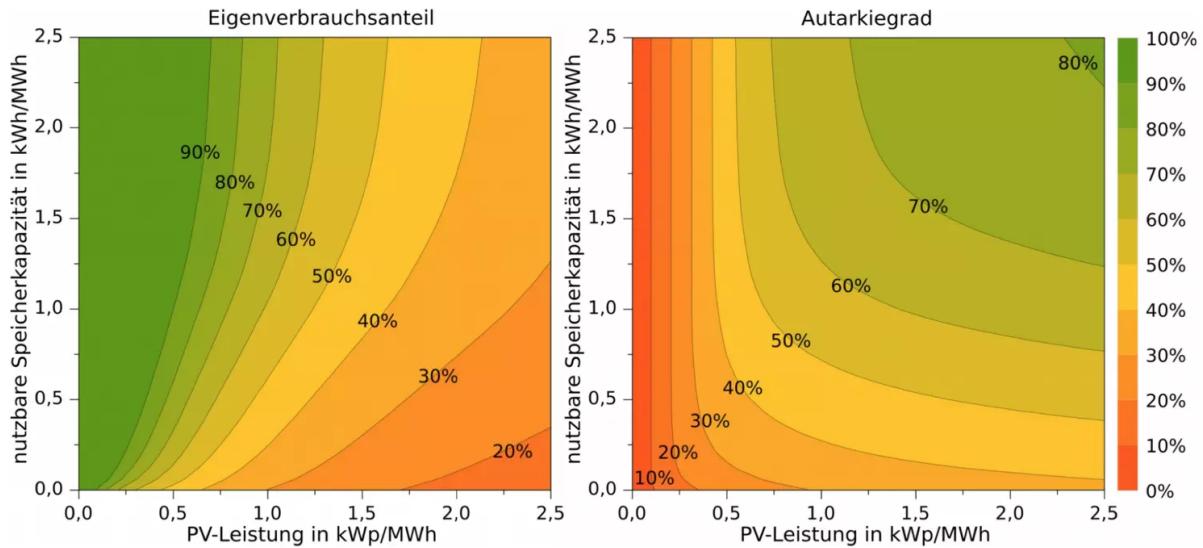


Abbildung 3.1: Autarkiegrad und Eigenverbrauch in Abhängigkeit von der spezifischen PV-Anlagengröße und der spezifischen Speicherkapazität

3.6 Solextron Design-Optimierungstool

Für diese Bachelorarbeit wurde das Webbrowser basierte Optimierungstool für das Erstellen von Designs für Photovoltaikanlagen gebraucht. Dabei handelt es sich um Optimierungstool, welche verschiedene Schritte beinhaltet.

Nach Formel (3.3):

$$\sin \alpha \pm \sin \beta = 2 \sin \frac{\alpha \pm \beta}{2} \cos \frac{\alpha \mp \beta}{2}. \quad (3.3)$$

$$x = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}. \quad (3.4)$$

nur als Formel Referenzen im Text

4 Zusammenschluss zum Eigenverbrauch

Wer sich mit dem Thema der **delokalisierten Bereitstellung der Energie** beschäftigt, wird an einem Punkt bestimmt auf den Begriff **Zusammenschluss zum Eigenverbrauch (ZEV)** treffen. Als delokalisiert versteht man die Energieerzeugung näher bei den Kunden selbst und nicht zum Beispiel in einem grossen Atomkraftwerk, welches unter Umständen weit entfernt liegt. Folgende Abbildung 4.1 zeigt ein vereinfachtes Schema eines ZEV. [3]

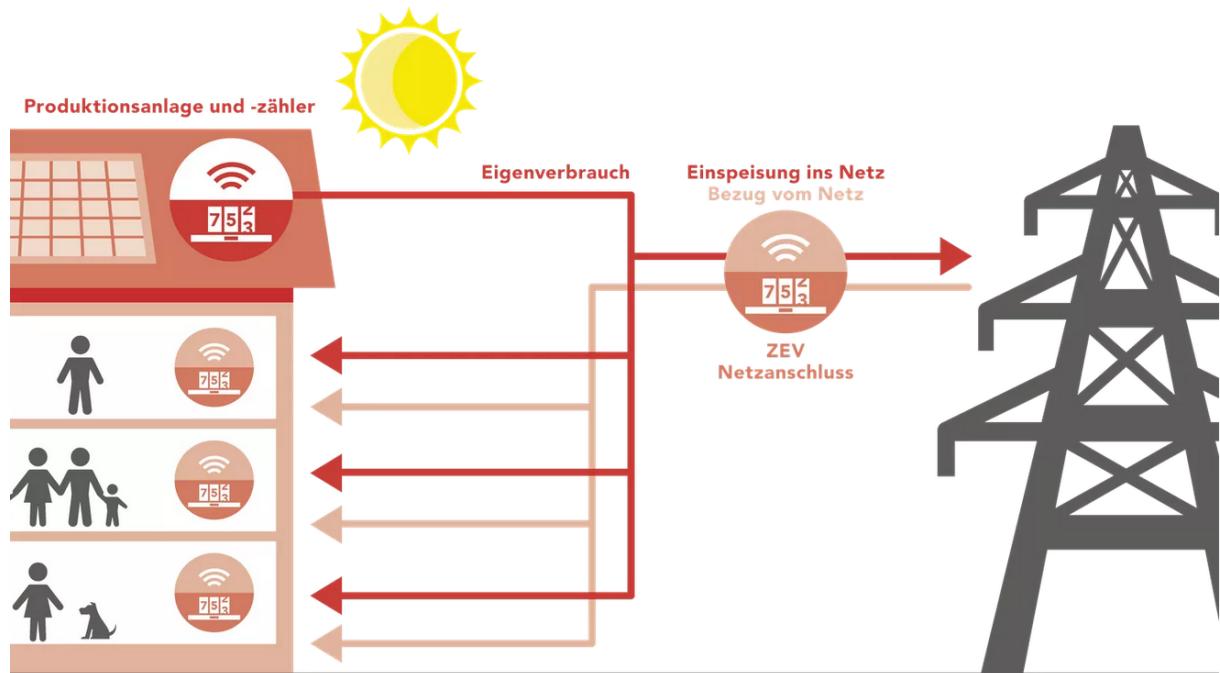


Abbildung 4.1: Schema eines ZEV

Das Ziel ist es, so wenig Energie wie möglich vom Netz zu beziehen und den höchstmöglichen Anteil der produzierten Energie der Photovoltaikanlage selbst vor Ort zu verbrauchen. Dies vor allem, weil die Einspeisevergütung zurück ins Netz im Verhältnis zum Strompreis zunehmend sinkt. Das Ziel eines ZEV ist es, die Eigenverbrauchsquote zu erhöhen und auch die Amortisationszeit (Payback-Time) der Investitionen zu verkürzen. Die Leitungen, welche sich ab dem ZEV Netzanschluss in Richtung der Verbraucher und der Photovoltaikanlage befinden, sind nicht mehr in der Verantwortung des Verteilernetzbetreibers. Sie müssen somit durch die Teilnehmer des ZEV selbstständig abgerechnet und geregelt werden. Grundsätzlich führt eine grössere Anzahl von Nutzern einer PV-Anlage zu einem besser verteiltem Lastprofil und somit einer optimiereren Nutzung der Produktionsspitzen.

Bild zum vergleich der Lastprofile...Bild Solar Solextron

4.1 Konkrete Beispiele von ZEVs

Das Modell des ZEV wird auch zunehmend in der Praxis umgesetzt. Neubauten werden heute manchmal als ZEVs in Arealen gebaut. Das Dokument [4] listet ein paar solche Praxisbeispiele auf und erwähnt dabei auch die Herausforderungen und Erfolgsfaktoren.

4.2 Schwierigkeiten bei der Gründung eines ZEV

Um ein ZEV gründen zu können, müssen alle Bewohner innerhalb der ZEV Abgrenzung einverstanden sein an einer Teilnahme. In Fall dieses Projekt ist dies gegeben und führt zu keinen weiteren Komplikationen. Des Weiteren müssen die Liegenschaften benachbarte Zellen entsprechen. Auch dies ist in diesem Fall gegeben.

4.3 Rechtliche Grundlagen

Folgende rechtliche Grundlagen wurden grösstenteils aus einem Vorgängerprojekt der FHNW, Studiengang EUT, mit dem Namen ***Photovoltaikanlage Siedlungsgenossenschaft Donnerbaum*** genommen und leicht für dieses Projekt angepasst. Auf folgender Seite ist eine Schritt-für-Schritt-Anleitung vorhanden für den Bau einer Solaranlage im Kanton Zürich.[5]

Ev. noch HAK erwähnen mit Bild

4.3.1 ZEV

«Der ZEV kann über mehrere aneinander angrenzenden Grundstücke hinweg gebildet werden, sofern die je öffentlichen oder privaten Grundeigentümer am ZEV teilnehmen und solange das Netz des Netzbetreibers für den Eigenverbrauch nicht in Anspruch genommen wird. Zusätzlich müssen alle Teilnehmer am Ort der Produktion auf mindestens einem der teilnehmenden Grundstücke Endverbraucher sein. (vgl. Art. 17 EnG und Art.14 EnV).»[6, S.8]

«Ein ZEV ist nur zulässig, wenn die Produktionsleistung der Anlage oder der Anlagen mindestens 10 Prozent der Anschlussleistung des Zusammenschlusses beträgt. Als Produktionsleistung ist die Anlagenleistung gemäss Art. 13 EnV zu verstehen, bei PV-Anlagen ist das im Wesentlichen die normierte Modulleistung.»[6, S.8]

«Die interne Organisation (Elektrizitätsproduktion, -verteilung, -messung etc.) ist grundsätzlich Sache des ZEV, es gelten die Bestimmungen der Energiegesetzgebung, der Messgesetzgebung sowie des Obligationenrechts. Der VNB hat seine stromversorgungsrechtlichen Pflichten grundsätzlich nur gegenüber dem ZEV als Ganzes wahrzunehmen.»[6, S.8]

«Schliessen sich mehrere Grundeigentümer (Eigentümer separater Liegenschaften) zu einem ZEV zusammen, wird empfohlen, zwecks Sicherung des Weiterbestandes und zum Schutz der Investition des Inhabers der Anlage, den ZEV mit einem Dienstbarkeitsvertrag und einem Reglement (Nutzungs- und Verwaltungsordnung) zu regeln und im Grundbuch einzutragen. Eine privatrechtliche oder gesellschaftsvertragliche Regelung des ZEV ist zwar möglich, wird aber nicht empfohlen, da der Investitionsschutz des Inhabers der Anlage und ein Weiterbestand mittels einer Gesellschaft nicht gewährleistet werden können.» [6, S.25]

4.3.2 Einmalvergütung

Seitens Kantons wird eine Einmalvergütung für Photovoltaikanlagen mit einer Leistung von mindestens 2 kW bis höchstens 50 MW ausgerichtet.[7] Neue Photovoltaikanlagen werden seit 2018 ausschliesslich mit Einmalvergütungen gefördert. Die Einmalvergütung setzt sich aus einem Grundbeitrag und einem Leistungsbeitrag zusammen. Die Ansätze von Grund- und Leistungsbeitrag sind von der Energieförderungsverordnung (EnFV) festgelegt und betragen höchstens 30 Prozent der bei der Inbetriebnahme massgeblichen Investitionskosten von Referenzanlagen.[8] Das Gesuch für eine Einmalvergütung für kleine Photovoltaikanlagen ist nach Inbetriebnahme der Anlage innerhalb eines Jahres bei der Vollzugsstelle einzureichen.[7]

Ev. Bild der Fördergelder der Gesamtanlage einfügen

4.3.3 Steuerabzüge

Als weiterer Vorteil gelten die Ersparnisse durch das Abziehen der Steuern. Die Anlage ist in der Regel von den Steuern abziehbar. In der Praxis ist die genaue Handhabung je nach Kanton/Gemeinde unterschiedlich. Das lokale Steueramt gibt verbindlich Auskunft über die Handhabung solcher Ersparnisse durch die Angaben in der Steuerabrechnung. Die Abzugsfähigkeit der Kosten für die Erstellung von Photovoltaikanlagen nach einem Neubau im Kanton Zürich wurden aktualisiert und sind unter diesem Link ersichtlich.[9][10]

4.3.4 Melde- und Bewilligungspflicht

Das Meldeverfahren und die Bewilligungspflicht für eine Solaranlage im Kanton Zürich wird auf folgender Seite beschrieben.[11] Im Falle dieses Projektes muss beachtet werden, dass sich die Liegenschaften in einer An- und Abflugbereich vom Flughafen Zürich befindet und somit eine Vorabklärung bezüglich der Blendwirkung vom Luftverkehr empfohlen wird.

Bevor die Anlage in Betrieb genommen werden kann, muss ein Sicherheitsnachweis (SiNa) durchgeführt werden. Danach gibt es periodisch Installationskontrollen. Sie ist in der Verordnung über elektrische Niederspannungsinstallationen (NIV) enthalten. Solche elektrischen Installationen müssen durch einen Elektroinstallateur / eine Elektroinstallateurin mit einer Bewilligung des Eidgenössischen Starkstrominspektorats durchgeführt werden.[12][13]

5 Auslegung der verschiedenen Varianten

Für die Modellierung und Analyse im **Design-Optimierungstool Solextron** wird die Liegenschaften 5, 7, 9, 11 und 13 je einzeln angeschaut und danach alle noch zusammen als ZEV. Das Ziel ist es später, die Vor- und Nachteile der Varianten zu erläutern. Dazu kommen für beide Varianten noch Subvariationen dazu, welche keine Batterie beinhaltet.

5.1 Variante 1a: Einzelne Liegenschaft ohne Batterie

Die Liegenschaften werden einzeln mit einer Solaranlage auf dem jeweiligen Dach angeschaut und die erzeugte Energie wird entweder zeitgleich von derselben Liegenschaft gebraucht, was dem Eigenverbrauch entspricht. Der Rest wird zurück ins Netz gespeist.

5.2 Variante 1b: Einzelne Liegenschaft mit Batterie

Für diese Variante gilt dasselbe. Nur, dass die überschüssige erzeugte Energie, bis die Batterie voll ist, gespeichert werden kann. Dies führt zu einem höheren Autarkiegrad, wie im Unterkapitel 3.5 beschrieben wurde.

5.3 Variante 2a: ZEV ohne Batterie

Bei dieser Variante wird auf dem Dach einer Liegenschaft eine gemeinsame Solaranlage installiert. Alle Teilnehmer sind Konsumenten zusammen und beziehen Energie von derselben Solaranlage und den zusätzlich gebrauchten Anteil vom Netz. Wird überschüssige Energie erzeugt, welche nicht durch den Eigenverbrauch abgedeckt werden kann, wird diese ins Netz gespeist. Das ZEV ist zudem ab dem HAK (Hausanschlusskasten) des Energiewerkes Rümlang selbst für die Abrechnung zuständig.

5.4 Variante 2b: ZEV mit Batterie

Diese Variante entspricht der Variante wie in 5.3, jedoch in diesem Fall mit einer zusätzlichen Batterie. Die überschüssige erzeugte Energie kann, bis die Batterie voll ist, gespeichert werden. Dies führt zu einem höheren Autarkiegrad.

5.5 Variante 3: ZEV im Eigenstrom X Modell

Die Elektrizitätswerke Rümlang und Oberglatt bieten ein eigenes Modell an. Sie nennen dies **Eigenstrom X**. Dieses Modell hat folgende Vorteile gegenüber einem ZEV:

- Messung und Abrechnung durch EWR/EWO
- Keine Investitionskosten für den Produzenten für eigene Messinfrastruktur
- Endkunden bleiben für den Netzbezug grundversorgte Endverbraucher von

Dieses Modell wird im Detail mit zusätzlichen rechtlichen und wirtschaftlichen Informationen auf der Internetseite vom EWR beschrieben.[14]

Ev noch einfügen, mit Matthias besprechen

6 Stromverbrauchsdaten

Wie schon im Kapitel *Grundlagen* Abschnitt 3.3 erwähnt wurde, sind hochauflöste Stromverbrauchsdaten entscheidend für eine genaue Analyse einer Solaranlage.

Gewisse Geräte zum Beispiel brauchen nur für 5 min eine hohe Leistung. Dieser sogenannte "Peak" wäre in einer 15-min Auflösung unter Umständen nicht einmal ersichtlich. Umso höher der Abstand ist zwischen den einzelnen Messungen, desto schwieriger wird es solche Peaks zu messen. Dies ist der Fall, da eine Messung davor und danach die benötigte Leistung bei einem tieferen Wert angeben kann. Folgendes Balkendiagramm 6.1 der Smart Meter Stromverbrauchsdaten, aufgelöst im 15-min Takt, zeigen einen solchen hohen Peak. Es handelt sich dabei um die Riedgrabenstrasse 13 am 20.Februar 2023. Dazu wurden auch aufgezeigt, wie sich der Verlauf über den Tag ändern würde, wenn zum Beispiel alle 4 oder auch 8 Stunden die Leistung gemessen wird. Es ist gut ersichtlich, dass sich die Fläche der Balken verändert. Dies entspricht der verbrauchten Energie laut folgender Formel:

$$Energie = \frac{\text{Leistung}}{\text{Zeit}} \Rightarrow E = \frac{P}{t} \quad (6.1)$$

Ev. Beschriftung (caption) für equation einfügen

6.1 Lastprofile der Liegenschaften

Nulla malesuada porttitor diam. Donec felis erat, congue non, volutpat at, tincidunt tristique, libero. Vivamus viverra fermentum felis. Donec nonummy pellentesque ante. Phasellus adipiscing semper elit. Proin fermentum massa ac quam. Sed diam turpis, molestie vitae, placerat a, molestie nec, leo. Maecenas lacinia. Nam ipsum ligula, eleifend at, accumsan nec, suscipit a, ipsum. Morbi blandit ligula feugiat magna. Nunc eleifend consequat lorem. Sed lacinia nulla vitae enim. Pellentesque tincidunt purus vel magna. Integer non enim. Praesent euismod nunc eu purus. Donec bibendum quam in tellus. Nullam cursus pulvinar lectus. Donec et mi. Nam vulputate metus eu enim. Vestibulum pellentesque felis eu massa.

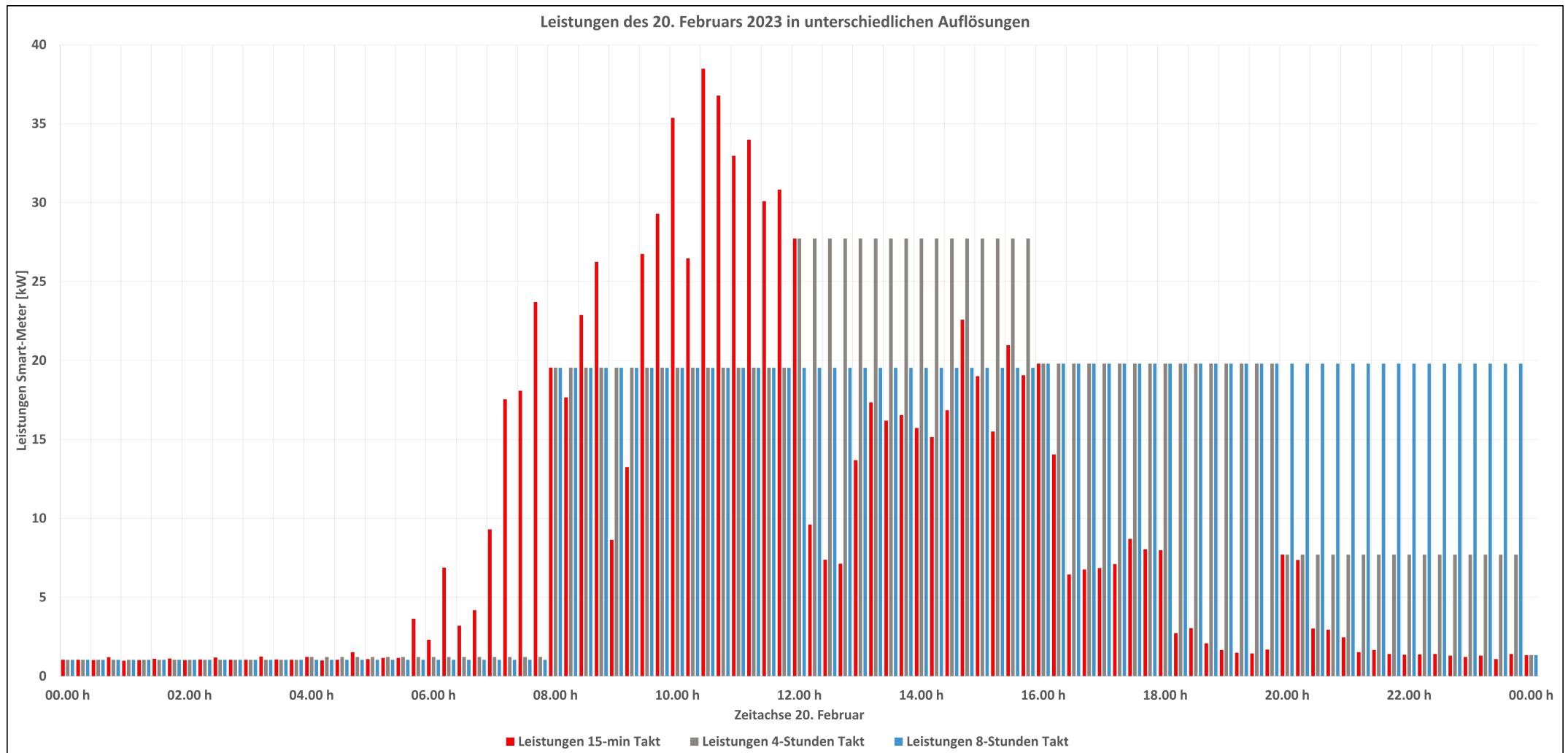


Abbildung 6.1: Leistungen des 20. Februars 2023 in unterschiedlichen Auflösungen

6.2 Untertitel 2

Sed feugiat. Cum sociis natoque penatibus et magnis dis parturient montes, nascetur ridiculus mus. Ut pellentesque augue sed urna. Vestibulum diam eros, fringilla et, consectetur eu, nonummy id, sapien. Nullam at lectus. In sagittis ultrices mauris. Curabitur malesuada erat sit amet massa. Fusce blandit. Aliquam erat volutpat. Aliquam euismod. Aenean vel lectus. Nunc imperdiet justo nec dolor.

6.2.1 Untertitel 3. Grades

Tabelle 6.1 zeigt etwas. Etiam ac leo a risus tristique nonummy. Donec dignissim tincidunt nulla. Vestibulum rhoncus molestie odio. Sed lobortis, justo et pretium lobortis, mauris turpis condimentum augue, nec ultricies nibh arcu pretium enim. Nunc purus neque, placerat id, imperdiet sed, pellentesque nec, nisl. Vestibulum imperdiet neque non sem accumsan laoreet. In hac habitasse platea dictumst. Etiam condimentum facilisis libero. Suspendisse in elit quis nisl aliquam dapibus. Pellentesque auctor sapien. Sed egestas sapien nec lectus. Pellentesque vel dui vel neque bibendum viverra. Aliquam porttitor nisl nec pede. Proin mattis libero vel turpis. Donec rutrum mauris et libero. Proin euismod porta felis. Nam lobortis, metus quis elementum commodo, nunc lectus elementum mauris, eget vulputate ligula tellus eu neque. Vivamus eu dolor.

Nulla in ipsum. Praesent eros nulla, congue vitae, euismod ut, commodo a, wisi. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Aenean nonummy magna non leo. Sed felis erat, ullamcorper in, dictum non, ultricies ut, lectus. Proin vel arcu a odio lobortis euismod. Vestibulum ante ipsum primis in faucibus orci luctus et ultrices posuere cubilia Curae; Proin ut est. Aliquam odio. Pellentesque massa turpis, cursus eu, euismod nec, tempor congue, nulla. Duis viverra gravida mauris. Cras tincidunt. Curabitur eros ligula, varius ut, pulvinar in, cursus faucibus, augue.

6.2.2 Untertitel 3. Grades

Nulla mattis luctus nulla. Duis commodo velit at leo. Aliquam vulputate magna et leo. Nam vestibulum ullamcorper leo. Vestibulum condimentum rutrum mauris. Donec id mauris. Morbi molestie justo et pede. Vivamus eget turpis sed nisl cursus tempor. Curabitur mollis sapien condimentum nunc. In wisi nisl, malesuada at, dignissim sit amet, lobortis in, odio. Aenean consequat arcu a ante. Pellentesque porta elit sit amet orci. Etiam at turpis nec elit ultricies imperdiet. Nulla facilisi. In hac habitasse platea dictumst. Suspendisse viverra aliquam risus. Nullam pede justo, molestie nonummy, scelerisque eu, facilisis vel, arcu.

Curabitur tellus magna, porttitor a, commodo a, commodo in, tortor. Donec interdum. Praesent scelerisque. Maecenas posuere sodales odio. Vivamus metus lacus, varius quis, imperdiet quis,

Medium	Dichte ρ in kg m^{-3}	Schallgeschwindigkeit c in m s^{-1}
Luft 0 °C trocken	1.293	331
Wasserstoff 0 °C	0.090	1260
Wasser 0 °C	1000	1400
Holz	600	4500
Stahl	7700	5050

Tabelle 6.1: Schallgeschwindigkeit in verschiedenen Medien gemäss

rhoncus a, turpis. Etiam ligula arcu, elementum a, venenatis quis, sollicitudin sed, metus. Donec nunc pede, tincidunt in, venenatis vitae, faucibus vel, nibh. Pellentesque wisi. Nullam malesuada. Morbi ut tellus ut pede tincidunt porta. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam congue neque id dolor.

7 Design-Optimierungstool Solextron

Mit dem **Design-Optimierungstool Solextron** können die einzelnen Liegenschaften wie auch der ZEV aller Liegenschaften zusammen modelliert werden. Solextron bietet daneben auch noch weitere Tools an, welche das Design-Optimierungstool erweitern. Dazu gehören folgende Programme:

- *Lead-Generierung*
- *Projektmanagement*
- *Digital Twin Monitoring*

Diese Tools sind auf folgender Seite ersichtlich.[15]

7.1 Schritte in der Software

Die Internetbrowser kompatible Software beinhaltet 14 Schritte. Diese Zahl kann je nach Konfiguration des Accounts leicht abweichen. In den nächsten Unterkapiteln werden diese Schritte genauer erläutert. Folgende Abbildung zeigt diese Schritte auf.

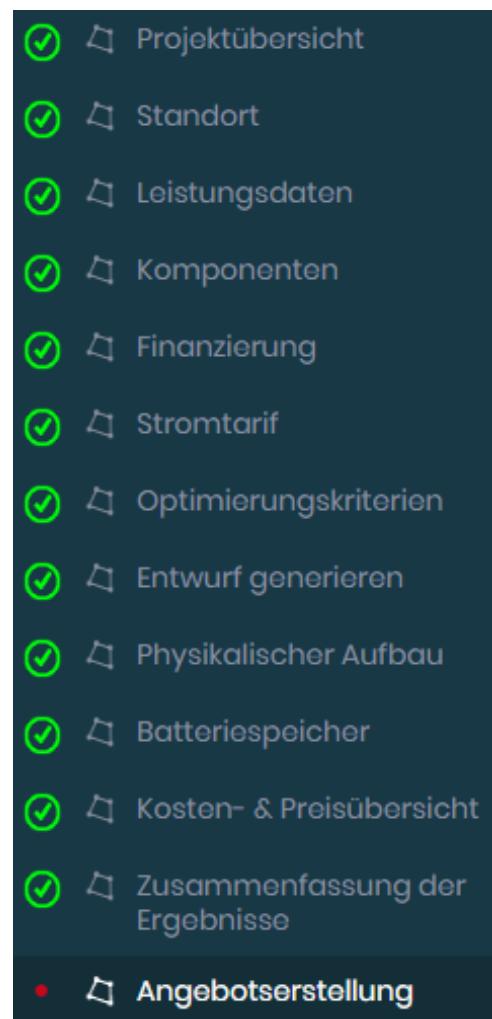


Abbildung 7.1: Schritte des Design-Optimierungstools Solextron

Text aligned on the top left. Fusce mauris. Vestibulum luctus nibh at lectus. Sed bibendum, nulla a faucibus semper, leo velit ultricies tellus, ac venenatis arcu wisi vel nisl. Vestibulum diam. Aliquam pellentesque, augue quis sagittis posuere, turpis lacus congue quam, in hendrerit risus eros eget felis. Maecenas eget erat in sapien mattis porttitor. Vestibulum porttitor. Nulla facilisi. Sed a turpis eu lacus commodo facilisis. Morbi fringilla, wisi in dignissim interdum, justo lectus sagittis dui, et vehicula libero dui cursus dui. Mauris tempor ligula sed lacus. Duis cursus enim ut augue. Cras ac magna. Cras nulla. Nulla egestas. Curabitur a leo. Quisque egestas wisi eget nunc. Nam feugiat lacus vel est. Curabitur consectetur.

- Projektübersicht
- Standort
- Leistungsdaten
- Komponenten
- Finanzierung
- Stromtarif
- Optimierungskriterien
- Entwurf generieren
- Physikalischer Aufbau
- Batteriespeicher
- Kosten- & Preisübersicht
- Zusammenfassung der Ergebnisse
- Angebotserstellung

7.2 Von Projektübersicht bis Angebotserstellung

Als erster Schritt kann ein neues Projekt erstellt werden. Die dabei benötigten Angaben sollten selbsterklärend sein. Diese Daten werden danach im Schritt Projektübersicht abgespeichert. Aus dem Feld mit dem Namen *Montageadresse* aus der Projektübersicht wird danach im Schritt Standort der dementsprechende Standort angezeigt, wo die Solaranlage installiert werden soll.

In diesem Abschnitt können die Häuser als 3D-Modelle gezeichnet werden. Es kann zwischen Google Maps und der Swisstopo Datenbank gewählt werden, für die Ansicht der Karte. Es können auch Hindernisse hinzugefügt werden, welche zu Verschattungen führen. Im Falle für einen ZEV mit den Liegenschaften Riedgrabenstrasse 5,7,9,11 und 13 sieht dies wie in Abbildung 7.2 aus.

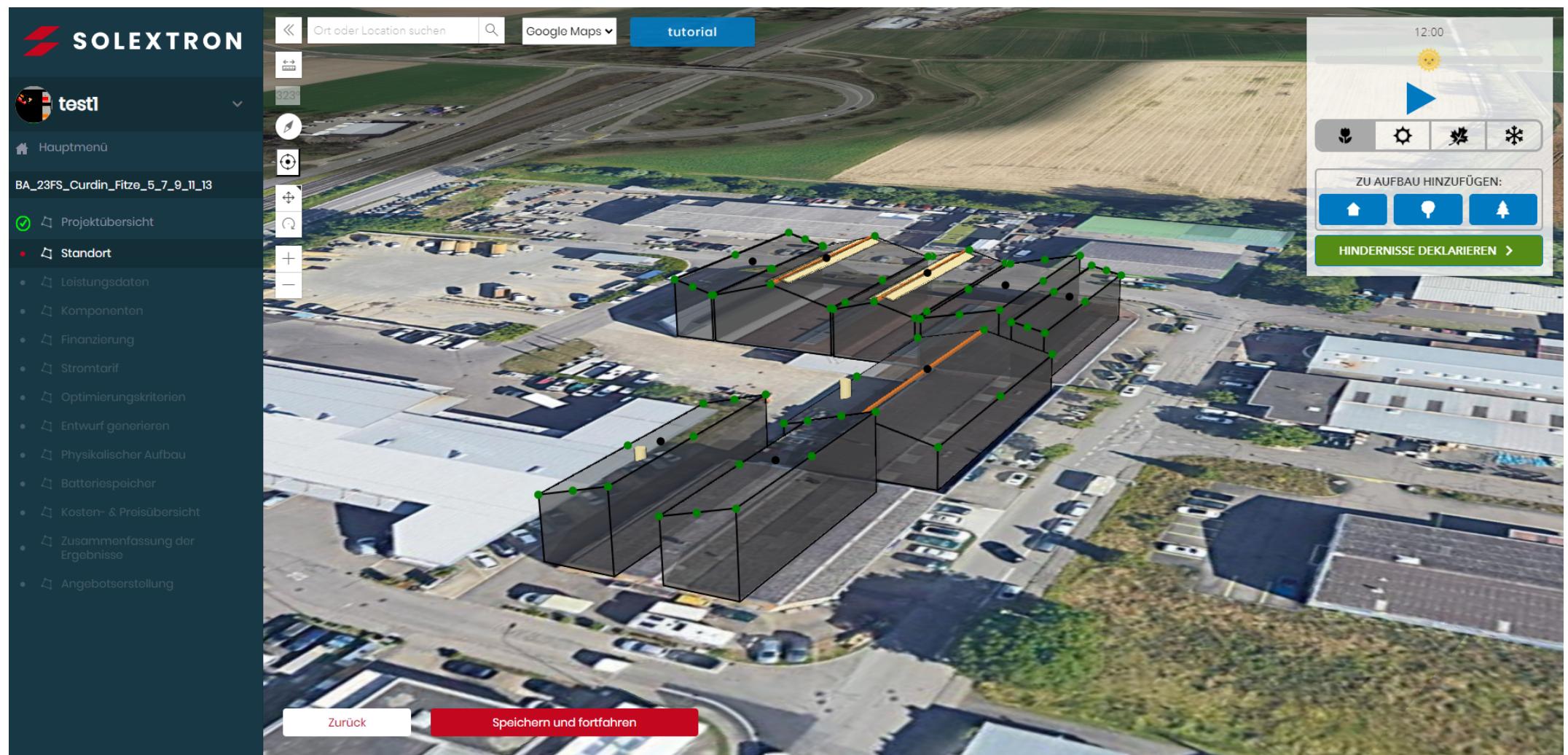


Abbildung 7.2: Solextron 3D-Modell der Liegenschaften

8 Kapitel That

Quisque consectetur. In suscipit mauris a dolor pellentesque consectetur. Mauris convallis neque non erat. In lacinia. Pellentesque leo eros, sagittis quis, fermentum quis, tincidunt ut, sapien. Maecenas sem. Curabitur eros odio, interdum eu, feugiat eu, porta ac, nisl. Curabitur nunc. Etiam fermentum convallis velit. Pellentesque laoreet lacus. Quisque sed elit. Nam quis tellus. Aliquam tellus arcu, adipiscing non, tincidunt eleifend, adipiscing quis, augue. Vivamus elementum placerat enim. Suspendisse ut tortor. Integer faucibus adipiscing felis. Aenean consectetur mattis lectus. Morbi malesuada faucibus dolor. Nam lacus. Etiam arcu libero, malesuada vitae, aliquam vitae, blandit tristique, nisl.

8.1 Code-Beispiel

Maecenas accumsan dapibus sapien. Duis pretium iaculis arcu. Curabitur ut lacus. Aliquam vulputate. Suspendisse ut purus sed sem tempor rhoncus. Ut quam dui, fringilla at, dictum eget, ultricies quis, quam. Etiam sem est, pharetra non, vulputate in, pretium at, ipsum. Nunc semper sagittis orci. Sed scelerisque suscipit diam. Ut volutpat, dolor at ullamcorper tristique, eros purus mollis quam, sit amet ornare ante nunc et enim.

Listing 1: Ein kurzes Codebeispiel in der Programmiersprache Python

```

1 # Main pattern-matching code segment from the new Laplace Transform in sympy
2 # see https://github.com/sympy/sympy/pull/22376
3     k, func = f.as_independent(t, as_Add=False)
4     for t_dom, s_dom, check, plane, prep in simple_rules:
5         ma = prep(func).match(t_dom)
6         if ma:
7             if check.xreplace(ma):
8                 return self._cr(k*s_dom.xreplace(ma),
9                                 plane.xreplace(ma), S.true, **hints)
```

9 Schlussbemerkungen

Donec molestie, magna ut luctus ultrices, tellus arcu nonummy velit, sit amet pulvinar elit justo et mauris. In pede. Maecenas euismod elit eu erat. Aliquam augue wisi, facilisis congue, suscipit in, adipiscing et, ante. In justo. Cras lobortis neque ac ipsum. Nunc fermentum massa at ante. Donec orci tortor, egestas sit amet, ultrices eget, venenatis eget, mi. Maecenas vehicula leo semper est. Mauris vel metus. Aliquam erat volutpat. In rhoncus sapien ac tellus. Pellentesque ligula.

10 Abkürzungsverzeichnis

ZEV	Zusammenschluss zum Eigenverbrauch
AJAX	Asynchronous JavaScript and XML
API	Application Programming Interface
AS	Application Server
CSCF	Call Session Control Function
CSS	Cascading Stylesheets
DHTML	Dynamic HTML
DOM	Document Object Model
FOKUS	Fraunhofer Institut fuer offene Kommunikationssysteme
GUI	Graphical User Interface
GPS	Global Positioning System
GSM	Global System for Mobile Communication
HTML	Hypertext Markup Language
HSS	Home Subscriber Server
HTTP	Hypertext Transfer Protocol
I-CSCF	Interrogating-Call Session Control Function
IETF	Internet Engineering Task Force
IM	Instant Messaging
IMS	IP Multimedia Subsystem
IP	Internet Protocol
J2ME	Java Micro Edition
JDK	Java Developer Kit
JRE	Java Runtime Environment
JSON	JavaScript Object Notation
JSR	Java Specification Request
JVM	Java Virtual Machine
NGN	Next Generation Network
OMA	Open Mobile Alliance
P-CSCF	Proxy-Call Session Control Function
PDA	Personal Digital Assistant
PEEM	Policy Evaluation, Enforcement and Management
QoS	Quality of Service
S-CSCF	Serving-Call Session Control Function
SDK	Software Developer Kit
SDP	Session Description Protocol
SIP	Session Initiation Protocol
SMS	Short Message Service
SMSC	Short Message Service Center
SOAP	Simple Object Access Protocol
SWF	Shockwave Flash
SWT	Standard Widget Toolkit
TCP	Transmission Control Protocol
Telco API	Telecommunication API
TLS	Transport Layer Security
UMTS	Universal Mobile Telecommunication System
URI	Uniform Resource Identifier
VoIP	Voice over Internet Protocol
W3C	World Wide Web Consortium

WSDL	Web Service Description Language
XCAP	XML Configuration Access Protocol
XDMS	XML Document Management Server
XML	Extensible Markup Language

Quellenverzeichnis

- [1] „Solextron’s design software: Designoptimierung für solaranlagen.“ (), Adresse: <https://www.solextron.com> (besucht am 16. Mai 2023) (siehe S. 4).
- [2] R. Z. My-Homepage. De, *Energie Experten :: Ob Energieberatung, Strom sparen, eine neue Heizung oder rund ums Bauen und Sanieren. Hier finden Sie schnell einen Experten aus Ihrer Nähe. Schnell und unkompliziert.* [Online; accessed 20. May 2023], Mai 2023. Adresse: <https://www.energie-experten.org/erneuerbare-energien/solarenergie/solarstrom/autarkie> (siehe S. 5).
- [3] D. Friedmann, „ZEV: Alle profitieren vom Solarstrom – SWL Energie AG“, *SWL Energie AG*, Aug. 2021. Adresse: <https://www.swl.ch/de/swl/magazin-blog/zev-alle-profitieren-vom-solarstrom> (siehe S. 6).
- [4] Energieschweiz, *Zusammenschluss zum Eigenverbrauch von Solarstrom auf Arealen*. Adresse: https://www.energiezukunfts Schweiz.ch/wAssets/docs/eigenverbrauch/BFE_Zusammenschluss-Solar-Eigenverbrauch-in-Arealen.pdf?_ga=2.63662191.1965893209.1684414895-558472727.1684414895 (siehe S. 6).
- [5] *Solaranlage bauen - Stadt Zürich*, [Online; accessed 17. May 2023], Mai 2023. Adresse: <https://www.stadt-zuerich.ch/energie/de/index/solaranlagen/solarstromproduktion.html> (siehe S. 7).
- [6] P. Toggweiler, D. Stickelberger, A. Krebs u.a., *Leitfaden Eigenverbrauch*, 7. Feb. 2022. Adresse: <https://pubdb.bfe.admin.ch/de/publication/download/9329> (besucht am 29. Apr. 2022) (siehe S. 7).
- [7] *SR 730.03 - Verordnung vom 1. November 2017 über die Förderung der Produktion von Elektrizität aus erneuerbaren Energien (Energieförderungsverordnung, EnFV)*, [Online; accessed 17. May 2023], Apr. 2023. Adresse: <https://www.fedlex.admin.ch/eli/cc/2017/766/de> (siehe S. 7).
- [8] „Tarifrechner – Pronovo AG“ (), Adresse: <https://pronovo.ch/de/services/tarifrechner/> (besucht am 2. Mai 2023) (siehe S. 7).
- [9] *Abzugsfähigkeit von Photovoltaikanlagen als Unterhaltskosten nach einem Neubau*, [Online; accessed 17. May 2023], Mai 2023. Adresse: <https://www.zh.ch/de/news-uebersicht/mitteilungen/2021/steuern-finanzen/steuern/abzugsfaehigkeit-von-photovoltaikanlagen-als-unterhaltskosten-na.html> (siehe S. 8).
- [10] *Besteuerung von PV-Anlagen | VESE*, [Online; accessed 17. May 2023], Mai 2023. Adresse: <https://www.vese.ch/pv-beststeuerung> (siehe S. 8).
- [11] *Meldeverfahren für Solaranlagen, Wärmepumpen und E-Ladestationen*, [Online; accessed 17. May 2023], Mai 2023. Adresse: <https://www.zh.ch/de/planen-bauen/baubewilligung/baueingabe-verfahren/meldeverfahren-solaranlagen-waermepumpen-eladestationen.html#-1810950535> (siehe S. 8).
- [12] *SR 734.27 - Verordnung vom 7. November 2001 über elektrische Niederspannungsinstallationen (Niederspannungs-Installationsverordnung, NIV)*, [Online; accessed 17. May 2023], Apr. 2023. Adresse: <https://www.fedlex.admin.ch/eli/cc/2002/22/de> (siehe S. 8).
- [13] *Installationskontrolle*, [Online; accessed 17. May 2023], Mai 2023. Adresse: <https://www.ekz.ch/de/kundenservice/bauen/installationen/installationskontrolle.html> (siehe S. 8).
- [14] „Elektrizitätswerk Rümlang Online: Suchen“. (), Adresse: https://www.ewruemlang.ch/de/toolbar/suchen/?sl_q=eigenstrom+x&x=0&y=0 (besucht am 3. Mai 2023) (siehe S. 9).
- [15] *Solextron’s Funktionen im Überblick*. [Online; accessed 18. May 2023], Mai 2023. Adresse: <https://design.solextron.com/features/de> (siehe S. 14).

Ehrlichkeitserklärung

Hiermit erkläre ich, die vorliegende Bachelorarbeit selbstständig und nur unter Benutzung der angegebenen Quellen verfasst zu haben. Die wörtlich oder inhaltlich aus den aufgeführten Quellen entnommenen Stellen sind in der Arbeit als Zitat bzw. Paraphrase kenntlich gemacht. Diese Bachelor Thesis ist noch nicht veröffentlicht worden. Sie ist somit weder anderen Interessierten zugänglich gemacht noch einer anderen Prüfungsbehörde vorgelegt worden.

Brugg-Windisch, tt. August 2023

Student: Curdin Fitze

Unterschrift:

Fachbetreuer: Matthias Resch

Unterschrift:

Auftraggeber: Hansueli Wartenweiler

Unterschrift:

A Ein Anhang

Morbi sem. Nulla facilisi. Vestibulum ante ipsum primis in faucibus orci luctus et ultrices posuere cubilia Curae; Nulla facilisi. Morbi sagittis ultrices libero. Praesent eu ligula sed sapien auctor sagittis. Class aptent taciti sociosqu ad litora torquent per conubia nostra, per inceptos hymenaeos. Donec vel nunc. Nunc fermentum, lacus id aliquam porta, dui tortor euismod eros, vel molestie ipsum purus eu lacus. Vivamus pede arcu, euismod ac, tempus id, pretium et, lacus. Curabitur sodales dapibus urna. Nunc eu sapien. Donec eget nunc a pede dictum pretium. Proin mauris. Vivamus luctus libero vel nibh.

Fusce tristique risus id wisi. Integer molestie massa id sem. Vestibulum vel dolor. Pellentesque vel urna vel risus ultricies elementum. Quisque sapien urna, blandit nec, iaculis ac, viverra in, odio. In hac habitasse platea dictumst. Morbi neque lacus, convallis vitae, commodo ac, fermentum eu, velit. Sed in orci. In fringilla turpis non arcu. Donec in ante. Phasellus tempor feugiat velit. Aenean varius massa non turpis. Vestibulum ante ipsum primis in faucibus orci luctus et ultrices posuere cubilia Curae;

Aliquam tortor. Morbi ipsum massa, imperdiet non, consectetur vel, feugiat vel, lorem. Quisque eget lorem nec elit malesuada vestibulum. Quisque sollicitudin ipsum vel sem. Nulla enim. Proin nonummy felis vitae felis. Nullam pellentesque. Duis rutrum feugiat felis. Mauris vel pede sed libero tincidunt mollis. Phasellus sed urna rhoncus diam euismod bibendum. Phasellus sed nisl. Integer condimentum justo id orci iaculis varius. Quisque et lacus. Phasellus elementum, justo at dignissim auctor, wisi odio lobortis arcu, sed sollicitudin felis felis eu neque. Praesent at lacus.

Vivamus sit amet pede. Duis interdum, nunc eget rutrum dignissim, nisl diam luctus leo, et tincidunt velit nisl id tellus. In lorem tellus, aliquet vitae, porta in, aliquet sed, lectus. Phasellus sodales. Ut varius scelerisque erat. In vel nibh eu eros imperdiet rutrum. Donec ac odio nec neque vulputate suscipit. Nam nec magna. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Nullam porta, odio et sagittis iaculis, wisi neque fringilla sapien, vel commodo lorem lorem id elit. Ut sem lectus, scelerisque eget, placerat et, tincidunt scelerisque, ligula. Pellentesque non orci.

A.1 Aufgabenstellung im Originalwortlaut

Nullam eleifend justo in nisl. In hac habitasse platea dictumst. Morbi nonummy. Aliquam ut felis. In velit leo, dictum vitae, posuere id, vulputate nec, ante. Maecenas vitae pede nec dui dignissim suscipit. Morbi magna. Vestibulum id purus eget velit laoreet laoreet. Praesent sed leo vel nibh convallis blandit. Ut rutrum. Donec nibh. Donec interdum. Fusce sed pede sit amet elit rhoncus ultrices. Nullam at enim vitae pede vehicula iaculis.

A.2 Gesamtübersicht

Class aptent taciti sociosqu ad litora torquent per conubia nostra, per inceptos hymenaeos. Aenean nonummy turpis id odio. Integer euismod imperdiet turpis. Ut nec leo nec diam imperdiet lacinia. Etiam eget lacus eget mi ultricies posuere. In placerat tristique tortor. Sed porta vestibulum metus. Nulla iaculis sollicitudin pede. Fusce luctus tellus in dolor. Curabitur auctor velit a sem. Morbi sapien. Class aptent taciti sociosqu ad litora torquent per conubia nostra, per inceptos hymenaeos. Donec adipiscit urna vehicula nunc. Sed ornare leo in leo. In rhoncus leo ut dui. Aenean dolor quam, volutpat nec, fringilla id, consectetur vel, pede.

A.3 Berechnungen / Resultate Umfrage

Nulla malesuada risus ut urna. Aenean pretium velit sit amet metus. Duis iaculis. In hac habitasse platea dictumst. Nullam molestie turpis eget nisl. Duis a massa id pede dapibus ultricies. Sed eu leo. In at mauris sit amet tortor bibendum varius. Phasellus justo risus, posuere in, sagittis ac, varius vel, tortor. Quisque id enim. Phasellus consequat, libero pretium nonummy fringilla, tortor lacus vestibulum nunc, ut rhoncus ligula neque id justo. Nullam accumsan euismod nunc. Proin vitae ipsum ac metus dictum tempus. Nam ut wisi. Quisque tortor felis, interdum ac, sodales a, semper a, sem. Curabitur in velit sit amet dui tristique sodales. Vivamus mauris pede, lacinia eget, pellentesque quis, scelerisque eu, est. Aliquam risus. Quisque bibendum pede eu dolor.

A.4 Tests – Screenshots

Donec tempus neque vitae est. Aenean egestas odio sed risus ullamcorper ullamcorper. Sed in nulla a tortor tincidunt egestas. Nam sapien tortor, elementum sit amet, aliquam in, porttitor faucibus, enim. Nullam congue suscipit nibh. Quisque convallis. Praesent arcu nibh, vehicula eget, accumsan eu, tincidunt a, nibh. Suspendisse vulputate, tortor quis adipiscing viverra, lacus nibh dignissim tellus, eu suscipit risus ante fringilla diam. Quisque a libero vel pede imperdiet aliquet. Pellentesque nunc nibh, eleifend a, consequat consequat, hendrerit nec, diam. Sed urna. Maecenas laoreet eleifend neque. Vivamus purus odio, eleifend non, iaculis a, ultrices sit amet, urna. Mauris faucibus odio vitae risus. In nisl. Praesent purus. Integer iaculis, sem eu egestas lacinia, lacus pede scelerisque augue, in ullamcorper dolor eros ac lacus. Nunc in libero.