

ENERGIEWIRTSCHAFTLICHE STUDIE ZUR MODELLSPEZIFIKATION PUMPSPEICHERWERK EINÖDEN

Der Einfluss von Speichern auf die Energieversorgung im Zuge der Energiewende

Eine Fallstudie des Studiengangs
„Europäische Energiewirtschaft“ Jahrgang 2012,
Fachhochschule Kufstein Tirol

Prof. (FH) Dr.-Ing. Wolfgang Woyke

Studentische Arbeitsgruppe:

Michael Brunhuber

Florian Quirin Grill

Matteo Hagen

Maria Kirchlechner

Susanne Moser

Auftraggeber:

Solarenergieförderverein Bayern e.V.

INHALT

1	Einleitung	4
2	Technik der Pumpspeicherkraftwerke	5
3	Energiewirtschaftliche Grundlagen	6
3.1	Grundsätzliche Energiewirtschaftliche Argumentationslinien	6
3.2	Analyse des Energieberichts Landkreis Rosenheim	7
3.3	Lastgangsynthese mit Standardlastprofilen	10
3.4	Modellierung eines Pumpspeicherkraftwerks	11
3.5	Netztopologie	11
4	Dokumentation der Grafik mit den Bedienelementen	13
4.1	Grafik	13
4.2	Bedienelemente	14
5	Argumentationslinien und Szenarios	15
5.1	Szenario 1 – Ausgangsszenario vor der Energiewende	16
5.2	Szenario 2 – volatile Einspeisung aus Erneuerbaren Energien	18
5.3	Szenario 3 –Pumpspeicherwerk für die regionale Versorgung	22
5.4	Szenario 4 – Pumpspeicherwerk für den Reglenergieeinsatz	24
6	Fazit	27
7	Anhang: Dokumentation der Datentabelle	28

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1 - Pumpspeicherkraftwerk.....	5
Abbildung 2 – Francisturbine	6
Abbildung 3: Energieverbrauch Stadt und Landkreis Rosenheim.....	8
Abbildung 4: Stromerzeugung Stadt und Landkreis Rosenheim.....	9
Abbildung 5: Höchstspannungsnetzkarte Deutschland	12
Abbildung 6: Grafik Surface Tisch.....	13
Abbildung 7: Szenario eins, Ausgangsszenario ohne PV.....	18
Abbildung 8: Szenario 2, Stromerzeugung wie im Jahre 2020	19
Abbildung 9: Tageslastgang Szenario 2, sonniger Wochentag im Sommer.....	20
Abbildung 10: Autarkiegrad, Szenario zwei, sonniger Sommerwochentag	21
Abbildung 11: Last- und Erzeugungskurve, Szenario 3. Es werden Energiemengen pro Viertelstunde dargestellt.	22
Abbildung 12: Autarkiegrad, Szenario drei	23
Abbildung 13: Szenario 3, Pumpspeicherkraftwerk zum Ausgleich	24
Abbildung 14: Szenario 4, PSW liefert Regelleistung	26

1 EINLEITUNG

Die Kommunikation spielt in der Energiewirtschaft eine zunehmend wichtige Rolle, da die Öffentlichkeit energiewirtschaftliche Projekt interessiert und kritisch gegenüber steht. Neben einer sachgerechten Information zu Projektdaten geht es aber auch um das Verständnis komplexer Zusammenhänge. Animationen und Surface-Tische sind ein geeignetes Mittel, um zum einen das Informationsbedürfnis der Öffentlichkeit aber auch die Interessen der Industrie transparent dar zu stellen.

Im Rahmen der Fallstudie „Energiewirtschaftliche Studie zur Modellspezifikation Pumpspeicherkraftwerk Einöden - der Einfluss von Speichern auf die Energieversorgung im Zuge der Energiewende“ wird eine Modell zur Animation von Funktion und Wirkung des Pumpspeicherkraftwerks (Projektname Pumpspeicherwerk Einöden“ konzipiert, ausgelegt und dokumentiert. Es werden Argumentationslinien zur Nutzung des Pumpspeicherwerks in der elektrischen Energiewirtschaft formuliert und Bilder zur Visualisierung vorgeschlagen. Zielsystem ist die Animation auf einem Surface-Tisch. Es werden geeignete energiewirtschaftliche Rahmendaten recherchiert, und eine Dokumentation angefertigt, damit die Animation in einem Folgeprojekt programmiert werden kann.

Surface-Tische mit Animationen sind Geräte, um auf Informationsveranstaltungen, Inhalte zu kommunizieren. Es kann spielerisch und anschaulich ein oftmals komplexer Zusammenhang dargestellt werden. Ein Surface-Tisch kann mehr als nur einen Berührungspunkt gleichzeitig auswerten. So lassen sich nicht nur, wie beim Smartphone, Multitouch-Aktionen ausführen, sondern es können auch mehrere Anwender gleichzeitig an einem Tisch arbeiten. Dadurch lässt sich leicht ein Gespräch mit Fakten und Daten unterstützen.

Zielsetzung dieses Projekts ist es, die Diskussion zur Akzeptanz des Projekts Pumpspeicherwerk Einöden zu unterstützen. Es handelt sich dabei um ein Pumpspeicherkraftwerk, das in die obere Spannungsebene einer Regionalversorgung eingebunden werden soll. In der regionalen Perspektive, die hier betrachtet werden soll, geht es um die Sicherheit der Technik, den regionalen Nutzen und die wirtschaftliche Perspektive des Projekts.

2 TECHNIK DER PUMPSPEICHERKRAFTWERKE

Einführend werden grundlegende Aspekte von Pumpspeicherkraftwerken vorgestellt.



Abbildung 1 - Pumpspeicherkraftwerk

Quelle: www.dena.de

Ein Pumpspeicherkraftwerk (PSW) ist eine besondere Form eines Speicherkraftwerks und dient zur Speicherung von elektrischer Energie durch hinaufpumpen von Wasser von einem Unterbecken in ein Oberbecken. Das Wasser kann später wieder durch Röhren bergab in das Unterbecken fließen und erzeugt dabei mittels Turbinen und Generatoren elektrischen Strom. Die elektrische Energie wird dem Netz entnommen, durch Umwandlung in potentielle Energie von Wasser gespeichert und nach Umwandlung dieser potentiellen Energie in elektrische Energie wieder ins Netz gespeist.

In der vor der Energiewende durch Grundlastzeugung geprägten Energiewirtschaft macht es sich Lageenergie des hochgepumpten Wassers zunutze und dient dazu, in Spitzenlastzeiten Strom bereitzustellen. Bei geringer Stromnachfrage, in der Regel nachts, wird das Wasser mit elektrischer Energie aus dem Unterbecken in das höher gelegenen Oberbecken gepumpt.

Ein Pumpspeicherkraftwerk kann innerhalb kürzester Zeit die Betriebszustände „Pumpen“, „Stillstand“ und „Turbinieren“ wechseln. Es ist also sehr flexibel und

eignet sich auch zur Bereitstellung von Regelleistung und Erzeugung von Regelenergie, die kurzfristig abgerufen wird.

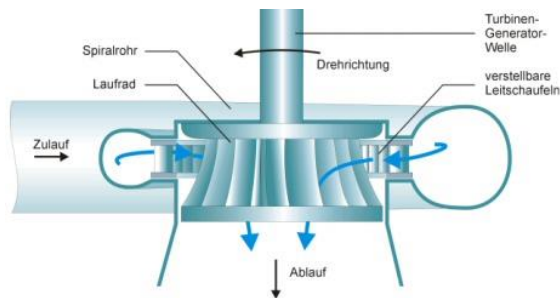


Abbildung 2 – Francisturbine

Quelle: www.energiesroute.de

Im Fall des Pumpspeicherkraftwerks Einöden kommen mehrere kleine Francisturbinen zum Einsatz. Der Betrieb von mehreren Turbinen hat den Vorteil, dass man während des Betriebs eine schnelle Ersatzteil bzw. Wartungsmaterialbeschaffung generieren kann. Im Detail können die aktuellen Materialkosten, welche zur Zeit des Baus bzw. des Materialeinkaufs am Markt vorherrschen, den genauen Aufbau des Pumpspeicherkraftwerks beeinflussen.

3 ENERGIEWIRTSCHAFTLICHE GRUNDLAGEN

3.1 Grundsätzliche Energiewirtschaftliche Argumentationslinien

Im Verlauf der Fallstudie wurden energiewirtschaftliche Argumentationslinien für den Bau eines Pumpspeicherkraftwerks speziell in Einöden bei Flintsbach untersucht. Dazu wurden zunächst grundsätzliche Argumentationslinien gesammelt, um sie auf das Projekt hin zu bewerten.

Zum einen wäre da die Erhöhung der bilanziellen Autarkie bzw. das Schaffen einer bilanziell energieautarken Region. Das heißt, dass die Region dann vollständig bilanziell energieautark, wenn über den Zeitraum von einem Jahr hinweg genauso viel Energie verbraucht wie auch in der Region erzeugt wird. Stellt man Gesamtverbrauch und Gesamterzeugung gegenüber, halten sich Import und Export von Energie die Waage.

Einen weitergehenden Anspruch erhebt die lastgerechte Autarkie. Hier wird geprüft inwieweit der Verbrauch jederzeit durch Erzeugung gedeckt werden kann. Der Import verschwindet. In einer mit der Außenwelt vernetzten Region bedeutet dies stets ein immenses Ausmaß an Export.

Ausgangspunkt vieler Gespräche ist es, dass es hinlänglich bekannt und einsichtig ist, dass PV-Erzeugung vom Dargebot der Sonnenstrahlung abhängig ist und jeder steuernde Eingriff mit Verlust behaftet ist. Man spricht von fluktuierender Erzeugung. Fluktuierende Erzeugung kann von einem Pumpspeicherkraftwerk aufgenommen und bedarfsgerecht wieder abgegeben werden. Das hat zur Folge, dass der Ausbau der erneuerbaren Energie vorangetrieben wird und die Energiewende somit unterstützt wird. In Verbindung mit dem Ausbau erneuerbarer Energien unterstützen Pumpspeicherkraftwerke also die Energiewende, weil sie konventioneller Kraftwerke und Atomkraftwerke ersetzen.

Eine weitere Argumentationslinie ist der Nutzen von Pumpspeicherkraftwerken im Netz und damit eine geringere Notwendigkeit des Netzausbaus. Durch eine steuerbare lokale Energiequelle reduziert sich die notwendige Kapazität zur Übertragung des im Norden Deutschlands erzeugten Windkraftstrom in den deutschen Süden. Teure und nicht akzeptierte Hochspannungsleitungen wären somit hinfällig.

3.2 Analyse des Energieberichts Landkreis Rosenheim

Die Entwicklung des Modelles für einen Surface Tisch muss nicht nur die Energieversorgung eines Gebietes anschaulich darstellen. Es sollen auch die Auswirkungen eines Projekts wie hier des Pumpspeicherkraftwerkes für dieses Gebiet dargestellt und erfahrbar gemacht werden. Die Animation erfordert Daten, die diese Auswirkungen quantitativ beschreiben.

Aufgrund der Planungen für ein Pumpspeicherkraftwerk in Einöden bei Flintsbach war es naheliegend, das Gebiet auf den Landkreis Rosenheim einzugrenzen. Er entspricht auch ungefähr dem Einzugsgebiet der Netzebene, in die das Pumpspeicherwerk einspeist.

Da größere Industrieansiedlungen fehlen, wird der Verbrauch in diesem Gebiet durch Privathaushalte, Gewerbe und Kommunen ebenso bestimmt. Die Energieerzeugung

beschränkt sich auf Laufwasserkraftwerke am Inn, zahlreiche PV-Anlagen und einige Biomasseanlagen. Stellvertretend für den Import kann das Atomkraftwerk nahe Landshut und das Gaskraftwerk nahe Irsching gelten und sind als solche auch bekannt.

Eine vollständige Datengrundlage bildet der jährlich erscheinende Energiebericht des Landkreises Rosenheim. Der letzte aktuelle Bericht wurde im April 2014 herausgegeben und bezieht sich auf die Daten aus dem Jahr 2012. Erstmals wurde dabei im Rahmen der Initiative „Energiezukunft Rosenheim“ der Bericht in Zusammenarbeit mit der Hochschule Rosenheim verfasst und auf eine breitere Basis gestellt. Der Bericht umfasst auch die kreisfreie Stadt Rosenheim sowie alle Gemeinden des Landkreises. Energieverbrauch sowie –Erzeugung werden dabei kumuliert und in Sektoren aufgeteilt für jede Gemeinde dargestellt. Zudem sind zu ausgesuchten Energieträgern weitere Studien durch die Hochschule Rosenheim erstellt worden.

Wesentliche für diese Fallstudie sind hierbei vor allem der Stromverbrauch von Stadt und Landkreis Rosenheim aufgeschlüsselt in die Bereiche Haushalt, Industrie und Gewerbe, sowie Verkehr.

	aktuell	
Haushalte	554552	MWh
Gewerbe, Handel, Dienstleistung	550986	MWh
Industrie	843378	MWh
Verkehr	63063	MWh
Energieverbrauch Gesamt	2010000	MWh

Abbildung 3: Energieverbrauch Stadt und Landkreis Rosenheim

Quelle: eigene Darstellung nach Energiebericht 2014

Neben dem Energieverbrauch des Landkreises ist auch die Erzeugung innerhalb der Landkreisgrenzen für das Modell nutzbar. Da gezeigt werden soll, inwieweit der Landkreis sich bereits selbst mit Strom versorgt und welche Auswirkungen sich zukünftig durch ein Pumpspeicherkraftwerk sich daraus ergeben werden, sind die Erzeugungsdaten ein weiterer wichtiger Grundpfeiler in der Modellberechnungen.

Erneuerbare Energien	Erzeugte Energie aktuell
Wind	7 MWh
Biogas	100000 MWh
Biomasse inkl. Müll	120000 MWh
Photovoltaik	155000 MWh
Wasser	1114000 MWh
Gesamt erneuerbare Energien	1489007 MWh
Nicht erneuerbare Energien	
Erdgas	118000 MWh
Summe Gesamt	1607007 MWh

Abbildung 4: Stromerzeugung Stadt und Landkreis Rosenheim

Quelle: eigene Darstellung nach Energiebericht 2014

Vergleicht man hier Gesamterzeugung und Gesamtverbrauch, so lässt sich bereits erkennen, dass die Erzeugung den Verbrauch bilanziell zu 80% deckt.

Hauptenergiequelle ist hierbei die Wasserkraft aus den Laufwasserkraftwerken entlang des Inns. Strom aus Biogasanlagen kommt vor allem aus vielen Kleinanlagen. Insgesamt waren im Jahre 2012 97 Biogas-Anlagen mit insgesamt 19 MW elektrisch im Betrieb. Bei der Stromerzeugung aus fester Biomasse sind die wichtigsten Trägerformen Scheitholz, Holzhackschnitzel und Pellets. Ein Großteil der erzeugten Energie wird hierbei jedoch im Müllheizkraftwerk der Stadtwerke Rosenheim, sowie einem größeren Biomasseheizkraftwerk, generiert. In Summe werden somit bei Biomasse und Biogas 220 GWh Strom erzeugt. Windkraft ist zwar im Energiebericht aufgeführt, dabei handelt es sich jedoch lediglich um eine 5 kW Anlage welche zum Eigenverbrauch genutzt wird. Dies ist für dieses Modell nicht relevant und wird deshalb in den späteren Berechnungen und Szenarien nicht berücksichtigt. Ebenso verhält es sich mit der Erzeugung aus Erdgas. Es handelt sich hierbei um eine Gasturbine in einer Papierfabrik in Raubling, welche ebenfalls nur zum Eigenverbrauch genutzt wird. Somit setzt sich der Erzeugungsmix im Landkreis Rosenheim für unser Modell aus einem Anteil an „Strom-Import“ aus dem deutschen Strommix, Wasserkraft aus dem Inn, Biomasse und Biogaserzeugung sowie Photovoltaik-Anlagen zusammen.

3.3 Lastgangsynthese mit Standardlastprofilen

In der Animation wird der zeitlich Tagesverlauf im Landkreis Rosenheim dargestellt. Energieerzeugung sowie der Verbrauch werden in Viertelstundenwerten von 0:00 Uhr bis 24:00 Uhr gegenübergestellt. Da die Profile nicht vorliegen werden sie aus Standardlastprofilen zusammengesetzt. Standardlastprofile dienen den Energieversorgern zur Lastgangprognose von Erzeugung sowie Verbrauch und sind allgemein zugänglich. Sie den Lastgang für bestimmte Erzeugungs- bzw. Verbrauchergruppen verfügbar und werden als Viertelstundenwerte bezogen auf eine Jahressumme für ein gesamtes Jahr dargestellt. Unterschieden wird des Weiteren zwischen Werktagen, Samstagen sowie Sonn- und Feiertagen. Zudem wird das Jahr in die Saisonarten Winter, Sommer und Übergangszeit eingeteilt. Um den Lastgang im Stadt- und Landkreis möglichst genau darzustellen wurden folgende Lastgangprofile für die Synthese des Gesamtlastgangs benutzt:

- Erzeugung:
 - E01 Wasser (Erzeugung aus Wasserkraft)
 - E03 Biomasse (wobei hier Biogas + Biomasse zusammengefasst wird)
 - EPV Photovoltaik

- Verbrauch:
 - G0B Gewerbe allgemein
 - H0B Haushaltskunden
 - L0B Landwirtschaftsbetriebe Bayern
 - SBN Straßenbeleuchtung

Mit den Erzeugungs- und Verbrauchsdaten aus dem Energiebericht des Landkreises Rosenheim können mit diesen spezifischen Standardlastprofilen typische Tageslastgänge für Erzeugung und Verbrauch im Sommer und Winter jeweils für einen Werk- und einen Sonntag ermittelt werden.

Im Energiebericht ist der Bereich Landwirtschaft nicht gesondert aufgeführt. Da dieser Bereich jedoch in den Lastprofilen miteinbezogen wird, wird der Gesamtenergiebedarf des Landkreises Rosenheim mittels prozentualer Anteile aus

der Statistik zum Stromverbrauch nach Sektoren im Jahr 2012, zusätzlich aufgeteilt. Dies führte zu folgenden Werten:

Bereich	Anteil	Verbrauch
Haushalte	26,00%	522.600,00 MWh
Industrie u Gewerbe	69,00%	1.386.900,00 MWh
Verkehr	3,00%	60.300,00 MWh
Landwirtschaft	2,00%	40.200,00 MWh
Gesamt Energie	2.010.000,00 MWh	

Tabelle 1: Anteil des Stromverbrauchs am Gesamtstromverbrauch des Landkreises Rosenheim (Eigene Darstellung)

Diese Werte der einzelnen Sektoren liegen den Standardlastprofilen zugrunde.

3.4 Modellierung eines Pumpspeicherkraftwerks

Das Pumpspeicherkraftwerk in Einöden bei Flintsbach soll mit einer Ausbauleistung von 150 MW und 1100 MWh Erzeugungskapazität gebaut werden. Würde es dazu benutzt, die im Landkreis erzeugte Energie auch wieder im Landkreis zu benutzen, so muss es stets dann beladen werden, wenn im Tageslastgang die Erzeugung größer als der Verbrauch ist. Dies ist durch Leistung und Kapazität beschränkt.

Ist der Verbrauch größer als die Erzeugung im Tageslastgang, so wird sie im Modell entleert. Dies ist durch die gespeicherte Energiemenge und die maximale Leistung beschränkt.

Dies erhöht den lastgerechten Autarkiegrad des Landkreises, da hier keine zusätzlichen Strommengen von außerhalb des Landkreises benötigt werden.

3.5 Netztopologie

Ein weiterer wichtiger Baustein bei der Entwicklung des Modells ist die topologische Darstellung aller mit einwirkenden Komponenten. Dazu gehört auch das Stromnetz. Von München kommend verläuft eine 220 kV Stromtrasse bis zum Umspannwerk in Marienberg bei Schechen. Von dort aus wird das Verteilnetz des Landkreises Rosenheim in der 110 kV Ebene gespeist. In die 110 kV-Trasse Richtung Süden am Inn entlang speist das Pumpspeicherwerk ein. Kleinere Erzeugungsanlage wie PV- und Biomasseanlagen speisen in das örtliche Verteilnetz ein.



Abbildung 5: Höchstspannungsnetzkarte Deutschland

Quelle: www.wikimedia.org

4 DOKUMENTATION DER GRAFIK MIT DEN BEDIENELEMENTEN

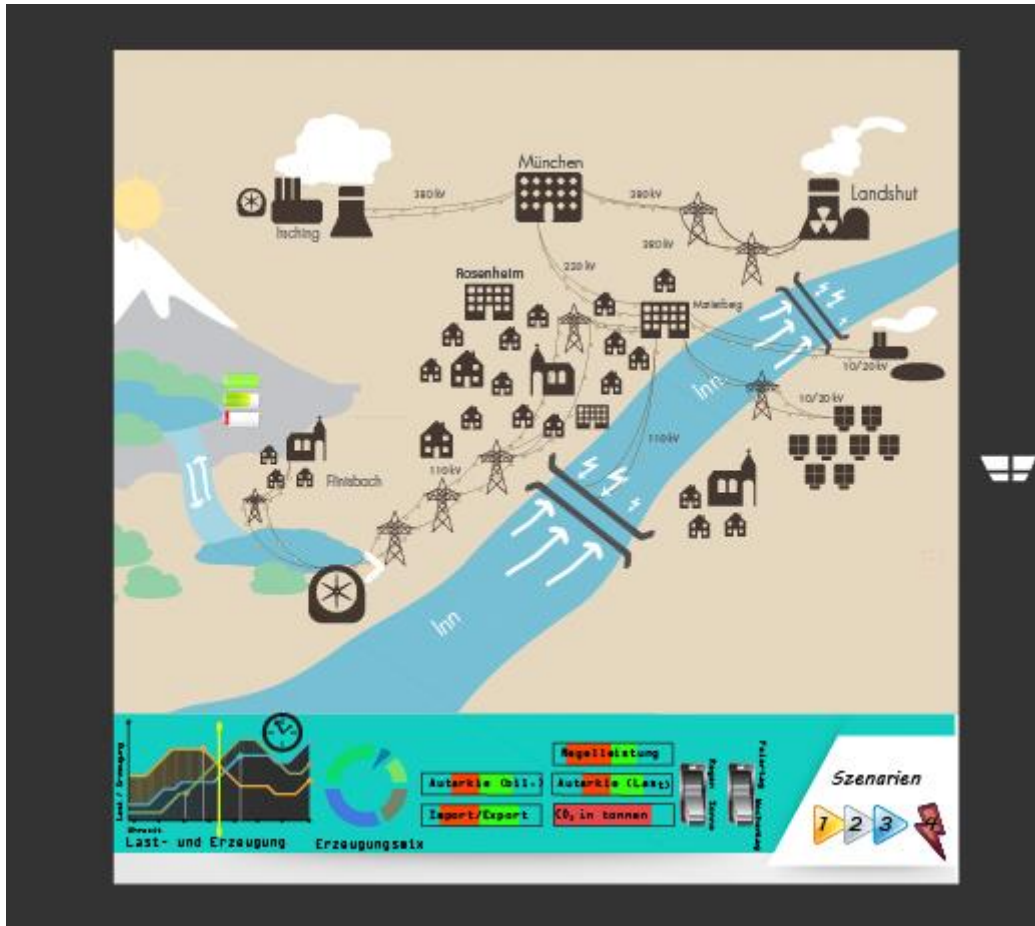


Abbildung 6: Grafik Surface Tisch

Quelle: eigene Darstellung

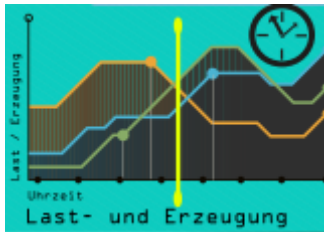
4.1 Grafik

In diesem Kapitel wird die Grafik mit den Bedienelementen erklärt. Mit dieser soll aufgezeigt werden, wie das Layout für den Surface Tisch letztendlich dargestellt werden soll. Das Zentrum stellt Rosenheim mit dem vorbeifließenden Inn dar. Am Inn entlang läuft eine 110 kV Leitung von Flinsbach über Rosenheim nach Marienberg, wo ein Umspannwerk zu sehen ist. Im oberen Teil der Grafik ist Irsching mit seinem Gaskraftwerk zu sehen. Dieses speist in eine 380 kV Leitung, welche nach München zum Umspannwerk verläuft, ein. Ebenso wie das Kernkraftwerk Isar/Ohu nahe Landshut. Ab München verläuft dann eine 220 kV

Leitung bis Marienberg. Diese repräsentieren Export und Import der Region mit der Aussenwelt.

Die Erneuerbaren Energien werden in der Grafik durch einen Solarpark, ein Biomassekraftwerk und zwei Wasserkraftwerke am Inn dargestellt. Vom Solarpark und vom Biomassekraftwerk aus verlaufen Leitungen mit 10/20 kV in Richtung Marienberg. Das Wasserkraftwerk speist in die 110 kV Leitung ein. Im Fokus steht das Pumpspeicherkraftwerk in Einöden/Flintsbach, welches über eine 110 kV Leitung mit Marienberg verbunden ist. Die Batteriesymbole stellen den jeweiligen Speicherstand dar. Durch die gelben Punkte, d.h. den Lichtlauf auf den Leitungen soll der Stromfluss bzw. die Importe und Exporte veranschaulicht werden und gegebenenfalls ein Ausfall dargestellt werden.

4.2 Bedienelemente



In diesem Diagramm wird die Last- und Erzeugungskurve (y-Achse) für den jeweiligen Tag dargestellt. Die x-Achse zeigt die Uhrzeit an. Der gelbe Strich illustriert den aktuellen Zeitpunkt.



Hier ist der Erzeugungsmix zu sehen. Es wird aufgezeigt, wie sich die Zusammensetzung der Erzeugung in den einzelnen Szenarien verändert.



Autarkiegrad (bilanziell), Import/Export, Regelleistung, Autarkiegrad (lastgerecht) und CO₂ in Tonnen werden in diesen Balkendiagrammen dargestellt. Es wird jeweils dargestellt inwiefern sich diese Werte pro Szenario verändern.



Hier kann Regen ein- oder ausgeschaltet werden, um die Wetterabhängigkeit der Solarenergie zu symbolisieren.



Mit diesem Schalter kann Feiertag oder Wochentag gewählt werden.

Szenarien



Bei diesem Bedienelement kann zwischen vier Szenarien gewählt werden. Diese Szenarien werden später genauer erklärt. Der Blitz für Szenario vier symbolisiert den Ausfall des Gaskraftwerks. Der Blitz soll nur zu sehen sein, wenn Szenario vier aktiv ist.

5 ARGUMENTATIONSLINIEN UND SZENARIOS

Das Ziel der Animation ist es nicht nur, Informationen und Wissen zu vermitteln, sondern auch mit den Bürgern, nachfolgend „Kunden“ genannt, ins Gespräch und in Diskussionen über das Projekt Pumpspeicherwerk Einöden zu kommen. Aus diesem Grund sind für die Darstellung auf dem Surface-Tisch die im Folgenden erläuterten Szenarien erstellt worden, die es ermöglichen, die Argumentationslinien visuell zu unterstützen.

Die ersten drei Szenarien bauen zeitlich chronologisch aufeinander auf, indem sie stellvertretend die Situation vor, während und nach der Energiewende aus regionaler Sicht darstellen. Das vierte Szenario verdeutlicht das Geschäftsmodell aus Sicht des Investors. Zu jedem Szenario Stufe kann eine kleine Geschichte bzw. der Hintergrund zu der dargestellten Situation erzählt werden. Hierbei ist vor allem die optische Präsentation und Ausarbeitung wichtig. Die Zahlen und Daten, die der Animation zugrunde liegen sind durch Excel Tabellen hinterlegt und sind Bestandteil dieser Studie. Sie werden im Anhang erläutert.

Die ersten drei Szenarien unterscheiden grundsätzlich zwischen Sommer und Winter, zwischen Wochentag und Feiertag und (bis auf Szenario 1) zwischen Regen und Sonnenschein. Diese Variablen legen die Daten, welche in der Applikation angezeigt werden, fest. Diese können auch auf dem Tisch kontrolliert werden. Im

Szenario vier sind die Steuerung von Jahreszeit, Tagesart und Wetter nicht notwendig.

5.1 Szenario 1 – Ausgangsszenario vor der Energiewende

Die Stufe eins stellt das Ausgangsszenario dar. Das heißt, dass dieses Szenario bei Start der Applikation angezeigt wird. Die Stromerzeugung ergibt sich primär aus der Wasserkraft und aus den nötigen Stromimporten. Es entspricht der Situation im Landkreis Rosenheim vor der Energiewende, als lediglich Wasserkraft und Stromimporte den Strommix im Landkreis bestimmten. Diese Situation bringt mit sich, dass die Region Rosenheim bilanziell sowie lastgerecht nicht autark ist. Es wird über einen Zeitraum von einem Tag mehr Energie importiert als exportiert, wobei die Betrachtungsgrenze hier der Landkreis Rosenheim mit der Stadt Rosenheim ist.

Das Maß der bilanziellen Autarkie ist das Verhältnis von Energieimport zu Energieverbrauch über einen längeren Zeitraum hinweg, typischerweise ein Kalenderjahr. Für eine vollständige bilanzielle Autarkie wird also in einer bestimmten Region mindestens genau so viel Strom erzeugt, wie auch verbraucht wird.

In vorliegendem Beispiel werden die einzelnen Tage betrachtet, um dem Zuschauer die Auswirkungen der Veränderungen nachvollziehbar zeigen zu können. Die Gegenrechnung funktioniert wie in der unten dargestellten Formel.

$$\text{Exporte [kWh]} - \text{Importe [kWh]} = \text{Überschuss [kWh]}$$

Ist dieser Betrag gleich null oder positiv hat die betroffene Region Strom exportiert, ist also bilanziell autark. Um nun auf den bilanziellen Autarkiegrad umzurechnen wird folgende Formel angewendet.

$$\frac{\text{Strom-Erzeugung [kWh]}}{\text{Strom-Verbrauch [kWh]}} * 100\% = \text{Bilanzieller Autarkiegrad [\%]}$$

Der bilanzielle Autarkiegrad in Szenario eins liegt bei 56%, für einen sonnigen Sommerwochentag.

Des Weiteren wird der lastgerechte Autarkiegrad berechnet. Die Formel hierfür lautet:

$$1 - \frac{\text{Strom} - \text{Bezug [kWh]}}{\text{Strom} - \text{Verbrauch [kWh]}} * 100\% = \text{lastgerechter Autarkiegrad [\%]}$$

Der lastgerechte Autarkiegrad zeigt die zeitliche Deckung von Erzeugung und Verbrauch im Tagesverlauf auf und ist daher ein wichtiger Indikator für die tatsächliche Autarkie des Landkreises Rosenheim.

Ein Autarkiegrad von über 100% bedeutet, dass Strom exportiert wird.

Das Szenario eins –Ausgangsszenario- ist die Vorstufe zu Szenario zwei, da es hier auf die Unterschiede zwischen damaliger und zukünftiger Versorgung im Jahre 2020 und deren Auswirkungen ankommt. Im Szenario eins wird sehr viel Strom importiert, dadurch ist der Strommix von überregionalen Großkraftwerken dominiert. Die regionale Erzeugung wird durch den Import so ergänzt, dass der volatile Verbrauch lastgerecht gedeckt wird. Dies wird auch in späteren Szenarien der Fall sein, da der Verbrauch innerhalb gegebener Zeit nicht hinreichend gesteuert werden kann. In Szenario eins sollte aber das Augenmerk der Kunden darauf gelenkt werden.

Die untenstehende Darstellung (Abbildung 10) gibt an, welche Daten in Szenario eins, abhängig von den gewählten Variablen (z. B. Sommer/Winter) dargestellt werden. Die Farbe Grün und Rot gibt an, welche Daten auf der Grafik angezeigt werden. Dabei steht *Rot* für nicht angezeigt und *Grün* für angezeigt.

Szenario	1 Ohne PV			
	Sommer		Winter	
	Wochentag	Feiertag	Wochentag	Feiertag
Regen / Sonne	Nicht notwendig			
Anzeigeleiste				
Last- und Erzeugung	Daten Szenario 1, Sommer, Wochentag	Daten Szenario 1, Sommer, Feiertag	Daten Szenario 1, Winter Wochentag	Daten Szenario 1, Winter Feiertag
Strommix	Daten wie oben			
CO2	Daten wie oben			
Autarkie bilanziell	Daten wie oben			
Regelleistung				
Import / Export	Daten wie oben			
Autarkie lastgerecht				
Landschaft				
Stromfluss an Strommasten	Strommasten von Flintsbach nach Rosenheim und von PV nach Rosenheim nicht			
Pumpspeicherkraftwerk	Nicht sichtbar auf Karte			
PV	Nicht sichtbar auf Karte			
Gaskraftwerk	Sichtbar, läuft			
AKW	Sichtbar, läuft			

Abbildung 7: Szenario eins, Ausgangsszenario ohne PV

Quelle: eigene Darstellung

Für das Szenario eins ist es auch wichtig zu sehen, dass über die Stromleitungen vor allem Strom in die Region fließt. Das Gaskraftwerk und das Atomkraftwerk sind in Betrieb und liefern Strom für die Region, wenn er gebraucht wird.

5.2 Szenario 2 – volatile Einspeisung aus Erneuerbaren Energien

Das Szenario zwei baut auf Szenario eins auf. Es kommt der derzeitigen Situation im Landkreis Rosenheim am nächsten von allen vier Szenarios gleich. Da das Projekt Pumpspeicher Einöden mit seiner Inbetriebsetzung etwa im Jahre 2020 im Fokus steht, wurde der Anteil Erneuerbarer Energien entsprechend hoch skaliert. Die volatile Einspeisung aus PV-Anlagen beeinflusst massiv die Energieversorgung. Um Volatilität zu verdeutlichen, kann zwischen Sommer, Winter und Wochen- bzw. Feiertag gewählt werden. Des Weiteren lässt sich die Option Sonne oder Regen

einstellen. Bei Regen beträgt der durch die Photovoltaik-Anlagen erzeugte Strom 40% des Wertes bei Sonnenschein.

Wichtig ist bei einem Vergleich der Szenarien, dass die Daten mit den gleichen Einstellungen verglichen werden sollten. Es sollte also nicht ein Szenario eins in einem sommerlichen, wolkenfreien Wochentag mit dem Szenario zwei in einem winterlichen, verregneten Feiertag verglichen werden.

Die Unterschiede, die zwischen Szenario eins und zwei bestehen, sind vor allem an den Erzeugungsdaten festzumachen. Durch den Zubau von regenerativer Energietechnik für die Erzeugung von Elektrizität in der Region Rosenheim, ändert sich der Erzeugungsmix. Grundlage für das Szenario zwei sind die Erzeugungsdaten aus dem Energiebericht Rosenheim aus dem Jahr 2014. Die Zahlen für die Erzeugung und den Verbrauch wurden auf den im Kapitel zwei geschilderten Daten aufgebaut und können je nach Bedarf mittels Erzeugungs- und Verbrauchsfaktoren in der Programmierung justiert werden, um den prognostizierten Zustand im Jahre 2020 geeignet dar zu stellen.

Szenario	2 Bilanzielle Autarkie (2020)			
	Sommer		Winter	
	Wochentag	Feiertag	Wochentag	Feiertag
Regen / Sonne	Formel beachten. Bzw. in Tabelle die Option Regen/Sonne an und ausschalten			
Anzeigeleiste				
Last- und Erzeugung	Daten Szenario 2, Sommer, Wochentag	Daten Szenario 2, Sommer, Feiertag	Daten Szenario 2, Winter Wochentag	Daten Szenario 2, Winter Feiertag
Strommix	Daten wie oben			
CO2	Daten wie oben, hier noch CO2 von Importen vorhanden			
Netzfrequenz				
Autarkie bilanziell	Daten wie oben			
Regelleistung				
Import / Export	Differenz aus Erzeugung und Verbrauch			
Autarkie lastgerecht	Daten wie oben			
Landschaft				
Stromfluss an Strommasten	Strommasten von Flintsbach nach Rosenheim nicht darstellen, Stromfluß von Landshut, PV und Irsching nach Rosenheim, wenn import nötig laut Last- und Erzeugungskurve und andersherum, wenn Exporte notwendig			
Pumpspeicherkraftwerk	Nicht sichtbar auf Karte			
PV	Sichtbar, laufen, richten sich nach Sonne aus			
Gaskraftwerk	Sichtbar, läuft ab und zu, aber muss laufen, wenn importe nötig sind			
AKW	Sichtbar, läuft			

Abbildung 8: Szenario 2, Stromerzeugung wie im Jahre 2020

Quelle: eigene Darstellung

Die Bedingungen in Szenario zwei spiegeln sich in Abbildung 12 wieder. Durch die Erzeugung der PV-Anlagen entsteht am Mittag eine Erzeugungsspitze, die zu einem massiven Überschuss führt, während nachts Energiemangel herrscht.

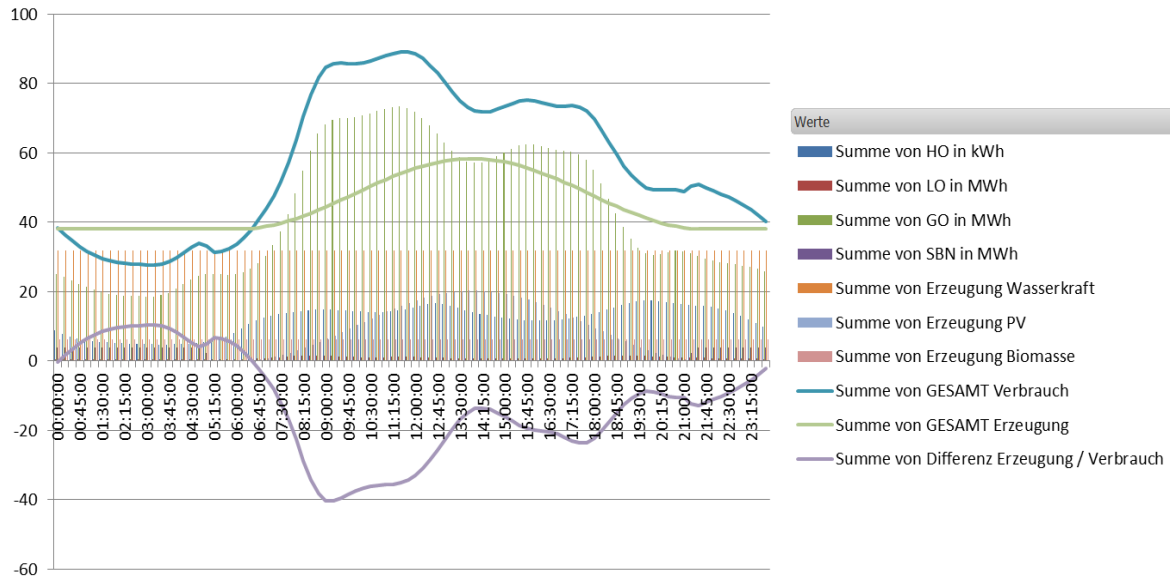


Abbildung 9: Tageslastgang Szenario 2, sonniger Wochentag im Sommer

Quelle: Eigene Darstellung

Bei Überschuss wird Strom exportiert. Zu Zeiten, an welchen die Erzeugung niedriger ist als der Verbrauch, wird der noch benötigte Strom in die Region Rosenheim importiert. Dies ist abhängig vom eingestellten Wetter, der Jahreszeit, der Tageszeit und der Uhrzeit.

Über einen ganzen Tag hinweg, also bezüglich der bilanziellen Autarkie zeigt sich aber, dass der Grad an bilanzieller Autarkie wesentlich zugenommen hat. Allerdings sollte auch gezeigt werden, dass unabhängig davon Exporte und Importe notwendig sind. Der bilanzielle Autarkiegrad in Szenario zwei liegt bei 78% für einen sonnigen Sommerwochentag.

Autarkiegrad

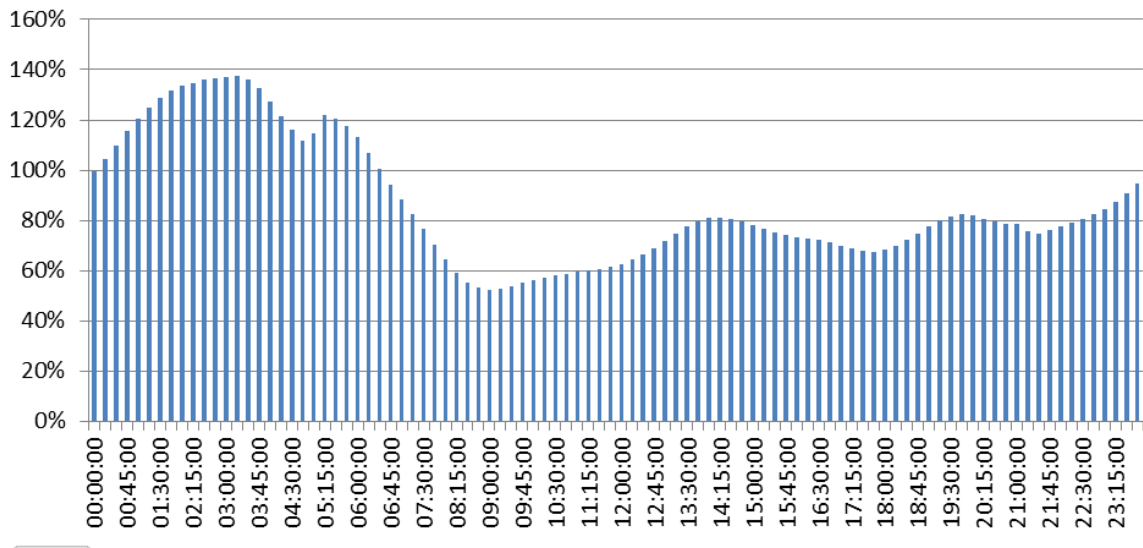


Abbildung 10: Autarkiegrad, Szenario zwei, sonniger Sommerwochentag

Quelle: Eigene Darstellung

Dieser Aspekt wird vor allem im Hinblick auf das Szenario drei, welches im nächsten Unterpunkt erklärt wird, wichtig um dem Kunden zu auf die ausgleichende Funktion eines Pumpspeicherkraftwerks aufmerksam zu machen.

Gezeigt werden sollen im Szenario zwei alle Anzeigeelemente, bis auf die Regelleistung. Auf dem Landschaftsbild soll zu erkennen sein, dass Im- und Exporte stattfinden. Dies soll mittels Lauflichtern auf den Stromleitungen dargestellt werden. Die PV-Anlagen sollen sich nach der Sonne richten und drehen. Das Gaskraftwerk im Hintergrund soll ab und zu laufen, vor allem wenn Importe in die Region Rosenheim nötig sind.

5.3 Szenario 3 –Pumpspeicherwerk für die regionale Versorgung

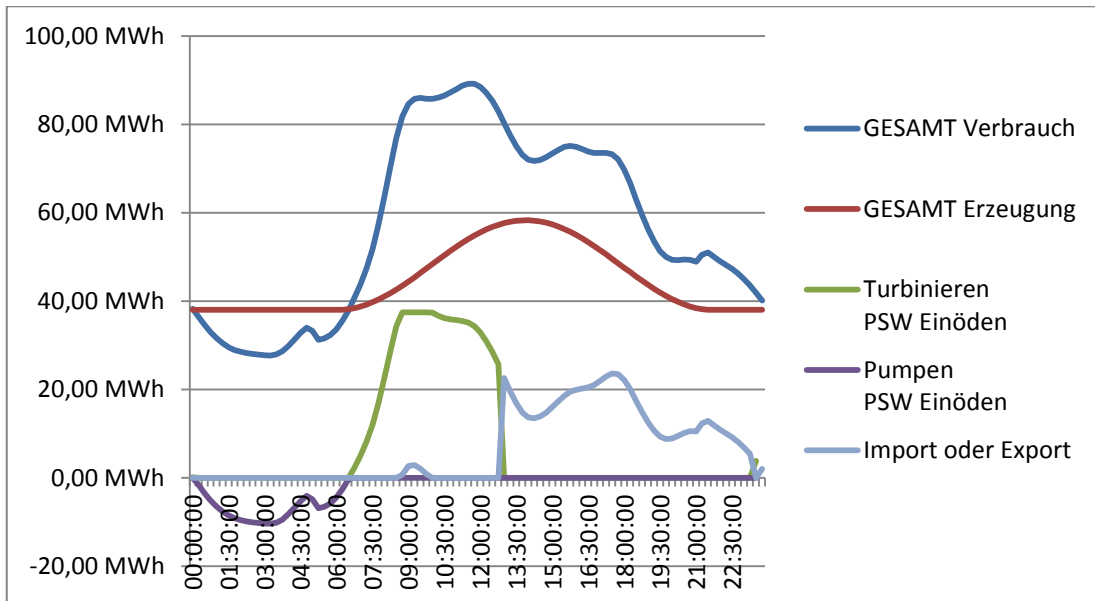


Abbildung 11: Last- und Erzeugungskurve, Szenario 3. Es werden Energiemengen pro Viertelstunde dargestellt.

Quelle: Eigene Darstellung

In Szenario drei kommt nun das Pumpspeicherkraftwerk zum Einsatz, wodurch sich entscheidende Dinge verändern. Turbinieren und Pumpen des PSW ergänzen Erzeugung und Verbrauch in einer Art und Weise, dass Import und Export minimiert werden. Wenn mehr Energie durch Erneuerbare Energien erzeugt wird, als von den Endverbrauchern im Landkreis und der Stadt Rosenheim benötigt wird, pumpt das Pumpspeicherkraftwerk durch den „überschüssigen“ Strom Wasser in das obere Speicherbecken. Somit wird der Speicher aufgeladen.

Wenn im umgekehrten Fall zu einem Zeitpunkt mehr Energie verbraucht als erzeugt wird, dient das Pumpspeicherkraftwerk dazu, Strom zum Ausgleich der Differenz zu erzeugen. Das Pumpspeicherkraftwerk hat den großen Vorteil, dass es auf diese Lastschwankungen schnell reagieren kann.

Das PSW stößt dabei an zwei Grenzen. Wie hier dargestellt, wird die maximale Leistung des PSW um 9:00 Uhr überschritten. Um 12:30 Uhr ist das PSW leer gepumpt und geht außer Betrieb.

Der Startspeicherstand des Pumpspeicherkraftwerks kann eingestellt werden. Ein weiterer wichtiger Aspekt ist, dass bei der Verwendung des Pumpspeicherkraftwerks als Ausgleichsenergielieferant die CO₂ Werte auf 0 Tonnen pro kWh sinken, da regionalen Energiequellen nahezu Emissionsfrei sind. Es ist keine Frage, welche Bedeutung dies für die lokale Umweltschutzbilanz und das damit verbundene öffentliche Ansehen hat.

Nur noch wenige Im- und Exporte im Landkreis und der Stadt Rosenheim nötig sind. Der Strommix besteht aus den PV-Anlagen, den Wasserkraftwerken, der Biomasse und einem geringen Anteil von Importen. Es tritt nach wie vor der Fall ein, dass durch einen zu niedrigen Speicherstand des Pumpspeicherkraftwerks die benötigte Kapazität zur Deckung der Differenz nicht ausreicht. In diesem Fall liefert der Energiemarkt hier durch ein Gaskraftwerk visualisiert die noch zu deckende Energie für den Landkreis und die Stadt Rosenheim. Es entsteht ein kurzfristiger Import. Dadurch entstehen CO₂ Emissionen, hier berechnet durch den mittleren spezifischen Ausstoß im dt. Strommarkt. Der Strommix verändert sich durch den Gaseinsatz.

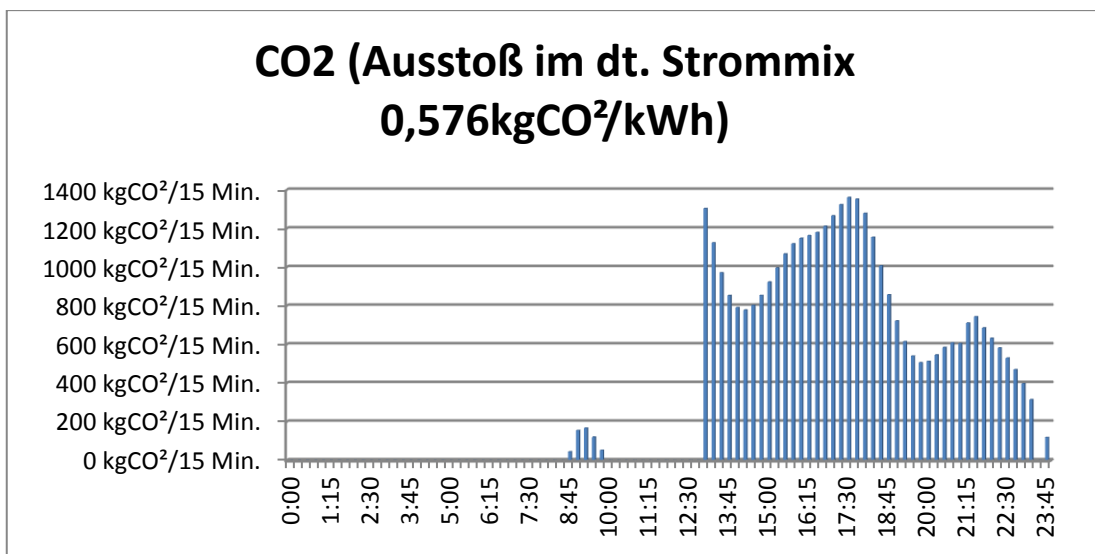


Abbildung 12: CO₂-Emissionen, Szenario drei

Quelle: Eigene Darstellung

Szenario	3 Mit PSW			
	Sommer		Winter	
	Wochentag	Feiertag	Wochentag	Feiertag
Regen / Sonne	Formel beachten. Bzw. in Tabelle die Option Regen/Sonne an und ausschalten			
Anzeigeleiste				
Last- und Erzeugung	Unterscheidung wie bei Szenario 2, aber Erzeugung passt sich dem Verbrauch an.			
Strommix	Bestehend aus Biomasse, PV und Wasserkraft			
CO2	Sinkt ab auf 0t/kWh			
Autarkie bilanziell				
Regelleistung				
Import / Export	keine Im- und Exporte, Ausgleich durch PSW			
Autarkie lastgerecht	Daten wie oben			
Landschaft				
Stromfluss an Strommasten	Strommasten alle laut Referenzbild anzeigen, Stromfluß zum PSW, wenn es auflädt			
Pumpspeicherkraftwerk	Sichtbar, Pumpt wenn Stromüberfluß und Turbinert wenn Stromknappheit herrscht			
PV	Sichtbar, laufen, richten sich nach Sonne aus			
Gaskraftwerk	Sichtbar, läuft ab und zu			
AKW	Nicht sichtbar / Stillgelegt			

Abbildung 13: Szenario 3, Pumpspeicherkraftwerk zum Ausgleich

Quelle: Eigene Darstellung

Die Strommasten sind laut Grafik dargestellt. Wenn das Pumpspeicherkraftwerk auflädt, bzw. Strom bezieht, ist der Stromfluss von Rosenheim zum Pumpspeicherkraftwerk zu sehen. Dabei füllt sich auch die Batterieanzeige neben dem Speicherkraftwerk. Im anderen Fall der Stromerzeugung durch das Pumpspeicherkraftwerk ist der Stromfluss vom Kraftwerk nach Rosenheim dargestellt. Die PV-Anlagen sind sichtbar und richten sich wie in Szenario zwei der Sonne nach aus. Das Gaskraftwerk läuft nur dann, wenn der spezielle Fall auftritt, dass die benötigte Kapazität vom Pumpspeicherkraftwerk nicht gedeckt werden kann. Das Atomkraftwerk läuft nicht mehr und ist somit auf dem Tisch nicht mehr sichtbar. Die Anzeigeelemente bilanzielle Autarkie und die Regelleistung werden in diesem Szenario nicht dargestellt. Die Regelleistung nimmt im vierten Szenario eine wichtige Rolle ein.

5.4 Szenario 4 – Pumpspeicherwerk für den Reglenergieeinsatz

Einzustellende Parameter, wie zuvor Winter oder Sommer und Wochentag oder Feiertag, sind für dieses Szenario nicht relevant. In diesem Fall ist der einzige

Unterschied gegenüber den anderen Szenarien, dass das Pumpspeicherkraftwerk eine ganz spezielle Rolle im Netzverbund des Landkreises und der Stadt Rosenheim und sogar über diesen Bereich hinaus einnimmt. Es beschreibt hier den Fall, dass das Gaskraftwerk plötzlich ausfällt und vom Netz geht. Dadurch entsteht ein Engpass in der Stromversorgung. Das Pumpspeicherkraftwerk sorgt dann dafür, dass es Regelleistung bereitstellt. Das Pumpspeicherkraftwerk zeichnet sich durch die Eigenschaft aus, dass es in sehr kurzer Zeit die Turbinen auf Nenndrehzahl hochfahren kann und somit schnell zur Verfügung steht. Dies sorgt bei einem Ausfall für einen schnellen Ausgleich. Das Pumpspeicherkraftwerk generiert solange Leistung, bis das Gaskraftwerk wieder komplett hochgefahren ist und die Frequenz im Netz wieder den Nennwert erreicht. Dadurch wirkt das Pumpspeicherkraftwerk als Dienstleister im Netz und trägt primär dazu bei, das komplette Netz im Landkreis und der Stadt Rosenheim und darüber hinaus zu stabilisieren. Die Rosenheimer Stadt und Umgebung forciert somit in Anbetracht einer möglichen Entwicklung in den vier Szenarien von einem Strom-Importeur zu einem Exporteur von elektrischer Energie.

Szenario	4			
	PSW liefert Regelleistung			
	Nicht relevant		Nicht relevant	
	Nicht relevant	Nicht relevant	Nicht relevant	Feiertag
Regen / Sonne	Formel beachten. Bzw. in Tabelle die Option Regen/Sonne an und ausschalten			
Anzeigeleiste				
Last- und Erzeugung	Regelleistungsbedarf steigt (Graphische Darstellung) Export steigt an (Graphische Darstellung)			
Strommix				
CO ₂				
Autarkie bilanziell				
Regelleistung				
Import / Export	Export steigt an (Graphische Darstellung)			
Autarkie lastgerecht				
Landschaft				
Stromfluss an Strommasten	Strommasten alle laut Referenzbild anzeigen, PSW turbinert und gleicht die Leistung			
Pumpspeicherkraftwerk	Turbinert			
PV	Sichtbar, laufen, richten sich nach Sonne aus			
Gaskraftwerk	Blinkt rot, ist ausgefallen			
AKW	Nicht sichtbar / Stillgelegt			

Abbildung 14: Szenario 4, PSW liefert Regelleistung

Quelle: Eigene Darstellung

In Szenario 4 spielen bei der Anzeigeleiste die Themen Last- und Erzeugung, der Strommix, CO₂, die bilanzielle Autarkie und die lastgerechte Autarkie keine Rolle und werden somit auch nicht angezeigt. Zur Landschaftsgestaltung auf dem Surface-Tisch lässt sich noch kurz erwähnen, dass die Strommasten wie üblich laut Referenzbild angezeigt werden. Das Pumpspeicherkraftwerk turbinert solange, bis das Gaskraftwerk wieder auf volle Leistung hochgefahren ist. Der Stromfluss ist in diesem Szenario hauptsächlich von Flintsbach nach Rosenheim gerichtet. Die PV-Anlagen sind wie gewohnt dargestellt. Das Besondere an diesem Szenario ist das rotblinkende Gaskraftwerk. Es zeigt deutlich, dass das Kraftwerk ausgefallen ist. Das Atomkraftwerk ist wie schon bei Szenario drei abgeschaltet und somit nicht mehr sichtbar.

6 FAZIT

Ausgangspunkt der Fallstudie ist es, den Energieentwicklungsplan von Landkreis und Stadt Rosenheim zu visualisieren und zu interpretieren. Sie werden dadurch bilanziell unabhängiger von Importen. Aber erst durch das Pumpspeicherkraftwerk Einöden können Importe und Exporte merklich reduziert werden. Das würde für den Landkreis und die Stadt Rosenheim bedeuten, dass man auf lange Sicht unabhängig von Stromimporten ist. Die Szenarios eins bis drei können dies eindrücklich visualisieren.

Dies ist zwar eine Argumentation, die den Kunden von seiner regionalen Identität her abholt, sie ist aber nur ein Zwischenschritt in einer belastbaren Argumentationskette. Was für eine Region wie den Landkreis Rosenheim gilt, sollte und ist Ziel für den Gesamteuropäischen Netzverbund. Die Ziele der Energiewende werden daher auch national und auf europäischer Ebene definiert. In diesem Zusammenhang ist die wichtigste Funktion des Projekts PSW Einöden in der Lieferung von Regelenergie zu sehen. Szenario vier beschreibt die Funktion. Für den erfahrenen Kunden wird aber der Hinweis auf diese Funktion und das damit verbundene Geschäftsmodell ausreichen, um das Gespräch in diese Richtung zu vertiefen.

Zusammenfassend ist zu sagen, dass die Grafik und Excel-Tabellen die Grundlage für die weitere Programmierung, welche durch den Studiengang Web Business & Technology im Rahmen einer Fallstudie durchgeführt wird, darstellt. Diesem Studiengang obliegt der letztendliche Feinschliff und die grafische Ausführung. Durch die elektronische Umsetzung dient der Surface-Tisch der Fachhochschule Kufstein als repräsentatives Kommunikationsmittel auf Messen, dem Tag der offenen Tür und ähnlichen Veranstaltungen.

Zudem wurde durch die Fallstudie eine andere Sichtweise auf die Zusammenhänge der komplexen Stromversorgung in einem urbanen Gebiet ermöglicht. Das bisher im Verlauf des Studiums erlernte theoretische Wissen konnte durch den gegebenen Praxisbezug umfangreich angewendet werden. Das Treffen mit Herrn Kuno Weiss gab der Gruppe die Möglichkeit, mit einem Fachexperten aus dem Bereich der Kraftwerksplanung zu arbeiten und somit genaue Einblicke in den Berufsalltag eines Projektleiters zu erhalten.

7 ANHANG: DOKUMENTATION DER DATENTABELLE

In diesem Absatz wird die Exceltabelle mit den Grunddaten und Last- sowie Erzeugungsprofilen für die einzelnen Szenarien erklärt. Als erstes Blatt findet sich ein Schema der Szenarien. Das Schema dient zur Übersicht, welche Daten in welchem Szenario erforderlich sind.

Es kann jeweils zwischen Sonnen- oder Regentag gewählt werden. Außerdem gibt es Erzeugungs- und Verbrauchsfaktoren, diese können je nach Bedarf eingestellt werden. Die Tabelle ist unterteilt in Verbrauch, Erzeugung und Daten des Szenarios.

Datum: Es wurde ein beliebiger Tag im Sommer gewählt

Zeit: Uhrzeit in Viertelstunden-Rhythmus am jeweiligen Tag

Verbrauch:

HO in kWh: aus den Standardlastprofilen Haushalte

LO in MWh: aus den Standardlastprofilen Landwirtschaft

GO in MWh: aus den Standardlastprofilen Gewerbe, Handel, Dienstleistung

SBN in MWh: aus den Standardlastprofilen Straßenbeleuchtung

GESAMT Verbrauch: Summe aus HO, LO, GO und SBN multipliziert mit dem Verbrauchsfaktor

Erzeugung:

Erzeugung Wasserkraft: aus dem jeweiligen Standardlastprofil in MWh

Erzeugung PV: aus dem jeweiligen Standardlastprofil in MWh

Erzeugung Biomasse: aus dem jeweiligen Standardlastprofil in MWh

GESAMT Erzeugung: Summe aus Erzeugung aller aktiven Kraftwerke multipliziert mit dem Erzeugungsfaktor

Daten Szenario 1:

Differenz Erzeugung/Verbrauch ohne PSW: GESAMT Erzeugung minus GESAMT Verbrauch

Strombezug: Mittels WENN-Funktion; Wenn Verbrauch größer als Erzeugung ist, dann soll „Ja“ in dem Feld stehen, sonst bleibt das Feld leer. Das bedeutet für den Fall „Ja“, dass in diesem Fall Strom importiert werden muss.

Bezug: Verbrauch – Erzeugung; Ist der Bezug negativ bedeutet es, dass die Erzeugung größer als der Verbrauch ist und damit Strom „exportiert“ wird.

Autarkiegrad: Eins minus Bezug dividiert durch Verbrauch. Dies stellt den lastgerechten Autarkiegrad dar.

CO₂ (Ausstoß im dt. Strommix 0,576 kg CO₂/kWh): Mittels WENN-Funktion; wenn der Autarkiegrad kleiner als Eins ist, dann wird der Bezug mit 100 und 0,576 multipliziert, sonst wird in diesem Feld „0 kg CO₂“ angezeigt. So wird der Strombezug von MWh in kWh umgerechnet sowie mit dem Ausstoß des mittleren deutschen Strommix in kg CO₂/kWh multipliziert.

Daten Szenario 2:

Die Tabelle ist identisch zu Szenario 1, es wird lediglich um die Erzeugung von PV und Biomasse erweitert.

Daten Szenario 3:

Im dritten Szenario ist der zusätzliche Faktor „Startspeicherstand PSW“ vorhanden, mit dem gezeigt wird indem angezeigt wird, wie viele MWh bereits gespeichert sind.

Differenz Erzeugung/Verbrauch ohne PSW: Siehe „Daten Szenario 1“.

Erzeugung PSW Einöden: Mittels WENN-UND-Funktion; wenn der Startspeicherstand des Pumpspeicherkraftwerks kleiner oder gleich 1100 MWh ist und der Startspeicherstand größer oder gleich 0 MWh ist, dann muss geprüft werden, ob die Differenz aus Erzeugung und Verbrauch ohne PSW größer 0 MWh ist und die Differenz aus Erzeugung und Verbrauch ohne PSW kleiner 37,5 MWh ist. Ansonsten wird die Differenz aus Erzeugung und Verbrauch ohne PSW in der Zelle stehen. Dies stellt die Erzeugung des Pumpspeicherkraftwerkes innerhalb der Leistungsgrenze von 37,5 MWh in einer Viertelstunde dar.

Verbrauch PSW Einöden: Mittels WENN-UND-Funktion; wenn der Startspeicherstand des Pumpspeicherkraftwerks kleiner oder gleich 1100 MWh ist und der Startspeicherstand größer oder gleich 0 MWh ist, dann muss geprüft werden, ob die Differenz aus Erzeugung und Verbrauch ohne PSW kleiner 0 MWh ist und die Differenz aus Erzeugung und Verbrauch ohne PSW kleiner 37,5 MWh ist, sonst wird die Differenz aus Erzeugung und Verbrauch ohne PSW in der Zelle stehen. Dies stellt den Verbrauch des Pumpspeicherkraftwerkes innerhalb der Leistungsgrenze von 37,5 MWh in einer Viertelstunde dar.

Strombezug/-verbrauch PSW: Mittels WENN-Funktion; wenn die Differenz aus Erzeugung und Verbrauch ohne PSW größer Null ist, wird „Erzeugung angezeigt, sonst wird „Verbrauch“ in dem Feld dargestellt.

GESAMT Erzeugung mit PSW: Summe aus GESAMT Erzeugung und Erzeugung PSW Einöden.

GESAMT Verbrauch mit PSW: Summe aus GESAMT Verbrauch und dem negativen Verbrauch PSW Einöden.

Speicherstand PSW: Summe aus dem Startspeicherstand des PSW, der Erzeugung des PSW und dem Verbrauch des Pumpspeicherkraftwerkes.

Zusätzlicher Strombezug: Differenz aus GESAMT Erzeugung mit PSW und GESAMT Verbrauch mit PSW.

Autarkiegrad: Berechnet aus Eins minus dem zusätzlichem Strombezug dividiert durch den GESAMT Verbrauch mit PSW.

CO₂ (Ausstoß im dt. Strommix 0,576 kg CO₂/kWh): Siehe Szenario eins.

Szenario 4:

Die Daten sind identisch zu Szenario drei.