

Systemintegration von Energiespeichern unter Berücksichtigung regenerativer Energiesysteme

<p>Mit</p>  <p>Wind zur Sonne</p>	<p>Dr. Günter Wind Ingenieurbüro für Physik A-7000 Eisenstadt, Markstr. 3 T 059010 3780 0680 2326415 office@ibwind.at www.ibwind.at</p>	 <p>panSol Klimaschutz: Energie: Umwelt</p>
---	--	--



Dieses Projekt wird aus Mitteln des Klima- und Energiefonds gefördert und im Rahmen des Programms „AUSBILDUNGSINITIATIVE TECHNOLOGIEKOMPETENZ“ durchgeführt.

1. Systemintegration von Energiespeicher im überregionalen Bereich

- a. Energiewende Österreich – berechnetes Szenario mit RESYS-Tool
- b. Abgleich von Bedarf und Angebot - Grundlagen
- c. Speicherbedarf & Energiemix
- d. Speicherbedarf – weitere Einflussgrößen
- e. Leistungsspitzen im Stromnetz

2. Lokale Systemintegration von Energiespeicher

- Grundlagen zu Photovoltaikanlagen mit Eigenbedarfsdeckung
- Verbrauchersteuerung
- Strompufferung mit Akku
- Notstromversorgung & Lastmanagement
- Power To Heat

3. Große thermische Speicher

- Nullwärme-Einfamilienhaus

4. Zusammenfassung, Schlussfolgerungen

▪ Wind, Sonnen, Laufwasserkraft sind volatile Quellen

- Energiewende erfordert, dass zu jedem Zeitpunkt Energieaufbringung = Energieproduktion gilt
- Speicher puffern Überschüsse und geben diese teilweise bei Produktionsmangel wieder ab.
- Speicher sind verlustbehaftet

▪ Fragestellungen:

- Wie kann der Energiemix gestaltet werden, dass die Größe der Langzeitspeicherung verringert werden kann?...
- Wie können Verbraucher beeinflusst werden, damit der Speicherbedarf verringert wird?
- Wo sollen Speicher ins System integriert wird, um Übertragungsverluste zu verringern?
- Wie können verschiedene Speicher nützlich zusammenspielen?

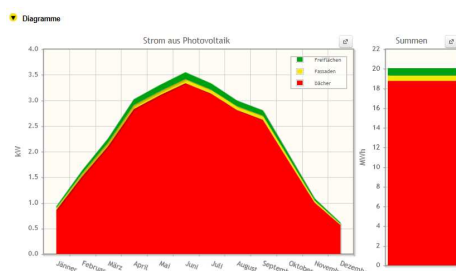
- **Energiemix und Biomasse**
 - Biomasse ist die nicht volatile Energieform mit größerem Potenzial.
- **Fragestellungen:**
 - Kann Biomasse die Funktion eines Energiespeichers annehmen?
Welche Einfluss haben die verschiedenen Technologien zur Verwertung von Biomasse auf die Energiewende?

1. Systemintegration von Energiespeicher im überregionalen Bereich
 - a. **Energiewende Österreich – berechnetes Szenario mit RESYS-Tool**
 - b. Abgleich von Bedarf und Angebot - Grundlagen
 - c. Speicherbedarf & Energiemix
 - d. Speicherbedarf – weitere Einflussgrößen
 - e. Leistungsspitzen im Stromnetz

- **RESYS-Tool zur Simulation zeitlich aufgelöster regenerativer Szenarien**
 - Überblick: Features, Einsatzzweck
 - Wechselwirkungen für Energiewende-Strategie
 - Benchmarking
- **Fallbeispiel(e) zur Energiewende für Österreich**
 - Potenziale in Österreich
 - Strategien für Szenario A2050:
Strom, Wärme zu 100% und Mobilität überwiegend aus regenerativen Quellen
 - Szenario B – Strategie für Bioenergie
 - Szenario C – mehr Solarenergie statt Windenergie

RESYS-Tool - Energiewende-Rechner

- rasche Erstellung zeitaufgelöster Energieszenarien für Ist-Stand und Zielplanung
- Verbrauchssektoren (Wohnen, Gewerbe & Industrie, Infrastruktur, ...)
- Input: allgemeine statistische Daten (Statistik Austria, AMA)
- abgeleitete Defaults aus statistischen Auswertungen - nachschärfbar
- Verlaufsermittlung für Erzeugung und Bedarf aus Referenzwetterdaten, empirischen Verläufen, Eingabedaten



Zielgruppe: Energieberater mit kommunalem Schwerpunkt

Ein Werkzeug zur Unterstützung der regionalen Energiewende

Gefördert durch die FFG, COIN-Programmlinie Kooperation und
Netzwerke 4. Ausschreibung - Projektnummer: 830731

Projektteam:



Günter Wind (Wind, Ingenieurbüro für Physik)



Horst Lunzer (Dr. Lunzer Energie & Umwelt e.U.)



Petra Busswald (akaryon OG)

ecoPolicy-Lab

Ernst Schriefl (ecoPolicy-Lab)



Thomas Lewis (energieautark GmbH)



Ansbert Sturm (Energieagentur der Regionen)

RESYS-Tool unterstützt die regionale Energiesstrategie-Entwicklung mit
Fokus auf erneuerbare Energieträger.

Ziel: Szenarien durchspielen, um Antworten zu folgenden Fragestellungen zu
erhalten:

- Wie verläuft der Energiebedarf in meiner Gemeinde/Region für die
verschiedenen Sektoren
- Welches Potenzial an erneuerbaren Energieträgern ist regional technisch
verfügbar bzw. nutzbar?
- Welche Energieerträge können erreicht werden?
- Investitionskosten für Energieerzeugung?
- Wie passen die derzeitigen/simulierten Energiebereitstellungskurven zum
Verlauf des Bedarfs? Kann ich etwaige Morgen- oder Abendspitzen abdecken?
- Wann gibt es Überschüsse?
- Wo liegen Potenziale bzw. umgekehrt Schwachstellen in der
Energieversorgung?

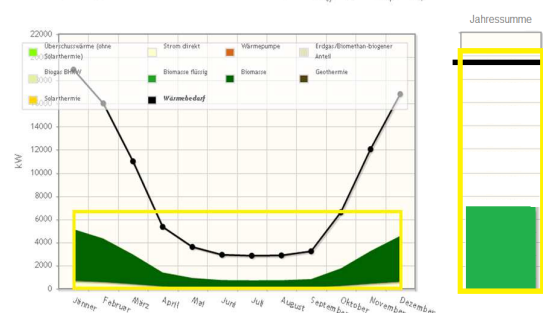
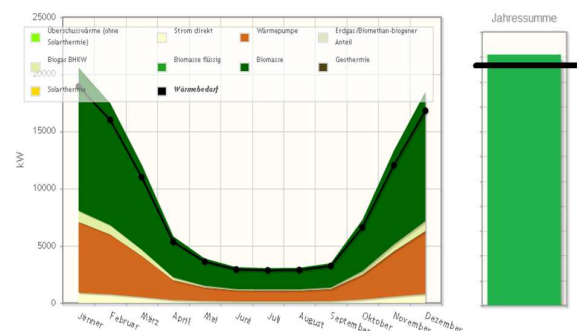
- **Zeitersparnis in der Ist-Analyse**
→ Zeit für das Wesentliche
- **Stundenbasierte Simulation statt Jahresabschätzung**
→ Verlaufsanalysen, Szenarienbildung
→ Korrekte Aussagen zu Energieautarkie
- **Benchmarking vom lokalen Potenzial**
→ fairer/sinnvoller Beitrag (statt Vergleich mit dem lokalem Bedarf)
- **Objektivierung, Standardisierung**
→ Vergleichbarkeit
- **Darstellungen, Ergebnisse**
→ rasches Feedback zur Optimierung geplanter Aktivitäten, Maßnahmen;
Reporting, Diskussion, Argument

Variante 1: Abschätzung Jahreswert

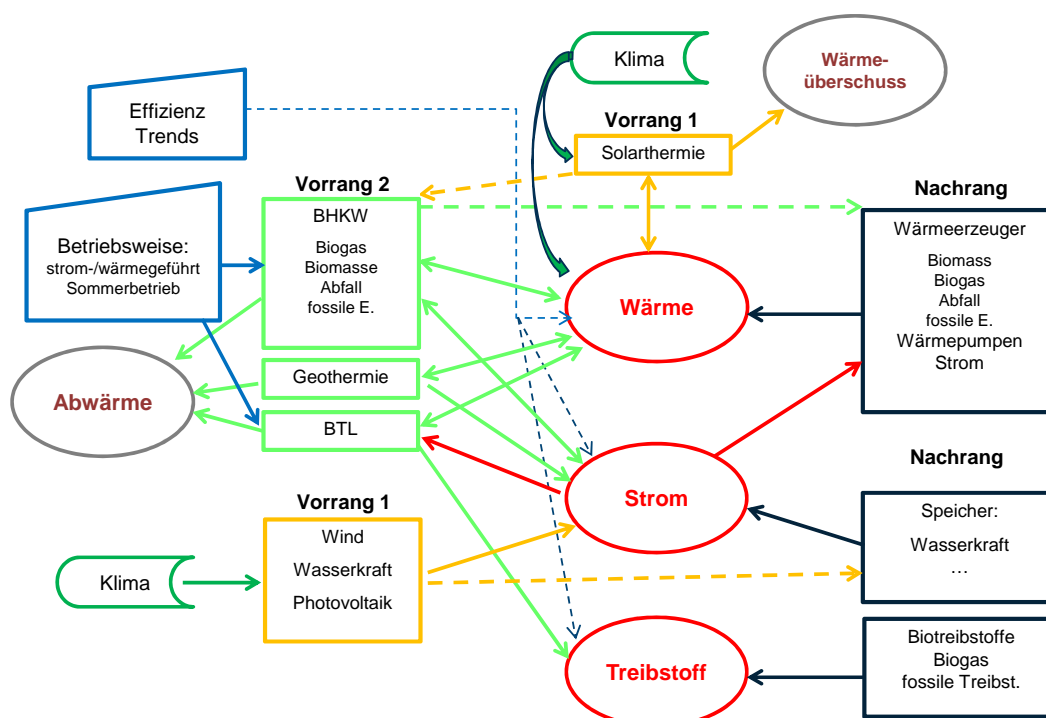
z.B. Potenzial $p = \text{Fläche} * \text{Ertrag}$

Variante 2: Simulation

unter Berücksichtigung von:
 Physikalisch-technischer
 Anlagentypologie UND
 Anlagenauslegung
 Lokale Klimadaten
 Anlagennutzung, Betriebsführung
 ...



- **Politik**
 - Regionale Strategieentwicklung, politische Analyse
- **Gemeinden z.B. Energie/Umweltbeauftragte**
 - Fundierte Szenarien und Argumente für lokale Energiepolitik
- **EnergieberaterInnen**
 - Gemeinden und Regionen effizient und detailliert beraten
- **Wissenschaft und Lehre**
 - Einsatz in Projekten und Unterricht
- **Bewusstseinsbildung**



**Regionale Energieautarkie ist NICHT das nachhaltige Ziel:
Nachhaltiges Ziel: z.B. dünn besiedelte Regionen mit wenig
Industrie müssen die Ballungsräume mitversorgen.**

Orientierung am Referenzszenario für energieautarkes Österreich:

- **Erforderliche Intensität der Reduktionsmaßnahmen (Wärme, Treibstoff, ...)**
- **Erforderliche Nutzung der einzelnen Potenziale (Orientierung am Energiemix)**
- **Erforderlicher Speicherbedarf**
- **Flächenbedarf für Nahrungsmittelproduktion**

Ziel des Benchmarkings: Die Summe aller Regionen Österreichs soll das funktionierende Referenzszenario ergeben.

- **W. Streicher et al, Energieautarkie 2050, Dez. 2010**
- **H. Fechner, Technologie-Roadmap für Photovoltaik in Österreich, 2009**
- **S. Steger, Der Flächenrucksack des europäischen Außenhandels mit Agrarprodukten. Wuppertal Paper Nr. 152. Wuppertal, 2005**
- **Statistik Austria, Jahrbuch 2011**
- **Umweltbundesamt, Flächeninanspruchnahme Österreich 2011, http://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/umweltthemen/raumplanung/2_flaechenverbrauch/Downloads/Flaechen_2011.pdf**
- **Statistik Austria, Bodennutzung 2006-2010**
- **Regioenergy, www.regioenergie.at**
- **www.windatlas.at**

1. Keine Fossilenergie oder Atomenergie
2. Kein Importe von Energieträgern
3. Abgesicherte Nahrungsmittelversorgung
4. Auskommen mit vorhandener Speicherkapazität von Wasserkraft und nachhaltiger Biomasse
5. Bevölkerungswachstum auf 9,5 Mio.

▪so könnte es funktionieren...

	Potenzial	genütztes Potenzial 2050-Szenario	davon Strom	davon Wärme	davon fest	davon flüssig	davon Gas
Wasserkraft	55.200	44.160	44.160				
Wind	79.883	31.865	31.765				
Photovoltaik, Solarthermie	Dach: 138 km ² Wand: 59km ² Frei: 3774km ²	Dach: 100 km ² Wand: 10km ² Frei: 30km ²	20.422	2.443			
Wald	26.609	23.948			23.948		
Agrarflächen	8.317 ernährungsabhängig	6.748			4.436	1.706	606
Biogene Abfälle, Koppelprodukte	46.922	33.553			15.004		18.549
Geothermie	6.608	14	4	10			
Summe			96.351	2453	43.388	1.706	19.355

Wasserkraft: 80% des Potenzials

Windenergie (www.windatlas.at):

- 32% der guten und mittleren Lagen

Solarenergie:

- 77% der geeigneten Dächer
- 19% der Fassaden
- 1% der geeigneten Freiflächen (Ödflächen, Verkehrsflächen, Deponien, ...)

Bioenergie:

- fast alles, was nicht die Nahrungsmittelproduktion einschränkt

Vergleich Endenergiebedarf - Potenziale

	Endenergie Bedarf 2012	Reg. Potenzial Szenario 2050
Strom	62.262	96.351 Wind, Wasser, PV
Gase	55.285	19.355 Biogas
Flüssige Treib- + Brennstoffe	110.091	1.706 Pflanzenöl
Fest (fossile) Brennstoffe	5.188	
Biogene Treib- u. Brennstoffe	43.453	43.388 Feste Biomasse

Überschuss bei Strom

Extremer Mangel bei flüssigen Treibstoffen

Änderung Energiebedarf:

- Raumwärmebedarf auf knapp weniger als die Hälfte reduzieren
- Warmwasser, Prozesswärme nur geringfügige Reduktion auf 70%-90% (weniger energieintensive Produkte)
- Raumkühlung: erhöht sich stark (Klimawandel!)
- Licht, Motoren, Sonstiger Strombedarf: nur geringfügige Reduktion auf 70%-90%
- Bevölkerung: 8,4 auf 9,5 Mio

Biomasseverwertung:

- Keine Steigerung von Energieflächen (Nahrungsmittelkonkurrenz) angenommen
- Nutzung aller Potenziale, die nicht die Nahrungsmittelproduktion einschränken: Koppelprodukte, Zwischenbegrünungen, biogene Abfälle, Landschaftspflege...
- Flüssige Treibstoffe via BTL aus Holz(abfällen), Stroh, ... erzeugen
- Verwertung der in BHKW, BTL-Anlagen nur wärmegeführt im Winter (BTL ... techn. möglich, aber noch teuer)
- Heizkessel nur für Spitzenlast und Prozesswärme auf hohem Temperaturniveau

Bedarf an flüssigen Treib- und Brennstoffen muss stark reduziert werden:

▪ **Personenverkehr:**

- mehr Öffis (PKW-Anteil halbieren)
- PKW: Biotreibstoff, Biogas je 10%, 80% elektr. Besetzungsgrad steigt von 1,1 auf 1,8
- Busse: Biotreibstoff 40%, Biogas 30%, 30% elektr.
- Bahn elektrisch

▪ **Gütertransport:**

- 50% von Straße auf Schiene

Reduktion durch Effizienzsteigerung: 70% bis 100%

• **Landwirtschaft, sonst. Verkehr:**

- Biotreibstoff , Biogas je 50%

• **Flugverkehr:**

- Reduktion auf 25%
(nicht real, aber regt zur Diskussion an)

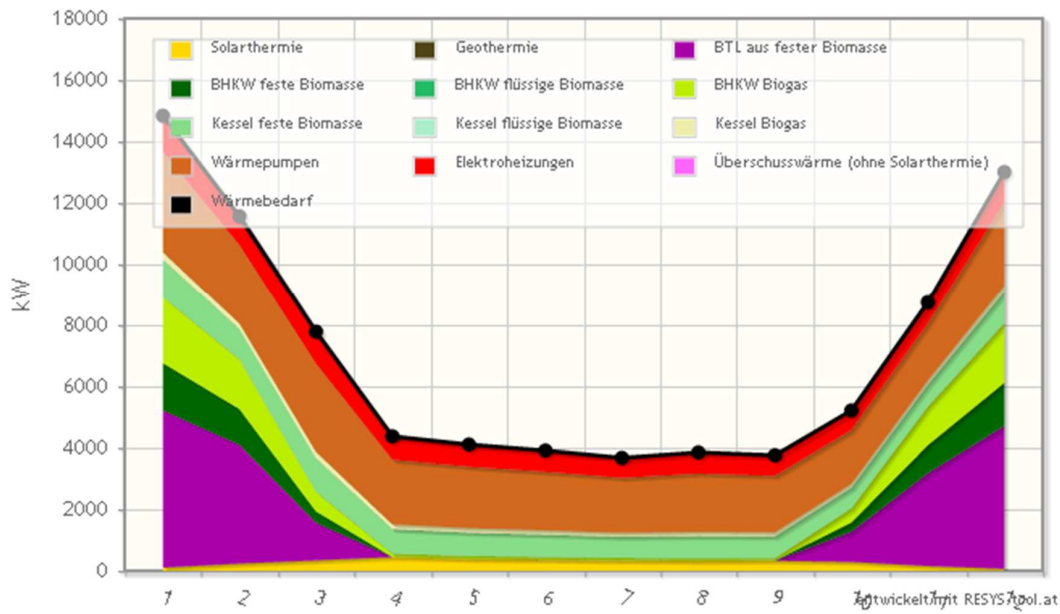
Dennoch kann der Bedarf an flüssigen Treibstoffen mit Biotreibstoffen und BTL aus fester Biomasse und Abfälle nicht ganz gedeckt werden.

- **Biomasse = gespeicherte Sonnenenergie**
 - ca. 64.000 GWh/a Heizwert
 - gekoppelte Verwertung: Strom+Wärme, BTL
- **(Pump)Speicherwasserkraft**
 - ca. 3.500 GWh, Wirkungsgrad 76%
- **Akkus (E-Auto, private PV-Anlagen)**
 - Wirkungsgrad: 65% bis über 90% (je nach Akku-Bauart)
 - sehr geringe Kapazität
2 Mio. E-PKW speichern ca. 70 GWh.
 - ➔ für kurzfristiges Lastmanagement nur mit Einschränkungen nutzbar – in A2050 vernachlässigt.

- **Methanherzeugung aus Strom**
 - unterirdische Speicherung (ca. Strom-Jahresbedarf !).
 - Geringer Wirkungsgrad
Strom-Methan-Strom ca. 35% bis 40%
 - aus überschüssiger Wind- bzw. Photovoltaik
 - CO₂-Quelle: aus Biogasreinigungsanlagen,
Biomasseverbrennung (Zwischenspeichern?!)
 - ➔ „eiserne Reserve“ für schlechte Jahre
- **Wasserstoff**
 - wegen geringer Dichte teuer aus Methanisierung
 - jedoch einfacher in der Erzeugung (kein CO₂-Bedarf)

Szenario A2050 - Wärme

Ziel-Wärmeerzeugung



- Wärmeerzeugung überwiegend aus wärmegeführten BHKWs und Wärmepumpen
- Heizkessel, Strom für Hochtemperaturanwendungen

Szenario A2050 - Strommix

	Strombedarf inkl. Verteilverluste	Wasserkraft	Wind	Photovoltaik	Bioenergie wärmegeführt	Geothermie, Bioenergie stromgeführt	Summe Erzeugung
Energie MWh/a	89259	44160	31765	20422	6306	4	102657
relativ bzgl. Bedarf	100%	49,5%	35,6%	22,9%	7,1%	0,0%	115,0%
relativ bzgl. Produktion	86,9%	43,0%	30,9%	19,9%	6,1%	0,0%	100,0%

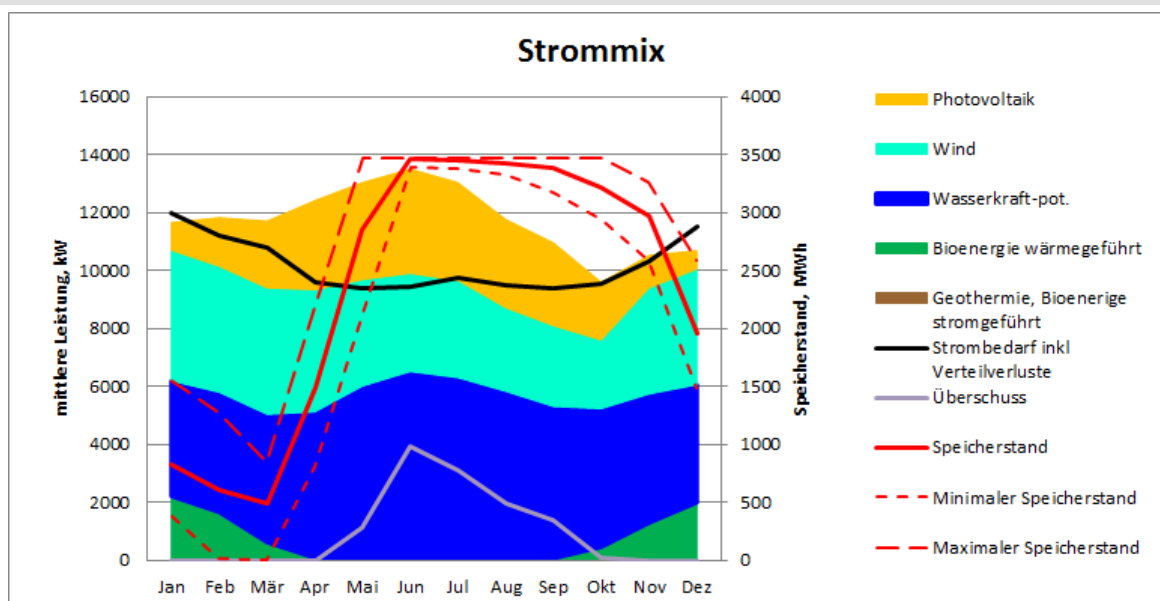
Speicherwirkungsgrad	76%
rel. Speicherverlust pro Jahr	4%
Speicherkapazität, GWh	3466

Szenario A2050 - Strom

	MWh	rel. zu Jahresbedarf	rel. zu Jahres-Produktion
Erforderlicher Speicher	3466	3,9%	3,4%
	MWh/a		
Aufgenommen Ladeenergie	20008	22,4%	19,5%
Energie aus dem Speicher	15068	16,9%	14,7%
Speicherverluste	4941	5,5%	4,8%
Überschuss netto	8458	9,5%	8,2%
Überschuss brutto	13399	15,0%	13,1%

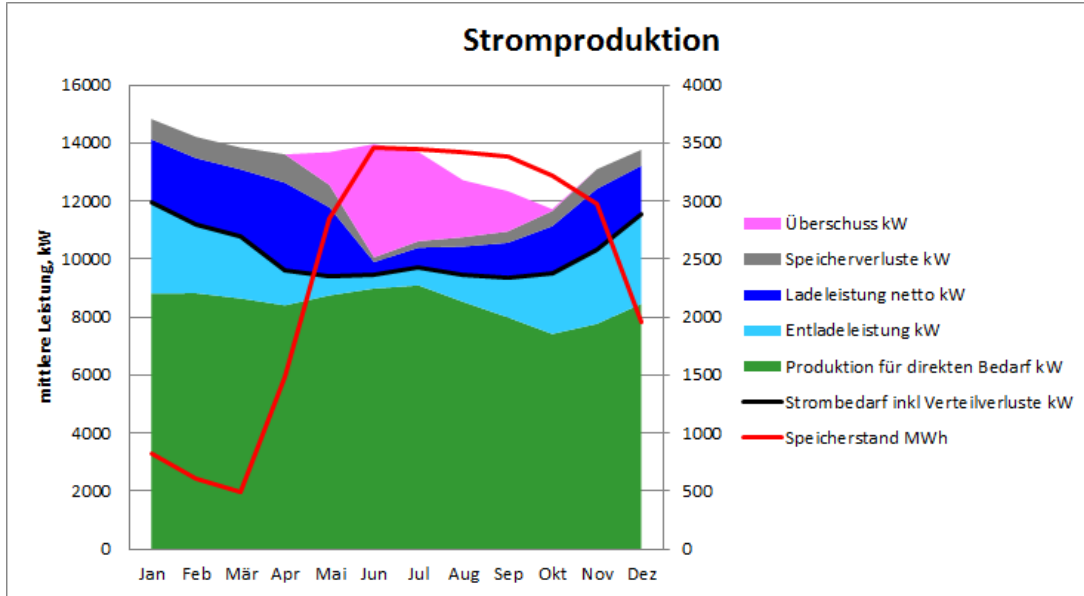
Szenario A2050 – Strommix Verlauf

Durch die kurzfristigen Speicherbewegungen entstehen Verluste, sodass auch im Oktober, November, Feber und März der Speicherstand abnimmt, obwohl mehr Energie produziert als verbraucht wird?

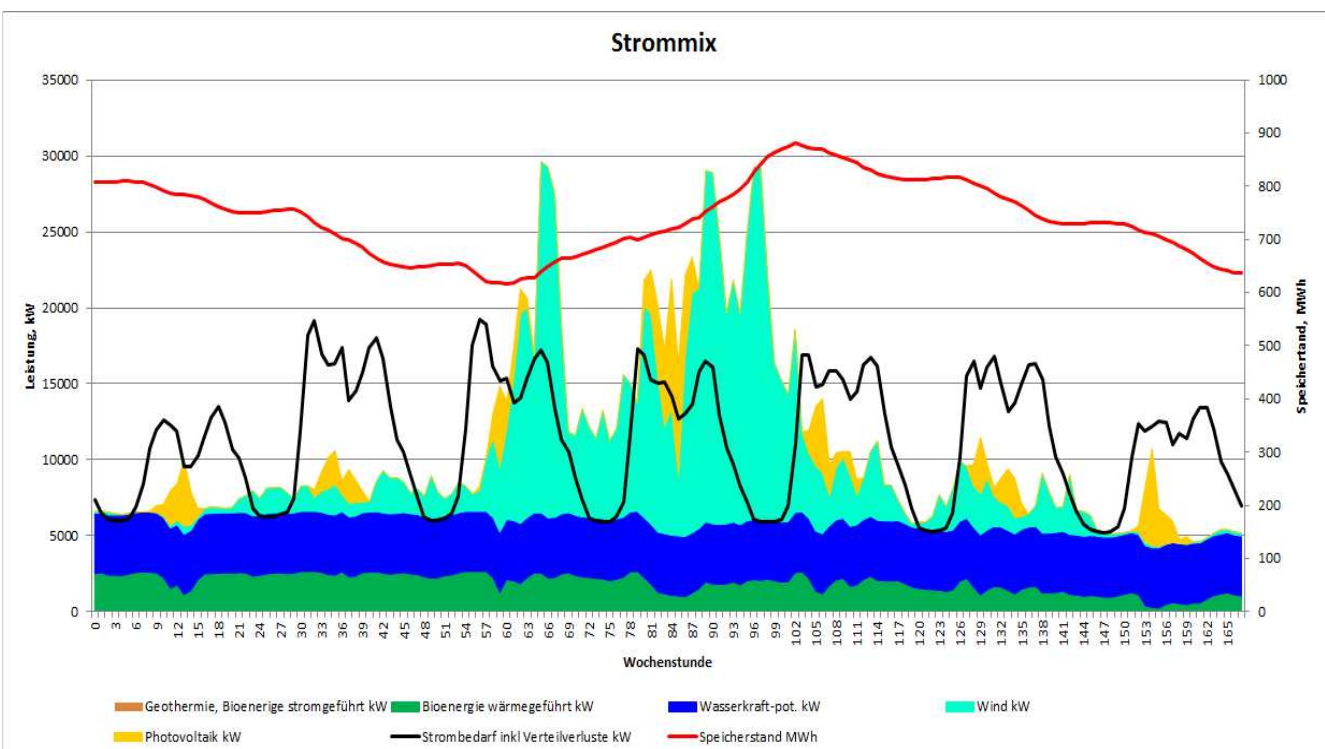


Szenario A2050 - Strom

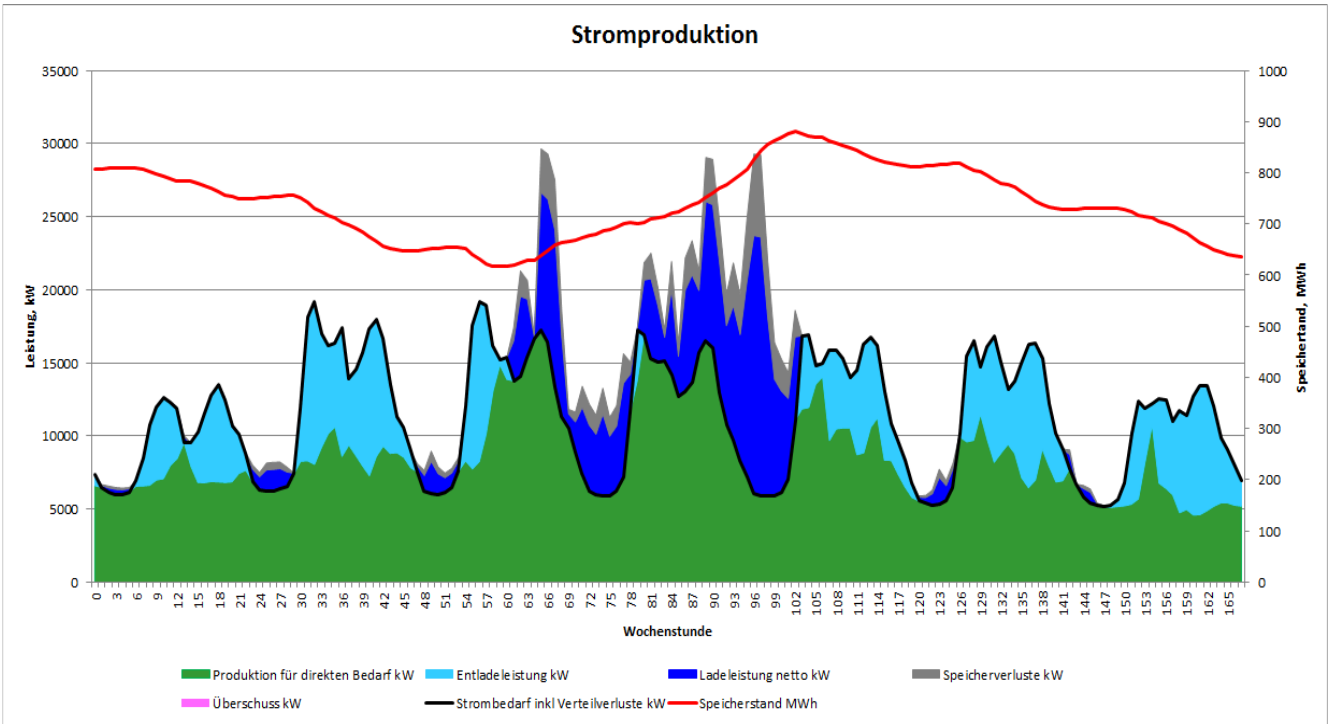
Strom kann chemisch in gasförmige (Power to gas) oder flüssige Energieträger (Power to Liquid) umgewandelt werden: z.B. Wasserstoff, Methan, Methanol. Mit Methanol könnte das „Treibstoffloch“ in der Mobilität gestopft werden. Allerdings müsste der Überschuss dazu noch etwa doppelt so groß sein.



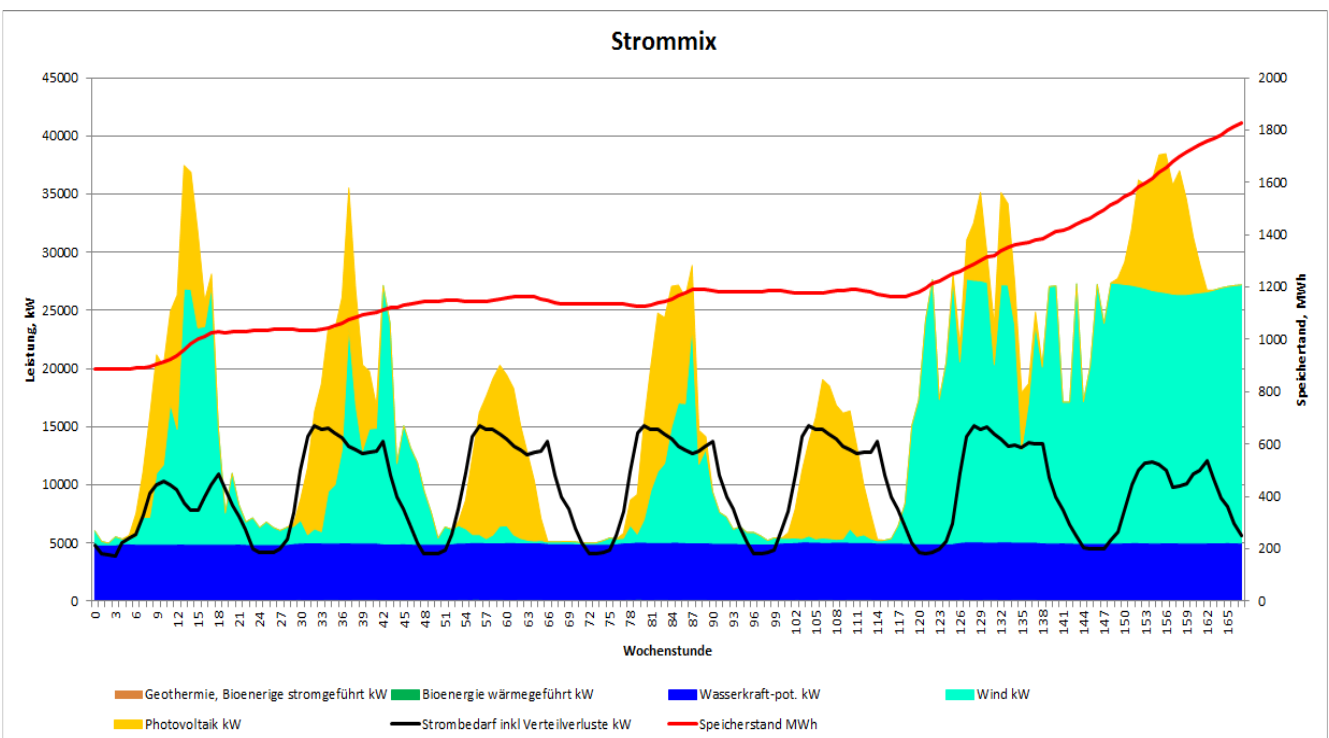
A2050-Energiemix – 2. Jännerwoche (h-Werte berechnet mit RESYS-Tool)



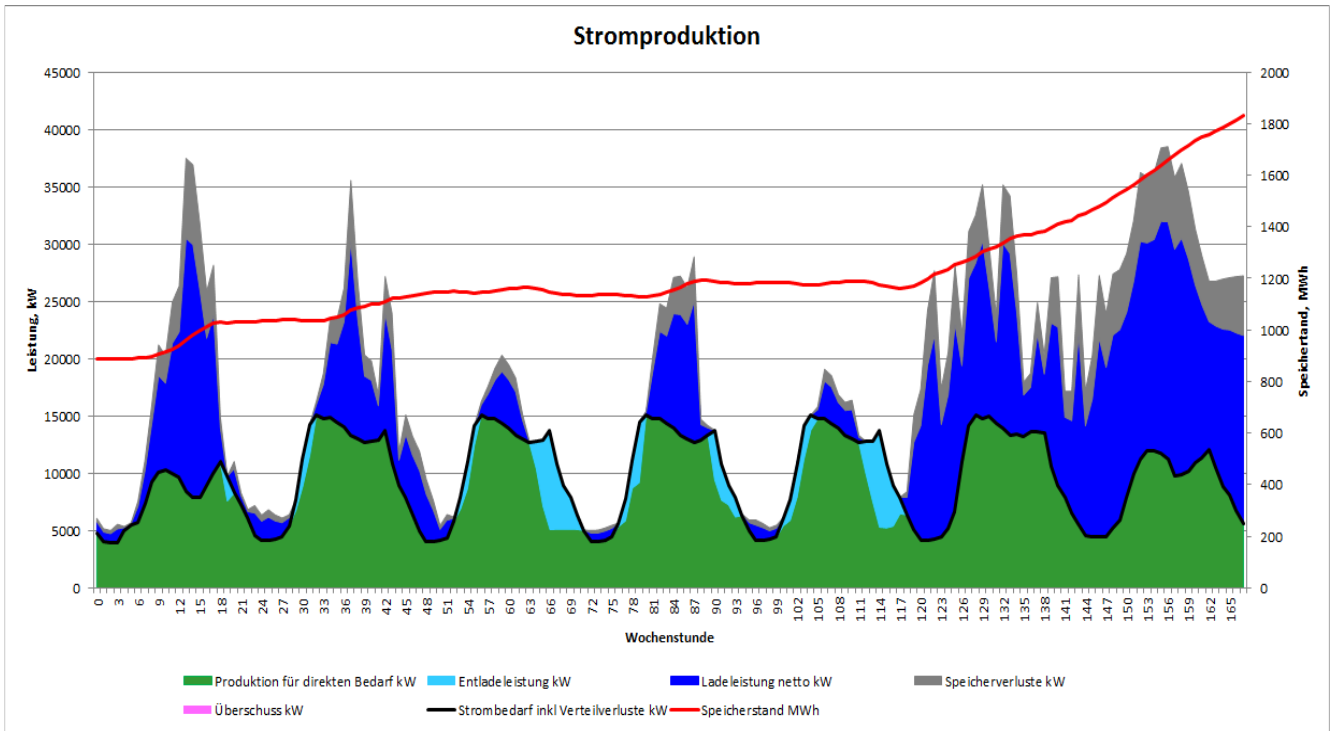
Stromproduktion & Speichermanagement 2. Jännerwoche (h-Werte)



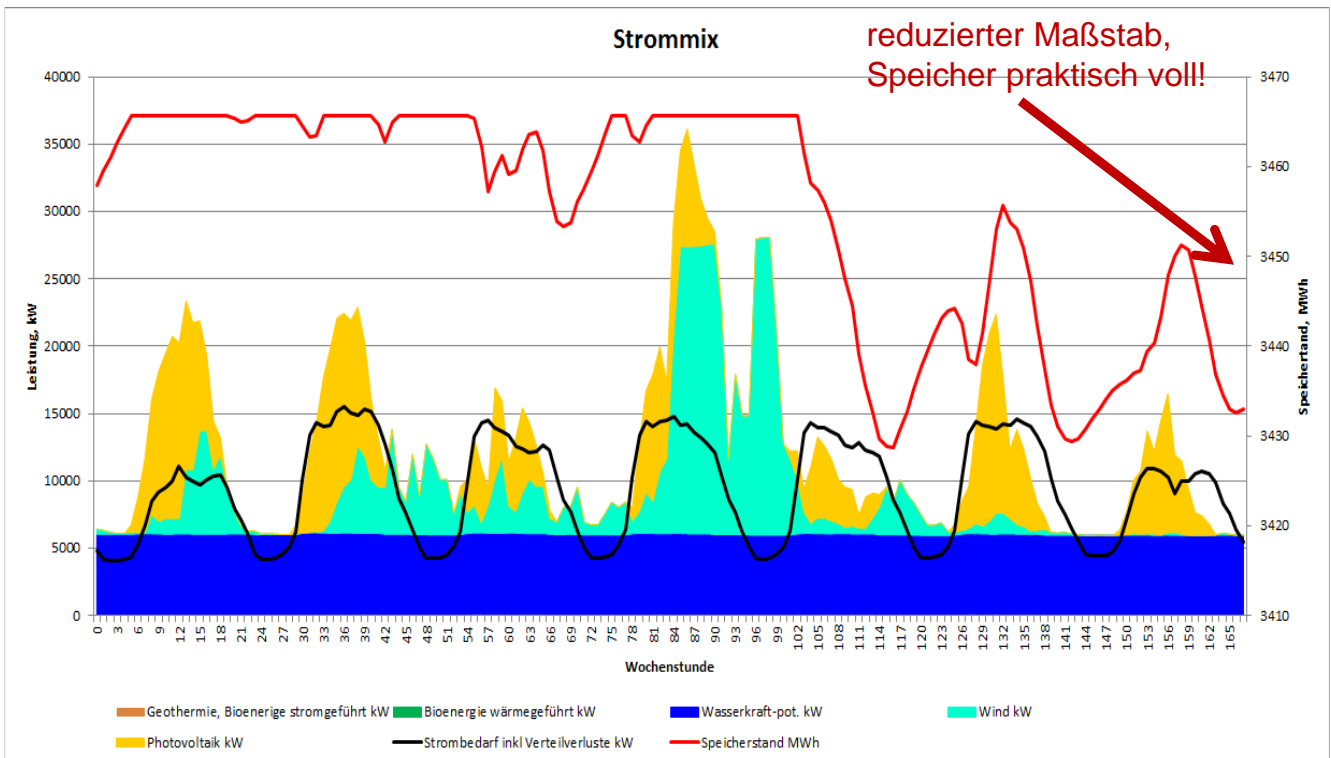
A2050-Energiemix – 15. Woche (Anf. April)

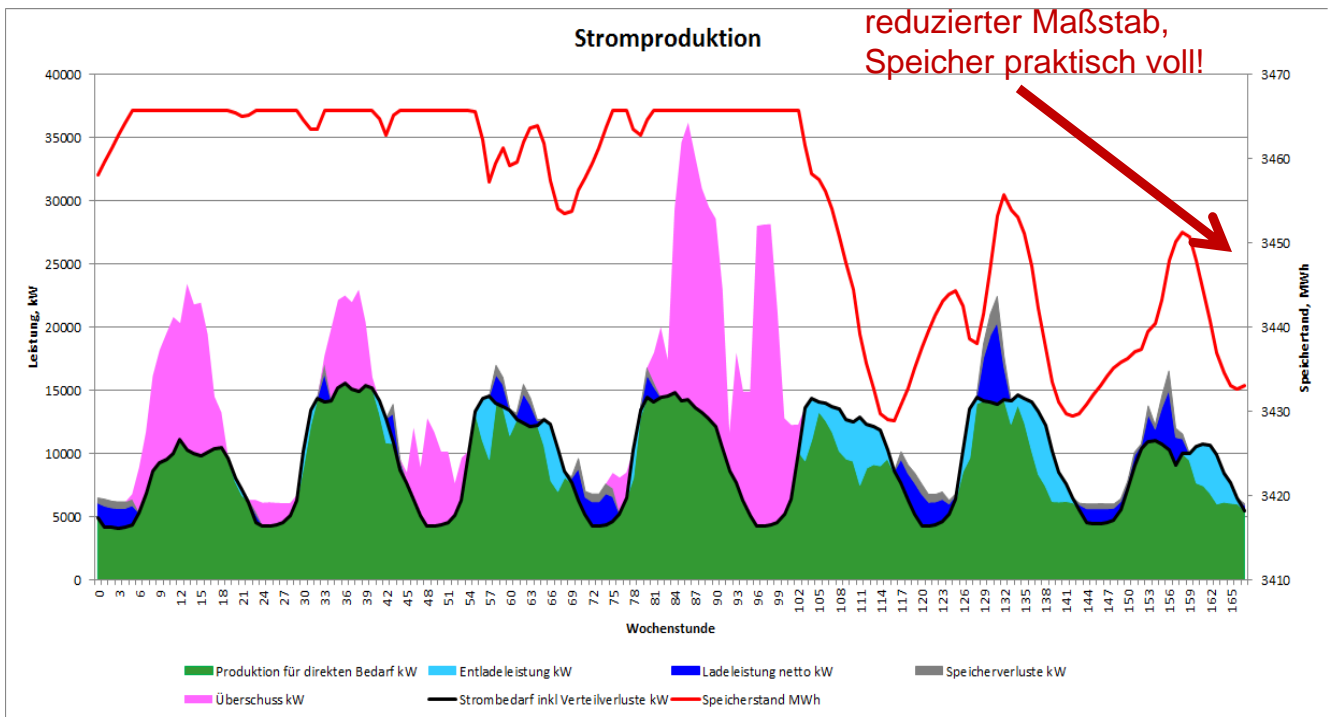


Stromproduktion & Speichermanagement 15. Woche (Anf. April)



A2050-Energiemix – 31. Woche (Ende Juli)





1. Systemintegration von Energiespeicher im überregionalen Bereich

- a. Energiewende Österreich – berechnetes Szenario mit RESYS-Tool
- b. Abgleich von Bedarf und Angebot - Grundlagen**
- c. Speicherbedarf & Energiemix
- d. Speicherbedarf – weitere Einflussgrößen
- e. Leistungsspitzen im Stromnetz

Möglichkeiten:

- Kraftwerksleistung regeln bzw. zu/abschalten
- Energiespeicher einsetzen
- Verbraucherbeeinflussung - technisch und kaufmännisch

- Kraftwerksleistung regeln bzw. zu/abschalten.

Reaktionsschnelligkeit:

- langsam: (feste Brennstoffe)
- mittel: Gas-BHKW
- schnell: Brennstoffzelle

Verwenden gespeicherte Biomasse oder synthetische Brennstoffe aus Überschussenergie (PowerToGas oder PowerToLiquid), die in Brennstofflager gespeichert werden.

Wirtschaftliches Problem:

Kraftwerksauslastung wird geringer, je seltener es gebraucht wird.

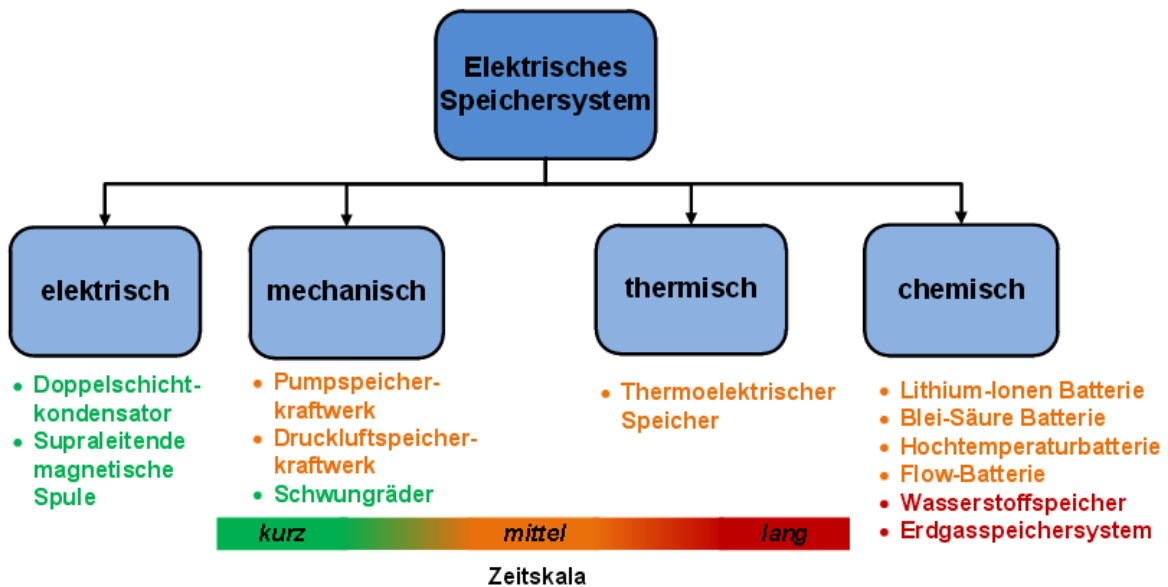
Speicher – Klassifizierung 1

Quelle: Technologischer Überblick zur Speicherung von Elektrizität, RWTH Aachen, 2012

▪ Errichtungsstruktur	A1 Modulare Speichersysteme mit Doppelnutzen
	A2 Modulare Speicherung nur zur Verwendung im Stromnetz
	A3 Zentrale Speichersysteme
▪ Bereitstellungsdauer von Energie und Leistung	B1 „Sekunden bis Minuten“ – Kurzzeitspeichersysteme
	B2 „Tagesspeicherung“ – Mittelfristige Energiespeichersysteme
	B3 „Wochen- bis Monatsspeicherung“ – Langzeitspeichersysteme
▪ Art der Regelenergiebereitstellung	C1 „Strom zu Strom“ – positive und negative Regelenergie
	C2 „Irgendwas zu Strom“ – positive Regelenergie
	C3 „Strom zu Irgendwas“ – negative Regelenergie

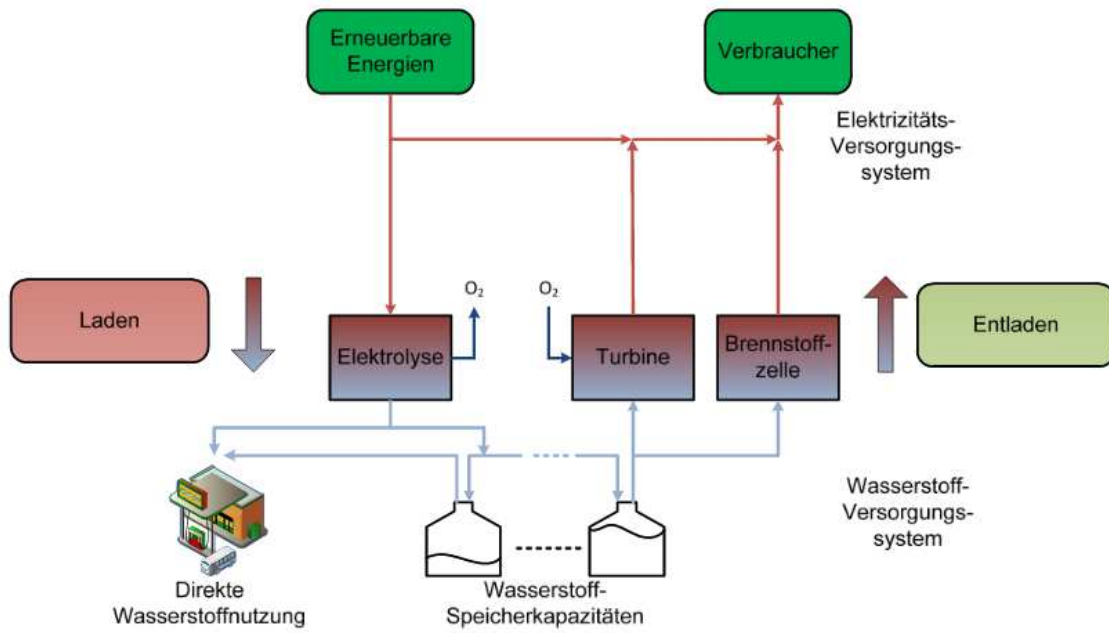
Speicher – Klassifizierung 2

Quelle: Technologischer Überblick zur Speicherung von Elektrizität, RWTH Aachen, 2012



Wasserstoffspeicherung

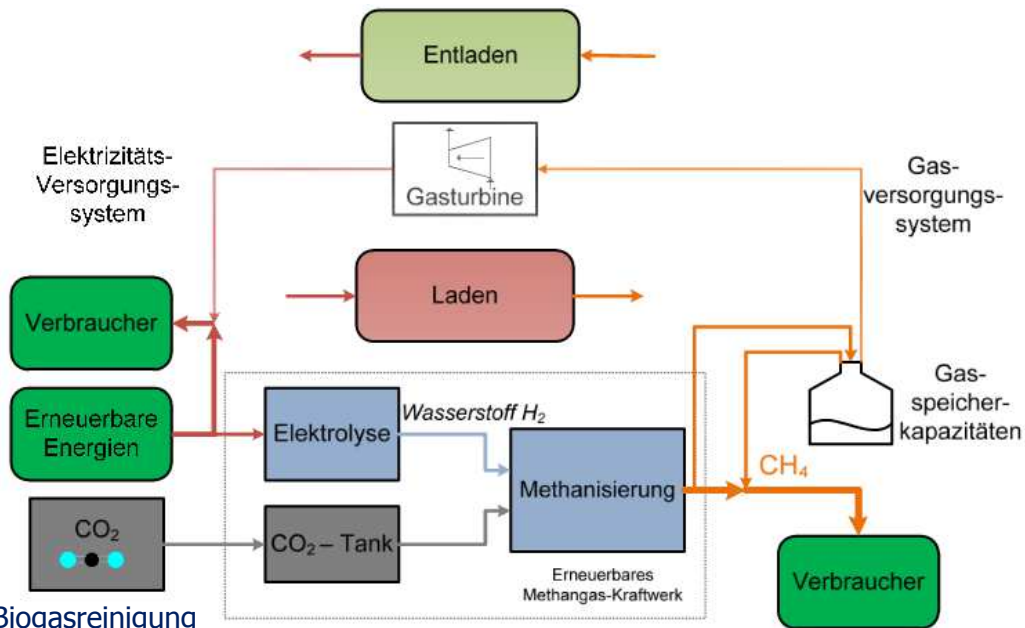
Quelle: Technologischer Überblick zur Speicherung von Elektrizität, RWTH Aachen, 2012



Gesamtwirkungsgrad: 34% bis 40% - zukünftig 50%
Speicherkosten: 0,3 €/kWh bis 0,6 €/kWh + 1500€/kW

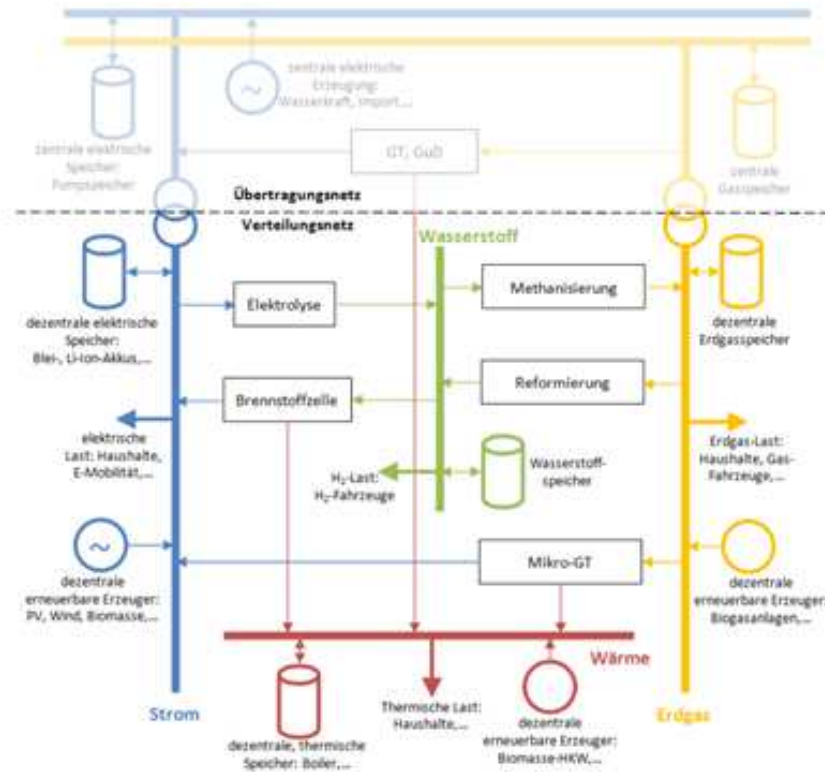
Power-To-Gas Speicherung

Quelle: Technologischer Überblick zur Speicherung von Elektrizität, RWTH Aachen, 2012



z.B. aus Biogasreinigung

Gesamtwirkungsgrad: 30%-35% zukünftig bis 40%
Speicherkosten: n.v. /kWh + 1500€/kW



Technische Methoden:

- Lastverschiebung
- Zwischenspeicher z.B. Wärmespeicher beheizt mit Wärmepumpe

Wirtschaftliche Maßnahmen:

Nutzung variable Tarife durch

- Einschaltverschiebungen
- Energiepreisabhängige Produktion
- ...

1. Systemintegration von Energiespeicher im überregionalen Bereich

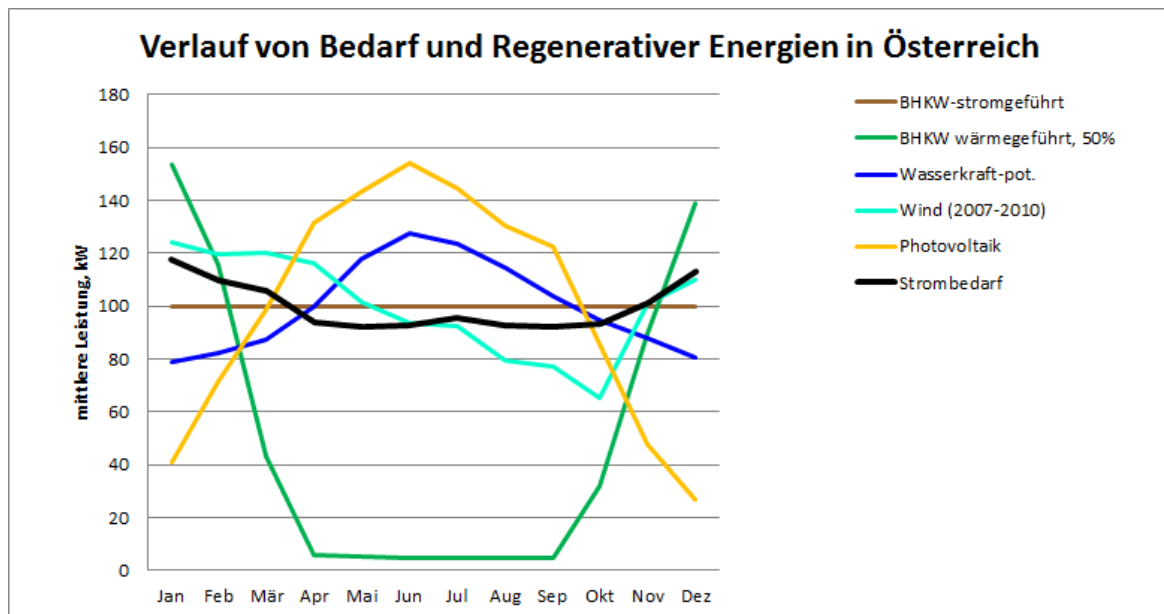
- a. Energiewende Österreich – berechnetes Szenario mit RESYS-Tool
- b. Abgleich von Bedarf und Angebot - Grundlagen
- c. Speicherbedarf & Energiemix**
- d. Speicherbedarf – weitere Einflussgrößen
- e. Leistungsspitzen im Stromnetz

	Strombedarf inkl. Verteilverluste	Wasserkraft	Wind	Photovoltaik	Bioenergie wärmegeführt	Geothermie, Bioenergie stromgeführt	Summe Erzeugung
Energie MWh/a	89259	44160	31765	20422	6306	4	102657
relativ bzgl. Bedarf	100%	49,5%	35,6%	22,9%	7,1%	0,0%	115,0%
relativ bzgl. Produktion	86,9%	43,0%	30,9%	19,9%	6,1%	0,0%	100,0%
			MWh	rel. zu Jahresbedarf	rel. zu Jahres-Produktion		
Erforderlicher Speicher		3466		3,9%	3,4%		

Speicherwirkungsgrad: 76%

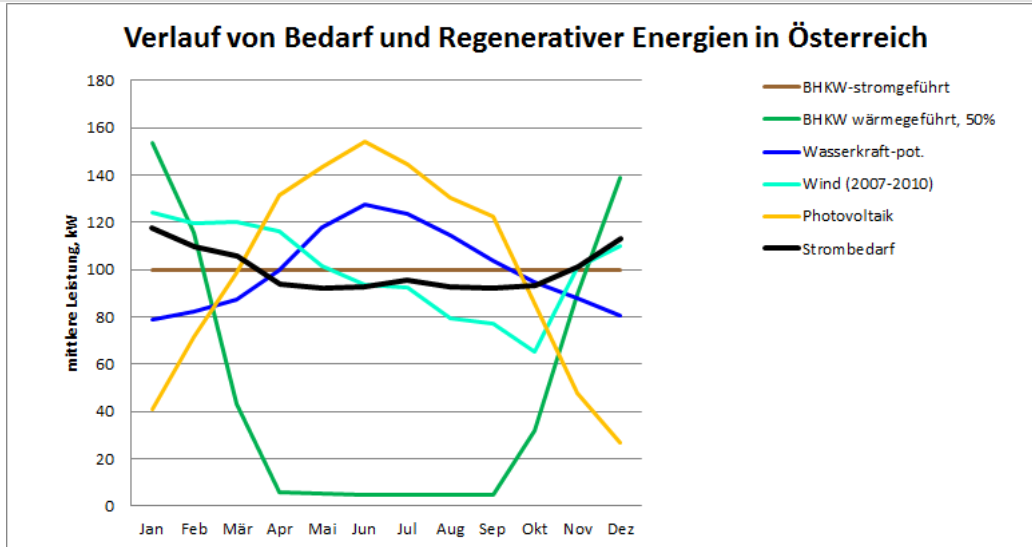
rel. Speicherverlust: 4%/a

	MWh	rel. zu Jahresbedarf	rel. zu Jahres-Produktion
Erforderlicher Speicher	3466	3,9%	3,4%
	MWh/a		
Aufgenommen Ladeenergie	20008	22,4%	19,5%
Energie aus dem Speicher	15068	16,9%	14,7%
Speicherverluste	4941	5,5%	4,8%
Überschuss netto	8458	9,5%	8,2%
Überschuss brutto	13399	15,0%	13,1%



Herausforderung ist es, die Potenziallinien zu kombinieren, dass die Summe dem Verlauf der Bedarfslinie möglichst nahe kommt.

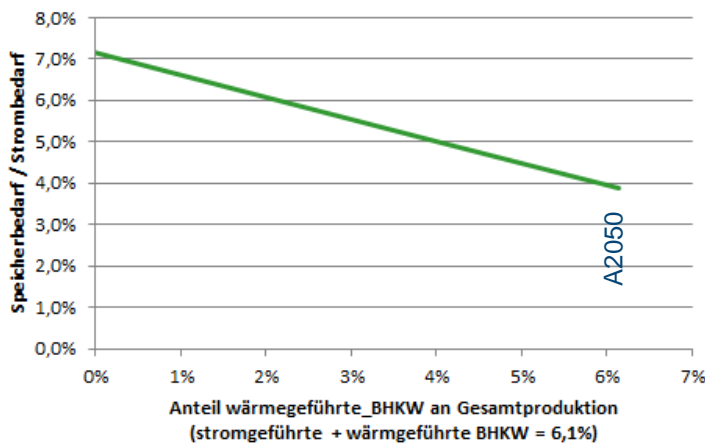
Auf das Potenzial muss berücksichtigt werden (v.a. Biomasse)



- **Windenergie** hat als einzige volatile Energie ein Wintermaximum
- **Wärmegeführte BHKW** haben geringen Laufzeiten und **maximale Effizienz**
- **Stromgeführte BHKW** sind zwar zuverlässige Stromproduzenten, aber in der **Gesamtenergieeffizienz eine Katastrophe** ...
- Die Potenziallinien kombinieren, um der Bedarfslinie möglichst nahe zu kommen.

Welche Auswirkungen haben strom- und wärmegeführte Betriebsweisen von Biomasse BHKW's?

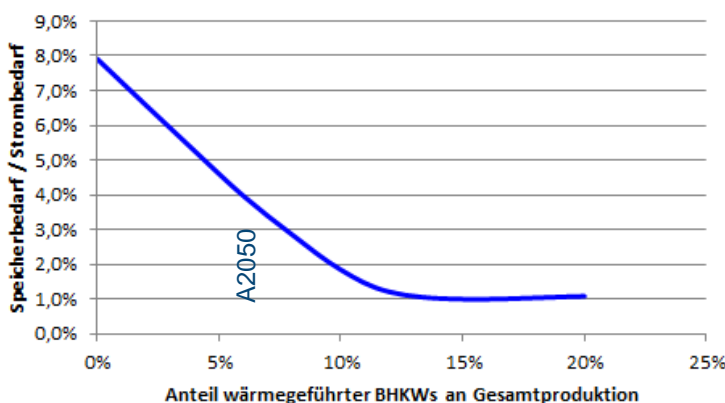
Mindestspeicherkapazität abhängig von der Betriebsweise von BHKWs



Biomasse-BHKW:
6,1% Anteil im Energiemix.
Die übrigen erneuerbaren
Energieträger werden
konstant gehalten.

Je mehr höher der Anteil wärmegeführter BHKWs, umso geringer der erforderliche Saisonspeicherbedarf, um ohne Fossil- oder Importenergie über den Winter zu kommen.

Mindest Speicherkapazität abhängig vom Anteil wärmegeführter BHKWs

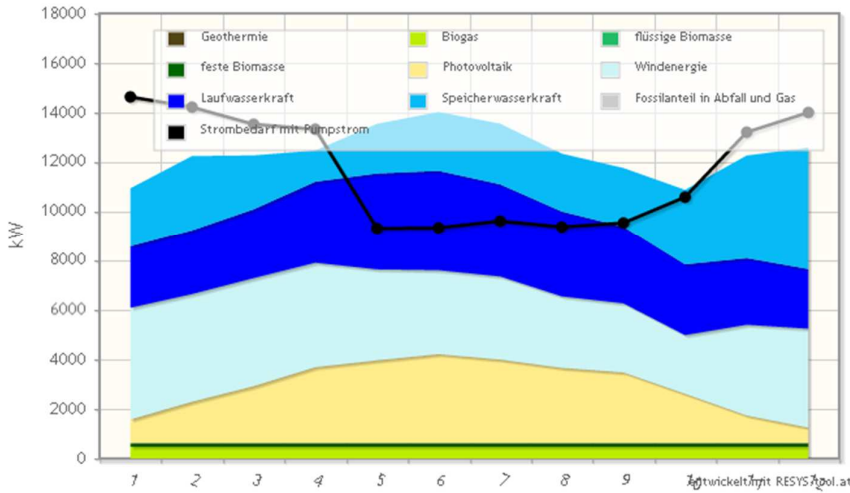


Biomasse-BHKW ist variabel.
Diese Änderungen werden
durch Änderung von Wind +
PV im gleich ausgeglichen,
damit die Produktionsmenge
konstant bleibt (15% über
Bedarf)
Bemerkung: Wasserkraft
bleibt konstant.

Die wärmegeführte Verstromung füllt die Defizite von Solar- und Wasserkraft gut auf, sodass der Speicherbedarf auf weniger als ein Drittel der A2050-Ausgangslage verringert werden kann.

Mehr als 12% wärmegeführte BHKWs bringen keine Verbesserungen mehr

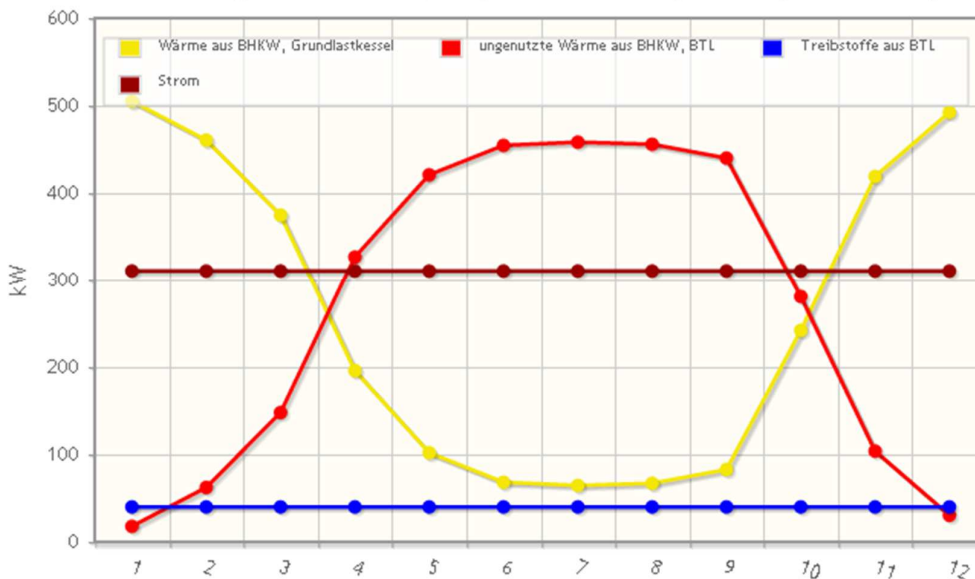
Ziel-Stromproduktion



Im Winter tun sich Lücken in der Stromversorgung auf. Der Speichbedarf wird viel größer.

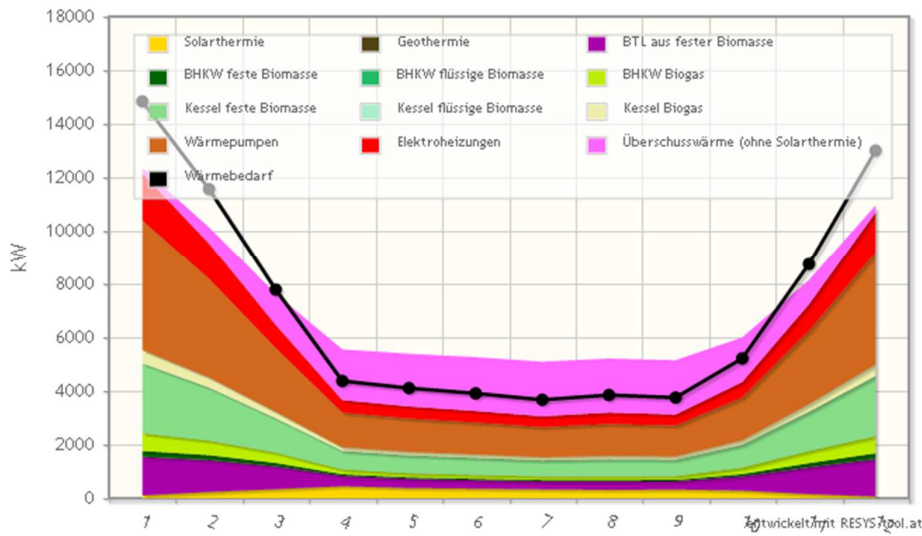
Um die fehlende stromgeführten BHKWs auszugleichen, müsste der Windanteil im Energiemix auf über 50% erhöht werden (bei 15% Überproduktion)

Biomasse gesamt für BHKW, BTL, Grundlastkessel (ohne Erdgas/Biomechan)



Trotz einer geringen Heizlastabdeckung von 40% entsteht auch an wärmeren Wintertagen ungenutzte Abwärme. Somit wird ein großer Teil des Energieinhalts nicht verwertet => Energieverschwendung. **Für die Energiewende unbrauchbar!**

Ziel-Wärmeerzeugung



Die Wärme von stromgeführten BHKWs fällt zum verkehrten Zeitpunkt an.

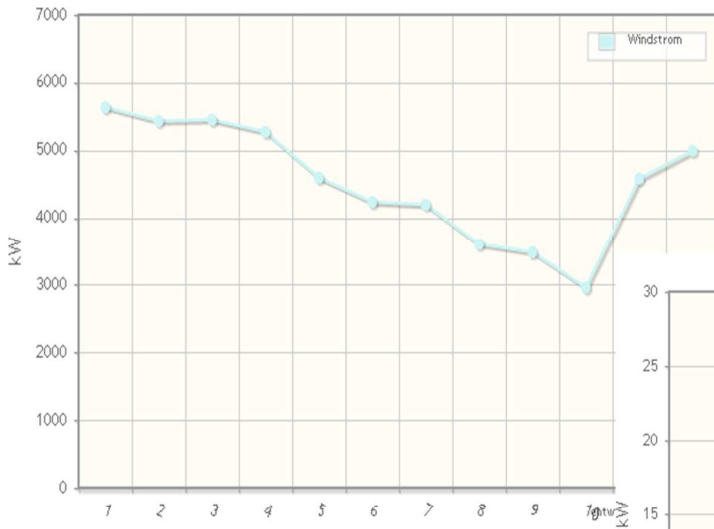
Katastrophale Wärmebilanz:

Wärmedefizite im Winter, dafür viel ungenützte Abwärme

Welche Auswirkungen haben die Anteile von Photovoltaik und Wind auf den saisonalen Speicherbedarf?

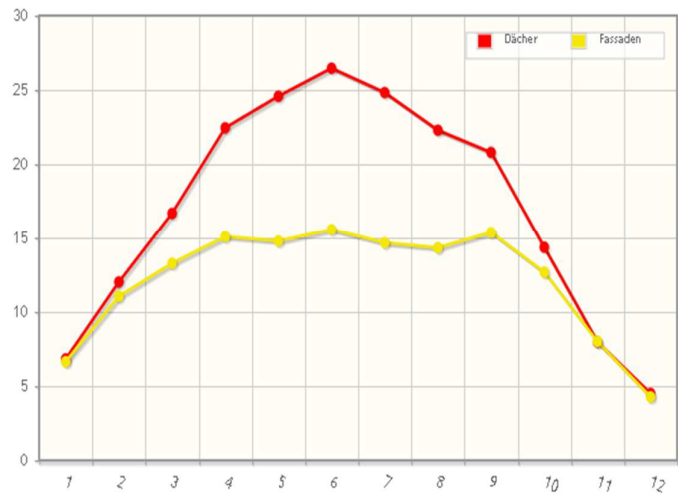
Verlauf von Wind und Solarenergie

Stromerzeugung aus Windenergie



Windenergie 2007 bis 2010

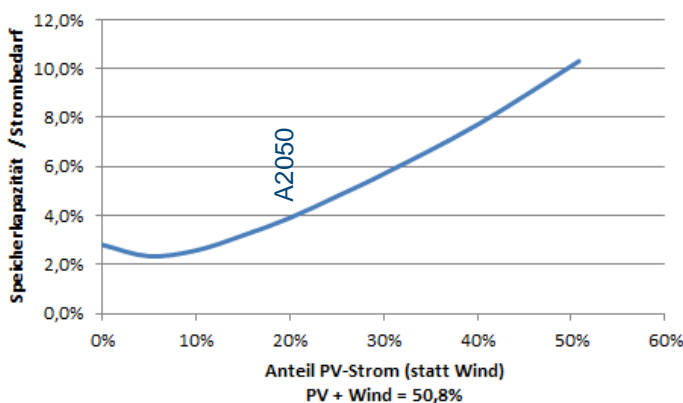
Strom aus Photovoltaik



Fassaden haben keine ausgeprägten Sommerpeak

Speicherbedarf & Energiemix

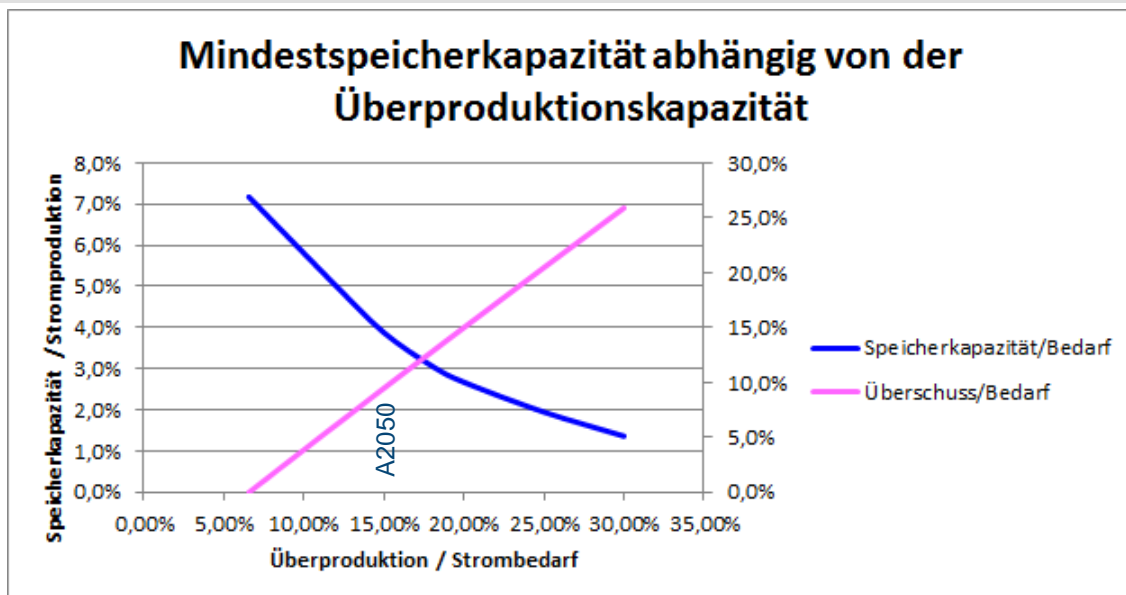
Mindestspeicherkapazität bei variablem PV-Anteil statt Wind



Die Akzeptanz der Photovoltaik ist im Gegensatz zu Windenergie sehr hoch, jedoch braucht die PV einen Gegenspieler wie Windenergie und wärmegeführte BHKWs

Windenergie kompensiert die winterschwache Photovoltaik und Wasserkraft. Jedoch ist Wind kurzfristig ziemlich launenhaft.

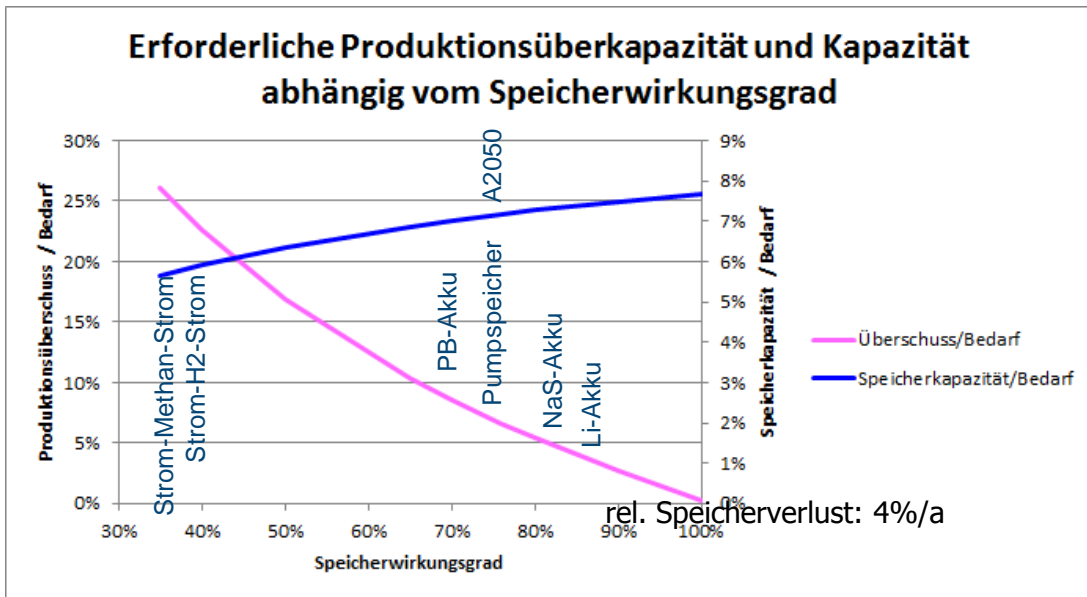
1. Systemintegration von Energiespeicher im überregionalen Bereich
 - a. Energiewende Österreich – berechnetes Szenario mit RESYS-Tool
 - b. Abgleich von Bedarf und Angebot - Grundlagen
 - c. Speicherbedarf & Energiemix
 - d. Speicherbedarf – weitere Einflussgrößen**
 - e. Leistungsspitzen im Stromnetz



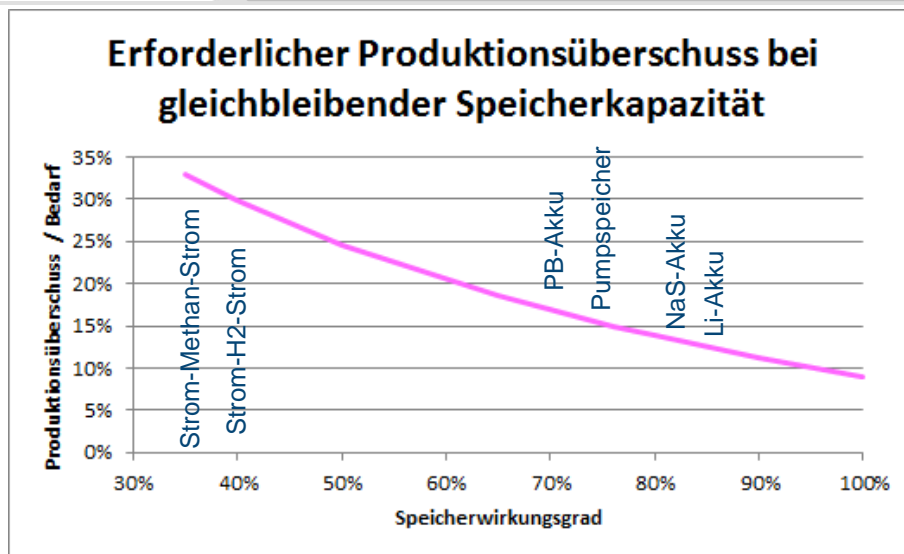
Je höher die Überproduktion, umso geringer der Speicherbedarf.
Bemerkung: Überschuss = Überproduktion - Speicherverluste

Speicherwirkungsgrad: 76%

rel. Speicherverlust: 4%/a



Je höher der Speicherwirkungsgrad, umso geringer die erforderliche Überproduktionskapazität, um die Verluste zu kompensieren. Bei der dargestellten Speichergröße gib es überhaupt keinen.

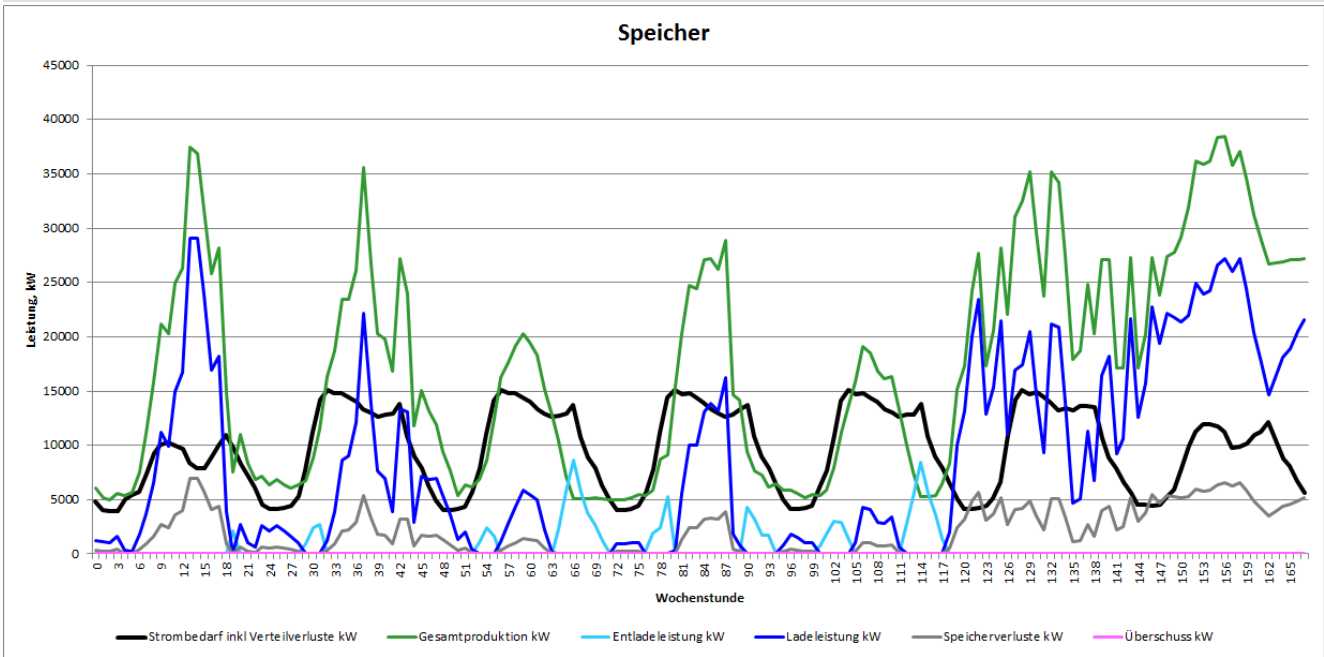


Bei der dargestellten Speichergröße und Überschusskapazität kommt man mit dem Energiemix A2050 mit einer relativen Speicherkapazität von 3,9% des Jahresenergiebedarfs aus.

1. Systemintegration von Energiespeicher im überregionalen Bereich
 - a. Energiewende Österreich – berechnetes Szenario mit RESYS-Tool
 - b. Abgleich von Bedarf und Angebot - Grundlagen
 - c. Speicherbedarf & Energiemix
 - d. Speicherbedarf – weitere Einflussgrößen
 - e. Leistungsspitzen im Stromnetz**

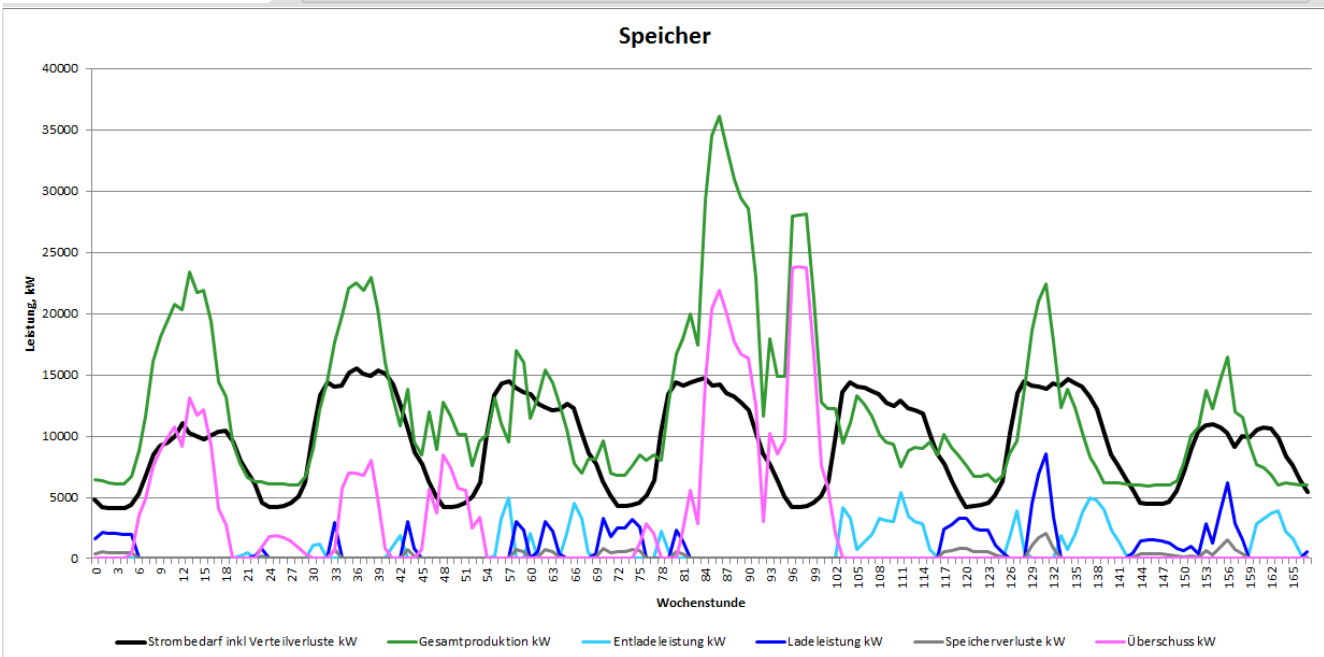
**Welche Netzbelastungen durch Leistungsspitzen treten auf?
Wie können diese verringert werden?**

Leistungsverläufe in der Woche 15



Bei sonniger und zugleich windiger Wetterlage treten hoch Produktions- und Ladeleistungen auf, welche die bisherigen Verbraucherleistung deutlich übersteigen.

Netzintegration - Leistungsspitzen



Wenn der Speicher voll ist, treten hohe Überschussleistungen auf. Um diese in BTG-Anlagen zu leiten oder zu exportieren, müsste das Netz verstärkt werden.

	MWh	rel. zu Bedarf	rel. zu Produktion
Erforderlicher Speicher	3466	3,9%	3,4%
	Maximale Leistung, kW	Jahresmittel Leistung, kW	Max : Mittel
Leistungswerte			
Bedarf	25058	10189	2,5
Produktion	40720	11719	3,5
Ladeleistung	29030	2284	12,7
Entladeleistung	18347	1720	10,7
Überschussleistung	30310	966	31,4
	MWh/a	rel. zu Bedarf	rel. zu Produktion
Aufgenommen Ladeenergie	20008	22,4%	19,5%
Energie aus dem Speicher	15068	16,9%	14,7%
Speicherverluste	4941	5,5%	4,8%
Überschuss netto	8458	9,5%	8,2%
Überschuss brutto	13399	15,0%	13,1%

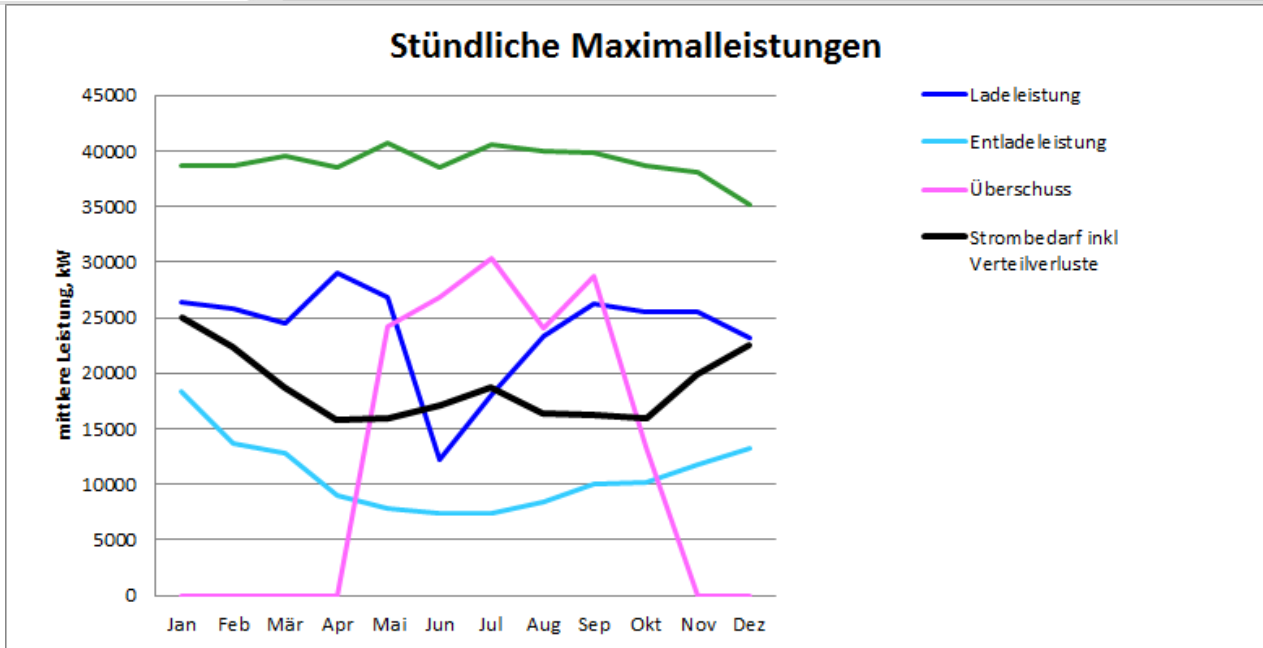
Bei zentralen Groß-Saisonspeicher treten hohen Netzleistungen auf.

=> Idee zur Reduktion der Leistungsspitzen:

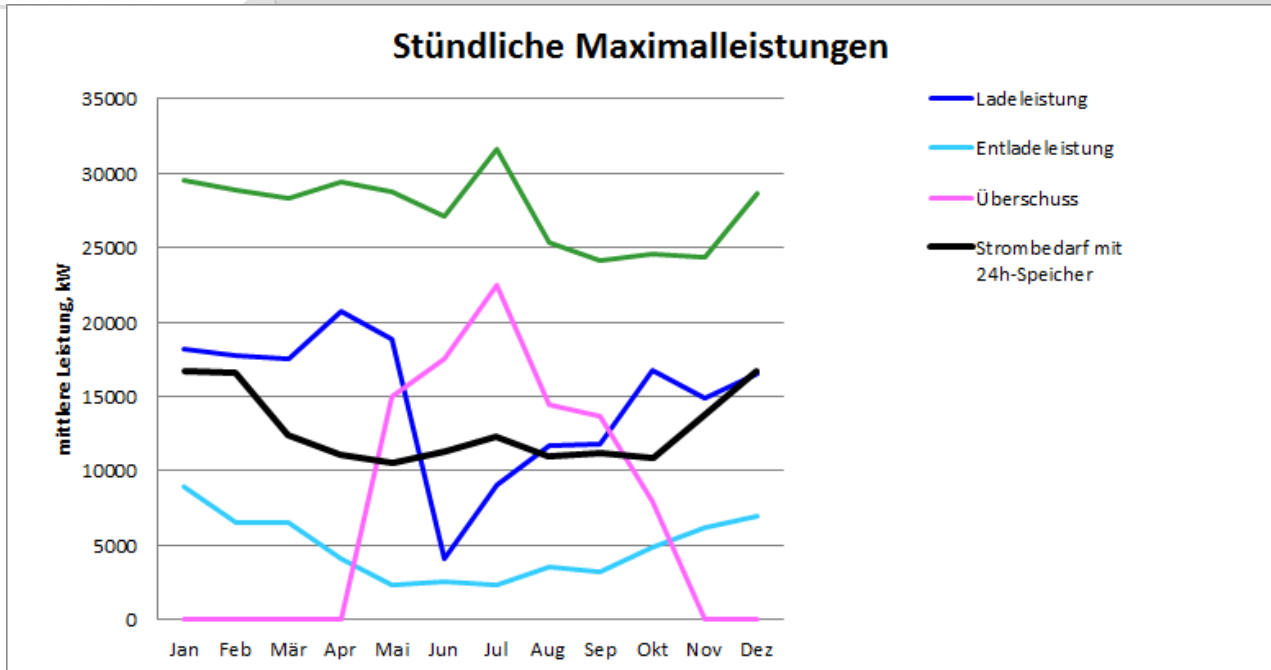
- Installation von regionalen kleinen Tagesspeichern

Auswirkungen werden simuliert

Leistungsspitzen ohne Tagesspeicher

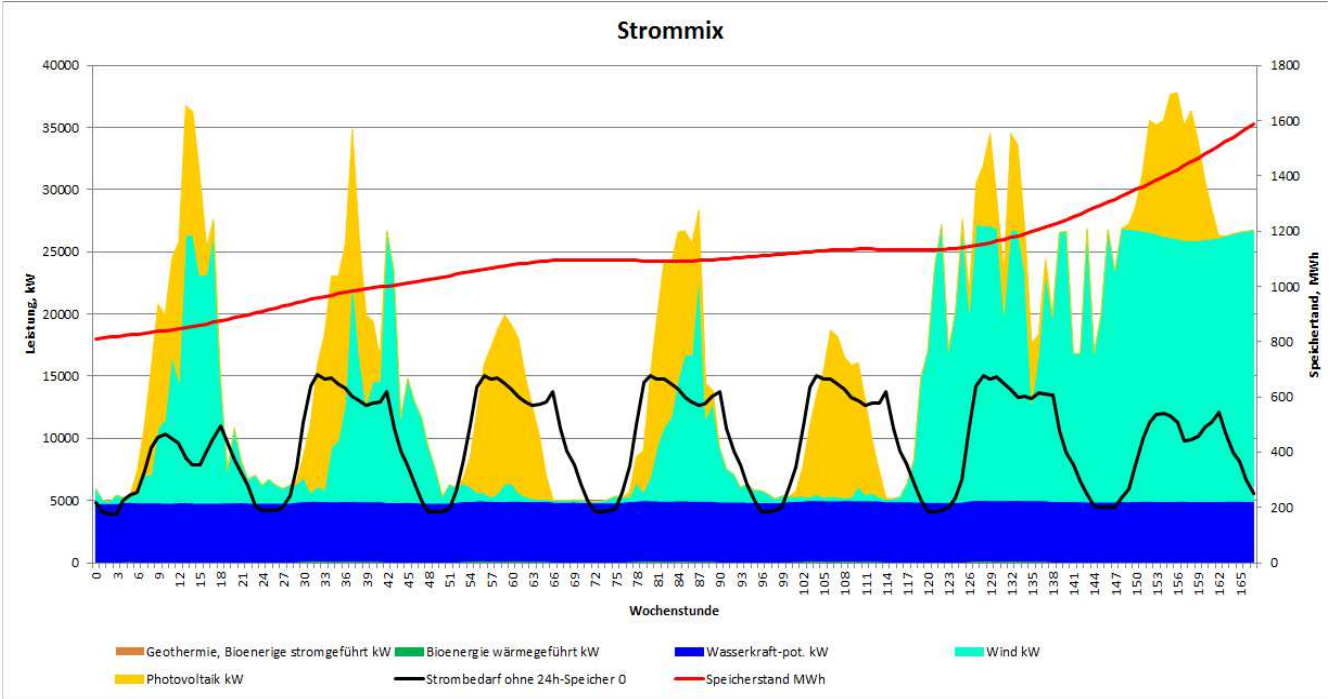


Leistungsspitzen – mit Tagesspeicher

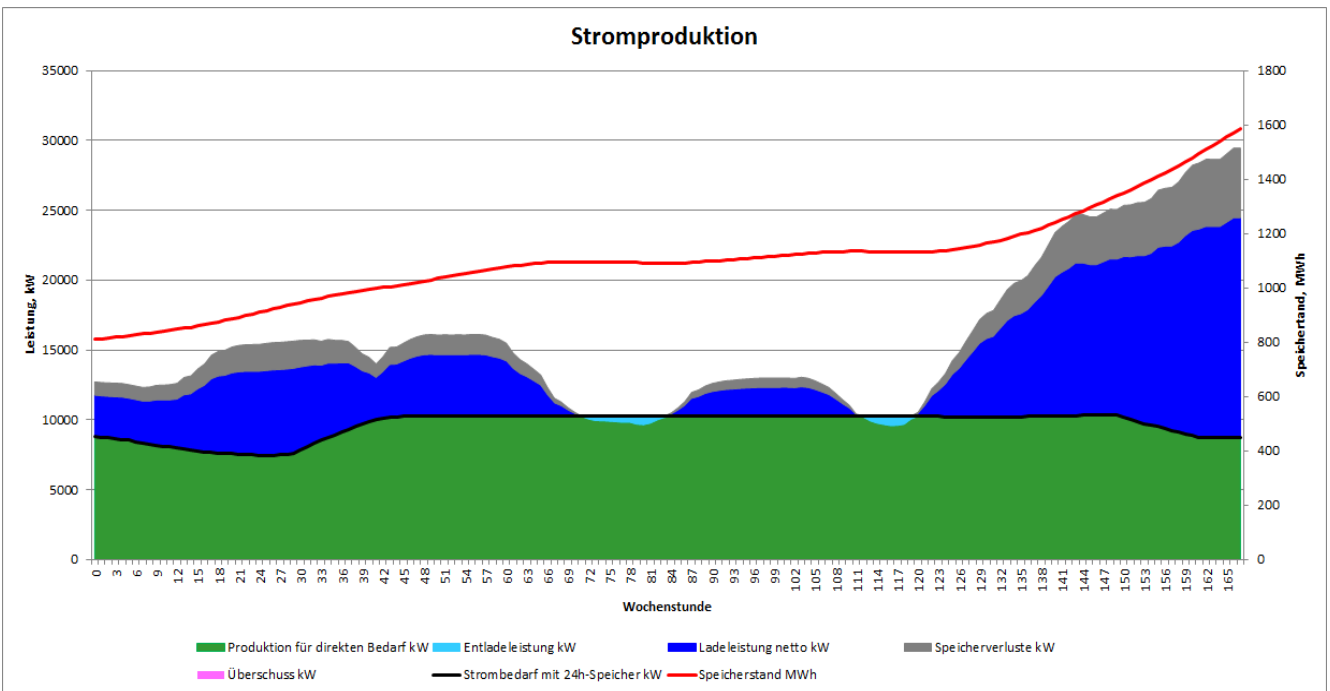


Leistungsspitzen werden in allen Bereichen um ca. 25% reduziert

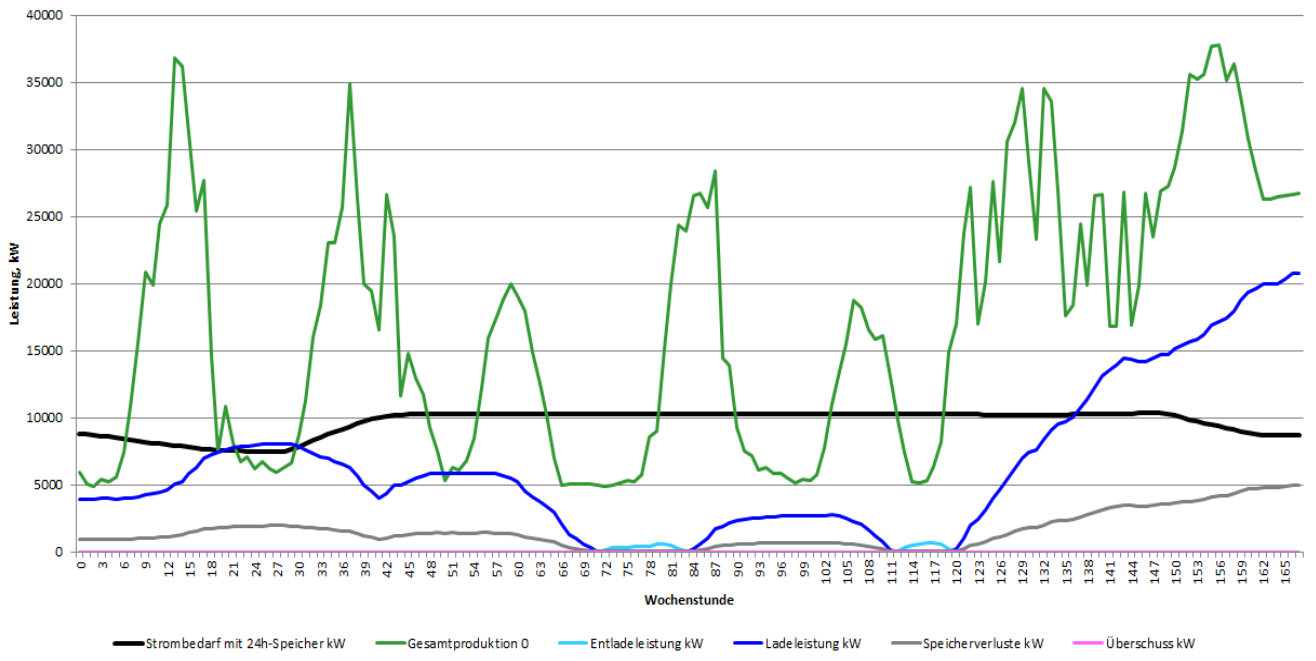
Leistungsspitzen in Woche 15



Leistungen in Woche 15 mit Tagesspeicher



Speicher



Regionale Kurzzeitspeicher

- Reduktion der Netzbelastung zu großen Langzeitspeicher
- Wirkungsgrad sollte mindestens so hoch wie Langzeitspeicher sein, damit keine zusätzlichen Verluste auftreten
- geeignete Speicher:
 - Akku (auch E-Autos)
 - Wärmespeicherung (Warmwasserbereitung)

Kaskaische Speicherlösungen:

- Regionale Kurzzeitspeicherung mit hohem Wirkungsgrad (Akku)
- Langzeitspeicherung mit hohem Wirkungsgrad (Pumpspeicher)
- Speicherung von Überschüssen in Methan, Wasserstoff (unterirdisch) Methanol (für Treibstoffe)

2. Lokale Systemintegration von Energiespeicher

- Grundlagen zu Photovoltaikanlagen mit Eigenbedarfsdeckung
- Verbrauchersteuerung
- Strompufferung mit Akku
- Notstromversorgung & Lastmanagement
- Power To Heat

2. Lokale Systemintegration von Energiespeicher

- Grundlagen zu Photovoltaikanlagen mit Eigenbedarfsdeckung
- Verbrauchersteuerung
- Strompufferung mit Akku
- Notstromversorgung & Lastmanagement
- Power To Heat

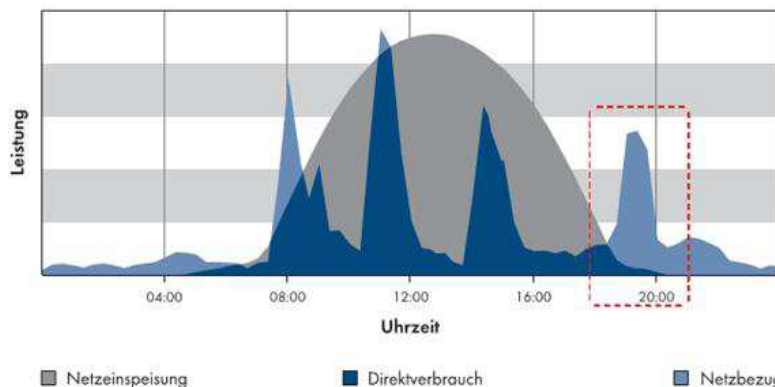
Stromtarife:

- Bezug: ca. 20 Ct/kWh
- Einspeisung ohne Ökostromtarif: 3,5 Ct/kWh bis 7,84 Ct/kWh
Bemerkung mit Sonderverträgen bis 1:1-Abgleich von Bezug und Einspeisung (mit Anlagenkauf bei Stromlieferant ...)
- Ökostromtarif: 12,5Ct/kWh auf Gebäude

Definition Eigenverbrauchsquote, Deckungsquote

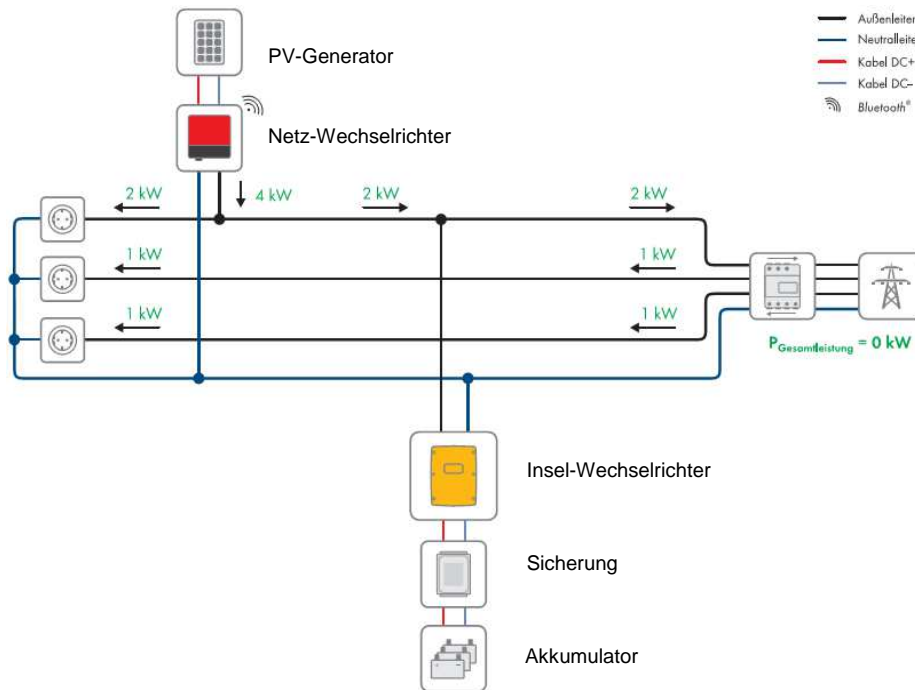
$$\text{Eigenverbrauch} = \int_{\text{Zeitspanne}} \text{Minimum}(\text{Produktion}(t); \text{Verbrauch}(t)) \cdot dt$$

$$\text{Überschuss} = \int_{\text{Zeitspanne}} \text{Maximum}(\text{Produktion}(t) - \text{Verbrauch}(t); 0) \cdot dt$$



$$\text{Eigenverbrauchsquote} = \frac{\text{Eigenverbrauch}}{\text{Produktion}}$$

$$\text{Solare_Deckungsquote} = \frac{\text{Eigenverbrauch}}{\text{Gesamtverbrauch}}$$

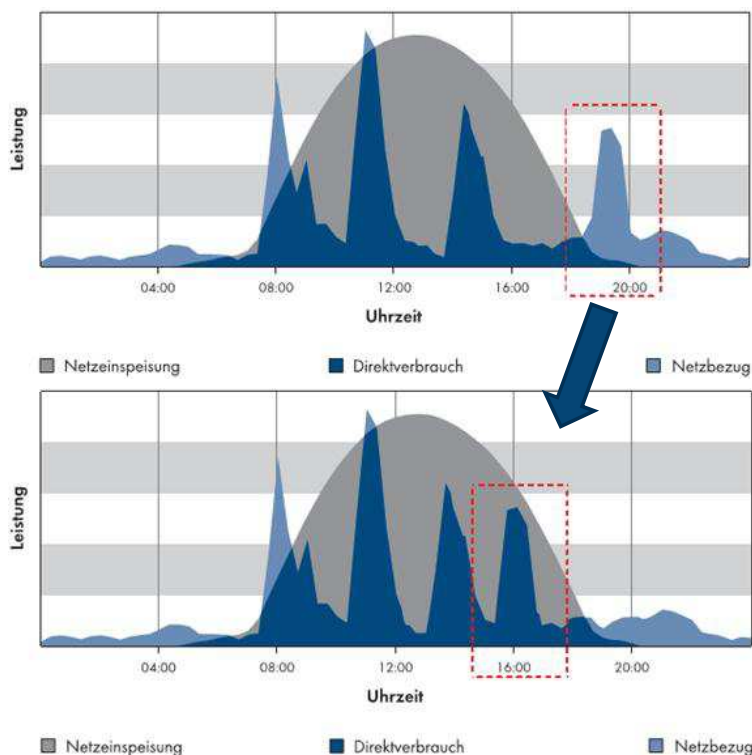


Berechnung erfordert Gegenüberstellung von Produktion und Verbrauch

- ideal: Messung zeitlicher Verlauf von Verbrauch und Wetterdaten
- Kombination smart-metering mit Referenzwetterdatensatz:
bei wetterabhängigen Verbrauchern fehlerhafte Charakteristik
- gute synthetische Profile erstellen ist aufwendig,
standardisierte Profil nicht praxisrelevant

2. Lokale Systemintegration von Energiespeicher

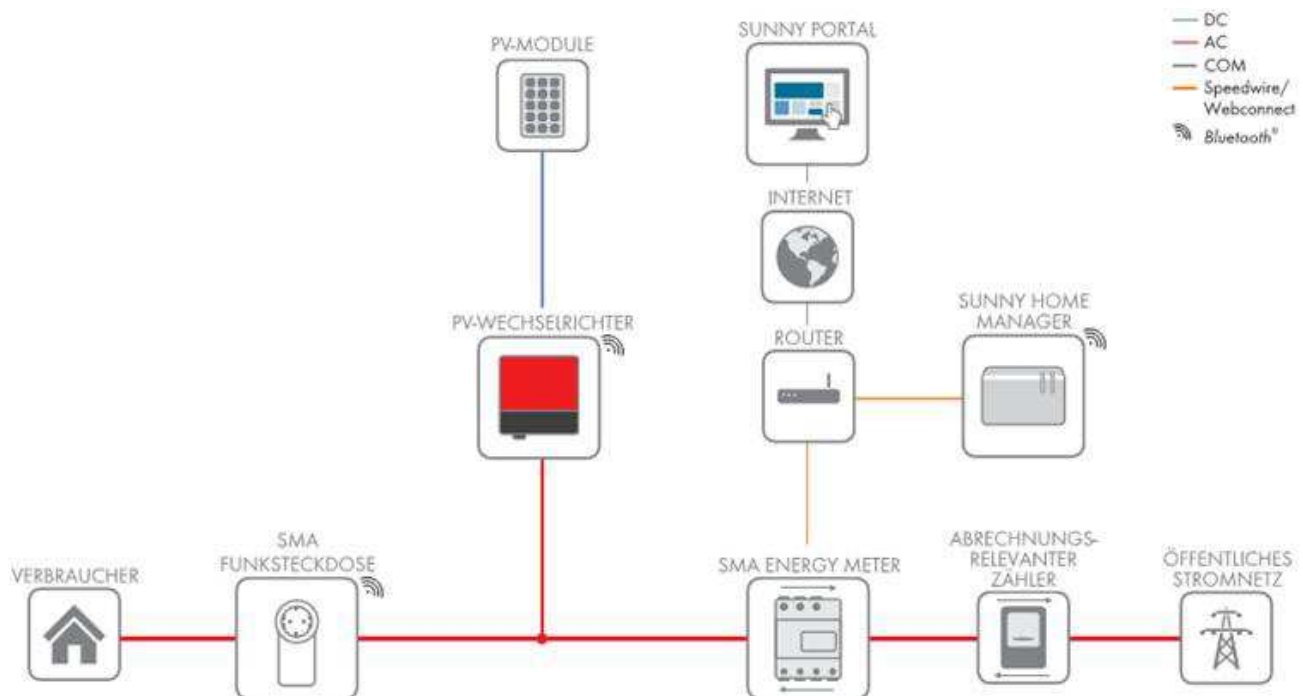
- Grundlagen zu Photovoltaikanlagen mit Eigenbedarfsdeckung
- **Verbrauchersteuerung**
- Strompufferung mit Akku
- Notstromversorgung & Lastmanagement
- Power To Heat



Verschieben von Einschaltzeiten manuell oder automatisch:

- Kühltruhen - Einschaltdauer von 35% bis 50%.
Betriebszeit z.B. mit Schaltuhr vorgeben, Kühlware ist Kältespeicher.
- Geschirrspüler, Waschmaschine:
Wahl des Programmstartzeitpunktes oft festlegbar.
Problem bei „vergesslichen“ elektronischen Steuerungen:
externes Einschalten funktioniert nicht.
- Heizungswärmepumpe, Brauchwasserwärmepumpe:
Optimierung z.B. über Heizzeiten
- Schwimmbad-Filterpumpe
- Klimagerät
- Ladegeräte für E-Auto

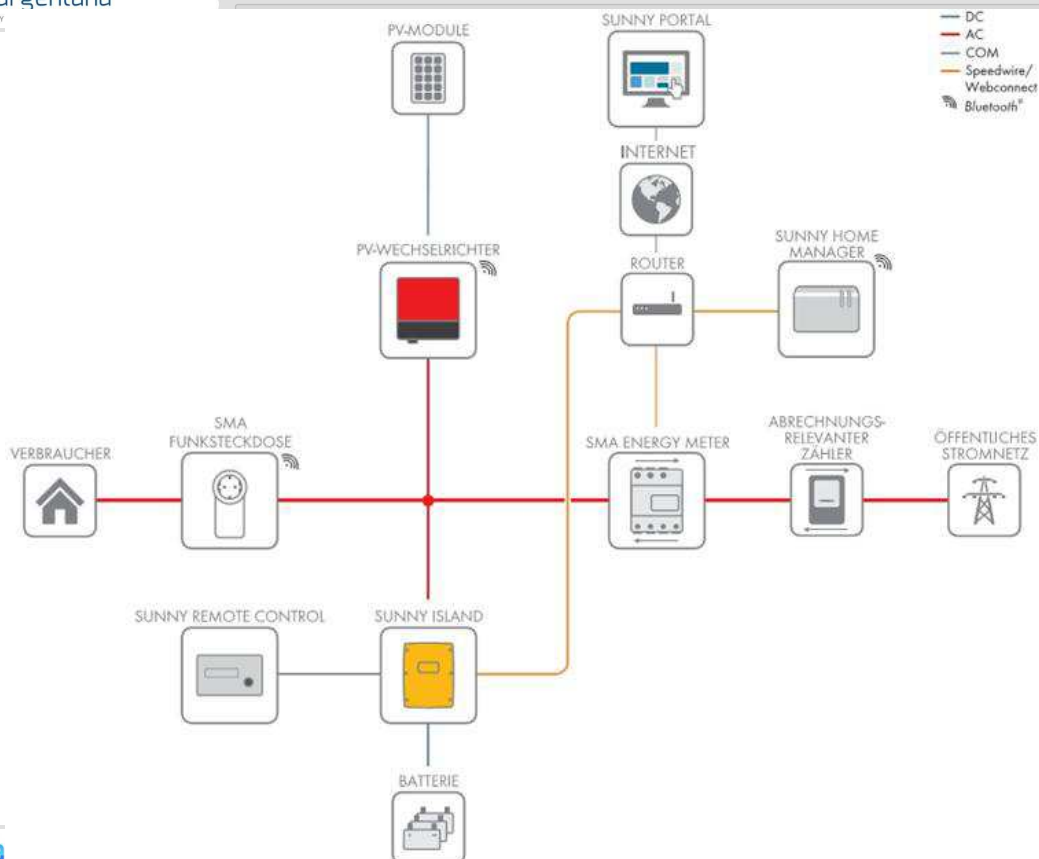
Automatische Verbrauchersteuerung - Homemanagement



2. Lokale Systemintegration von Energiespeicher

- Grundlagen zu Photovoltaikanlagen mit Eigenbedarfsdeckung
- Verbrauchersteuerung
- **Strompufferung mit Akku**
- Notstromversorgung & Lastmanagement
- Power To Heat

Strompufferung Akku (1)

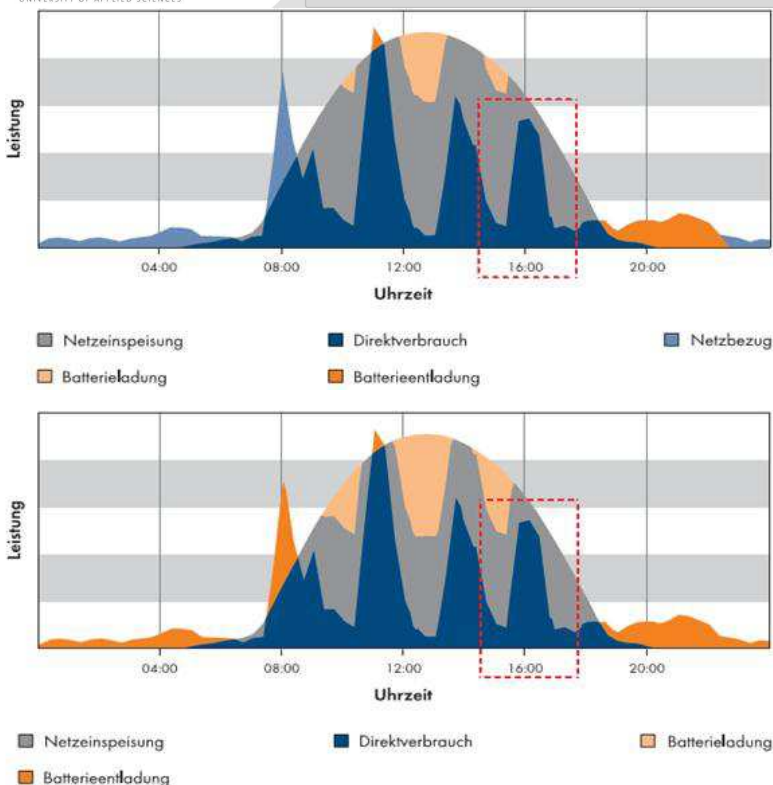


Strompufferung Akku (2)

Bauart	Leistungsdichte [Wh/kg]	Energie-wirkungsgrad	Zykluslebensdauer (Richtwerte)
Bleiakkumulator	30	60–70 %	500 bis 2500 abhängig von Bauart und Entladetiefe
Lithium-Ionen-Akkumulator auf der Basis von LiCoO ₂	120–210	90 %	
Lithium-Polymer-Akkumulator	140–260	90 %	
Lithium-Eisen-Phosphat-Akkumulator	80–140	94 %	10000 mit 71% Restkapazität
Nickel-Metallhydrid-Akkumulator	60–110	70 %	500 bis 1000

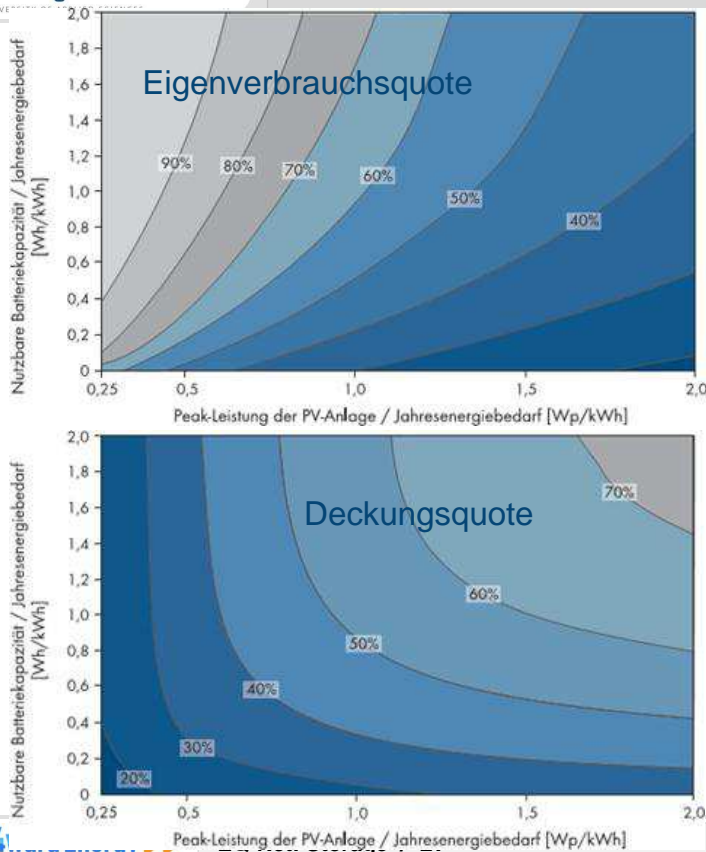
Akku ist steuerbarer variabler Verbraucher, jedoch mit 10% bis 40% Verlust.

Strompufferung Akku (3)



Die Kapazität bestimmt die Möglichkeiten der Lastverschiebungen

Strompufferung Akku (4)



Im Allgemeinen gilt bei gegebenem Verbrauchsprofil:

- je größer die spezifische Anlagenleistung, umso kleiner die Eigenverbrauchsquote und umso größer die Deckungsquote
- je größer die (nutzbare) spezifische Speicherkapazität, umso größer werden sowohl Eigenverbrauchsquote als auch Deckungsquote

Strompufferung Akku (5)

Kosten/Nutzen-Situation - LiFePo-Akku

Preis: 400 €/kWh

Ladezyklen für die Lebensdauer: 10000 bei 90% Entladetiefe

Speicherkapazität: 5 kWh

Strom aus Akku während der gesamten Lebensdauer:

$10000 * 5 \text{ kWh} * 0,9 \text{ (Wirkungsgrad)} * 0,9 \text{ (Entladetiefe)} = 40500 \text{ kWh}$

Kosten für den Akku: $400 \text{ Euro/kWh} * 5 \text{ kWh} = 2000 \text{ €}$

Batterie-Umrichter 4kW: 3000 €

Einbaukosten usw. grob: 1200 € .

Preis pro kWh, welche durch den Akku geht:

$$6200 \text{ €} / 40500 \text{ kWh} = \underline{15,3 \text{ Cent/kWh}}$$

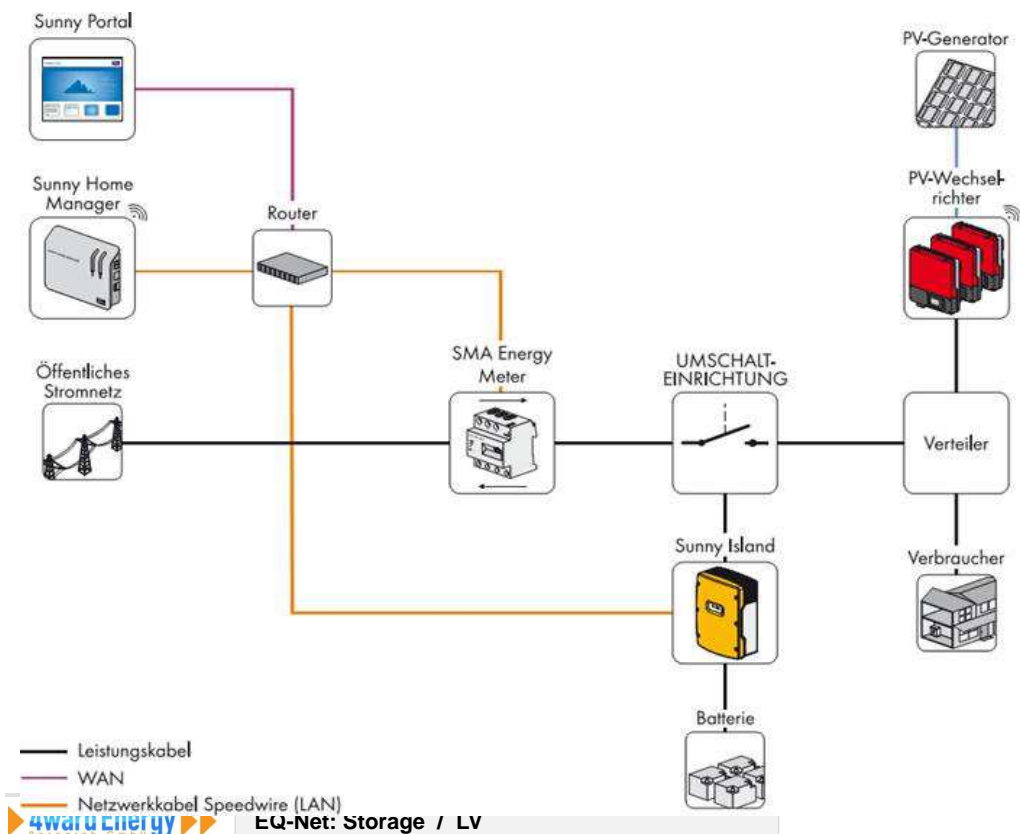
das ist die Preisdifferenz zwischen Einspeisetarif und Bezugstarif

=> Motivation: „mehr Unabhängigkeit in der Energieversorgung“

2. Lokale Systemintegration von Energiespeicher

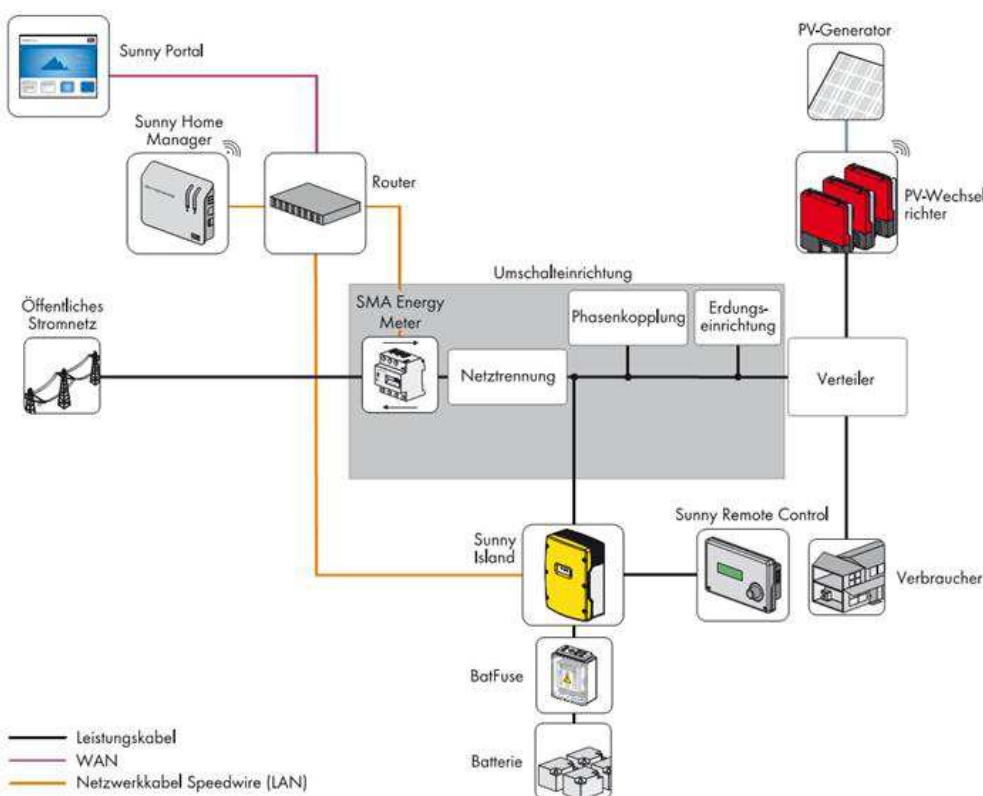
- Grundlagen zu Photovoltaikanlagen mit Eigenbedarfsdeckung
- Verbrauchersteuerung
- Strompufferung mit Akku
- **Notstromversorgung & Lastmanagement**
- Power To Heat

PV-Notstromversorgung (1)



Kombination aus Netz-PV-Anlage und Inselanlage.

- Zusätzliche Komponenten:
Akku, Inselwechselrichter (oder Hybridwechselrichter),
Netztrennung und ev. Phasenkopplung
- Akkugröße angepasst an Leistung und
Überbrückungsdauer für Notverbraucher
- dreiphasige Inselwechselrichterlösung ist universell, jedoch
teuer
- einphasige Inselwechselrichter: Mit Phasenkopplung
können alle Stromkreise erreicht werden.
Drehstrommotoren können nicht betrieben werden (am
besten automatisch abtrennen)



Akku + Insel-WR
werden gemeinsam
genutzt.

Kapazität des Akkus:
Bedarf für
Lastmanagement plus
Notstromversorgung

2. Lokale Systemintegration von Energiespeicher

- Grundlagen zu Photovoltaikanlagen mit Eigenbedarfsdeckung
- Verbrauchersteuerung
- Strompufferung mit Akku
- Notstromversorgung & Lastmanagement
- Power To Heat
 - Speicherung in Bauteilspeichermasse
 - Überschusspufferung im Brauchwasserspeicher
 - Brauchwasserbereitung und Klimatisierung
 - Regeltechnische Anforderungen

- Heizstab in Warmwasserspeicher, Heizung
Exergieverlust! Wärme : Strom = 1
- Wärmepumpe für Warmwasser
(COP = Wärme : Strom = 2,5 bis 3)
- Wärmepumpe für Heizung und Warmwasser
(COP=Wärme : Strom = 2,5 bis 4)

Heizen mit Heizstab ist ökologischer Rückschritt!

Es gibt zielgerichtete als Innovation gepriesene Produkte am Markt!

Bei jedem Gebäude kann bei Energieüberschuss das Haus innerhalb der Behaglichkeitsgrenzen leicht überwärmt werden bzw. im Sommer gekühlt werden.

Kostengünstig, da nur Regelung hierfür notwendig!

Heizperiode:

- Gebäude wird um 1°C bis 2°C überwärmt.
- COP der Wärmepumpe sinkt leicht
- Wärmeverlust des Gebäude steigt (5% bis über 15%)
- hohe Bauteilspeichermasse vorteilhaft (Stein, Beton, PCM-Platten)

Problem konkurrierende Prozesse bei Heizung:

- bei geringer Einstrahlung wird der PV-Strom auch ohne Wärmepumpe im Haushalt verwertet
- bei hoher Einstrahlung heizen passive Solareinträge
- **je besser das Gebäude gedämmt und je mehr Glas, umso weniger Potenzial für „Überschussverheizen“**
- Vorsicht am Rand der Heizperiode – es kann leicht sein, dass Überschüsse verheizt werden, obwohl überhaupt nicht mehr geheizt werden müsste. Da ist Einspeisung sinnvoller!
- **Vorsicht: der provozierte erhöhter Energieaufwand bei schlechter Regelung kann den vermeintlichen Eigenverbrauchsnutzen ins Gegenteil umkehren**

Kühlperiode:

Kühlbedarf tritt mit geringer zeitlicher Verzögerung auf.
Je nach Bauteilmasse 1 bis mehrere Stunden

Wenn in Wohngebäude gekühlt werden muss, scheint fast immer die Sonne.

Eine Kühlanlage erhöht daher die Eigenverbrauchquote.
Potenzial für die zusätzliche Nutzung von Überschüssen liegt eher in der Zeitspanne ehe das Gebäude wirklich gekühlt werden muss.

Kühlperiode:

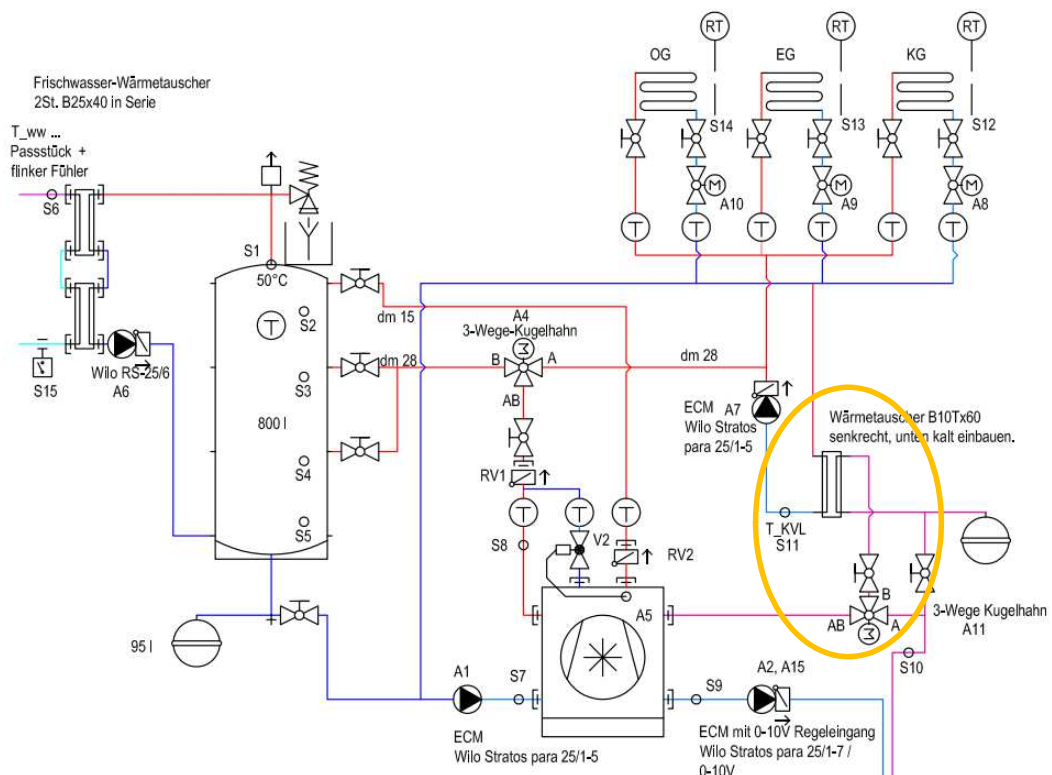
zu bedenken:

- COP der Wärmepumpe/Klimagerätes sinkt leicht
- Wärmeeintrag des Gebäude steigt – höhere Temperaturdifferenz nach außen
- hohe Bauteilspeichermasse vorteilhaft (Stein, Beton, PCM-Platten)

Vorsicht: der provozierte erhöhte Energieaufwand bei schlechter Regelung kann den vermeintlichen Eigenverbrauchsnutzen ins Gegenteil umkehren

Ganzjähriges Potenzial für Nutzung von Überschüssen:

- Normaltemperatur sollte auf die minimale Warmwasseraustrittstemperatur begrenzt sein (am besten Pufferspeicher mit Frischwasserstation – keine Legionellengefahr!) – ca. 45°C
 - mit Wärmepumpe kann bis 55°C geheizt werden
 - COP der Wärmepumpe wird dabei kleiner
 - dennoch: bei hohem Warmwasserbedarf kann mit 500l Speicher steht im Vergleich zur Speicherung in der Bauteilmassen ein höheres Pufferpotenzial zur Verfügung.
- ... günstiger als Akkupufferung**



- Die Wärmequelle der Wärmepumpe wird mit Wärmetauscher und Umschaltventil auf die Heizflächen umgeschaltet.
- Während der Warmwasserbereitung wird im Sommer aus dem „Heizflächen“ Wärme entzogen -> Kühlung
- ausreichend Kälte im Niedrigenergiehausbereich
- günstiger als die Prozessumkehr bei Wärmepumpen
- Gut geeignet bei Decken-, Wand- und FB-Heizung
- Vorsicht bei großen Glasflächen und geringem Warmwasserbedarf.

Lastverschiebung via Pufferung können mit erhöhtem Energieverbrauch verbunden sein:

- Heizen, Kühlen
- Warmwasserbereitung
- Kühlgeräte, Kühlräume
- Einsatz von Akku

Zahlreiche Einflussparameter müssen berücksichtigt werden

- augenblickliche Zustände des Gebäudes
- Wetterlage
- Wetterprognose
- Verbrauchsprognose

Evaluierung des Nutzens in der Praxis (Monitoring) schwierig, da Gebäude und Nutzerverhalten nicht leicht vergleichbar:

- Erfolg oder Misserfolg schwer belegbar – für Marketing daher gut verwertbar
- Simulationsrechnungen könnten das Verhalten besser als Monitoring vergleichen – Voraussetzung: reale Eingabedaten.

Haushalte haben sehr unregelmäßigen Verbrauch

- Regionales Lastmanagement wäre für den Ausgleich der Netzbelastung und für den Austausch volatiler Energie wichtiger als Lastausgleich im Haushalt.
 - ⇒ Homemanagement entscheidet nicht nach regionalem Bedarf. Z.B. entscheidet es im Haushalt für Speicherladung, obwohl die Nachbarschaft möglicherweise Strom brauchen und umgekehrt.
 - ⇒ bessere Lösung für Energiewende: variable Stromtarife angepasst an Produktion/Verbrauch. Tarif mit Rundsteuerung kommunizieren (% vom vertraglichen Durchschnittspreis) . Verbraucher entscheiden händisch/automatisiert.

3. Große thermische Speicher

- Nullwärme-Einfamilienhaus

Ziel: Integration eines thermische Saisonspeichers in ein Einfamilienhaus

Entwicklung eines Energiekonzepts für ein Einfamilienhaus ...

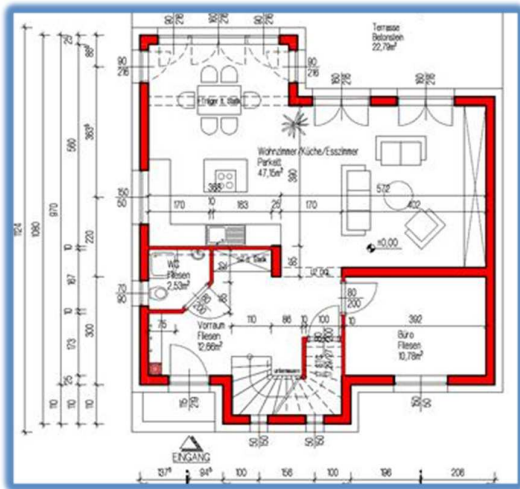
- 100% Raumwärme von der Sonne
- 100% Sonnenwärme für Warmwasser
- Klimatisierung vermeiden - wenn erforderlich, dann nur mit Solarenergie
- Standort Eisenstadt (Klimadatensatz 1981-2011)

Strom und Treibstoffe werden nicht betrachtet

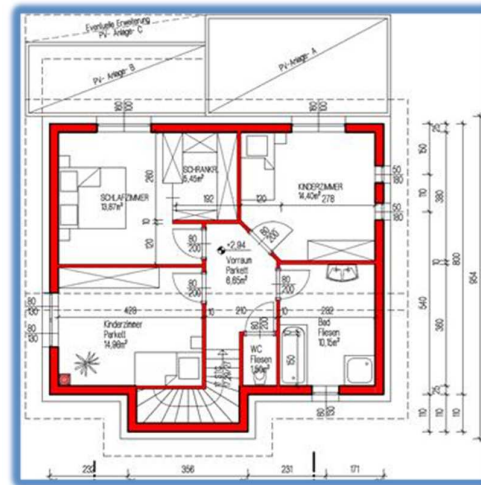
Gebäudesimulationsprogramm mit folgenden Features:

- Verwendung eines Referenzwetterdatensatzes mit für den Standort charakteristischen Witterungsschwankungen (Stundenwerte)
- Wärmebedarf, Kühlbedarf und wirksame Speichermasse des Gebäudes in Anlehnung an ÖNORM 8110
- Solarthermieanlage: Reine Brauchwasseranlage, teilsolare Heizungsunterstützung, Saisonspeichermodellierung (ohne Speicherschichtung). Validiert mit dem marktgängigen Programm T*SOL
- Modellierung von Luftundichtigkeiten (Infiltration), Lüftungswärmeverluste mit/ohne automatische Lüftung und Wärmerückgewinnung. Optional kann die Wärmerückgewinnung mit/ohne sommerlichen Bypass simuliert werden.
- Wärmepumpen (Luft, Erdreich/Wasser) werden mit dynamischer Berechnung des COP (abhängig von Witterung, Quelltemperatur, Abgabetemperatur) simuliert
- PV-Anlagensimulation





Erdgeschoss

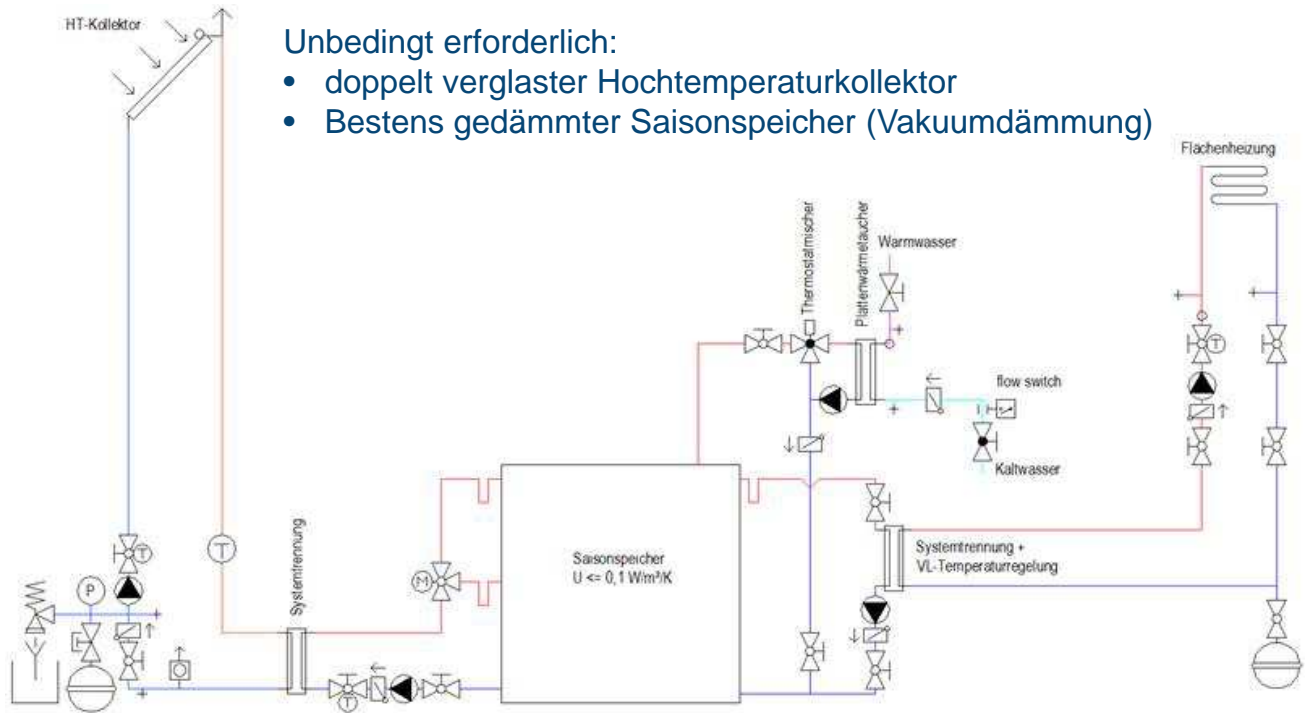


Obergeschoss

Eckdaten des SUN Gebäudes

Beheizte Nutzfläche	140m ² (EG und OG)
Beheizte Bruttogeschossfläche	192m ²
Bebaute Fläche	100m ² + 21m ² Terrasse
Dachfläche nach Süd, 25° Neigung	Süddach über OG: 80m ² Dach über Wohnzimmer: 14m ² über Terrasse: 21m ² Summe: 115m ²
U-Werte: Außenwand / obere Decke & Dachschräge / Kellerdecke	0,12 / 0,13 / 0,21 W/m ² /K (NEH) 0,09 / 0,10 / 0,154 W/m ² /K (PH)
Lüftungsrelevantes Volumen	398m ³
Wärmerückgewinnung Lüftungsanlage	88% (Energiewirkungsgrad)
Dichtheit des Gebäudes	n50 = 1,5/h (NEH) - 0,6/h (PH)
Heizlast	4.788 W (NEH) - 2.777 W (PH)
Jahreswärmebedarf	5.422 kWh/a (NEH) - 3.057kWh/a (PH)
Warmwasserbedarf für 4 Personen	3.032 kWh/a ... 180 l pro Tag bei 45°C, 88% Verteilungswirkungsgrad
Energiekennzahl	28,3 (NEH) –bzw. 16 kWh/m ² /a (PH)

Bemerkung: PH ... fast Passivhaus

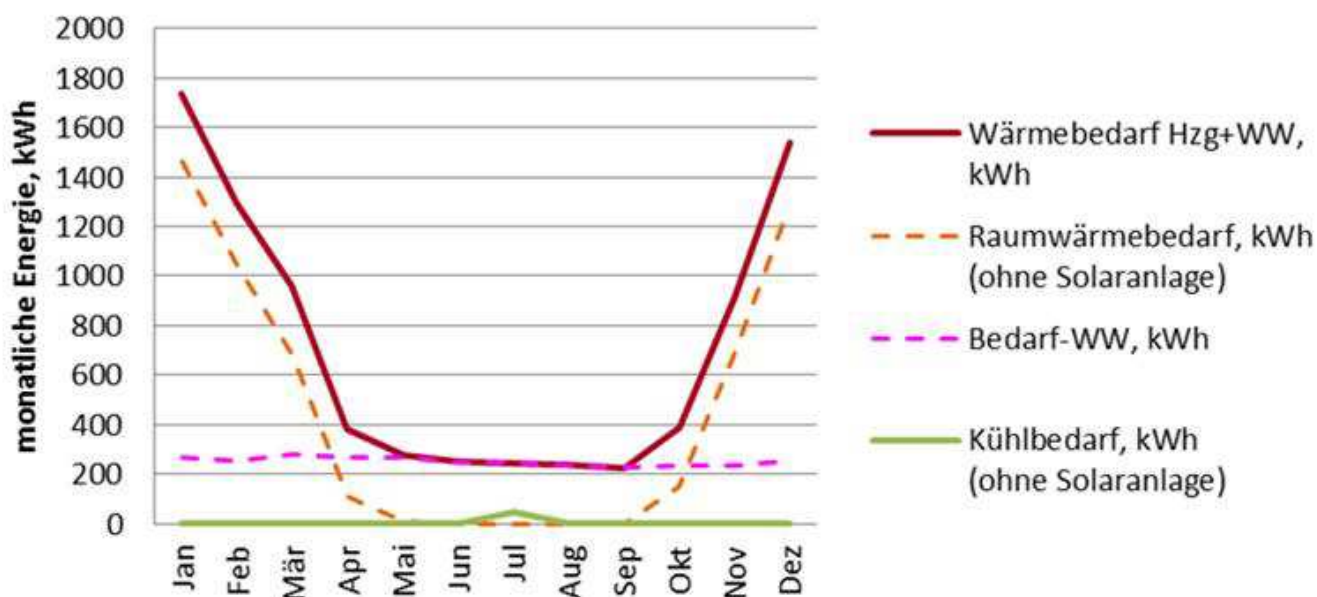


- Lüftung mit/ohne Wärmerückgewinnung
- Luftdichtheit
- Bauteildämmung
- Speichermasse

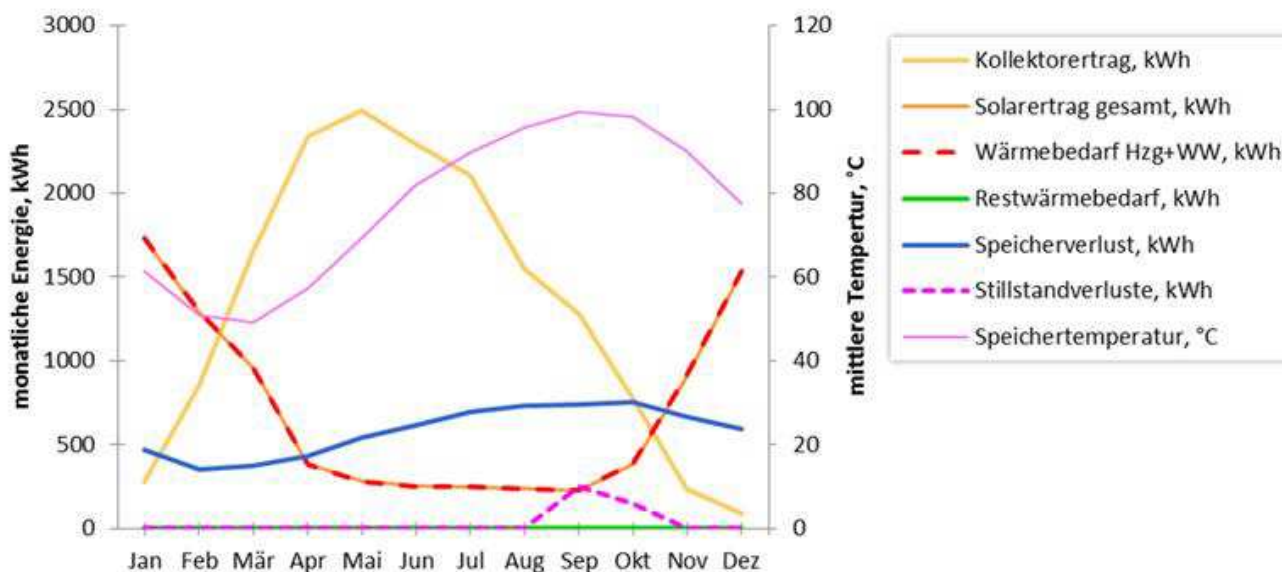
Erforderliche Solaranlage für 100% solarem Deckungsgrad

	Niedrigenergiehaus ohne Lüftung	Niedrigenergiehaus mit Lüftung
Kollektorfläche	41 m²	35 m²
Speichergröße	139,4 m³	112 m³
Heizlast	4.849 W	4.788 W
Jahreswärmebedarf	7.490 kWh/a	5.422 kWh/a
WB für Warmwasser	3.032 kWh/a	3.032 kWh/a

Energiebedarf für das Niedrigenergiehaus mit Lüftung



Charakteristische Energieverläufe Solaranlage für Null-Wärmehaus



- ausreichender Wärmeertrag
- geringe Überkapazität für ungünstige Jahre
- mögl. geringer Speicherverlust

Einfluss von Dämmstandard auf die erforderliche Größe der Solaranlage

	Niedrigenergiehaus mit Lüftungsanlage	Passivhaus
Kollektorfläche	35 m²	26 m²
Speichergröße	112 m³	80 m³
Heizlast	4.788 W	2.777 W
Jahreswärmebedarf	5.422 kWh/a	3.057 kWh/a
WB für Warmwasser	3.032 kWh/a	3.032 kWh/a
Energiekennzahl	28,3 kWh/m ² /a	16 kWh/m ² /a

Luftdichtheit, Speicherdämmung - erforderliche Größe der Solaranlage

	Niedrigenergiehaus mit Lüftung (n50=1,5 /h)	... mit besserer Dichtigkeit (n50=0,6 /h)	... mit besser gedämmten Speicher U-Wert = 0,05 statt 0,1 W/m ² /K
Kollektorfläche	35 m²	32 m²	26 m²
Speichergröße	112 m³	102,4 m³	100 m³
Heizlast	4.788 W	3.515 W	4.788 W
Jahreswärmebedarf	5.422 kWh/a	4.681 kWh/a	5.422 kWh/a
WB für Warmwasser	3.032 kWh/a	3.032 kWh/a	3.032 kWh/a
Energiekennzahl	28,3 kWh/m ² /a	24,4 kWh/m ² /a	28,3 kWh/m ² /a
Speicherverluste	6.972 kWh/a	6.551 kWh/a	3.227 kWh/a

Speicherkapazität des Gebäudes ohne/mit Betonkern+Aktivierung

	Speicherkapazität ohne Bauteilaktivierung	Speicherkapazität mit Bauteilaktivierung
Niedrigenergiehaus	65.905 kJ/K	161.687 kJ/K
Passivhaus	67.259 kJ/K	162.992 kJ/K

Einfluss der Bauteil-Speicherkapazität auf die Größe der vollsolaren Anlage

zusätzlicher Beton mit Aktivierung	Niedrigenergiehaus mit Lüftung		Passivhaus	
	Ohne	Mit	Ohne	mit
Kollektorfläche	35 m²	35 m²	26 m²	26 m²
Speichergröße	112 m³	112 m³	80 m³	78 m³
Heizlast	4.788 W	4.788 W	2.777 W	2.777 W
Jahreswärmebedarf	5.422 kWh/a	5.327 kWh/a	3.057 kWh/a	2.957 kWh/a
WB für Warmwasser	3.032 kWh/a	3.032 kWh/a	3.032 kWh/a	3.032 kWh/a
Energiekennzahl Heizen	28,3 kWh/m ² /a	27,8 kWh/m ² /a	16,0 kWh/m ² /a	15,4 kWh/m ² /a

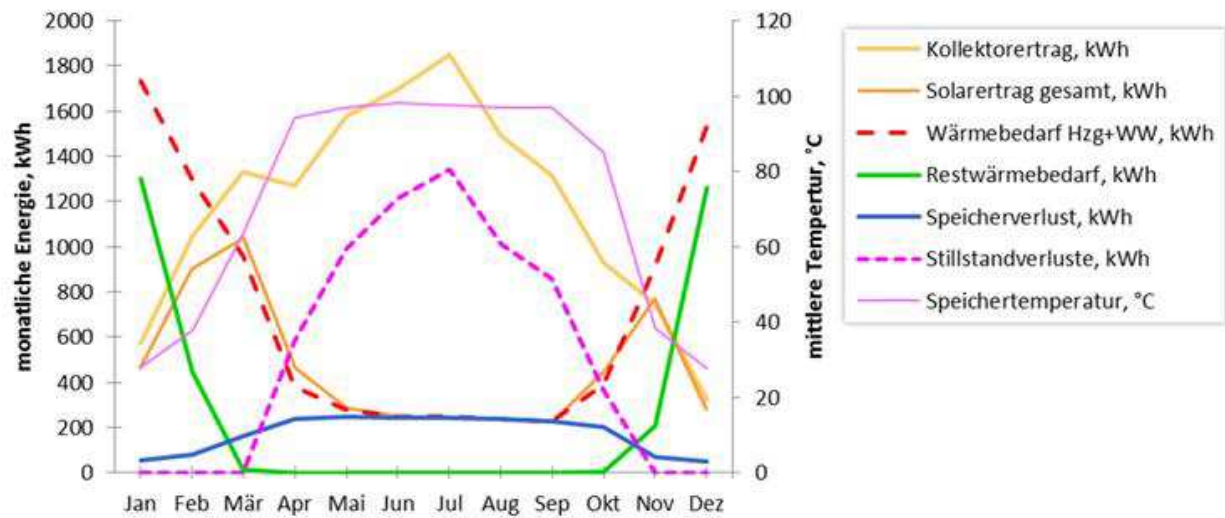
Betonkernaktivierung hat (fast) keinen Einfluss auf die vollsolare Wärmeversorgung

Exkurs - Bauteilaktivierung bei teilsolarer Wärmeversorgung

	Niedrigenergiehaus mit Lüftung		
	Ohne Bauteilaktivierung (max. VL-Temp. = 35°C)	Mit Bauteilaktivierung (max. VL-Temp. = 28°C)	Ohne Bauteilaktivierung , mehr Flächenheizung (max. VL-Temp. = 28°C)
Kollektorfläche	35 m ²	35 m ²	35 m ²
Speichergröße	2,52 m ³	2,52 m ³	2,52 m ³
Solarer Deckungsgrad Wärme	62 %	65%	63%

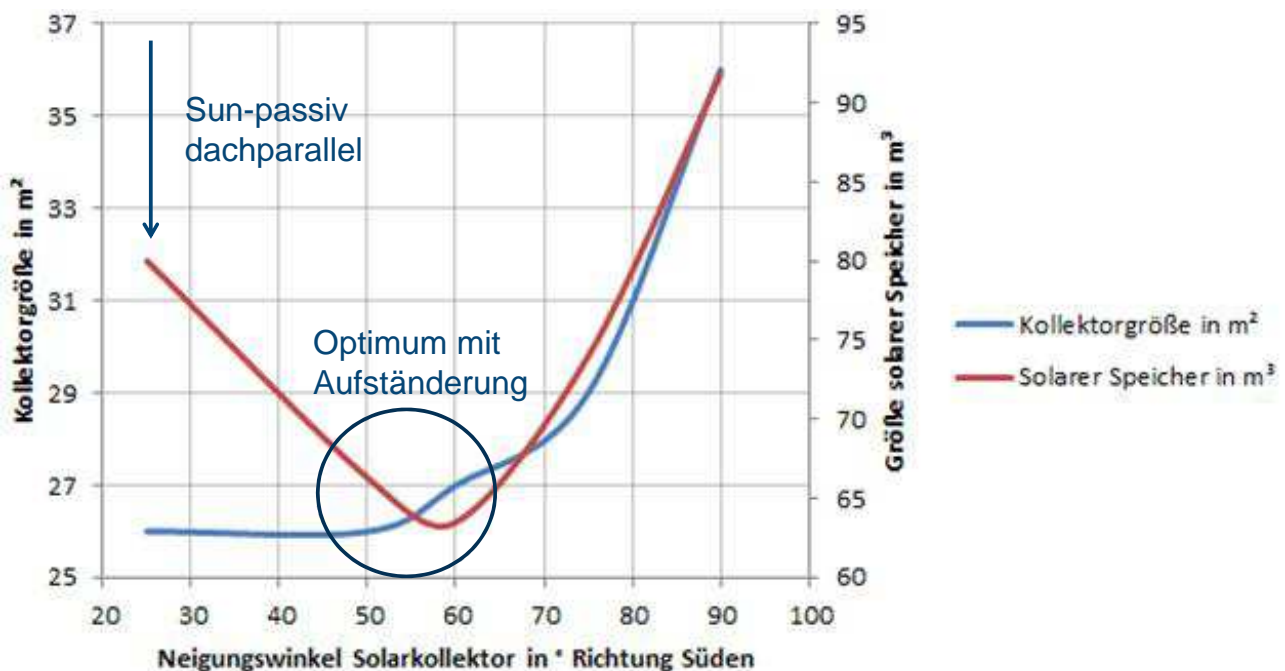
Zusätzliche Bauteilspeichermasse verbessert den solaren Deckungsgrad – sofern die **Heizungsregelung eine bis zu 2°C Überwärmung bei hohem Strahlungsangebot** zulässt.

Exkurs: Energieflüsse bei teilsolare Wärmeversorgung



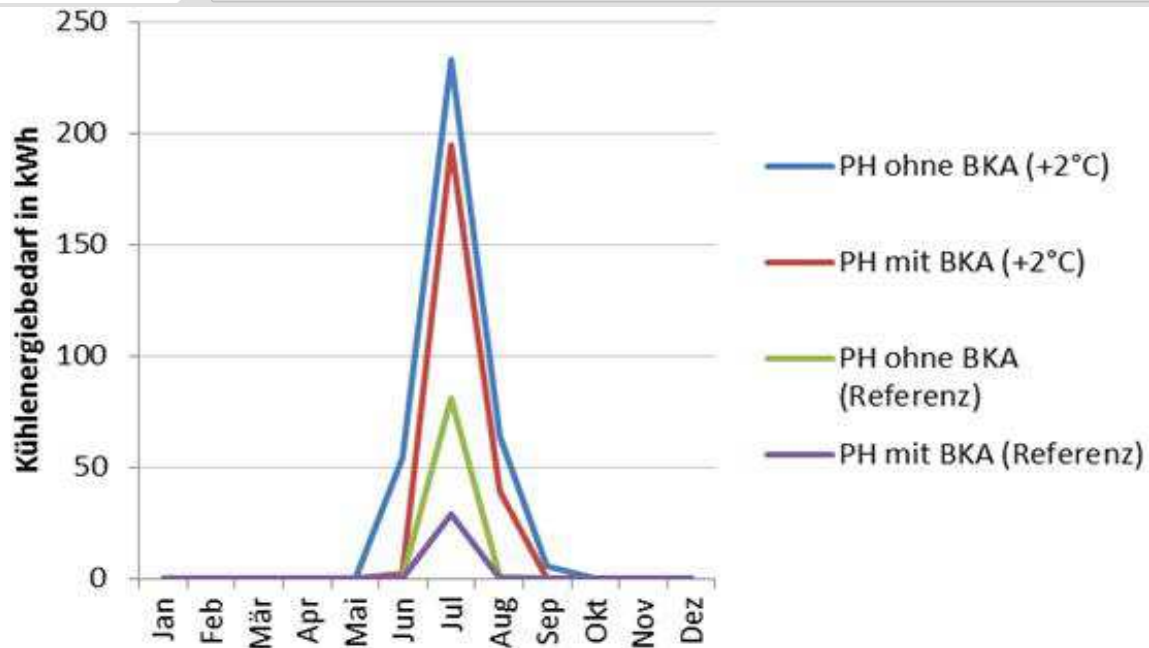
Außerhalb der Heizperiode: viel solare Überschusswärme

Einfluss des Kollektorneigung auf die Größe der Solaranlage für Passivhaus



Kollektorneigung mit 50° bis 60° verringert die erforderliche Speichergröße

Kühlenergiebedarf mit/ohne Betonkernaktivierung



... bei Referenzklima und +2°C wärmeren Temperaturen

Sommertauglichkeit bei unterschiedlicher Speichermasse

Bauweise - vor allem Obergeschoß	Referenz- Wetterdatensatz		Referenz- Wetterdatensatz +2°C	
	Passivhaus mit zusätzlicher Speichermasse	Passivhaus mit Leichtbau OG	Passivhaus mit zusätzlicher Speichermasse	Passivhaus mit Leichtbau OG
Kühllast	2.534 W	2.888 W	3.078 W	3.078 W
Jahreskühlbedarf	29 kWh/a	127 kWh/a	237 kWh/a	431 kWh/a
Maximale Raumtemperatur ohne Kühlgerät	26,5°C	28,7°C	28,4 °C	30,5 °C

Eindringende Warmluft steigt zuerst ins Obergeschoß.
Die Basisvariante hat eine Dachschräge aus Gipskartonplatten.
Die wirksame Speichermasse kann mit Beton („Sargdeckel“) oder PCM-Speicherplatten im Obergeschoß vergrößert werden.

- Simulation basiert auf standardisiertem Nutzerverhalten – ungünstiges Nutzerverhalten führt zu oft viel größerem Klimatisierungsenergieaufwand
- Klimaanlage verführt zur sorglosem Nutzerverhalten ...
 - offene Fenster tagsüber
 - kein Querlüften in der Nacht
 - vergessener Sonnenschutz
- Daher: Regelung für Heizen und Kühlen mit Fensterkontakte motiviert richtiges Nutzerverhalten
 - Heizen bzw. Kühlen aus, wenn Fenster/Türen offen.
 - Hinweis auf Querlüften, wenn sinnvoll – Optimierung des Lüftungsanlagenbetriebs
- Beruhigend - Photovoltaik-Strom kann mit Klimaanlage gut synchronisiert werden –Effizienz dennoch wichtig. Speichermasse kann Stundenverzögerung abfedern

Energetische Mehraufwände des SUN-Passivhauses mit vollsolarer Wärmeversorgung gegenüber SUN-Niedrigenergiehaus ohne Lüftung ...	
Spezifischer PEI für Kollektor ¹	408 kWh/m ²
Spezifische PEI für solaren Speicher ²	0,743 kWh/l
PEI Solarkollektor	10.608 kWh
PEI solarer Speicher	59.440 kWh
PEI für zusätzliche Dämmung	15.484 kWh
PEI zentrales Lüftungsgerät ³	2.323 kWh/Stück
Abzug PEI Luft-Wärmepumpe	-8.822 kWh
Summe zusätzlicher PEI (fix)	79.033 kWh
Jährlicher PEI Strom Solarthermie (variabel)	372 kWh/a
Jährliche primärenergetische Einsparung	7.989 kWh/a
Energetische Amortisationszeit (statisch)	9,9 Jahre
¹ eigene Berechnungen	
² Baubook (2014) und eigene Berechnungen	
³ Baubook (2014)	

- Nullwärmekonzept für Einfamilienhäuser ist mit sehr großem und bestens gedämmten Saisonspeicher möglich und ökologisch bei langfristiger Betrachtung rechtfertigbar.
 - Für wirtschaftliche Lösungen sind Einfamilienhäuser zu klein.
 - Mit zunehmender Speichergröße wird das Verhältnis Volumen : Oberfläche günstiger
- ➔ Nullwärmekonzept für kompakte Niedrigenergiehaus-Siedlungen lässt ökologisch und wirtschaftlich bessere Ergebnisse erwarten

- Bauteilspeichermasse im Obergeschoß ist im Niedrigenergie- und Passivhausbereich für die Sommertauglichkeit wichtig.
- Wegen Klimaerwärmung ist mit einer Zunahme von Klimaanlageanlagen zu rechnen
- **Klimaanlagen begünstigen ungünstiges Benutzerverhalten, welches den Energieaufwand stark nach oben treibt**
- Regelungen für Klima-, Heizung und Lüftungsanlage mit Fenster-Tür-Kontakte können richtiges Benutzerverhalten motivieren und für Effizienz sorgen.
- Strom aus PV-Anlagen können den Klimatisierungsaufwand im Zusammenspiel mit Speichermassen gut synchronisiert werden.

1. Wie kommen wir über den Winter:

- Der natürlicher Energiespeicher Biomasse kann Strom, Wärme und Treibstoff auf Abruf liefern.
 - Voraussetzung:
wärmegeführte Betriebsweise von BHKW, BTL-Anlagen
kein/kaum Sommerbetrieb
 - Ökostromtarife für Biogas, Biomasse:
10 bis knapp 20Ct/kWh
nur mit stromgeführter Betriebsweise wirtschaftlich!
Zum Vergleich: Wasserstoffspeicherung, Power-To-Gas Speicherkosten
auch zukünftig >> 25Ct/kWh
- Für die Vergütung der wärmegeführten Betriebsweise von BHKWs gibt es noch einigen Spielraum – politischer Wille!
- Potenzial von Biomasse relativ knapp!

1. Wie kommen wir über den Winter:

- Der Energiemix kann mit einem ausreichend hohem Windenergieanteil wintertauglich(er) gemacht werden
- Vorhandene Pumpspeicherkapazität kann mit obigen Maßnahmen im Durchschnittsjahr für Österreich ausreichen.

2. Sommerliche Überschüsse:

- Sommerliche Produktionsüberschüsse decken Speicherverluste und stellen ein Potenzial für Power-To-Gas (PTG) bzw. Power-To-Liquid (PTL) dar.
- Vorhandene Gasspeicher reichen für fast eine Saison und bieten eine sichere Reserve für schlechte Jahre
- PTL-Treibstoff ist als Ergänzung zu BTL erforderlich, um die Treibstoffkrise zu bewältigen.

3. Regionale/Lokale Energiespeicher:

- Kurzfristspeicher (Tag ...)
- reduzieren die auftretenden Leistungsspitzen im Verteilnetz vom Erzeuger zum Verbraucher bzw. zu Großspeicher
- Bei PV-Anlagen wird durch die Tarifsituation der Einbau von Speicher provoziert.
- Aus technischer und Sicht sind Energiespeicher beim Endverbraucher nicht erforderlich.
- Ein nicht ausgereiftes PowerToHeat-Management kann den erhofften Nutzen ins Gegenteil umkehren.
- E-Autos werden ein Potential für Lastmanagement bieten
- ➔ Variable Stromtarife nach physikalischer Verfügbarkeit der Energie ermöglichen bessere Verbrauchersteuerung und Speicherintegration.
- ➔ Senkung der Netzkosten im Verhältnis zu Energiekosten erforderlich

3. Regionale/Lokale Energiespeicher:

- Rechtliche Rahmenbedingung für Eigenbedarfsnutzung in Mehrfamilienhäuser, Bürogemeinschaften, ... verhindern derzeit ein gemeinsames Energiemanagement.

4. Thermische Großspeicher:

Für kompakte Siedlungsgebiete interessant.

Bieten Lastausgleich zur Entspannung von Winterengpässen in der zukünftigen Wärmeversorgung.