

# Energie Network Schweiz

After-work Event bei Super computing systems AG

25.1.2013

“Energiemodell SCS”

**Vision trifft Realität.**

Supercomputing Systems AG    Phone +41 43 456 16 00  
Technopark 1                      Fax    +41 43 456 16 10  
8005 Zürich                         www.scs.ch

**SCS**  
super computing systems

# Inhalt

Stephan Moser, SCS:

- Modell “Energiewirtschaft Schweiz”: Motivation, Eigenschaften
- Einige Beispiel-Szenarien

Prof. Dr. Anton Gunzinger, SCS:

- Folgen für die Netze
- Kosten
- Mögliche politische Massnahmen

# Wer ist Supercomputing Systems AG?

- ETH-Spinoff, 20-jährig, Fokus Computersysteme
  - Gründer und Owner: Prof. Dr. Anton Gunzinger
- Engineering im Kundenauftrag, projektbasiert
- 80 Ingenieure; Schwerpunkte Software, Elektronik, Algorithmik, Datenverarbeitung, FPGA/DSP, Bildverarbeitung
- Internationale Kundschaft aus High Performance Computing, Life Sciences, Automobilindustrie, Maschinenindustrie, Medien, Energiewirtschaft, Öffentlicher Verkehr und weiteren
- Standort Technopark

# Modell “Energiewirtschaft Schweiz”: Motivation für ein offenes Modell der el. Energieversorgung CH

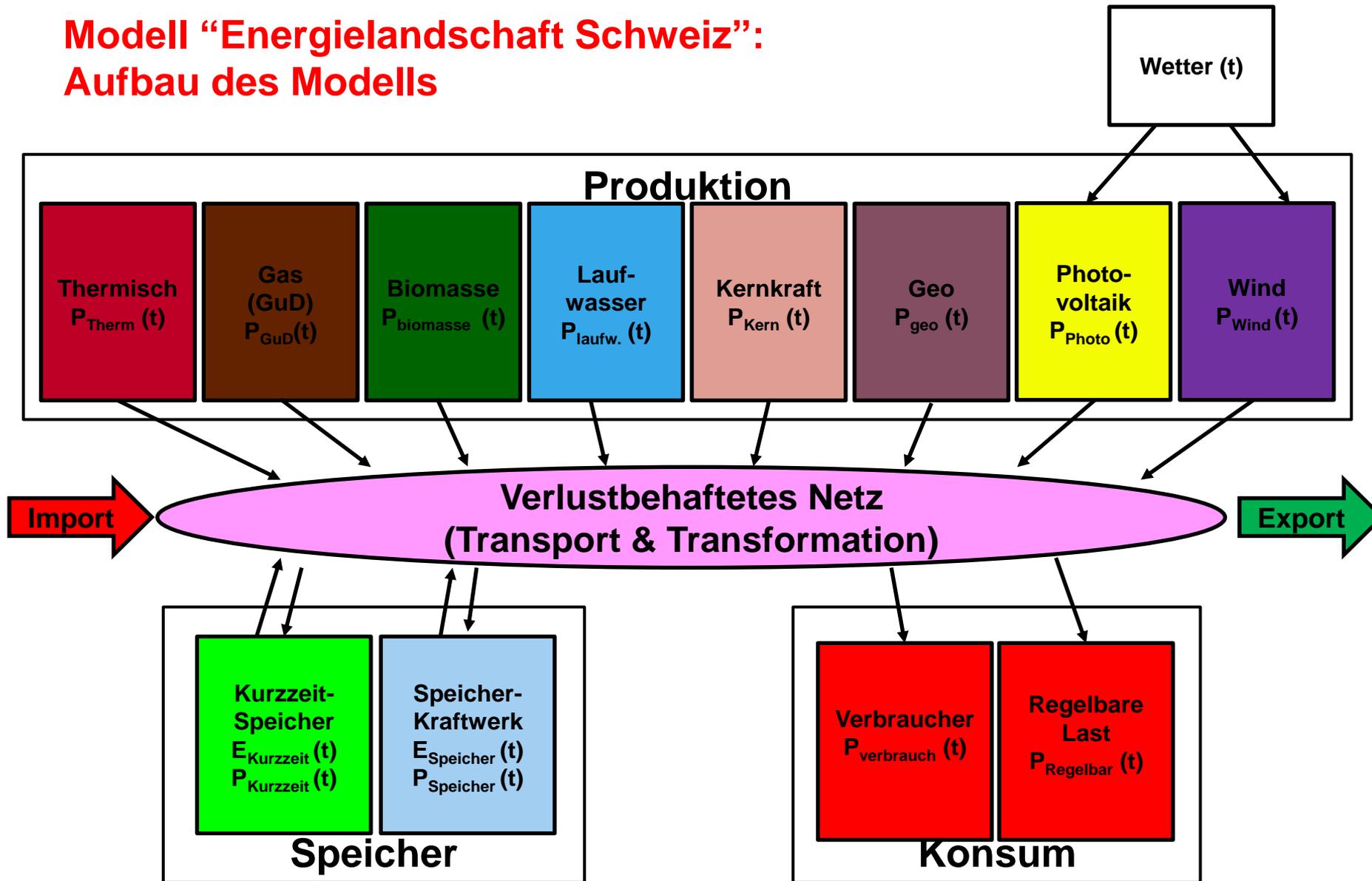
- Physik-basierte Simulation von Energieversorgungs-Szenarien übers Jahr
  - Mit Szenarien “spielen” können
  - Sensitivitäten von Parametern erkennen
  - Massnahmen einführen und Einfluss bestimmen
  - Auswirkungen auf Energienetze aufzeigen
- 
- **Stand Modell in dieser Präsentation: 15.Januar 2013**
    - *Das Modell befindet sich in Weiterentwicklung*

# Modell “Energiewirtschaft Schweiz”: Aufbau des Modells

Ziele der Szenarien:

- Energiebilanz im Jahresmittel ausgleichen (Referenzjahr: 2010)
- Leistungsbilanz jederzeit ausgleichen
- Leistungsflüsse aufzeigen
  
- Inselbetrachtung CH
  
- Set von Verhaltensregeln für Kraftwerke und Speicher
  
- Meteodaten (Solar & Wind) für 2010, Auflösung 1'

# Modell "Energiewirtschaft Schweiz": Aufbau des Modells



# Modell “Energiewirtschaft Schweiz”: Datengrundlage

- Verbrauchsstatistik 2010 (Zeitauflösung 15’):  
swissgrid
- Produktionsstatistik 2010 (Zeitauflösung 1 Tag – 1 Woche):  
Bundesamt für Energie und swissnuclear
- Speicherseen Füllgrad-Statistik 2010 (Zeitauflösung 1 Woche):  
Bundesamt für Energie
- Solar- und Wind-Statistik CH (Jahresverlauf mit Zeitauflösung 1’):  
meteonorm
- Verteilung PV: 20 Standorte Städte sowie 20 Standorte Alpen
- Verteilung Wind: 20 Standorte in besten Regionen

# Modell “Energiewirtschaft Schweiz”: Spielregeln für Kraftwerke und Speicher für Inselbetrieb

## Deckung des Bedarfs

- Decke den Bedarf zunächst aus Thermischen Kraftwerken, Laufwasserkraft, Biomasse (falls vorhanden) und PV (falls vorhanden)
- Für weiteren Bedarf dezentrale Batterie hinzuziehen
- Rest Deckung durch Speicherkraftwerke und/oder zusätzlich GuD (falls vorhanden)

## Bei Überproduktion

- Anfallenden Überschuss in dezentralen Batteriespeicher abführen
- Restlichen Überschuss in Pumpspeicherseen pumpen (Stauseen werden primär für den Jahresausgleich verwendet)

## Lastverschiebung

- Falls ein Überschuss absehbar ist (am aktuellen Tag), fange diesen zunächst möglichst durch verschobene Last ab

# 1. Szenario: "Weiter wie bisher"

- KKW gleichbleibend
- Laufwasser gleichbleibend
- Speicherausbau wie geplant:
  - 10TWh saisonal, 8.5GW
  - 0.2TWh kurzfristig, 5GW
- Endverbrauch wie 2010

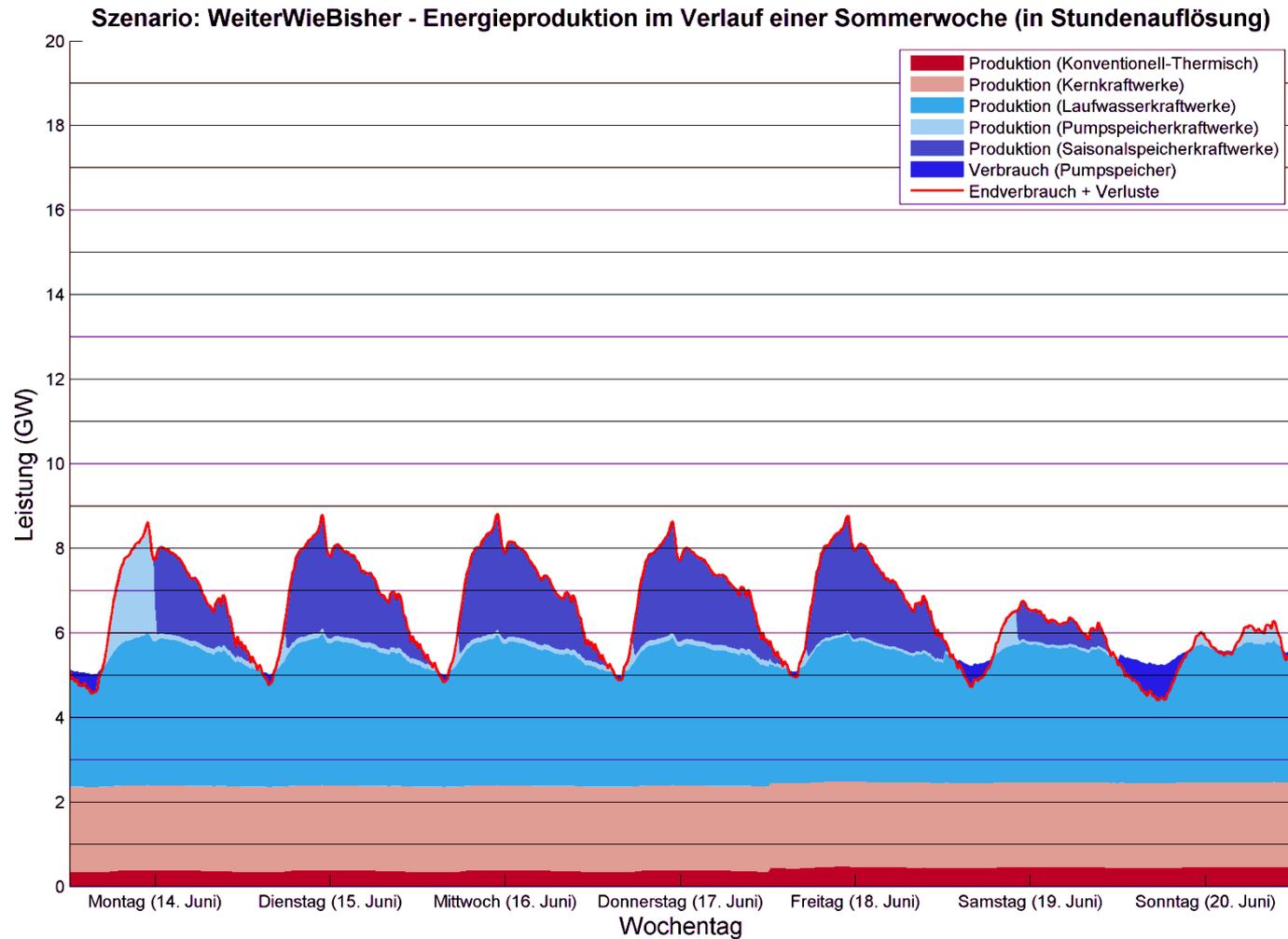
Szenario: WeiterWieBisher - Alte KKW		
Parameter		
Produktion Thermisch		3.70 TWh
Leistung Nuklear		3.43 GW
Produktion Laufwasser		16.60 TWh
Leistung Biomasse		0.00 GW
Leistung Geoelektrisch		0.00 GW
Leistung Solar		0.00 GW
Leistung Wind		0.00 GW
Leistung Gas		0.00 GW
Kapazität Saisonalspeicher		10.00 TWh
Turbinenleistung Saisonalspeicher		8.50 GW
Kapazität Pumpspeicher		0.20 TWh
Turbinenleistung Pumpspeicher		5.00 GW
Pumpenleistung Pumpspeicher		5.00 GW
Kapazität Batteriespeicher		0.00 TWh
Eingangsleistung Batteriespeicher		InfGW
Ausgangsleistung Batteriespeicher		InfGW
Endverbrauch		60.00 TWh
Verschiebbarer Lastanteil		0.00 %

# Jahresbilanz

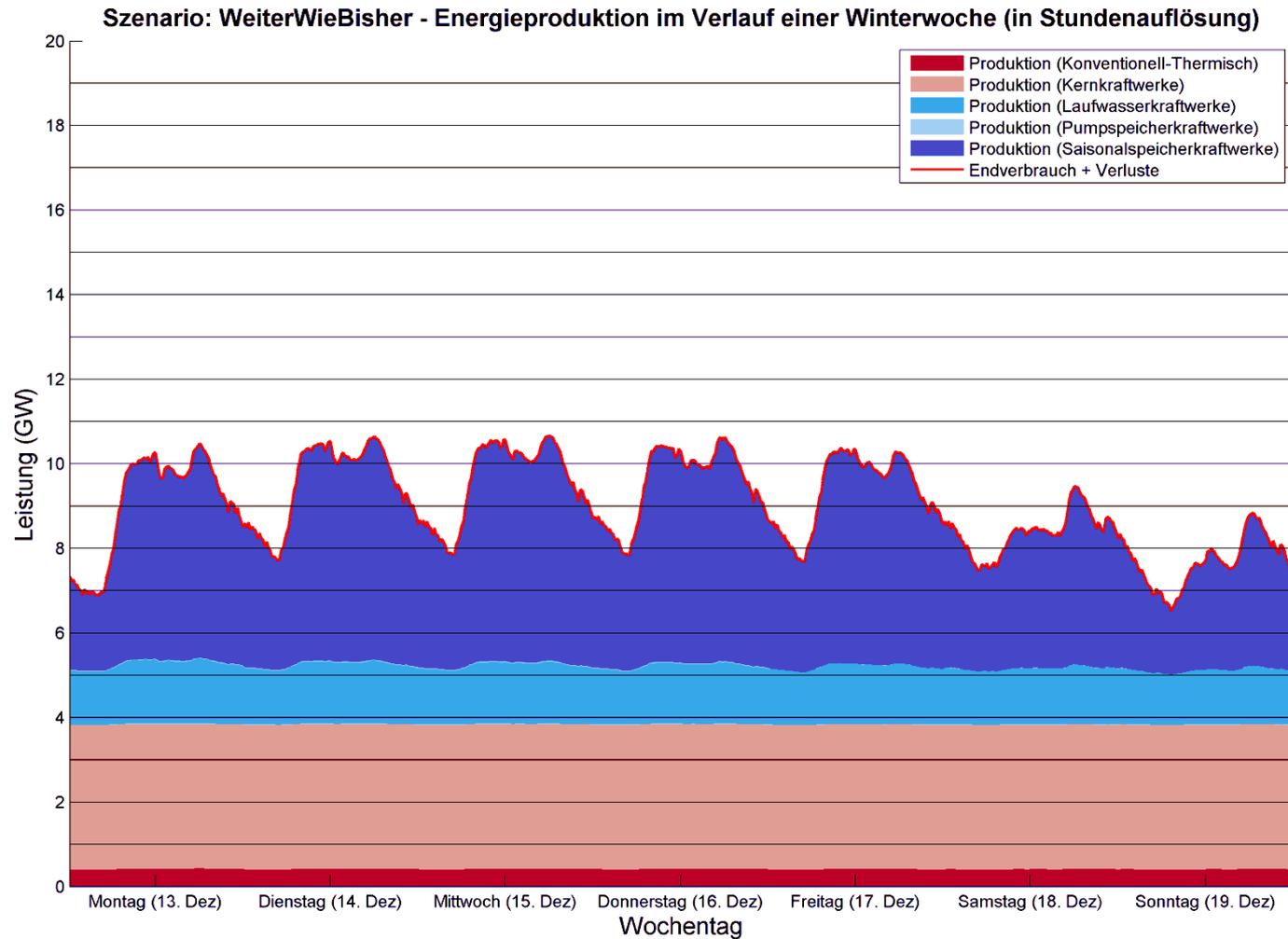
## Szenario: WeiterWieBisher - Energiebilanz

Produktion					Konsum				
	installiert (GW)	Jahr (TWh)	Sommer (TWh)	Winter (TWh)		installiert (GW)	Jahr (TWh)	Sommer (TWh)	Winter (TWh)
Thermisch	NaN	3.70	1.94	1.76	Endverbraucher	NaN	60.00	27.14	32.86
Nuklear	3.43	27.58	12.59	14.98	Verlust	NaN	3.47	1.50	1.97
Laufwasserkraft	3.70	16.60	10.81	5.79	Pumpspeicher	5.00	0.82	0.80	0.02
Saisonalspeicher	8.50	15.26	3.14	12.12	Batteriespeicher	Inf	0.00	0.00	0.00
Pumpspeicher	5.00	1.15	0.94	0.21	Waste	NaN	0.00	0.00	0.00
Geoelektrisch	0.00	0.00	0.00	0.00	Total	NaN	64.28	29.43	34.85
Biomasse	0.00	0.00	0.00	0.00					
Solar	0.00	0.00	0.00	0.00					
Wind	0.00	0.00	0.00	0.00					
Gas	0.00	0.00	0.00	0.00					
Batteriespeicher	Inf	0.00	0.00	0.00					
Defizit	NaN	0.00	0.00	0.00					
Total	NaN	64.28	29.43	34.85					

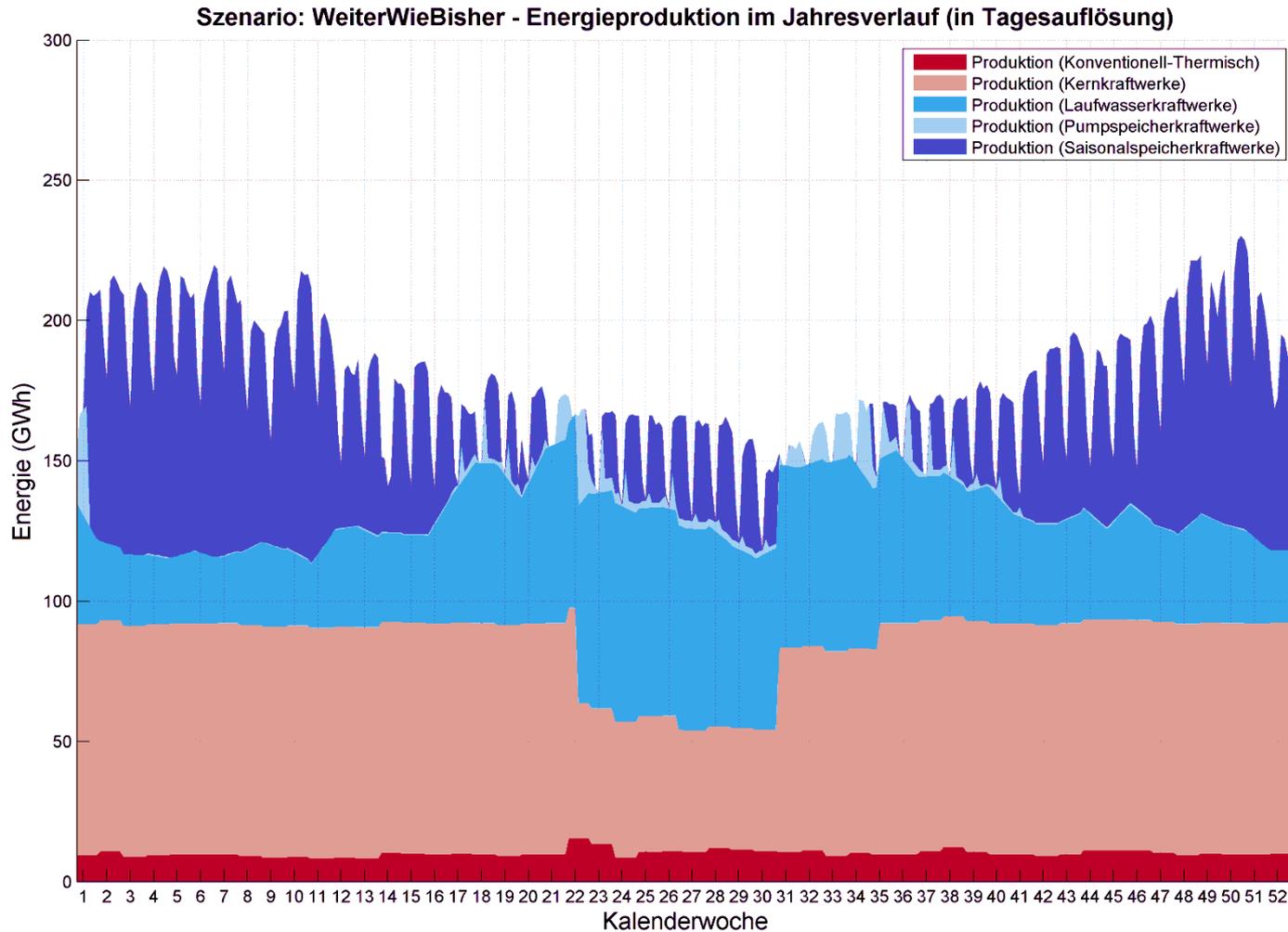
# Wochenverlauf Sommer



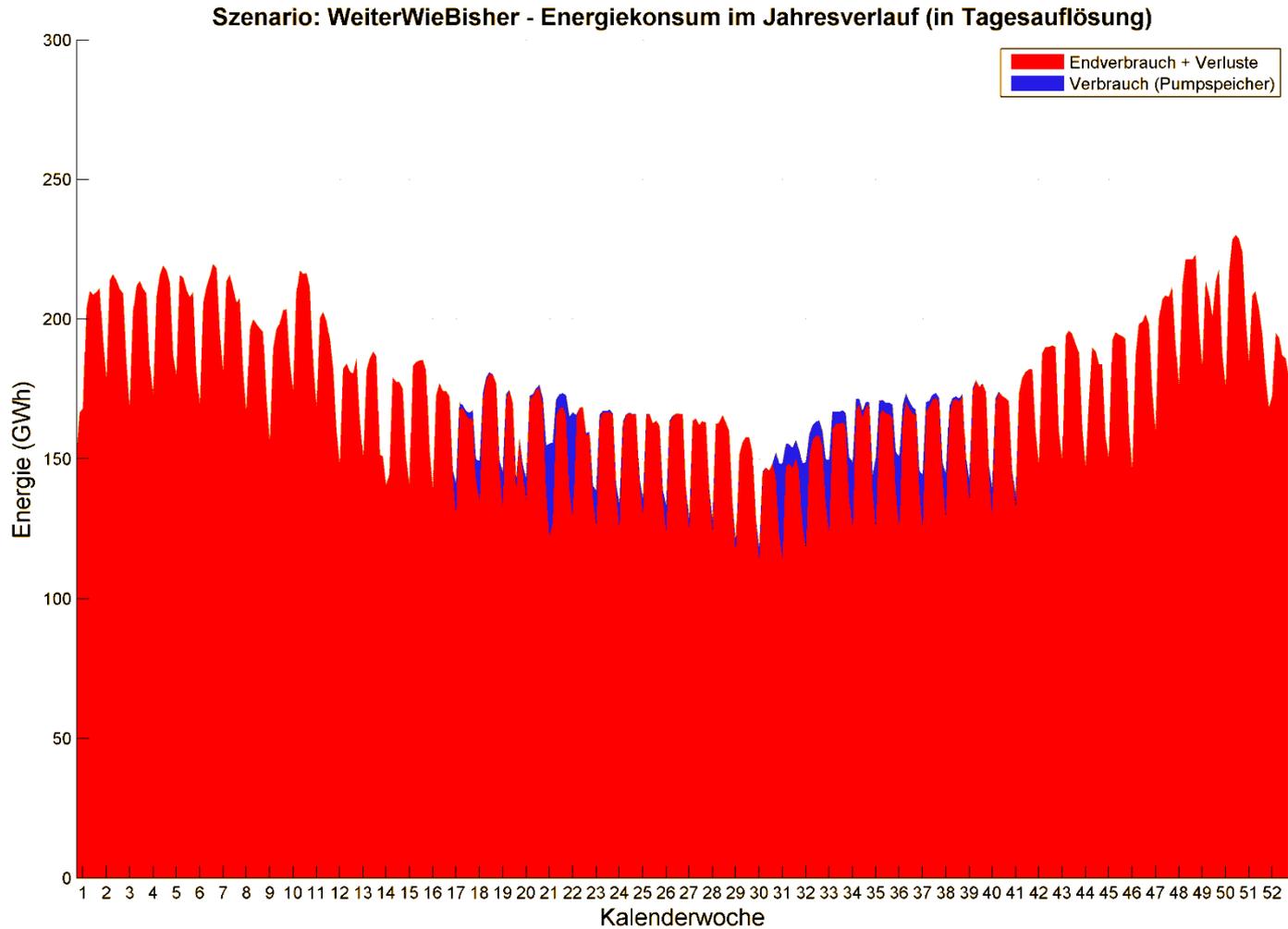
# Wochenverlauf Winter



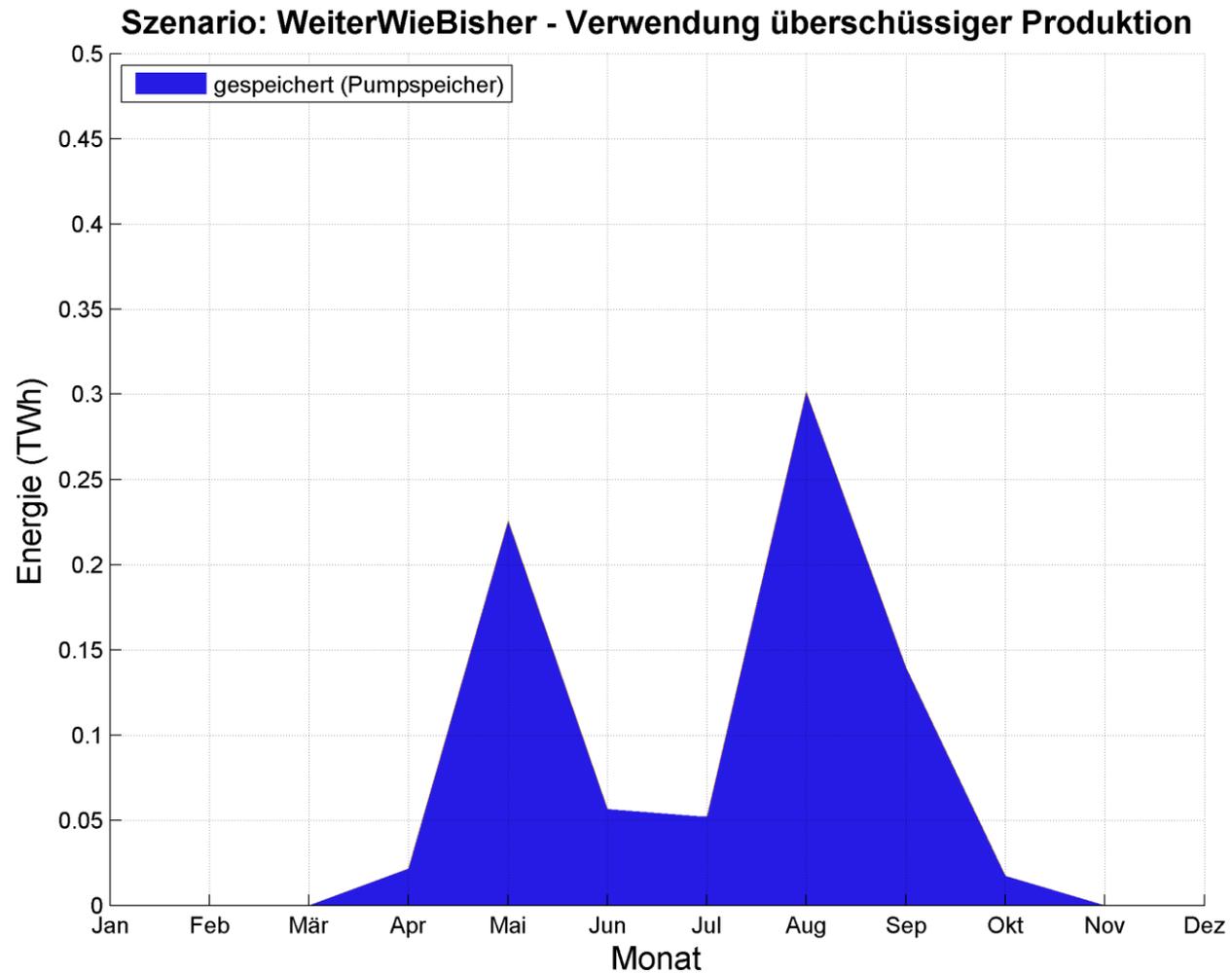
# Jahresverlauf Produktion



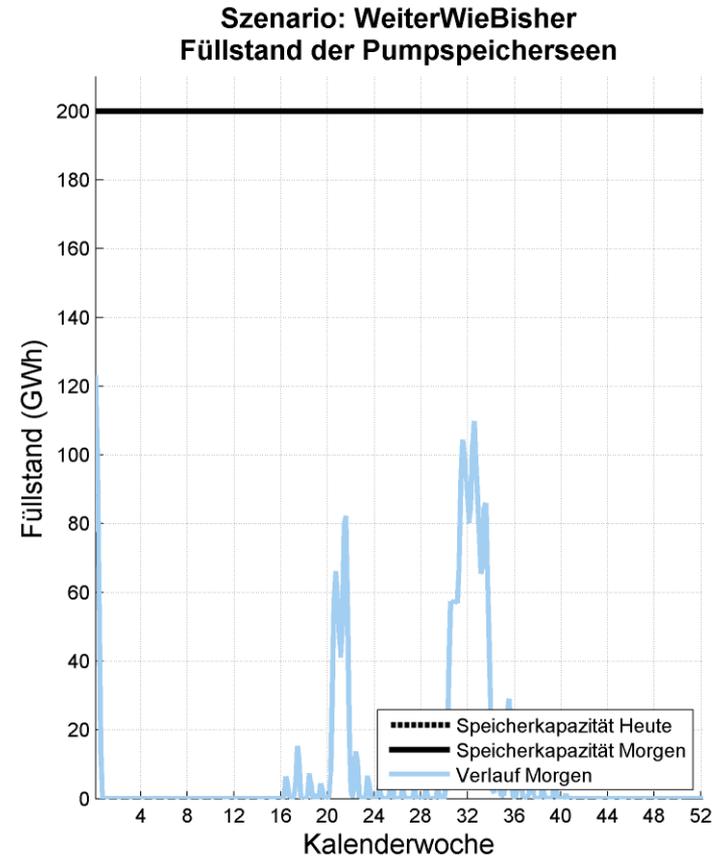
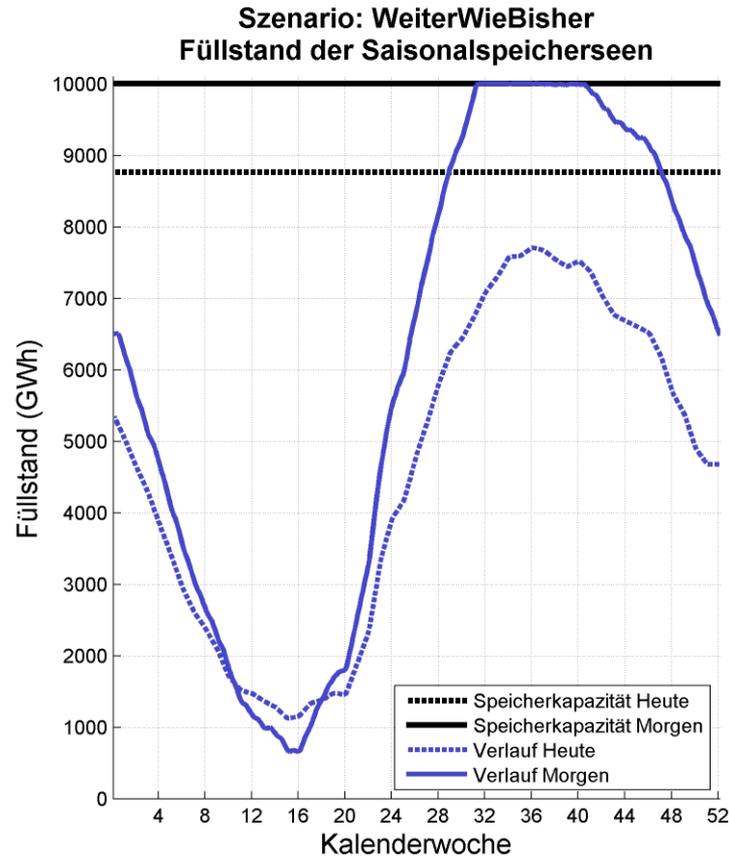
# Jahresverlauf Konsum



# Verwendung überschüssiger Energie



# Füllstand der Speicherseen



## 2.Szenario: Massiver Solar-Ausbau, keine KKW

- Keine KKW
- Laufwasser gleichbleibend
- Speicherausbau wie geplant:
  - 10TWh saisonal, 8.5GW
  - 0.2TWh kurzfristig, 5GW
- Solar: 18GW (40 Standorte)
- Endverbrauch wie 2010

<b>Szenario: Solarausbau-B - PV (40 Orte)</b>		
Parameter		
Produktion Thermisch		3.70 TWh
Leistung Nuklear		0.00 GW
Produktion Laufwasser		16.60 TWh
Leistung Biomasse		0.00 GW
Leistung Geoelektrisch		0.00 GW
Leistung Solar		18.00 GW
Leistung Wind		0.00 GW
Leistung Gas		0.00 GW
Kapazität Saisonalspeicher		10.00 TWh
Turbinenleistung Saisonalspeicher		8.50 GW
Kapazität Pumpspeicher		0.20 TWh
Turbinenleistung Pumpspeicher		5.00 GW
Pumpenleistung Pumpspeicher		5.00 GW
Kapazität Batteriespeicher		0.00 TWh
Eingangsleistung Batteriespeicher		InfGW
Ausgangsleistung Batteriespeicher		InfGW
Endverbrauch		60.00 TWh
Verschiebbarer Lastanteil		0.00 %

# Jahresbilanz

## Szenario: Solarausbau-B - Energiebilanz

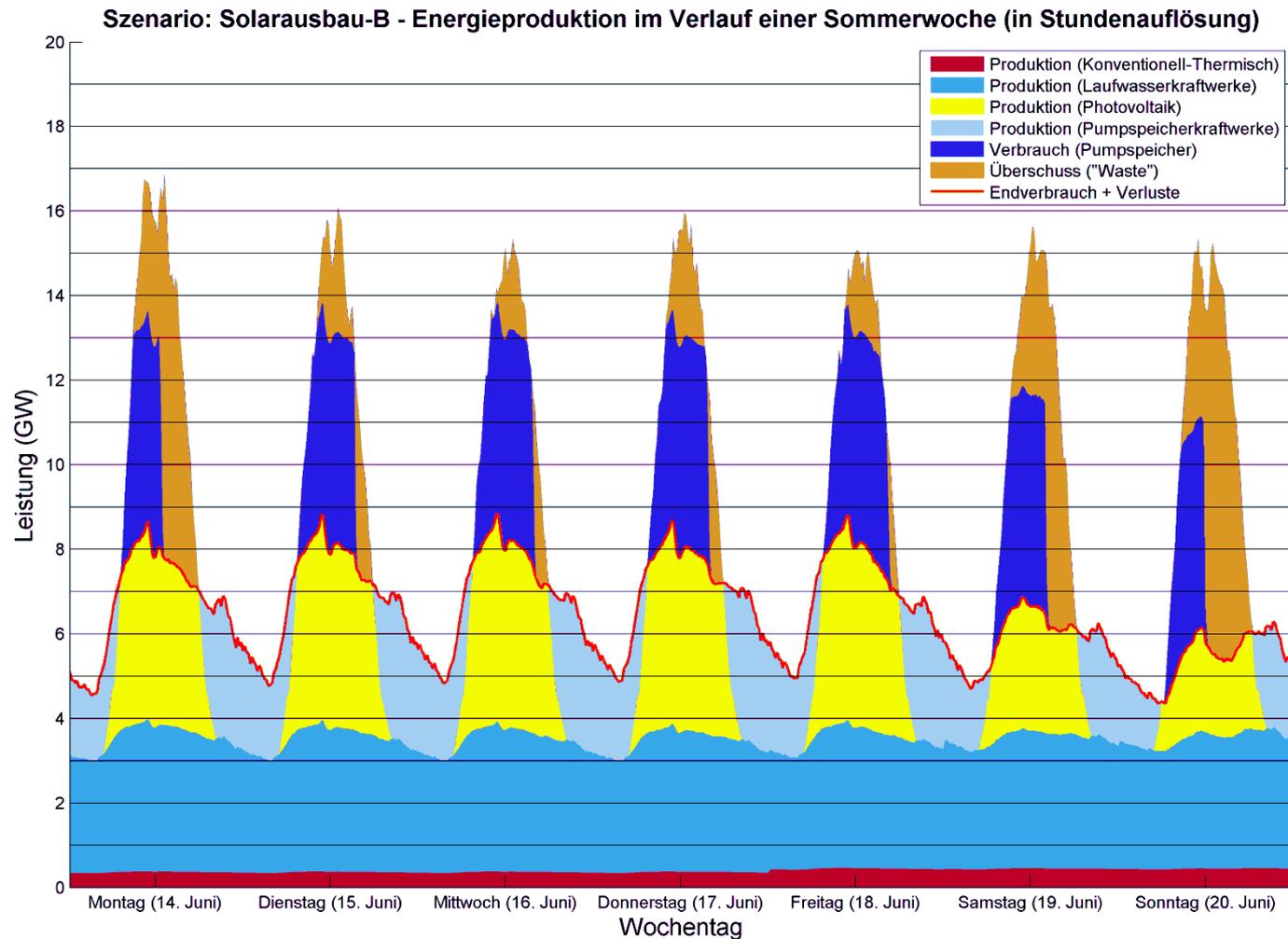
### Produktion

	installiert (GW)	Jahr (TWh)	Sommer (TWh)	Winter (TWh)
Thermisch	NaN	3.70	1.94	1.76
Nuklear	0.00	0.00	0.00	0.00
Laufwasserkraft	3.70	16.60	10.81	5.79
Saisonalspeicher	8.50	17.89	1.67	16.23
Pumpspeicher	5.00	6.83	5.20	1.63
Geoelektrisch	0.00	0.00	0.00	0.00
Biomasse	0.00	0.00	0.00	0.00
Solar	18.00	27.51	17.16	10.35
Wind	0.00	0.00	0.00	0.00
Gas	0.00	0.00	0.00	0.00
Batteriespeicher	Inf	0.00	0.00	0.00
Defizit	NaN	0.99	0.36	0.63
Total	NaN	73.53	37.14	36.38

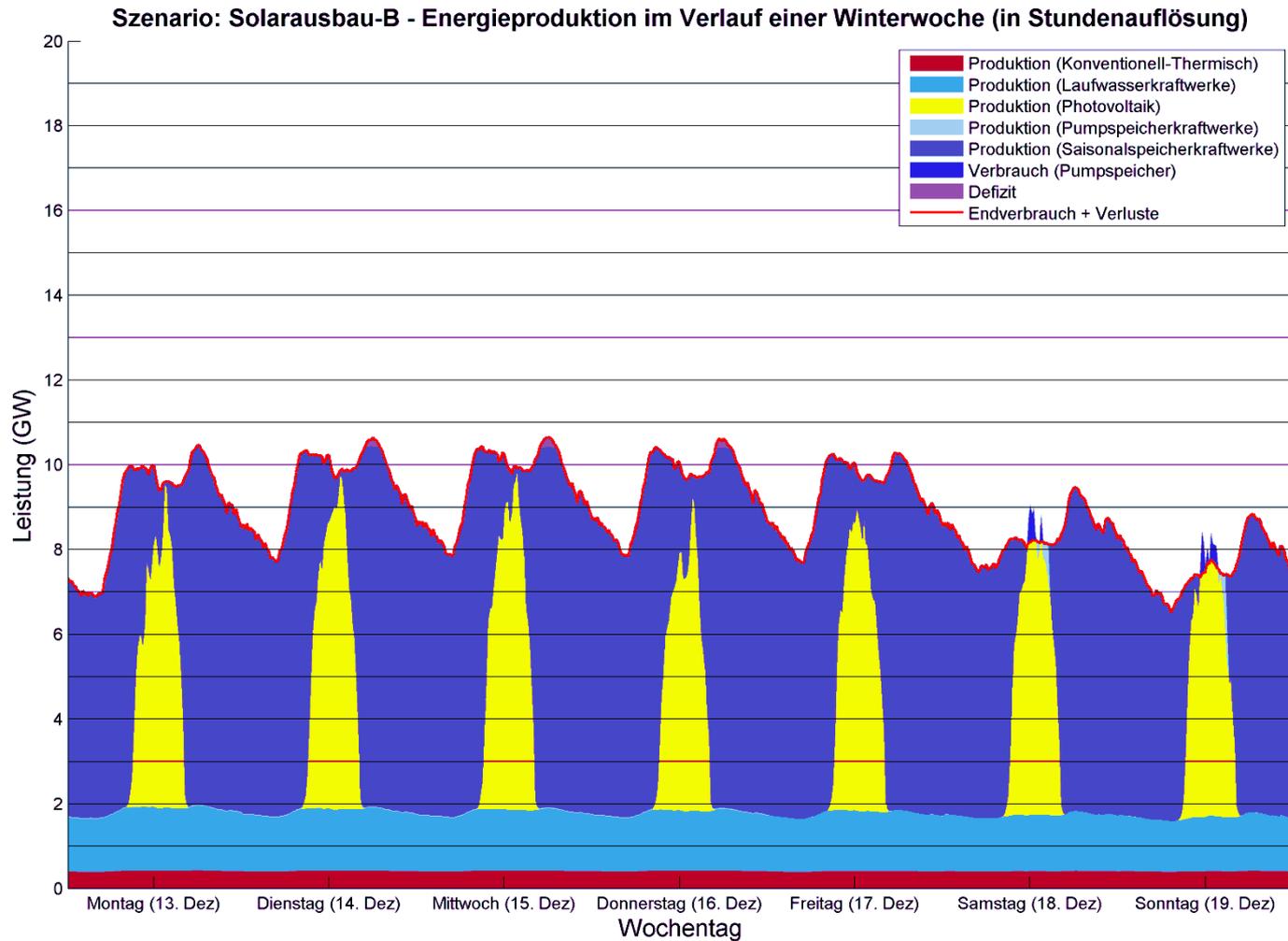
### Konsum

	installiert (GW)	Jahr (TWh)	Sommer (TWh)	Winter (TWh)
Endverbraucher	NaN	60.00	27.14	32.86
Verlust	NaN	3.03	1.38	1.65
Pumpspeicher	5.00	7.95	6.15	1.80
Batteriespeicher	Inf	0.00	0.00	0.00
Waste	NaN	2.55	2.47	0.07
Total	NaN	73.53	37.14	36.38

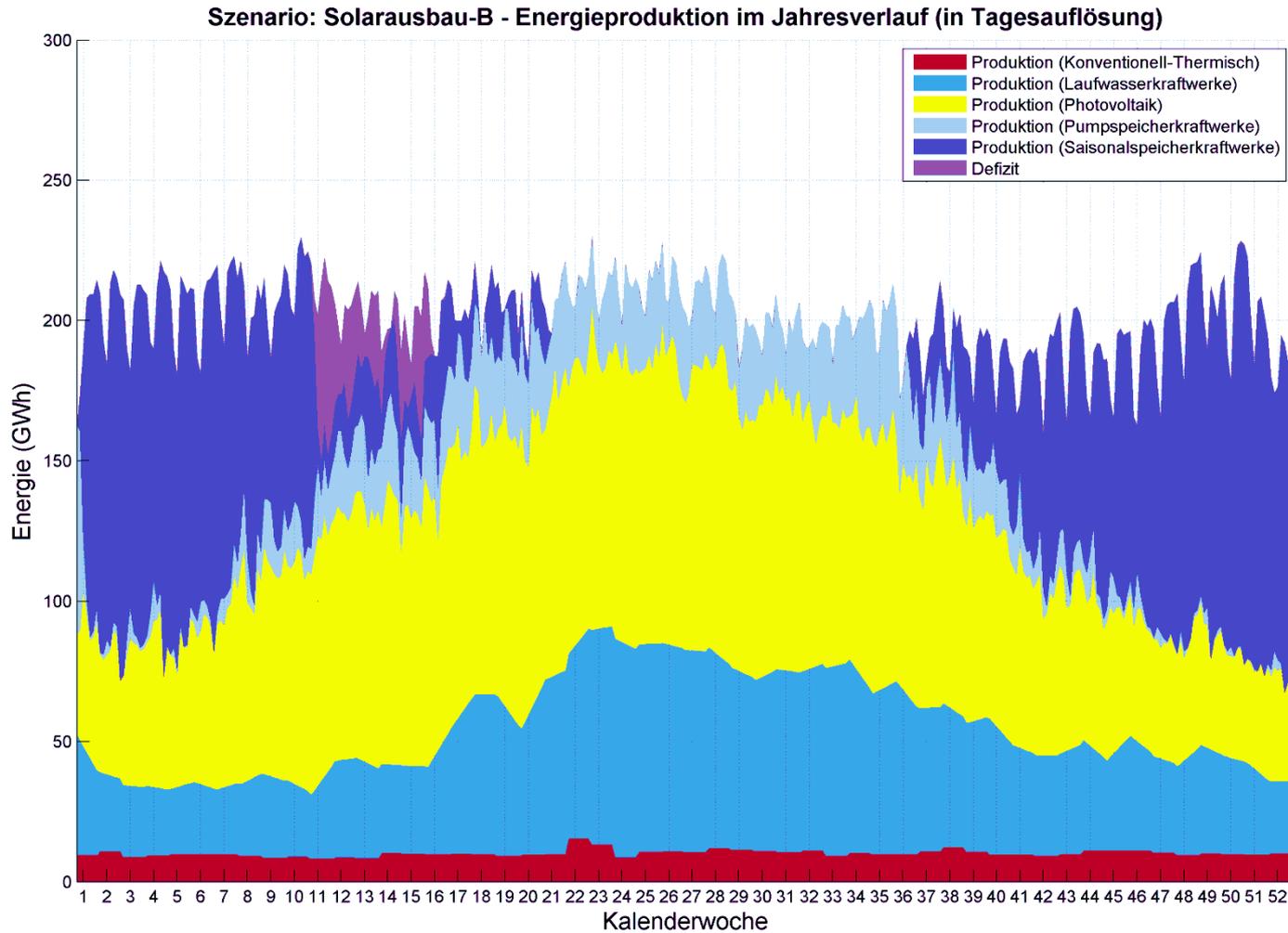
# Wochenverlauf Sommer



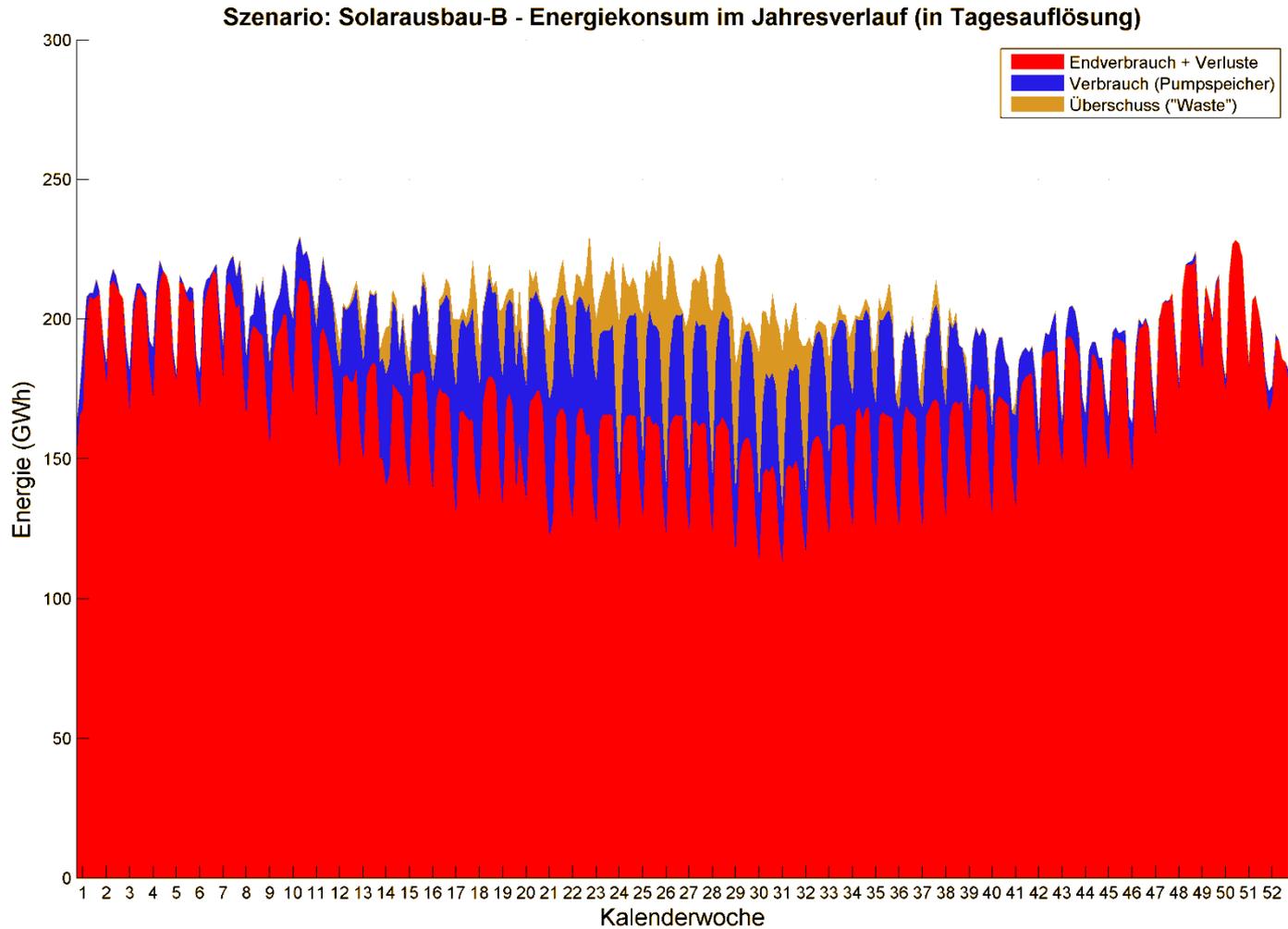
# Wochenverlauf Winter



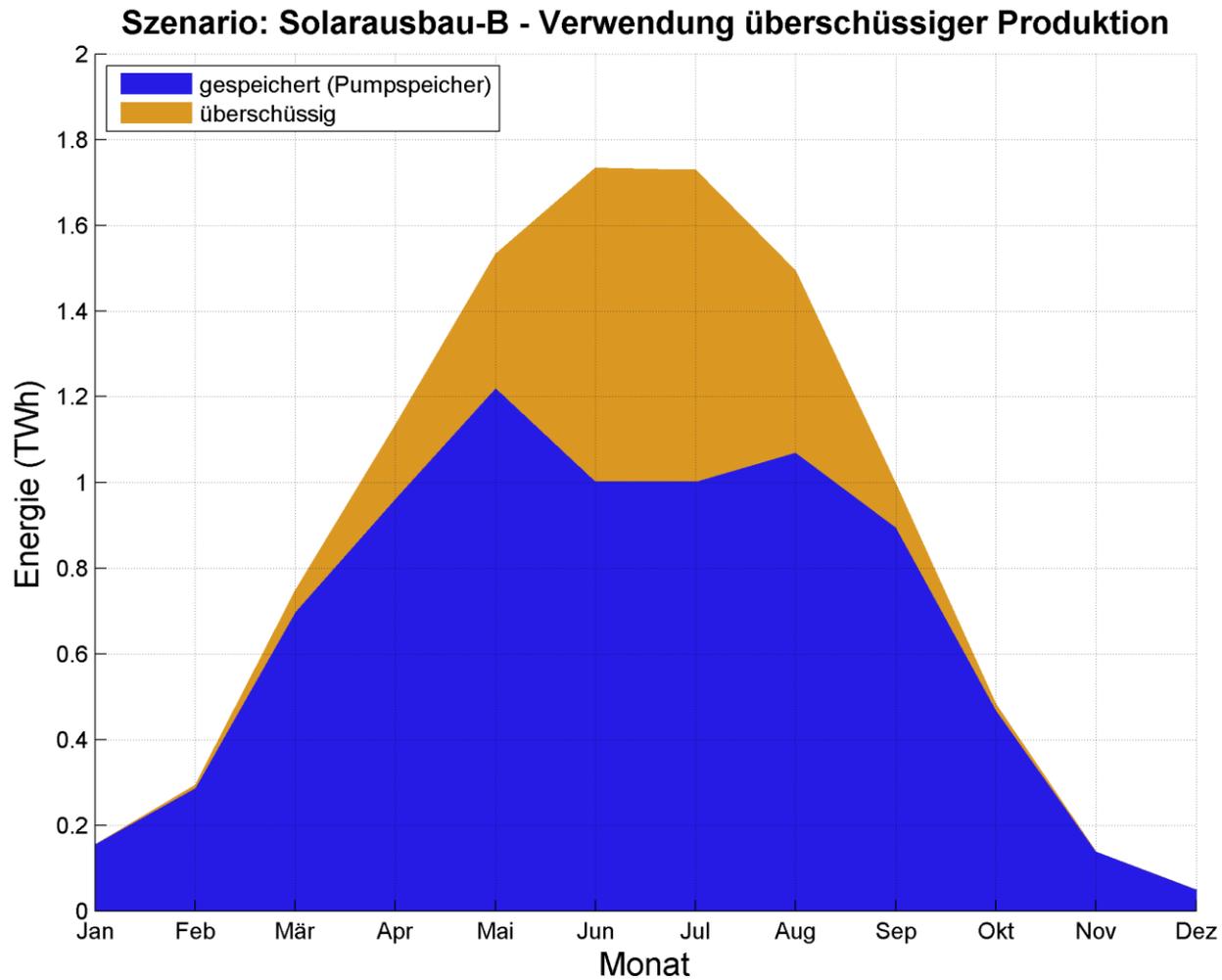
# Jahresverlauf Produktion



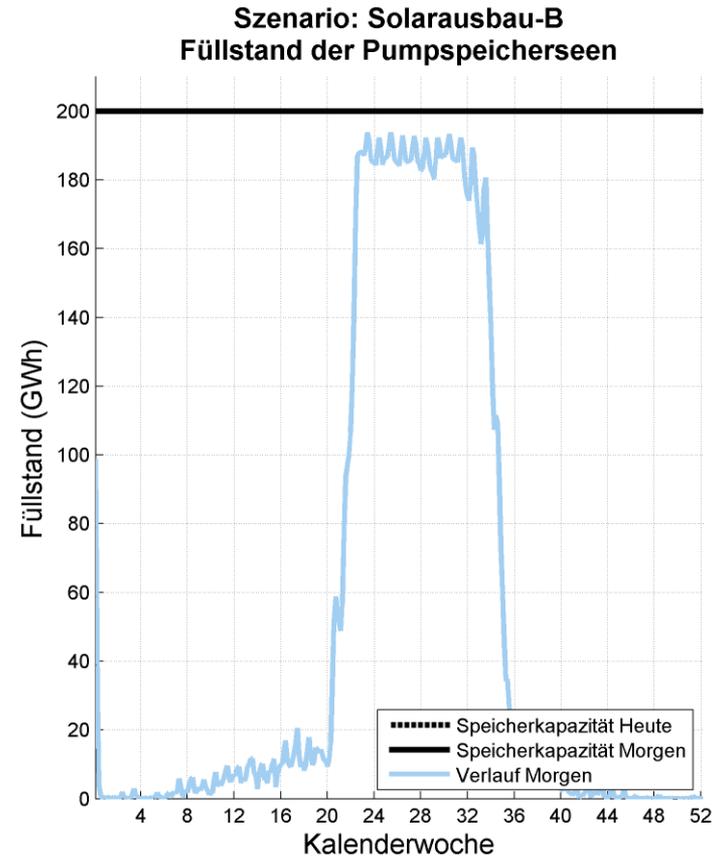
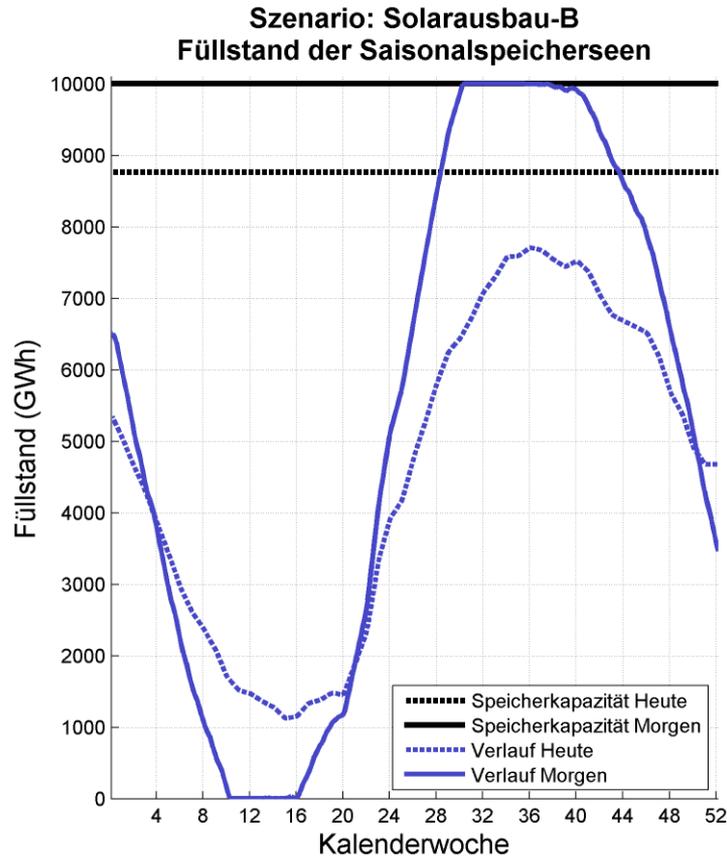
# Jahresverlauf Konsum



# Verwendung überschüssiger Energie



# Füllstand der Speicherseen



### 3. Szenario: “Schweizer Kompromiss” – von allem etwas...

- Keine KKW
- Laufwasser gleichbleibend
- Speicherausbau wie geplant:
  - 10TWh saisonal, 8.5GW
  - 0.2TWh kurzfristig, 5GW
- Solar moderat: 7.5GW
- Etwas Bio, Geo, Wind, Gas
- Endverbrauch wie 2010

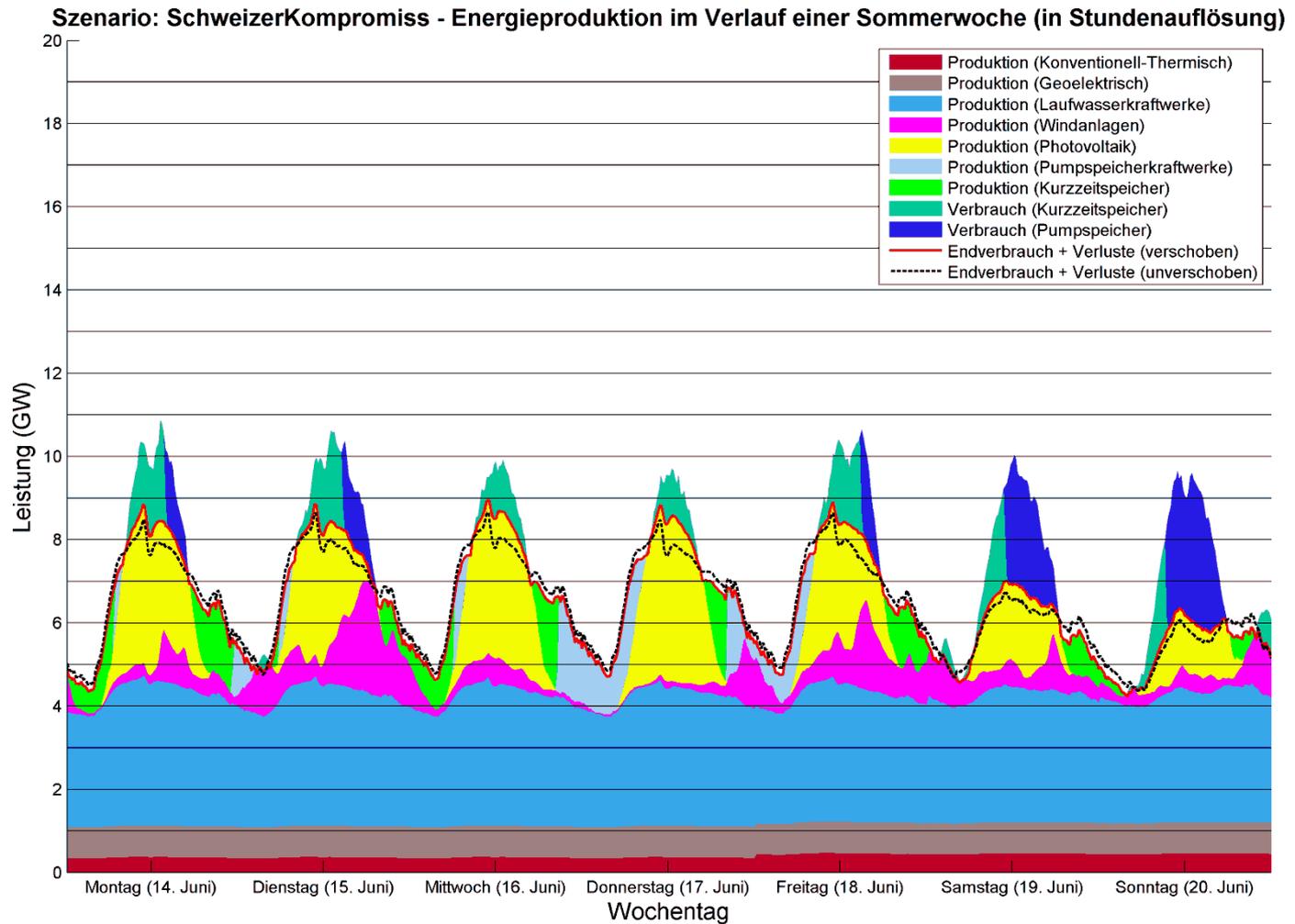
Szenario: SchweizerKompromiss - Mix		
Parameter		
Produktion Thermisch		3.70 TWh
Leistung Nuklear		0.00 GW
Produktion Laufwasser		16.60 TWh
Leistung Biomasse		1.00 GW
Leistung Geoelektrisch		0.75 GW
Leistung Solar		7.50 GW
Leistung Wind		2.70 GW
Leistung Gas		0.00 GW
Kapazität Saisonalspeicher		10.00 TWh
Turbinenleistung Saisonalspeicher		8.50 GW
Kapazität Pumpspeicher		0.20 TWh
Turbinenleistung Pumpspeicher		5.00 GW
Pumpenleistung Pumpspeicher		5.00 GW
Kapazität Batteriespeicher		0.01 TWh
Eingangsleistung Batteriespeicher		InfGW
Ausgangsleistung Batteriespeicher		InfGW
Endverbrauch		60.00 TWh
Verschiebbarer Lastanteil		2.00 %

# Jahresbilanz

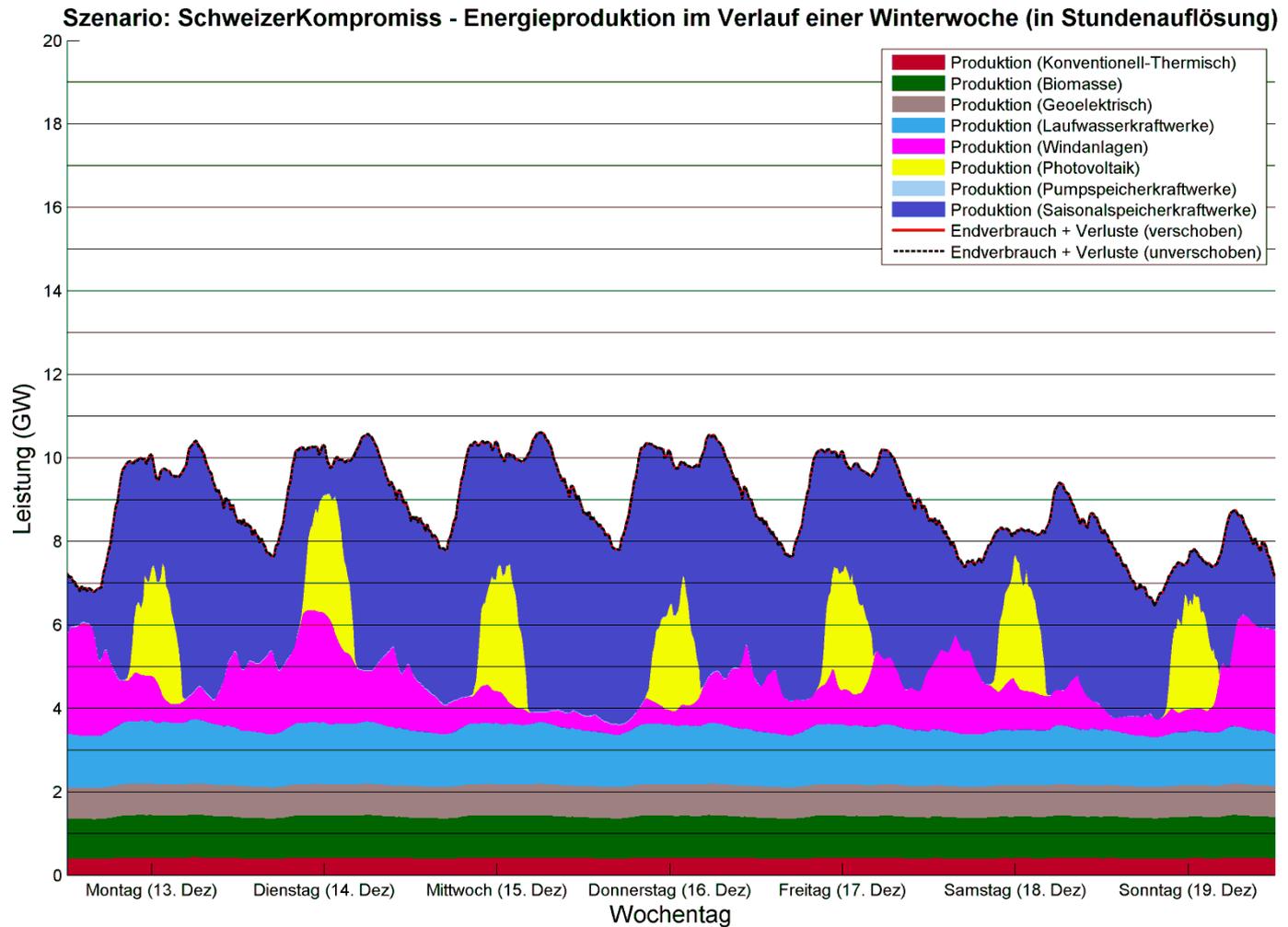
## Szenario: SchweizerKompromiss - Energiebilanz

Produktion					Konsum				
	installiert (GW)	Jahr (TWh)	Sommer (TWh)	Winter (TWh)		installiert (GW)	Jahr (TWh)	Sommer (TWh)	Winter (TWh)
Thermisch	NaN	3.70	1.94	1.76	Endverbraucher	NaN	60.00	27.14	32.86
Nuklear	0.00	0.00	0.00	0.00	Verlust	NaN	2.63	1.11	1.52
Laufwasserkraft	3.70	16.60	10.81	5.79	Pumpspeicher	5.00	1.04	0.98	0.06
Saisonalspeicher	8.50	13.31	1.38	11.93	Batteriespeicher	Inf	1.20	1.03	0.17
Pumpspeicher	5.00	1.30	1.06	0.24	Waste	NaN	0.27	0.27	0.00
Geoelektrisch	0.75	6.57	3.29	3.28	Total	NaN	65.14	30.53	34.61
Biomasse	1.00	5.86	1.49	4.37					
Solar	7.50	11.46	7.15	4.31					
Wind	2.70	5.26	2.48	2.78					
Gas	0.00	0.00	0.00	0.00					
Batteriespeicher	Inf	1.08	0.93	0.15					
Defizit	NaN	0.00	0.00	0.00					
Total	NaN	65.14	30.53	34.61					

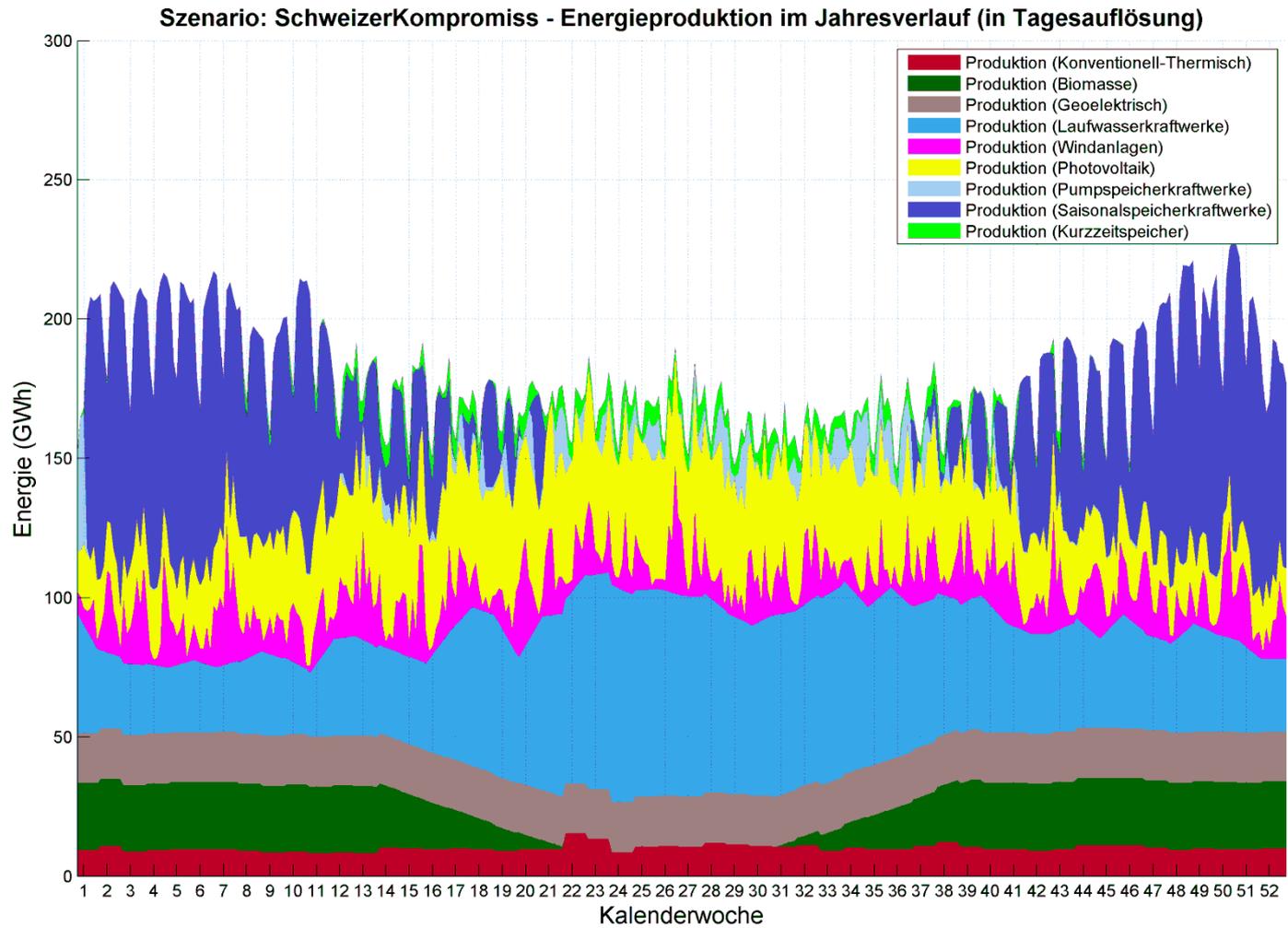
# Wochenverlauf Sommer



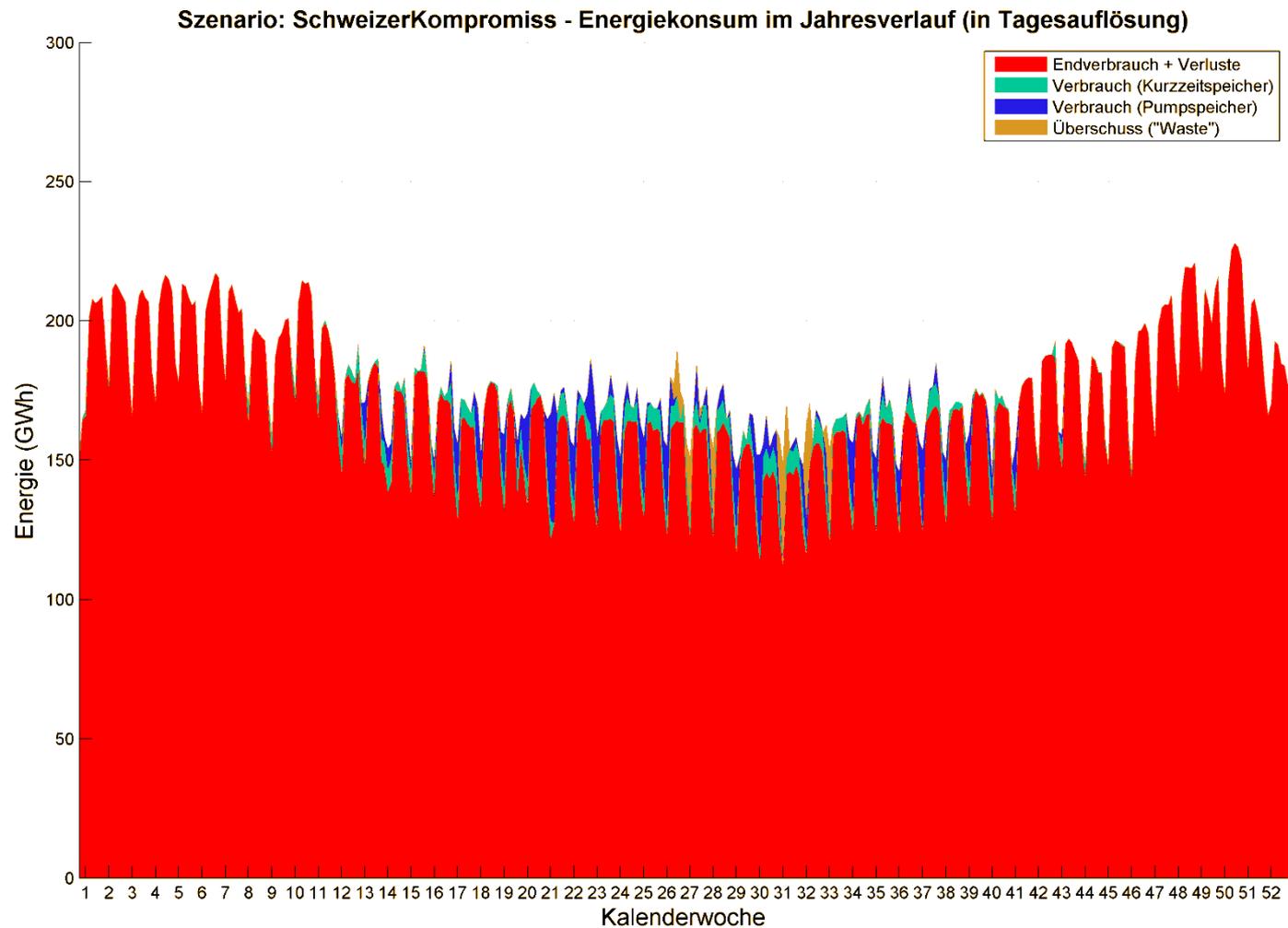
# Wochenverlauf Winter



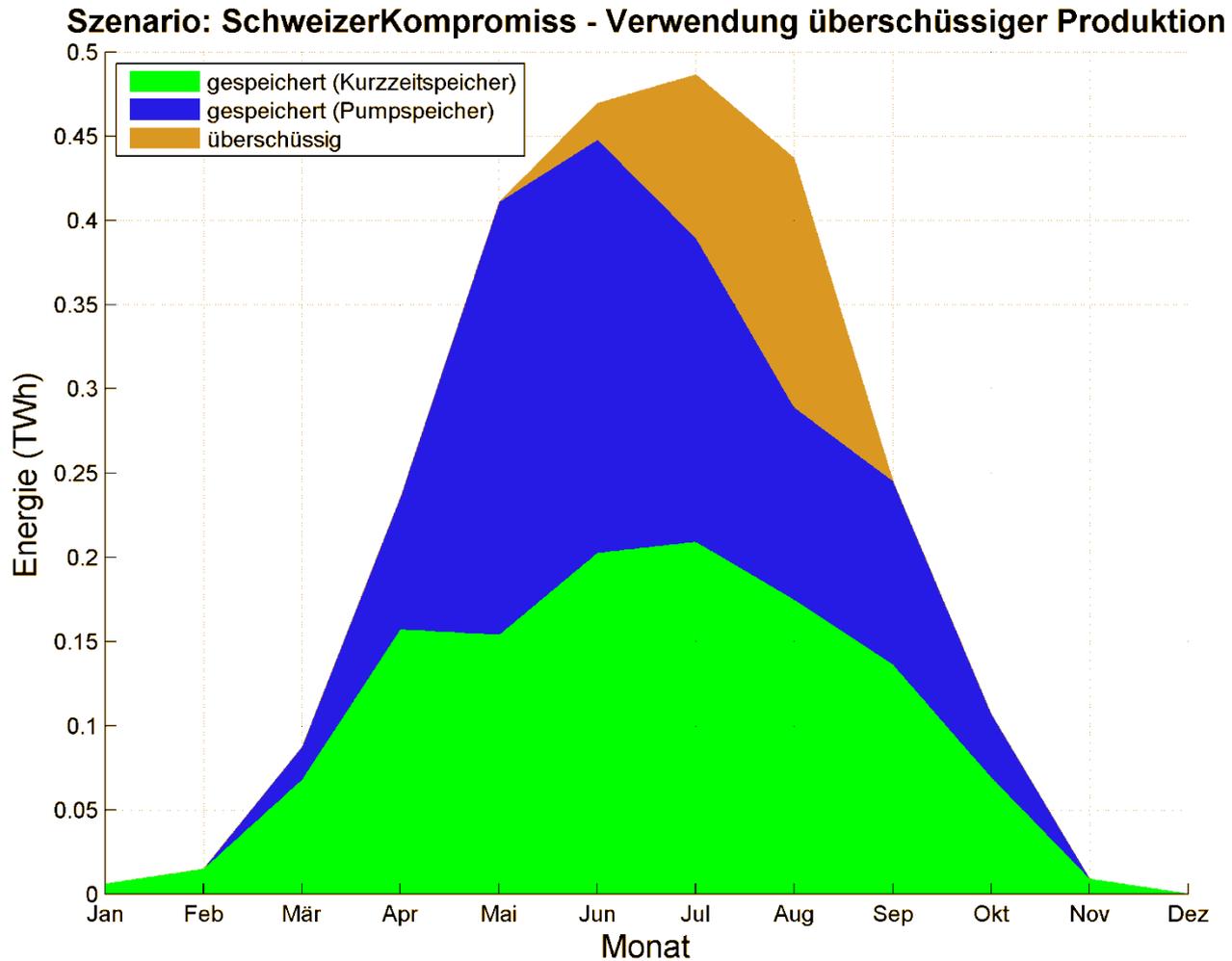
# Jahresverlauf Produktion



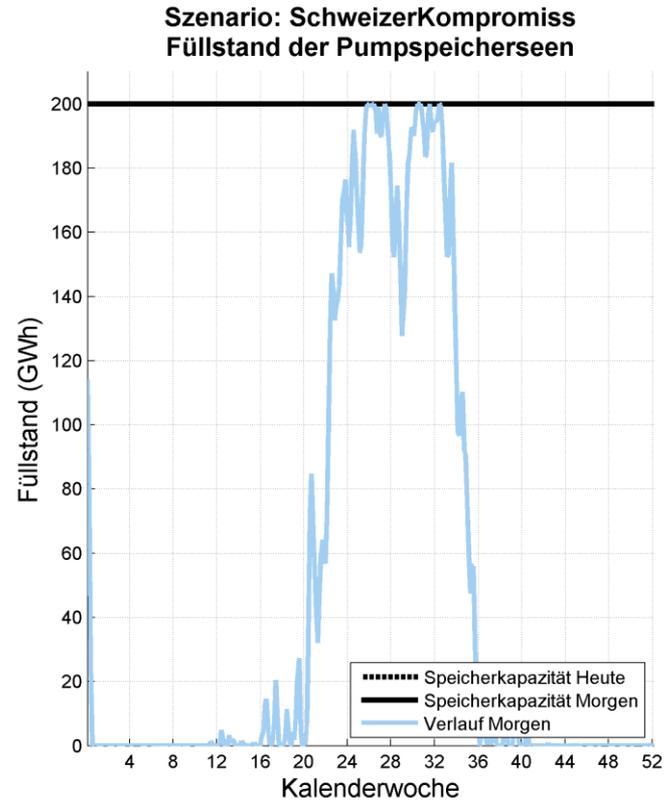
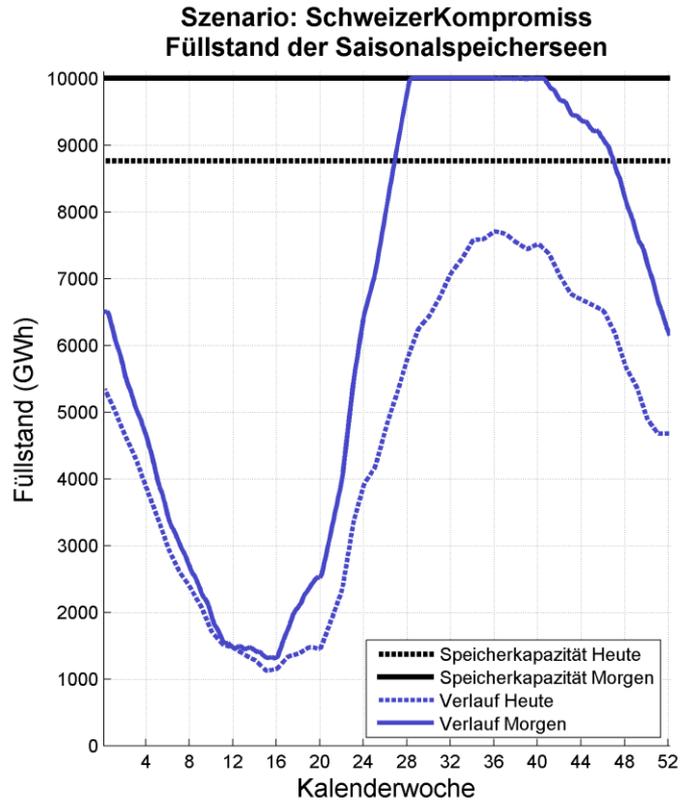
# Jahresverlauf Konsum



# Verwendung überschüssiger Energie



# Füllstand der Speicherseen



## 4. Szenario: Solarausbau, unterstützt durch lokale Batterien

- Keine KKW
- Laufwasser gleichbleibend
- Speicherausbau wie geplant:
  - 10TWh saisonal, 8.5GW
  - 0.2TWh kurzfristig, 5GW
- Solarausbau massiv: 12.0GW
- Bandenergie: Bio, Geo
- **Massiver Einsatz von Batteriespeichern: 10GWh**
- Endverbrauch wie 2010

Szenario: Batterien - Tag-Nacht-Ausgleich		
Parameter		
Produktion Thermisch		3.70 TWh
Leistung Nuklear		0.00 GW
Produktion Laufwasser		16.60 TWh
Leistung Biomasse		1.00 GW
Leistung Geoelektrisch		0.50 GW
Leistung Solar		12.00 GW
Leistung Wind		0.00 GW
Leistung Gas		0.00 GW
Kapazität Saisonalspeicher		10.00 TWh
Turbinenleistung Saisonalspeicher		8.50 GW
Kapazität Pumpspeicher		0.20 TWh
Turbinenleistung Pumpspeicher		5.00 GW
Pumpenleistung Pumpspeicher		5.00 GW
Kapazität Batteriespeicher		0.01 TWh
Eingangsleistung Batteriespeicher		Inf GW
Ausgangsleistung Batteriespeicher		Inf GW
Endverbrauch		60.00 TWh
Verschiebbarer Lastanteil		0.00 %

# Jahresbilanz

## Szenario: Batterien - Energiebilanz

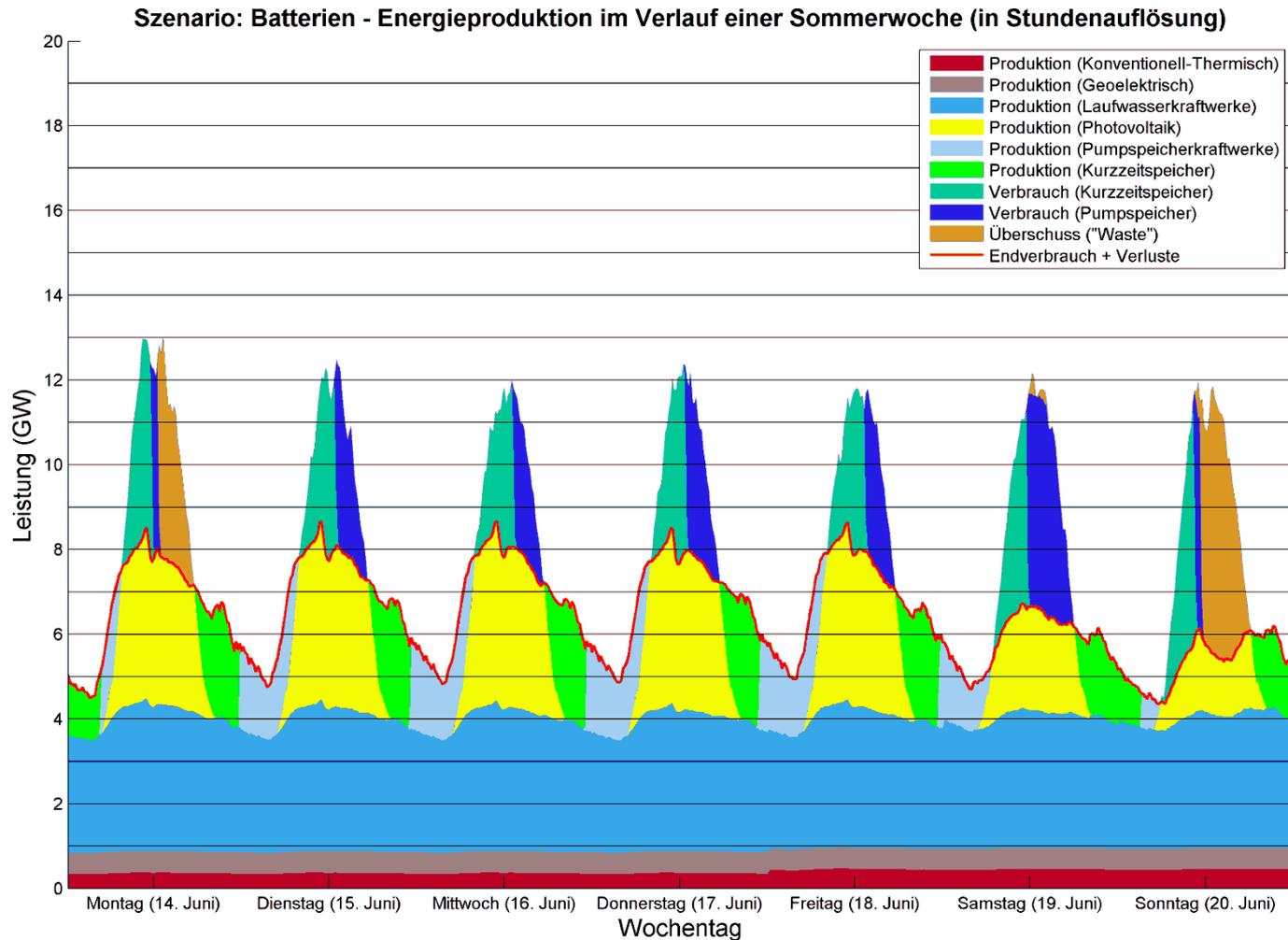
### Produktion

	installiert (GW)	Jahr (TWh)	Sommer (TWh)	Winter (TWh)
Thermisch	NaN	3.70	1.94	1.76
Nuklear	0.00	0.00	0.00	0.00
Laufwasserkraft	3.70	16.60	10.81	5.79
Saisonalspeicher	8.50	14.63	1.34	13.28
Pumpspeicher	5.00	2.16	1.84	0.31
Geoelektrisch	0.50	4.38	2.20	2.18
Biomasse	1.00	5.86	1.49	4.37
Solar	12.00	18.34	11.44	6.90
Wind	0.00	0.00	0.00	0.00
Gas	0.00	0.00	0.00	0.00
Batteriespeicher	Inf	2.88	2.16	0.72
Defizit	NaN	0.00	0.00	0.00
Total	NaN	68.54	33.23	35.31

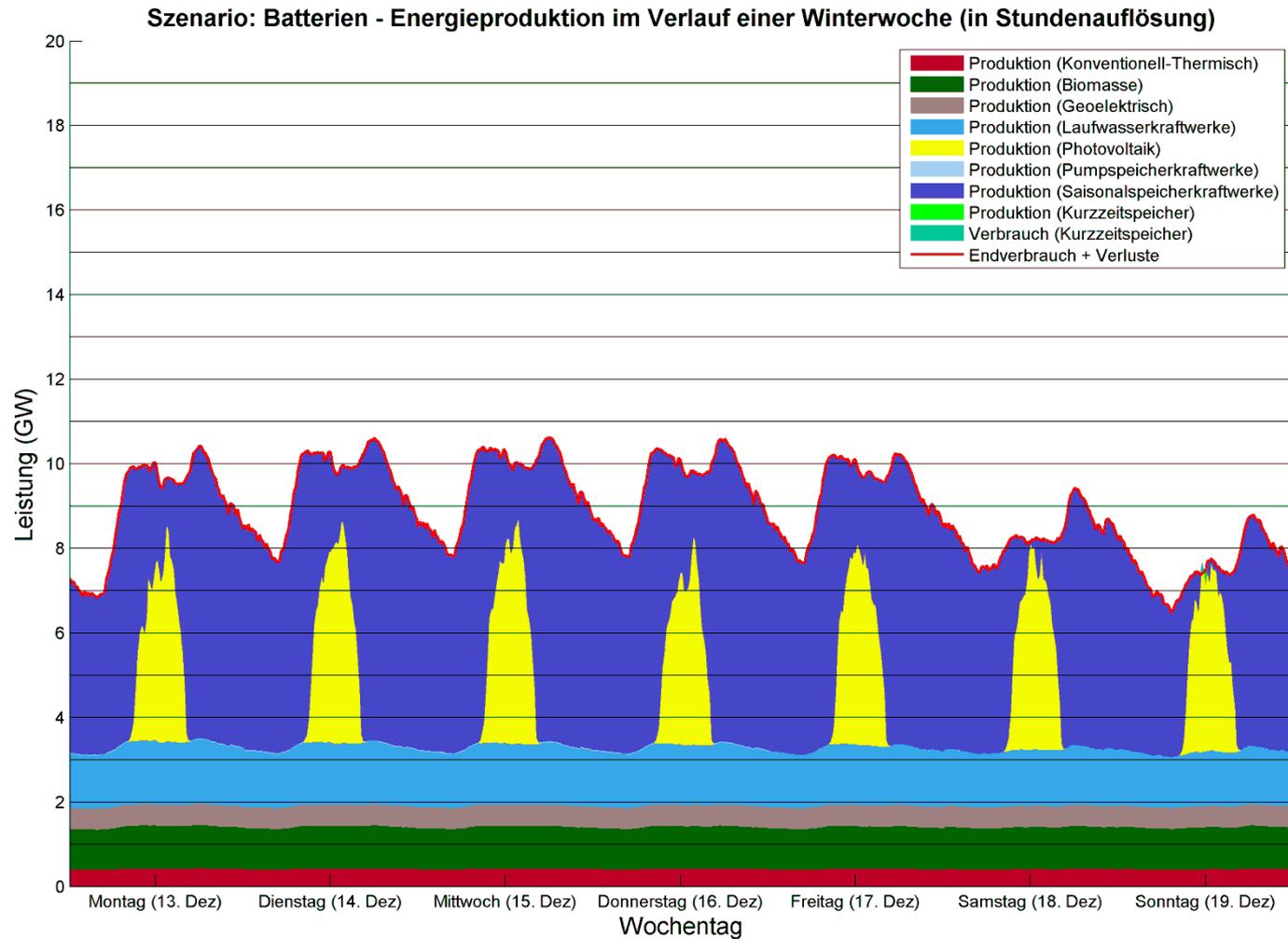
### Konsum

	installiert (GW)	Jahr (TWh)	Sommer (TWh)	Winter (TWh)
Endverbraucher	NaN	60.00	27.14	32.86
Verlust	NaN	2.63	1.13	1.50
Pumpspeicher	5.00	2.12	1.98	0.15
Batteriespeicher	Inf	3.20	2.40	0.80
Waste	NaN	0.58	0.58	0.00
Total	NaN	68.54	33.23	35.31

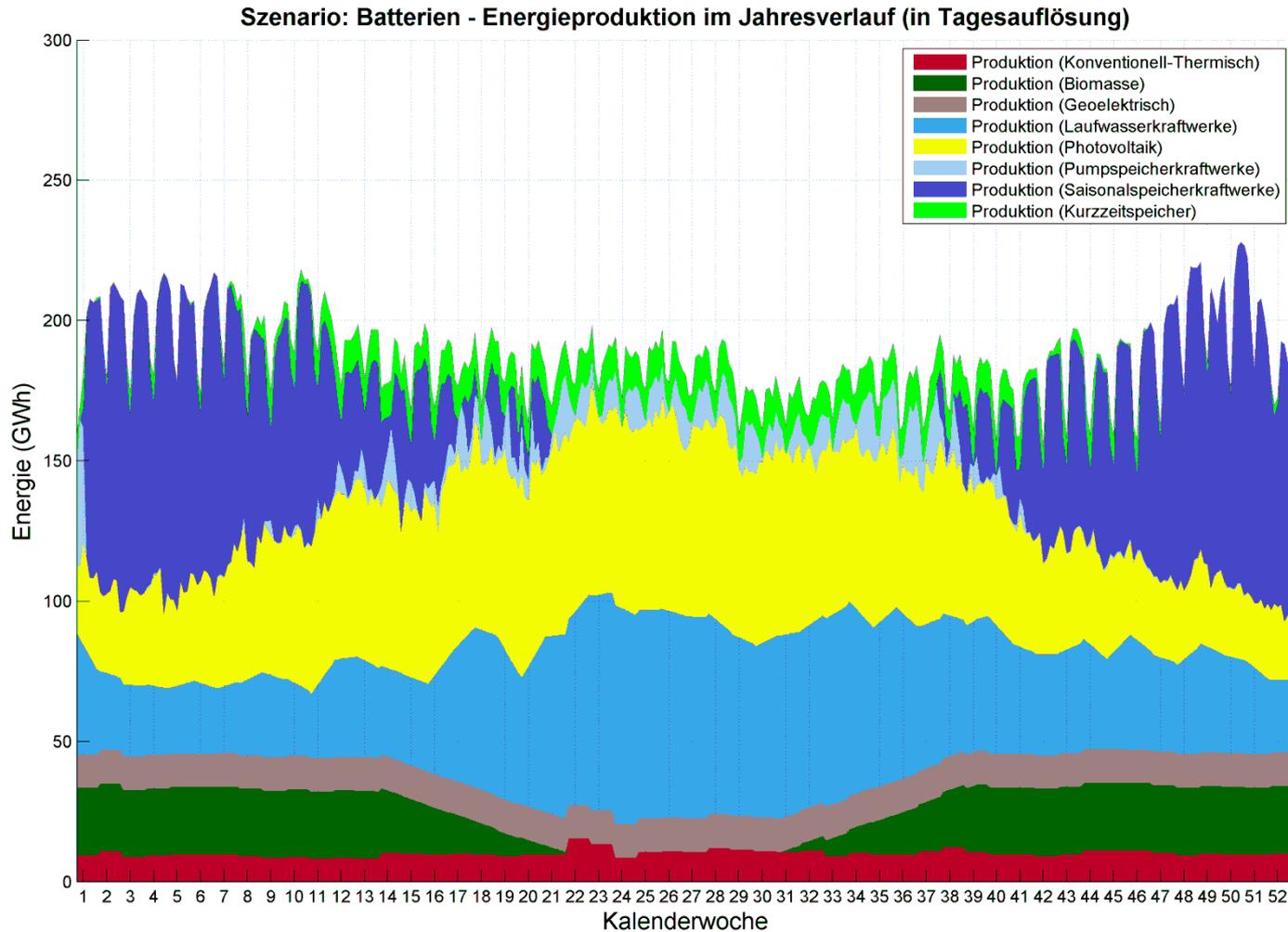
# Wochenverlauf Sommer



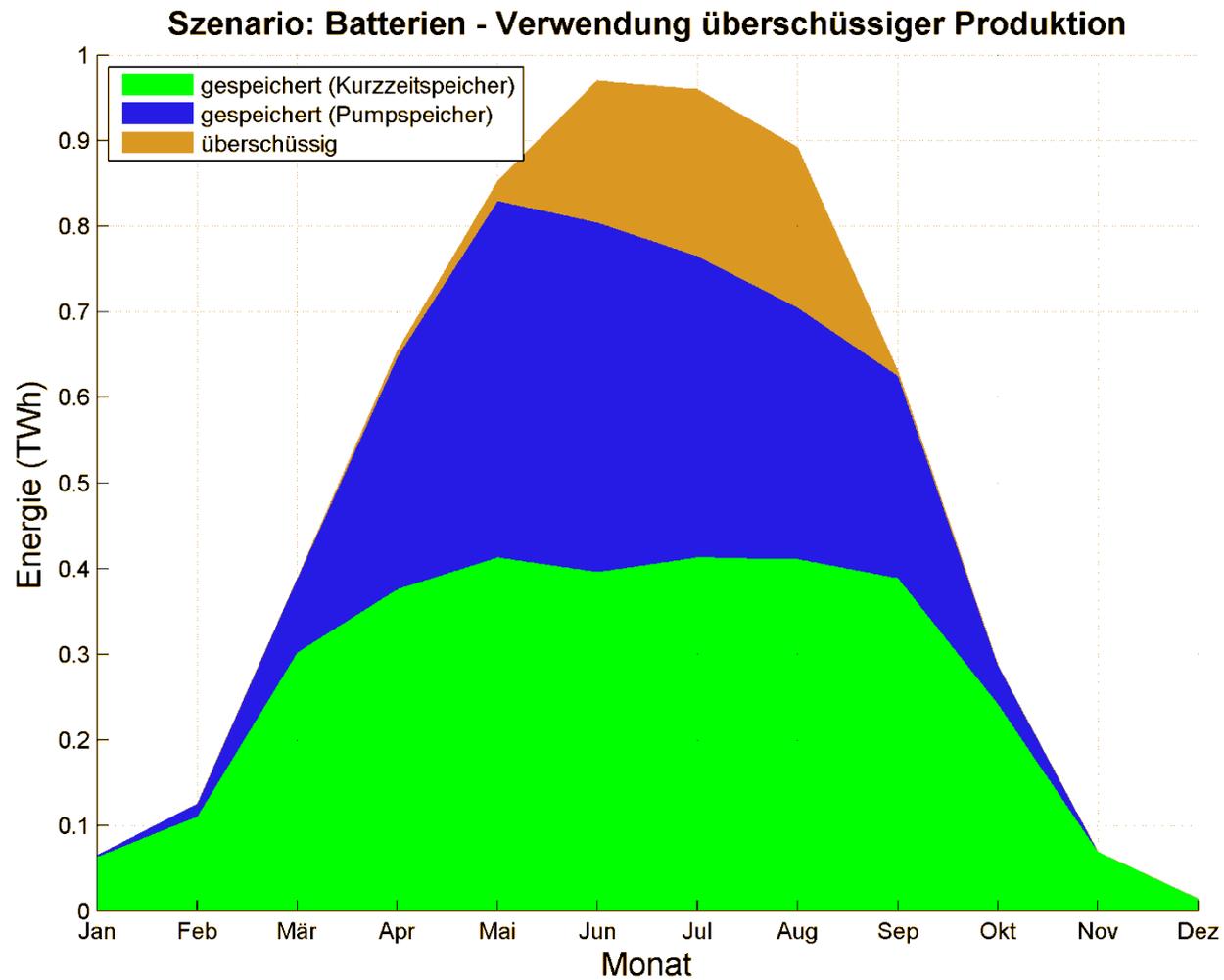
# Wochenverlauf Winter



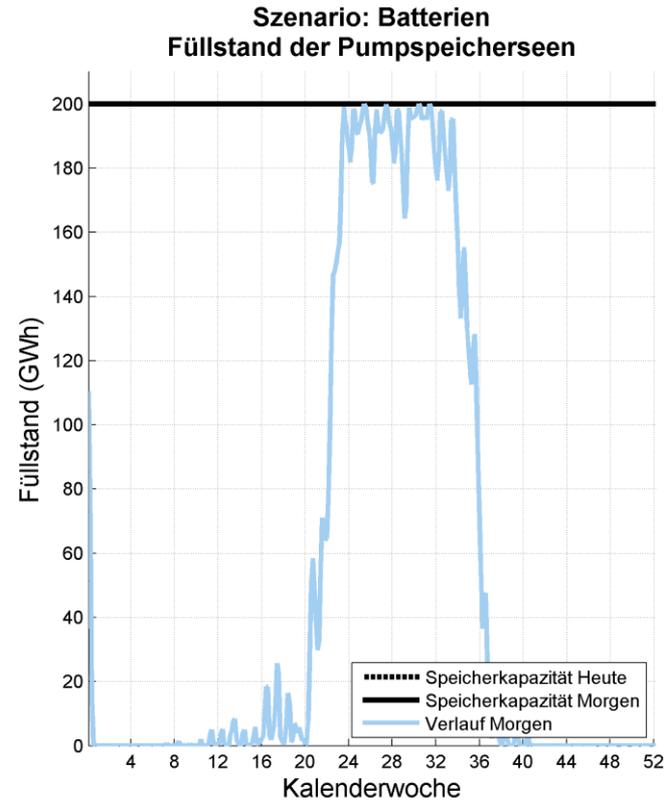
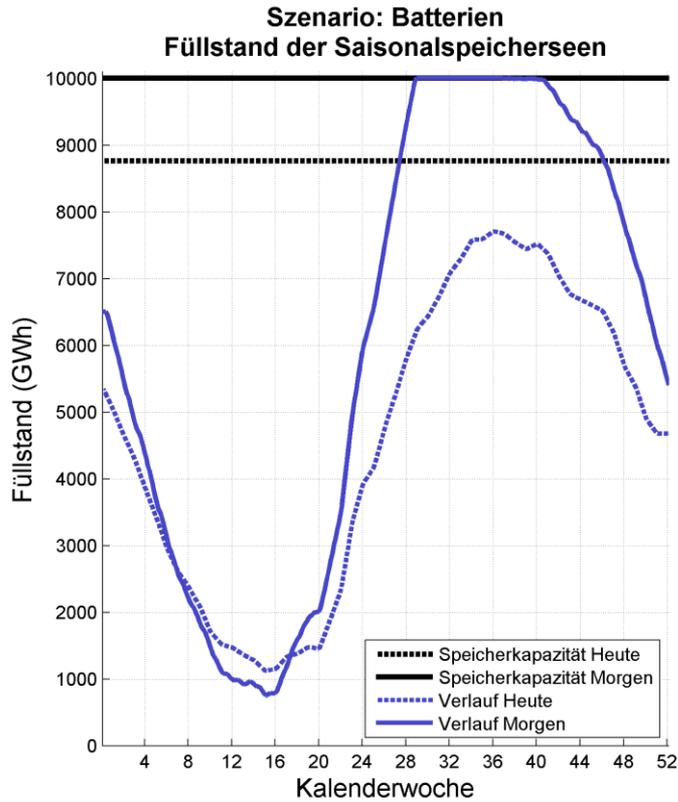
# Jahresverlauf Produktion



# Verwendung überschüssiger Energie



# Füllstand der Speicherseen



## 5. Szenario: Solarausbau, unterstützt durch Lastverschiebung

- Keine KKW
- Laufwasser gleichbleibend
- Speicherausbau wie geplant:
  - 10TWh saisonal, 8.5GW
  - 0.2TWh kurzfristig, 5GW
- Solarausbau massiv: 12.0GW
- Bandenergie: Bio, Geo
- Lastverschiebung:
  - 5% innerhalb 24h
- Endverbrauch wie 2010

### Szenario: Lastverschiebung - Spitzen abfan

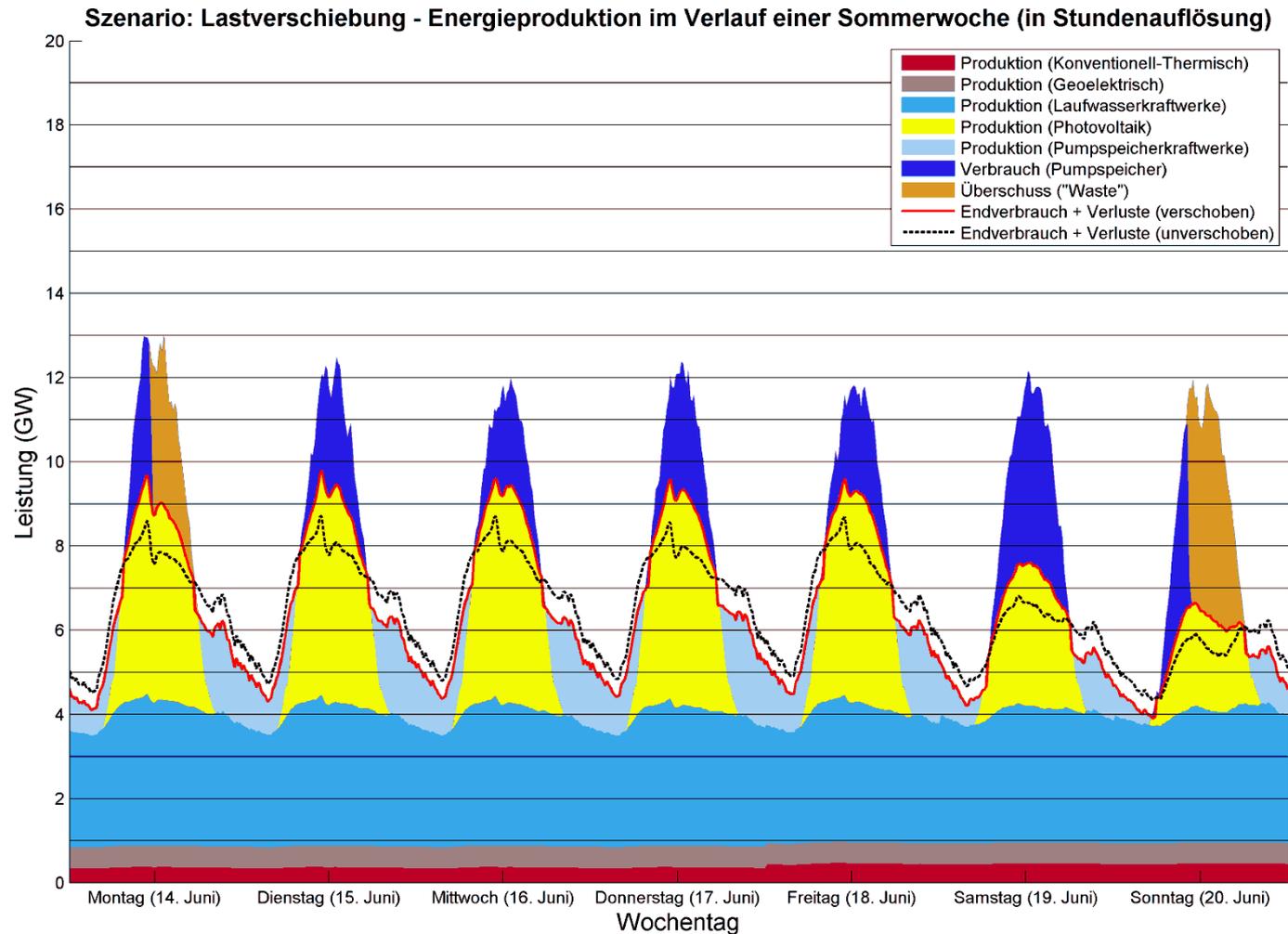
Parameter	
Produktion Thermisch	3.70 TWh
Leistung Nuklear	0.00 GW
Produktion Laufwasser	16.60 TWh
Leistung Biomasse	1.00 GW
Leistung Geoelektrisch	0.50 GW
Leistung Solar	12.00 GW
Leistung Wind	0.00 GW
Leistung Gas	0.00 GW
Kapazität Saisonspeicher	10.00 TWh
Turbinenleistung Saisonspeicher	8.50 GW
Kapazität Pumpspeicher	0.20 TWh
Turbinenleistung Pumpspeicher	5.00 GW
Pumpenleistung Pumpspeicher	5.00 GW
Kapazität Batteriespeicher	0.00 TWh
Eingangsleistung Batteriespeicher	InfGW
Ausgangsleistung Batteriespeicher	InfGW
Endverbrauch	60.00 TWh
Verschiebbarer Lastanteil	5.00 %

# Jahresbilanz

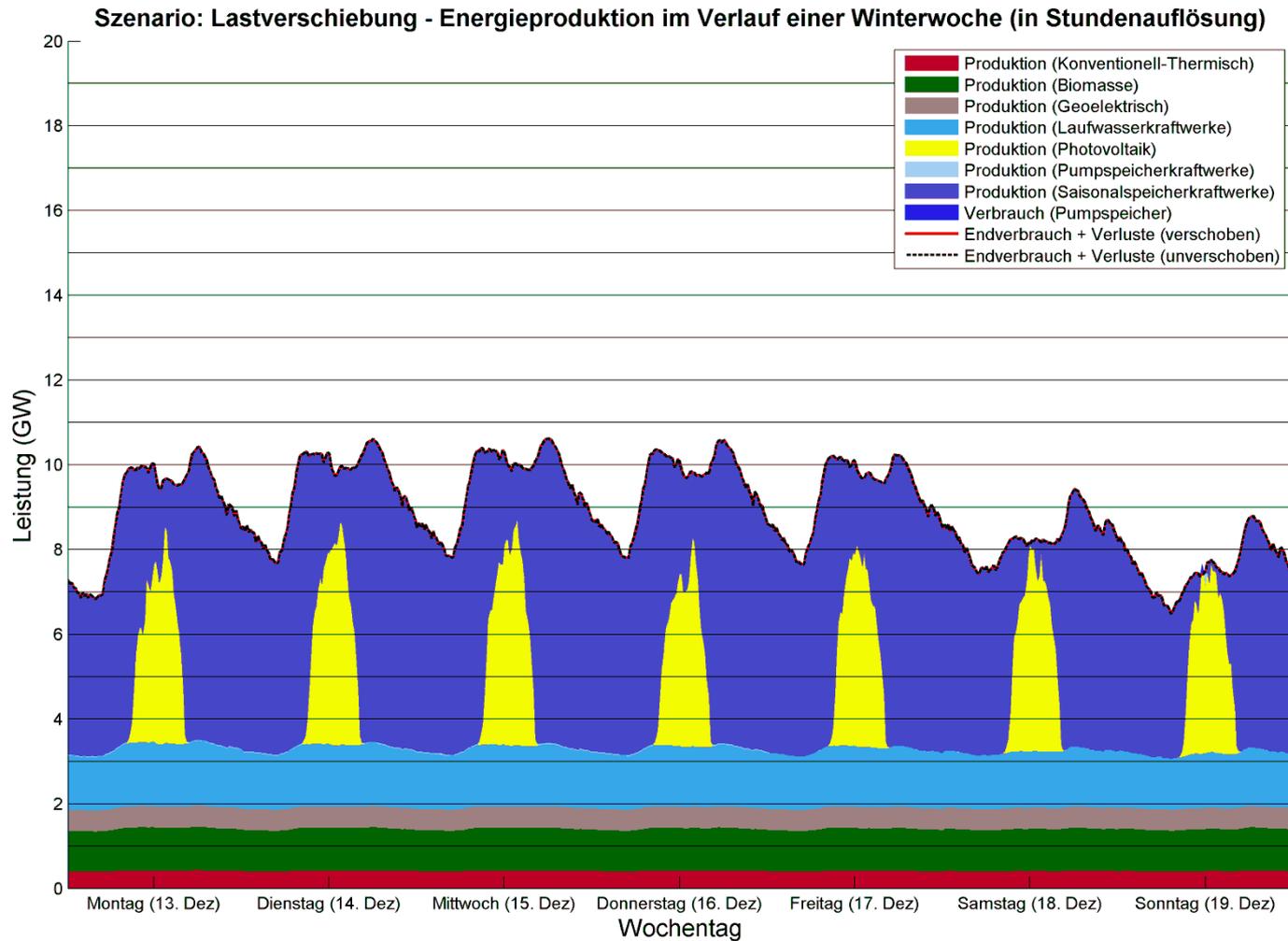
## Szenario: Lastverschiebung - Energiebilanz

Produktion					Konsum				
	installiert (GW)	Jahr (TWh)	Sommer (TWh)	Winter (TWh)		installiert (GW)	Jahr (TWh)	Sommer (TWh)	Winter (TWh)
Thermisch	NaN	3.70	1.94	1.76	Endverbraucher	NaN	60.00	27.14	32.86
Nuklear	0.00	0.00	0.00	0.00	Verlust	NaN	2.67	1.17	1.50
Laufwasserkraft	3.70	16.60	10.81	5.79	Pumpspeicher	5.00	3.42	3.04	0.38
Saisonalspeicher	8.50	14.58	1.33	13.25	Batteriespeicher	Inf	0.00	0.00	0.00
Pumpspeicher	5.00	3.22	2.72	0.50	Waste	NaN	0.58	0.58	0.00
Geoelektrisch	0.50	4.38	2.20	2.18	Total	NaN	66.67	31.93	34.74
Biomasse	1.00	5.86	1.49	4.37					
Solar	12.00	18.34	11.44	6.90					
Wind	0.00	0.00	0.00	0.00					
Gas	0.00	0.00	0.00	0.00					
Batteriespeicher	Inf	0.00	0.00	0.00					
Defizit	NaN	0.00	0.00	0.00					
Total	NaN	66.67	31.93	34.74					

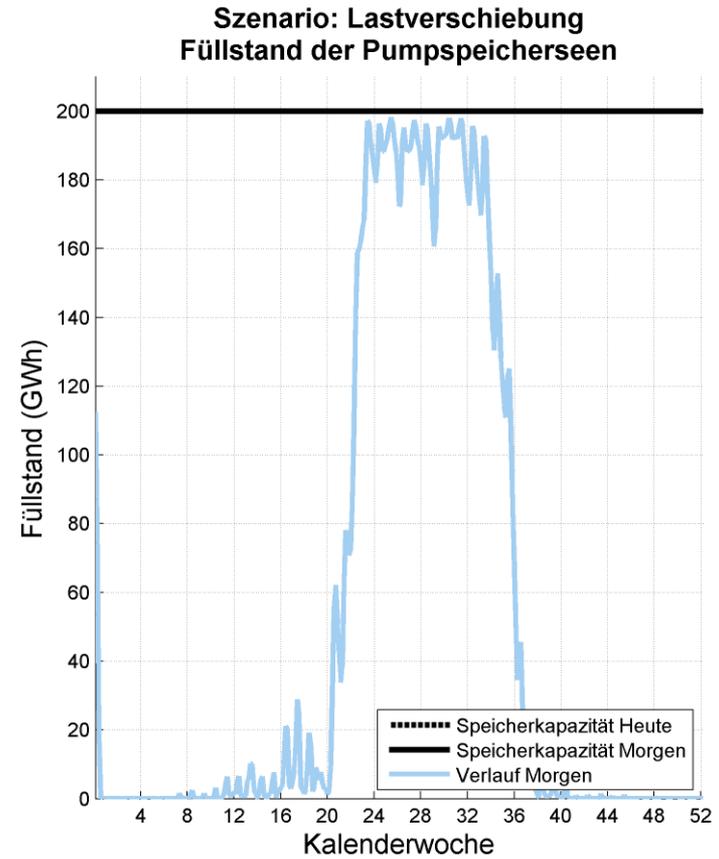
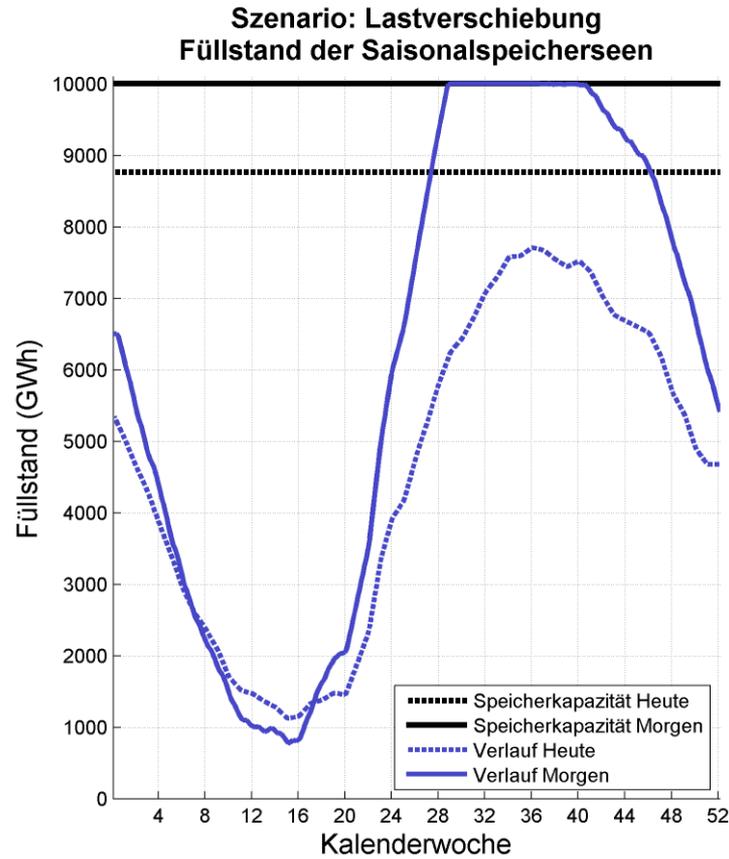
# Wochenverlauf Sommer



# Wochenverlauf Winter



# Füllstand der Speicherseen



# Fazit

- Es verschiedene Szenarien denkbar, welche die Energie- und Leistungsbilanz in einer Inselbetrachtung ohne KKW erfüllen können
- Die Szenarien des Bundes gehören dazu
- Die Simulation zieht keine bestehende Business-Modelle und Regulatorien in Betracht, sondern zeigt eine rein technische Machbarkeit auf

# Elektrische Energie CH 2050 - Gedanken

Prof. Dr. Anton Gunzinger

Supercomputing Systems AG

Technoparkstrasse 1

CH-8005 Zürich

Tel. 043 456 16 00

Fax 043 456 16 10

[gunzinger@scs.ch](mailto:gunzinger@scs.ch)

[www.scs.ch](http://www.scs.ch)

**Vision trifft Realität.**

Supercomputing Systems AG Phone +41 43 456 16 00

Technopark 1  
16 10

8005 Zürich

Fax +41 43 456

[www.scs.ch](http://www.scs.ch)



super computing systems

# Zusammenfassung & Fragestellung

- Es ist möglich, die Schweiz 100% mit erneuerbarer Energie zu versorgen
- Was kostet das?
- Welches Anreizsystem muss gewählt werden, damit diese Transformation erfolgt?

# Elektrische Netze heute: Mengengerüst nach Ebenen

Netzebene	Spannung [kV]	Anzahl Regionen	Anzahl Abgänge	Zeitwert [MCHF] Tot: 18 Mia	Zeitwert Relativ auf Total
N1	220/ 380	1		1750	9.7%
N2			148 Trafos (inkl. Res.)	350	2%
N3	36 - 220	Ca 128		2460	13.7%
N4			2600 Trafos (inkl. Res)	1140	6.3%
N5	1 - 36	? (<2600)		3500	19.5%
N6			53'000 Trafos	1140 +600	9.7%
N7	< 1	153'000 (Verteil- kabine)		4650 +2400	39.2%

Ca.  
75%

Quelle: ECom 2010, Jahresbericht

2400/600: Geschätzt mittels ECom  
Zahlen



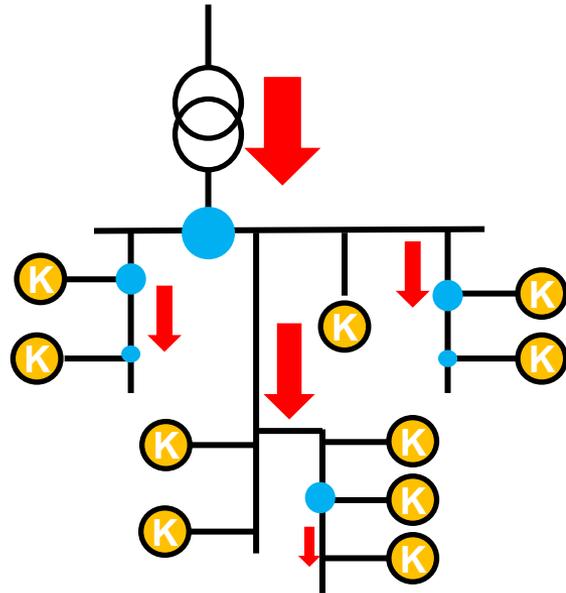
super computing systems

# Ausgangslage Stromnetze

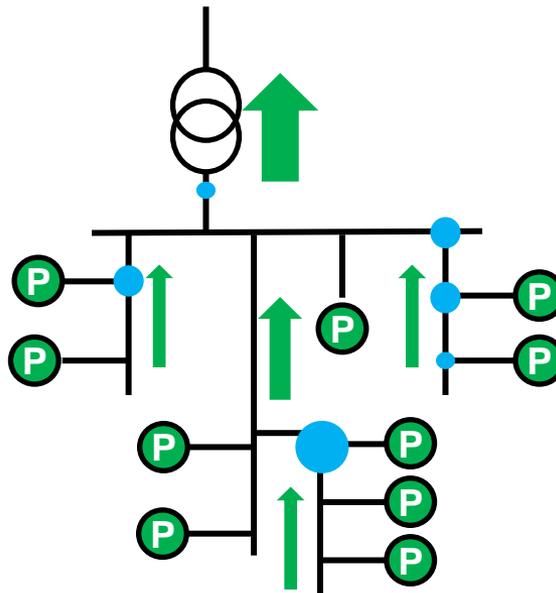
- Die Kosten des Stromnetzes sind wie folgt verteilt: rund 25% auf Netzebenen N1 – N3 und rund 75% auf Netzebenen N4 – N7.
- Investitionswert des elektrischen Netzes: rund 60 Mia. CHF  
Aktueller Zeitwert: rund 18 Mia. CHF
- Einspeisung dezentraler Energie primär auf N5 und N7
- Grosse Herausforderung: hohe Dynamik im elektrischen Netz durch schnelle Änderung des Energieflusses bei dezentraler Einspeisung
- Zusätzlich notwendige Netzinvestitionen gemäss Angaben Bund: 3.5 ... 20 Mia. CHF

# Stromfluss- und Spannungsmuster im elektrischen Netz

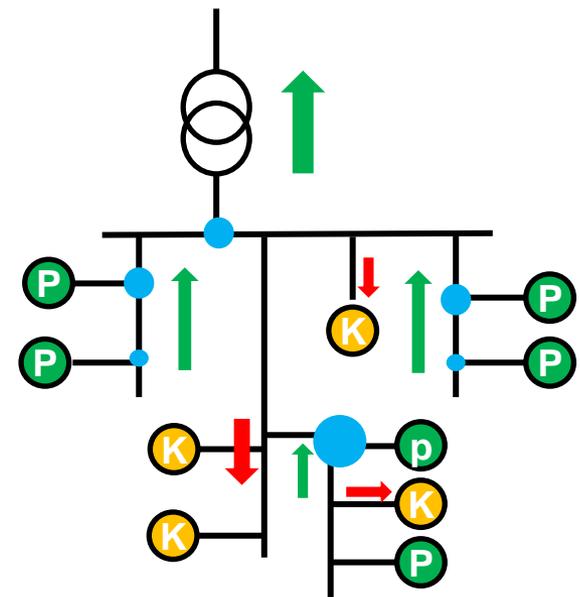
Ideale Netzstruktur für zentrale Produktion, dezentraler Verbrauch: hierarchisches Netz



Ideale Netzstruktur für dezentrale Produktion, zentraler Verbrauch: hierarchisches Netz



Ideale Netzstruktur für dezentrale Produktion, dezentraler Verbrauch: hierarchisches Netz



Die heutige Netzstruktur ist optimal für dezentrale Einspeisung geeignet.

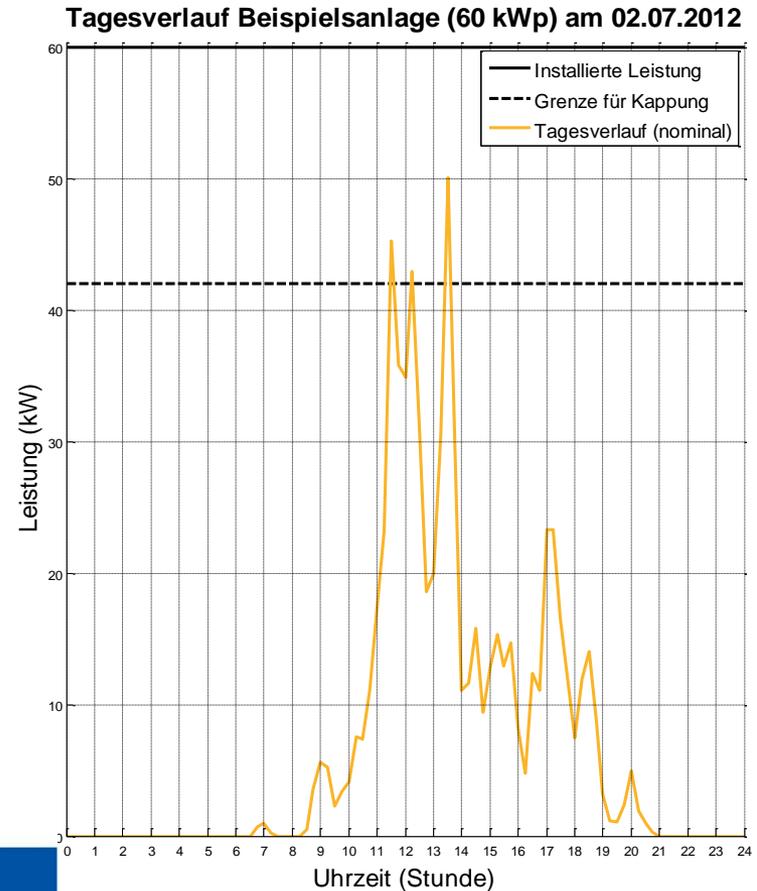
# Besondere Herausforderung: PV

Dezentrale Einspeisung verursacht hohe Dynamik im Netz

Im Besonderen kann PV so ausgebaut werden, dass das Verteilnetz überlastet ist.

Die Leistungsschwankungen der PV können zu hohen Spannungsschwankungen im Verteilnetz führen

Beispielanlage: EWZ (installierte Leistung 60 kWp)



# Lösungsansatz 1: Kappung der Leistungsspitzen

Es wird eine Grenze festgelegt (z.B. 70%)  
bei der die Einspeisung begrenzt wird

Wie gross sind die Verluste?

Produktion (nominal): 25'400 kWh

Produktion (gekappt): 24'300 kWh

Verluste: 1'100 kWh

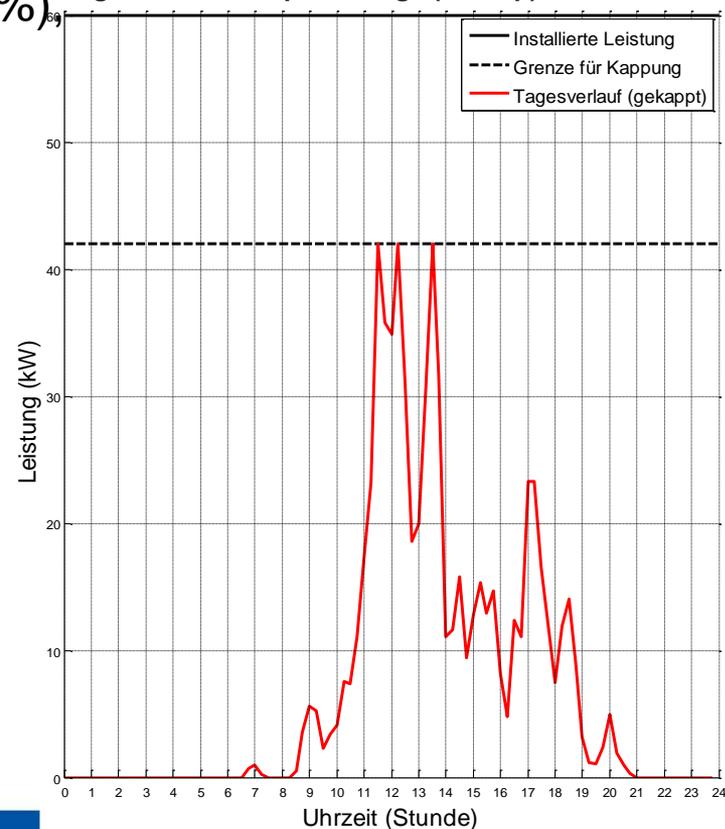
Verluste: **4.3 %**

(Betrachteter Betriebszeitraum:

Juli 2012 - September 2012)

Geringe Verluste, da Peaks nur kurz

Tagesverlauf Beispielsanlage (60 kWp) am 02.07.2012



## Lösungsansatz 2: Dezentrale Speicher

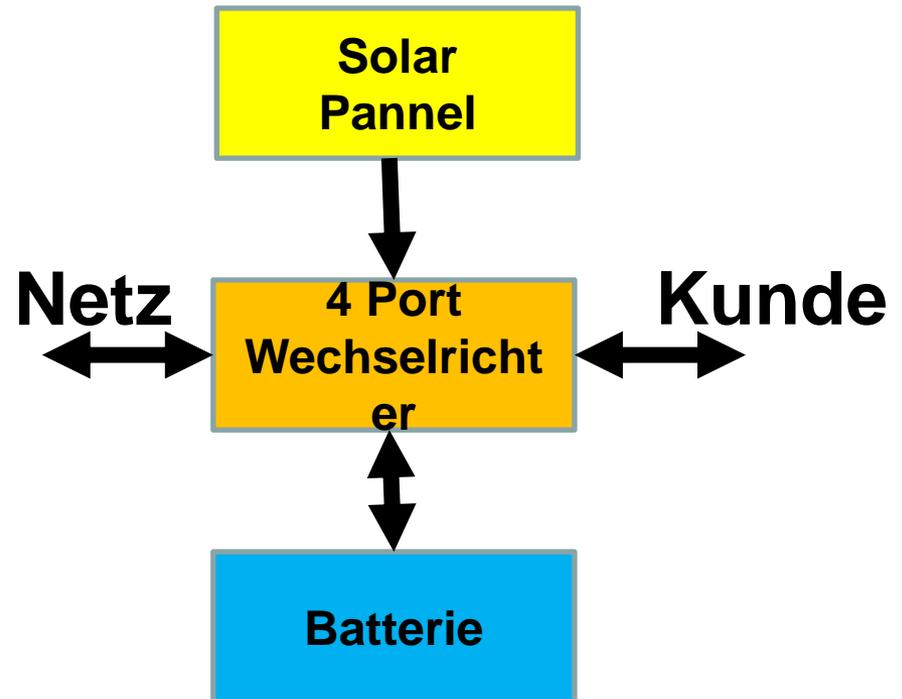
Idee: Es werden dezentrale Speicher eingesetzt, die sowohl die Produktionsspitzen der PV wie auch die Lastspitzen des Verbrauchers brechen können

Batteriekosten: CHF 300/ kWh

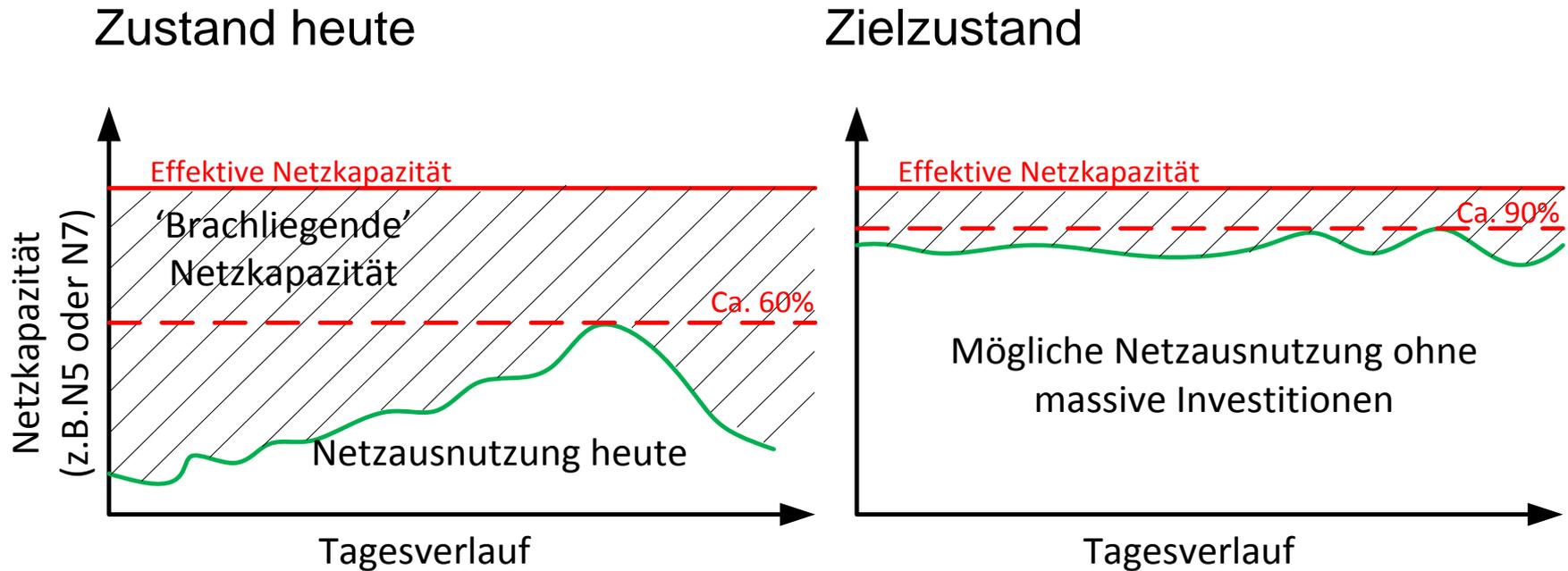
Nutzbare Zyklen: 5000

Speicherkosten: 6 Rp./ kWh

Durch diesen Ansatz wird das Netz trotz dezentraler Einspeisung noch stabiler als heute. Einziger Nachteil: Kosten



# Lösungsansatz 3: Nutzung brachliegender Netzkapazität



→ Optimale Nutzung der brachliegenden Netzkapazitäten durch intelligentes Netzmanagement reduziert die Investitionen in den Netzausbau massgeblich.

## Lösungsansatz 3: Nutzung brachliegender Netzkapazität

- Vermutung: Ausnutzung der Netzebenen N4 – N7 oft nur 30% aufgrund rudimentärer Nutzungsanalysen (Elektrizitätszähler beim Verbraucher, Schleppzeiger beim Trafo) der Netzebenen N4 – N7 → erfordert hohe Leistungsreserve.
- Ziel: kostengünstige, genaue Ausmessung (Echtzeitüberwachung) der Netzebenen N4 – N7 → ermöglicht an vielen Orten, auf den Netzausbau zu verzichten. Diese Art der Echtzeitüberwachung wird auf den Netzebenen N1 – N3 bereits erfolgreich eingesetzt  
→ «Smart Grid»
- Um die Echtzeitüberwachung auch in den Netzebenen N4 – N7 einsetzen zu können, muss sie um den Faktor 100 kostengünstiger werden aufgrund der hohen Stückzahlen (200'000 Messpunkte).

# Netze: Weiteres Vorgehen (Vorschlag)

Garantierte (konstante) Netzeinnahmen für gewisse Zeit (z.B. 20 Jahre), aber Leistungsauftrag:

- Unterhalt
- Ausbau wo nötig
- Kontinuierliche Erneuerung
- Smart Meter
- Smart Grid
- Smart Market

Diese Aufgaben sollten ohne zusätzliche Kosten erfüllbar sein.

# Volkswirtschaftliche Kosten

- Im folgenden werden nun die volkswirtschaftlichen Kosten für die verschiedenen Szenarien abgeschätzt.
- Die gewählten Parameter sind plausible Einschätzungen; sie können verändert werden.
- Bei Szenario WWB wird mit einer Erneuerung der Kernenergie gerechnet, da auch die bestehenden Kernkraftwerke erneuert werden müssen
- Die Mehrkosten sollten in Bezug auf dieses Szenario verglichen werden
- Es werden keine Aussagen zur Finanzierung gemacht (diese wird durch die Politik bestimmt)

# Volkswirtschaftliche Kosten der Energieträger

	Kosten [Rp/ kWh]
<b>Flusskraftwerke</b>	4.0
<b>Speicherkraftwerke</b> (heute 4.5 Rp/kWh)	5.5
<b>Kernkraftwerke</b> (heute)	5.6
<b>Kernkraftwerke</b> (neu) 1.5 GW à 15 Mia CHF, Zins: 6%, Lebensdauer: 50 Jahre, Unterhalt: 3%, Produktion: ca. 12 TWh/Jahr	12.1
<b>Solar</b> 1 kWp à 1.5 kCHF, Zins: 3%, Lebensdauer: 25 Jahre, Unterhalt: 1%, Produktion: ca. 1500 kWh/Jahr	8.2
<b>Wind</b> 1 MWp à 2 MCH, Zins: 4.5%, Lebensdauer: 40 Jahre, Unterhalt: 4%, Produktion: ca. 2000 MWh / Jahr	9.7
<b>KVA</b>	6.0
<b>GuD</b> 1 MWp à 1 MCH, Zins: 4.5%, Lebensdauer: 30 Jahre, Unterhalt: 1%, Brennstoff: 50 Rp/ kWh, Betrieb: ca. 4000 Volllaststunden/Jahr	6.8

# Volkswirtschaftliche Kosten der Szenarien

	Kosten [Mia CHF/a]	Kosten [Rp/ kWh]
WWB (ohne Risiko)	8.72	14.5
WWB (mit Risiko 0.2 ‰) *)	13.72	22.8
WWB mit KKW neu (ohne Risiko)	10.53	17.5
Prognos NEP-E	9.29	16.3
Solarausbau-A (1 Standort)	(geht nicht!) 9.46	(geht nicht!) 15.7
Solarausbau-B (40 Standorte)	(geht nicht!) 9.24	(geht nicht!) 15.4
Solar & Wind	9.83	16.4
Solar & Wind & Biomasse	10.61	17.7
Solar & Wind & Biomasse & Batterie	11.04	18.4

\*) Kosten Supergau: CHF 5000 Mia, 0.2 ‰ / KKW & a, 5 KKW's

# Finanzierung der Solarenergie (Vorschlag)

- Keine langfristigen Verpflichtungen (nur Anschubfinanzierung)
- CHF 500 pro kWp Solarenergie für 2014, Degression 10% pa
- CHF 250 pro kWh Batterie für 2014, Degression 10% pa
- Eigenverbrauchsregelung & Einspeisung zu Marktpreisen
- Steuerabzug
- Keine Leistungslimitierung
- Max 100 Mio CHF pa
- Zeitpunkt Anschubfinanzierung: Erste Einspeisung ins Netz (Tatbeweis)
  
- Zum Vergleich: Entsorgung Kernenergie 100 – 400 Mio CHF pa

# Zusammenfassung

- Die Energiewende (keine Kernkraft, kein zusätzliches CO<sub>2</sub>) ist in der Schweiz technisch möglich
- Die Schweiz ist geradezu ideal für die Energiewende vorbereitet
- GuD machen nicht viel Sinn
- Die volkswirtschaftlichen Kosten sind sogar geringer, als mit einem WWB Szenario
- Die Energiewende schafft zusätzliche Arbeitsplätze in der Schweiz
- Die Energiewende verringert die Auslandabhängigkeit
- Die Energiewende erschafft neue Gewinner und Verlierer
- Damit sie gelingt, müssen die politischen Weichen richtig gestellt werden
- **Achtung: Es wurde eine (volkswirtschaftliche) Systemoptimierung durchgeführt. Diese wurde nicht auf bestehende Gesetze und Verordnungen überprüft.**

## **Supercomputing Systems AG**

info@scs.ch +41 43 456 16 00

**Vision meets reality.**