TECHNISCHE HOCHSCHULE NÜRNBERG
GEORG SIMON OHM

Potential und Speicheranalyse im Bereich regenerativer Energien in Oberfranken mit dem Schwerpunkt Photovoltaikanlagen

Rastergebiet: 11.25°E 50.00°N

Abb. 1, 11,22kWp PV – Anlage (Eigene Aufnahme)

Christoph Langguth

Inhalt

1. Untersuchungsgebiet
2. Aktuelle Verbrauchs- & Bestandszahlen
3. Zubaubedarf
4. Aktuelle Technik und Kosten Solaranlagen (Photovoltaik)
    4.1. Aktuelle Technik
    4.2. Kosten – Einführung: Grundfrage nach Kostenunterschieden versch. Anlagengrößen
    4.3. Kosten – 6kWp Dachanlage
    4.4. Kosten – 40kWp Dachanlage
    4.5. Kosten – Preisnachweis
    4.6. Kosten – 748kWp Freiflächenanlage
    4.7. Kosten – 104MWp Freiflächenanlage
5. Zusammenfassung
    5.1. Verbrauch und Erzeugung
    5.2. Technik & Kosten Photovoltaik

1. Untersuchungsgebiet

Gebietsmittelpunkt: 11.25°E 50.00°N (Großteil Oberfranken)

Nennenswerte Orte/ Städte im Gebiet:

- Kulmbach
- Kronach
- Bad Staffelstein

- Pegnitz (teilweise)
- Ebermannstadt

Abb. 2, Untersuchungsgebiet Oberfranken (https://www.google.de/intl/de/earth/index.html)

2. Aktuelle Verbrauchs- und Bestandszahlen

Tab. 1, Verbrauchszahlen (BA Fr. Will, K.)

Verbrauchszahlen (2018)	
Stromverbrauch	1,94 TWh
Mittlere Last	221,93 MW

Tab. 2, Bestandskennzahlen (https://www.netztransparenz.de/EEG/Anlagenstammdaten)

Bestandskennzahlen (2018)			
Anlagentyp	Anzahl	Erzeugte Energie in [GWh]	Speicherkapazität in [MWh]
Laufwasserkraftwerk	130	39,40	
Biogas-/ Klärgasanlage	106	343,10	
Photovoltaikanlage	12.991	324,10	
Windkraftanlage	81	392,37	
Batteriespeicher	171		1,33
Summe		**1,09 TWh**	**1,33 MWh**

Fazit:

- Stromverbrauch (2018) 1,94TWh – Erzeugte Energie (RE-Anlagen) 1,09TWh = rechnerisch offener Betrag (RE-Anlagen) 850GWh ➡ Ca. 56% des Stromverbrauchs durch RE-Anlagen gedeckt
- Speicherkapazität aktuell vernachlässigbar

3. Zubaubedarf

- Zubau - Mix von 70% Wind und 30% Sonne
- Grundlage geotechnische Speicher
- Stromgestehungskosten: 13,12 $\frac{Cent}{kWh}$
- Wettertechnisch ungünstigsten 4 Jahreszeiträume analysiert: 1988/89, 1996/97, 2015/16 & 2018/2019

Tab. 3, Zubaubedarf

RE-Anlage	Stromerzeugungshöhe in [TWh]	Speicherkapazität in [GWh]	Bemerkungen
Photovoltaik	0,66		$P_{Spitze,Photovoltaik} = 662\ MWp$ $A_{Photovoltaik,nötig} = 853.333\ m^2 \approx 0{,}85\ km^2$
Windkraftanlagen	1,54		$P_{N,Winkraftanlagen} = 4MW$ $n_{Windkraftanlagen} = 116$
Geotechnische Speicher		55,70	

4. Aktuelle Technik und Kosten von Solaranlagen (Photovoltaik)

4.1. Aktuelle Technik

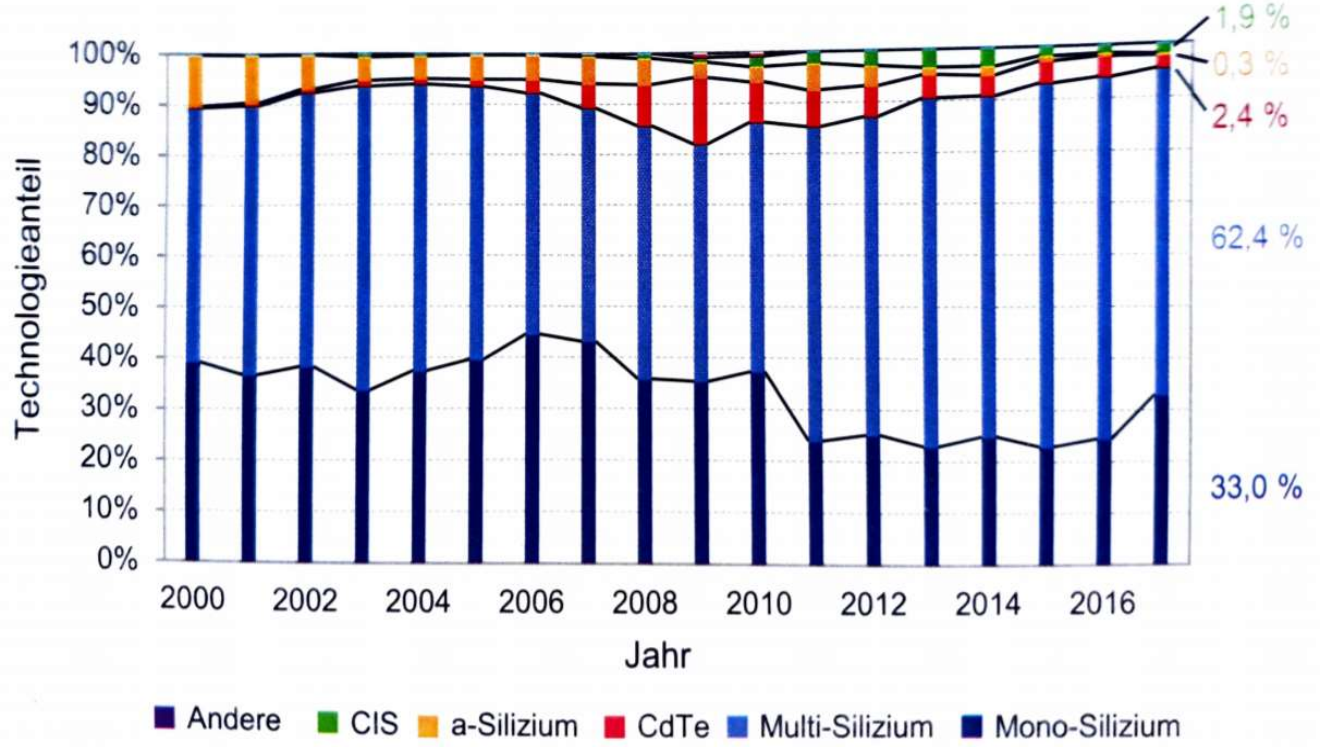

Abb. 3, Anteile der verschiedenen Zellentechnologien in Prozent über die Jahre: Kristallines Silizium dominiert nach wie vor den Weltmarkt mit einen Anteil von über 95 % [ISE19]

Fazit:

Kristalline Silizium Wafer dominierten den Weltmarkt mit über 95%

Quelle: Prof. Dr.-Ing. Mertens, K. (2020). *Photovoltaik Lehrbuch zu Grundlagen, Technologie und Praxis* (5., aktualisierte Auflage, S. 162). München, Deutschland: Karl Hanser Verlag München

4. Aktuelle Technik und Kosten von Solaranlagen (Photovoltaik)

4.1. Aktuelle Technik

Wieso kursieren Gerüchte von Modulen mit einer Leistungsspitze z.T. > 400Wp?

Hat das etwas mit der aktuellen Technik zu tun?

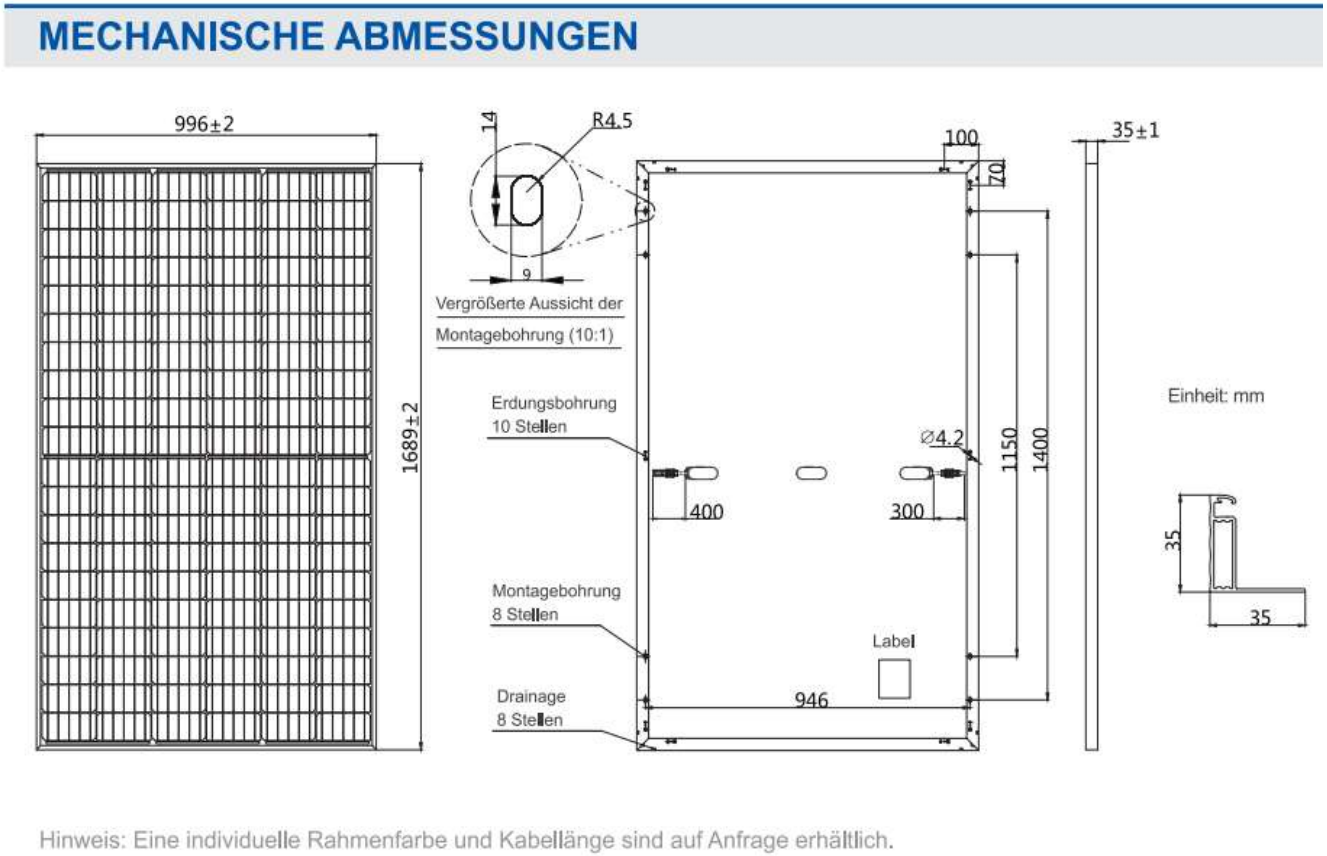

Abb. 4, 340W PERC Halbzellenmodul JAM60S10 320-340/PR (https://www.jasolar.com/uploadfile/2019/0214/20190214035646979.pdf)

4. Aktuelle Technik und Kosten von Solaranlagen (Photovoltaik)

4.2. Kosten – Einführung: Grundfrage nach Kostenunterschieden versch. Anlagengrößen

RGB_LON Mitte	RGB_LAT Mitte	Energieträger	Spannungsebene	Anzahl [Stück]	Gesamtinstallation [kW]	Strommenge [kWh]	Installierte Leistung pro Anzahl [kW]	Prozentualer Anteil an ges. Strommenge
11,250	50	Solar	NS	2435	20173,45	14441850,62	8,28	4,46%
11,250	50	Solar	NS	7617	90656,61	90058788,52	11,90	27,79%
11,250	50	Solar	MS	3	37,85	34345,00	12,62	0,01%
11,250	50	Solar	NS	8	108,73	77324,73	13,59	0,02%
11,250	50	Solar	MS/NS	12	179,18	164365,00	14,93	0,05%
11,250	50	Solar	NS	2029	45438,58	42395561,16	22,39	13,08%
11,250	50	Solar	NS	37	920,91	892087,30	24,89	0,28%
11,250	50	Solar	MS/NS	132	3436,80	3249132,02	26,04	1,00%
11,250	50	Solar	MS	17	573,48	576124,00	33,73	0,18%
11,250	50	Solar	MS/NS	19	667,15	598714,77	35,11	0,18%
11,250	50	Solar	NS	60	2379,42	2249703,33	39,66	0,69%
11,250	50	Solar	MS/NS	99	4598,73	4255516,00	46,45	1,31%
11,250	50	Solar	MS/NS	2	112,90	107892,00	56,45	0,03%
11,250	50	Solar	HS/MS	3	173,19	143121,00	57,73	0,04%
11,250	50	Solar	MS	3	181,55	181478,40	60,52	0,06%
11,250	50	Solar	NS	88	5585,69	5316845,28	63,47	1,64%
11,250	50	Solar	MS	28	1792,21	1652989,87	64,01	0,51%
11,250	50	Solar	MS/NS	17	1471,82	1453462,46	86,58	0,45%
11,250	50	Solar	NS	126	16533,41	14845439,83	131,22	4,58%
11,250	50	Solar	MS/NS	77	10921,31	10805004,90	141,84	3,33%
11,250	50	Solar	HS/MS	2	898,56	732323,00	449,28	0,23%
11,250	50	Solar	MS	167	77485,60	81133419,52	463,99	25,04%
11,250	50	Solar	HS	10	42852,95	48699097,00	4285,30	15,03%
			Gesamtanzahl	**12991**	**Gesamt Strommenge**	**324064585,69**		

Tab. 4, Solare Stromerzeugungsdaten des Netzbetreibers TenneT, Jahresabrechnung 2018 (https://www.netztransparenz.de/EEG/Anlagenstammdaten)

8,28 bis 24,89kWp ≙ 45%

26,04 bis 449,28kWp ≙ 15%

463,99kWp bis 4,29MWp ≙ 40%

4. Aktuelle Technik und Kosten von Solaranlagen (Photovoltaik)

4.3. Kosten – 6kWp Dachanlage

6kWp Photovoltaik Dachanlage			
Elektriker			
Anzahl Elektriker	1		
Arbeitszeit	5	h	(mit Anmeldung beim Energieversorger)
Preis pro Stunde	50	€	(pro Elektriker)
Arbeitskosten	250	€	
Material (Elektriker)	650	€	Sicherungskasten, Sicherungen, Kabel, etc.
Gesamtkosten (E)	900	€	
Photovoltaik			
Anzahl Monteure	2		
Arbeitszeit	16	h	
Preis pro Stunde	50	€	(pro Monteur)
Arbeitskosten	1600	€	
Material (PV Anlage)	5705	€	(www.photovoltaik4all.de, siehe Literaturverz.)
Gesamtkosten (PV)	7305	€	
Logistikkosten			
Gesamtkosten (L)	200	€	(geschätzt)
Gewinn Montagefirma	2000		(geschätzt)
Kumulierte Gesamtkosten	10405	€	
Preis pro kWp	1734	€	

Tab. 5, 6kWp Photovoltaik Dachanlage Kostenkalkulation

4. Aktuelle Technik und Kosten von Solaranlagen (Photovoltaik)

4.4. Kosten – 40kWp Dachanlage

40kWp Photovoltaik Dachanlage			
Elektriker			
Anzahl Elektriker	2		
Arbeitszeit	8	h	(mit Anmeldung beim Energieversorger)
Preis pro Stunde	50	€	(pro Elektriker)
Arbeitskosten	800	€	
Material (Elektriker)	650	€	Sicherungskasten, Sicherungen, Kabel, etc.
Gesamtkosten (E)	1450	€	
Photovoltaik			
Anzahl Monteure	4		
Arbeitszeit	32	h	
Preis pro Stunde	50	€	(pro Monteur)
Arbeitskosten	6400	€	
Material (PV Anlage)	30148	€	(www.sauerläaender-solarmakrt.de, siehe Literaturverz.)
Unterkonstruktion & Kabel	8000		(200€/kWp geschätzt)
Gesamtkosten (PV)	44548	€	
Logistikkosten			
Gesamtkosten (L)	500	€	(geschätzt)
Gewinn Montagefirma	4000		(geschätzt)
Kumulierte Gesamtkosten	50498	€	
Preis pro kWp	1262	€	

Tab. 6, 40kWp Photovoltaik Dachanlage Kostenkalkulation

4. Aktuelle Technik und Kosten von Solaranlagen (Photovoltaik)

4.5. Kosten – Preisnachweis

6kWp – mittlere Kosten = 9.000€ (netto)

→ 1.500 $\frac{€}{kWp}$

10kWp – mittlere Kosten = 13.750€ (netto)

→ 1.375 $\frac{€}{kWp}$

Abb. 5, Kosten nach Firma WEGATECH Photovoltaikanlagen 4-10kWp (https://www.wegatech.de/ratgeber/photovoltaik/kosten-und-wirtschaftlichkeit/photovoltaikanlagen/)

ANLAGENGRÖSSE	GESAMTKOSTEN	GESAMTKOSTEN MIT SPEICHER
4 kWp	7.000 € – 8.000 €	12.000 € – 15.000 €
5 kWp	8.000 € – 8.500 €	13.000 € – 16.000 €
6 kWp	8.500 € – 9.500 €	13.000 € – 18.000 €
7 kWp	9.000 € – 11.000 €	14.000 € – 21.000 €
8 kWp	10.000 € – 12.000 €	15.000 € – 22.000 €
9 kWp	11.000 € – 14.000 €	18.000 € – 25.000 €
10 kWp	12.500 € – 15.000 €	20.000 € – 27.000 €

4. Aktuelle Technik und Kosten von Solaranlagen (Photovoltaik)

4.6. Kosten – 748kWp Freiflächenanlage

- Bachelorarbeit von Hr. Kürzdörfer, M.
- Zusammenarbeit mit Hr. Dr. Brunner, Bürgersolaranlagen (Biologisches Büro Brunner)
- Leitung (TH): Prof. Dr.-Ing. Matthias Popp
- Arbeit ist nicht öffentlich einsehbar

→ Preis: $845\ \frac{€}{kWp}$

4. Aktuelle Technik und Kosten von Solaranlagen (Photovoltaik)

4.7. Kosten – 104MWp Freiflächenanlage

Schlüsselfertiger Verkaufspreis: $980\ \frac{€}{kWp}$

MAASIM PV PLANT – 104MW$_{DC}$
PHILIPPINES

TECHNICAL DESCRIPTION & COMMERCIAL PROPOSAL

From To: IES international energy solutions Die Kraft der Sonne. renewables Made in Germany

Abb. 6, Technical Descpription & Commercial Proposal an die Firma IES

5. Zusammenfassung

5.1. Verbrauch, Erzeugung und Zubaubedarf

Tab. 7, Verbrauchszahlen (BA Fr. Will, K.)

Verbrauch & Erzeugung	
Stromverbrauch (2018)	1,94 TWh
RE-Stromerzeugung (2018)	1,09 TWh
Prozentualer Anteil	56%

Tab. 8, Zubaubedarf

Zubaubedarf		
RE-Anlage	**Stromerzeugungshöhe in [TWh]**	**Speicherkapazität in [GWh]**
Photovoltaik	0,66	
Windkraftanlagen	1,54	
Geotechnische Speicher		55,70
Summe	**2,20**	**55,70**

→ Zubau bezogen auf die wettertechnisch ungünstigsten Jahre von 1980 bis 2019

5. Zusammenfassung
5.2. Technik & Kosten Photovoltaik

Tab. 9, Kosten und Gewichtung von Photovoltaikanlagen

Anlagenart	Spitzenleistung	Gewichtung	Preis pro kWp (netto)
Dachanlage	6 kWp	45 %	1.734 $\frac{€}{kWp}$
Dachanlage	40 kWp	15 %	1.262 $\frac{€}{kWp}$
Freiflächenanlage	748 kWp	40 %	845 $\frac{€}{kWp}$
Freiflächenanlage	104 MWp		980 $\frac{€}{kWp}$

$$Gesamtpreis_{gewichtet} = 1.734\ \frac{€}{kWp}\ \text{x}\ 0{,}45 + 1.262\ \frac{€}{kWp}\ \text{x}\ 0{,}15 + 845\ \frac{€}{kWp}\ \text{x}\ 0{,}4 = 1.307\ \frac{€}{kWp}$$

$$Kalkulatorischer\ Zins = 5\ \%$$

$$Abschreibungsdauer = 25\ Jahre$$

$$Betriebskostenfaktor = 0{,}45\ \%$$