



Machbarkeitsstudie-

Energieeinsparungen und Sanierung der Haustechnik - Sonnenstromanlagen Bestandsaufnahme, Wirtschaftlichkeit und Kosten



INHALT

| | |
|--|-----------|
| 1 Zusammenfassung | 3 |
| 2 Bestandsaufnahme und Bewertung: | 4 |
| 1.1 kleine Turnhalle: | 4 |
| ➤ Kleinere Turnhalle- Bestandsaufnahme Wärmeerzeugung, Wärmeverteilung und Wärmeabgabe | 4 |
| ➤ Wärmeverteilung in den Sanitärräumen | 5 |
| ➤ Sanitärbereich | 5 |
| ➤ Heizungssanierung | 6 |
| 1.2 Große Turnhalle (MTH90) | 6 |
| ➤ Sanitäre Anlagen und Installationen | 7 |
| Die Wärmeabgabe | 7 |
| ➤ Sanierungsempfehlungen Heizung: | 7 |
| ➤ Sanitäre Anlagen und Installationen: | 8 |
| ➤ Lüftungsanlage | 8 |
| 2 Bestandserhebung Wärmeverbrauch, Wärmekosten und Wärmebedarf: | 9 |
| 2.1 Große Turnhalle: | 9 |
| ➤ Wärmeenergieverbrauch und Kosten: | 9 |
| ➤ Mögliche Sanierungsmaßnahmen: | 9 |
| 2.2 Kleine Turnhalle | 10 |
| ➤ Wärmeverbrauchsdaten und -Kosten: | 10 |
| ➤ Mögliche Sanierungsmaßnahmen: | 10 |
| 3 Kosten der notwendigen Sanierungsmaßnahmen: | 11 |
| 3.1 Kosten für große Turnhallensanierung MTH 90 | 11 |
| ➤ KG 410 Sanitäre Anlagen und Installationen: | 11 |
| ➤ KG 420 Heizung MTH | 12 |
| 3.2 Kosten für kleine Turnhallensanierung KTH 60 | 13 |
| ➤ KG 410 Sanitäre Anlagen und Installationen KTH 60: | 13 |
| ➤ 420 Heizungsanlagen KTH 60 | 14 |
| ➤ KG 430 Lüftungsanlagen KTH60: | 14 |
| 4 Kostenzusammenstellung TGA Sanierung für beide Turnhallen: | 15 |
| 5 Solare Stromerzeugung und Batteriespeicher | 16 |
| 5.1 Eigenstrombedarfsdeckung des Schulcampus durch Sonnenstrom: | 17 |
| 5.2 Zusätzliche Nutzung von Sonnenstrom: | 17 |
| 5.3 SMART GRID und Smart Metering System | 17 |
| 5.4 Ladestation für Elektroautos und – Fahrräder, sowie Arbeitsgeräte und -Maschinen | 17 |
| 5.5 Einschaltung Wärmepumpen | 18 |
| 5.6 Einsatz von Batteriespeichern | 18 |
| ➤ Salzwasser- Manganoxid- Edelstahlspeicher | 18 |
| 5.7 Kostenberechnung Solare Stromerzeugung und Speicherung: | 19 |
| 5.8 Wirtschaftlichkeit der Solarstromanlagen: | 20 |
| ➤ Wirtschaftlichkeit mit Batteriespeicher | 20 |
| ➤ Wirtschaftlichkeit ohne Batteriespeicher | 21 |



1 Zusammenfassung

Die beiden Turnhallen in Brück sollen saniert werden.

Diese Turnhallen werden aus der Heizzentrale von Edis Therm mit Wärme über HJA Stationen versorgt.

Die HA Stationen sollten dringend erneuert werden da diese direkte Stationen sind und so das Heizungswasser des Nahwärmesystems identisch ist mit dem in den Turnhallen. Das stellt ein hohes Betriebssicherheitsrisiko für das gesamte System dar.

Vielleicht wird sich aus diesem Grund auch der Versorger an einer Erneuerung der HA Stationen beteiligen.

Die beiden HA Stationen sind 20 Jahre alt und haben Ihre technische Standzeit erreicht.

Im Fall der kleinen Halle empfehlen wir auch diese unbedingt auszutauschen, bei der großen Halle ist dieser Austausch nicht ganz so dringlich jedoch empfehlenswert.

Die Warmwassererzeugung und Verteilung in beiden Turnhallen ist zu erneuern da bereits extreme galvanische Korrosionen aufgrund der Mischinstallation (gemischte Materialien) zu sehen sind.

Deswegen war bereits im letzten Jahr ein Rohrbruch in der kleinen Halle.

Die Sanitären Anlagen und Installationen in den Hallen sind veraltet und z. Teil defekt und sind so aus hygienischen Gründen aber auch aus hygienischen Gründen der Legionellen-sicheren Rohrverlegung nicht mehr vertretbar.

Das Wärmeabgabesystem der kleinen Halle ist vollständig zu erneuern und durch ein Strahlungswärmesystem als Grundlast und einer Lüftung mit Wärmerückgewinnung als Spitzenlast zu ersetzen.

Für die Sanierung der TGA sind folgende Kosten notwendig:

| | | |
|-----|--|--------------|
| 410 | Abwasser-, Wasser-, Gasanlagen (Summe) | 289.776,90 € |
| 420 | Wärmeversorgungsanlagen (Summe) | 196.597,52 € |
| 430 | Lufttechnische Anlagen, Klima und Kälteanlagen | 114.720,76 € |

Von uns wurde auch der Einsatz von PV Anlagen auf den Hallendächern geprüft

So könne auf der großen Halle 80 kWp errichtet werden und auf der kleinen Halle 40 kWp

Mit diesen beiden Anlagen kann bis zu 50% des Stromverbrauches der Schulen gedeckt werden,

Die Überschüsse werden eingespeist oder für Elektromobilität eingespeist werden.

Die Rendite bei Solarstromanlagen ist nicht mehr so hoch aber hoch genug um zu investieren. (3,0%)

Zusammen mit einem Batteriespeicher hier haben wir ein umweltfreundliches System mit dem Stoffpaaren Edelstahl, Salzwasser Magnesium gewählt, entsteht ein umwelttechnisches und Ökonomisches Vorzeigeprojekt für den Schulcampus.

Ggf. könnten die Dachflächen auch an einen Naturstromversorger wie die Naturenergie Fläming e.G. oder die Stadtwerke Bad Belzig verpachtet werden.

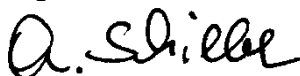
Die Kosten für die Solare Stromerzeugung betragen:

| | | |
|-----|--|--------------|
| 440 | Elektrische Anlagen und Installationen | 305.671,33 € |
| 445 | Stromerzeugungsanlagen | 182.308,00 € |
| 449 | Stromspeicheranlagen | 123.363,33 € |

Die Nebenkosten für Planung und Fachbauleitung für alle Gewerke betragen ca. 191.443 € gemäß HOAI Zone II.

Eine Umsetzung des Projektes ist aus unserer Sicht sehr unterstützenswert und auch notwendig..

Aufgestellt am: 2020-02-19



Andreas Schiller



2 Bestandsaufnahme und Bewertung:

Protokoll Vorortbegehung - BV: Turnhallen Brück

Ort: Brück

Datum:

05.02.2020 um 10:00 Uhr

Hier: Mittlere und kleine Turnhalle

Anwesend sind:

Herr Tille sowie Hausmeister des Schulbereiches

Besprochen und besichtigt wurden folgende Punkte:

1.1 kleine Turnhalle:

➤ Kleinere Turnhalle- Bestandsaufnahme Wärmezeugung, Wärmeverteilung und Wärmeabgabe

Die kleine Turnhalle wird über eine Fernwärmestation beheizt, die Fernwärmestation ist eine direkte Fernwärmestation.

Dieses bedeutet, dass das Wasser in der Turnhalle gleich dem Wasser der Fernwärmeleitung ist. Es besteht keine Systemtrennung.

Sicherheitstechnisch ist dieses fragwürdig und nicht mehr Stand der Technik, da wenn eine Havarie im Fernwärmesystem ist, die Turnhalle stillsteht, aber auch wenn eine Havarie im Turnhallenkreislauf das ganze Fernwärmesystem in Mitleidenschaft gezogen wird.

Die Turnhalle selbst wird ausschließlich über ein Warmluftsystem geheizt.

Das Fabrikat ist Wolf Geisenfeld. Die Wärmeleistung des Luftherhitzers beträgt 43 kW.

Durch die Beheizung der Turnhalle über das Warmluftsystem wird eine sehr trockene Luft erzeugt. Es besteht für die Abluft leider keine Wärmerückgewinnung sondern lediglich ein Abluftventilator auf der Rückseite der Halle, Gerätetyp WK 41 BJ 1998.

Die Steuerung der Lüftungsanlage ist manuell – von Hand ohne jegliche Zeit oder Temperaturfunktion.

Die Fernwärmestationen werden über Fernwärmeregler des Fabrikates Samsomatic geregelt.

Diese Fernwärmeregler sind wahrscheinlich mit der Heizzentrale datentechnisch verbunden. Die Vorlauftemperaturregelung funktioniert über Mischventile außentemperaturgeführt. Die Warmwasserladung ist ebenfalls BJ 1998 / 1999. Die Heizleistung der Fernwärmestation ist 58 kW.



Diese arbeitet über ein Warmwasserladesystem mit einem recht großen 1.000l Warmwasserspeicher aus Edelstahl.
Das Manko an der Warmwasserinstallation ist eine Mischinstallation aus verschiedenen Materialien.



Hier ist ein Materialmix von Edelstahl, Rotguss Kupfer und verzinkten Stahl anzutreffen. Die Materialien regen sich gegenseitig zur galvanischen Korrosion an. Es sind an allen Anschlüssen und verschiedensten Rohrleitungen auch Korrosionsspuren zu sehen. Hier besteht dringender Sanierungsbedarf, da bereits im Sanitärbereich eine Leitung durchkorrodiert war und es hier zu einem Wasserschaden in 2019 kam. Das bedeutet, dass das gesamte sanitäre Rohrleitungssystem im Gebäude erneuert werden muss, da sich die galvanische Korrosion im Ganzen Gebäude an allen Rohrleitungen fortsetzt!

➤ **Wärmeverteilung in den Sanitärräumen**

Die Wärmeverteilung in den Sanitärräumen und Aufenthaltsräumen passiert über ein 2-Rohrheizungswarmwassersystem als Stahlrohr. Die Heizkörper sind Gussradiatoren welche eine sehr große Masse haben. -Alter mindestens 40 Jahre.

➤ **Sanitärbereich**

Die sanitären Objekte und Armaturen sind veraltet und auch zum Teil defekt. Es bestehen 6 Duschen mit Sportduschköpfen, welche jedoch nie vollständig in Betrieb sind. Bei einer Neuinstallation würden aus unserer Sicht 4 Duschplätze reichen.

Die Abluftanlage ist sehr stark verschmutzt. Ein Pissoir ist defekt. Die Verrohrung hinter den Vorwänden ist wahrscheinlich sehr stark korrodiert und muss dringend ausgewechselt werden, da bereits ein Wasserschaden bestand.





➤ **Heizungssanierung**

Für eine Sanierung und eine Neustrukturierung der Heizung empfehlen wir folgendes:

- a) Montage einer neuen Wärmeübergabestation mit Plattenwärmetauscher als Systemtrennung so dass Turnhallenkreislauf und Fernwärmekreislauf vollständig getrennt sind.
- b) Montage eines neuen Warmwasserladesystems, da das bestehende Ladesystem sehr stark korrodiert ist. Die Legionellen-sichere Rohrverlegung muss dann neu gemäß den aktuellen Legionellenschutzrichtlinien durchgeführt werden. Hier wird die Grundwärme als Strahlungswärme eingebracht. Der Fußboden wird dadurch auch entsprechend durchgewärmt
- c) Beheizung der Turnhalle mit einem Deckenstrahlheizungssystem am besten kombiniert mit Beleuchtung und ggf. auch Lüftungslamellen als Grundlast analog der großen Turnhalle.
- d) Montage einer Fußbodenheizung in den Sanitärbereichen
- e) Zusätzlich Neumontage einer Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung und Integration in die neue Systemdecke. So wird die Verbrauchete Luft abgeführt die Wärme daraus wie in der Turnhalle 1 zurückgewonnen.

So entsteht für die Sportarten ausreichend Sauerstoffversorgung und Luftversorgung, aber auch ein energiesparender Betrieb.

1.2 Große Turnhalle (MTH90)

In der größeren Turnhalle ist ebenfalls eine Wärmeübergabestation in direktem Anschluss installiert.

Die Wärmeabgabe in der Turnhalle passiert über ein Deckenstrahlheizungssystem kombiniert mit integrierten Leuchtkörpern und Schallschutzpanelen.

Die montierte Lüftungsanlage ist vom Fabrikat EXHausto Baujahr 2005 mit Wärmerückgewinnung und ist technisch und qualitativ gut ausgeführt.

Die Fernwärmekomplettstation hat eine Leistung von 77 kW. Diese ist wie auch in der kleinen Turnhalle mit einem Warmwasserladesystem ausgerüstet, welches von der



Installationsart her noch besser erhalten ist. Ein Materialmix in der Heizzentrale ist nicht vorhanden bzw. sind nur Rotguss und Edelstahl kombiniert, was zulässig ist. Lediglich im Bereich der Warmwasserverteilung sind galvanische Korrosionspunkte zu sehen, welche jedoch punktuell bearbeitet werden könnten. Das Baujahr und der Stand der Technik der Warmwassererzeugungsanlage und einer HA-Station ist ca. 2000 Jahre. Die Hausanschlussstation d.h. für Warmwasser und Heizung ist jedoch 20 Jahre alt, Installationszeit 1999.

Dadurch dass die Anlage in 2005 saniert wurde würden hier noch ca. 5 Jahre Betriebszeit für die Lüftungsanlage zur Verfügung stehen.

Die Deckenstrahlheizung kann weiter betrieben werden.

➤ **Sanitäre Anlagen und Installationen**

Auch hier sind in den sanitären Anlagen und Installationen für Jungen und Mädchen bzw. Damen und Herren je 6 Duschen installiert.

Bei einer Neuinstallation wäre die Anzahl von 4 Duschen je Geschlecht in Ordnung. Die sanitären Objekte und Armaturen sind ebenfalls sanierungsbedürftig.

Die sanitäre Verrohrung sollte auch in diesem Bereich vollständig erneuert werden um zum einen eine Legionellen sichere Verrohrung zu gewährleisten aber auch eine korrosionssichere Verrohrung.

Die Wärmeabgabe passiert hier bereits über Röhrenradiatoren Fabrikat Arbonia oder ähnlich, welche vom Fabrikat her und optisch in Ordnung ist.



➤ **Sanierungsempfehlungen Heizung:**

Es wird empfohlen die Hausanschlussstation auszuwechseln durch:

Eine Systemtrennung zwischen Turnhalle und Fernwärme inklusive einer neuen Warmwasserladestation, da diese ihre Standzeit bereits überschritten hat.



Das bestehende Deckenstrahlheizungssystem ist aus unserer Sicht nahezu optimal. Dieses kann weiter betrieben werden.



➤ **Sanitäre Anlagen und Installationen:**

Bei einer sanitärtechnischen Sanierung der Turnhalle sind nicht nur alle sanitären Objekte und Armaturen auszuwechseln sondern auch die komplette Verrohrung ist korrosions- und Legionellen sicher neu zu gestalten.

Die Abluftanlagen im Duschbereich könnten neu in die bestehende Lüftungsanlage eingebunden werden.

➤ **Lüftungsanlage**

Auch ist die Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung zwar schon 15 Jahre alt, erfüllt aber ihre technischen und anwendungsspezifischen Zwecke, so dass diese auch bestehen bleiben kann.

Diese müsste im Sanierungsfall lediglich gewartet und durchgereinigt werden.

Es gibt einen fachgerechten Service durch die Firma ST Service, die in allen Bereichen der großen Turnhalle eine regelmäßige Sichtkontrolle, Service und Wartung durchführt, was man auch an den Geräten sieht, dass dieses fachgerecht gewartet werden.



2 Bestandserhebung Wärmeverbrauch, Wärmekosten und Wärmebedarf:

Vom Bauherren wurden uns Verbrauchswerte und Wärmekosten von 2016-2018 zur Verfügung gestellt.

Ebenfalls eine Kopie des Wärmeliefervertrages mit EdisTherm.

2.1 **Große Turnhalle:**

➤ **Wärmeenergieverbrauch und Kosten:**

| Verbrauchszahlen | Wärme | | | | |
|-----------------------|----------|----------|----------|------------|---------|
| | 2016 | 2017 | 2018 | Mittelwert | |
| Große Turnhalle MT 90 | 156,1 | 142,4 | 151,6 | 150,0 | MWh |
| | 243,9 | 222,5 | 236,9 | 234,4 | kWh/m²a |
| Turnhallenfläche [m²] | 20.663 € | 19.170 € | 21.034 € | 20.289 € | €/a |
| 640 | 32 € | 30 € | 33 € | 32 € | €/m²*a |
| Preisniveau €/MWh | 132 € | 135 € | 139 € | 135 € | €/MWh |

Aus den Verbrauchszahlen kann gesehen werden, dass der Verbrauch sehr kontinuierlich ist.

Im Verhältnis zu anderen Sport- und Turnhallen liegt der Verbrauch hoch aber ist aufgrund der Höhe der Halle in einem noch vertretbaren Rahmen. Das liegt mit unter an der Wärmerückgewinnungsanlage der Lüftung und die Deckenstrahlheizung in der Halle.

Das Preisniveau des Nahwärmerversorgers EDIS Therm liegt deutlich über 100 €/MWh Mischpreis und ist so leider als sehr hoch einzustufen.

➤ **Mögliche Sanierungsmaßnahmen:**

Der Wärmeverbrauch kann durch Wärmedämmmaßnahmen, durch Brauchwasserwärmepumpen gekoppelt mit Solarstromanlagen, Fußbodenheizung im Sanitärbereich und Dämmung der Sanitären Rohrleitungen deutlich gesenkt werden.

Mögliche Sanierungsmaßnahmen:

| Vorgeschlagene Maßnahmen | Verbesserung | |
|---|------------------------|---------|
| Große Turnhalle MT 90 | das Energieverbrauches | |
| Dämmungsverbesserung Fußboden (bei neuem Fußboden) | 10% | |
| Dämmungserweiterung Dach | 8% | |
| Erneuerung aller Bestandsfenster durch WSG | 7% | |
| Erneuerung der HA Station inkl. Warmwasserladestation | 11% | €/a |
| Summe Verbesserungen große Halle Wärmeenergieeinsparung | 36% | 7.304 € |

Gemäß Wärmelieferungsvertrag ist der Kunde für die Kosten der HA-Station nach dem Wärmemengenzähler zuständig.



2.2 Kleine Turnhalle

➤ **Wärmeverbrauchsdaten und -Kosten:**

| | | | | | |
|------------------------|----------|----------|---------|----------|---------|
| kleine Turnhalle KT 60 | 87,1 | 87 | 72,9 | 82,3 | MWh |
| | 305,6 | 305,3 | 255,8 | 288,9 | kWh/m²a |
| Turnhallenfläche [m²] | 10.874 € | 10.732 € | 9.977 € | 10.528 € | €/a |
| 285 | 38 € | 38 € | 35 € | 37 € | €/m²*a |
| Preisniveau €/MWh | 125 € | 123 € | 137 € | 128 € | €/MWh |

Der Energieverbrauch der kl. Turnhalle ist spezifisch mit 289 kWh/m²a um 23,2% höher als der Energieverbrauch der großen Halle mit 234,4 kWh/a

Hier wird deutlich, dass die Lüftung mit WRG in der großen Turnhalle gegenüber der kleinen Turnhalle Vorteile bringt.

➤ **Mögliche Sanierungsmaßnahmen:**

Der Wärmeverbrauch kann durch Wärmedämmmaßnahmen.
 Brauchwasserwärmepumpen gekoppelt mit Solarstromanlagen.
 Dämmung der Sanitären Rohrleitungen deutlich gesenkt werden.
 Zusätzlich empfehlen wir eine Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung und eine Deckenstrahlheizung mit Systemdecke (Licht-Luft-Wärme-Akustikdecke).

| Vorgeschlagene Maßnahmen | Verbesserung | |
|--|------------------------|---------|
| kleine Turnhalle MT 60 | das Energieverbrauches | |
| Dämmungsverbesserung Fußboden (bei neuem Fußboden) | 10% | |
| Dämmungserweiterung Dach | 8% | |
| Erneuerung aller Bestandsfenster durch WSG | 7% | |
| Erneuerung der HA Station inkl. Warmwasserladestation | 11% | |
| Erneuerung der Lüftung mit WRG | 18% | €/a |
| Summe Verbesserungen kleine Halle zur Wärmeenergieeinsparung | 54% | 5.685 € |

Gemäß Wärmelieferungsvertrag ist der Kunde für die Kosten der HA-Station nach dem Wärmemengenzähler zuständig.



3 Kosten der notwendigen Sanierungsmaßnahmen:

3.1 *Kosten für große Turnhallensanierung MTH 90*

➤ *KG 410 Sanitäre Anlagen und Installationen:*

| | | | |
|---|-------|---------|------------------|
| KG 410 Sanitäre Einrichtungen und Installationen: | | | |
| Projektierungsgrundlagen: Entwürfe des Architekten | | | |
| GEPLANTE SANITÄRE EINRICHTUNGEN: | | | |
| Verteilung: | | | |
| ■ Hausanschluss in den HA- Räumen | | | |
| ■ Verteilungen für Trink-, Brauchwarmwasser und Zirkulation | | | |
| ■ Abwassernetz | | | |
| KOSTEN DER SANITÄREN EINRICHTUNGEN UND INSTALLATIONEN | | | |
| Ausstattungsstandard Keramag Renova Nr. 1 | | | |
| Verteilung: | Stck. | EP [€] | GP [€] |
| Wasserfilter und Druckminderer und automatischer Rückspüleinrichtung | 1 | 2.800 € | 2.800 € |
| Hausanschlussverteilung Trinkwasser | 1 | 1.200 € | 1.200 € |
| Hausanschlussverteilung Abwasser | 1 | 1.300 € | 1.300 € |
| Kaltwasserverteilung und Verrohrung EG inkl. Hygienemaßnahmen in der Installation | 1 | 5.700 € | 5.700 € |
| Warmwasser und Zirkulationsverteilung - Legionellensicher | 1 | 7.400 € | 7.400 € |
| Abwasserverrohrung EG | 1 | 5.600 € | 5.600 € |
| Verteilung EG | | | 24.000 € |
| Sanitäre Einrichtungen und Installationen inkl. Stranganteil | | | |
| Mittlere Turnhalle | | | |
| alle Objekte und Armaturen inkl. Stranganteil für AW und TW | | | |
| Duschen inkl. Armaturen, Abflussinstallationen | 12 | 2.650 € | 31.800 € |
| Waschtisch: inkl. Einbaumodul, Abfluss Einrichtungen u. Armat. | 14 | 450 € | 6.300 € |
| Toilette/Urinal inkl. Spülkasten/Druckspüler, Einbaumodul, Zulei- | | | |
| tungen, Armaturen u. Abwasserleitungen | 7 | 550 € | 3.850 € |
| - Küchenanschlüsse, Ausgussbecken | 2 | 170 € | 340 € |
| - Garäteanschluss | 2 | 220 € | 440 € |
| Badentlüftung mit Luftauslässen und Kanalanteil Feuchtigkeitsgesteuert | 8 | 950 € | 7.600 € |
| - Montageleistungen zu Sanitäre Anlagen und Installationen | 1090 | 45,00 € | 49.050 € |
| Total Sanitäre Einrichtungen und Installationen: | | | 99.380 € |
| | | | |
| Summe Sanitäre Einrichtungen und Installationen | | | 123.380 € |
| + 19% MwSt. | | | 23.442 € |
| Summe Sanitäre Einrichtungen und Installationen brutto | | | 146.822 € |



➤ **KG 420 Heizung MTH**

| Kostenrechnung Heizung MTH | | | | | | | |
|---|--|--------|---------|-----------|------------|-----------------|-----------------|
| KG | Bauteil | Anzahl | Einheit | Kosten | Kosten | Kosten | Kosten |
| | | | | €/Einheit | Euro netto | Euro netto | Euro brutto |
| 420 | Gesamtsumme Heizung und Warmwassererzeugung netto | | | | | 82.604 € | 98.299 € |
| Es wird davon ausgegangen dass durch die Sanierung der Aussenhaut min. 25% an Energie eingespart werden kann. | | | | | | | |
| 421 | Wärmeerzeugung HA Station für ca. 58 kW (statt 77) inkl. Regelung | 58 | kW | 244 € | 14.150 € | 27.050 € | 32.190 € |
| | inkl. Systemtrennung zum Edis Netz | | | | | | |
| | Warmwassererzeugungsanlage Frischwasserladesystem für 108l/min (1.000l) | 1 | Stck | 12.900 € | 12.900 € | | |
| 422 | Wärmeverteilungen, Heizkörper und Deckenstrahlheizungen | 58 | kW | 355 € | 20.616 € | 20.616 € | 24.533 € |
| | Heizungsverteilungen inkl. Ventile und Stellantriebe, Verteilerkasten | 3 | Stck | 335 € | 1.005 € | | |
| | Wärmeverteilungen von HA bis Heizkreise | 2 | Stck | 2.880 € | 5.760 € | | |
| | Rohrleitungen inkl. Wärmedämmungen DN 25-DN40 | 125 | lfm | 33 € | 4.125 € | | |
| | Rohrleitungen inkl. Wärmedämmungen DN 12-DN20 | 310 | lfm | 26 € | 8.060 € | | |
| | Brandschutzdurchführungen | 10 | Stck | 65 € | 650 € | | |
| | Strangreguliertventile | 8 | Stck | 127 € | 1.016 € | | |
| 423 | Wärmeabgabe | | | | | 9.550 € | 11.365 € |
| | Heizkörper Verkehrsräume inkl. Ventile, Befestigung und Rücklaufabspernung | 3,5 | kW | 350 € | 1.225 € | | |
| | Fußbodenheizung Umkleideräume und Duschbereich | 15 | kW | 555 € | 8.325 € | | |
| | Deckenstrahlheizungen | 23 | kW | 950 € | Bestand | | |
| | Lüftungswärmetauscher | 16,5 | kW | 663 € | Bestand | | |
| 429 | Sonstige Anlagen | | | | | 20.102 € | 23.921 € |
| | Wärmespeicheranlagen | 1 | m³ | 1.050 € | 1.050 € | | |
| | Warmwasserspeicheranlagen | 2 | m³ | 1.051 € | 2.102 € | | |
| | Übergangsheizungen -Bauheizungen | 1 | Stck. | 650 € | 650 € | | |
| | Übergeordnete Steuerungsanlage mit Internetanbindung | 1 | Stck. | 12.500 € | 12.500 € | | |
| | DDC Steuerung für 4 Heizgruppen, Lüftungsanlage | | | | | | |
| | TWW Erzeugung, Lüftungsanlage mit WRG und Filterüberwachung | | | | | | |
| | 39 Datenpunkte, Internetanbindung Visualisierung mit Fernüberwachung | | | | | | |
| | zugehörige Regeltechnische Verkabelung | 1 | Stck. | 3.800 € | 3.800 € | | |



3.2 Kosten für kleine Turnhallensanierung KTH 60

➤ KG 410 Sanitäre Anlagen und Installationen KTH 60:

| | | | |
|--|-------|---------|------------------|
| KG 410 Sanitäre Einrichtungen und Installationen: | | | |
| Projektierungsgrundlagen: Entwürfe des Architekten | | | |
| GEPLANTE SANITÄRE EINRICHTUNGEN: | | | |
| Verteilung: | | | |
| ■ Hausanschluss in den HA- Räumen | | | |
| ■ Verteilungen für Trink-, Brauchwarmwasser und Zirkulation | | | |
| ■ Abwassernetz | | | |
| KOSTEN DER SANITÄREN EINRICHTUNGEN UND INSTALLATIONEN | | | |
| Ausstattungsstandard Keramag Renova Nr. 1 | | | |
| Verteilung: | Stck. | EP [€] | GP [€] |
| Wasserfilter und Druckminderer und automatischer Rückspüleinrichtung | 1 | 2.600 € | 2.600 € |
| Hausanschlussverteilung Trinkwasser | 1 | 1.100 € | 1.100 € |
| Hausanschlussverteilung Abwasser | 1 | 1.200 € | 1.200 € |
| Kaltwasserverteilung und Verrohrung EG inkl. Hygienemassnahmen in der Installation | 1 | 5.300 € | 5.300 € |
| Warmwasser und Zirkulationsverteilung - Legionellen Sicher | 1 | 6.400 € | 6.400 € |
| Abwasserrohrverrohrung EG | 1 | 4.600 € | 4.600 € |
| Verteilung EG | | | 21.200 € |
| | | | |
| Sanitäre Einrichtungen und Installationen inkl. Stranganteil | | | |
| Mittlere Turnhalle | | | |
| alle Objekte und Armaturen inkl. Stranganteil für AW und TW | | | |
| Duschen inkl. Armaturen, Abflussinstallationen | 12 | 2.650 € | 31.800 € |
| Waschtisch: inkl. Einbaumodul, Abfluss Einrichtungen u. Armat. | 13 | 450 € | 5.850 € |
| Toilette/Urinal inkl. Spülkasten/Druckspüler, Einbaumodul, Zulei- | | | |
| tungen, Armaturen u. Abwasserleitungen | 7 | 550 € | 3.850 € |
| - Küchenanschlüsse, Ausgussbecken | 2 | 170 € | 340 € |
| - Garäteanschluss | 2 | 220 € | 440 € |
| Badentlüftung mit Luftauslässen und Kanalanteil Feuchtigkeitsgesteuert | 8 | 950 € | 7.600 € |
| - Montageleistungen zu Sanitäre Anlagen und Installationen | 1090 | 45,00 € | 49.050 € |
| Total Sanitäre Einrichtungen und Installationen: | | | 98.930 € |
| | | | |
| Summe Sanitäre Einrichtungen und Installationen | | | 120.130 € |
| + 19% MwSt. | | | 22.825 € |
| Summe Sanitäre Einrichtungen und Installationen brutto | | | 142.955 € |



➤ **420 Heizungsanlagen KTH 60**

| Kostenrechnung Heizung KTH | | | | | | | |
|----------------------------|---|-----------|-----------|---------------------|----------------------|----------------------|-----------------------|
| KG | Bauteil | Anzahl | Einheit | Kosten €/Einheit | Kosten Euro netto | Kosten Euro netto | Kosten Euro brutto |
| 420 | Gesamtsumme Heizung und Warmwassererzeugung netto | | | | | 82.604 € | 98.299 € |
| | Es wird davon ausgegangen dass durch die Sanierung der Aussenhaut min. 25% an Energie eingespart werden kann. | | | | | | |
| 421 | Wärmeerzeugung HA Station für ca. 44 kW (statt 58) inkl. Regelung | 44 | kW | 244 € | 10.736 € | 23.636 € | 28.127 € |
| | inkl. Systemtrennung zum Edis Netz | | | | | | |
| | Warmwassererzeugungsanlage Frischwasserladesystem für 108l/min (1.000l) | 1 | Stck | 12.900 € | 12.900 € | | |
| 422 | Wärmeverteilungen, Heizkörper und Deckenstrahlheizungen | 58 | kW | 316 € | 18.321 € | 18.321 € | 21.802 € |
| | Heizungsverteilungen inkl. Ventile und Stellantriebe, Verteilerkasten | 2 | Stck | 335 € | 670 € | | |
| | Wärmeverteilungen von HA bis Heizkreise | 2 | Stck | 2.880 € | 5.760 € | | |
| | Rohrleitungen inkl. Wärmedämmungen DN 25-DN40 | 105 | lfm | 33 € | 3.465 € | | |
| | Rohrleitungen inkl. Wärmedämmungen DN 12-DN20 | 260 | lfm | 26 € | 6.760 € | | |
| | Brandschutzdurchführungen | 10 | Stck | 65 € | 650 € | | |
| | Strangreguliertventile | 8 | Stck | 127 € | 1.016 € | | |
| 423 | Wärmeabgabe | | | | | 20.545 € | 24.449 € |
| | Heizkörper Verkehrsräume inkl. Ventile, Befestigung und Rücklaufabspernung | 2,8 | kW | 350 € | 980 € | | |
| | Fußbodenheizung Umkleide- und Duschbereich | 13 | kW | 555 € | 7.215 € | | |
| | Deckenstrahlheizungen | 13 | kW | 950 € | 12.350 € | | |
| | Systemdecke | 285 | m² | 260 € | 74.100 € | | |
| | Lüftungswärmetauscher | 11 | kW | 663 € | 7.293 € | | |
| 429 | Sonstige Anlagen | | | | | 20.102 € | 23.921 € |
| | Wärmespeicheranlagen | 1 | m³ | 1.050 € | 1.050 € | | |
| | Warmwasserspeicheranlagen | 2 | m³ | 1.051 € | 2.102 € | | |
| | Übergangsheizungen -Bauheizungen | 1 | Stck. | 650 € | 650 € | | |
| | Übergeordnete Steuerungsanlage mit Internetanbindung | 1 | Stck. | 12.500 € | 12.500 € | | |
| | DDC Steuerung für 4 Heizgruppen, Lüftungsanlage | | | | | | |
| | TWW Erzeugung, Lüftungsanlage mit WRG und Filterüberwachung | | | | | | |
| | 39 Datenpunkte, Internetanbindung Visualisierung mit Fernüberwachung | | | | | | |
| | zugehörige Regeltechnische Verkabelung | 1 | Stck. | 3.800 € | 3.800 € | | |

➤ **KG 430 Lüftungsanlagen KTH60:**

| Lüftungs und Klimaanlage KTH | | Stck/lfm Einheit EP/Stck und I: Gesamtpreis | | | |
|-------------------------------------|--|---|------|----------|---------------------|
| KG 430 | | | | | |
| 431 | Lüftungsgerät mit Wärmerückgewinnung, Zuluft Abluft, Filter für 6.270 m³/h | 1 | Stck | 15.800 € | 15.800 € |
| | Regelung zu Lüftungsgerät inkl. WRG | 1 | Stck | 6.300 € | 6.300 € |
| 432 | Lüftungskanäle für Zu und Abluft | 62 | lfm | 310 € | 19.220 € |
| | Lüftungskanäle für Toiletten und Umkleidekabinenabluft | 35 | lfm | 195 € | 6.825 € |
| | Luftauslässe, Lüftungsgitter und Tellerventile | 1 | Stck | 6.400 € | 6.400 € |
| 433 | Brandschutzeinrichtungen Sanitär | 3 | Stck | 290 € | 870 € |
| 434 | Heizungstechnische Einbindung des Nacherhitzers inkl. Pumpe Mischer und Regelanteil (21 kW) | 1 | Stck | 4.650 € | 4.650 € |
| 435 | Stellklappen | 1 | Stck | 2.049 € | 2.049 € |
| | Stellklappen | 2 | Stck | 2.050 € | 4.100 € |
| 436 | Toiletten und Bäderlüftungen | 8 | Stck | 550 € | 4.400 € |
| | Feuchtigkeitsregelung | 2 | Stck | 165 € | 330 € |
| | Brandschutzeinrichtungen pro Geschoß | 4 | Stck | 290 € | 1.160 € |
| | Steigstränge Lüftung inkl. Befestigung | 12 | lfm | 150 € | 1.800 € |
| 439 | Verbundkälteanlage für TK und Normalkühlung für 4 Kühlzellen | 1 | Stck | 12.900 € | 12.900 € |
| | Rohrleitungen und Kondensatoren | 4 | Stck | 2.400 € | 9.600 € |
| Summe Lüftungsanlagen netto | | | | | 96.404,00 € |
| + 19% MwSt. | | | | | 18.316,76 € |
| Summe Lüftungsanlagen brutto | | | | | 114.720,76 € |



4 Kostenzusammenstellung TGA Sanierung für beide Turnhallen:

| Kostenberechnung Turnhallensanierung Schulcampus Brück | | |
|--|---|-----------------------|
| Technische Gebäudeausrüstung inkl. Photovoltaikanlagen | | KG400 brutto |
| | | |
| Kostenangaben rein netto | | |
| | | |
| 400 | Bauwerk - Technische Anlagen | |
| 410 | Abwasser-, Wasser-, Gasanlagen (Summe) | 289.776,90 € |
| 411 | Abwasseranlagen inkl. Regenwasser und Fettabscheider | 115.910,76 € |
| 412 | Wasseranlagen | 173.866,14 € |
| | | |
| 420 | Wärmeversorgungsanlagen (Summe) | 196.597,52 € |
| 421 | Wärmeerzeugungsanlagen | 27.050,00 € |
| 422 | Wärmeverteilstetze | 20.616,00 € |
| 423 | Raumheizflächen | 9.550,00 € |
| 429 | Sonstige Anlagen, Speicher WRG inkl. | 20.102,00 € |
| | Wärmeversorgungsanlagen, Regelung und Monitoring | |
| | | |
| 430 | Lufttechnische Anlagen, Klima und Kälteanlagen | 114.720,76 € |
| 431 | Küchenlüftung mit WRG | 44.882,76 € |
| 432-436 | Lüftungskanäle Apparate, Brandschutz und Auslässe | 47.338,00 € |
| 439 | Verbundkälteanlage für TK und Normalkühlung | 22.500,00 € |
| | | |
| 440 | Elektrische Anlagen und Installationen | 305.671,33 € |
| 445 | Stromerzeugungsanlagen | 182.308,00 € |
| 449 | Stromspeicheranlagen | 123.363,33 € |
| | | |
| 400 | Bauwerk - Technische Anlagen | 906.766,51 € |
| Summe KG 400 | | 906.766,51 € |
| 700 | Planung und Bauleitung TGA gemäß HOAI §54 und 56 | 191.443,63 € |
| | Summe TGA inkl. 19% MwSt. | 1.098.210,14 € |

Aufgestellt am 2020-02-19

A. Schiller

Andreas Schiller



5 Solare Stromerzeugung und Batteriespeicher

Die Turnhallen sind fast optimal gegen Süden ausgerichtet.

Schwierig ist jedoch die Montage der Photovoltaik auf den HP-Dachschalen.

Die durchschnittliche Dachneigung liegt bei 9°, was nicht optimal ist aber für eine Selbstreinigung der Module reicht.

Die Befestigungssituation wurde von uns in einem Vorgespräch mit einem Statiker geklärt so dass das Tragesystem mit Dübeln am „Berg der HP-Dachschalen befestigt werden kann. So wird dann ein Gitterraster mit Aluminiumsystembefestigungsschienen auf dem Dach errichtet und darauf die PV Module.

Die Dachlast liegt bei 8kg/m² und ist im Verhältnis zur Schneelast Vernachlässigbar. Wenn hierfür ein Statischer Nachweis erforderlich sein sollte muss dieser vor Detailplanung erbracht werden.

Von uns wurden große Modulabstände von 20 cm (vertikal) gewählt um die Saugdruckbelastung auf ein Minimum zu reduzieren.

So haben wir eine Verlege Dichte von 80% gewählt, um den statischen Anforderungen gerecht zu werden.

Aufgrund der geringen Dachneigung wird mit einem Jahresertrag von 850 kWh/m² kalkuliert.

| Kostenschätzung PV Anlagen und Batteriespeichersysteme | | | | |
|---|--|-------|---------------|-------------------|
| Neue PV Anlagen auf den Dächern der Hallen KT und MT | | | | |
| mögliche Leistungen | | m² | kWp | Wechselrichter |
| | | | | [kW] |
| KT - Fläche = 80% von 26,10 * 13,5m | | 281,9 | 40,27 | 40 |
| MT - Fläche = 80% von 37,98 * 18,66m | | 567,0 | 81,00 | 80 |
| Gesamt mögliche PV Leistung | | | 121,26 | 120 |
| Gesamte Leistung bestehend und neu | | | | 120 |
| Prognostizierte Jahresproduktion(bei Falchdachanlagen) | | | | 102.000 kWh |
| prognostizierter nutzbarer Eigenverbrauch inkl. Schulcampus | | | | 48.000 kWh |
| E Mobilität 1 Auto der Stadt Brück | | 6000 | 1 | 6.000 kWh |
| Summe zukünftiger Energieverbrauch | | | | 54.000 kWh |

Die Stromüberschüsse werden in das öffentliche Stromnetz als Ökostrom eingespeist.

Für einen vertretbaren Solarertrag müssen bei der großen Halle die Bäume auf der Südseite gefällt werden.



5.1 Eigenstrombedarfsdeckung des Schulcampus durch Sonnenstrom:

Es gibt nur von der großen Turnhalle elektrische Energieverbrauchsdaten, da die kleine TH mit über den Schulcampus versorgt wird.

Der Verbrauch der großen Turnhalle liegt bei Jährlichen Kosten von Durchschnittlich 3.432 Euro.

Das lässt auf einen Bedarf von 11.410kWh schließen.

Mit den Solarstromanlagen könnte auch der gesamte Schulcampus versorgt werden.

Für den gesamten Schulcampus liegen uns keine Verbrauchsdaten vor.

Der Gesamtverbrauch des Schulcampus inkl. der großen Halle wird auf min. 30.000 € Gesamtkosten für ELT geschätzt. Das bedeutet ca. 100.000 kWh/a Eigenbedarf.

5.2 Zusätzliche Nutzung von Sonnenstrom:

E Mobilität: E-Bikes, E-Skooter, Kleinbusse für Kurse und E-Autos

Für die Nutzer der Einrichtung ist es sehr interessant e Bikes, E-Skooter oder auch E-Autos zur Verfügung zu haben.

Der Schulbetrieb und aber auch der Vereinssportbetrieb fordert dass die Teilnehmer und die Nutzer der Hallen fahren müssen.

Hier bietet sich im Kurzstreckenverkehr die CO2 freundliche E-Mobilität an.

Die E-Mobilität erhöht den Nutzen von PV Anlagen da so der überschüssige Strom sinnvoll gespeichert und dann später zweckgebunden verwendet wird.

So könne Kleinschulbusse, E Autos, aber auch E Räder während der Benutzung der Hallen geladen werden.

Die Abrechnung erfolgt vollautomatisch über ein Magnetkartensystem, von z.B. New Motion oder Plugsurfing

5.3 SMART GRID und Smart Metering System

Durch die Kombination von Smart Grid und Smart Metering System ist es möglich elektrische Energie zu Speichern aber auch gezielt dann zu verbrauchen wenn sie produziert wird. In der folgenden Abbildung ist ein beispielhafter Tagesablauf mit Leistungsangebot und -bedarf abgebildet. Durch das Smart Metering System können bestimmte leistungsstarke Stromverbraucher dann freigegeben werden, wenn Strom zur Verfügung steht. Z. B. können Wärmepumpen, Ladestationen usw. freigegeben werden.

5.4 Ladestation für Elektroautos und – Fahrräder, sowie Arbeitsgeräte und -Maschinen

Können über Smart Grid auch als Stromspeicher für Spitzenlasten dienen. Die Synergieeffekte eines gemeinsamen Datennetzes und eines gemeinsamen E Netzes erlauben es, dass die Batterien der E-Autos auch als Speicher für Spitzen genutzt werden können.



5.5 Einschaltung Wärmepumpen

Bei Stromerzeugungsspitzen wird die Wärmepumpe eingeschaltet um elektrische Energie zu veredeln und als Wärmeenergie für Warmwasser und Heizung zu speichern. Dadurch werden zu Hohe Stromspitzen vor allem durch PV Anlagen sinnvoll durch zusätzliche 4 Anteile Umweltenergie veredelt und gespeichert.

5.6 Einsatz von Batteriespeichern

Es gibt bereits mehrere wirtschaftlich sinnvolle Batteriespeicher welche die am Tag produzierte Sonnenenergie speichert damit dieser Strom am Abend verbraucht werden kann.

Die Batterie-Systeme werden von der ILB mit 80% Tilgungszuschuss im Rahmen des Programmes REN plus 2014-2020 bezuschusst.

**Eine sinnvolle Batteriespeicheranlage hätte eine Speicherkapazität von 100 kWh.
Die Wechselrichterleistung sollte bei 36 liegen.**

Eine geeignete Batteriespeicheranlage kann in folgenden Technologien errichtet werden:

➤ **Salzwasser- Manganoxid- Edelstahlspeicher**



Es werden anders als bei vielen anderen Systemen nur „gute“ Materialien eingesetzt. Der Speicher ist ein nachhaltiges Produkt sowohl in der Herstellung und auch zu 100% recyclingfähig.

Technische Daten:

Nutzbare Kapazität: 5 bis 1000 kWh

AC- oder DC-Kopplung möglich

Einphasig und Dreiphasig

Entladetiefe DOD: 100 %

Garantie: 10 Jahre

Temperaturbereich: -5 bis 50 °C

Lebensdauer: 15 Jahre (bei 70% nutzb. Kapazität)

Für unseren Einsatzbereich müssen 100 kWh eingesetzt werden mit einer Wechselrichterleistung von min. 36 kWh.

Die Kosten für diesen Speicher liegen bei 71.667 € netto zuzüglich MwSt.

Vorteile des Energiespeichers

- Plug&Play anschlussfertiges Gesamtspeichersystem
- der sicherste und umweltfreundlichste Stromspeicher
- weltweit tausendfach installiert, absolut wartungsfrei



- nicht brennbare Zelle
- nicht explosiv
- keine giftigen Materialien
- absolut berührungssicher
- Überladung nicht möglich
- Sicherheit gegen Vandalismus
- Weiter Temperaturbereich
- Auch im Zustand von Tiefenentladung und Teilladung lange Systemlebensdauer
- umweltfreundliches Elektrolyt auf Salzwasserbasis
- keine Bauvorschriften bezüglich des Baus eines Batterieraumes zu berücksichtigen
- Transport als harmlose Ware – kein Gefahrgut
- Inselbetrieb/Notstromspeicher/Intelligentes System Stromspeicher Cluster

5.7 Kostenberechnung Solare Stromerzeugung und Speicherung:

| Kostenschätzung PV Anlagen und Batteriespeichersysteme | | | | |
|---|--|-----------------|---------------------|------------------------|
| Neue PV Anlagen auf den Dächern der Hallen KT und MT | | | | |
| mögliche Leistungen | | m² | kWp | Wechselrichter [kW] |
| KT - Fläche = 80% von 26,10 * 13,5m | | 281,9 | 40,27 | 40 |
| MT - Fläche = 80% von 37,98 * 18,66m | | 567,0 | 81,00 | 80 |
| Gesamt mögliche PV Leistung | | | 121,26 | 120 |
| Gesamte Leistung bestehend und neu | | | | 120 |
| Prognostizierte Jahresproduktion(bei Falchdachanlagen) | | | | 102.000 kWh |
| prognostizierter nutzbarer Eigenverbrauch inkl. Schulcampus | | | | 48.000 kWh |
| E Mobilität 1 Auto der Stadt Brück | | 6000 | 1 | 6.000 kWh |
| Summe zukünftiger Energieverbrauch | | | | 54.000 kWh |
| KG | Bauteil | Stck/kWp | Kosten netto | Kosten brutto |
| Kostenschätzung PV Anlagen und Batteriespeichersysteme | | | | |
| | PV Module | 460,00 € | 120 | 55.200,00 € |
| | Befestigungssysteme Für HP Schalen | 240,00 € | 120 | 28.800,00 € |
| | DC Kabel | 66,00 € | 120 | 7.920,00 € |
| | Arbeitsleistung - Montage | 140,00 € | 120 | 16.800,00 € |
| | Wechselrichter | 195,00 € | 120 | 23.400,00 € |
| | AC Erschliessung Erdkabel | 19,00 € | 60 | 1.140,00 € |
| | AC Erschliessung 5 Polig | 22,00 € | 120 | 2.640,00 € |
| | Integration der neuen PV Anlagen in die Gesamtverteilung | 5.500,00 € | 1 | 5.500,00 € |
| | EVU Anschluss | 50,00 € | 120 | 6.000,00 € |
| | E-Tankstelle | 2.900,00 € | 2 | 5.800,00 € |
| | PV Stromerzeugung und Verteilung | | 153.200,00 € | 182.308,00 € |
| Salzwasserbatteriespeicher | | | | |
| | Stromspeicheranlagen mit einer Leistung von 100 kWh | 71.667 € | 1 | 71.667 € |
| | 2 x SmartGrid-fähige Elektrotankstelle | 3.500 € | 2 | 7.000 € |
| | Intelligente Regelung des Speichers und der Ladesäule | 2.500 € | 2 | 5.000 € |
| | Elektrische Installationsarbeiten | 5.000 € | 1 | 5.000 € |
| | Planung und Fachbauleitung | | | 15.000 € |
| | Gesamte Investitionssumme Salzwasserbatterien - 100 kWh | | 103.667 € | 123.363 € |
| | Gesamte Investitionssumme PV Anlagen +Salzwasserbatterien - 200 kWh | | 256.867 € | 305.671 € |



5.8 Wirtschaftlichkeit der Solarstromanlagen:

➤ Wirtschaftlichkeit mit Batteriespeicher

Wirtschaftlichkeit von Solarstrom mit Batteriespeicher

Stand: 14.11.2019

Ingenieurbüro Schiller

www.andreas-schiller.com



Ergebnisse:

| | |
|------------------------------------|-------------|
| interner Zinsfuß (IRR) | 3,0% p.a. |
| Amortisationszeit | 18 Jahre |
| Stromgestehungskosten (LCOE) | 0,240 €/kWh |
| Kapitalwert (Gewinn bzw. Verlust) | 22.392 € |
| Anfangs-Eigenkapital (incl. MwSt.) | 279.008 € |

PV-Anlage

| | | |
|--|--------------|--|
| Anlagenleistung (max. 100 kWp) | 120,0 kWp | |
| Kosten der PV-Anlage (ohne Batterien, ohne MwSt) | 183.664 € | entspr. 1.531 €/kWp |
| Batteriespeicher (ja=1, nein=0) | 1 | |
| Kosten für Batteriesystem (netto) | 123.363 € | |
| Zuschuss für Batteriesystem | 86.354 € | siehe: Zuschuss |
| Vorlaufkosten, Zwischenfinanzierung MwSt | 5.510 € | |
| laufende Kosten | 3.673 € p.a. | |
| Dachmiete | 0 € p.a. | |
| spezifischer Stromertrag | 850 kWh/kWpa | siehe: PVGIS |
| Ertragsminderung pro Jahr | 0,40% | |
| Direktnutzung in % des Solarertrags | 20% | |
| zusätzl. Direktnutzung über Batteriespeicher | 50% | |
| Batterie-Lade/Entladeverluste | 10% | |
| Jährl. Abnahme der Direktnutzung über Speicher | 2,0% p.a. | |
| Jahr der Inbetriebnahme | 2020 | |
| Monat der Inbetriebnahme (1-12) | 10 | entspr. 6% anteiliger Solarertrag im Jahr der Inbetriebnahme |
| Gesamtkosten | 220.673 € | |
| EEG-Einspeisevergütung | 0,1428 €/kWh | brutto |

Finanzierung

| | | |
|--|------------|--|
| 1. Darlehen | € | 100% Eigenfinanzierungsanteil |
| Auszahlung | 100% | |
| Bereitstellung | 0,25% | |
| Zinssatz (nominal) | 2,93% p.a. | Konditionen Programm 270 |
| Zinsbindung (5 / 10 / 20 Jahre) | 10 | |
| Zinssatz nach Zinsbindung | 5,00% p.a. | |
| Laufzeit | 10 Jahre | |
| Tilgungsfreie Zeit | 2 Jahre | |
| 2. Darlehen (gleichbleibende Annuitäten) | 0 € | |
| Zinssatz | 5,0% p.a. | |
| Laufzeit | 15 Jahre | |
| Tilgungsfreie Zeit | 0 Jahre | |

Sonstiges

| | | |
|--|---------------|-------------------------------------|
| Direktvermarktung (ja / nein) | nein | |
| Kleinunternehmerregelung (KUR) (ja / nein) | nein | |
| Umstellung auf KUR im 7. Jahr | nein | |
| Inflationsrate | 2,0% p.a. | |
| Zinssatz für Barwertermittlung (Diskontsatz) | 2,0% p.a. | |
| Zinssatz bei Wiederanlage | 2,0% p.a. | |
| jährlicher Stromverbrauch | 3.500 kWh/a | |
| Jährliche Grundgebühr Strom (netto) | 90 €/a | |
| Strompreis im ersten Jahr (netto) | 0,2540 €/kWh | entspricht 0,3023 €/kWh brutto |
| Strompreissteigerung | 2,0% p.a. | |
| Stromerlös bei Direktvermarktung (DV) | 0,0850 €/kWh | |
| Jährl. Steigerung des Erlöses bei DV | 2,0% p.a. | |
| Gewerbebetrieb? (ja/nein) | nein | |
| Ökostromumlage | 0,06756 €/kWh | 40% 0,0270 €/kWh auf Eigenverbrauch |
| indiv. Steuersatz (in den ersten 10 Jahren) | 0% | |
| Steuersatz (danach) | 0% | |
| Investitionsabzug in % (max. 40%) | 0% | |
| 20% Sonderabschreibung? | nein | |



➤ Wirtschaftlichkeit ohne Batteriespeicher

Wirtschaftlichkeit von Solarstrom ohne Batteriespeicher

Stand: 14.11.2019

Ingenieurbüro Schiller

www.andreas-schiller.com



Ergebnisse:

| | |
|------------------------------------|-------------|
| interner Zinsfuß (IRR) | 2,4% p.a. |
| Amortisationszeit | 20 Jahre |
| Stromgestehungskosten (LCOE) | 0,164 €/kWh |
| Kapitalwert (Gewinn bzw. Verlust) | 7.837 € |
| Anfangs-Eigenkapital (incl. MwSt.) | 218.560 € |

PV-Anlage

| | | |
|--|--------------|--|
| Anlagenleistung (max. 100 kWp) | 120,0 kWp | |
| Kosten der PV-Anlage (ohne Batterien, ohne MwSt) | 183.664 € | entspr. 1.531 €/kWp |
| Batteriespeicher (ja=1, nein=0) | 0 | |
| Kosten für Batteriesystem (netto) | 123.363 € | |
| Zuschuss für Batteriesystem | 86.354 € | siehe: Zuschuss |
| Vorlaufkosten, Zwischenfinanzierung MwSt | 5.510 € | |
| laufende Kosten | 3.673 € p.a. | |
| Dachmiete | 0 € p.a. | |
| spezifischer Stromertrag | 850 kWh/kWpa | siehe: PVGIS |
| Ertragsminderung pro Jahr | 0,40% | |
| Direktnutzung in % des Solarertrags | 20% | |
| zusätzl. Direktnutzung über Batteriespeicher | 50% | |
| Batterie-Lade/Entladeverluste | 10% | |
| Jährl. Abnahme der Direktnutzung über Speicher | 2,0% p.a. | |
| Jahr der Inbetriebnahme | 2020 | |
| Monat der Inbetriebnahme (1-12) | 10 | entspr. 6% anteiliger Solarertrag im Jahr der Inbetriebnahme |

| | | |
|------------------------|--------------|--------|
| Gesamtkosten | 183.664 € | |
| EEG-Einspeisevergütung | 0,1428 €/kWh | brutto |

Finanzierung

| | | |
|--|------------|--|
| 1. Darlehen | € | 100% Eigenfinanzierungsanteil |
| Auszahlung | 100% | |
| Bereitstellung | 0,25% | |
| Zinssatz (nominal) | 2,93% p.a. | Konditionen Programm 270 |
| Zinsbindung (5 / 10 / 20 Jahre) | 10 | |
| Zinssatz nach Zinsbindung | 5,00% p.a. | |
| Laufzeit | 10 Jahre | |
| Tilgungsfreie Zeit | 2 Jahre | |
| 2. Darlehen (gleichbleibende Annuitäten) | 0 € | |
| Zinssatz | 5,0% p.a. | |
| Laufzeit | 15 Jahre | |
| Tilgungsfreie Zeit | 0 Jahre | |

Sonstiges

| | | |
|--|---------------|-------------------------------------|
| Direktvermarktung (ja / nein) | nein | |
| Kleinunternehmerregelung (KUR) (ja / nein) | nein | |
| Umstellung auf KUR im 7. Jahr | nein | |
| Inflationsrate | 2,0% p.a. | |
| Zinssatz für Barwertermittlung (Diskontsatz) | 2,0% p.a. | |
| Zinssatz bei Wiederanlage | 2,0% p.a. | |
| jährlicher Stromverbrauch | 3.500 kWh/a | |
| Jährliche Grundgebühr Strom (netto) | 90 €/a | |
| Strompreis im ersten Jahr (netto) | 0,2540 €/kWh | entspricht 0,3023 €/kWh brutto |
| Strompreissteigerung | 2,0% p.a. | |
| Stromerlös bei Direktvermarktung (DV) | 0,0850 €/kWh | |
| Jährl. Steigerung des Erlöses bei DV | 2,0% p.a. | |
| Gewerbebetrieb? (ja/nein) | nein | |
| Ökostromumlage | 0,06756 €/kWh | 40% 0,0270 €/kWh auf Eigenverbrauch |
| indiv. Steuersatz (in den ersten 10 Jahren) | 0% | |
| Steuersatz (danach) | 0% | |
| Investitionsabzug in % (max. 40%) | 0% | |
| 20% Sonderabschreibung? | nein | |

Aufgestellt am, 2019-07-09

A. Schiller

Andreas Schiller EUR. Ing.

