

Bauen im Klimawandel

Energie- und Technikkonzept im Neuen Hallen- und Freibad Bornheim



Aachen, im April 2023

Fachplanung



Alexanderstraße 69-71
52062 Aachen
Tel.: 0241 / 47 467 – 0

Verfasser

**Jörn Kaluza
Christian von Schwartz**

Allgemein

Die Stadt Bornheim beabsichtigt ein neues Hallenbad zu errichten.

Es sind bereits Vorgaben für den Architekturwettbewerb festgelegt worden.

Neben den notwendigen Umkleide- und Eingangsbereichen sollen folgende Becken geplant werden:

- Schwimmerbecken als Variobecken 25 x 16,6 m mit Hubboden
- Multifunktions-Sprungbecken 10 x 8,5 m mit Hubboden
- Nichtschwimmerbecken 10 x 10 m mit Hubboden
- Kleinkinderbecken mit 50 - 80 m² Wasserfläche

Kletterwand und Kletterparcours sind als Optionen angedacht. Es soll eine Innenrutsche integriert werden.

Das Freibad soll mit dem alten 25 m Schwimmerbecken weiter betrieben werden, allerdings unbeheizt (bisher auch unbeheizt).

Das Nichtschwimmerbecken im FB wird von heute 660 m² auf die Hälfte reduziert und bekommt ggf. eine Breitrutsche. **Wir empfehlen für das Freibad zusätzlich eine Beckenabdeckung vorzusehen.** Die Wärmeverluste in der Nacht werden hierdurch deutlich reduziert, wodurch die Verfügbarkeit der Becken deutlich gesteigert wird.

Für Kinder soll ein Spraypark errichtet werden.

Das Kleinkinderbecken aus dem HB soll auch im Sommer für das FB nutzbar sein.

Das hier zu erstellende Energiekonzept ist den weiteren Arbeiten und Planungen zur Machbarkeit und Ausschreibung der Objektplanung vorgelagert. Entsprechend soll sich die Objektplanung an dem Energiekonzept orientieren.

Das HB wird, bis auf die Sommerferien, für die Schulen betrieben, auch wenn das FB geöffnet ist. Aus den Verbrauchsdaten ist kein signifikanter Minderverbrauch des Hallenbades zu diesem Zeitpunkt zu erkennen. Um eine Reduktion des Energieverbrauches zu erreichen, müsste das Wasser deutlich kälter / unbeheizt umgewälzt werden.

Die Saunaanlage soll ebenfalls erhalten bleiben.

Einführung Energiekonzept

Die Betriebskosten eines jeden Bades betragen im Lebenszyklus des Gebäudes ein Vielfaches der Investitionskosten. Dabei machen die Energiekosten einen beträchtlichen Teil der Betriebskosten in einem Hallenbad aus. Aus diesem Grund liegt ein Schwerpunkt der Planung und der späteren Nutzung des Bades im effizienten und nachhaltigen Ressourceneinsatz. Zuvor wird jeder der aktuelle Energieverbrauch kurz betrachtet.

Aktueller Energieverbrauch im Bestand

Im Bestand besitzt das Hallenbad Bornheim eine Beckenwasserfläche von ca. 510 m² BWF und folgende Verbrauchstruktur:

→ Strombedarf:	1.100.000 kWh _{el} /a	2.150 kWh _{el} /m ² _{BWF}	△ 225% vom neuen Zielwert
→ Wärmebedarf:	2.700.000 kWh _{th} /a	5.300 kWh _{th} /m ² _{BWF}	△ 180% vom neuen Zielwert
	2.050.000 kWh _{th} /a	mit Einsparungen Energiekrise 2022 (△ 136%)	

Die aufgeführten Verbräuche im Bestand sind die realen Verbräuche anhand der technischen Wärmemengenzähler und Stromzähler Eingang Bad im Jahr 2019. In den Energieverbräuchen sind folgende Nutzungseinheiten enthalten:

- Hallenbad Bestand 510 m² Beckenfläche → neu 675 m² und Energietisch optimiert
- Ganzjahresaußenbecken → sehr großer Verbraucher, entfällt zukünftig
- Ungedämmte Großrutsche → neu innenliegende Rutsche + geringer Verbrauch
- Sauna → bleibt bestehen
- Freibad → Wie bisher unbeheizt, Stromverbrauch optimiert

Energieeinsparmaßnahmen 2022

Der Energieverbrauch im Jahr 2019 können als durchschnittlich bezeichnet werden. Die Einsparung im Jahr 2022 gegenüber dem Verbrauch vor Corona 2019 sind ca. 650 MWh bzw. 25 % zu 2019. Die Einsparung setzt sich aus mehreren Maßnahmen zusammen, hier die Maßnahmen mit dem größten Effekt:

Größter Faktor ist des Ganzjahresaußenbecken. Das Becken war ab August unbeheizt. Der von uns berechneter Jahresenergieverbrauch für das Ganzjahresaußenbecken beträgt ca. 650 MWh. **Mit Abdeckung läge der Verbrauch ca. 25 % niedriger.**

Die vorgenommenen Absenkungen der Beckenwassertemperaturen auf 26° bzw. 27° lässt bei einer guten Regelung eine Einsparung von ca. 25 % des Wärmeverbrauch des Hallenbades für den Zeitraum der Absenkung erwarten und sollte überprüft werden.

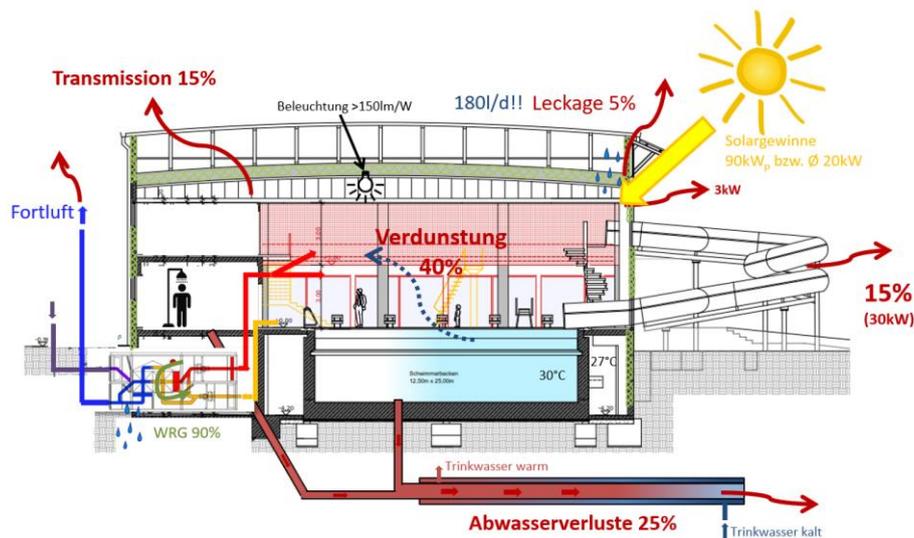
Im Zusammenhang mit dem Klimawandel und der Gaskrise ist es eine logische Zielsetzung der Verwaltung den Gesamtenergiebedarf des Neubaus zu minimieren. Im Konzept wird vorgesehen, das Bad mit einem möglichst hohen Anteil erneuerbarer Energien zu betreiben. Der Planungsansatz sieht wie folgt aus:

- Minimierung des Gebäudeenergiebedarfs, Optimierung Gebäudehüllfläche
- Optimale Nutzung von Wärmerückgewinnungssystemen zur Reduktion des Energiebedarfs
- Deutliche der höhere Energieeffizienz Strom aller technischen Anlagen
- Reduzierung Verdunstung (Hauptwärmeverlust Bad) mit Luftführung abwärts
- Hoher Deckungsanteil regenerativer Energien für den Restenergiebedarf
- Maximierung der Energieautarkie in der Übergangsphase zum postfossilen Zeitalter
- Optional Bio-Gas BHKW zur Erzeugung von Strom und Wärme bei „Dunkelflaute“

Minimierung des Jahresenergiebedarfs und Zielvorgabe

Wird der Gesamtenergiebedarf minimiert, bedarf es auch keinem Ressourceneinsatz von fossilen oder regenerativen Energien.

Bei komplexen Bauten, wie öffentlichen Hallenbädern, hat sich der Gesetzgeber in den verschiedenen Normen, Richtlinien und Energiegesetzen (z.B. GEG, DIN 18599, etc.) in Bezug auf den Energiebedarf bislang damit begnügt, lediglich Anforderungen an die Gebäudehülle zu machen. Obwohl der Energieverlust über die Gebäudehülle über das Jahr gesehen in einem Hallenbad nur ca. 20 % des Gesamtwärmeverbrauches ausmacht. Für den Stromeinsatz werden keine Grenzwerte vorgegeben.



Um hohe energetischen Ziele zu erreichen, bedarf es eines ganzheitlichen Ansatzes, der den gesamten Energieverbrauch (Strom + Wärme) des Gebäudes berücksichtigt. Entsprechende normative Regeln oder vorgeschriebene Konzepte gibt es dafür, wie oben beschrieben, bislang nicht.

Sanitärtechnik

Zur Schonung der Trinkwasserressourcen und Minimierung der Betriebskosten werden alle öffentlichen Duschen/Waschtische mit wassersparenden, berührungslosen Armaturen inkl. Hygienespülung ausgestattet. Duschen mit passiv arbeitender WRG sparen ca. 50 % Duschwärme

Lüftungstechnik

Die Ausführung der Lüftungstechnik hat einen enormen Einfluss auf den Energieverbrauch eines Schwimmbads.

Die Be- und Entlüftung der Badehallen und Nebenräume übernehmen hocheffiziente, energiesparende Lüftungsanlagen, die im ständigen Abgleich von Temperatur und Feuchte für die Behaglichkeit der Badegäste und für den Schutz der Bausubstanz sorgen.

Die Dimensionierung der Anlagen erfolgt nach der Richtlinie VDI 2089, jedoch wird bedarfsabhängig betrieben mit einer reduzierten, ressourcenschonenden Nennluftmenge. Dies ist aufgrund der vorgesehenen innovativen Luftführung realisierbar. Die Luftführung hat nicht nur großen Einfluss auf die Aufenthaltsqualität im Bad. Sie hat auch entscheidende Bedeutung für die Verdunstungsverluste der Schwimmbecken und damit auf den größten Energieverbraucher im Schwimmbad. In einem Standard-Hallenbad betragen die Verdunstungsverluste bis zu 40 % vom Gesamtwärmeverlust eines Bades.

Die Reduzierung der Verdunstungsverluste ist eine der wenigen großen Stellschrauben zur Reduzierung des Energieverbrauches von Bädern. Das Einsparpotential beträgt bis zu 25 % des Wärmeverbrauches. Dies wird durch das neue Luftführungssystem „**Luftführung abwärts**“ möglich. Die Abluft wird in Bodennähe abgeführt, wodurch sich eine stabile Feuchteschichtung über den Becken bis zur Hallendecke einstellt. Gleichzeitig können Schadstoffe und Feuchte effektiv abgeführt werden. Die Zuluft muss aufgrund von 3-fach-Verglasung und hochwertiger Bauphysik nur noch mittels optimierter Auslässe, impulsarm in ca. 2/3 der Raumhöhe, in die Hallen eingebracht werden.

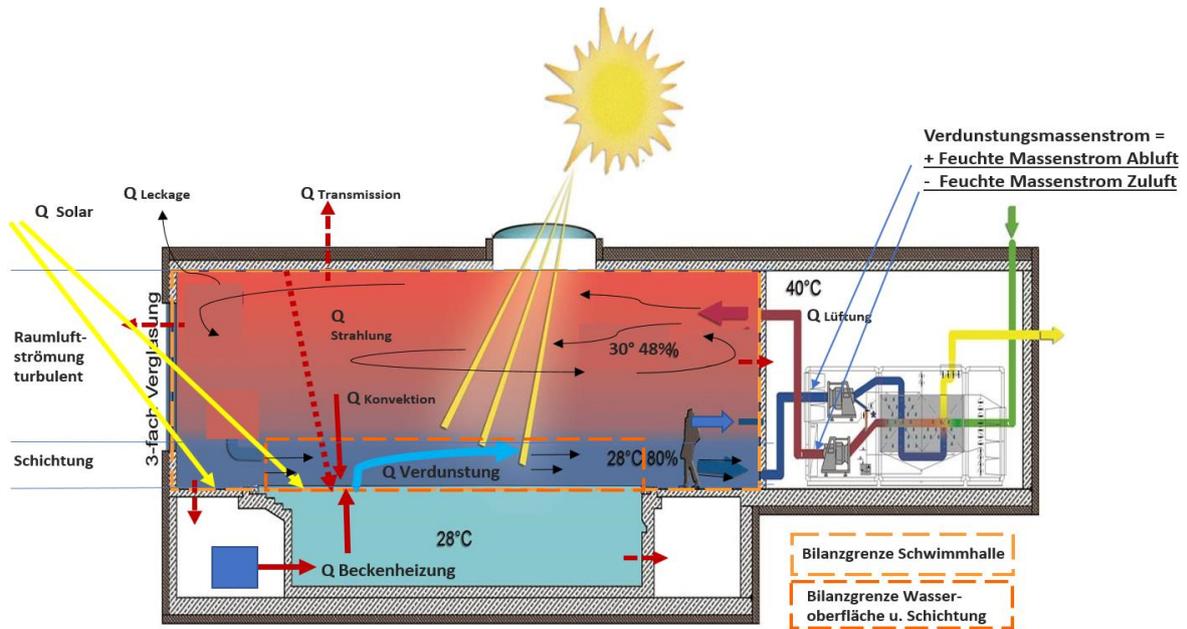


Abbildung 1: Effizienzkonzept Luftführung abwärts

Badewasseraufbereitung

Die Aufbereitung des Badewassers soll nach DIN 19643 über Saugfilteranlagen in der Verfahrenskombination Flockung, Mehrschicht- Filtration, A-Kohle und Chlorung erfolgen.

Für die Wasserflächen sollen jeweils eigene Filterkreisläufe bzw. Aufbereitungsanlagen vorgesehen werden. Die Aufteilung auf mehrere Kreisläufe erlaubt eine flexible Betriebsweise in Abhängigkeit von der Belastung und den Betriebszeiten der einzelnen Becken. Ebenfalls können so unterschiedliche Wassertemperaturen für die einzelnen Kreis eingestellt werden. Zudem können Energie- und Wassersparprogramme bedarfsweise genutzt werden.

Der Stromeffizienz Beckenwasserpumpen incl. Nebenaggregate bezogen auf die Umwälz-Volumenstrom sollte folgender Wert nicht übersteigen:

Maximalen spezifischer Strombedarf = 3,5 kW/100 m³/h

Alle Volumenströme werden mittels induktiver Durchflussmengenmesser überwacht und über eine automatische Erfassung bedarfsgerecht geregelt.

Eine Direkteinleitung des Filterspülabwassers in die Kanalisation findet nicht statt. Um möglichst wenig Frischwasser einzusetzen, und um damit den Ressourceneinsatz sowie die Betriebskosten zu reduzieren, ist eine Spülabwasseraufbereitungsanlage vorgesehen. Das bei der Filtrerrückspülung anfallende Spülabwasser wird mittels einer Wasseraufbereitungsanlage zu 75 % wieder dem Filterkreislauf zugeführt.

Die Wasserattraktionen in den Becken werden durch die Besucher durch Tasten an den Attraktionen ausgelöst. Die gewünschte Attraktion ist sofort verfügbar. Ungenutzte Laufzeiten, wie bei programmgesteuerten Anlagen, können so vermieden werden.

Gebäudeautomation

Die Gebäudeleittechnik bietet auch die Möglichkeit bei Bedarf die Anlagen bis in die Steuerungsebene zu optimieren. Die nach der DGfDB vorgegeben Zählerkonzepte werden zur Erfassung aller für die (Energie-)Optimierung erforderlichen Daten umgesetzt. Die GLT speichert zudem alle Betriebs-Kennzahlen, von den Hygiene-Hilfsparametern der Badewasseranlage, den Systemtemperaturen der Energieerzeugungsanlagen sowie den Nutzungszeiten bis zu den Wassertemperaturen der Duschanlagen, so dass ein Energiemonitoring und Energiemanagement gezielt möglich sind.

Eine Aufbereitung und Bereitstellung von interessanten und transparenzfördernden Informationen über die aktuelle und dauerhaft nachhaltige Betriebsweise des Bades könnte durch die GLT im Gebäude oder auf der Website für den interessierten Nutzer des Bades in Echtzeit zur Verfügung gestellt werden.

Gebäude Optimierung

Das Passivhaus-Institut hat im Rahmen eines Forschungsprojektes und Pilotprojekten einen eigenen, ganzheitlichen Ansatz für ein Schwimmbad in Passivhausbauweise entwickelt. Das Passivhauskonzept für Hallenbäder ist mit der einzige Standard der ganzheitlich die Energieeffizienz in einem Bad betrachtet und ist in enger Kooperation mit dem Büro Inco entstanden.

Das Konzept zeichnet sich vor allem durch einen sehr guten bauphysikalischen Standard in Bezug auf die Dämmung und die Luftdichtigkeit der Gebäudehülle aus. Hierzu werden alle Bauteile vom Passivhaus Institut geprüft und zertifiziert. Diesen Aufwand scheuen viele Betreiber von Schwimmbädern. Dieser Aufwand ist aber auch nicht unbedingt notwendig, um eine energieeffiziente Lösung zu erhalten. Im Bezug auf die Gebäudehülle empfehlen wir maximale U-Werte (Wärmedurchgangskoeffizient) für folgende Außenbauteile. Der Gebäudestandard ist an die Passivhausbauweise angelehnt und für ein Schwimmbad und die dort vorhandenen hohen Raumtemperaturen optimiert:

- Außenwände $U \leq 0,14 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ \cong 24 cm Dämmung, WLG 035
- Fenster und Fenstertüren $U_w \leq 0,90 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ \cong 3-fach-Verglasung

Bei den Fenstern ist zudem drauf zu achten, dass die Glasflächen einen hohen Wärmetransmissionswert besitzen, um die Solare Nutzung zu optimieren:

G Fenster < 0,55

- Dach $U \leq 0,10 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ $\triangleq \varnothing 35 \text{ cm Gefälledämmung}$

Werden diese Vorgaben und eine gute, mit einem Blower-Door-Test kontrollierte Luftdichtigkeit vom Gebäude eingehalten, sind die Grundvoraussetzungen für einen ganzheitlichen Ansatz und das Erreichen hoher energetischer Ziele im Bereich der Technik geschaffen.

Zielwerte für den Neubau

Aufgrund des fehlen von normativen Regeln und Konzepten werden im Bäderbau, zum besseren Vergleich und zur Bewertung der Bäder, Energiekennzahlen gebildet. Es werden Energiekennwerte als Wärmebedarf und Strombedarf (Nutzenergie) bestimmt. Als Bezugsgröße wird die genutzte Beckenwasserfläche (WF) in m² verwendet.

Nach der Sanierung werden von uns folgende Zielwerte für den Wärmebedarf und Strombedarf angestrebt. Diese Zielwerte basieren auf unseren theoretischen Berechnungen und dem bestätigten Energiemonitoring einer Vielzahl realisierter Bäder:

- ➔ Allgemeiner Strombedarf Bad: 550 kWh_{el} /m²WF mit Sauna: 725 kWh_{el} /m²WF
- ➔ Wärmeenergiebedarf Bad: 2.000 kWh_{th} /m²WF mit Sauna: 2.200 kWh_{th} /m²WF

Um die Zielwerte besser einordnen zu können, wird ein Vergleich mit den üblichen Kennzahlen für Schwimmbäder vorgenommen.

Die Deutsche Gesellschaft für das Badewesen (DGföB) macht alle zwei Jahre eine Befragung unter ihren Mitgliedern und erhebt dabei auch die Verbrauchszahlen zu Energie und Ressourcen. Dieser Datensatz kann individuell ausgewertet werden. So lässt sich auch ein Badvergleich für „Hallenbäder mit Sportbadfunktion“ in Bezug auf den Wärmebedarf und Strombedarf entwickeln. Für den Vergleich wurde auf Auswertungsdaten der DGföB aus den Jahren 2014 bis 2019 (vor Corona) zurückgegriffen.

Die angestrebten spezifischen Bedarfswerte vom Neuen Hallenbad Bornheim werden dem vergleichbaren Schwimmbadtyp „Hallenbäder mit Sportbadfunktion“ mit aktuell 170 Bädern gleichen Typs gegenübergestellt und grafisch dargestellt, um aufzuzeigen auf welchem niedrigeren energetischen Niveau das Neue Kurfürstenbad aktuell bereits geplant ist.

In den beiden Grafiken werden zur besseren Einordnung folgende Fakten exponiert dargestellt:

- ➔ Es wird der Durchschnittsverbrauch Strom/Wärme für Hallenbäder 2019 hervorgehoben. Die Verbrauchswerte von 2019 sind die letzten allgemein gültigen Werte vor der Coronapandemie.
- ➔ Da auch das Thema Passivhausbad von Interesse gewesen ist, seien auch hier noch mal die realen Verbrauchswerte vom Passivhausbad herausgestellt.
- ➔ Zusätzlich werden ausgewählte, vom Planungsbüro in den letzten Jahren umgesetzte Bädervorhaben dargestellt, um aufzuzeigen, dass eine Umsetzung auf diesem niedrigen Energieniveau bereits Jahre lang gelebte Praxis ist.

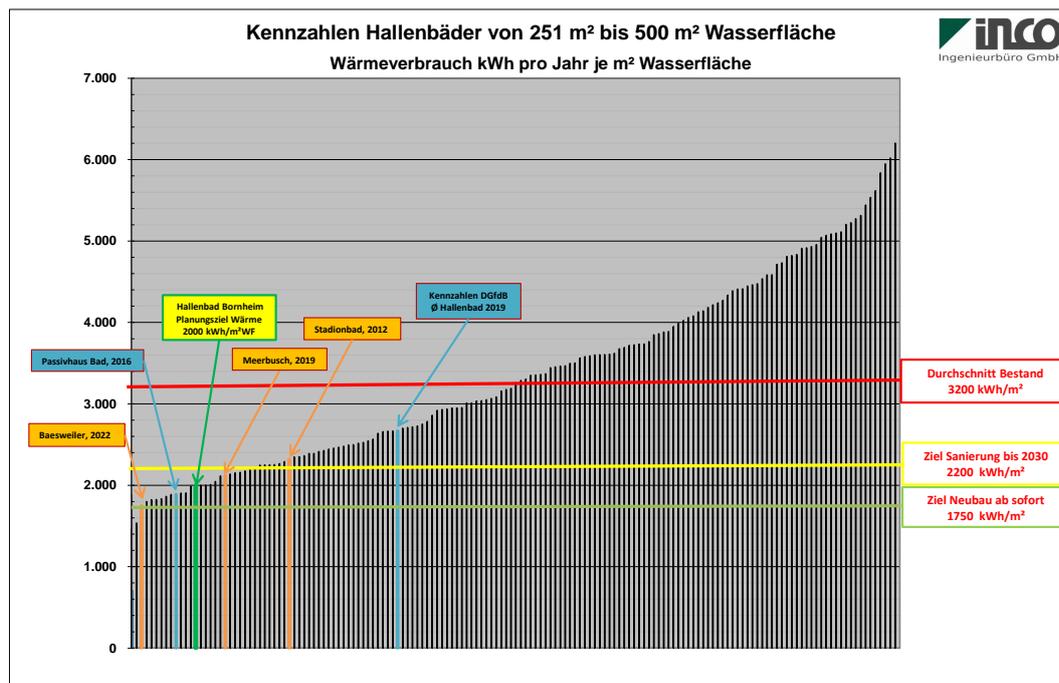


Abbildung 2: Badvergleich Wärmeverbrauch

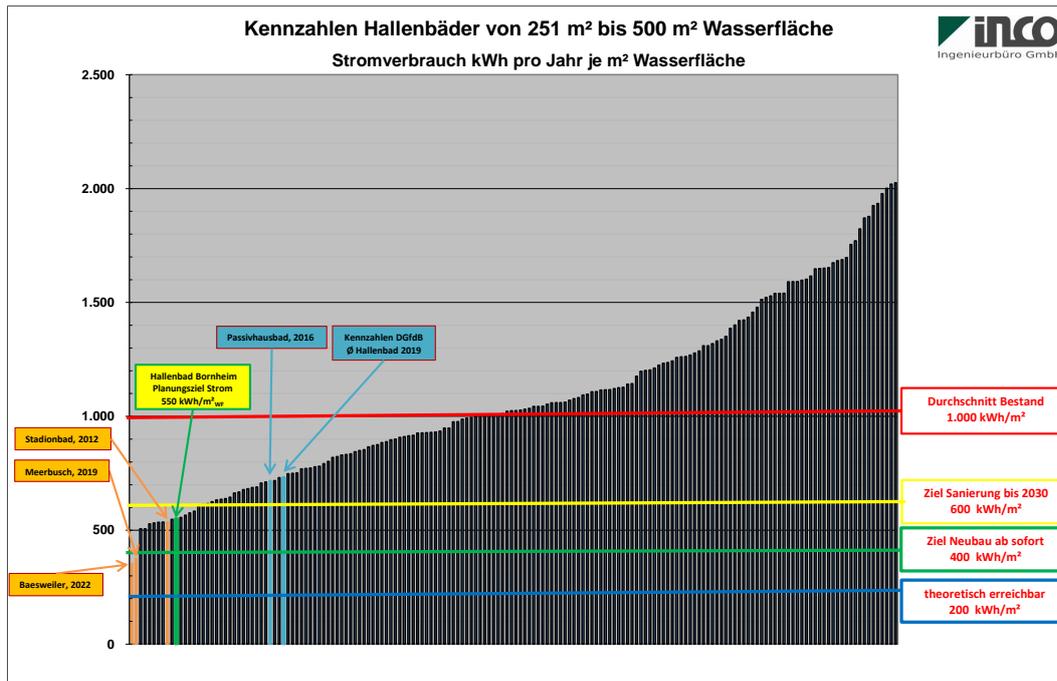


Abbildung 3: Badvergleich Stromverbrauch

Die Beckenwasserfläche des neuen Hallenbades beträgt ca. 675 m², 136 % der Fläche gegenüber dem Bestand. Daraus ergeben sich anhand der zu realisierenden Beckenfläche und der Zielwerte folgende Bedarfswerte:

- ➔ Allgemeiner Strombedarf Bad: 370.000 kWh_{el}/a
- ➔ Allgemeiner Wärmebedarf Bad: 1.350.000 kWh_{th}/a

Zusätzlicher Energiebedarf für Sauna und Freibad

Für den Betrieb der Sauna muss ein zusätzlicher Energiebedarf vorgesehen werden. In Abhängigkeit von Größe und Betriebszeiten gehen wir aktuell von folgendem Energiebedarf für die Sauna aus:

- Wärme ca. 60.000 kWh
- Strom ca. 70.000 kWh

Das Freibad wird wie bisher als unbeheizt angesetzt und hat entsprechend keinen Wärmebedarf. Der Stromverbrauch für die neue, energieeffiziente Filtertechnik vom Freibad ist mit ca. 50.000 kWh kalkuliert.

Hieraus ergeben sich folgende Zielvorgaben für den Jahresenergiebedarf des neuen Hallenbades Bornheim, inkl. Sauna und Freibad:

- ➔ **Strombedarf: 490.000 kWh_{el}/a**
- ➔ **Wärmebedarf: 1.410.000 kWh_{th}/a**

Setzt man eine rein regenerative Wärmeerzeugung voraus, so dass der notwendige Wärmebedarf zu 100 % durch Wärmepumpen erzeugt wird, ergibt sich ein weiterer, zusätzlicher Strombedarf für den Betrieb der Wärmepumpen. Hier ist folgender Ansatz gewählt:

- Wärmebedarf: 1.410.000 kWh_{th}/a
- Leistungszahl WP: 3,5
- ➔ Strom für Wärmepumpe = ca. 400 MWh

Der Gesamtstrombedarf inkl. Strombedarf für die Wärmepumpen beträgt dann 890.000 kWh.

In den beiden folgenden Grafiken sind die möglichen Jahresverläufe für den Wärme- und Strombedarf des Hallenbades Bornheim exemplarisch dargestellt. Hierzu wurden anhand der Jahresenergiewerte die Monatswerte die Monatswerte und die dazugehörigen Wärmeverbrauchsanteile bzw. die Stromeigenerzeugungen berechnet und dargestellt:

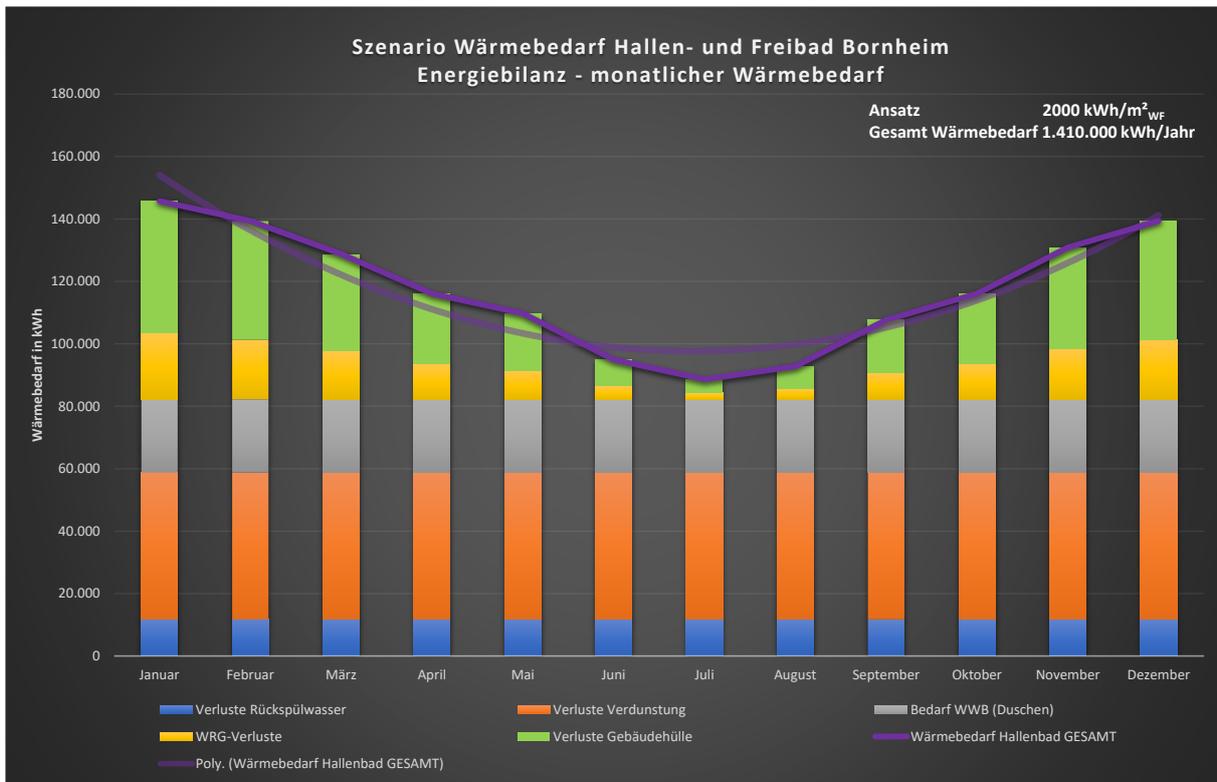


Abbildung 4: Statische Berechnung für den Wärmebedarf und die Wärmeverbrauchsanteile im Jahresverlauf

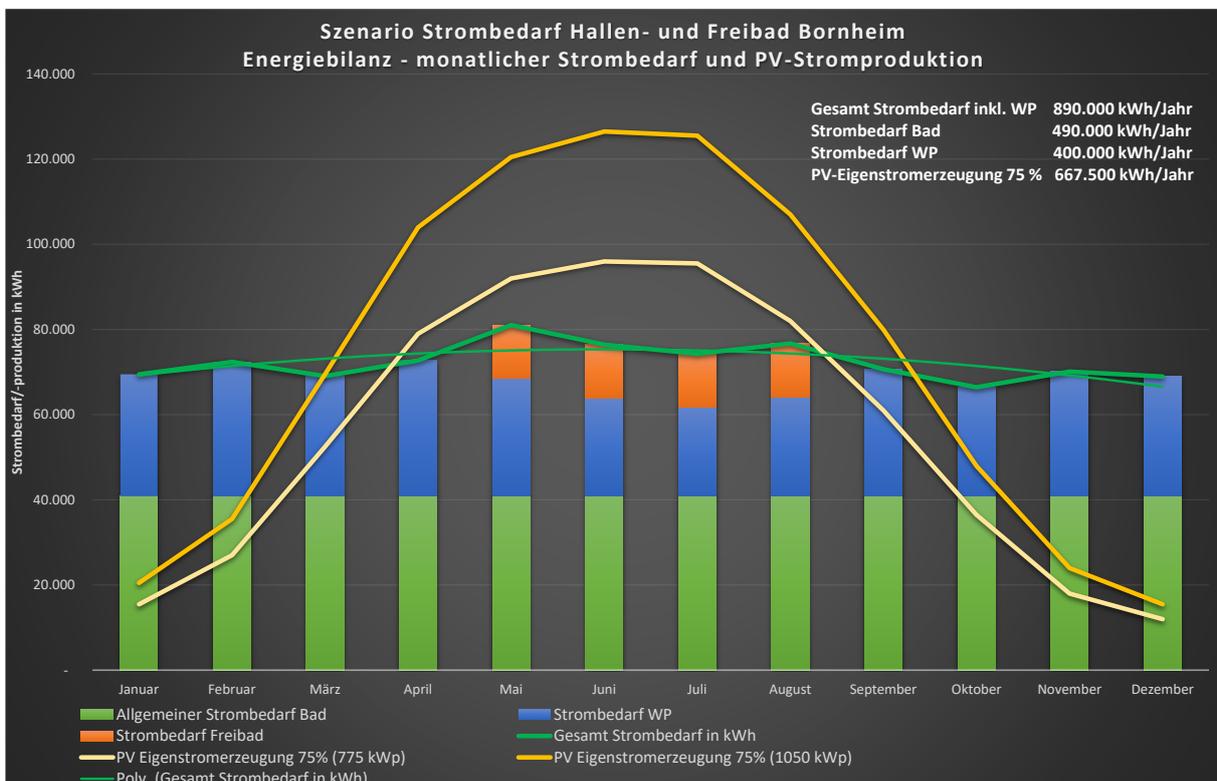


Abbildung 5: Statische Berechnung für den Strombedarf und die Stromeigenerzeugung im Jahresverlauf

Optimale Nutzung der vorhandenen Energie durch Wärmerückgewinnung

Bäder sind durch einen hohen natürlichen Wärmebedarf charakterisiert, da sehr viel warmes Wasser genutzt wird. Daher kommt – wenn alle anderen Aspekte beachtet sind – dem Punkt der Wärmerückgewinnung in Schwimmbädern eine ganz entscheidende Bedeutung zu, um den Energiebedarf zu minimieren und die Energieversorgung zu optimieren.

Energiestrategie:

- Keine Wärme verlässt ungeprüft die Gebäudehülle.
- Solange, wie sich eine Weiternutzung auch unter wirtschaftlichen Aspekten effizient und zukunftsweisend darstellen lässt, wird sie im Gebäude gehalten.
- Durch Einsatz von Wärmerückgewinnung soll möglichst viel thermische Energie aus dem Gebäude wieder nutzbar gemacht werden.

Es werden deshalb gleich vier Hauptssysteme zur Wärmerückgewinnung eingesetzt:

1. WRG in den Lüftungsanlagen
Die Wärme der verbrauchten Luft (Abluft) wird über Plattenwärmetauscher dazu verwendet die Frischluft aufzuwärmen. Diese Art der Wärmerückgewinnung ist gesetzlich vorgeschrieben. Der geplante Wirkungsgrad der Wärmerückgewinnung von 83% trocken und ca. 90 % Feucht geht jedoch deutlich über die gesetzlichen Vorgaben hinaus. Strom- Effizienz Klasse A+ bei 80% des Volumenstroms nach VDI 2089.
2. WRG mittels Fortluftwärmepumpe
Die Restwärme der verbrauchten Luft aus den Lüftungsanlagen wird in einem zweiten Prozess zusätzlich genutzt. Eine Fortluftwärmepumpe ist eine Luftwärmepumpe, die die benötigte Wärme nicht aus der Umgebungsluft, sondern aus der Fortluft der Lüftungsanlagen bezieht. Die Fortluft wird über das ganze Jahr auf unter 5°C abgekühlt. Die entzogene Energie von bis zu 120 kW reicht aus, um zwei Schwimmbecken ganzjährig zu betreiben.
3. WRG durch Spülabwasser-Aufbereitungsanlage
Als Spülabwasser wird das aus den Anlagen zur Aufbereitung von Schwimm- und Badebeckenwasser anfallende Filtrerrückspülwasser bezeichnet. Durch eine Aufbereitung und Rückführung in den Schwimmbadwasserkreislauf kann nicht nur der Wasserverbrauch um 75 %, sondern auch der Energiebedarf gesenkt werden.
4. WRG von Duschabwasser
Die Abwasserwärmeverluste im Bad können bis zu 25 % in der Gesamtenergie ausmachen. Daher soll auch dem bis zu 40°C warmen Duschabwasser die Wärme mittels Wärmerückgewinnung entzogen und möglichst direkt wieder dem kalten Duschwasser zugeführt werden.

Ready for 100% regenerativer Energien

Auf den Einsatz Fossiler Energieträger wir verzichtet.

Für die Energiebereitstellung sollen Wärmepumpe + PV-Anlage die wesentlichen Elemente sein.

Die Wärmepumpen sollen daher 100% der Wärmeleistung abdecken können.

Neben der **Fortluftwärmepumpe** wird eine **Außenluftwärmepumpe** eingesetzt. Die Alternative „Erdreichsonden“ sind im Bad aufgrund der hohen notwendigen Leistung nur eingeschränkt einsetzbar.

Der Luft-Wärmetauscher der Außenluftwärmepumpe sind durch große Tauscherflächen energetisch und schalltechnisch optimiert. Im Bad ist der Wärmeverbrauch in der Nacht deutlich geringer als am Tag. Durch Thermische Speicher soll der Heizbedarf für kalte Nächten gepuffert werden, so dass ein energetisch ungünstiger Einfrier-Abtau-Zyklus nur im geringen Umfang notwendig ist. Zudem ist im Sommer ein deutlich geringerer Wärmeverbrauch vorhanden. Hier sind die Außentemperaturen ohnehin deutlich höher als die Erdreichtemperaturen. Unter diesen Randbedingungen hat die Luftwärmepumpen keinen schlechteren Wirkungsgrad als die Erdreichwärmepumpe.

Die PV-Anlage soll so groß dimensioniert sein, dass sie einen möglichst großen Anteil des Jahresstrombedarfs abdeckt. Das bedeutet jedoch nicht, dass die PV-Anlage den Strombedarf im Winter abdecken kann. Hier ist ein Strombezug aus dem Netz notwendig, perspektivische mit 100 % Wind und andere regenerativen Energien.

Speicher helfen deutlich

Um die Herausforderungen des schwankenden regenerativen Angebots im Stromnetz abzufedern, werden Stromspeicher (Akkus) und Wärme-Speicher für das Lastmanagement Wärmepumpenstrom vorgesehen. Zusätzlich werden die Wassermassen der Schwimmbecken als Wärmespeicher aktiviert.

Sommerbetrieb

Darüber hinaus soll das Bad wenigstens in den Sommermonaten (Mai bis September) ausschließlich mit erneuerbaren Energien betrieben werden:

Schwimmbäder haben auch im Sommer einen hohen Wärmebedarf. In dieser Zeit ein BHKW zu betreiben ist energetisch und wirtschaftlich kontraproduktiv. In den Sommermonaten steht genug regenerative Energie zur Verfügung. Die Wärme kann über die PV-Anlage und die Wärmepumpen direkt auf dem Grundstück erzeugt werden. Darüber hinaus kann auch der sonstige Strombedarf des Bades größtenteils durch die PV-Anlage gedeckt werden. Der erforderliche Strom für den Sommerbetrieb kann quasi komplett „kostenlos“ erzeugt werden.

Neubau - Hallenbad Bornheim

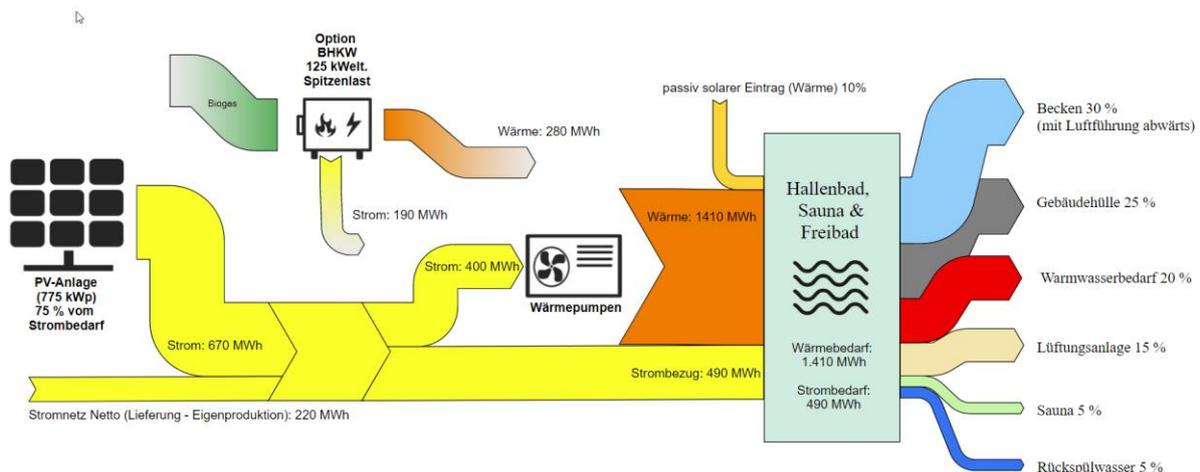


Abbildung 6: neues Energieflussdiagramm

Vision Nullenergiebad

In Anlehnung an den Energiestandard „Nullenergiehaus“ ist die Vision des „Nullenergiebades“ ein Energiestandard für Bäder, welcher erreicht ist, wenn der externe Energiebezug des Bades als Bilanz über einen Zeitraum von einem Jahr durch die auf der Liegenschaft des Bades erzeugte Energie (z. B. Solaranlagen etc.) kompensiert wird.

Dazu muss jedoch der gesamte Energiebedarf (Strom + Wärme) auf der Liegenschaft eigenproduziert werden. Auf das Neue Hallenbad bezogen würde das z.B. eine notwendige PV-Fläche von ca. 7000m² bzw. 1100 kW_p bedeuten!

Stromerzeugung mittels PV-Anlage

Der Strombedarf von Schwimmbädern ist trotz aller Maßnahmen zur Energieeffizienz und Energieeinsparung hoch. Durch den Einsatz der regenerativen Wärmepumpentechnologie steigt zudem der Strombedarf weiter an. Eine autarke Stromversorgung, nur mit einer Solarstromanlage, ist bei Bädern nur im Ausnahmefall möglich. Dazu muss jedoch der gesamte Energiebedarf (Strom + Wärme) auf der Liegenschaft produziert werden. Das haben wir für das neue Bad in Bornheim untersucht.

Als mögliche verfügbare maximale Fläche für PV-Strom gehen wir von folgenden potenziellen Flächen aus:

Freibad Verschattung	1.200 m ²
Parkplatz	2.000 m ²
Dachfläche, Wandflächen	3.000 m ²
Summe Fläche	6.200 m²

Aus dem ermittelten Strombedarf ergeben sich folgende PV-Anlagen für unterschiedliche PV-Deckungsanteile:

Variante		"Nullenergie Bad"	"Zielwert"	"Sollwert"
Deckungsanteil Eigenerzeugung		100%	75%	50%
Strombedarf incl. WP	MWh/a	890	890	890
Stromerzeugung PV	MWh/a	890	668	445
Ertrag PV Anlage / kWpik	kWh/kwpik	860	860	860
Leistung PV Anlage	kWPik	1.035	776	517
Leistungsdichte	m ² / kWpik	5	5	5
Fläche PV Module	m ²	5.174	3.881	2.587
nutzbarer Flächen Anteil	%	75%	75%	75%
notwendige Brutto Fläche	m ²	6.899	5.174	3.450
Strombezug Netto Bilanz	MWh/a	-	223	445

Eine 75 % PV-Eigenstromerzeugung sollte möglich sein und angestrebt werden.

Der Eigen Strom Erzeugung ist derzeit nicht nur die ökologisch- sondern auch wirtschaftlich beste Lösung. 75 % Eigenstromerzeugung zu erreichen ist ambitioniert aber durchaus umsetzbar.

Ob eine **100 % PV-Nullenergie-Bad Variante** möglich ist, kann zum derzeitigen Stand nicht bestimmt werden. Dies würde hier eine notwendige PV-Fläche von ca. 5.200 m² bzw. ca. 1.000 kW_p bedeuten. Auch eine weitere Optimierung der Verbrauchsseite im weiteren Planungsprozess wäre denkbar. Die Betriebskosten Energie des Nullenergie-Bades wären dann auch fast bei Null.

Die Investitions Kosten für die PV-Anlage betragen ca. 1.500 €/pW Pik.

D.h. ca. 1,15 Mio. € für die 75% Variante und ca. 1,5 Mio. € für die 100 % Variante

In den Grobkostenschätzung ist eine Basis PV-Anlage enthalten, aber nicht in dem hier vorgeschlagenen Umfang.

Option Spitzenlast BHKW zur Stromerzeugung

Trotz massiven Ausbaus der regenerativen Energie, wird es immer notwendig sein Spitzenlast-Strom in Kraftwerken zu erzeugen (Dunkelflaute). Die sinnvollste Lösung ist hierfür die Wärmekraftkopplung, wie sie in Bädern durchweg üblich ist, auch im bisherigen Hallen Freizeitbad Bornheim.

Im Unterschied zur bisherigen Nutzung wird das BHKW nicht für die Grundlast, sondern zur Spitzenlastdeckung genutzt, wenn der Strom im Netz besonders teuer ist (Dunkelflaute). In der

Übergangszeit bis die Energieerzeugung 100 % regenerativ ist, ist die hocheffiziente Nutzung CO₂ sparend. Später kann das BHKW mit Wasserstoff oder Biogas betrieben werden.

Die beiden Wärmepumpensysteme sollen als regenerative Wärmeerzeuger die Grundlast vom Bad decken. Sie werden ganzjährig betrieben und sollen mindestens 75 % des Wärmebedarfs vom Bad bereitstellen.

Einordnung CO₂-EmissionenEnergiebedarf

Die Basis Energieoptimierung + WP erfüllt schon die Kriterien zur Erreichung der Klimaziele der Bundesregierung bis 2045 erreicht:

- 55% Effizienzsteigerung gegenüber Stand1990
- 100 % Regenerative Energieerzeugung (im Wesentlichen der Energieversorger)

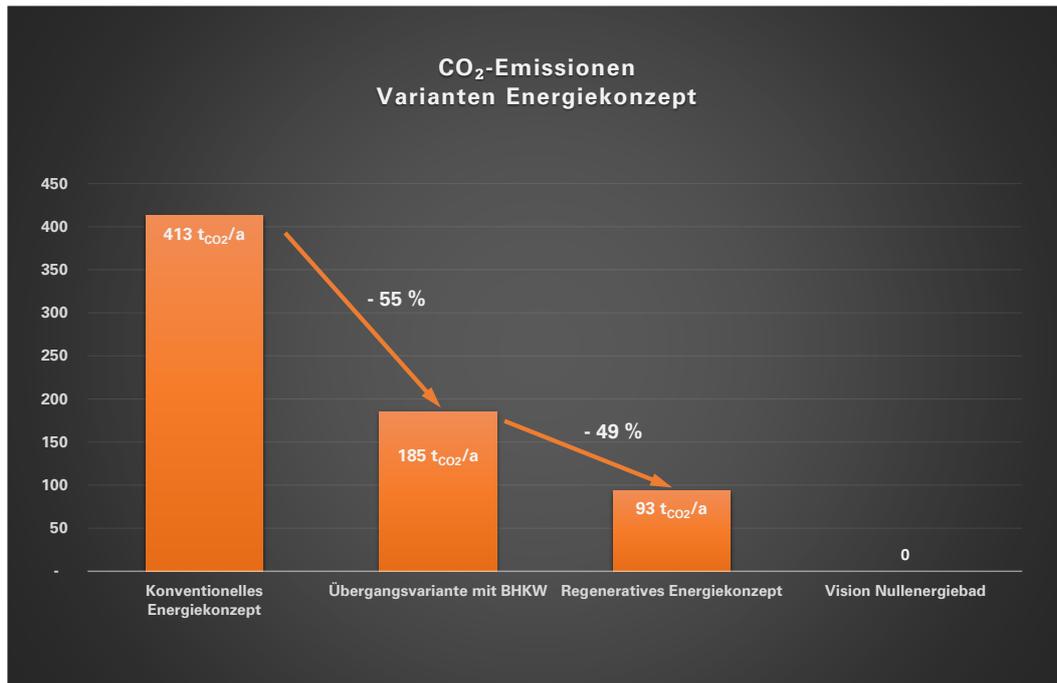
In der Übergangszeit ist der Strom- und Gas-bezug jedoch nur teilweise CO₂ frei.

Für diese Übergangs Zeit werden CO₂-Emissionen der vorgestellten Energiekonzeptvarianten gegenübergestellt.

	Variante 0 - Konventionelles Energiekonzept	Variante 1 - Übergangsvariante mit BHKW	Variante 2 - Regeneratives Energiekonzept mit Strombezug	CO ₂ -Emissionen Vision Nullenergiebad
	Gaskessel (50% Anteil) BHKW (50% Anteil)	WP (80% Anteil) BHKW (20% Anteil) PV	WP PV 75% Eigenerzeugung	WP PV 100% Eigenerzeugung
Gesamt-Wärmebedarf Bad	1.410.000 kWh/a	1.410.000 kWh/a	1.410.000 kWh/a	1.410.000 kWh/a
Gesamt-Gasbedarf Bad	1.760.000 kWh/a	450.000 kWh/a	- kWh/a	- kWh/a
CO₂-Emissionen Gasbezug	354 t _{CO2} /a	90 t _{CO2} /a	- t _{CO2} /a	- t _{CO2} /a
Strombedarf Bad	490.000 kWh _{el} /a	490.000 kWh _{el} /a	490.000 kWh _{el} /a	490.000 kWh _{el} /a
Strombedarf WP	- kWh _{el} /a	330.000 kWh _{el} /a	400.000 kWh _{el} /a	400.000 kWh _{el} /a
Strombedarf Summe	490.000 kWh _{el} /a	820.000 kWh _{el} /a	890.000 kWh _{el} /a	890.000 kWh _{el} /a
Stromproduktion BHKW	350.000 kWh _{el} /a	150.000 kWh _{el} /a	- kWh _{el} /a	- kWh _{el} /a
Stromproduktion PV	- kWh _{el} /a	445.000 kWh _{el} /a	667.500 kWh _{el} /a	890.000 kWh _{el} /a
		500 kW _p	775 kW _p	1050 kW _p
Strombezug	140.000 kWh _{el} /a	225.000 kWh _{el} /a	222.500 kWh _{el} /a	- kWh _{el} /a
CO₂-Emissionen Strombezug	59 t _{CO2} /a	95 t _{CO2} /a	93 t _{CO2} /a	- t _{CO2} /a
Summe CO₂-Emissionen	413 t _{CO2} /a	185 t _{CO2} /a -55%	93 t _{CO2} /a -49%	- t _{CO2} /a

CO ₂ -Emissionsfaktoren	
Gas	201 g CO ₂ / kWh _{Gas}
Strom	420 g CO ₂ / kWh _{Strom}

Abbildung 7: Berechnung CO₂-Emissionen

Abbildung 7: CO₂-Emissionen im Vergleich

