

Energetische Untersuchung der ENNI Eiswelt

Filder Straße 140
47447 Moers



Auftraggeber:

ENNI

Stadt & Service Niederrhein AöR

Am Jostenhof 15

47441 Moers

Erstellt durch:

Dirk Heckmann

NettCon Energy GmbH

Blinke 32, 26789 Leer

24.02.2023



.....
Unterschrift/Stempel

1. Veranlassung der Studie

Die ENNI Unternehmensgruppe in Moers betreibt diverse Sporteinrichtungen im Raum Moers. Neben Sporthallen und Freizeitbädern umfasst das Freizeit- und Sportangebot auch eine Eishalle, die ENNI Eiswelt, die von der ENNI Stadt & Service Niederrhein AöR betrieben wird.

Der Unterhalt und Betrieb einer Eishalle ist, bedingt durch den hohen Energiebedarf, sehr kostenintensiv. Aufgrund der aktuell gestiegenen Energiekosten wurden zur Energieeinsparung und damit für den Erhalt des Freizeit- und Sportangebots, die Öffnungszeiten der Eiswelt verkürzt.

Um weitere Schritte zum Erhalt des Sportangebots gezielt tätigen zu können, wurde mit diesem Bericht eine Bewertungsgrundlage für diverse Energieeinsparmöglichkeiten beauftragt. Diese Möglichkeiten beschreiben Maßnahmen, die von organisatorischen, über gering investive bis zu kostenintensiven Einsparmaßnahmen führen.

Ziel dieses Berichts ist, eine Entscheidungsgrundlage für die zukünftige Durchführung von Einsparmaßnahmen zu erstellen, die einen kostenoptimierten Betrieb der ENNI Eiswelt ermöglichen.

2. Bestandsanalyse

Für diese Bestandsanalyse der ENNI Eiswelt war die Aufnahme der Gebäudehülle, die Haustechnik und der aktuellen Betriebsweise der ENNI Eiswelt notwendig. Des Weiteren wurden alle wesentlichen Energieverbraucher mit ihren Anschlussleistungen aufgenommen und deren Energieverbrauch abgeschätzt, sodass die Energieverbraucher nach ihrem Verbrauch eingestuft werden konnten.

2.1. Vor-Ort-Bestandsaufnahme und Auswertung vorliegender Unterlagen

Die ENNI Eiswelt wurde am 10.01.2023 vor Ort aufgenommen. Ziel war es die Erkenntnisse aus dem Audit 2019 weiter zu vertiefen. Vor allem sollte die Gebäudehülle erfasst und das Gebäude in ein 3-D-Modell simuliert werden, um Auswirkungen auf den Energieverbrauch durch die Sanierungen an der Gebäudehülle darstellen zu können. Die nachfolgenden Darstellungen zeigen die ENNI Eiswelt im Simulationsmodell.

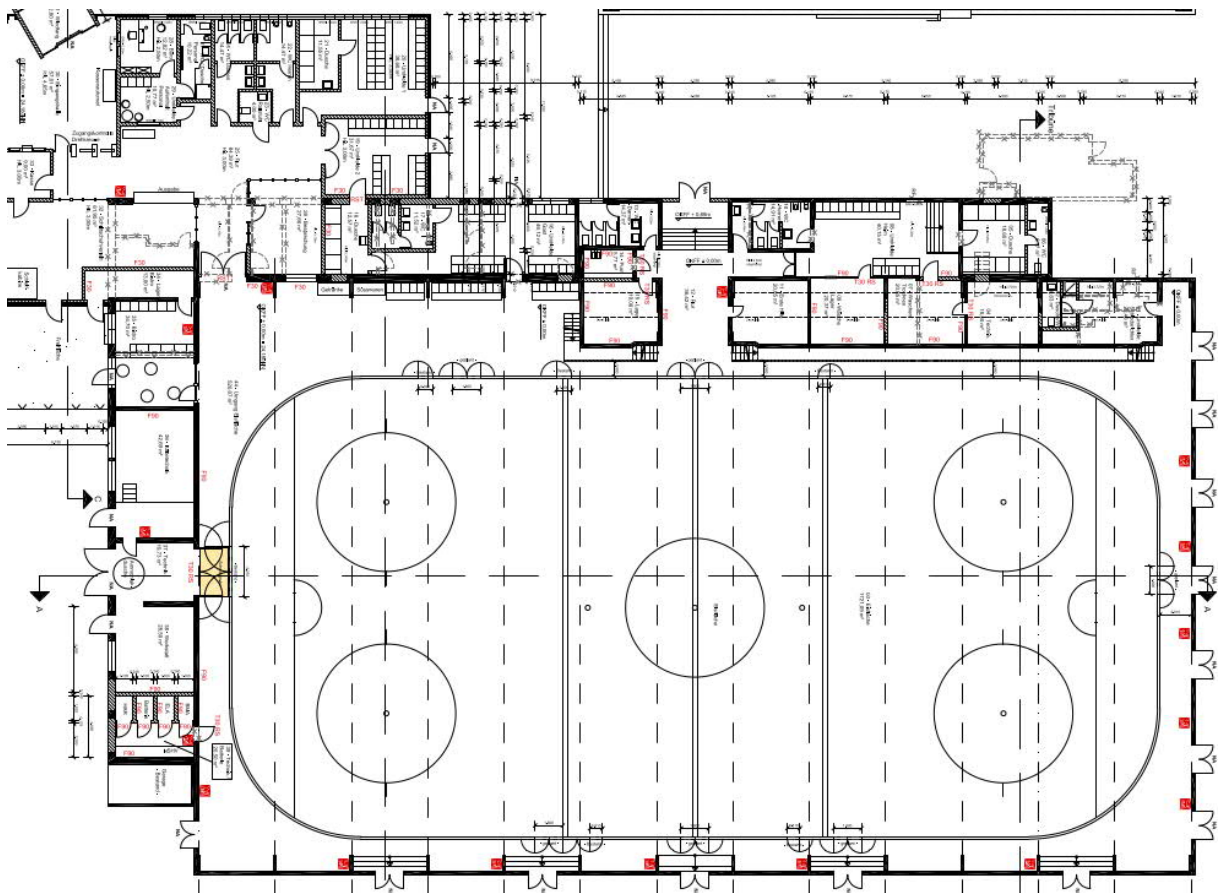




Simulation der ENNI Eiswelt, Software Hottgenroth ETU-Planer

2.2. Gebäudehülle

Die ENNI Eiswelt setzt sich aus zwei Gebäudeteilen zusammen, aus dem Altbau Eishalle von 1974 und dem in 2015 erstellten Anbau. Die Eishalle besteht neben der Eisfläche noch aus einer Tribüne und den darunter befindlichen Umkleideräumen der Schiedsrichter. An den Altbau angrenzend befinden sich die Technikräume für Heizung und Kälte. Der Anbau enthält neben dem Empfang noch die Verwaltung, Umkleideräume mit Duschen und WC's.



Grundriss Eishalle

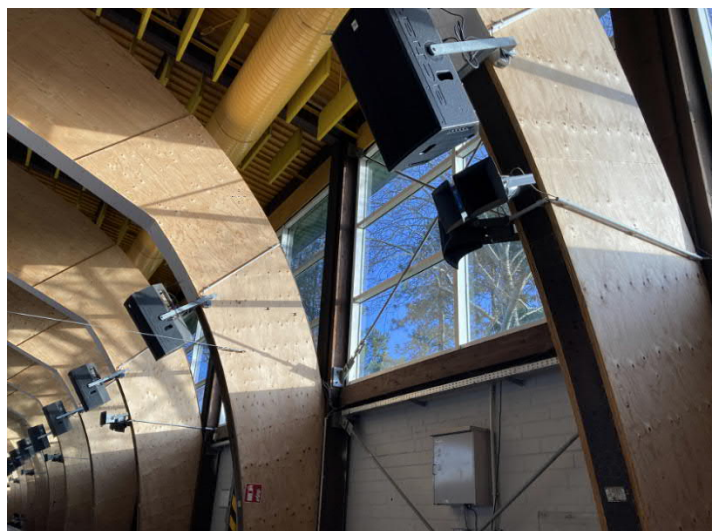
Bei der Aufnahme der Gebäudehülle zeigten sich Schwachstellen am Altbau.

So sind die Fenster im Hallenbereich sanierungsbedürftig und das Dach ist nicht isoliert. Des Weiteren ist ein Teil der Außenwand nur provisorisch verschlossen worden. Die vorhandene Ausführung stellt einen weiteren Schwachpunkt in der Außenhülle der Eiswelt dar.

Ein weiteres Problem im Betrieb ist der Lichteinfall durch die Fenster, der die Eisqualität im laufenden Betrieb verschlechtert und zu einem erhöhten Pflegeaufwand durch den Einsatz der Eismaschine führt.



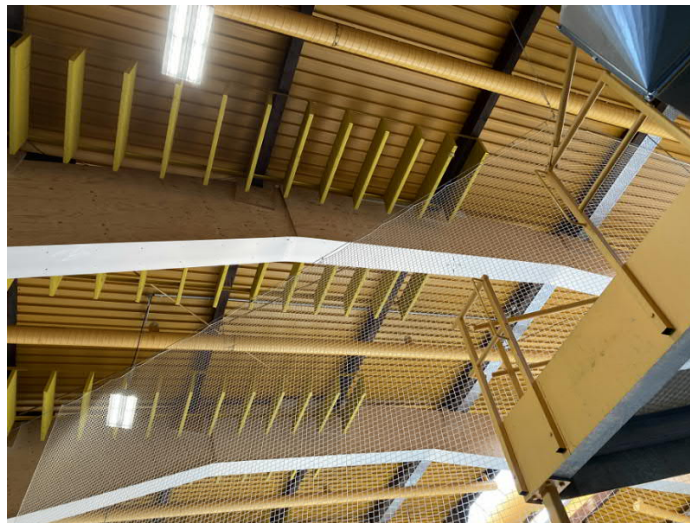
Fenster in der Eishalle



Lichteinfall durch die Fenster



Abgedichtete Außenwand aus Holz und Bitumen



Leimbinder und Deckenkonstruktion

2.3. Primärtechnik (Lüftungs- und Kältetechnik)

Im Zuge der Erweiterung im Jahr 2015 rund um die Errichtung des Anbaus, wurden auch umfangreiche Sanierungsarbeiten im Bereich der Anlagentechnik durchgeführt. So wurden die Lüftungsanlagen, die Kälteanlagen und die Wärmeverteilung erneuert.



Lüftungsanlage 1, Eishalle



Lüftungsanlage 2, Eishalle

Im geplanten Betrieb soll durch die Lüftungsanlage 45°C warme Zuluft in den Dachbereich eingeblasen werden. Dies sollte die Hallenkonstruktion vor Kondensatwasserbildung schützen. Eine Hallenbeheizung ist sonst nicht vorgesehen. Die Raumtemperatur ergibt sich automatisch aus der Lüftung, der Eisflächentemperatur und aus den Wärmeübergängen über die Gebäudehülle.



Steuerung der Heizungs- und Lüftungsanlagen

Die Steuerung der Lüftungsanlagen in der Eishalle wird über die Messung der Feuchte in der Abluft, Zuluft, im Hallenbereich und in der Außentemperatur erreicht und die Lüftungsanlagen über die Außen- und Umluftklappen und über die Zuluft Temperatur gesteuert.



Warmwasser- Wärmetauscher



Heizkreisverteiler

Die Wärmelieferung erfolgt über eine Nahwärmeleitung aus dem benachbarten Solimare. Die Wärmeerzeugung erfolgt überwiegend über ein BHKW, dass durch einen erdgasbetriebenen Spitzenlastkessel unterstützt wird. Die Anlagen der Wärmeverteilung und der Warmwassererzeugung sowie die Regelung sind auf dem Stand der Technik.



Rückkühler der NH₃- Kältemaschine

Die Kälteanlage wurde 2015 grundsaniert. Es wurden die Verdichter, Wärmetauscher, Ventile, Regelung und Rohrleitungen sowie der Rückkühler erneuert. Als Kältemittel wurde Ammoniak gewählt, was den Betrieb der Anlage unter erhöhten Umweltauforderungen legt.

2.4. Heutiger Eislaufbetrieb

Zu Beginn der Eislaufsaison 2022/2023 war nicht gewiss, ob aufgrund der stark gestiegenen Energiepreise der Betrieb der Eishalle ermöglicht werden kann. Um den Betrieb unter Kostengesichtspunkten zu ermöglichen, einigte man sich mit den interessierten Parteien, wie Vereine oder Schulen, auf eine verkürzte Eislaufsaison. So wurde erst im November mit dem Aufbau der Eisschicht begonnen und zudem nur eine Eisdicke von 3 cm aufgetragen. Zum Vergleich, die Eislaufsaison begann in den Vorjahren im September und es wurde damals eine Eisdicke von 4,5 cm aufgetragen.

Die verkürzte Saison bedingt eine hohe Auslastung durch die konzentriertere Annahme des Angebots durch Schulen, Vereine und Privatpersonen. Dies führt im laufenden Betrieb zu einem erhöhten Aufwand für die Pflege des Eises, wodurch die Eismaschine bis zu 10 Einsätze pro Tag benötigt.

2.5. Geschätzte Energieverbräuche, differenziert nach Abnehmern auf Grundlage der Saison 2021/2022

Anlage 2 - Energieeinsatzanalyse - ENNI Eiswelt

Gebäude- teil	Stock- werk	Bereich	Beschreibung Energieverbraucher	Anzahl	Verbrauchergruppe	Energie- träger	Soll		Betriebs- stunden [h]	Energie- verbrauch [kWh]
							Anschluss- leistung [KW]	Gesamt- leistung [KW]		
Eiswelt	EG	Eingang	LED-Lampe 20 W	10	Beleuchtung	Strom	0,02	0,20	1.500	300
Eiswelt	EG	Eingang	LSR 1x58 W T8	20	Beleuchtung	Strom	0,06	1,20	1.500	1.800
Eiswelt	EG	Technik	Frischwassererwärmer	2	Heizung (inkl. Warmwasser)/ Frostwäch	Strom	0,16	0,32	1.500	480
Eiswelt	EG	Technik	Pumpe	2	Pumpen/ Vakkumsysteme	Strom	0,35	0,70	1.500	1.050
Eiswelt	EG	Technik	Pumpe	2	Pumpen/ Vakkumsysteme	Strom	0,25	0,50	1.500	750
Eiswelt	EG	Technik	Lüfter	1	Lüftung/Klimatisierung	Strom	1,40	1,40	1.500	2.100
Eiswelt	EG	Technik	Kälteanlage	2	Kältetechnik	Strom	90,00	180,00	700	126.000
Eiswelt	OG	Draussen	Rückkühler	1	Kältetechnik	Strom	24,00	24,00	700	16.800
Eiswelt	EG	Technik	Eismaschine-Ladestation	1	Kältetechnik	Strom	10,40	10,40	5.110	53.144
Eiswelt	OG	Eishalle	Lüftungsanlage 1 - Zuluft	1	Lüftung/Klimatisierung	Strom	7,75	7,75	6.000	46.500
Eiswelt	OG	Eishalle	Lüftungsanlage 1 - Abluft	1	Lüftung/Klimatisierung	Strom	7,75	7,75	6.000	46.500
Eiswelt	OG	Eishalle	Lüftungsanlage 2 - Zuluft	1	Lüftung/Klimatisierung	Strom	7,75	7,75	6.000	46.500
Eiswelt	OG	Eishalle	Lüftungsanlage 2 - Abluft	1	Lüftung/Klimatisierung	Strom	7,75	7,75	6.000	46.500
Eiswelt	EG	Technik	Lüftungsanlage 3 Altbau	1	Lüftung/Klimatisierung	Strom	6,00	6,00	4.500	27.000
Eiswelt	EG	Technik	Lüftung Technik NH3	1	Lüftung/Klimatisierung	Strom	2,80	2,80	4.500	12.600
Eiswelt	EG	Technik	Lüftung Diverse	1	Lüftung/Klimatisierung	Strom	1,05	1,05	4.500	4.743
Eiswelt	EG	Umkleide	LSR 1x58 W T8	8	Beleuchtung	Strom	0,06	0,48	1.500	720
Eiswelt	EG	Cafeteria	Lüftungsanlage	2	Lüftung/Klimatisierung	Strom	1,70	3,40	6.000	20.400
Eiswelt	EG	Cafeteria	Spülmaschine	1	Küche (z.B. Geschirrspühler, Kühlschrar	Strom	3,40	3,40	450	1.530
Eiswelt	EG	Cafeteria	Friteuse	1	Küche (z.B. Geschirrspühler, Kühlschrar	Strom	15,00	15,00	450	6.750
Eiswelt	EG	Cafeteria	Kochkessel	1	Küche (z.B. Geschirrspühler, Kühlschrar	Strom	21,00	21,00	450	9.450
Eiswelt	EG	Cafeteria	Gefrierschrank	1	Küche (z.B. Geschirrspühler, Kühlschrar	Strom	0,75	0,75	2.500	1.875
Eiswelt	EG	Cafeteria	Kälteschrank	1	Küche (z.B. Geschirrspühler, Kühlschrar	Strom	1,00	1,00	2.500	2.500
Eiswelt	EG	Cafeteria	Kühlschrank	1	Küche (z.B. Geschirrspühler, Kühlschrar	Strom	0,30	0,30	2.500	750
Eiswelt	EG	Büro	LED-Deckenpanel Quadratisch	3	Beleuchtung	Strom	0,03	0,09	2.500	225
Eiswelt	EG	Büro	PC + Monitor	1	Arbeitsplatz	Strom	0,05	0,05	2.500	350
Eiswelt	EG	Eishalle	LSR 1x49 W T5	208	Beleuchtung	Strom	0,05	10,40	4.500	46.800
Eiswelt	EG	Technik	Nahwärme	1	Heizung (inkl. Warmwasser)/ Frostwäch	Wärme				920.000
Eiswelt	EG	Technik	Nahwärme	1	Heizung (inkl. Warmwasser)/ Frostwäch	Wärme				230.000

Energiebericht ENNI Eiswelt

Die Verbrauchsanalyse zeigt die einzelnen Energieverbraucher in der ENNI Eiswelt. Die Energieverbräuche wurden unter Zuhilfenahme der elektrischen Anschlussleistung über die sog. Vollbenutzungsstunden hochgerechnet. Ziel dieser Analyse ist es, die Hauptenergieverbraucher zu ermitteln und deren Einfluss durch Energieeinsparmaßnahmen einzugrenzen.

Verbrauchergruppe	Energieverbrauch	Anz.	davon Strom	davon Fernwärme
Lüftung/Klimatisierung	252.843 kWh	9	252.843 kWh	0 kWh
Kältetechnik	195.944 kWh	3	195.944 kWh	0 kWh
Beleuchtung	49.845 kWh	5	49.845 kWh	0 kWh
Küche (z.B. Geschirrspüler, Kühlschrank)	22.855 kWh	6	22.855 kWh	0 kWh
Pumpen/ Vakkumsysteme	1.800 kWh	2	1.800 kWh	0 kWh
Heizung (inkl. Warmwasser)/ Frostwächter	1.150.480 kWh	3	480 kWh	1.150.000 kWh
	0 kWh	0	0 kWh	0 kWh
	0 kWh	0	0 kWh	0 kWh
	0 kWh	0	0 kWh	0 kWh
	0 kWh	0	0 kWh	0 kWh
	0 kWh	0	0 kWh	0 kWh
	0 kWh	0	0 kWh	0 kWh
	0 kWh	0	0 kWh	0 kWh
Gesamt	1.673.767 kWh	28	523.767 kWh	1.150.000 kWh

Energieverbräuche nach Verbrauchergruppen

Top-10 der größten Verbraucher								10
Rang	Zeile	Verbrauch im Jahr	Verbraucher	Gebäudeteil	Bereich	Leistung	Betriebsstunden	Verbrauchergruppe
1	32	920.000 kWh	Nahwärme	Eiswelt	Technik	0,0 kW	0,0 h/a	(inkl. Warmwasser)/ Fro
2	32	230.000 kWh	Nahwärme	Eiswelt	Technik	0,0 kW	0,0 h/a	(inkl. Warmwasser)/ Fro
3	8	126.000 kWh	Kälteanlage	Eiswelt	Technik	180,0 kW	700,0 h/a	Kältetechnik
4	9	53.144 kWh	Eismaschine-Ladestation	Eiswelt	Technik	10,4 kW	5.110,0 h/a	Kältetechnik
5	25	46.800 kWh	LSR 1x49 W T5	Eiswelt	Eishalle	10,4 kW	4.500,0 h/a	Beleuchtung
6	7	46.500 kWh	Lüftungsanlage 1 - Zuluft	Eiswelt	Eishalle	7,8 kW	6.000,0 h/a	Lüftung/Klimatisierung
7	5	46.500 kWh	Lüftungsanlage 1 - Zuluft	Eiswelt	Eishalle	7,8 kW	6.000,0 h/a	Lüftung/Klimatisierung
8	8	46.500 kWh	Lüftungsanlage 1 - Zuluft	Eiswelt	Eishalle	7,8 kW	6.000,0 h/a	Lüftung/Klimatisierung
9	8	46.500 kWh	Lüftungsanlage 1 - Zuluft	Eiswelt	Eishalle	7,8 kW	6.000,0 h/a	Lüftung/Klimatisierung
10	12	27.000 kWh	Lüftungsanlage 3 Altbau	Eiswelt	Technik	6,0 kW	4.500,0 h/a	Lüftung/Klimatisierung

Die Top 10 der Energieverbraucher in der ENNI Eiswelt

Die Verbrauchsanalyse ist für die Entwicklung eines geeigneten Messkonzepts wesentlich, weil durch Sie die geeigneten Messpunkte bzw. Hauptenergieverbraucher festgelegt werden können. Auch wenn die Verbrauchsanalyse nur auf Hochrechnungen aufbaut, zeigt sie die vermutlich 10 größten Energieverbraucher, die dann mit Messpunkten ausgestattet werden sollten.

Mit den dann gemessenen Energieverbräuchen lässt sich die Wirtschaftlichkeit von Einsparmaßnahmen exakter berechnen.

2.6. Energiekosten

Die Zählerstände für die Strom- und Wärmelieferung werden regelmäßig vom Betriebspersonal erfasst und dokumentiert. Die nachfolgenden Aufstellungen zeigen die Erfassungstabellen mit den dazugehörigen Energiekosten für die Saison 2021/2022.

Eiswelt	Ableseung	Zählerstand	Verbrauch	Preis	Kosten
Wärme		MWh	MWh	€/MWh	
September	30.09.2021	5.422,1	104,97	65,79	6.905,98 €
Oktober	01.11.2021	5.575,4	153,33	65,79	10.087,58 €
November	02.12.2021	5.747,2	171,76	65,79	11.300,09 €
Dezember	30.12.2021	5.898,8	151,59	65,79	9.973,11 €
Januar	31.01.2022	6.082,1	183,33	65,79	12.061,28 €
Februar	28.02.2022	6.235,8	153,68	65,79	10.110,61 €
März	06.04.2022	6.416,6	180,85	65,79	11.898,12 €
April	02.05.2022	6.439,6	22,92	65,79	1.507,91 €
Mai	01.06.2022	6.457,8	18,21	65,79	1.198,04 €
Juni	02.07.2022	6.466,3	8,57	65,79	563,82 €
SUMME			1.149,21		75.606,53 €
<i>ohne Grundpreis</i>					

Wärmemengenerfassung ENNI Eiswelt

Eiswelt	Ableseung	Zählerstand	Verbrauch	Preis	Kosten
Strom		MWh	MWh	€/MWh	
September	08.10.2021	3649486	161,74	156,68	25.341,42 €
Oktober	19.11.2021	3816520	167,03	156,68	26.170,89 €
November	10.12.2021	3890294	73,77	156,68	11.558,91 €
Dezember	21.01.2022	4045898	155,60	156,68	24.380,03 €
Januar	11.02.2022	4122338	76,44	156,68	11.976,62 €
Februar	04.03.2022	4195838	73,50	156,68	11.515,98 €
März	25.03.2022	4272753	76,92	156,68	12.051,04 €
April	08.04.2022	4305333	32,58	156,68	5.104,63 €
Mai	20.05.2022	4314598	9,27	156,68	1.451,64 €
Juni		4314602	4,00	157,68	630,72 €
SUMME			830,85		130.181,89 €

Strommengenerfassung ENNI Eiswelt

2.7. Heutige CO₂ Emissionen

Analog zu den Energiekosten wurden aus den Energieverbräuchen die CO₂-Emissionen errechnet. Hierfür wurden die CO₂-Faktoren für die Wärme von 219 kg/kWh und 633 g/kWh für den Strom gewählt.

Eiswelt	Ablesung	Zählerstand	Verbrauch	CO ₂ -Faktor	CO ₂ -Emissionen
Wärme		MWh	MWh	Tonnen/MWh	Tonnen
September	30.09.2021	5.422,1	104,97	0,219	23,0
Oktober	01.11.2021	5.575,4	153,33	0,219	33,6
November	02.12.2021	5.747,2	171,76	0,219	37,6
Dezember	30.12.2021	5.898,8	151,59	0,219	33,2
Januar	31.01.2022	6.082,1	183,33	0,219	40,1
Februar	28.02.2022	6.235,8	153,68	0,219	33,7
März	06.04.2022	6.416,6	180,85	0,219	39,6
April	02.05.2022	6.439,6	22,92	0,219	5,0
Mai	01.06.2022	6.457,8	18,21	0,219	4,0
Juni	02.07.2022	6.466,3	8,57	0,219	1,9
SUMME			1.149,21		251,7

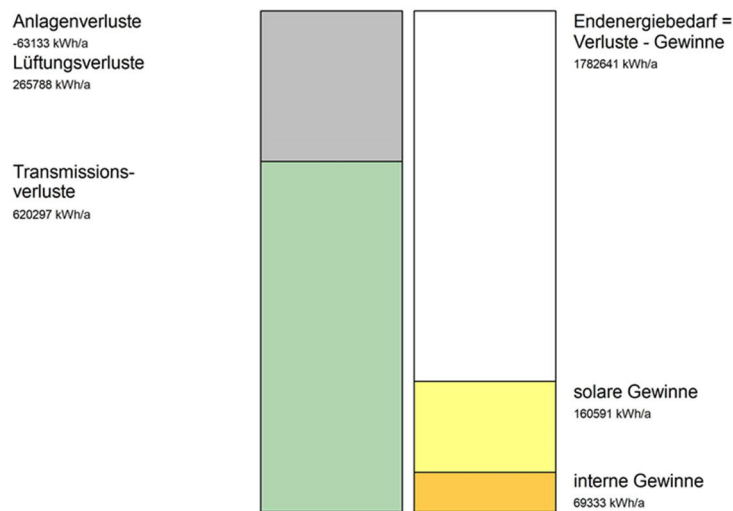
Emissionen durch die Wärmelieferung der ENNI Eiswelt

Eiswelt	Ablesung	Zählerstand	Verbrauch	CO ₂ -Faktor	CO ₂ -Emissionen
Strom		MWh	MWh	Tonnen/MWh	Tonnen
September	08.10.2021	3649486	161,74	0,633	102,4
Oktober	19.11.2021	3816520	167,03	0,633	105,7
November	10.12.2021	3890294	73,77	0,633	46,7
Dezember	21.01.2022	4045898	155,60	0,633	98,5
Januar	11.02.2022	4122338	76,44	0,633	48,4
Februar	04.03.2022	4195838	73,50	0,633	46,5
März	25.03.2022	4272753	76,92	0,633	48,7
April	08.04.2022	4305333	32,58	0,633	20,6
Mai	20.05.2022	4314598	9,27	0,633	5,9
Juni		4314602	4,00	0,633	2,5
SUMME			830,85		525,9

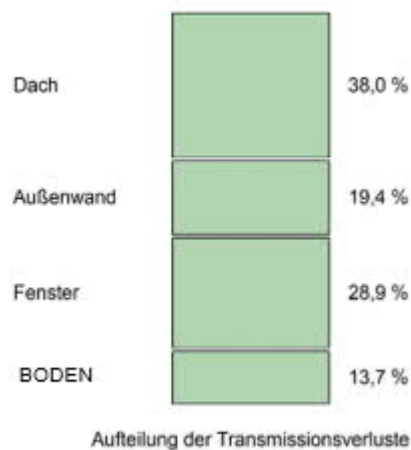
Emissionen durch die Stromlieferung ENNI Eiswelt

2.8. Energiebilanz

Die Energieverluste entstehen über die Gebäudehülle, durch den Luftwechsel sowie bei der Erzeugung und Bereitstellung der benötigten Energie. In dem folgenden Diagramm ist die Energiebilanz für die Raumwärme bzw. Kälte aus Energiegewinnen und Energieverlusten der Gebäudehülle und der Anlagentechnik dargestellt

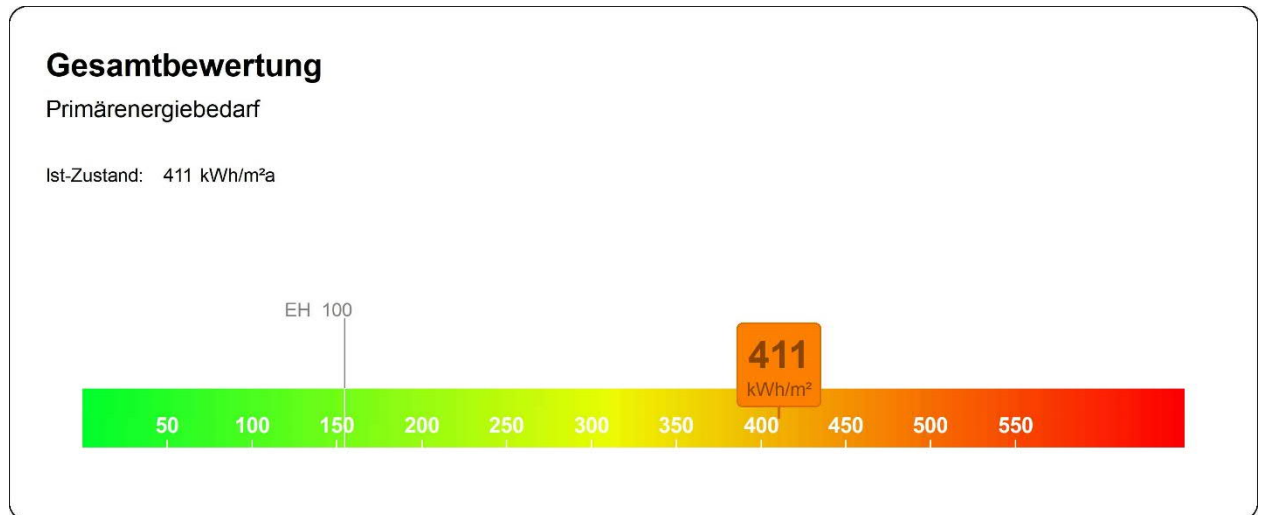


Die Aufteilung der Transmissionsverluste auf die Bauteilgruppen Dach, Außenwand, Fenster und den Boden und der Anlagenverluste auf die Bereiche Heizung, Kälte, Warmwasser und Hilfsenergie (Strom) sind aus den folgenden Diagrammen zu entnehmen. Die Energiebilanz gibt Aufschluss darüber, in welchen Bereichen hauptsächlich die Energie verloren geht, bzw. wo zurzeit die größten Einsparpotenziale im Gebäude liegen.



Energiebericht ENNI Eiswelt

Die Gesamtbewertung des Gebäudes erfolgt aufgrund des jährlichen Primärenergiebedarfs pro m² Nutzfläche, zurzeit beträgt dieser 411 kWh/m²a.



2.9. Bewertung Status Quo - Identifikation der bestehenden energetischen Ineffizienzen

Der Betrieb einer Eissporthalle ist sehr kostenintensiv. Nach einer Studie der Fachhochschule Erfurt verursacht die Kälteerzeugung ca. 35% der Betriebskosten, gefolgt von 32% für die Wärmeversorgung. Der Wärmeaustausch zwischen Halle und Eis ist in der Regel die Hauptursache für den Energieverbrauch, aber aufgrund der fehlenden Beheizung der Halle (siehe Kap. 2.3) ist dies für die ENNI Eiswelt nicht von großer Bedeutung. Es liegt der Fokus bei der Beheizung der Halle durch die Lüftungsanlage mehr auf den Schutz der Tragkonstruktion vor Tauwasserbildung.

Die Verteilung der Wärmeströme in das Eis ist nach der o.g. Studie wie folgt aufgeteilt:

- 44% Konvektion
- 19% Strahlung
- 16% Reifbildung
- 13% Eispflege
- 8% Beleuchtung und Bodenwärmeleitung

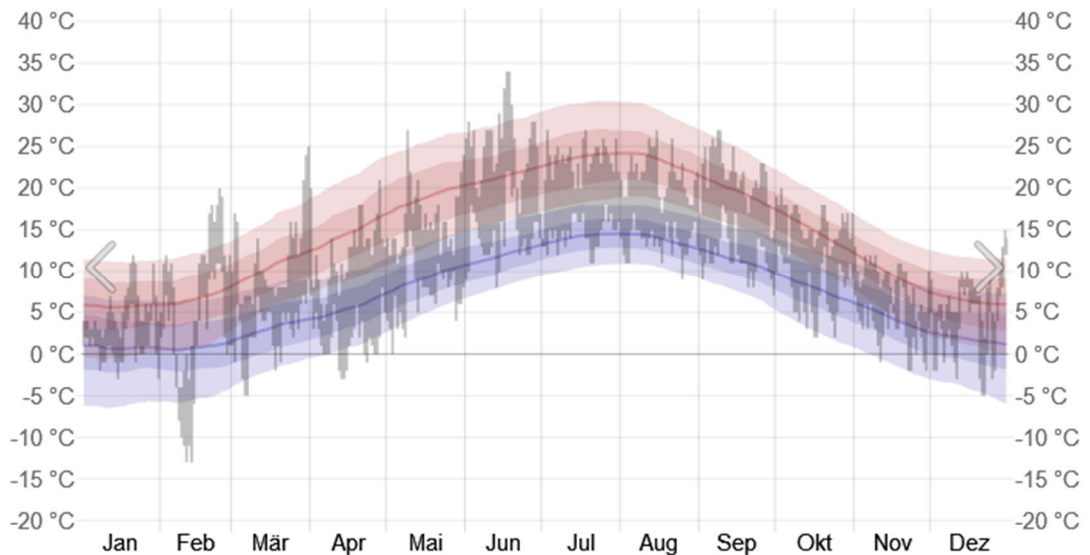
Der Betrieb der Lüftungsanlage sieht nach der Planung den Eintrag von Zuluft mit einer Temperatur von 45° vor. Die Regelung der Anlage erfolgt über zwei Stufen. Die Auslegung der gesamten Anlage berücksichtigt eine maximale Hallenbelegung von ca. 800 Personen. Im Betrieb wird je nach Nutzung zwischen den Stufen geregelt. Diese Regelung birgt ein Einsparpotenzial, da moderne Anlage heute über den benötigten Bedarf über Sensoren stufenlos über Frequenzumformer geregelt werden.

Ein großes Einsparpotenzial liegen im Bereich der Gebäudehülle. Im jetzigen Betrieb entstehen hohe Verluste über das Dach, die Fenster und einen Teil der Außenwand. Denkbar wäre die Sanierung der Dachfläche unter Berücksichtigung der Mindestanforderung aus dem BEG-Förderprogramm der BAFA. Zudem könnten der Lichteinfall durch die nicht effizienten Fenster durch den Wegfall der Fenster vermieden werden, wodurch die Qualität der Gebäudehülle nochmal verbessert werden könnte. Die provisorisch verschlossenen Teile der Außenwand sollten in diesem Zuge mit saniert werden.

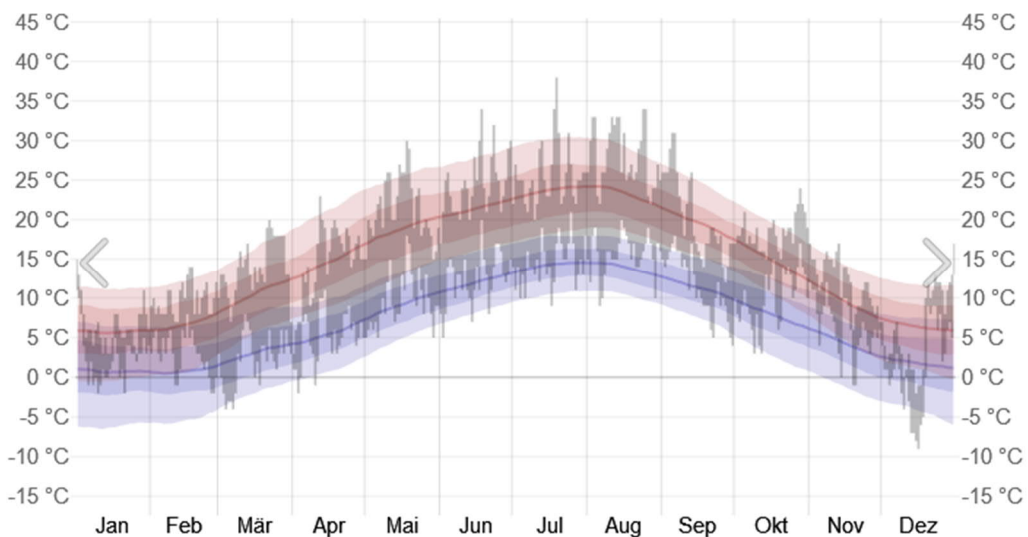
Nach einer Dachsanierung könnte eine Photovoltaikanlage auf das Dach der ENNI Eiswelt montiert werden. Hier muss der steuerliche Verbund durch das BHKW im Freizeitbad Solimare berücksichtigt werden.

Energiebericht ENNI Eiswelt

Um die bereits getroffenen Maßnahmen im laufenden Betrieb der ENNI Eiswelt zu bewerten und die Energieverbräuche der Eiswelt aus der Saison 2021/22 und 2022/23 zu vergleichen, muss u.a. die Außentemperatur berücksichtigt werden, weil die Verbräuche der Kälte- und Lüftungsanlagen massiv von dieser abhängig sind. Die Außentemperaturen der Jahre 2021 und 2022 wurden nachfolgend miteinander verglichen.



Temperaturverlauf 2021 (Quelle: www.timeanddate.de)



Temperaturverlauf 2022 (Quelle: www.timeanddate.de)

Tiefst- und Höchstwerte im September 2021

	Temperatur	Luftfeuchte	Druck
Höchst	27 °C (8. Sep, 14:20)	100% (2. Sep, 00:20)	1031 hPa (2. Sep, 00:20)
Tiefst	7 °C (30. Sep, 03:50)	34% (6. Sep, 17:20)	1009 hPa (15. Sep, 07:20)
Durchschnitt	17 °C	80%	1019 hPa

Tiefst- und Höchstwerte im Oktober 2021

	Temperatur	Luftfeuchte	Druck
Höchst	20 °C (3. Okt, 14:50)	100% (3. Okt, 17:50)	1031 hPa (3. Okt, 17:50)
Tiefst	2 °C (16. Okt, 04:50)	49% (1. Okt, 16:20)	988 hPa (21. Okt, 07:50)
Durchschnitt	12 °C	83%	1017 hPa

Tiefst- und Höchstwerte im November 2021

	Temperatur	Luftfeuchte	Druck
Höchst	13 °C (1. Nov, 12:20)	100% (2. Nov, 18:20)	1031 hPa (2. Nov, 18:20)
Tiefst	-2 °C (22. Nov, 22:50)	58% (9. Nov, 12:50)	984 hPa (26. Nov, 22:50)
Durchschnitt	6 °C	89%	1016 hPa

Tiefst- und Höchstwerte im September 2022

	Temperatur	Luftfeuchte	Druck
Höchst	31 °C (5. Sep, 16:20)	100% (7. Sep, 02:50)	1027 hPa (7. Sep, 02:50)
Tiefst	4 °C (30. Sep, 04:20)	22% (6. Sep, 17:50)	995 hPa (26. Sep, 23:20)
Durchschnitt	16 °C	73%	1013 hPa

Tiefst- und Höchstwerte im Oktober 2022

	Temperatur	Luftfeuchte	Druck
Höchst	24 °C (28. Okt, 14:20)	100% (2. Okt, 06:20)	1030 hPa (2. Okt, 06:20)
Tiefst	3 °C (9. Okt, 05:20)	45% (9. Okt, 16:20)	1002 hPa (1. Okt, 06:20)
Durchschnitt	14 °C	81%	1018 hPa

Tiefst- und Höchstwerte im November 2022

	Temperatur	Luftfeuchte	Druck
Höchst	17 °C (1. Nov, 00:20)	100% (5. Nov, 01:50)	1032 hPa (5. Nov, 01:50)
Tiefst	-1 °C (19. Nov, 23:20)	45% (13. Nov, 11:50)	987 hPa (17. Nov, 05:20)
Durchschnitt	9 °C	81%	1012 hPa

Tiefst- und Höchstwerte Temperatur (Quelle: www.timeanddate.de)

Das monatlichen Durchschnittstemperaturen im Jahr 2022 waren im Vergleich zum Jahr 2021 höher, was auf einen höheren Stromverbrauch für die Kälteerzeugung schließen lässt. Des Weiteren ist zu erkennen, dass in den Monaten September und Oktober die Außentemperatur noch sehr hoch sind.

3. Maßnahmenkonzept

Maßnahmen zur Energieeinsparung sind für die Eiswelt über ein breites Spektrum der Energienutzung möglich. Die nachfolgenden Maßnahmen lassen sich daher in der Reihenfolge nach von organisatorischen, über gering investiven bis zu investiven Maßnahmen einstufen.

3.1. Maßnahmenvorschläge

3.2.1. Bisher durchgeführte Maßnahmen - Verkürzung der Eislaufsaison, Eisdicke und Reduzierung der Zulufttempertur der Lüftungsanlage

Diese Maßnahme wurde bereits in der laufenden Saison 22/23 durchgeführt und muss nach Abschluss der Eislaufsaison abschließend bewertet werden. Es zeigt sich jedoch jetzt schon, dass die getroffenen Maßnahmen ein großes Einsparpotenzial erzielen.

Strom			Wärme		
Zeitraum	Eishalle		Zeitraum	Eishalle	
2019	769.785		2018	1.093	
2020	710.996		2019	1.198	
2021	596.096		2020	1.129	
Januar	10.536		2021	862	
Februar	10.241		Januar	64	
März	11.419		Februar	61	
April	5.063		März	67	
Mai	7.424		April	26	
Juni	6.831		Mai	20	
Juli	13.015		Juni	10	
August	8.238		Juli	9	
September	149.888		August	22	
Oktober	135.733		September	105	
November	115.551		Oktober	153	
Dezember	122.156		November	172	
2022	583.398		Dezember	152	
Januar	116.220		2022	822	
Februar	106.329		Januar	183	
März	118.146		Februar	154	
April	11.547		März	181	
Mai	10.381		April	23	
Juni	9.661		Mai	18	
Juli	9.577		Juni	9	
August	9.795		Juli	9	
September	3.935	-97%	August	9	
Oktober	5.430	-96%	September	14	-87%
November	75.828	-34%	Oktober	15	-90%
Dezember	106.548	-13%	November	97	-43%
2023			Dezember	111	-27%
Januar	113.955	-2%	2023		
			Januar	113	-38%
Einsparung bisher	-335.733	-48%	Einsparung bisher	-429 MWh	-57%

Die o.g. Darstellung zeigt die erfassten Stromverbräuche der Jahre 2021 und 2022.

Es ist deutlich zu erkennen, dass durch die Verkürzung der Eislaufsaison um die Monate September und Oktober große Energieeinsparungen erzielt werden.

Die geringere Eisdicke reduziert zusätzlich den Stromverbrauch für die Kälteerzeugung. Durch die Senkung der Zuluft Temperatur von 45°C auf nunmehr 15°C wurde der Wärmeverbrauch deutlich gesenkt.

Durch die getroffenen organisatorischen Maßnahmen wurden in den bis jetzt betrachteten Monaten September 22 – Januar 23 bereits 333.852 kWh an Strom eingespart, was unter den alten Strompreiskonditionen von ca. 15,8 cent/kWh ca. 54.000 € ausmacht. Die Einsparung beim Wärmeverbrauch liegen bei ca. 350 MWh, was unter Berücksichtigung der aktuellen Wärmekonditionen von ca. 6,5 cent/ kWh ca. 23.000 €/Jahr entspricht.

Diese Einsparung stehen die entgangenen Einnahmen der Monate September und Oktober gegenüber, die ins Verhältnis zu den Einsparungen gebracht werden müssen.

Aus energetischer Sicht sind die bisher getroffenen Maßnahmen sinnvoll.

3.2.2. Lüftungskonzept:

Die Auslegung der vorhandenen Lüftungsanlage berücksichtigt den notwendigen Luftwechsel bei einer Belegung der Eishalle mit ca. 800 Personen. Die Regelung ist momentan nur 2-stufig ausgelegt. Die Umschaltung zwischen den Stufen erfolgt je nach Belegung der Eishalle händisch oder nach Zeitprogramm.

Der Einbau einer Frequenz-Umrichter-Regelung (FU), die die Frequenz und Spannung der Ventilatoren in der Lüftungsanlage variiert und somit die Zuluftmenge der Lüftungsanlage an den tatsächlichen Bedarf anpasst, führt zu einer deutlichen Reduzierung der Leistungsaufnahme der Ventilatoren und somit zu einer Energieeinsparung. Über sogenannte CO₂- Sensoren kann der tatsächlich Lüftungsbedarf ermittelt und die Leistung der Ventilatoren im Betrieb angepasst werden.

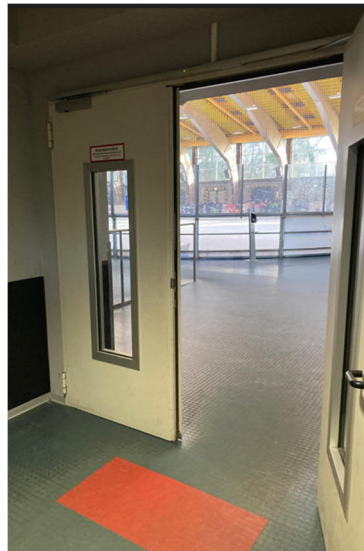
3.2.3. Optimierung der Wärmeverteilung:

Im Wesentlichen handelt es sich bei einer Optimierung der Wärmeverteilung um den hydraulischen Abgleich um die Berechnung der erforderlichen Heizleistung und die entsprechende Einstellung an den Wärmeverbrauchern. Für jeden Verbraucher wird die Heizlast berechnet. Dies geschieht anhand vieler Faktoren und Daten, z.B. die Entfernung zur Heizungspumpe oder der Aufbau des Rohrnetzes. Sinnvoll und erforderlich ist dies, da unregulierte Heizungsanlagen häufig nicht über einen einheitlichen Druck verfügen. Zudem wird die Vorlauftemperatur nach dem Abgleich für die einzelnen Heizkreise angepasst und gesenkt.

3.2.4. Warmluftschleuse zwischen Eingangsbereich und Eishalle:

Während der Ortsbegehung wurde ein Wärmeeintrag in die Eishalle bzw. Wärmeverluste im Eingangsbereich durch eine ständig geöffnete Türe festgestellt.

Eine Wärmeschleuse würde hier der Abschirmung warmer Raumluft gegen kalte Eishallenluft dienen. Hier wäre die Montage eine Torschleieranlage, einer Drehtür oder eines Windfangs zu untersuchen.



Offene Tür zur Eishalle

3.2.5. Gebäudehülle:

Zur Sanierung der Gebäudehülle wurde eine förderfähige Dachdämmung, Sanierung der Fenster und Außenwände untersucht.

Dachsanierung

In dieser Variante wird der Austausch der vorhandenen Dacheindeckung durch Sandwichpanelle 10 cm PUR/PIR-Hartschaum mit gasdiffusionsdichter Schicht (DIN 13165 - WLG 024), Leitf.: 0,024 W/(m K) betrachtet.

Nachfolgend steht eine U-Wert-Übersicht der sanierten, einzelnen Bauteile im modernisierten Zustand.

Energiebericht ENNI Eiswelt

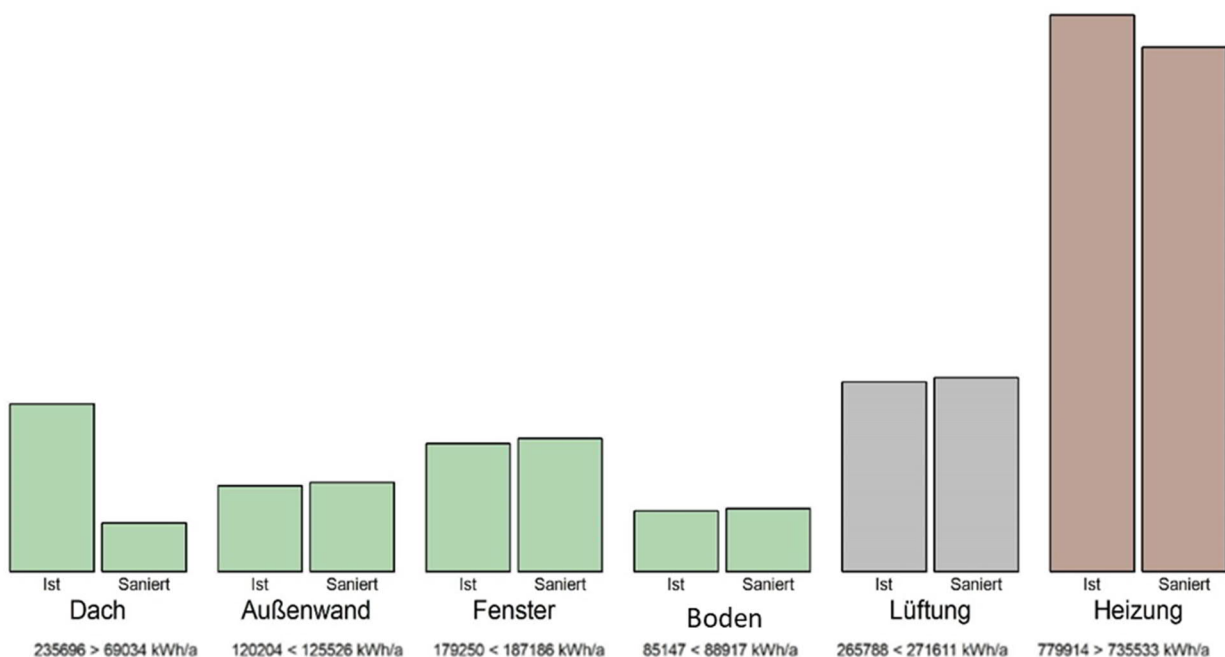
Bauteil	U-Wert in W/m ² K	U _{max} GEG* in W/m ² K	U _{max} KfW** in W/m ² K
Hallendach - Ost-2 - 10 cm PUR/PIR-Hartschaum mit gasdiffusionsdichter Schicht (DIN 13165 - WLG 024), Leitf.: 0,024 W/(m K)	0,19	0,20	0,14
Hallendach - West-2 - 10 cm PUR/PIR-Hartschaum mit gasdiffusionsdichter Schicht (DIN 13165 - WLG 024), Leitf.: 0,024 W/(m K)	0,19	0,20	0,14

*) Als U-Wert (früher k-Wert) wird der Wärmedurchgangskoeffizient eines Bauteils bezeichnet. Bei Änderungen von Bauteilen an bestehenden Gebäuden muss der von der GEG vorgegebene maximale U-Wert eingehalten werden. Die angegebenen Maximalwerte gelten für Dämmungen auf der kalten Außenseite. Ist die Dämmschichtdicke aus technischen Gründen begrenzt, so ist die höchstmögliche Dämmschichtdicke (bei einem Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit von $\lambda = 0,035$ W/(mK)) einzubauen. Soweit Dämm-Materialien in Hohlräume eingeblasen oder Dämm-Materialien aus nachwachsenden Rohstoffen verwendet werden, ist ein Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit von $\lambda = 0,045$ W/(mK) einzuhalten. Ist die Glasdicke aus technischen Gründen begrenzt, so gilt für die Verglasung der Maximalwert von 1,30 W/m²K.

**) Die Mindestanforderungen an U-Werte für KfW-Förderungen gelten nicht für KfW-Effizienzhäuser, sondern für die KfW-Förderung von Einzelmaßnahmen. Die Anforderungen Stand 04/2016 können jederzeit aktualisiert werden.

Nach Umsetzung der in dieser Variante vorgeschlagenen Maßnahmen reduziert sich der Endenergiebedarf Ihres Gebäudes um 14 %.

Den Einfluss auf die Wärmeverluste über die einzelnen Bauteile und die Heizungsanlage zeigt das folgende Diagramm.

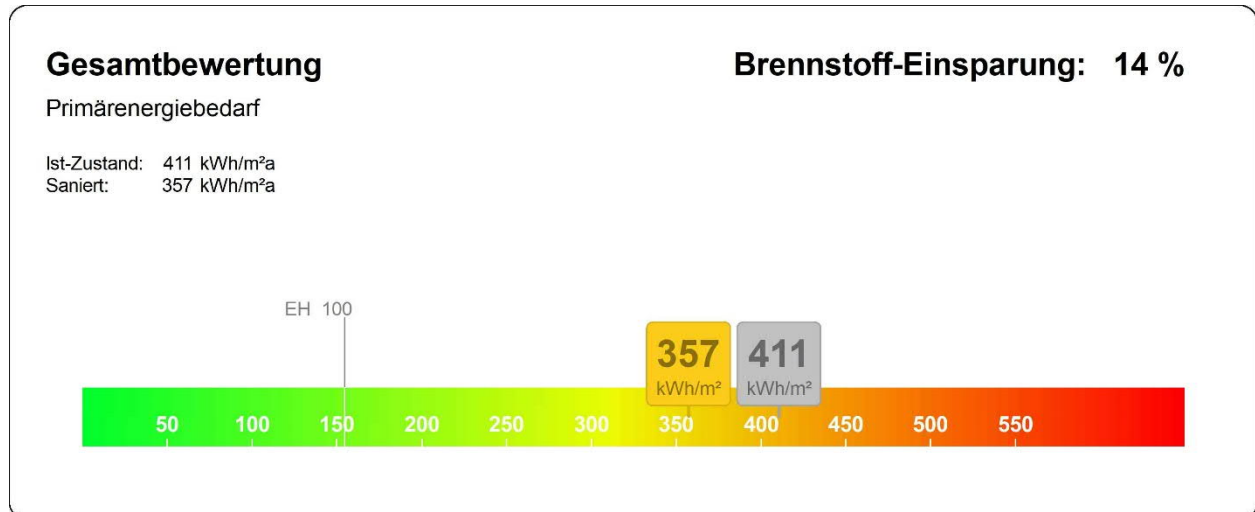


Der derzeitige Endenergiebedarf von 1.782.641 kWh/Jahr reduziert sich auf 1.524.601 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 258.040 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Energiebericht ENNI Eiswelt

Die CO₂-Emissionen werden um 104.275 kg CO₂/Jahr reduziert. Dies wirkt sich positiv auf den Treibhauseffekt aus und hilft, unser Klima zu schützen.

Durch die Modernisierungsmaßnahmen dieser Variante sinkt der Primärenergiebedarf des Gebäudes auf 357 kWh/m² pro Jahr.



Dach- und Fenstersanierung

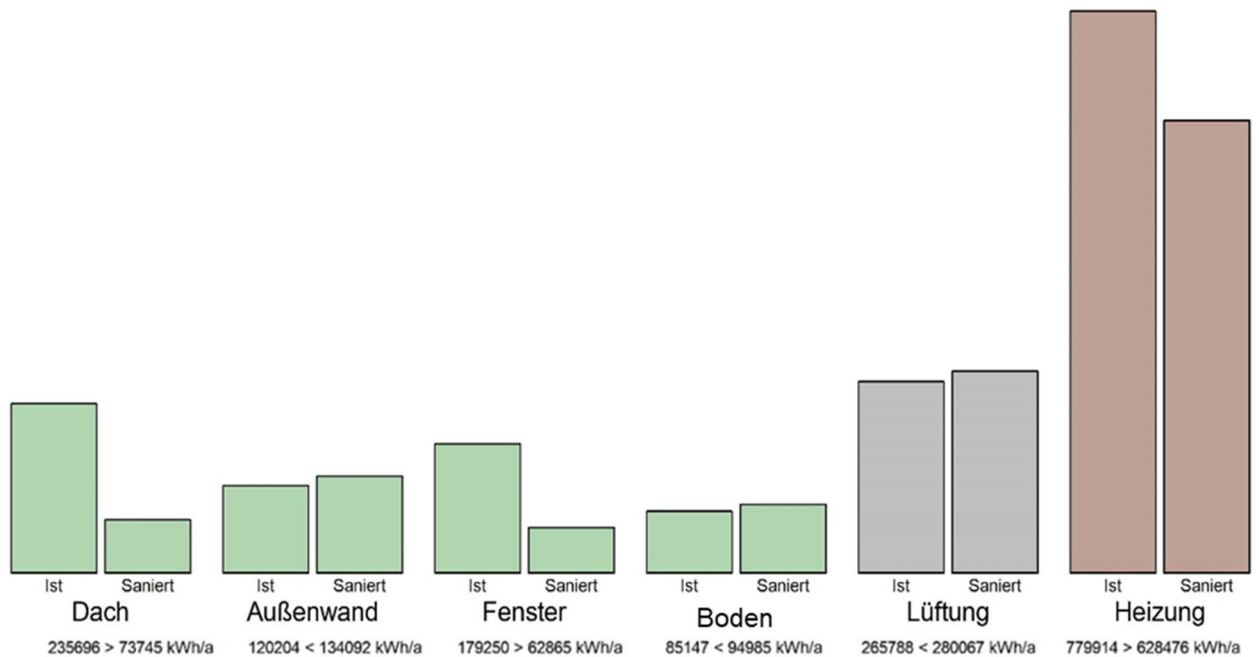
In dieser Variante wird die Sanierung des Daches und der Fensteraustausch in der Eishalle betrachtet.

Nachfolgend steht eine U-Wert-Übersicht der einzelnen Bauteile im modernisierten Zustand.

Bauteil	U-Wert in W/m ² K	U _{max} GEG* in W/m ² K	U _{max} KfW** in W/m ² K
Lichtband - Ost - 3-Scheiben-Wärmeschutzverglasung 3/0,8/0,8	0,24	1,4	0,95
Lichtband - West - 3-Scheiben-Wärmeschutzverglasung 3/0,8/0,8	0,24	1,4	0,95
Hallendach - Ost-2 - 10 cm PUR/PIR-Hartschaum mit gasdiffusionsdichter Schicht (DIN 13165 - WLG 024), Leitf.: 0,024 W/(m K)	0,19	0,20	0,14
Hallendach - West-2 - 10 cm PUR/PIR-Hartschaum mit gasdiffusionsdichter Schicht (DIN 13165 - WLG 024), Leitf.: 0,024 W/(m K)	0,19	0,20	0,14

Nach Umsetzung der in dieser Variante vorgeschlagenen Maßnahmen reduziert sich der Endenergiebedarf Ihres Gebäudes um 25 %.

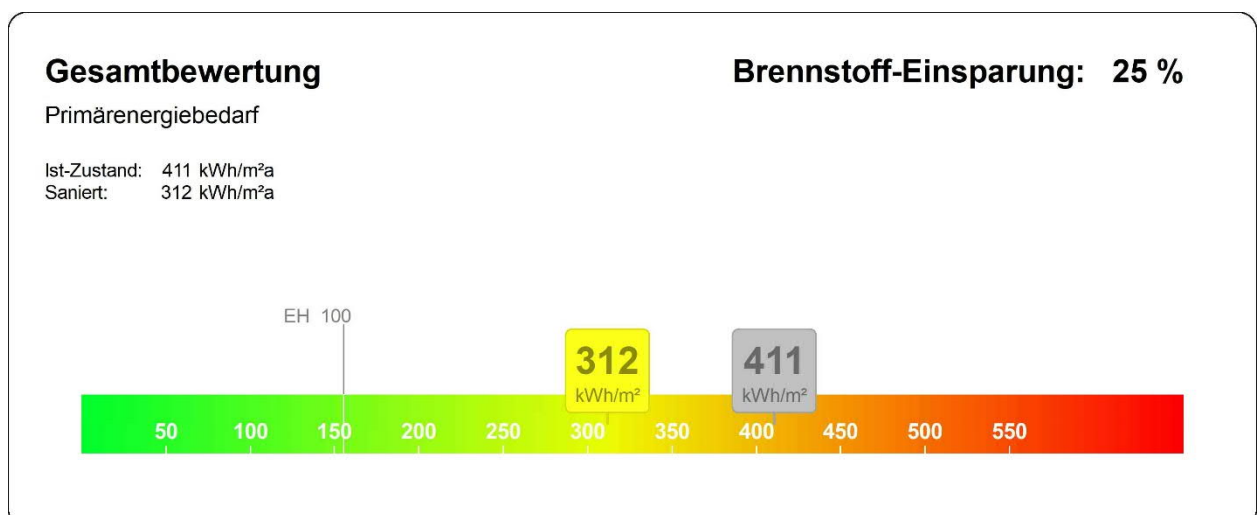
Den Einfluss auf die Wärmeverluste über die einzelnen Bauteile und die Heizungsanlage zeigt das folgende Diagramm



Der derzeitige Endenergiebedarf von 1.782.641 kWh/Jahr reduziert sich auf 1.338.611 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 444.031 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO₂-Emissionen werden um 194.060 kg CO₂/Jahr reduziert. Dies wirkt sich positiv auf den Treibhauseffekt aus und hilft, unser Klima zu schützen.

Durch die Modernisierungsmaßnahmen dieser Variante sinkt der Primärenergiebedarf des Gebäudes auf 312 kWh/m² pro Jahr.



3.4.5. Photovoltaikanlage:

Die Dachfläche der ENNI Eiswelt bieten ein großes Potenzial für die Montage einer Photovoltaikanlage. Allerdings wurde in der Vergangenheit das Dach der Eiswelt bewertet und in der vorhandenen Ausführung statisch als nicht geeignet eingestuft.



Der Bau einer Photovoltaikanlage könnte im Zuge einer Dachsanierung berücksichtigt werden, denn die vorhandene Dachfläche würde die Montage einer Photovoltaikanlage mit einer Leistung von ca. 180 kWp ermöglichen. Mit den Erträgen aus den PV-Anlagen können im Winter (Stromertrag ca. 20% der installierten Leistung) ein Teil des Energieverbrauchs der Eiswelt gedeckt werden.

Allerdings muss hier die vorhandene Versorgungsstruktur der ENNI Eiswelt berücksichtigt werden. Daher ist momentan aus wirtschaftlicher Sicht nur die Volleinspeisung mit einer Vergütung von 10,90 cent/ kWh des erzeugten Photovoltaik-Stroms zu empfehlen.

Einbau einer Klimamembran / Erneuerung der Beleuchtung



Zur Energieeinsparung und zum Schutz der Holzkonstruktion kann die Eishalle mit einer Klimamembran versehen werden. Die mit einer LowE-Beschichtung ausgestattete Membrane reflektiert die von der Eisfläche abgestrahlte Kälte und minimiert somit den Energiebedarf deutlich.

Des Weiteren wird die Akustik sowie das Nachhallverhalten durch die abgehängte Decke deutlich verbessert und erhöht somit das Wohlbefinden der Gäste der Eislaufhalle. Das Membranmaterial hat eine lange Lebensdauer und hat zudem sehr gute Brandschutzeigenschaften.

Im Zuge der Montage einer Klimamembran ist zusätzlich ein neues Beleuchtungskonzept für die Eishalle zu empfehlen. Sollte zudem der Fensteranteil in der Eiswelt reduziert werden oder die Fenster komplett entfallen, ist ein Beleuchtungskonzept zur Erzeugung einer behaglichen Atmosphäre notwendig.

Die Anschaffung einer Klimamembran ist mit den zu erzielenden Energieeinsparung nicht zu refinanzieren. Eine Umsetzung der Maßnahme wäre im Rahmen einer größeren Sanierung der Eiswelt vorstellbar, da mit dem Einsatz einer Klimamembrane das Lüftungs-, Beleuchtungs- und Kältekonzept angepasst werden sollte.

Erneuerung der Kälteerzeugung - CO₂- Kälteanlage – Abwärmenutzung auf hohem Temperaturniveau

Transkritische CO₂- Kälteanlage und die Wahl von Kohlendioxid als Kältemittel haben mehrere Vorteile. Zum einen ist das natürliche Kältemittel CO₂ im Gegensatz zu Ammoniak nicht reizend, falls eine Leckage auftreten sollte, zum anderen erzeugt eine transkritische Anlage zeitgleich Kälte und Wärme auf einem für Heizzwecke und für die Warmwasserbereitung ausreichenden Temperaturniveau. Die nachfolgende Darstellung zeigt eine Übersicht von verschiedenen Kälteanlagenvarianten:

Übersicht der verschiedenen Kälteanlagenvarianten

Kriterium	Glykolsystem	Ammoniak	CO ₂	Ammoniak / CO ₂
Eisqualität				
Energieeffizienz				
Sicherheit				
Investitionskosten				

	mangelhaft
	befriedigend
	gut

Unter Berücksichtigung der gesetzlichen Auflagen für den Betrieb einer Ammoniak- Kälteanlage und den zutreffenden Sicherheitsmaßnahmen erscheint der Betrieb eine CO₂- Kälteanlage sinnvoll. Da die vorhandene Kälteanlage noch über eine technisch nutzbare Nutzungsdauer verfügt, erscheint die Umstellung der Kältetechnik erst bei einer erneuten groß angelegten Sanierung der ENNI Eiswelt sinnvoll. Die Refinanzierung über die zu erzielenden Energieeinsparung rechtfertigen nicht die Erneuerung der Kälteanlage.

3.2. Ermittlung der Investitions- und Vollkosten über die Abschreibungszeit (Energiekosten der Saison 2021/2022)

Nr.	Investition / Geplante Maßnahmen	Priorität	Gesamt- bewertung	Technische Umsetzbarkeit	Bewertung Amortisation	Bewertung Rehabilität	Termine	Investitions- summe mit Förderung	Förder- summe	Investitions- summe	laufende Kosten	Technische Nutzung	Ein- sparung	Energie- träger	CO ₂ -Ersparnis	Spez. Energiekosten	Einsparung	Statische Amortisation	Dyn. Amortisation	Kapitalwert	Annuität	Interner Zinsfuß	Annahmen für Berechnung
		1 (hoch) 2 (mittel) 3 (niedrig)	100% A/B/C	40% A/B/C	40% A/B/C	20% A/B/C		[Euro]	[Euro]	[Euro]	[Euro / Jahr]	[Jahre]	[kWh / Jahr]	Art	[t / Jahr]	[Cent / kWh]	[Euro / Jahr]	[Jahre]	[Jahre]	[Euro]	[Euro / Jahr]	[%]	
ENNI Eiswelt																							
1	Organisatorische Maßnahme: Änderung von Abläufen im Betrieb (Eisdicke, Saisonverkürzung)	1	A	B	A	A	bereits umgesetzt	3.250	0	3.250	0	15	334.000	Strom	193,7	15,67	52.331	0,1	0,1	539.929	52.018	1610,2%	Es wurde die Eislaufsaison um zwei Monate verkürzt und erst im November mit dem Eisaufbau begonnen. Im Unterschied zu den vorherigen Saisons wurde die Eislaufdicke von 4,5 auf 3 cm reduziert.
2	Organisatorische Maßnahme: Änderung von Abläufen im Betrieb (Saisonverkürzung, Senkung der Zulufttemperatur)	1	A	B	A	A	bereits umgesetzt	3.250	0	3.250	0	15	350.000	Fernwärme	106,1	6,58	23.027	0,1	0,1	235.757	22.713	708,5%	Im laufenden Betrieb wurde die Zulufttemperatur der Lüftungsanlage (geplant 45°C) bis auf 15°C abgesenkt. Es kam zu keiner nennenswerten Tauwasserbildung.
3	Gering investive Maßnahme: Einbau von Frequenzumformern	2	C	B	C	C	Kurzfristige Umsetzung empfohlen	42.500	7.500	50.000	0	15	28.000	Strom	16,2	15,67	4.387	9,7	13,6	3.036	292	6,0%	Durch die bedarfsgerechte Anpassung der Zulufmengen kann die Leistungsaufnahme der Ventilatoren reduziert werden.
4	Gering investive Maßnahme: Einbau einer Wärmeschleuse	2	B	B	C	B	Kurzfristige Umsetzung empfohlen	21.250	3.750	25.000	500	33	40.000	Fernwärme	12,1	6,58	2.632	8,1	10,6	20.862	1.304	12,0%	Der Einbau einer Wärmeschleuse minimiert den Wärmeverlust zwischen Eingangsbereich und Eishalle.
5	Gering investive Maßnahme: Hydraulischer Abgleich / Optimierung der Heizkreisregelungen	2	B	B	B	B	Kurzfristige Umsetzung empfohlen	12.750	2.250	15.000	0	15	41.000	Fernwärme	12,4	6,58	2.697	4,7	5,5	15.248	1.469	19,7%	Der hydraulische Abgleich minimiert die Heiztemperaturen und die umgewälzten
6	Investive Maßnahme: Sanierung der Gebäudehülle (Dachsanierung)	2	C	B	C	C	kein Termin	521.659	92.057	613.716	0	33	258.000	Fernwärme	78,2	6,58	16.974	30,7	keine Amortisation	-250.034	-15.625	-0,2%	Erneuerung des Dachaufbaus nach den Mindestvorgaben aus dem Förderprogramm BEG
7	Investive Maßnahme: Sanierung der Gebäudehülle (Dach- und Außenwandsanierung, Ersatz der Türen, Entfall der Fenster)	2	C	B	C	C	Kurzfristige Umsetzung empfohlen	734.031	129.535	863.566	0	33	444.031	Fernwärme	134,5	15,68	69.624	10,5	15,4	380.131	23.754	8,7%	Erneuerung des Dach- und Wandaufbaus nach den Mindestvorgaben aus dem Förderprogramm BEG
8	Investive Maßnahme: Stromerzeugungsanlage	3	C	B	C	C	Umsetzung empfohlen	252.000	0	252.000	1.500	33	181.800	Strom	105,4	10,90	19.816	12,7	20,7	65.110	4.069	6,8%	Installation einer Photovoltaikanlage 180kWp auf dem Dach der ENNI Eiswelt
9	Investive Maßnahme: Klimamembrane, Beleuchtung	3	C	B	C	C	kein Termin	390.847	68.973	459.820	0	15	90.000	Fernwärme	27,3	6,58	5.921	66,0	keine Amortisation	-329.388	-31.734	-14,6%	Einbau einer Klimamembran zur Energieeinsparung und zum Schutz der Dachkonstruktion
10	Investive Maßnahme: Erneuerung der Kälteanlage	3	C	B	C	C	kein Termin	1.020.000	180.000	1.200.000	0	15	225.000	Strom	130,5	15,67	35.253	28,9	keine Amortisation	-654.086	-63.016	-7,3%	Erneuerung der vorhandenen NH3- Kälteanlage durch eine transkritische CO ₂ - Kälteanlage

Die Maßnahmen wurden anhand von Annahmen und Hochrechnungen berechnet. Die Investitionskosten wurden auf Grundlage eines Kostenrahmens ermittelt.

3.3. Entwicklung von Amortisations-Szenarien unter Berücksichtigung unterschiedlicher Energiekostenansätze (2026)

Nr.	Investition / Geplante Maßnahmen	Priorität 1 (hoch) 2 (mittel) 3 (niedrig)	Gesamt- bewertung	Technische Umsetzbarkeit	Bewertung Amortisation	Bewertung Rentabilität	Termine	Investitions- summe mit Förderung	Förder- summe	Investitions- summe	laufende Kosten	Technische Nutzung	Ein- sparung	Energie- träger	CO ₂ -Ersparnis	Spez. Energiekosten 2026	Einsparung	Statische Amortisation	Dyn. Amortisation	Kapitalwert	Annuität	Interner Zinsfuß
			100%	40%	40%	20%		[Euro]	[Euro]	[Euro]	[Euro / Jahr]	[Jahre]	[kWh / Jahr]	Art	[t / Jahr]	[Cent / kWh]	[Euro / Jahr]	[Jahre]	[Jahre]	[Euro]	[Euro / Jahr]	[%]
			A/B/C	A/B/C	A/B/C	A/B/C																
ENNI Eiswelt																						
1	Organisatorische Maßnahme: Änderung von Abläufen im Betrieb (Eisdicke, Saisonverkürzung)	1	A	B	A	A	bereits umgesetzt	3.250	0	3.250	0	15	334.000	Strom	193,7	32,00	106.880	0,0	0,0	1.106.128	106.567	3288,6%
2	Organisatorische Maßnahme: Änderung von Abläufen im Betrieb (Saisonverkürzung, Senkung der Zulufttemperatur)	1	A	B	A	A	bereits umgesetzt	3.250	0	3.250	0	15	350.000	Fernwärme	106,1	13,50	47.250	0,1	0,1	487.189	46.937	1453,8%
3	Gering investive Maßnahme: Einbau von Frequenzumformern	2	B	B	B	B	Kurzfristige Umsetzung empfohlen	42.500	7.500	50.000	0	15	28.000	Strom	16,2	32,00	8.960	4,7	5,5	50.502	4.865	19,7%
4	Gering investive Maßnahme: Einbau einer Wärmeschleuse	2	B	B	B	B	Kurzfristige Umsetzung empfohlen	21.250	3.750	25.000	500	33	40.000	Fernwärme	12,1	13,50	5.400	3,9	4,5	65.164	4.072	25,4%
5	Gering investive Maßnahme: Hydraulischer Abgleich / Optimierung der Heizkreisregelungen	2	A	B	A	A	Kurzfristige Umsetzung empfohlen	12.750	2.250	15.000	0	15	41.000	Fernwärme	12,4	13,50	5.535	2,3	2,5	44.701	4.307	43,2%
6	Investive Maßnahme: Sanierung der Gebäudehülle (Dachsanierung)	3	C	B	C	C	kein Termin	521.659	92.057	613.716	0	33	258.000	Fernwärme	78,2	13,50	34.830	15,0	28,3	35.710	2.232	5,2%
7	Investive Maßnahme: Sanierung der Gebäudehülle (Dach- und Außenwandsanierung, Ersatz der Türen, Entfall der Fenster)	2	B	B	B	B	Kurzfristige Umsetzung empfohlen	734.031	129.535	863.566	0	33	444.031	Fernwärme	134,5	32,00	142.090	5,2	6,1	1.539.770	96.220	19,3%
8	Investive Maßnahme: Stromerzeugungsanlage	2	C	B	C	C	Umsetzung empfohlen	252.000	0	252.000	1.500	33	169.000	Strom	98,0	10,90	18.421	13,7	23,6	42.783	2.674	6,1%
9	Investive Maßnahme: Klimamembrane, Beleuchtung	3	C	B	C	C	kein Termin	390.847	68.973	459.820	0	15	90.000	Strom	52,2	32,00	28.800	13,6	23,3	-91.913	-8.855	1,3%
10	Investive Maßnahme: Erneuerung der Kälteanlage	3	C	B	C	C	kein Termin	1.020.000	180.000	1.200.000	0	15	225.000	Strom	130,5	32,00	72.000	14,2	25,3	-272.665	-26.269	0,7%

Die Maßnahmen wurden anhand von Annahmen und Hochrechnungen berechnet. Die Investitionskosten wurden auf Grundlage eines Kostenrahmens ermittelt.

3.4. Entwicklung von Amortisations-Szenarien unter Berücksichtigung unterschiedlicher Energiekostenansätze (2034)

Nr.	Investition / Geplante Maßnahmen	Priorität 1 (hoch) 2 (mittel) 3 (niedrig)	Gesamt-	Technische	Bewertung	Bewertung	Termine	Investitions-	Förder-	Investitions-	laufende	Technische	Ein-	Energie-	CO ₂ -Ersparnis	Spez.	Einsparung	Statische	Dyn.	Kapitalwert	Annuität	Interner Zinsfuß								
			bewertung	Umsetzbarkeit	Amortisation	Rehabilität																	summe mit	summe	summe	Kosten	Nutzung	spargung	Amortisation	Amortisation
			100%	40%	40%	20%																	Förderung		[Euro]	[Euro]	[Euro]	[Euro / Jahr]	[Jahre]	[kWh / Jahr]
ENNI Eiswelt																														
1	Organisatorische Maßnahme: Änderung von Abläufen im Betrieb (Eisdicke, Saisonverkürzung)	1	A	B	A	A	bereits umgesetzt	3.250	0	3.250	0	15	334.000	Strom	193,7	23,81	79.524	0,0	0,0	822.180	79.211	2446,9%								
2	Organisatorische Maßnahme: Änderung von Abläufen im Betrieb (Saisonverkürzung, Senkung der Zulufttemperatur)	1	A	B	A	A	bereits umgesetzt	3.250	0	3.250	0	15	350.000	Fernwärme	106,1	10,00	35.000	0,1	0,1	360.038	34.687	1076,9%								
3	Gering investive Maßnahme: Einbau von Frequenzumformern	2	B	B	C	B	Kurzfristige Umsetzung empfohlen	42.500	7.500	50.000	0	15	28.000	Strom	16,2	23,81	6.667	6,4	7,9	26.699	2.572	13,3%								
4	Gering investive Maßnahme: Einbau einer Wärmeschleuse	2	B	B	B	B	Kurzfristige Umsetzung empfohlen	21.250	3.750	25.000	500	33	40.000	Fernwärme	12,1	10,00	4.000	5,3	6,3	42.760	2.672	18,7%								
5	Gering investive Maßnahme: Hydraulischer Abgleich / Optimierung der Heizkreisregelungen	2	B	B	B	A	Kurzfristige Umsetzung empfohlen	12.750	2.250	15.000	0	15	41.000	Fernwärme	12,4	10,00	4.100	3,1	3,5	29.807	2.872	31,6%								
6	Investive Maßnahme: Sanierung der Gebäudehülle (Dachsanieierung)	3	C	B	C	C	Umsetzung nicht empfohlen	521.659	92.057	613.716	0	33	258.000	Fernwärme	78,2	10,00	25.800	20,2	keine Amortisation	-108.793	-6.798	2,8%								
7	Investive Maßnahme: Sanierung der Gebäudehülle (Dach- und Außenwandsanierung, Ersatz der Türen, Entfall der Fenster)	2	B	B	C	B	Kurzfristige Umsetzung empfohlen	734.031	129.535	863.566	0	33	444.031	Fernwärme	134,5	23,81	105.724	6,9	8,7	957.819	59.854	14,1%								
8	Investive Maßnahme: Stromerzeugungsanlage	2	C	B	C	C	Umsetzung empfohlen	252.000	0	252.000	1.500	33	181.800	Strom	105,4	10,90	19.816	12,7	20,7	65.110	4.069	6,8%								
9	Investive Maßnahme: Klimamembrane, Beleuchtung	3	C	B	C	C	kein Termin	390.847	68.973	459.820	0	15	90.000	Strom	52,2	23,81	21.429	18,2	49,8	-168.421	-16.226	-2,4%								
10	Investive Maßnahme: Erneuerung der Kälteanlage	3	C	B	C	C	kein Termin	1.020.000	180.000	1.200.000	0	15	225.000	Strom	130,5	23,81	53.573	19,0	62,2	-463.936	-44.697	-2,8%								

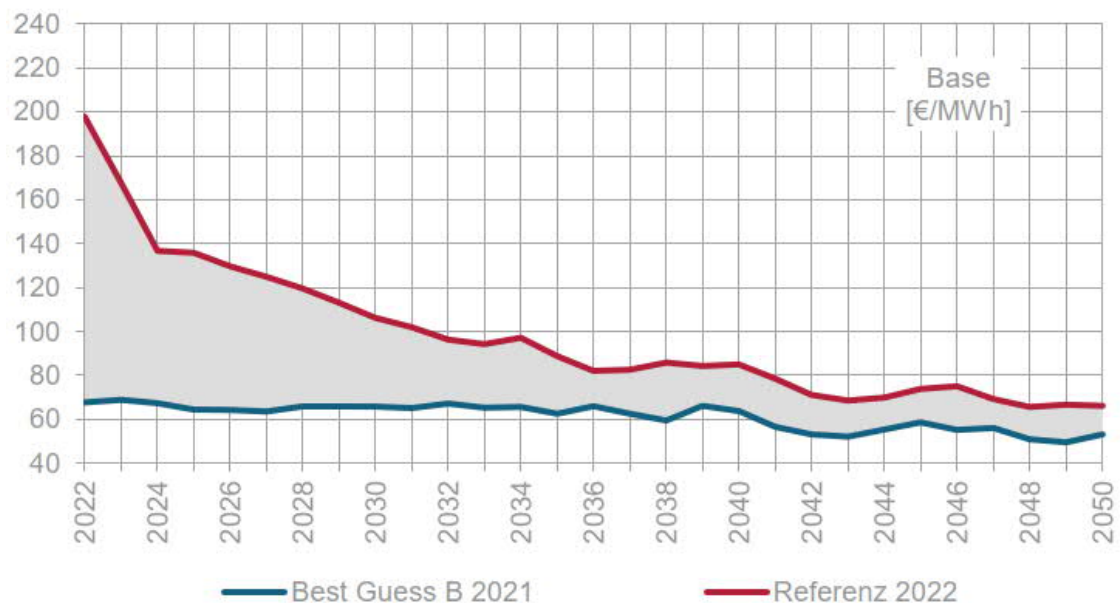
Die Maßnahmen wurden anhand von Annahmen und Hochrechnungen berechnet. Die Investitionskosten wurden auf Grundlage eines Kostenrahmens ermittelt.

Die statische Amortisationszeit gibt an, wie lange es dauert bis die investierte Summe durch die jährlichen Kosteneinsparungen wieder zurückgeflossen ist (ohne Berücksichtigung von Zinsen).

Die dynamische Amortisationszeit gibt an, wie lange es dauert bis die investierte Summe zuzüglich einer Verzinsung in Höhe des Kalkulationszinsfußes durch die jährlichen Kosteneinsparungen wieder zurückgeflossen ist. Da langfristige Planungen mit Unsicherheit behaftet sind, ist eine Investition je riskanter desto länger die Amortisationszeit ist. Preissteigerungen werden hier nicht berücksichtigt.

Da langfristige Planungen mit Unsicherheit behaftet sind, ist eine Investition je riskanter desto länger die Amortisationszeit ist. Der Interne Zinsfuß beschreibt die Rentabilität einer Investition, die Verzinsung des durchschnittlich gebundenen Kapitals über die gesamte technische Nutzungsdauer. Ermittelt wird der Zinssatz bei dem die abgezinste Zahlungsreihe aus Investitionssumme und jährlichen Kosteneinsparungen (=Kapitalwert) genau Null ist.

Zur Abschätzung der zukünftigen spez. Energiekosten wurde das nachfolgende Darstellung genutzt.



3.5. Förderprogramme

BAFA-Förderung

Programm	Inhalt	Fördermenge
Energieberatung ⇒ Energieaudit (Modul 1)	Durchführung eines für Nicht-KMU verpflichtenden Energieaudits nach DIN 16247-1.	Bundesm. für Wirtschaft und Energie (BMWi) übernimmt bis zu 80% der Kosten für eine Energieberatung. Die Tatsächliche Förderung orientiert sich an den Energiekosten des Unternehmens.
Energieberatung ⇒ Sanierungskonzept für Nichtwohngebäude (Modul 2)	Erstellung eines Sanierungskonzeptes für Nichtwohngebäude gemäß DIN V 18599	Bundesm. für Wirtschaft und Energie (BMWi) übernimmt bis zu 80% der Kosten für eine Energieberatung je nach Nettogrundfläche des Gebäudes. Die Tatsächliche Förderung orientiert sich an den Energiekosten des Unternehmens.
Energieberatung ⇒ Energiespar-Contracting (Modul 3)	Ein „Contractor“ garantiert Ihnen eine vorher berechnete Senkung des Energieverbrauchs. Im Gegenzug wird dieser an den eingesparten Energiekosten beteiligt.	BMWi fördert Orientierungsberatung mit bis zu 2.000€. Ausschreibungs- und Umsetzungsplanung werden mit max. 7.500€ bezuschusst.
Bundesförderung für effiziente Gebäude ⇒ Gebäudehülle	Dämmung von Außenwänden, Dach, Geschossdecken und Bodenflächen; Austausch von Fenstern und Außentüren; sommerlicher Wärmeschutz	Fördersatz 15 %
Bundesförderung für effiziente Gebäude ⇒ Anlagentechnik	Einbau/Austausch/Optimierung von Lüftungsanlagen; Einbau Mess-, Steuer- und Regelungstechnik, Raumkühlung und Beleuchtungssysteme	Fördersatz 15%
	Solarthermieanlagen	Fördersatz 30%
	Wärmepumpen	Fördersatz 30%-40%
	Biomasseanlagen	Fördersatz 30%-40%
	Innovative Heizanlagen auf EE-Basis	Fördersatz 30%-40%
	EE-Hybridheizungen	Fördersatz 30%-40%
	Anschluss an Gebäude-/Wärmenetz mind. 25 % EE mind. 55 % EE	Fördersatz 30% - 40% Fördersatz 35% - 45%
Bundesförderung für effiziente Gebäude ⇒ Fachplanung und Baubegleitung	Fachplanung und Baubegleitung für die Umsetzung von Maßnahmen im Rahmen der Bundesförderung für effiziente Gebäude	Fördersatz 50%

<p>Bundesförderung für effiziente Gebäude</p> <p>⇒ Heizungsoptimierung</p>	<p>Optimierung der Heizungspumpen (Umwälzpumpen), Warmwasserzirkulationspumpen, hydraulischer Abgleich</p>	<p>Fördersatz 15%</p>
<p>Kraft-Wärme-Kopplung (KWK)</p>	<p>Mini-KWK's bis 20 kW_{el} Wärme-/Kältespeicher Wärme-/Kältenetze</p>	<p>Förderung richtet sich nach der Größe des Vorhabens. 1kW_{el} → 1.900€</p>
<p>Wärmenetze 4.0</p>	<p>Innovative Gesamtsysteme der Wärmeinfrastruktur.</p>	<p>Machbarkeitsstudien werden mit bis zu 60% gefördert. Die Realisierung mit bis zu 50%.</p>
<p>Energieeffizienz</p> <p>⇒ Kälte- und Klimaanlage</p>	<p>Gefördert wird der Einsatz von Klimaschutz-Technologien in der Kälte- und Klimatechnik, die dem modernsten Stand der Technik entsprechen</p>	<p>Einzelfallbetrachtung erforderlich</p>
<p>Energieeffizienz</p> <p>⇒ Elektromobilität</p>	<p>Umweltbonus für Batterieelektro- oder Brennstoffzellenfahrzeuge</p>	<p>1.250 € - 6.000 €, abhängig von Fahrzeugpreis und Kauf bzw. Leasing</p>
<p>Bundesförderung für Energieeffizienz in der Wirtschaft – Zuschuss</p> <p>Querschnittstechnologien (Modul 1)</p>	<p>Unter diese Förderung fallen investive Maßnahmen zur Erhöhung der Energieeffizienz durch den Einsatz von hocheffizienten und am Markt verfügbaren Technologien, z.B.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Elektrische Motoren und Antriebe • Pumpen für die industrielle und gewerbliche Anwendung • Ventilatoren ... 	<p>bis 40 % der förderfähigen Investitionskosten</p>
<p>Bundesförderung für Energieeffizienz in der Wirtschaft – Zuschuss</p> <p>Prozesswärme aus Erneuerbaren Energien (Modul 2)</p>	<p>Im Rahmen dieses Moduls werden der Ersatz oder die Neuanschaffung von Anlagen zur Bereitstellung von Wärme aus Solarkollektoranlagen, Wärmepumpen oder Biomasse-Anlagen, deren Wärme zu über 50 Prozent für Prozesse, d. h. zur Herstellung, Weiterverarbeitung oder Veredelung von Produkten oder zur Erbringung von Dienstleistungen verwendet wird.</p>	<p>bis 55 % der förderfähigen Investitionskosten</p>
<p>Bundesförderung für Energieeffizienz in der Wirtschaft – Zuschuss</p> <p>MSR, Sensorik und Energiemanagement-Software (Modul 3)</p>	<p>Förderfähig ist insbesondere der Erwerb, die Installation und die Inbetriebnahme von Softwarelösungen zur Unterstützung eines Energiemanagementsystems oder Umweltmanagementsystems.</p> <p>Darunter allen auch Zähler für die Erfassung von Energieströmen und Steuer- und Regelungstechnik.</p>	<p>bis 40 % der förderfähigen Investitionskosten</p>

Energiebericht ENNI Eiswelt

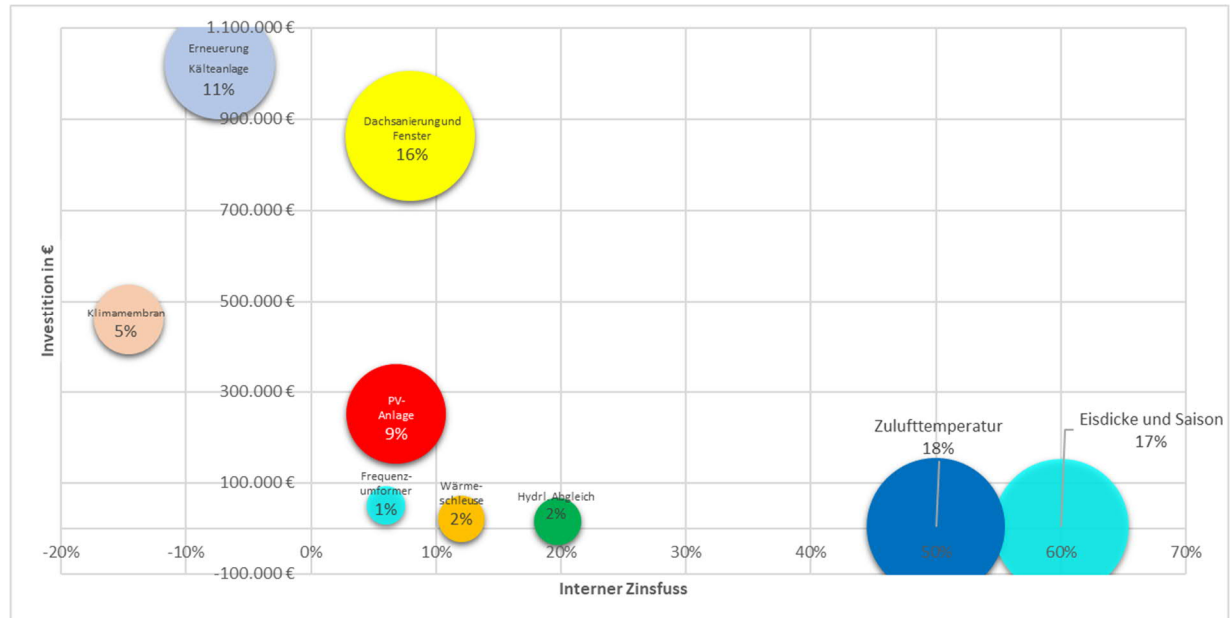
<p>Bundesförderung für Energieeffizienz in der Wirtschaft – Zuschuss</p> <p>Modul 4: Energiebezogene Optimierung von Anlagen und Prozessen</p>	<p>Energetische Optimierung von industriellen und gewerblichen Anlagen und Prozessen.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Prozess- und Verfahrensumstellungen auf effiziente Technologien und energetische Optimierung. • Maßnahmen zur Abwärmenutzung <p>...</p>	<p>bis 40% der förderfähigen Investitionskosten</p>
--	--	---

KfW-Förderung

Programm	Inhalt	Fördermenge
KfW- Bundesförderung für effiziente Nichtwohngebäude – Kredit (263)	Für Komplettsanierung und Bau von Effizienzgebäuden	Tilgungszuschuss zum Kredit in Höhe von: 5 – 25%, abhängig von der Energieeffizienzklasse
KfW-Energieeffizienzprogramm – Energieeffizient Bauen und Sanieren – Zuschuss Brennstoffzelle (433)	Stationäre Brennstoffzellenheizung	Max. 40% oder 34.300 € der förderfähigen Kosten.
KfW-Energieeffizienzprogramm – Produktionsanlagen/-prozesse (292)	Energieeinsparmaßnahmen von mind. 10%	Kredit bis zu 25 Mio. €
KfW-Klimaschutzoffensive für Unternehmen (293)	<ul style="list-style-type: none"> • Herstellung klimafreundlicher Technologien, Produkte und Schlüssel-komponenten • Klimafreundliche Produktionsverfahren • Erzeugung von Strom, Wärme und Kälte aus Erneuerbaren Energien ... 	Kredit bis zu 25 Mio. €
KfW-Energieeffizienzprogramm Bundesförderung für Energie- und Ressourceneffizienz in der Wirtschaft (295)	siehe BAFA Bundesförderung für Energieeffizienz in der Wirtschaft – Zuschuss Module 1 bis 4	Kredit bis zu 25 Mio € Modul 1 und 3: bis zu 40% Modul 2: bis zu 55% Modul 4 bis zu 50%
Erneuerbare Energien – Standard (270)	Errichtung, Erweiterung und Erwerb von Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien	Kredit bis zu 50 Mio. €
Erneuerbare Energien – Premium (271, 281)	Mit der Förderung werden Investitionen zur Nutzung von Wärme aus regenerativen Energien gefördert	Kredit bis zu 25 Mio. €
Erneuerbare Energien – Premium – Tiefengeothermie (272, 282)	Förderung für die Erschließung und Nutzung von tiefer Erdwärme in mehr als 400 Metern Bohrtiefe, das Thermalfluid mindestens 20° C warm ist und das Vorhaben in Deutschland durchgeführt wird.	bis zu 10 Mio. Euro pro Vorhaben bis zu 80 % der Investitionskosten

4. Handlungsempfehlung

Wie aus den Kapiteln 3.2 – 3.4 ersichtlich, zeichnet sich über die angegebene Priorität der Maßnahmen das anzuwendende Stufenkonzept ab. Die nachfolgende Darstellung visualisiert das Ergebnis:



Übersicht der Maßnahmen: Die Größe der Kreise markiert die Höhe der Einsparung

Zuerst zeichnet sich ab, dass durch die schon ergriffenen organisatorischen Maßnahmen (Verkürzung der Eislaufsaison, Eisdicke und Zuluft Temperatur) ein beachtliches Energieeinsparpotenzial gehoben wird. Die endgültige Bewertung dieser Maßnahmen kann mit Beendigung der Eissaison getroffen werden. Aus Sicht der Kosten-Nutzen-Betrachtung sollten diese Maßnahmen weiter durchgeführt werden

Als nächster Schritt sollte zur Vorbereitung weiterer Energieeinsparmaßnahmen die Umsetzung eines Messkonzepts, sprich das Messen der Hauptenergieverbraucher, angestrebt werden.

Weitere Maßnahmen, deren Umsetzung angestrebt werden sollten, sind die Optimierung der Lüftungstechnik und der Wärmeverteilung sein. So sollte die Lüftungsanlage zukünftig bedarfsorientiert, unter Beachtung der Taupunktregelung, geregelt werden. Zusätzlich sind die Einstellungen an den Lüftungsanlagen zu überprüfen. Der hydraulische Abgleich und die gleichzeitige Senkung der Vorlauftemperaturen in den unterschiedlichen Heizkreisen führen

zu zusätzlichen Energieeinsparungen. In diesem Zusammenhang kann der Einbau einer Wärmeschleuse zur weiteren Senkung des Wärmeverbrauchs führen.

Eine wesentliche Verbesserung der Energieeffizienz bringt die Sanierung der Gebäudehülle mit sich. Hier ist es notwendig nicht nur eine der vorgeschlagenen Maßnahmen an der Gebäudehülle durchzuführen, sondern die Sanierung ganzheitlich zu betrachten.

Mit der Umsetzung der Dachsanierung bittet sich die gleichzeitige Montage einer Photovoltaikanlage an. Hier muss vorab die Statik des Dachs überprüft werden. Als Betriebsmodell sollte für die Anlage zuerst die Volleinspeisung gewählt werden. Die Umstellung auf die Eigenversorgung kann mit dem technischen Abgang des BHKW's überdacht werden.

Die Änderung der Kälteanlage oder die Montage einer Klimamembrane und damit die damit verbundene Veränderung der Gestaltung in der Eishalle brauchen den richtigen Zeitpunkt (Abgang der Lüftungs- und Kältetechnik oder gewünschte Veränderung der Atmosphäre in der Eishalle bei entfallenden Tageslicht. Über die zu erzielenden Energieeinsparungen lassen sich diese Maßnahmen nicht refinanzieren.