



LUTEA Landschaft & Ökologie

Version 1.0 / 15.01.2024

Fensterfabrik Baumgartner, Dachbegrünung und Solardach Bilanzierung Ökologie und Umweltwirkung - Variantenvergleich



Bauherrschaft

G. Baumgartner AG
Flurstrasse 41
6332 Hagendorn

AuftraggeberIn

Koepflipartner gmbh
Landschaftsarchitekten BSLA
Neustadtstrasse 3
6003 Luzern

VerfasserInnen

Lutea Landschaft & Ökologie
Jasmin Menzi
Thujastrasse 34
8038 Zürich

Intep | Integrale Planung GmbH

Eveline Volkart
Pfungstweidstrasse 16
8005 Zürich



INHALTSVERZEICHNIS

1	Ausgangslage	1
2	Grundlagen	1
3	Rahmenbedingungen	2
4	Ökologische Bilanzierung	2
4.1	Methodik und Annahmen	2
4.1.1	Methodik	2
4.1.2	Biotopwerte	3
4.1.3	Qualitätsfaktoren (QF)	4
4.1.4	Strukturelemente	4
4.1.5	Weitere Annahmen für die Berechnung	4
4.2	Resultate der ökologischen Bilanzierung	5
4.2.1	Ausgangszustand	6
4.2.2	Variante Baueingabe	6
4.2.3	Variante Solardach	7
4.2.4	Variantenvergleich	8
5	Bilanzierung der Umweltwirkung	8
5.1	Methodik und Annahmen	8
5.1.1	Vergleichsbasis und funktionelle Einheit	8
5.1.2	Sachbilanz	8
5.1.3	Wirkungsbilanz	9
5.2	Resultate	9
5.2.1	Diskussion	10
5.2.2	Unsicherheiten	11
6	Schlussfolgerung	11
7	Empfehlungen für die weitere Planung	11

Version	Datum	Kapitel	Änderung	AutorInnen
0.0	11.01.2024	alle	Erstellung Entwurf Ökologie	JM
0.1	12.01.2024	alle	Ergänzungen Ökologie, Methodik Umweltnutzen	JM, EV
1.0	15.01.2024	alle	Ergänzungen, Korr., Umweltnutzen, Schlussfolgerung	EV, JM



1 AUSGANGSLAGE

Der heutige Firmensitz der Fensterfabrik Baumgartner an der Flurstrasse in Hagendorn wird aktuell erweitert. Die Änderung des Bebauungsplanes 2020 schaffte die Voraussetzung für diese Erweiterung. Da der Bestandesbau sowie die sich im Bau befindende Erweiterung im Bundesinventar der Landschaften und Naturdenkmäler (BLN 1305, Reusslandschaft) liegen, müssen in der Planung die besonderen Anforderungen in Bezug auf Natur- und Landschaftsschutz berücksichtigt werden. So war ein Teil der Änderung des Bebauungsplanes die Sicherung der ökologischen Ausgleichsflächen in der Umgebung und auf dem Dach. Basierend darauf wurde ein Bauprojekt mit einer Erweiterung und Optimierung der bestehenden Dachbegrünung ausgearbeitet und bewilligt.

Um die Ziele im Rahmen der Energiestrategie 2050 frühzeitig zu erreichen, sowie Synergien mit der Neugestaltung der Dachflächen zu nutzen, möchte die Firma Baumgartner das bestehende Dach sowie die Dacherweiterung möglichst effizient für die Produktion von Solarenergie nutzen. Das bisherige Bauprojekt wurde entsprechend überarbeitet. Folgende Projektvarianten liegen zum Vergleich vor:

- **Variante Baueingabe/Gründach:** Das Dach wird überwiegend als ökologisch wertvolle Grünfläche genutzt und nur eine vergleichsweise geringe Fläche auf den Oblichtern der Halle mit PV-Modulen bedeckt.
- **Variante Solardach:** Die Dachfläche wird maximal zur Stromproduktion genutzt, so dass der Strombedarf komplett über die Photovoltaik-Anlage gedeckt werden kann. Die nicht verwendeten Flächen sowie der Raum unter den aufgeständerten Modulen wird begrünt. Neben der Optimierung für die Solarenergieproduktion wurde auch die Dachbegrünung weiter optimiert.

Der vorliegende Bericht vergleicht die beiden Projektvarianten «Baueingabe/Gründach» und «Solardach» in Bezug auf die ökologische Qualität der Dachbegrünung sowie den Umweltnutzen, welcher durch die Stromproduktion der Solaranlage entsteht. Durch zwei Bilanzierungen mit unterschiedlichen Methoden werden die ökologische Qualität sowie der Umweltnutzen getrennt betrachtet und in einer gemeinsamen Schlussfolgerung zusammengefasst. Gleichzeitig werden Handlungsempfehlungen für die weitere Planung abgegeben.

2 GRUNDLAGEN

- Natur- und Heimatschutzgesetz (NHG, SR 451), vom 1. Juli 1966 (Stand, 1. April 2020), Art. 18
- Natur- und Heimatschutzverordnung (NHV, SR 451.1), vom 16. Januar 1991 (Stand, 1. Juni 2017), Art. 14
- BAFU (2017): BLN 1305 Reusslandschaft, Inventarblatt, 7 S
- Plan:team S AG (2023): Erweiterung PV Anlagen Fensterfabrik Baumgartner, Projektbeschreibung und raumplanerische Auslegeordnung, 25.08.2023, 12 S
- topos Marti & Müller AG (2017): Fensterfabrik Baumgartner Hagendorn, Ökologische Beurteilung Gründach, 02.09.2017, 16 S
- RENAT (2018): Methode zur Ermittlung des Ersatzbedarfs und zur Bewertung von Ersatzmassnahmen, RENAT GmbH, 9470 Buchs, 50 S
- Plangrundlagen, Stand vom 22.12.2023 sowie Ergänzungen gemäss E-Mail Blanche Keeris vom 09.01.2023
- Koepflipartner (2023): Aufwertungsmassnahmen bestehendes Gründach, Versuchsfelder, 11.08.2023
- Frischknecht, R. (2023): Energieetikette für Personenwagen: Umweltkennwerte 2023 der Strom- und Treibstoffbereitstellung, treeze Ltd. im Auftrag des Bundesamtes für Energie BFE, Bern
- BAFU (Hrsg.) (2021): Ökofaktoren Schweiz 2021 gemäss der Methode der ökologischen Knappheit. Methodische Grundlagen und Anwendungen auf die Schweiz. Bundesamt für Umwelt, Bern. Umwelt-Wissen Nr. 2121



- Climate Change (2021): The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S. L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M. I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T. K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press.
- Frischknecht R., Jungbluth N., et.al. (2003): Implementation of Life Cycle Impact Assessment Methods. Final report ecoinvent 2000, Swiss Centre for LCI. Duebendorf, CH

3 RAHMENBEDINGUNGEN

Die Evaluation beschränkt sich auf die Dachfläche der Produktionshalle. Der restliche Projektperimeter sowie weitere Dachflächen und Fassaden wurden für die Evaluation nur als Umgebungsfaktor für die ökologische Qualität berücksichtigt. Für beide Varianten werden zusätzliche Flächen an der Fassade sowie an Nebengebäuden ebenfalls für die Stromproduktion genutzt. Diese Anlagen werden in der folgenden Betrachtung nicht berücksichtigt. Für den Variantenvergleich wird davon ausgegangen, dass die Rahmenbedingungen wie die Projektumgebung, der Strommix sowie weitere für die jeweilige Methodik getroffene Annahmen ausserhalb der Dachflächen für beide geplanten Varianten identisch sind.

Weitere positive Effekte wie Retentionsfähigkeit und die damit verbundene Dachleistung im Bereich der Verdunstung werden in der Bewertung nicht direkt quantifiziert, spielen aber eine wichtige Rolle bei den multifunktionalen Vorteilen einer Dachbegrünung.

4 ÖKOLOGISCHE BILANZIERUNG

Die ökologische Bilanzierung evaluiert die Bedeutung der bestehenden und geplanten Dachflächen für die Biodiversität. Obwohl die heutige ökologische Qualität der bestehenden Dachbegrünung nicht den damaligen Erwartungen (Pfeifengraswiese) entspricht (topos, 2017), hat das Dach über die Jahre einen ökologischen Wert entwickelt. Aufgrund seiner Lage in einem BLN-Objekt sowie dem Vorkommen von seltenen und geschützten Pflanzenarten gilt es bei einem Eingriff ins bestehende Dach die heute vorhandenen Werte für die Biodiversität möglichst zu erhalten und zu schonen. Gleichzeitig entsteht durch die vorgesehene Projektänderung mit reduzierter Gründachfläche eine Reduktion der für die Ökologie vorgesehenen Fläche zu Gunsten der Solarproduktion. Die Bilanzierung bietet die Möglichkeit die ökologische Qualität der verschiedenen Dachvarianten anhand von quantitativen Kriterien direkt zu vergleichen.

4.1 Methodik und Annahmen

Der Autorin ist zum jetzigen Zeitpunkt keine gängige Methodik zur quantitativen Beurteilung von Dachflächen bekannt. Um die zu beurteilenden Dachflächen mit einer einfachen, quantitativen Methodik zu vergleichen, wurde die Bilanzierungsmethodik gemäss RENAT (RENAT, 2018) für die Anwendung auf den kleineren Planungs-Massstab der Dachflächen angepasst und mit einem Zusatzfaktor für die Berücksichtigung der Strukturelemente ergänzt.

4.1.1 Methodik

Die RENAT-Methode eignet sich für die Beurteilung der Dachflächen, weil sie sowohl schützenswerte als auch nichtschützenswerte Lebensräume berücksichtigen kann. Zudem handelt es sich um eine einfache Methodik, welche an den spezifischen Projektmassstab angepasst werden kann.

Der Projektperimeter wird in Flächen mit einem definierten Biotopwert unterteilt, welcher durch spezifische Qualitätskriterien zusätzlich ab- oder aufgewertet werden kann. Die einzelnen Flächenwerte werden mit dem Biotopwert sowie den weiteren Qualitätskriterien multipliziert und für den Perimeter summiert. Daraus ergibt sich ein Wert, welcher die ökologische Qualität des Projektperimeters repräsentiert und einen quantitativen Vergleich ermöglicht.

4.1.2 Biotopwerte

In der Regel erfolgt die Einteilung der Flächen sowie die Zuordnung zu einem Biotopwert gemäss den Lebensraumkategorien von Delarze. Für den Vergleich der Dachflächen ist diese Einteilung jedoch aufgrund der geringen Lebensraumvariabilität sowie des genaueren Planungsmaßstabes ungeeignet, weshalb die in den folgenden Tabellen aufgeführten, dachspezifischen Biotopwerte für die Beurteilung von extensiven Dachsubstraten (max. 25cm) festgelegt wurden (siehe Tabelle 1 und Tabelle 2).

Tabelle 1: Biotopwerte für verschiedene extensive Substrathöhen (verdichtet), Organische Substratanteile (OA) und Stauregime, in **fett** für die Bilanzierung verwendete Werte

Stauregime	Organischer Anteil Substrat %								
	0			5			10		
	p	t	k	p	t	k	p	t	k
Dachsubstrat Höhe 4 cm	0	0	0.1	0	0	0.1	0	0	0.1
Dachsubstrat Höhe 8 cm	0.1	0.2	0.3	0.1	0.3	0.5	0.3	0.5	0.7
Dachsubstrat Höhe 10 cm	0.2	0.3	0.4	0.3	0.5	0.7	0.5	0.7	0.9
Dachsubstrat Höhe 12 cm	0.4	0.5	0.5	0.7	0.9	0.9	0.9	1.1	1.1
Dachsubstrat Höhe 14 cm	0.9	0.8	0.6	1.5	1.3	1.1	1.7	1.5	1.3
Dachsubstrat Höhe 16 cm	1.0	0.9	0.7	1.7	1.5	1.3	1.9	1.7	1.5
Dachsubstrat Höhe 18 cm	1.1	1.0	0.8	1.9	1.7	1.5	2.1	1.9	1.7
Dachsubstrat Höhe 20 cm	1.2	1.1	0.9	2.1	1.9	1.7	2.3	2.1	1.9
Dachsubstrat Höhe 25 cm	1.3	1.2	1.0	2.3	2.1	1.9	2.5	2.3	2.1

Stauregime:

p - Permanenter Rückstau 5cm, max. Einstau 12 cm, t - temporär, verzögerter Abfluss 10%, max. Einstau 12 cm

k - kein Rückstau und keine Verzögerung in Wasserabgabe

Tabelle 2: Biotopwerte für Strukturelemente mit verschiedener Höhe und Besonnung

Höhe Strukturelemente cm	Besonnung					
	schwach		mittel		stark	
	20	25	20	25	20	25
Strukturelemente feucht	0.7	0.9	1.9	2.1	1.5	1.7
Strukturelemente trocken	0.5	0.7	1.7	1.9	2.3	2.5
Wandkies	0.1	0.1	1.1	1.3	1.7	1.9

Besonnung:

schwach: Starke Beschattung z.B. unter PV-Anlage, ganztägiger Schatten

mittel: Gebäudeschatten, Schatten Aufbauten, nur temporäre Beschattung

stark: Nur sehr geringe Beschattung durch Aufbauten, PV, Gebäude

Folgende ökologische Annahmen liegen den oben aufgeführten Tabellen zu Grunde:

- Die gewählten Biotopwerte lassen sich nicht mit den Biotopwerten der RENAT-Methodik für natürliche Lebensräume vergleichen, da diese auf die Dachflächen spezifiziert und angepasst wurden.
- Bei der Substrathöhe wird von einer verdichteten Endhöhe ausgegangen. In Bezug auf das Saatgut wird von einer hochwertigen ökologischen Saatgutmischung mit lokalen Herkünften ausgegangen.
- Ab einer Substrathöhe, welche den permanent oder temporär eingestauten Bereich übersteigt, nimmt die ökologische Qualität zu, da ein breiteres Spektrum an Pflanzenarten wachsen kann. Ein permanenter oder temporärer Wassereinstau verbessert in diesem Fall die Wasserverfügbarkeit für die Pflanzen.
- Eine zusätzliche Substrathöhe wird bei fehlendem organischem Anteil mit einem geringeren Mehrwert als bei vorhandenem organischem Anteil gerechnet.



- Trockene Strukturelemente: Sandlinsen, Steinhaufen, Totholzstrukturen, Substraterhöhungen; Feuchte Strukturelemente: Vernässte Stellen mit permanentem Einstau und Substraterhöhungen.

4.1.3 Qualitätsfaktoren (QF)

Für einen genauen Beschrieb der unterschiedlichen Qualitätsfaktoren (QF) kann der Bericht zur RENAT-Methodik (RENAT GmbH, 2018) konsultiert werden. Im Folgenden werden die einzelnen Faktoren sowie die Relevanz für die Beurteilung der Dachflächen kurz erläutert:

- *Naturnähe*: Beurteilt die zu erwartende Abweichung der Vegetationsqualität im Vergleich mit einem natürlichen, typisch ausgeprägten Lebensraum. Mögliche Werteskala: 0.7 (stark negativ) bis 1.3 (stark positiv)
- *Vernetzung*: Beurteilt die Vernetzungsfunktion des zu betrachtenden Lebensraumes. Wurde für alle Flächen gleich bewertet mit 1.1.
- *Umgebung*: Die ökologische Qualität der Umgebung in einem Radius von 100m wird für die Beurteilung mitberücksichtigt. Mögliche Werteskala: isoliert (0.7), sehr gering (0.8), gering (0.9), mittel (1), hoch (1.1) und sehr hoch (1.2).
- *Störung*: Beurteilt direkte sowie indirekte anthropogene Störungen des Lebensraumes. Mögliche Werteskala: Starke Störung (0.7), Mittlere Störung (0.8), Geringe Störung (0.9), keine relevante Störung (1).
- *Seltene Arten*: Für die Beurteilung relevant ist, ob im Lebensraum seltene, oder besonders anspruchsvolle Arten vorkommen. Es werden die nach etwa 10 Jahren zu erwartenden Arten angegeben. Mögliche Werteskala: keine (1), eine (1.1), zwei bis drei (1.2), über drei Arten (1.3).
- *Alter*: Das Alter wird nur für den Ausgangszustand beurteilt. Der Wert ist abhängig vom Lebensraumtyp. Für Lebensräume mit starkem anthropogenem Einfluss wie z.B. Dachflächen ist dieser Parameter weniger relevant. Das bestehende Dach wurde vor rund 15 Jahren erstellt.
- *Herstellbarkeit*: Die Herstellbarkeit wird nur für projektierte Vorhaben beurteilt. Der Faktor beurteilt die Entwicklungszeit eines neu geschaffenen Lebensraumes. Für die vollständige Etablierung der Dachbegrünung wird von einem Zeitrahmen zwischen 5 Jahren (Bewertung 1) und 10 Jahren (Bewertung 0.9) ausgegangen.

4.1.4 Strukturelemente

Mit standortangepassten Strukturelementen kann die ökologische Qualität von Dachbegrünungen deutlich gesteigert werden. Deshalb wurden die Strukturelemente separat mit Biotopwerten beurteilt (siehe Tabelle 2) und die Gesamtfläche der Strukturelemente mit einem Zusatzfaktor gewichtet.

- *Strukturdichte*: Bewertet das Verhältnis von Strukturelementen und Substraterhöhungen (mit Aufbau > 200 mm) zur gesamten begrünten Dachfläche. Mögliche Werteskala: 0-1 % = 0.9, >1-2 % = 1.1, >2-3% = 1.3, >3-4 % = 1.5 u.s.w.
- *Strukturdiversität*: Bewertet die Diversität und Qualität der ökologischen Strukturelemente (inkl. Substratüberhöhungen). Mögliche Werteskala: 1 (keine Diversität, alle Strukturen gleich) bis 3 (sehr hohe Strukturdiversität, diverse und spezifischen Ziel- und Leitarten angepasste Strukturelemente)

4.1.5 Weitere Annahmen für die Berechnung

Die Qualität des mineralischen Substratanteiles betreffend Wasserverfügbarkeit und Nährstoffkapazität ist für die ökologische Qualität entscheidend. Es wird davon ausgegangen, dass die Qualität des neu verwendeten Substrates in Bezug auf weitere entscheidende Wachstumsfaktoren für Pflanzen für beide neuen Varianten identisch ist.

Die Strukturelemente bieten genügend Nahrungsangebot und verfügen in der unmittelbaren Nähe über eine geeignete Vegetationsstruktur.



Die Umgebungskriterien für den Freiraum auf dem Boden sind für beide geplanten Dachvarianten identisch und leicht höher als im Ausgangszustand. Dies, da im Umkreis von 100m rund um das Dach ökologische Aufwertungen geplant sind. Ausgangszustand für die Erweiterung der Dachfläche ist eine versiegelte Fläche mit ökologischem Wert = 0.

Die Testflächen für die Dachaufwertung welche 2021 erstellt wurden (koepflipartner, 2023), wurden aufgrund der geringen Fläche (Substratverbesserung: 210m², Strukturelemente: 20m²) nicht in der Bilanzierung des Ausgangszustandes eingerechnet.

Für die Berechnung der Variante Solardach lagen keine genauen Angaben zur Verteilung der Bereiche mit einer Substrathöhe von 10cm bis 17cm vor. Für die Berechnung wurde deshalb eine durchschnittliche Höhe von 15cm angenommen.

4.2 Resultate der ökologischen Bilanzierung

In der folgenden Tabelle 3 sind die Resultate der Bilanzierung gemäss der RENAT-Methode für die verschiedenen Dachvarianten aufgeführt. Sie werden in den folgenden Kapiteln kurz erläutert und begründet.

Tabelle 3: RENAT-Beurteilung in Qualitätspunkten (QP) für den Ausgangszustand sowie die zwei geplanten Dachvarianten

	Fläche a	Biotopwert	Naturnähe	Vernetzung	Umgebung	Störung	Seltene Arten	Alter	Herstellbarkeit	Dichte Strukturen	Diversität Strukturen	SUMME QP
Dach Bestand, 13'600m²												
Substrathöhe 12 cm, 0% OA, Stauregime p	123	0.4	0.9	1.1	0.9	0.9	1.3	1.1				56
Mikrohabitate Flora, lückig mit seltenen Arten	13	2.1	0.7	1.1	0.9	0.9	1.3	1.1				24
Summe Dach Bestand ohne Strukturelemente												80
Keine Strukturelemente vorhanden												0.0
Summe Dach Bestand inkl. Strukturelemente												80

Dach Baueingabe, 23'020 m²												
Substrathöhe 12 cm, 0% OA, Stauregime t (Bestand)	94	0.5	0.9	1.1	1	0.9	1.2		1			50
Substrathöhe 12 cm, 10% OA, Stauregime t (neu)	105.75	0.9	1	1.1	1	1	1		1			105
Substrathöhe 17 cm, 10% OA, Stauregime t (neu)	29.3	1.7	1	1.1	1	1	1.1		0.9			54
Summe Dach Baueingabe ohne Strukturelemente												209
Strukturelemente trocken 20 cm, 16 Stk., stark besonnt	1.15	2.3	0.7	1.1	1	1	1		0.9			2
Zusatzfaktor für Strukturelemente	1.15									0.9	1.2	1
Summe Dach Baueingabe inkl. Strukturelemente												212

Solardach, 23'020 m²												
PV-Anlage, nicht begrünt, Rundkies	79	0										0
PV-Anlage, begrünt, Substrat 8 cm, 5% OA, Stauregime t (neu)	80	0.3	0.9	1.1	1	0.7	1		1			17
Substrathöhe 12 cm, 10% OA, Stauregime t (neu)	13.2	0.9	1	1.1	1	0.9	1.1		1			13
Substrathöhe 15 cm, 10% OA, Stauregime t (neu)	55.3	1.5	1	1.1	1	0.9	1.1		0.9			81
Summe Solardach ohne Strukturelemente												111
Strukturelemente trocken 20cm, 12 Stk., stark besonnt	2	2.3	1	1.1	1	0.9	1.2		0.9			5
Strukturelemente feucht, 20cm, 10 Stk., mittel besonnt	0.7	1.9	0.9	1.1	1	0.9	1.3		0.9			1
Zusatzfaktor für Strukturelemente	2.7									1.5	1.5	6
Summe Solardach inkl. Strukturelemente												123

4.2.1 Ausgangszustand

Die Qualität des bestehenden Daches wurde in einer Vegetationskartierung im Jahr 2017 erfasst. Aufgrund des permanent eingestauten Wassers (5cm) sowie einer temporären Staunässe bis 12 cm, in Kombination mit einer niedrigen Substrathöhe (max 12 cm) und einem geringen organischen Anteil (0 %) konnte sich die gewünschte Pfeifengraswiesenvegetation leider nicht etablieren (Biotopwert = 0.4, Naturnähe = 0.9). Gleichzeitig wurden auf dem Dach im Ausgangszustand keine Strukturelemente geschaffen (Strukturelemente = 0). Trotzdem weist die Fläche stellenweise einen guten ökologischen Wert auf. In wenigen, leicht feuchteren Mikrohabitaten konnten sich seltene und geschützte Feuchtgebietsarten entwickeln (Seltene Arten = 1.3). Vermutlich konnten diese sich aufgrund von fehlender Konkurrenz und der lückigen Vegetationsstruktur längerfristig auf dem Dach halten. Um die Flächen mit wertvoller Vegetation in der Bilanzierung zu berücksichtigen, wurden diese unter Mikrohabitate Flora berücksichtigt (Biotopwert = 2.1, siehe Abbildung 1). Unter Anbetracht der sehr grossen Dachfläche ist der ökologische Wert über das gesamte Dach aber als eher gering einzustufen. Dies aufgrund der hohen Dichte an Moosen und gebietsfremden, invasiven Pflanzen. Dadurch wird die Vegetation gestört (Störung = 0.9, siehe Abbildung 1). Das Alter spielt in anthropogen stark beeinflussten eine weniger wichtige Rolle. Aufgrund des Alters von rund 17 Jahren wurde der Wert leicht erhöht mit 1.1 beurteilt. In der Gesamtevaluation erreicht das Dach einen Wert von 80 Qualitätspunkten (QP).



Abbildung 1: links: wertvolle Mikrohabitate mit Orchideen (*Epipactis palustris*), rechts: Dach grossflächig dominiert von Moosen und Einjährigem Berufskraut (*Erigeron annuus*), (Fotos: topos, 2017)

4.2.2 Variante Baueingabe

Die Variante gemäss dem rechtskräftigen Bebauungsplan weist eine deutlich grössere Gründachfläche als der Bestand auf. Gleichzeitig unterscheidet sich das Stauregime. Neu sind Retentionseinläufe vorgesehen, welche das zurückgehaltene Regenwasser verzögert, aber vollständig abgeben. Es ist kein permanenter Wasserstau mehr vorgesehen. Trotzdem kommt es bei grossen Regenmengen zu einer temporären Staunässe auf bis zu 12 cm. Die Bereiche innerhalb dieser starken wechselfeuchten Bedingungen (12 cm) werden deshalb immer noch mit einem niedrigen Biotopwert verrechnet (Biotopwert = 0.5), wobei sich eine gleichzeitige Erhöhung des organischen Anteiles positiv auf den Bewuchs auswirkt (Biotopwert = 0.9). Dies konnten Versuche zur Optimierung der bestehenden Dachflächen in den letzten Jahren aufzeigen, wobei die ökologische Qualität der Testflächen bisher noch nicht beurteilt wurde (siehe Abbildung 2). Der ökologische Wert steigt deutlich, sobald das Substrat eine Höhe oberhalb des Stauregimes erreicht (Biotopwert = 1.7, bei 17cm), dies da hier den Pflanzenwurzeln ein nicht temporär überschwemmter Bereich zur Verfügung steht, Stress reduziert und eine höhere Wasserverfügbarkeit garantiert wird.



Abbildung 2: Testflächen zur Aufwertung des bestehenden Daches (Fotos: Blanche Keeris)

Bereiche des bestehenden Daches, welche aus dem Bestand übernommen werden, haben einen leicht höheren Wert aufgrund des Vorkommens von seltenen Arten (Seltene Arten = 1.2), da jedoch die Entwicklung von neuer Vegetation aufgrund der heute hohen Moosdichte und dem immer noch fehlenden organischen Anteil eingeschränkt ist sowie immer noch eine grosse Samenbank von gebietsfremden, invasiven Pflanzenarten im Substrat eingelagert ist, wirken sich einige Faktoren negativ auf die Bewertung aus (Naturnähe = 0.9, Störung = 0.9).

Das geplante Dach weist im Vergleich zur totalen Gründachfläche einen geringen Anteil an neuen Strukturelementen auf (0.5%). Diese sind ausschliesslich als Kieslinsen mit Totholz überdeckt geplant und entsprechend wenig divers, jedoch grundsätzlich ökologisch sehr wertvoll. Sie erhöhen aufgrund der geringen Fläche den QP-Wert des Daches aber nur um 3 QP. Gleichzeitig wird eine Teilhöhe der Strukturelemente durch Misapor erstellt, was die ökologische Qualität der Strukturen reduziert (Naturnähe = 0.7). In der Gesamtevaluation erreicht das Dach trotzdem einen hohen Wert von 212 QP.

4.2.3 Variante Solardach

Die Variante Solardach weist eine Reduktion der direkt besonnten Gründachfläche im Vergleich zum Bestand und dem geplanten Dach für die Baueingabe auf. Durch eine minimale Begrünung unterhalb der PV-Anlagen erhöht sich die Gründachfläche im Vergleich zum Bestand, ist aber immer noch niedriger als im Baueingabeprojekt. Das Abflussregime ist identisch mit der Variante Baueingabe (siehe Kapitel 4.2.3). Die Planung sieht neu eine deutlich grössere Fläche mit einer durchschnittlichen Substrathöhe von 15 cm und damit oberhalb einer Einstauhöhe von 12 cm vor (Biotopwert = 1.5). Das Substrat variiert dabei zwischen 10cm in Randbereichen von PV-Anlagen und steigt wo möglich auf eine Substrathöhe von 17cm an.

Die Grünfläche unterhalb der Panels weist eine Substrathöhe von 8 cm auf. Zusammen mit dem Abflussregime ist zu erwarten, dass diese Flächen häufig komplett überschwemmt sein werden und entsprechend nur wenig Potential zur Ausbildung eines wertvollen Pflanzenbewuchses bieten (Biotopwert = 0.3, Störung = 0.7). Trotzdem bieten sie schattige und temporäre feuchte Rückzugsmöglichkeiten für die Fauna und steigern dadurch den ökologischen Wert des Daches um 17 QP.

Die heutige Dachbegrünung wird komplett ersetzt und das vorhandene Substrat wird nicht wieder verwendet. Obwohl dadurch die Mikrolebensräume der auf dem Dach vorkommenden seltenen und gefährdeten Pflanzenarten komplett zerstört werden, bietet die Verwendung von nicht mit invasiven Neophyten kontaminiertem Substrat grosse Chancen zur ökologischen Optimierung. Durch geeignete Massnahmen können heute vorkommende oder sogar zusätzliche seltene und gefährdete Pflanzenarten auf dem neuen Dach wieder angesiedelt werden (siehe Kapitel 7, Seltene Arten = 1.1 bis 1.2).

Die Störung für das Solardach wurde leicht erhöht bewertet, da eine leichte Beeinflussung durch eine zusätzliche Beschattung aufgrund der PV-Anlagen sowie durch einen zusätzlichen Unterhalt der Solaranlagen entsteht (Störung = 0.9).



Das Solardach weist im Vergleich zur totalen Gründachfläche einen deutlich höheren Anteil an geplanten Strukturelementen (3.8 %) als das Dach für die Baueingabe (0.5%) auf. Es sind sowohl trockene als auch feuchte, sehr diverse Strukturelemente vorgesehen, welche vollständig mit natürlichen Materialien ausgebildet werden (Zusatzfaktoren Strukturen = 12 QP). Das Solardach erreicht in der Gesamtevaluation einen Wert von 123 QP. Durch eine Projektoptimierung mit minimaler Begrünung unterhalb der PV-Anlagen konnte während der Bilanzierung der Wert des Daches von 105 auf 123 QP gesteigert werden.

4.2.4 Variantenvergleich

Sowohl die Variante Baueingabe als auch das Solardach können gemäss der ökologischen Bilanzierung das bestehende Gründach hinsichtlich des ökologischen Wertes vollumfänglich ersetzen und den ökologischen Wert der Dachflächen im Vergleich zum heute bestehenden Dach steigern (Δ QP Baueingabe = + 170 %, Δ QP Solardach = + 50 %).

Der direkte Variantenvergleich zwischen der Variante Baueingabe und Solardach zeigt, dass die Variante Baueingabe eine deutlich höhere ökologische Qualität aufweist (Δ QF = 90). Grund für den Qualitätsunterschied ist vor allem die deutlich geringere Gründachfläche (ohne PV-Anlagen Begrünung) des Solardaches von -70 %. Aufgrund von Projektverbesserungen im Vergleich zur Baueingabe wie z.B. einem durchschnittlich höheren Substrat, eine minimale Begrünung unterhalb der PV-Anlagen sowie grösseren und diverseren Strukturelementen hat sich die ökologische Qualität im Vergleich zur Variante Baueingabe gleichzeitig aber nur um rund 40 % reduziert.

5 BILANZIERUNG DER UMWELTWIRKUNG

5.1 Methodik und Annahmen

Für einen Vergleich der Umweltwirkung der beiden Varianten der Dachnutzung wurde die Methode der Ökobilanzierung angewendet. Die Bilanz umfasst dabei die Bereitstellung des Substrats sowie den Bau der Solaranlage. Die weiteren Bauarbeiten wie auch die Photovoltaikanlage auf den weiteren Gebäudeflächen sind nicht Bestandteil der Bilanz.

Die Berechnungen werden mit der Software SimaPro 9.3 durchgeführt. Als Hintergrunddatenbank wird Ecoinvent V. 3.9 verwendet.

5.1.1 Vergleichsbasis und funktionelle Einheit

Um den Gesamtnutzen der beiden Dächer aufzuzeigen, wird in der folgenden Bilanz das System erweitert, so dass nicht nur der Ressourcenverbrauch, sondern auch die Energiegewinnung berücksichtigt werden kann. Beide Varianten erhalten dadurch eine Gutschrift für «vermiedene Produkte». Im vorliegenden Fall wird dazu angenommen, dass pro produzierte Energieeinheit der Photovoltaik-Anlage der Bezug einer entsprechenden Strommenge vom Netz vermieden werden kann.

Als funktionelle Einheit wird der **Betrieb des Flachdachs im Zeitraum von einem Jahr** gewählt. Die Emissionen aus der Erstellung des Dachs werden dabei gleichmässig über 25 Jahre abgeschrieben.

5.1.2 Sachbilanz

Die Bilanz umfasst dabei die Herstellung und den Transport des Substrats des Flachdachs, die Produktion und die Installation der Photovoltaik-Module und der Elektronik gemäss den Angaben in den Bauplänen. Zudem wurde auch die gewonnene Grünfläche abgebildet. Die Aufwände für die Bereitstellung des Aushubmaterials werden nicht berücksichtigt, da diese im Rahmen der Bautätigkeiten vor Ort anfallen.

Auf Basis der vom Auftraggeber zur Verfügung gestellten Informationen, wird davon ausgegangen, dass der Strombedarf ohne die Photovoltaik-Anlage durch ein durchschnittliches Stromprodukt gedeckt würde. Die Gutschrift des produzierten Solarstroms wird deshalb mit dem Schweizer Verbraucherstrommix modelliert. Der verwendete Strommix repräsentiert den im Jahr 2021 an Schweizer Endkunden gelieferte Strom (Frischknecht, 2023) und wird eingesetzt, wenn kein spezifisches Stromprodukt bekannt ist.

5.1.3 Wirkungsbilanz

Die folgenden Bewertungsmethoden wurden angewendet:

- Methode der ökologischen Knappheit (Umweltbelastungspunkte): Die Methode der ökologischen Knappheit berücksichtigt ein breites Spektrum von Umweltbelastungen und fasst diese durch Vollaggregation in Form von Umweltbelastungspunkten (UBP) zusammen.
- Kumulierter Energieaufwand nicht erneuerbar: Dieser Indikator weist die kumulierten primären nicht erneuerbaren Energieressourcen aus, welche für die Bereitstellung der verwendeten Energieprodukte aufgewendet werden und umfasst fossile und nukleare Energiequellen.
- Die gesamten Treibhausgasemissionen gemäss IPCC 2021 ausgedrückt als CO₂-Äquivalente.

5.2 Resultate

Die folgenden Grafiken zeigen die Resultate der Modellierung der Umweltwirkung durch die Erstellung und den Betrieb der beiden Dachvarianten.

Beide Varianten erreichen unabhängig vom gewählten Indikator ein negatives Ergebnis. Der Grund dafür ist, dass die Wirkung der Gutschrift durch den vermiedenen Strombezug in beiden Varianten grösser ist, als die Umweltwirkung der Ressourcenbereitstellung.

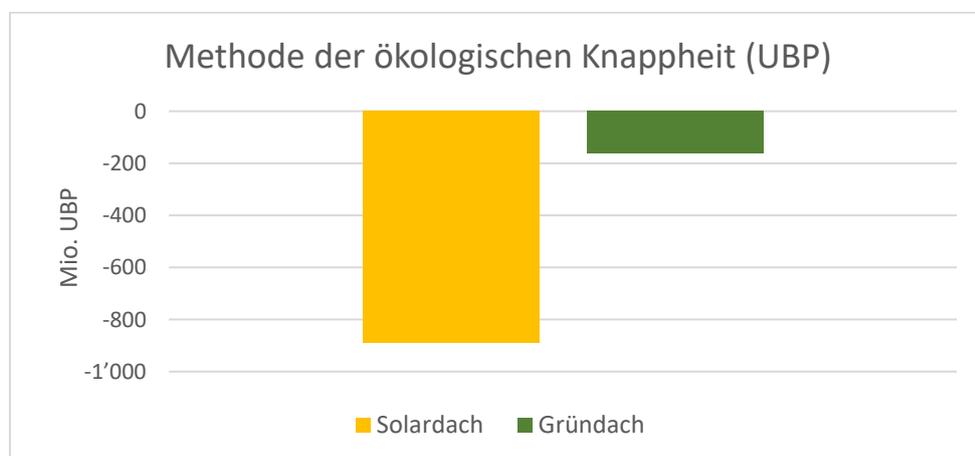


Abbildung 3 Vergleich der Umweltbelastungspunkte in Mio. UBP (Umweltbelastungspunkte)

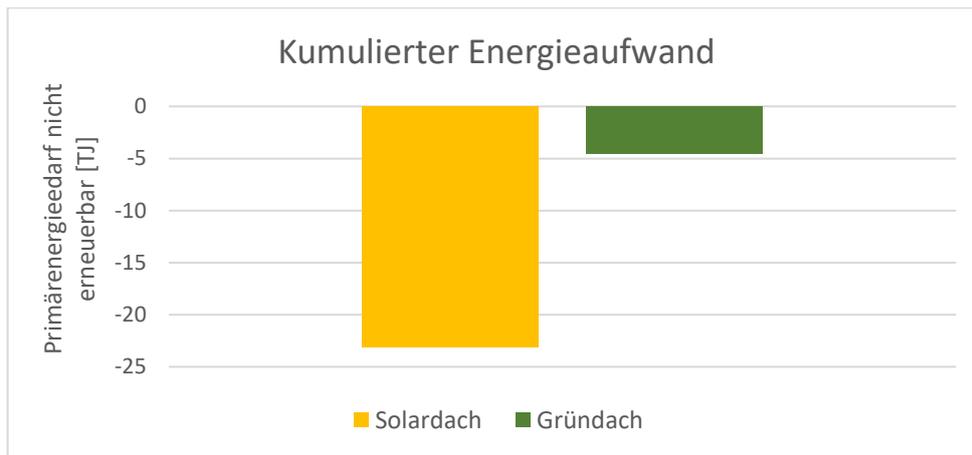


Abbildung 4 Vergleich des kumulierten Energieaufwandes für nicht erneuerbare Energien in Terajoule (TJ)

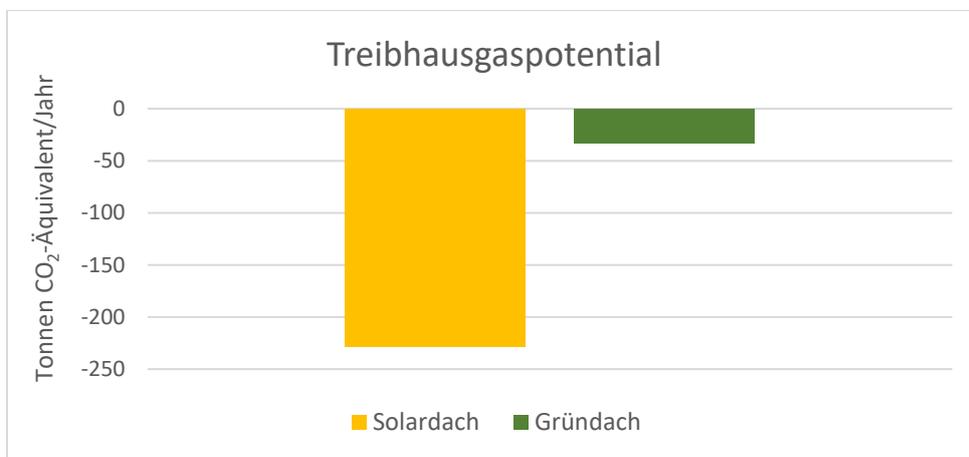


Abbildung 5 Vergleich des Treibhausgaspotentials gemäss IPCC (2021) in kg CO₂-Äquivalent

5.2.1 Diskussion

Die Bewertung der zwei Varianten zeigt bei allen drei der gewählten Methoden, dass bei einer entsprechenden Gutschrift für den produzierten Solarstrom ein deutlich grösserer Umweltnutzen durch das Solardach entsteht. Wird nur die Erstellung des Dachs betrachtet, schneidet das Solardach deutlich schlechter ab, da insbesondere die Herstellung der Photovoltaik-Module mit einer grossen Umweltbelastung verbunden ist. Die Bereitstellung des Substrats fällt hingegen beim Solardach weniger ins Gewicht.

Beim Gründach wird in Bezug auf das Treibhausgaspotentials die Wirkung grösstenteils durch die Herstellung des Ziegelschrots und des Blähschiefers verursacht. Hier ist jedoch anzumerken, dass keine Inventare für die angegebenen Materialien verfügbar waren und diese mit ähnlichen Baumaterialien angenähert wurden. Die Solarmodule haben durch die kleinere Fläche eine geringere Wirkung.

Entscheidend für die Umweltwirkung der Gutschrift ist die Zusammensetzung des vermiedenen Stromproduktes. Bei der Bewertung der Bilanz gemäss der Methode der ökologischen Knappheit oder dem kumulierten Energieaufwand wird der grösste Beitrag durch den Anteil an nuklearer Energie verursacht. Dies, da pro produzierte Energieeinheit an Strom aus einem Kernkraftwerk ein sehr hoher Anteil an nuklearer Primärenergie aufgewendet werden muss.

Bei der Betrachtung des Treibhausgaspotentials ist der Anteil an fossiler Energie im vermiedenen Strommix entscheidend. Dabei handelt es sich vor allem um Strom aus Erdgas und Kohle, welcher vollständig importiert wird.



5.2.2 Unsicherheiten

Die Umweltwirkung der beiden Systeme wird in grossem Masse von der Zusammensetzung des vermiedenen Stromproduktes beeinflusst. Insbesondere bei einem längeren Betrachtungshorizont ist eine Aussage zur Entwicklung des durchschnittlichen Stromproduktes in der Schweiz mit grossen Unsicherheiten verbunden. Aus diesem Grund wurde die Umweltwirkung in der vorliegenden Bilanz für ein Jahr berechnet. Wenn in einer späteren Phase der Lebensdauer der Anlage der Verbraucherstrommix beispielsweise Strom aus Kernkraftwerken und weniger fossile Energien enthält, wird sich die Bilanz entsprechend verändern.

Die neu angelegte Grünfläche wurde in den Inventaren der beiden Varianten berücksichtigt. Jedoch kann anhand der gewählten Vorgehensweise der lokale Beitrag zur Biodiversität nicht ausreichend abgebildet werden.

6 SCHLUSSFOLGERUNG

Beide Projektvarianten erhöhen den ökologischen Wert im Vergleich zum heute bestehenden Dach. Die Variante Solardach weist insbesondere aufgrund der reduzierten Grünfläche einen deutlich geringeren ökologischen Wert auf als die Variante Baueingabe/Gründach. Der Vergleich der Umweltwirkung anhand der Ökobilanzierung zeigt, dass unter der Annahme der Substitution des Netzbezugs von Strom beide Dachvarianten eine positive Umweltwirkung erbringen, wobei die positive Umweltwirkung des Solardaches deutlich grösser ausfällt.

Aufgrund von Projektanpassungen konnte der ökologische Wert des Solardaches pro m² begrünter Dachfläche im Vergleich zum bisherigen Projekt bereits gesteigert werden. Mit Hilfe von weiteren Massnahmen im Rahmen der Ausführungsplanung (siehe Kapitel 7) sind zudem weitere Verbesserungen möglich.

Der ökologische Verlust sowie die positive Umweltwirkung durch die Projektänderung können aufgrund der nicht direkt vergleichbaren Methoden nicht quantitativ gegeneinander aufgerechnet werden. Während die Umweltwirkung einen Gewinn auf hoher Betrachtungsebene darstellt, betrachtet die ökologische Qualität den direkten Nutzen für die lokale Flora- und Fauna.

7 EMPFEHLUNGEN FÜR DIE WEITERE PLANUNG

Im Rahmen der Ausführungsplanung empfehlen wir das Projekt hinsichtlich folgender Aspekte zu präzisieren:

- Empfehlungen zum Substrat:
 - Durch eine Erhöhung der durchschnittlichen Substrathöhe auf 15 cm (Randbereiche) sowie 17 cm (Hauptfläche) des Solardaches könnte eine Steigerung der ökologischen Qualität um 20 QP erreicht werden. Dies wäre ökologisch wünschenswert, damit ein grösserer Anteil der Flächen oberhalb von 12 cm liegt. Es wird empfohlen in der Ausführung zu prüfen, ob unter Einhaltung der Auflast sowie den notwendigen Abständen von PV-Anlagen und Rundkiesstreifen eine weitere Optimierung möglich ist.
 - Die Substrathöhenangabe ist als durchschnittliche Höhe (gesetzt) zu verstehen. Für eine optimale ökologische Qualität ist ein Mikrorelief auszubilden. Es ist dabei darauf zu achten, dass möglichst viel der Substrathöhe auf über 12 cm liegt.
 - In der aktuellen Planung für das Solardach sind bereits zwei verschiedene Saatgutmischungen sowie leicht unterschiedliche Substratmischungen vorgesehen. Zur Förderung der Biodiversität wird eine zusätzliche Variation der Substrat- und Saatgutzusammensetzungen empfohlen. Aufgrund der grossen Fläche können durch unterschiedliche Substrate unterschiedliche Lebensraumbedingungen und Mikrohabitate geschaffen werden.



- Strukturelemente:
 - Für eine möglichst diverse und ökologisch funktionale Gestaltung der Strukturelemente (Material, Positionierung, Grösse) wird empfohlen eine Fachperson Ökologie beizuziehen.
 - Die Anpflanzung von spezifischen Futterpflanzen auf den Substraterhöhungen und Strukturelementen kann die ökologische Qualität der Dachflächen weiter erhöhen.
- Förderung von seltenen Arten:
 - Um die auf dem heutigen Dach vorkommenden seltenen und geschützten Pflanzenarten auf das neue Dach umsiedeln zu können, wird empfohlen während der Vegetationsperiode 2024 entsprechende Massnahmen einzuleiten (z.B. Saatgutsammlung). Es ist auch möglich zusätzliche Arten auf dem Dach anzusiedeln.
 - Auf dem neuen Dach sollen Substraterhöhungen mit einem Anteil Wandkies erstellt werden (sofern gemäss Auflasten möglich). So könnten sich einige seltene Arten in der lückigen Vegetation längerfristig halten.
- Besonnung:
 - Ökologische Strukturen und Ausgleichsflächen in ausschliesslich möglichst beschatteten Bereichen weisen eine deutlich geringere ökologische Qualität auf als in besonnten Bereichen. Beschattete Bereiche unterhalb der Panels oder im Gebäudeschatten können zwar Rückzugsorte bei extremer Hitze und Trockenheit sein, weisen aber häufig eine deutlich schlechtere Vegetationszusammensetzung auf.
 - Eine weitere Optimierung kann insbesondere durch die Verschiebung von trockenen Strukturelementen in sonnigere Bereiche erzielt werden. Dabei sind die Mindestabstände zu den Panels und Rundkiesstreifen für Substraterhöhungen einzuhalten. Für feuchte Strukturelemente kann eine Position in weniger sonnigen Bereichen aufgrund der geringeren Verdunstung von Vorteil sein.
- Sicherung einer ökologischen Pflege ohne Unterbrüche (Erstellungspflege, Betrieb) um die Etablierung von Problemflanzen auf dem neuen Dach von Anfang an einzuschränken.
- Empfehlungen zur Verbesserung des Umweltnutzens:
 - Blähschiefer weist eine schlechte CO₂-Bilanz auf. Es ist zu prüfen, ob dieser Substratanteil durch ein geeignetes Material ersetzt werden kann.
 - Insbesondere bei der Umsetzung der Variante Gründach ist die Verwendung eines erneuerbaren Stromproduktes zur Deckung des verbliebenen Strombedarfs zu empfehlen.