

# Ökobilanzierung und Ökoeffizienzanalyse (SEBI) zweier GEO-zertifizierter Golfplätze von Swiss Golf und Abschätzung der Umweltwirkung der Schweizer Golffläche



*Foto: Golf Lausanne – Blick auf Grün und Wasserspeicher Loch 15*

## **Verfasser**

Thomas Pohl

Umtec Technologie AG  
Eichtalstrasse 54, 8634 Hombrechtikon  
Tel: 055 211 02 82

Datum: 24. Januar 2021

---

Im Auftrag von Swiss Golf, Jan Driessens, Präsident Swiss Golf Kommission Nachhaltigkeit & Golfanlagen, member of the board



## Executive Summary

Nachhaltigkeit gehört zu den brennendsten Themen unserer Zeit. Gemäss einer aktuellen Umfrage von Swiss Golf stufen die Golferinnen und Golfer die Nachhaltigkeit im Golfsport als sehr wichtig ein [1]. In der breiten Bevölkerung wird der Golfsport, neben seinem elitären Image, als umweltbelastend wahrgenommen. Liest man den Bericht «Empfehlungen GOLF – Raumplanung – Landschaft – Umwelt» des Bundesamtes für Umwelt BAFU aus dem Jahr 1998 (ehemals BUWAL) [2], so wird dem Leser verdeutlicht, wo die Umwelt «Hot-Spots» im Golfsport liegen: Ökologisch problematisch sind der hohe Wasser- und Landverbrauch sowie der Einsatz von Pflanzenschutz- und Düngemitteln. Auch die private Mobilität der Golferinnen und Golfer sei erwähnt. Seit dem Bericht von 1998 hat sich in der Nachhaltigkeit im Golfsport sehr viel getan. Allerdings wurde seitens der Golfplatzbetreiber und Swiss Golf die Verbesserung hinsichtlich der Umweltwirkung zu wenig kommuniziert respektive bis anhin war der ökologische Schaden («Environmental Footprint») und der ökologische Nutzen («Environmental Handprint») eines Golfplatzes nicht messbar. Die Studienlage in Sachen Golf und Ökobilanzen ist in Europa schlecht und im internationalen Kontext dürftig. Bis anhin gibt es nur das «GEO-Climate Programme» [3] sowie zwei Studien ([4] und [5]), welche alle nur die Klimawirkung, den sogenannten «Carbon Footprint», von Golfplätzen abbilden. Die Klimawirkung beinhaltet die Klimaerwärmung durch Ausstoss von Treibhausgasen und ist damit nur eine Teilmenge der Umweltwirkung. In der Umweltwirkung werden verschiedene Wirkungskategorien wie die z.B. die Übersäuerung des Bodens, die Gewässerüberdüngung, die Ozonlochbildung, Ressourcen- und Wasserverbräuche, human- und/oder ökotoxikologisch relevante Schadstoffemissionen (in Luft, Wasser und Boden), die Biodiversität, Lärm sowie auch die Klimaerwärmung erfasst.

Swiss Golf möchte die Umweltwirkung ihrer Mitglieder in einer transparenten Art und Weise messbar machen. Eine Ökobilanz soll die Umweltbelastungen zweier GEO-zertifizierter Golfplätze, Lausanne und Wylihof bei Luterbach, aufzeigen und diese ins Verhältnis zum Umweltnutzen der beiden Golfplätze stellen (Stichwort: Footprint vs. Handprint). Die Ökobilanz ist eines der wichtigsten Hilfsmittel zur Analyse der Umweltwirkung. Der Wortteil «Öko» steht dabei für die Umweltwirkung und der Wortteil «Bilanz» für die buchhalterische Erfassung sämtlicher Umweltwirkungen über den ganzen Lebenszyklus eines Produkts oder Prozesses in quantitativer/numerischer Form. Es wurden GEO-zertifizierte Golfplätze ausgewählt, da diese über eine grosse Menge an Daten verfügen.

Zur Berechnung der Ökobilanz wurden folgende Methoden verwendet: die Methode der Umweltbelastungspunkte UBP (vom Bundesamt für Umwelt BAFU, gültig für die Schweiz), ILCD-Methode (Methode für EU27, internationale Perspektive), Treibhausgase (CO<sub>2</sub>-Äquivalente), Gesamtenergieaufwand (kumulierter Energieaufwand KEA in MJ Oil-Äquivalente inkl. Grauenergie) sowie Biodiversität mittels LC-Impact Methode (entwickelt von der ETH Zürich und weiteren Institutionen in Zusammenarbeit mit WWF). Die Systemgrenze der Ökobilanz umfasst den gesamten Golfplatz inkl. den Betrieb und Unterhalt sowie die private Mobilität der Mitglieder. Damit kann Swiss Golf mit der Ökobilanz die mittlere Umweltbelastung (Environmental Footprint) sowie den mittleren Umweltnutzen (Environmental Handprint) pro Golferin und Golfer für die untersuchten Golfplätze ausweisen. Auch eine allgemeine Aussage (Abschätzung durch Hochrechnung) über die Umweltwirkung der gesamten Golfplatzfläche der Schweiz wurde dadurch möglich. Eine konkrete Aussage über die spezifische Umweltwirkung eines anderen Golfplatzes (neben Lausanne und Wylihof) ist hingegen nicht möglich. Allerdings steht das Ökobilanzmodell nach dieser Studie bereit und könnte zu einem späteren Zeitpunkt für weitere Golfplätze verwendet werden. Die Erstellung des Ökobilanzmodells bildet einen aufwendigen Schritt in der gesamten Analyse und würde die Ökobilanz weiterer Golfplätze vereinfachen. Somit kann die Ökobilanz weiterer Golfplätze zu einem späteren Zeitpunkt kostengünstig geliefert werden.

Nach der Berechnung der Ökobilanz, wurde der von Thomas Pohl entwickelte Ökoeffizienz-Indikator SEBI (Specific-Eco-Benefit-Indicator) angewandt. Dieser Ökoeffizienz-Indikator zeigt auf, in welche Umweltmassnahme das Geld hinsichtlich ökologischem Nutzen am besten investiert ist. Am ökoeffizientesten sind Umweltmassnahmen, die pro ausgegebenen Schweizer Franken am meisten Umweltnutzen abwerfen. Für die Ökoeffizienzanalyse SEBI braucht es Informationen zu den Bereichen Ökologie (Ökobilanz) und Ökonomie (Kostenanalyse).

Auf diese Weise wird der Umweltnutzen einer Massnahme gegenüber der Basis (z.B. Status quo) durch «vermeidene Umweltbelastungspunkte (vUBP)» quantifiziert. Der Quotient vUBP/CHF ist der SEBI. Zur Berechnung des SEBI wird der gegenüber dem Referenzszenario zusätzliche Umweltnutzen (in vUBP) durch die zusätzlichen Kosten dieser Massnahme dividiert. Der SEBI ergibt sich damit in vUBP/CHF. Ein hoher SEBI steht damit für eine besonders ökoeffiziente Massnahme. Nach der Berechnung der Ökoeffizienz folgt die Ermittlung der Ökoeffektivität. Die Ökoeffektivität zeigt den relativen Beitrag einer Umweltmassnahme zur Verbesserung der Ökobilanz eines Golfplatzes auf, z.B. wie viel Prozent des gesamten Umweltnutzens von einer Photovoltaikanlage im Gesamt-Kontext aller Umweltmassnahmen zustande kommt.

Zum Abschluss wurden die Ergebnisse der Ökoeffizienz- und Ökoeffektivitätsanalyse kombiniert und konkrete Handlungsoptionen für Golfplätze in der Schweiz im Allgemeinen und für die Golfplätze Lausanne und Wylihof im Speziellen abgeleitet.

Die Ökobilanz, Ökoeffizienz- und Ökoeffektivität-Analyse zeigte Folgendes auf:

- In der UBP-Betrachtung hat Golf seit 1998 (Studie BUWAL [2]) einen Riesenschritt vorwärts gemacht, der Umweltimpact ist 38% gesunken.
- Die ökologischen Hot-Spots von Golfplätzen liegen bei den Ressourcen (Bau Clubhaus und Golfplatz), bei den Betriebsmitteln (Pflege des Golfplatzes) sowie bei der Energie und in der Mobilität (An- und Abreise). Von untergeordneter ökologischer Bedeutung sind die Bereiche Wasser, Abfälle und Lärmvermeidung.
- Die grössten ökologischen Entlastungen bei Golfplätzen stammen aus der CO<sub>2</sub>-Sequestration der Rasengräser und aus der Biodiversität.
- Bei der Biodiversität schneiden Golfplätze um 60% besser ab als Landwirtschaftsflächen.
- Der Hauptunterschied der Ökobilanz von Golfplatz Lausanne vs. Wylihof kommt hauptsächlich aus der Anzahl Mitglieder und Anzahl gespielter Runden, die bei Wylihof wesentlich höher ist (ca. 40'000 Runden Wylihof vs. 20'000 Runden Lausanne). Die Umweltbilanz für den gesamten Golfplatz Wylihof ist höher, da grössere Fläche (27-Lochanlage), allerdings ist die Umweltbilanz pro Golfer besser, da viel mehr Runden gespielt werden.
- Unterschiede Lausanne vs. Wylihof: Wasser (Grundwasser vs. Flusswasser), Wärmebereitstellung (Heizöl vs. Holzpellets), CO<sub>2</sub>-Sequestration (Anteil an Hochleistungsgräser zur CO<sub>2</sub>-Bindung höher bei Wylihof)
- Es gibt nun konkrete Handlungsoptionen zur Verbesserung der Umweltbilanz für Swiss Golf Mitglied-Clubs im Allgemeinen, sowie auch für Golf Lausanne und Wylihof im Speziellen.
- Bei den Handlungsoptionen ist es wichtig, den Golfplatz gesamtheitlich zu betrachten und gegebenenfalls mit den Verantwortlichen vor Ort die Massnahmen zu besprechen. Das Ökosystem muss gesamtheitlich mit allen Kompartimenten (Boden, Wasser und Luft) und der Biodiversität inkl. allfällig auftretenden Zielkonflikten betrachtet und in Einklang dessen die Handlungsoptionen umgesetzt werden. Das kann je nach geografischer Lage (in der Schweiz gibt es Golfplätze auf 1'500

Meter oder auf 400 Meter über Meer) sowie je nach der Bodenbeschaffenheit (Aufbau und Struktur) oder der Rasensorte stark variieren.

- Um klimaneutral zu sein, müssten Golf Lausanne und/oder Wylihof für CHF 7'000-8'000 pro Jahr CO<sub>2</sub>-Zertifikate kaufen (knapp 10 Schweizer Franken pro Mitglied und Jahr).
- Das in dieser Studie erarbeitete Ökobilanzmodell ist zukünftig auch für weitere Golfplätze national wie auch international (mit Anpassungen betreffend UBP-Methode) anwendbar. Das Ökobilanzmodell ermöglicht auch die Bewertung von Biodiversität und Lärmvermeidung, was herkömmliche Ökobilanzen nicht können.
- Eine Abschätzung der Umweltwirkung der Golffläche der Schweiz ergab, dass pro Golfer/in und Tag rund 32'000 UBP an Umweltbelastung ausgelöst werden (entspricht an 100 km Autofahren / 190 WC-Rollen oder einem Grillsteak von 350 Gramm Rindfleisch).
- Die SEBI-Methodik umfasst einiges mehr als die GEO-Methodik und ist einzigartig. Sie bezieht wirtschaftliche Aspekte mit ein und zeigt dadurch auf, wo das Geld am effizientesten eingesetzt wird und wo Handlungsoptionen liegen. Damit lassen sich die «low-hanging-fruits» identifizieren, was nicht heisst, dass die anderen Massnahmen nicht umgesetzt werden sollten, sondern einfach zu einem späteren Zeitpunkt.
- Die vorliegende Studie zeigt Swiss Golf und seinen Mitgliedern, den Schweizer Golfern und Golferinnen, wo sie hinsichtlich ihrem ökologischen Foot- und Handprint stehen. Die umfassende Ökobilanz berücksichtigt erstmals für den Golfsport wichtige Umweltbereiche wie die Landnutzung & Biodiversität und die Lärmvermeidung und schafft damit Transparenz für Swiss Golf in der Diskussion mit unterschiedlichen Stakeholdern innerhalb und ausserhalb des Golfsports.

Im Rahmen der vorliegenden Studie wurden ökonomische und ökologische Aspekte mit der SEBI-Methodik miteinbezogen. Gesellschaftliche Aspekte - im Sinne einer ganzheitlichen Betrachtung der drei Säulen der Nachhaltigkeit – sind neben den ökologischen und ökonomischen Aspekten ebenfalls wichtig. Allerdings kann die SEBI-Methode gesellschaftliche Aspekte nicht ohne eine Monetarisierung oder Abbildung als Umweltwirkung mitberücksichtigen. Häufig sind gesellschaftliche Aspekte schwer quantifizierbar und tauchen deshalb bei quantitativen Analysen nicht auf (höchstens in qualitativer Form). Im Golfsport wären neben den ökologischen und ökonomischen Betrachtungen auch Aspekte wie die Gesundheitsförderung oder weitere ethische Aspekte wichtig. Auch Ökosystemleistungen wie der Erholungswert oder die Umgebungskühlung (Bäume und Bodenbedeckung) sind wichtige Aspekte im Zusammenhang mit dem Golfsport. Diese könnten z.B. über die Erhebung von externen Kosten, über die Umweltschaden-Vermeidungspreis-Methode oder mittels einer Multikriterien-Analyse bewertet und mit dem bereits bestehenden SEBI-Modell zusammengeführt werden. Das wäre eine spannende Ergänzung des vorhandenen SEBI-Modells von Swiss Golf.

## Inhalt

1	Zusammenfassung .....	8
1.1	Hintergrund .....	8
1.2	Methodik .....	8
1.3	Resultate und Diskussion.....	11
1.3.1	Ökobilanz.....	11
1.3.2	Ökoeffizienz SEBI.....	18
1.3.3	Ökoeffektivität.....	23
1.4	Handlungsoptionen .....	23
1.4.1	Durchschnittliche Golfanlage Schweiz .....	24
1.4.2	Golf Lausanne und Golf Wylihof .....	25
1.5	Schlussfolgerungen.....	28
1.6	Ausblick.....	29
2	Einleitung .....	30
2.1	Ausgangslage .....	30
2.2	Problemanalyse .....	30
2.2.1	Environmental Footprint.....	30
2.2.2	Environmental Handprint.....	31
2.2.3	Studienlage.....	33
2.3	Zielsetzung.....	33
2.4	Ökobilanzierer und SEBI-Spezialist .....	34
3	Begriffe & Definitionen, Abkürzungen und Einheiten .....	36
3.1	Begriffe & Definitionen (alphabetisch aufgelistet).....	36
3.2	Abkürzungen (alphabetisch aufgelistet).....	37
3.3	Einheiten (alphabetisch aufgelistet).....	38
4	Grundlagen .....	39
4.1	Ökobilanz .....	39
4.1.1	Hintergrund .....	39
4.1.2	Vorgehen .....	39
4.1.3	Verwendete Ökobilanzmethoden .....	40
4.2	Ökoeffizienz SEBI .....	44
4.3	Abschätzung des Grenz-SEBI .....	46
4.4	Ökoeffektivität .....	47

5	Material und Methoden .....	49
5.1	Vorgehen .....	49
5.2	Rahmenbedingungen Ökobilanz .....	49
5.2.1	Untersuchungsrahmen.....	50
5.2.2	Funktionelle Einheit .....	50
5.2.3	Systemgrenze .....	50
5.3	Daten .....	52
6	Resultate und Diskussion .....	54
6.1	Ökobilanz Golf Lausanne .....	54
6.1.1	Umweltbelastungspunkte UBP .....	54
6.1.2	Treibhauspotenzial CO <sub>2</sub> -eq.....	57
6.1.3	ILCD .....	60
6.1.4	Kumulierter Energieaufwand KEA.....	63
6.1.5	LC-Impact (Biodiversität).....	65
6.2	Ökobilanz Golf Wylihof.....	68
6.2.1	Umweltbelastungspunkte UBP .....	68
6.2.2	Treibhauspotenzial CO <sub>2</sub> -eq.....	72
6.2.3	ILCD .....	75
6.2.4	Kumulierter Energieaufwand KEA.....	78
6.2.5	LC-Impact (Biodiversität).....	80
6.3	Fazit Ökobilanz Golf Lausanne und Golf Wylihof .....	83
6.4	Literaturvergleich .....	84
6.5	Ökobilanz Golfplatz Schweiz und pro Golfer/in .....	84
6.6	Ökobilanz-Vergleich mit anderen Sportarten.....	86
6.7	Ökobilanz Golf Entwicklung 1998 bis 2020 .....	87
6.8	Investition in Umweltmassnahmen Golfsport Schweiz.....	90
6.9	Sensitivitätsanalyse – Ökobilanzauswertung basierend auf anderen Basisszenarien .91	
6.9.1	Golf Lausanne.....	93
6.9.2	Golf Wylihof .....	95
6.10	Ökoeffizienz .....	98
6.11	Ökoeffektivität.....	103
7	Handlungsempfehlung.....	108
7.1	Durchschnittliche Golfanlage Schweiz.....	108
7.2	Golf Lausanne und Golf Wylihof.....	110

8	Schlussfolgerung .....	114
9	Ausblick .....	115
10	Literatur .....	116
11	Abbildungen .....	121
12	Tabellen .....	127
13	Anhang .....	129
13.1	Grundlagen der Ökobilanzierung .....	129
13.1.1	Hintergrund .....	129
13.1.2	Vorgehen bei der Ökobilanzierung .....	129
13.1.3	Zielsetzung und Rahmenbedingungen .....	130
13.1.4	Funktionelle Einheit .....	131
13.1.5	Systemgrenzen .....	131
13.1.6	Sachbilanz .....	131
13.1.7	Wirkbilanz .....	132
13.1.8	Klassifizierung .....	132
13.1.9	Charakterisierung .....	133
13.1.10	Normierung .....	134
13.1.11	Gewichtung .....	134
13.1.12	Wirkungsabschätzungsmethoden .....	134
13.1.13	Auswertung .....	138
13.1.14	Modellierungsansatz .....	138
13.2	Umrechnung UBP zu CO <sub>2</sub> -Eq .....	139
13.3	Erklärung der Umweltbelastungspunkte am Beispiel der Abfallverbrennung .....	141
13.4	Daten Ökobilanz weiterer Sportarten .....	144
13.4.1	Skifahren .....	144
13.4.2	Sportschiessen 300 Meter .....	144
13.5	Daten SEBI .....	147
13.6	Daten Basisszenario «Landwirtschaft» .....	159
13.7	Vertraulicher Anhang 1: Daten zu Golf Lausanne .....	169
13.8	Vertraulicher Anhang 2: Daten zu Golf Wylihof .....	170
13.9	Vertraulicher Anhang 3: Ökobilanzmodell und Sachbilanz .....	171

## 1 Zusammenfassung

### 1.1 Hintergrund

Nachhaltigkeit gehört zu den brennendsten Themen unserer Zeit. Gemäss einer aktuellen Umfrage von Swiss Golf haben 89% der befragten Golferinnen und Golfer das Thema Nachhaltigkeit im Golfsport als sehr wichtig und 9% als wichtig eingestuft [1]. In der breiten Bevölkerung wird der Golfsport, neben seinem elitären Image, als umweltbelastend wahrgenommen. Liest man den Bericht «Empfehlungen GOLF – Raumplanung – Landschaft – Umwelt» des Bundesamtes für Umwelt BAFU (ehemals BUWAL) aus dem Jahr 1998 [2], so wird dem Leser verdeutlicht, wo die Umwelt «Hot-Spots» im Golfsport liegen: Ökologisch problematisch sind der hohe Wasser- und Landverbrauch sowie der Einsatz von Pflanzenschutz- und Düngemitteln. Auch die private Mobilität der Golferinnen und Golfer sei erwähnt. Seit dem Bericht von 1998 hat sich sehr viel getan. Swiss Golf hat die Thematik der Nachhaltigkeit und den schon früher eingeschlagenen Kurs in Richtung der proaktiven Förderung der Nachhaltigkeit im Golfsport durch eine nachhaltige Bewirtschaftung der Golfplätze, nun zum strategischen Schwerpunkt erkannt [6]. Schon der Vorgängerverband ASG (Association Suisse Golf) hat bereits seit vielen Jahren am Thema Nachhaltigkeit im Golfsport gearbeitet. Allerdings wurde seitens der Golfplatzbetreiber und seitens ASG und Swiss Golf die Verbesserung hinsichtlich der Umweltwirkung zu wenig kommuniziert respektive bis anhin war der ökologische Schaden («Environmental Footprint») und der ökologische Nutzen («Environmental Handprint») eines Golfplatzes nicht messbar. Dies hat nun die vorliegende Studie mittels einer umfassenden Ökobilanz geändert.

Swiss Golf möchte die Umweltwirkung ihrer Mitglieder in einer transparenten Art und Weise messbar machen. Eine Ökobilanz soll die Umweltbelastungen zweier GEO-zertifizierter Golfplätze (GEO: [www.sustainable.golf](http://www.sustainable.golf)), Lausanne und Wylihof bei Luterbach, aufzeigen und diese ins Verhältnis zum Umweltnutzen der beiden Golfplätze stellen (Stichwort: Footprint vs. Handprint). Es wurden GEO-zertifizierte Golfplätze ausgewählt, da diese über eine grosse Menge an Daten verfügen.

### 1.2 Methodik

Zur Schaffung von Fakten und der damit verbundenen Transparenz beauftragte Swiss Golf die Umtec Technologie AG mit der Erstellung einer umfassenden Ökobilanz. Die Ökobilanz ist eines der wichtigsten Hilfsmittel zur Analyse der Umweltwirkung. Der Wortteil «Öko» steht dabei für die Umweltwirkung und der Wortteil «Bilanz» für die buchhalterische Erfassung sämtlicher Umweltwirkungen über den ganzen Lebenszyklus eines Produkts oder Prozesses in quantitativer/numerischer Form. Die Umweltwirkung im Rahmen dieses Projekts wurde daher durch eine Ökobilanz modelliert. In das System der Ökobilanz wurden alle als relevant betrachteten Stoff- und Energieflüsse der betrachteten Golfplätze und ihren Umweltmassnahmen inkl. vor- und nachgelagerten Prozesse («cradle-to-grave») miteinbezogen. Die Sachbilanz (Erfassung aller Daten) wurde mit der Ökobilanz-Software SimaPro V9.1 [7] berechnet und für die Wirkbilanz (Bewertung der Umweltwirkung je Wirkungskategorie wie z.B. Gewässerüberdüngung oder Klimaerwärmung) verwendet. Als Datengrundlage für vorgelagerte Prozesse wurde auf Standarddaten aus ecoinvent V3.6 [8] oder eigene Prozesse (der Umtec Technologie AG) zurückgegriffen.

Die Studienlage in Sachen Golf und Ökobilanzen ist in Europa schlecht und im internationalen Kontext dürftig. Dies hat vor allem damit zu tun, dass der Sport im Vordergrund steht und ökologische Wirkungen sowie auch Ökosystemleistungen bis dato nur von wenigen Entscheidungsträgern erkannt wurden. In Europa gibt bis anhin nur das «GEO-Climate Programme» [3], welches den «Carbon Footprint» von Golfplätzen abbildet (nur die Klimawirkung). In [9] wird ansatzweise untersucht, ob es im Golfsport



möglich ist, dass ein Golfplatz CO<sub>2</sub>-neutral werden kann (Summe Handprint entspricht der Summe Footprint). Auf internationaler Ebene gibt es zwei Ökobilanzstudien aus USA [4] und Japan [5]. Diese Studien haben allerdings die Ökobilanz auch «nur» für den «Carbon-Footprint» berechnet. Bei der Bewertung des «Carbon-Footprints» können allerdings die ökologischen Folgen von Land- und Ressourcenverbrauch sowie human- und/oder ökotoxikologisch relevante Schadstoffemissionen in Luft, Wasser und Boden nicht abgebildet werden. Es lassen sich nur Emissionen von Treibhausgasen bewerten, die zur Klimaerwärmung führen. Die Bewertung einer Lärmvermeidung, der Biodiversität oder des Wasserverbrauchs kann mittels «Carbon-Footprint» nicht vorgenommen werden. Demnach unterscheidet der vorliegende Bericht zwischen Klima- und Umweltwirkung. Die Klimawirkung ist eine Teilmenge der Umweltwirkung. In der Umweltwirkung werden verschiedene Wirkungskategorien wie die z.B. die Übersäuerung des Bodens, die Gewässerüberdüngung, die Ozonlochbildung, Ressourcen- und Wasserverbräuche, human- und/oder ökotoxikologisch relevante Schadstoffemissionen sowie auch die Klimaerwärmung erfasst. Sogenannte gesamtaggrierende Ökobilanzmethoden machen eine Auswertung von mehreren Umweltwirkungskategorien als Vollaggregation zu einer Zahl über eine Gewichtung möglich, siehe dazu Abb. 1-1.

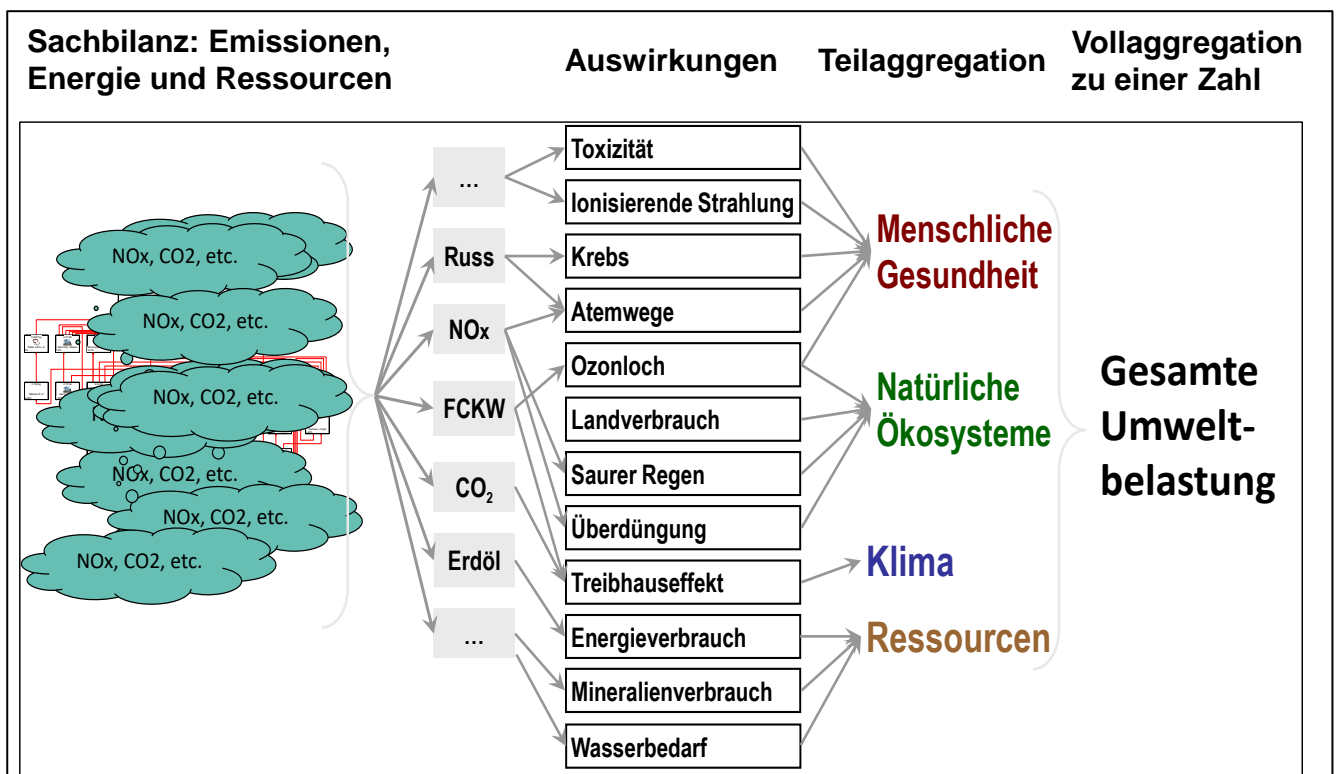


Abb. 1-1: Ablauf der Bewertung bei der Ökobilanzierung mittels gesamtaggrierender Methoden, welche die Umweltwirkung gesamtheitlich bewerten [10].

Zur Berechnung der Ökobilanz wurde die Methode der Umweltbelastungspunkte UBP verwendet. Sie gewichtet die Wirkungskategorien anhand politischer Ziele und der Gesetzgebung. Sie ist eine gesamtaggrierende Methode, die Umweltwirkungen ganzheitlich bewertet. Berücksichtigt werden dabei viele verschiedene Umweltbereiche wie z.B. Überdüngung, Wasser-, Luft- und Bodenschadstoffe (Ökotoxische und/oder humantoxische Wirkung), Ressourcenverbrauch, Energie, Klima, Landnutzung und viele mehr. Um die Aussage der Ökobilanz zu überprüfen und gegebenenfalls zu bestärken wurde als zweite gesamtaggrierende Methode die ILCD-Methode verwendet (International Reference Life Cycle Data System, internationale Methode mit Gewichtung gemäss Wissenschaftsgremium EU27). Zusätzlich wurde die Klimawirkung der Treibhausgase in Form von CO<sub>2</sub>-Equivalenten und der kumulierte

Gesamtenergieaufwand inkl. «Graue Energie» (KEA) in MJ Öl-Equivalente berechnet. Das Thema Biodiversität wird in den meisten Ökobilanzen nicht ausreichend behandelt. Die ETH Zürich hat daher in Zusammenarbeit mit weiteren Institutionen und dem WWF eine Biodiversitätsbewertungs-Methode entwickelt, die eine geografisch hochaufgelöste Umweltbewertung zulässt. Diese Methode wird LC-Impact genannt und wurde im Rahmen der vorliegenden Studie ebenfalls angewandt [11], [12], [13]. In der Zusammenfassung dieses Berichts werden die Resultate der UBP-Methode sowie der LC-Impact-Methode aufgeführt. Die Resultate der anderen Ökobilanzmethoden werden aus Platzgründen nur im Hauptteil dieses Berichts aufgeführt.

Die Systemgrenze der Ökobilanz umfasst den gesamten Golfplatz inkl. den Betrieb und Unterhalt sowie die private Mobilität der Mitglieder. Damit kann Swiss Golf mit der Ökobilanz die mittlere Umweltbelastung (Environmental Footprint) sowie den mittleren Umweltnutzen (Environmental Handprint) pro Golferin und Golfer für die untersuchten Golfplätze ausweisen. Auch eine allgemeine Aussage (Abschätzung durch Hochrechnung) über die Umweltwirkung der gesamten Golfplatzfläche der Schweiz wurde dadurch möglich. Eine konkrete Aussage über die spezifische Umweltwirkung eines anderen Golfplatzes (neben Lausanne und Wylihof) ist hingegen nicht möglich. Allerdings steht das Ökobilanzmodell nach dieser Studie bereit und könnte zu einem späteren Zeitpunkt für weitere Golfplätze verwendet werden. Die Erstellung des Ökobilanzmodells bildet einen aufwendigen Schritt in der gesamten Analyse und würde die Ökobilanz weiterer Golfplätze vereinfachen. Somit kann die Ökobilanz weiterer Golfplätze zu einem späteren Zeitpunkt kostengünstig geliefert werden. Nach der Erstellung von Ökobilanzen weiterer Golfplätze, könnte daraus ein Mittelwert als «Benchmark» abgeleitet und für den Bau/Um-bau eines neuen oder bestehenden Golfplatzes herangezogen werden. Auch die Verwendung des hier vorliegenden Ökobilanzmodells als nützliches Werkzeug zur Erfolgskontrolle im Zusammenhang mit einer Umweltverträglichkeitsprüfung erscheint interessant und sollte weiterverfolgt werden.

Der Golfsport hat auch ausserhalb seines effektiven Golfplatzperimeters positive Umweltauswirkungen durch sogenannte Ökosystemleistungen wie z.B. Vernetzung natürlicher Habitats, Korridore, Kühlungsleistung (Klima), Retention durch Versickerungsfläche, Hochwasserschutz und einige mehr. Diese Aspekte, die ausserhalb des Golfplatzperimeters liegen wurden in der vorliegenden Studie nur qualitativ, nicht aber quantitativ mitberücksichtigt.

Nach der Berechnung der Ökobilanz, wurde der von Thomas Pohl entwickelte Ökoeffizienz-Indikator SEBI (Specific-Eco-Benefit-Indicator) angewandt. Dieser Ökoeffizienz-Indikator zeigt auf, in welche Umweltmassnahme das Geld hinsichtlich ökologischem Nutzen am besten investiert ist. Am ökoeffizientesten sind Umweltmassnahmen, die pro ausgegebenen Schweizer Franken am meisten Umweltnutzen abwerfen. Für die Ökoeffizienzanalyse SEBI braucht es Informationen zu den Bereichen Ökologie (Ökobilanz) und Ökonomie (Kostenanalyse).

Auf diese Weise wird der Umweltnutzen einer Massnahme gegenüber der Basis (z.B. Status quo) durch «vermeidene Umweltbelastungspunkte (vUBP)» quantifiziert. Der Quotient  $vUBP/CHF$  ist der SEBI. Zur Berechnung des SEBI wird der gegenüber dem Referenzszenario zusätzliche Umweltnutzen (in vUBP) durch die zusätzlichen Kosten dieser Massnahme dividiert. Der SEBI ergibt sich damit in  $vUBP/CHF$ . Ein hoher SEBI steht damit für eine besonders ökoeffiziente Massnahme. Abb. 1-2 zeigt das Vorgehen bei der SEBI-Berechnung auf.

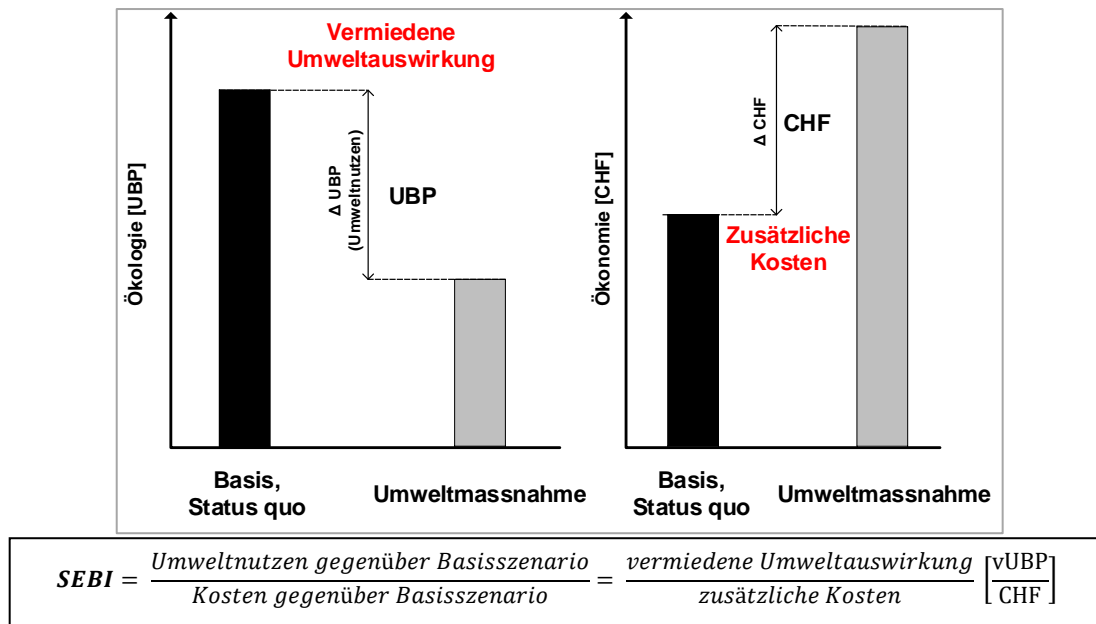


Abb. 1-2: Der SEBI errechnet sich aus dem Quotienten der vermiedenen Umweltauswirkung und den zusätzlichen Kosten. Links: Ökologie, rechts: Ökonomie.

Damit wird für Swiss Golf ersichtlich, welche Massnahmen die «low-hanging-fruits» darstellen und somit prioritär umgesetzt werden sollten. Was nicht heisst, dass die anderen Massnahmen mit einer tieferen Ökoeffizienz nicht auch umgesetzt werden, sondern einfach zu einem späteren Zeitpunkt, ganz im Sinne «das eine tun und das andere nicht lassen». Gemäss Berechnungen der Hochschule für Technik in Rapperswil HSR liegt die «Toleranzschwelle» von Umweltmassnahmen bei ca. 2'500 vUBP/CHF.

Nach der Berechnung der Ökoeffizienz folgt die Ermittlung der Ökoeffektivität. Die Ökoeffektivität zeigt den relativen Beitrag einer Umweltmassnahme zur Verbesserung der Ökobilanz eines Golfplatzes auf, z.B. wie viel Prozent des gesamten Umweltnutzens von einer Photovoltaikanlage im Gesamt-Kontext aller Umweltmassnahmen zustande kommt.

Zum Abschluss wurden die Ergebnisse der Ökoeffizienz- und Ökoeffektivitätsanalyse kombiniert und konkrete Handlungsoptionen für Golfplätze in der Schweiz im Allgemeinen und für die Golfplätze Lausanne und Wylihof im Speziellen abgeleitet.

### 1.3 Resultate und Diskussion

#### 1.3.1 Ökobilanz

Abb. 1-3 oben zeigt das Ergebnis der Ökobilanz für den Golfplatz Lausanne ausgewertet mittels der Methode der ökologischen Knappheit (UBP-Methode) für einzelne Bereiche von Mobilität bis zur Lärmvermeidung. In roter Farbe sind die Umweltbelastungen (Footprint) und in grüner Farbe die Umweltentlastungen (Handprint) abgebildet. Das Ergebnis umfasst die Umweltwirkung des Golfplatzes pro Jahr. Aufaddiert kommt Golf Lausanne auf eine jährliche netto Umweltbelastung von 597 Mio. UBP (siehe dazu auch Abb. 1-6). Das entspricht 511'202 UBP pro Golfer/in und Jahr. Zur Einordnung: gemäss BAFU [14] verursacht ein/e durchschnittliche/r Schweizer/in pro Jahr im Bereich Freizeit/Kultur/Sport 1'100'000 UBP. Dazu gehören auch Theater-, Kino- und Konzertbesuche sowie alle anderen Freizeit- und Sportaktivitäten. Pro gespieltes Loch entspricht die Umweltwirkung des Golfplatzes Lausanne 1'560 UBP (597 Mio. UBP dividiert durch 18 Löcher und dividiert durch Anzahl gespielter Runden pro Jahr).

Spielt ein/e Golfer/in auf dem Golfplatz Lausanne einen Tag Golf (im Mittel wird in Lausanne eine Runde von 18-Löchern gespielt), so beläuft sich die Umweltbelastung auf  $1'560 \text{ UBP} \times 18 \text{ Löcher} = 28'080 \text{ UBP/Golfer und Tag}$ . Diese Umweltwirkung entspricht der Umweltbelastung von 90 km Autofahren mit einem durchschnittlichen PW oder der Umweltbelastung verursacht durch die Bereitstellung von 170 Rollen WC-Papier oder einem Grillsteak (350 g Rindfleisch).

Abb. 1-3 unten zeigt das Ergebnis der Ökobilanz für den Golfplatz Wylihof. Aufaddiert kommt Golf Wylihof auf eine jährliche netto Umweltbelastung von 1'096 Mio. UBP (siehe dazu auch Abb. 1-6). Das entspricht 478'717 UBP pro Golfer/in und Jahr, (zur Einordnung gemäss BAFU [14] verursacht ein/e durchschnittliche/r Schweizer/in pro Jahr im Bereich Freizeit/Kultur/Sport 1'100'000 UBP. Dazu gehören auch Theater-, Kino- und Konzertbesuche sowie alle anderen Freizeit- und Sportaktivitäten). Pro gespieltes Loch entspricht die Umweltwirkung des Golfplatzes Wylihof 974 UBP ( $1'096 \text{ Mio. UBP}$  dividiert durch 27 Löcher und dividiert durch Anzahl gespielter Runden pro Jahr). Spielt ein/e Golfer/in auf dem Golfplatz Wylihof einen Tag Golf (im Mittel wird in Wylihof eine Runde von 18 Löchern gespielt), so beläuft sich die Umweltbelastung auf  $974 \text{ UBP} \times 18 \text{ Löcher} = 17'532 \text{ UBP/Golfer und Tag}$ . Diese Umweltwirkung entspricht der Umweltbelastung von 55 km Autofahren mit einem durchschnittlichen PW oder der Umweltbelastung verursacht durch die Bereitstellung von 100 Rollen WC-Papier oder einem Grillsteak (200g Rindfleisch).

Die ökologischen Hot-Spots liegen bei den Ressourcen (Bau Clubhaus und Golfplatz), bei den Betriebsmitteln (Pflege des Golfplatzes) sowie bei der Energie und in der Mobilität (An- und Abreise). Von untergeordneter ökologischer Bedeutung sind die Bereiche Wasser, Abfälle und Lärmvermeidung. Die grössten ökologischen Entlastungen stammen aus der CO<sub>2</sub>-Sequestration der Rasenränder und aus der Biodiversität. Die Umweltbilanz der Auswertungsstufe für den gesamten Golfplatz ist bei Wylihof schlechter, da Golf Wylihof auch die grössere Fläche (27-Lochanlage) besitzt. Allerdings ist die Umweltbilanz pro Golfer besser, da deutlich mehr Runden pro Jahr gespielt werden (ca. 40'000 Runden pro Jahr in Golf Wylihof vs. 20'000 Runden pro Jahr in Golf Lausanne). Weitere Unterschiede zwischen Golf Lausanne und Golf Wylihof liegen im Bereich Wasser (Grundwasser vs. Flusswasser), in der Wärmebereitstellung (Heizöl vs. Holzpellets), in der CO<sub>2</sub>-Sequestration (Anteil an Hochleistungsgräser zur CO<sub>2</sub>-Bindung ist höher bei Golf Wylihof).

Die Biodiversitätsanalyse mittels LC-Impact-Methode zeigt auf, dass beide Golfplätze einen deutlich tieferen Biodiversitätsverlust aufweisen gegenüber anderer anthropogener Nutzungsarten. Die Hauptaussage des Ergebnisses der LC-Impact Methode der Biodiversitätsbewertung ist: Gegenüber der früheren Landnutzungsform (90% Landwirtschaft, 10% Wald) ist der Biodiversitätsverlust beim Golfplatz Wylihof 60% tiefer.

Auffällig ist, dass der Bereich Wasser ökologisch gemäss UBP-Methode nicht relevant ist. Wasser ist in der Schweiz (noch) nicht ökologisch knapp und wird daher von der Methode der ökologischen Knappheit (auch UBP-Methode genannt) nicht stark gewichtet (da Grundwasservorräte um ein Vielfaches höher sind als der jährliche Bezug). Der Handprint (ökologische Entlastung) beträgt bei beiden Golfplätzen 36% des ökologischen Footprints und kommt vor allem durch die CO<sub>2</sub>-Sequestration und durch die Biodiversität zustande. Die Abb. 1-4 und Abb. 1-5 bilden die Bereiche aus Abb. 6-1 für Golf Lausanne und Wylihof aufgeschlüsselt in Unterbereiche ab. Damit wird ersichtlich wo die ökologischen «Hot-Spots» liegen.

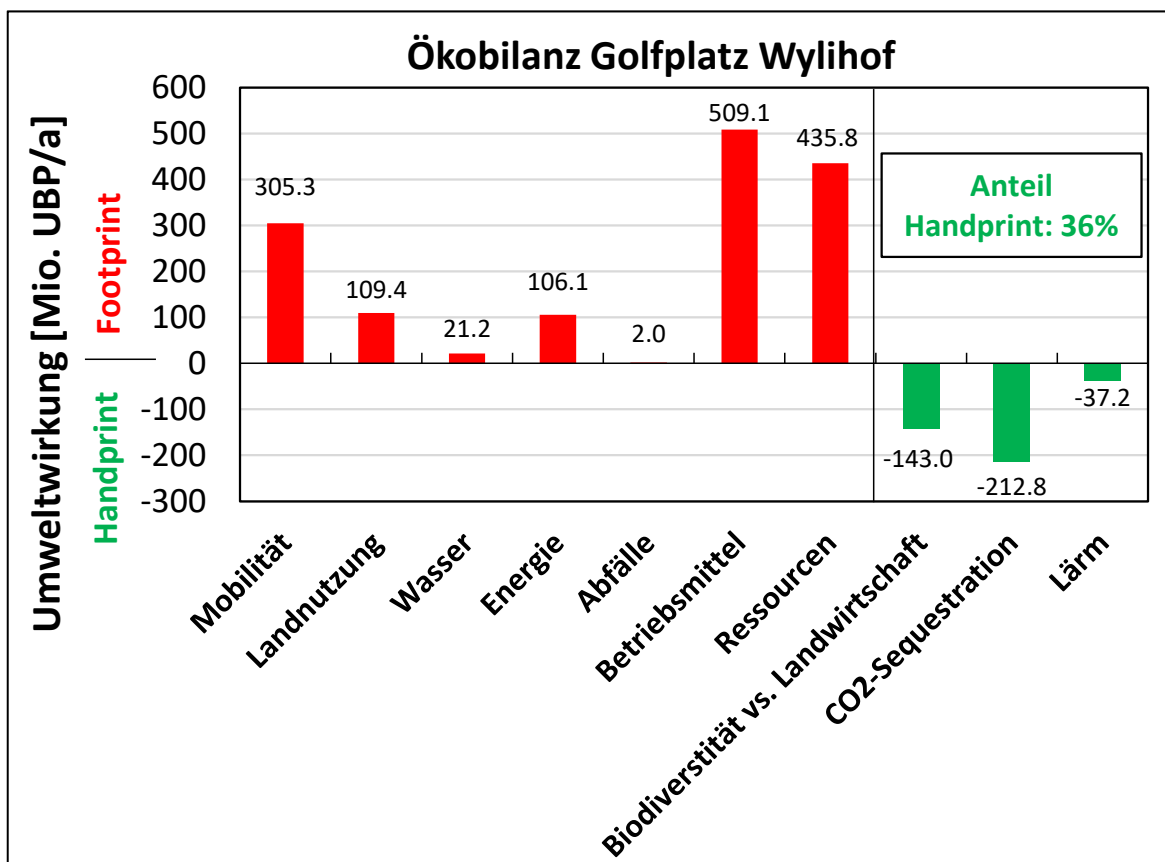
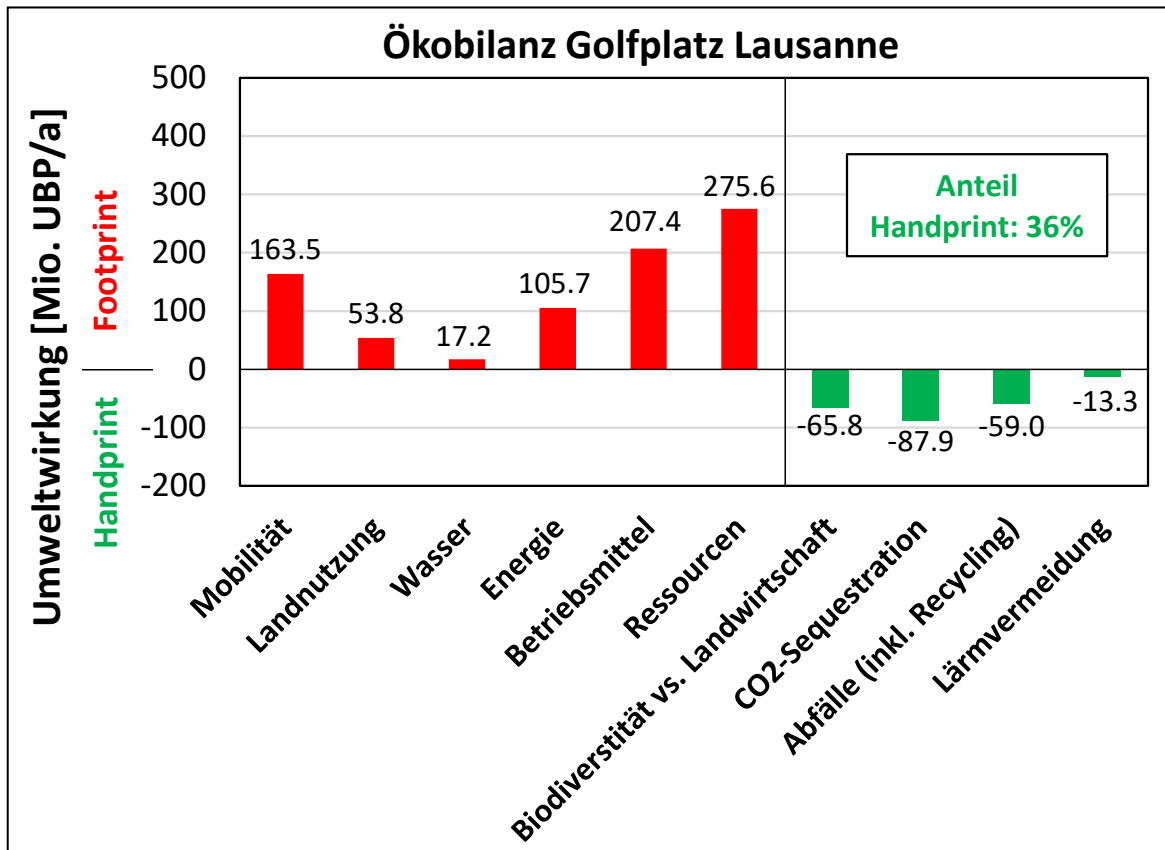


Abb. 1-3: Oben: Resultat der Ökobilanz ausgewertet mittels UBPMethode für den Golfplatz Lausanne, unten: Auswertung für den Golfplatz Wylihof. Links sind in roter Farbe die Umweltbelastungen, rechts in grüner Farbe die Umweltempfänge aufgeführt.

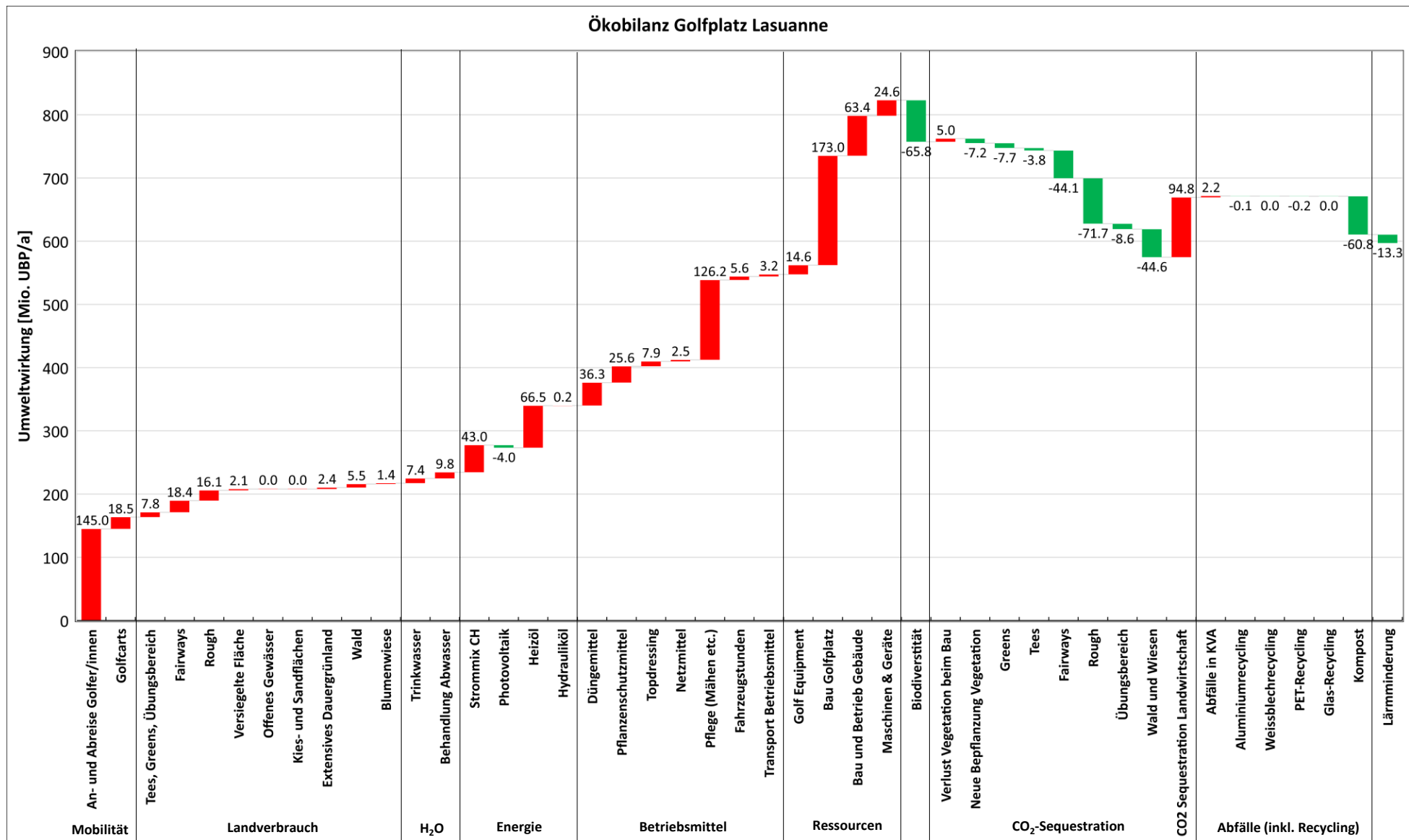


Abb. 1-4: Detailansicht des Resultats der Ökobilanz mittels UB-PMethode für den Golfplatz Lausanne. Rot zeigt eine Umweltbelastung und Grün zeigt eine Umweltentlastung an.

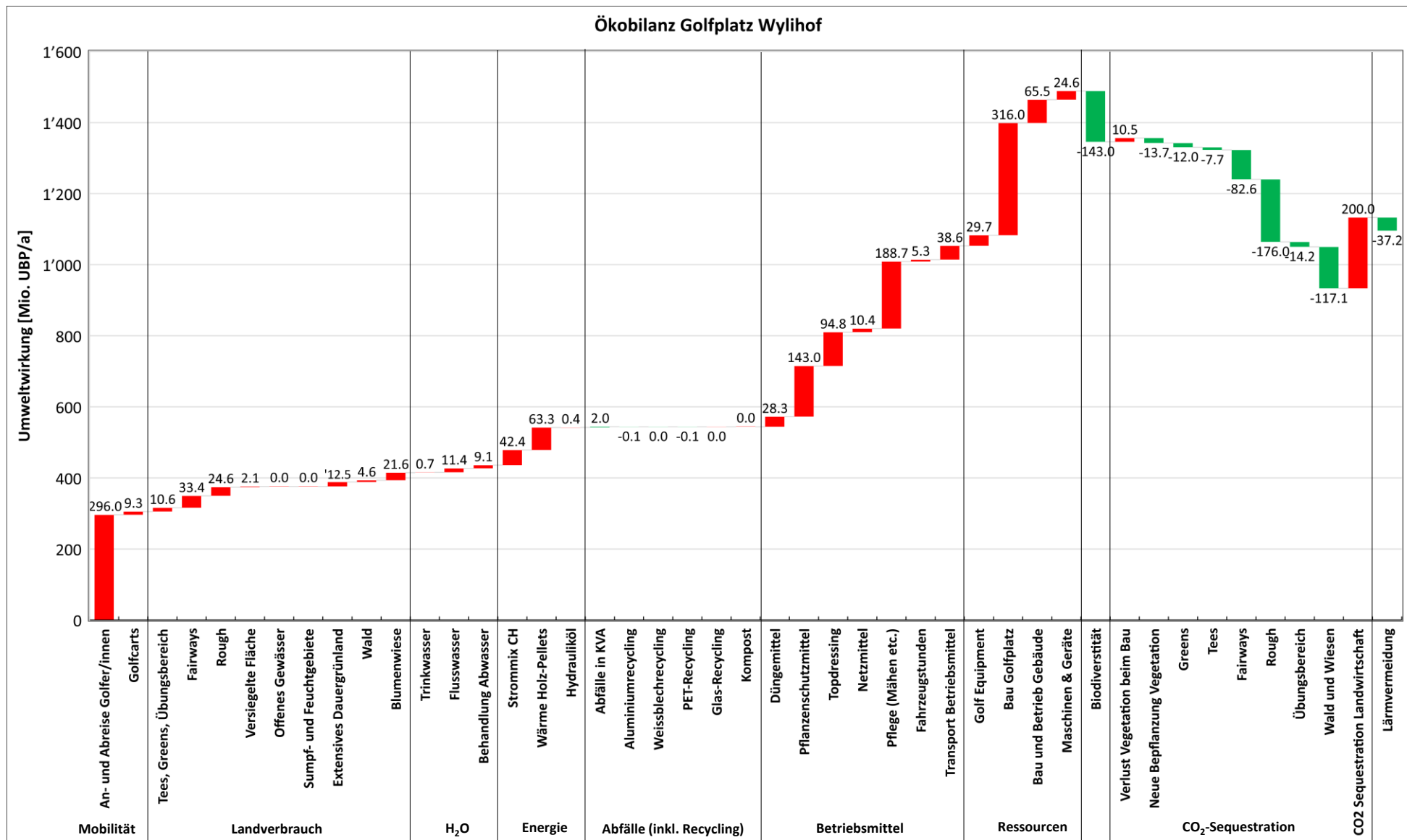


Abb. 1-5: Detailansicht des Resultats der Ökobilanz mittels UBP-Methode für den Golfplatz Wylihof. Rot zeigt eine Umweltbelastung und Grün zeigt eine Umweltentlastung an.

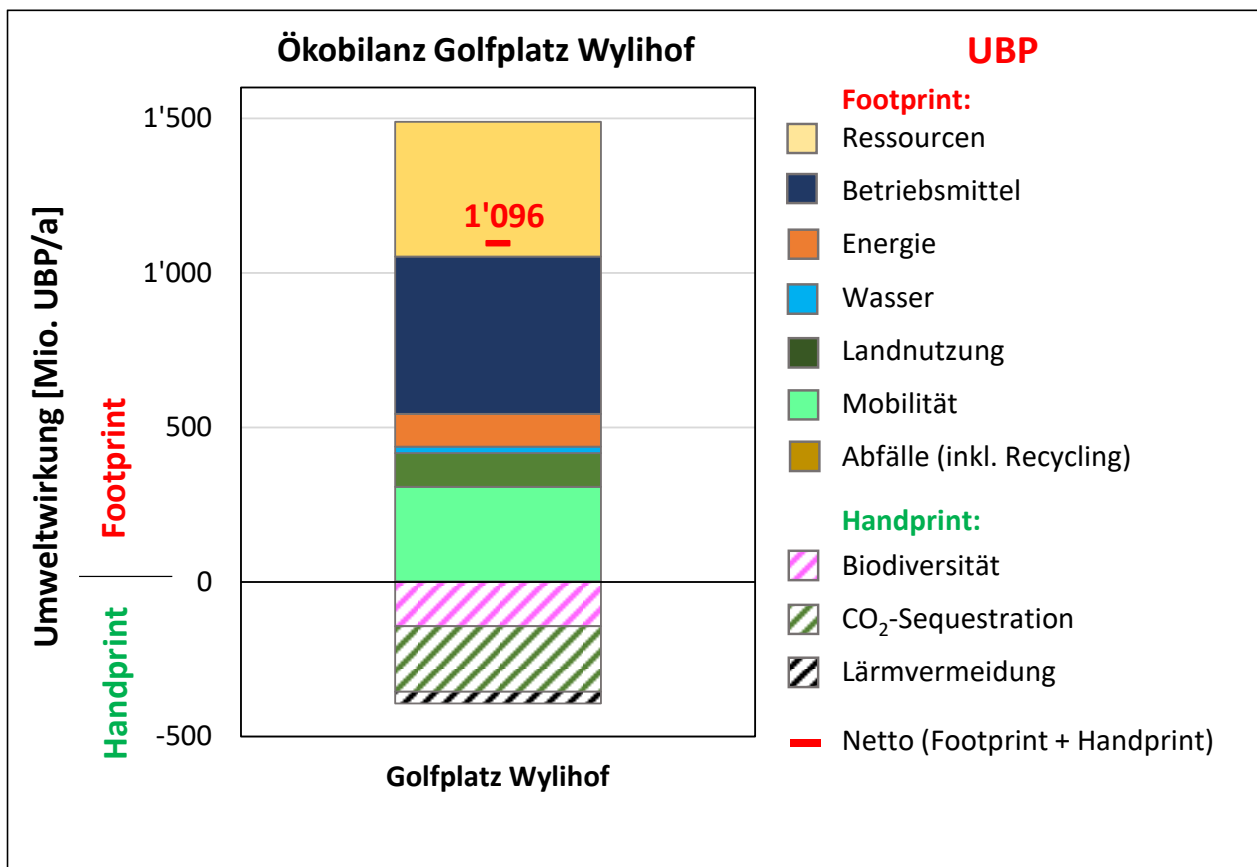
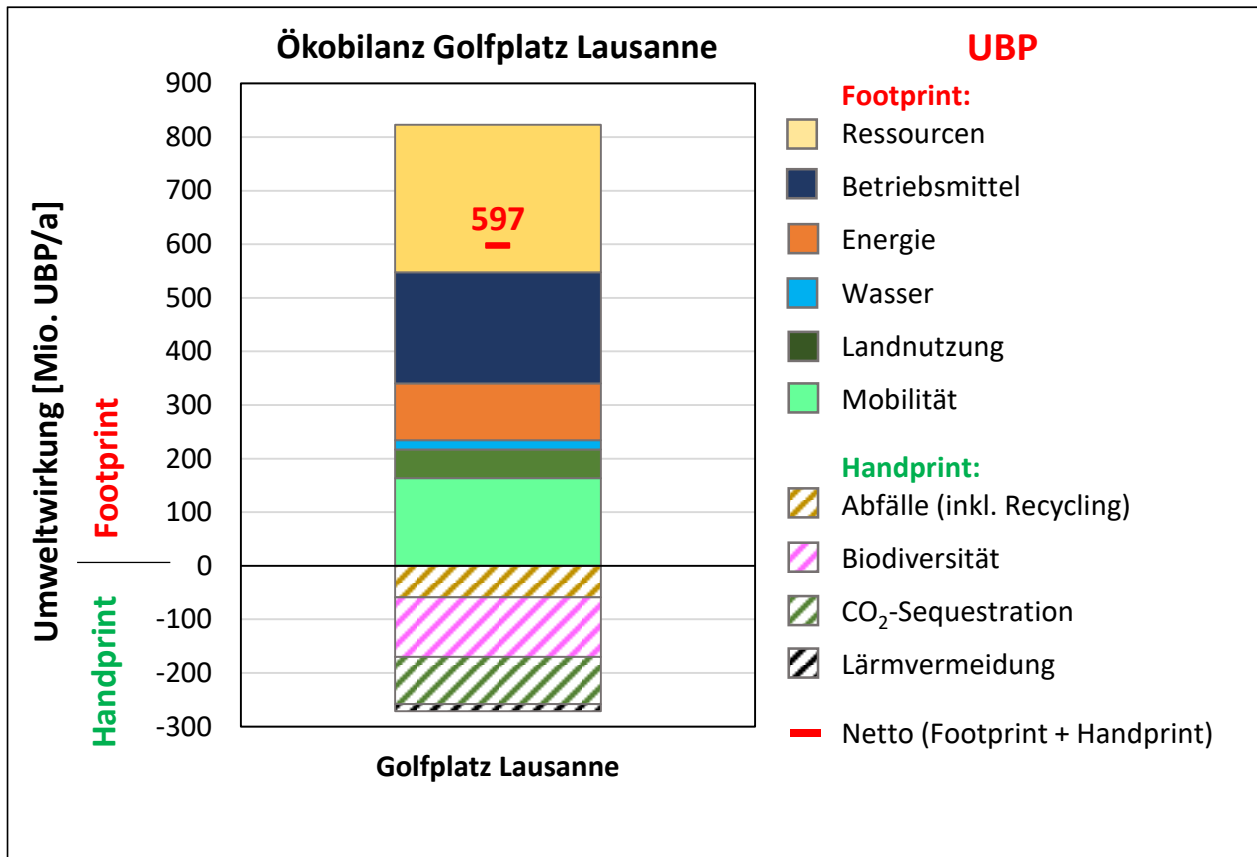


Abb. 1-6: Oben: Resultat der Ökobilanz des Golfplatzes Lausanne und unten: Ökobilanz des Golfplatzes Wylihof mittels UBP-Methode als Säulendiagramm. Umweltbelastung (Footprint) sind oberhalb der Nulllinie und Umweltentlastungen (Handprint) sind unterhalb der Nulllinie.



Nach der Berechnung der Ökobilanz von Golf Lausanne und Golf Wylihof, wurde im Rahmen dieses Projekts eine Abschätzung der Ökobilanz der Golffläche in der Schweiz vorgenommen, siehe Tabelle 1-1. Die Berechnung wurde auf Basis der Daten von Golf Lausanne und Wylihof durchgeführt. Im Mittel wird in der Schweiz auf einem Golfplatz pro Golfer und Tag 32'000 UBP an Umweltbelastung ausgelöst. 32'000 UBP entsprechen 100 km Autofahren oder der Umweltbelastung verursacht durch die Produktion von 190 WC-Rollen oder der der Umweltbelastung verursacht durch 250 Tassen Kaffee.

*Tabelle 1-1: Zusammenstellung der Umweltwirkung Golf Lausanne / Wylihof und der Durchschnitt Schweiz.*

<b>Golfplatz</b>	<b>Umweltwirkung Golfplatz [Mio. UBP/Jahr]</b>	<b>Umweltwirkung pro Golfer/in [UBP/Jahr]</b>	<b>Umweltwirkung pro gespieltes Loch [UBP/Loch]</b>	<b>Umweltwirkung pro Golfer/in und Tag [UBP]</b>
Lausanne	597	511'202	1'560	28'080
Wylihof	1'096	478'717	974	17'532
<b>Ø Schweiz</b>	<b>575</b>	<b>581'573</b>	<b>1'965</b>	<b>31'971</b>

Neben der durchschnittlichen Belastung pro Golfer/in und Tag (im Mittel wird eine Runde pro Tag gespielt) wurde die Umweltbelastung für einen Tag Skifahren und einen Tag Sportschiessen auf 300 Meter Distanz abgeschätzt (verbreitetste Art des Schiesssports in der Schweiz), siehe Tabelle 1-2. Im Vergleich mit der Umweltbelastung von 32'000 UBP/Golfer und Tag schneidet das Skifahren besser, das Schiessen auf 300 Meter allerdings ökologisch schlechter ab. Bei der Betrachtung der Klimawirkung in CO<sub>2</sub>-eq pro Person und Tag schneidet der Golfsport am besten ab.

*Tabelle 1-2: Umwelt- und Klimawirkung pro Tag Golf, Skifahren und Sportschiessen auf 300 Meter Distanz. Beim Sportschiessen auf 300 Meter wurde zwischen einem natürlichen Kugelfang (Erdwall) und einem künstlichen Kugelfang unterschieden.*

	<b>Golf</b>	<b>Skifahren*</b>	<b>Sportschiessen 300m natürlicher Kugelfang**</b>	<b>Sportschiessen 300m künstlicher Kugelfang**</b>
<b>Umweltwirkung</b> in UBP pro Person und Tag	32'000	12'400	55'700	38'800
<b>Klimawirkung</b> in kg CO <sub>2</sub> -eq pro Person und Tag	8.8	11.0	11.4	11.4

\*Abschätzung für Tages-Skifahrer/in, An- und Abreise 100km (mittlere Autoauslastung 2.5 Personen)

\*\*Abschätzung für einen Tag Sportschiessen, Annahme: Anreise 20km, 100 Schuss GP11, durch Bodenwäsche von kontaminierten Kugelfängen wird 90% des Bleis (Geschoss) und 95% des Messings (Hülsen) werden zurückgewonnen

Neben der Erfassung der aktuellen Ökobilanz von Golf Lausanne und Golf Wylihof sowie der daraus abgeleiteten Umweltwirkung für einen durchschnittlichen Schweizer Golfplatz, interessiert auch die Entwicklung der Umweltwirkung seit 1998 (Veröffentlichung "Golf: Raumplanung – Landschaft – Umwelt vom BUWAL, heute BAFU [2]). Denn im Golfsport hat sich hinsichtlich Nachhaltigkeit seither viel getan wie in Abb. 1-7 ersichtlich ist. Die Verbesserungsmaßnahmen im Umweltbereich des Golfsports

haben zu einer Umweltbelastungsreduktion von 38% geführt. Der grösste Beitrag kommt durch die Reduktion von Pflanzenschutz- und Düngemitteln sowie von der Landnutzung & Biodiversität zustande. Im Rahmen dieser Studie haben wir auch abgeschätzt, wie viel die Schweizer Golfclubs in Nachhaltigkeit investiert haben von 1998 bis heute. Der Umweltnutzen (Umweltbelastungseinsparung der letzten 22 Jahre) beläuft sich auf 352 Mia. vermiedene UBP. Wird diese Zahl mit einer Ökoeffizienz von 2'500 vermiedenen UBP/CHF dividiert, so erhalten wir eine Investitionssumme von insgesamt CHF 140 Mio., respektive CHF 6.4 Mio./a oder CHF 67'000 pro Anlage und Jahr.

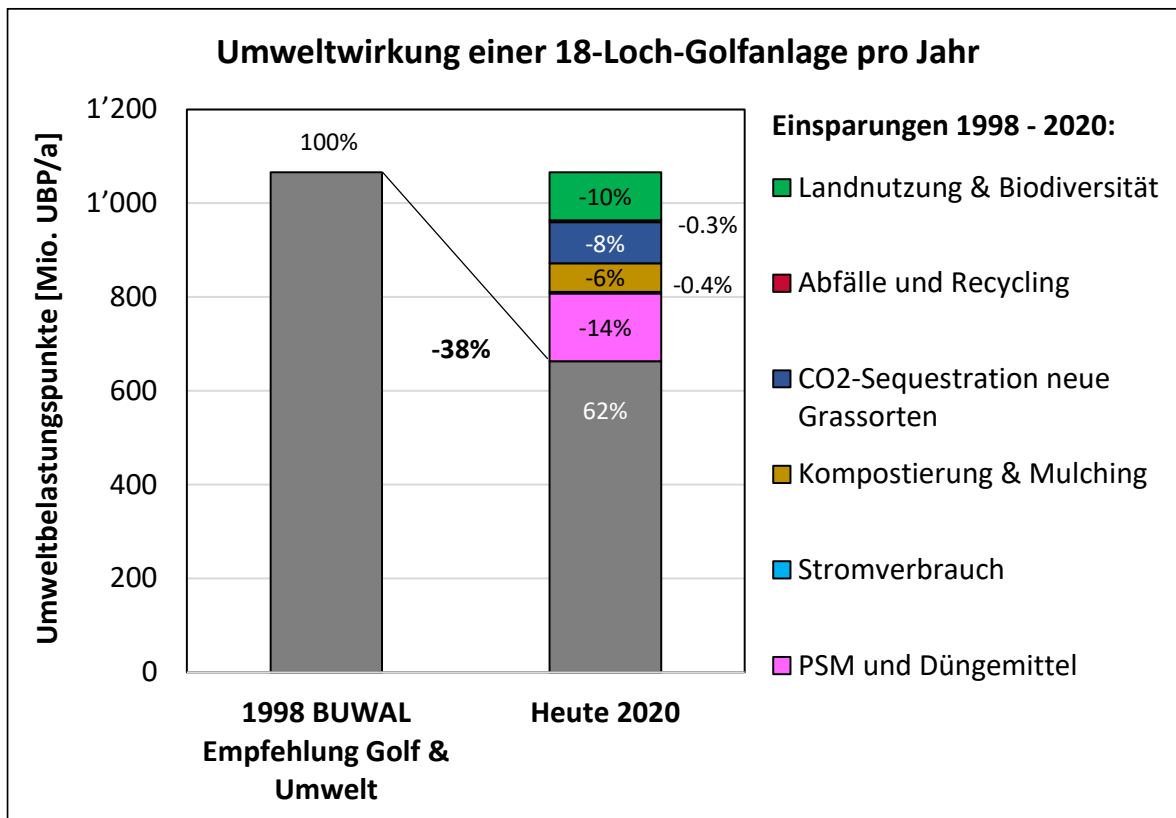


Abb. 1-7: Verbesserung der Umweltwirkung eines durchschnittlichen 18-Loch Golfplatzes heute gegenüber 1998 (BUWAL Empfehlung Golf & Umwelt [2]). Auf einem heutigen 18-Loch Golfplatz sind die Umweltwirkungen 38% tiefer als noch vor 22 Jahren. Der grösste Beitrag kommt durch die Reduktion von Pflanzenschutz- und Düngemitteln sowie von der Landnutzung & Biodiversität zustande.

Der Golfsport hat in den letzten 22 Jahre viel in die Verbesserung seiner Umweltwirkung investiert. Trotzdem gibt es immer noch viel Verbesserungspotenzial, wie der vorliegende Bericht zeigt. Wo die «low-hanging-fruits» der Handlungsoption hinsichtlich Kosten/Umweltnutzen-Effizienz liegen, zeigt die Ökoeffizienz- und Ökoeffektivitätsanalyse der nachfolgenden Unterkapitel.

### 1.3.2 Ökoeffizienz SEBI

Die Ökoeffizienzanalyse SEBI zeigt auf in welche Massnahme das verfügbare Geld am effizientesten investiert ist. Die Genauigkeit der berechneten Werte liegt etwa bei +/-15%. Dies vor allem, da die Kosten bei einigen Massnahmen nicht ganz sicher waren und teilweise natürlichen Marktschwankungen unterworfen sind. Das SEBI Spektrum für Swiss Golf und seine Mitglieder bildet sich zwischen 10 und 20'000 vUBP/CHF ab. In Anbetracht des grossen Ökoeffizienzspektrums spielt die Unsicherheit von +/-15% eine untergeordnete Rolle. Denn eine Massnahme mit einem SEBI von über 5'000 vUBP ist auch

unter Berücksichtigung der Unsicherheit signifikant besser als eine Massnahme mit einem SEBI von unter 2'500 vUBP/CHF. Abb. 1-8 bis Abb. 1-10 zeigen die mittels Ökoeffizienz SEBI analysierten Massnahmen im Umfeld des Golfsports auf.

Zur Einordnung: Massnahmen mit einem SEBI von mehr als 2'500 vermiedenen Umweltbelastungspunkten pro Schweizer Franken (vUBP/CHF) gelten als ökoeffizient. Massnahmen mit einem SEBI unter 2'500 vUBP/CHF werden als öko-ineffizient bezeichnet. Massnahmen mit einem SEBI von mehr als 5'000 vUBP/CHF gelten als hochökoeffizient. Unsere SEBI-Analyse hat gezeigt, dass folgende Massnahmen eine hohe Ökoeffizienz aufweisen:

- CO<sub>2</sub>-Zertifikate (Kompensation Klimawirkung auf null)
- Aluminium- und PET-Recycling anstelle der Verbrennung in KVA
- Elektrische Golfcarts anstelle von Benzinern
- Organische Düngemittel anstelle von konventionellen Düngemitteln
- Hybridrasenmäher anstelle von Benzin-/Diesel (Aufsitzmäher)
- CO<sub>2</sub>-sequestrierfreudige Rasensorten
- Waschplätze um Betriebs- und Hilfsmittel aufzufangen
- Vernetzung von ökologischen Zonen
- Revitalisierung Fließgewässer / Oberflächengewässer
- Brut- und Nistplätze sowie Wiesen für Wildblumen schaffen
- Verwendung organische Topdressing- und Netzmittelmateriale
- Holz-Pellet-Heizung
- Einbau Spannungsoptimierer
- Energie-Monitoring/Audit

Noch ein paar Bemerkungen zu den identifizierten Massnahmen mit einer hohen Ökoeffizienz: Die CO<sub>2</sub>-Zertifikate sind recht günstig und bringen viel Umweltnutzen ein. Deshalb schneiden sie in der SEBI-Analyse gut ab. 1 Tonne CO<sub>2</sub>-eq entspricht 470'000 UBP und die Kosten betragen ca. CHF 40.- pro Tonne CO<sub>2</sub>-eq. Damit berechnet sich der SEBI des CO<sub>2</sub>-Zertifikats auf 11'500 vUBP/CHF (gerundet wegen schwankenden CO<sub>2</sub>-Zertifikatspreisen). Bei den CO<sub>2</sub>-sequestrierfreudigen Rasensorten muss auf allfällige Zielkonflikte geachtet werden. Ein Teil der CO<sub>2</sub>-sequestrierfreudigen Rasensorten benötigen mehr Wasser und mehr Pflanzenschutzmittel, was sich in einer gesamtheitlichen Umweltbetrachtung (nicht nur CO<sub>2</sub>) negativ auswirken würde. Kommt hinzu, dass sich nicht jede CO<sub>2</sub>-sequestrierfreudige Rasensorte auf allen Arten von Golfplatzflächen (Greens, Tees, Fairways etc.) eignet. Die Beurteilung muss mit den Greenkeepern vor Ort vorgenommen werden. Bei den Hybridrasenmäher wurde gegenüber Benzin- und Dieselmäher die eingesparte Menge an Öl und die damit verbundene Verhinderung an Ölemissionen ins Wasser oder auf Rasenflächen nicht mitberücksichtigt (aufgrund fehlender Daten). Der SEBI wäre vermutlich sogar noch höher, wenn dieser Umstand mitberücksichtigt würde. Die Holz-Pellet-Heizung schneidet in der Ökoeffizienzanalyse vor allem wegen den günstigen Wärmebereitstellungskosten gegenüber anderen alternativen Wärmebereitstellungsmassnahmen, wie z.B. Solarthermie, besser ab. Noch eine Anmerkung zum SEBI «Energie-Monitoring und –Audit»: Dahinter steht die Annahme, dass nach einem Monitoring / Audit konkrete Massnahmen getroffen werden, die Mehrkosten verursachen und einen Umweltnutzen einbringen. Aufgrund von Erfahrungswerten wurden der Umweltnutzen und die Kosten dafür ermittelt und daraus der SEBI berechnet.

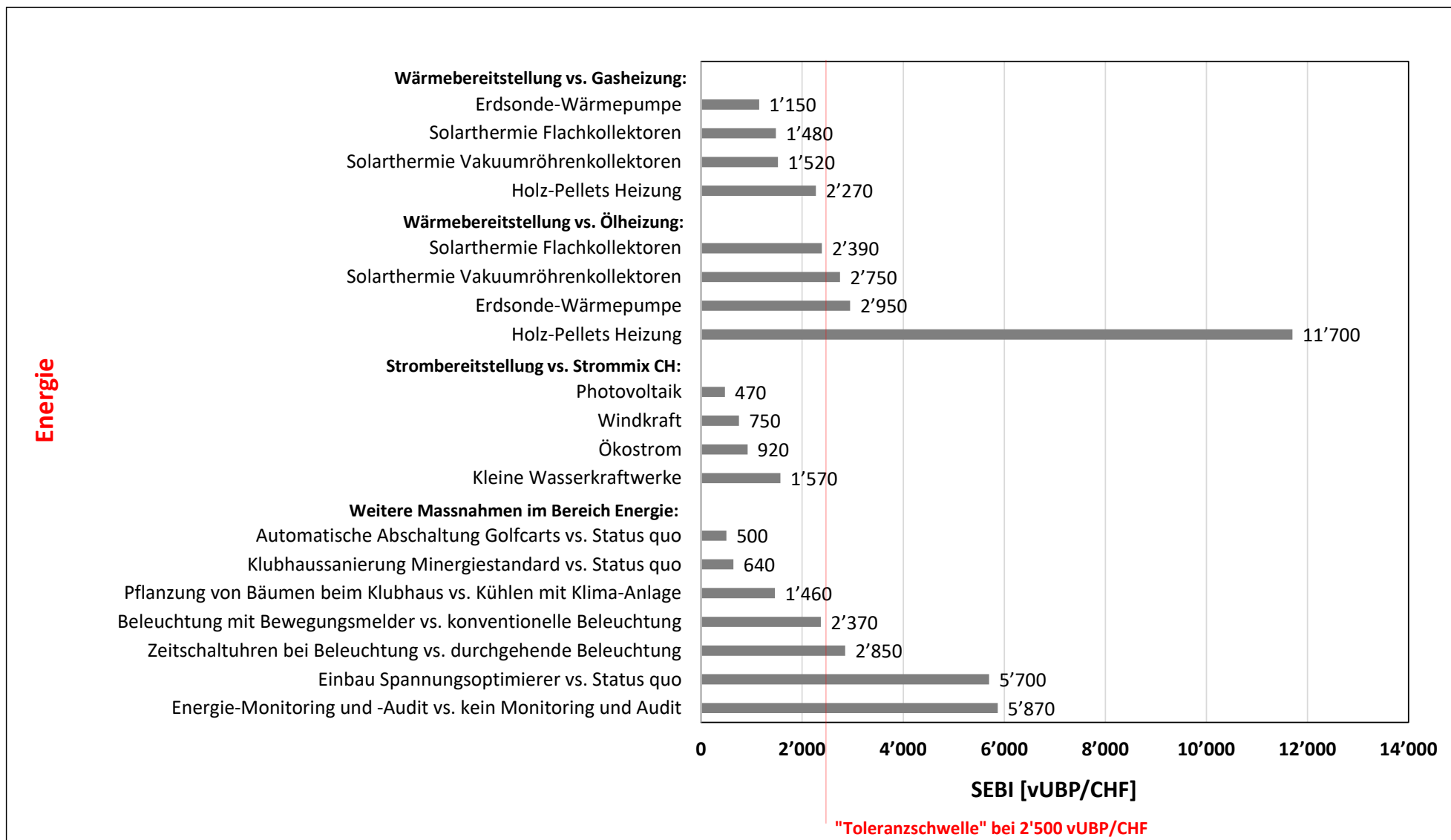


Abb. 1-8: Ergebnis der Ökoeffizienzanalyse SEBI für Massnahmen des Golfsports im Bereich «Energie». Die Holz-Pellets Heizung, der Einbau eines Spannungsoptimierers sowie das Energie-Monitoring und –Audit schneiden in der SEBI-Analyse als sehr ökoeffizient ab.

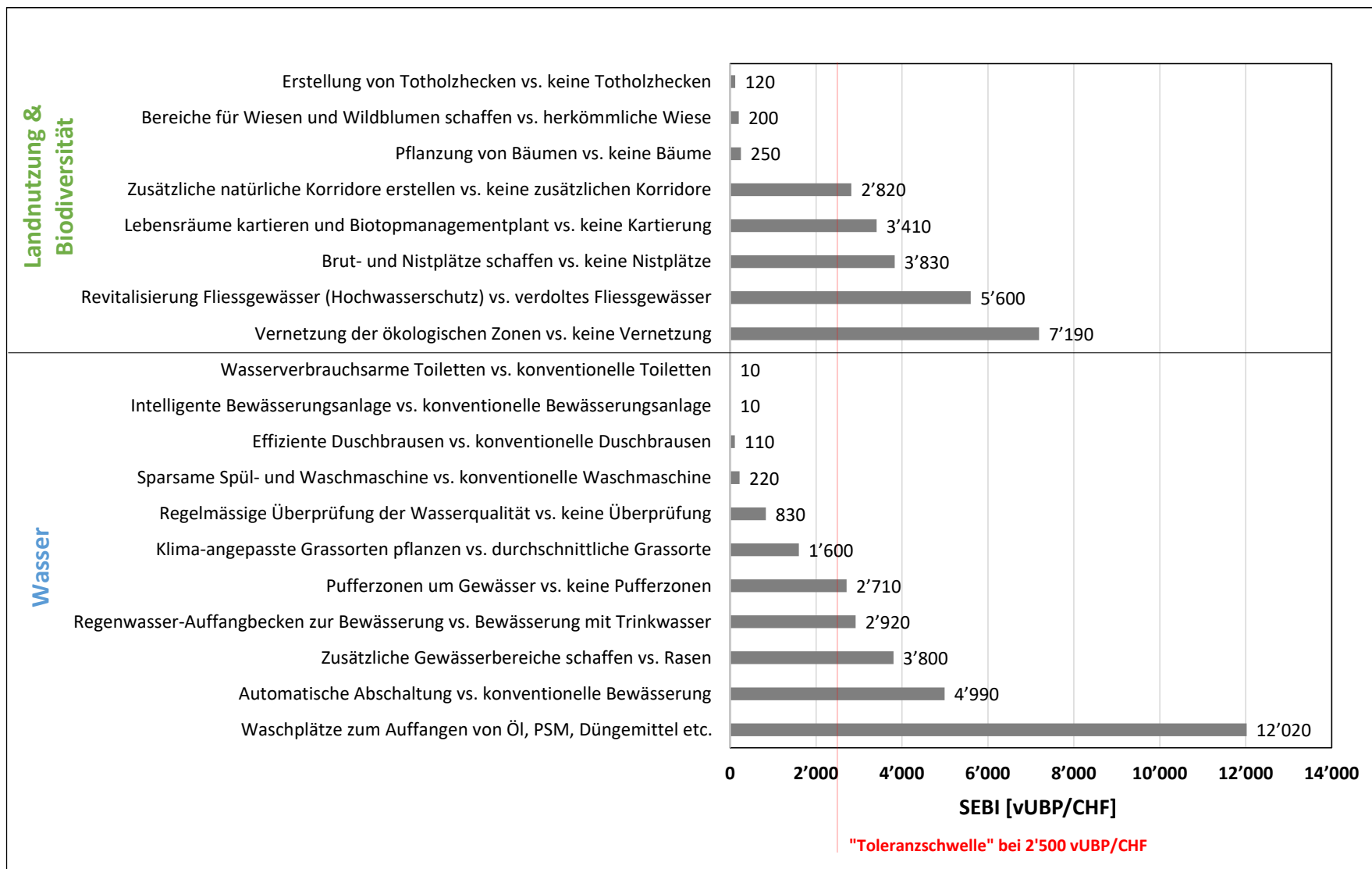


Abb. 1-9: Ergebnis der Ökoeffizienzanalyse SEBI für Massnahmen des Golfsports in den Bereichen «Landnutzung & Biodiversität» und «Wasser». Die Waschplätze, die Vernetzung von ökologischen Zonen sowie die Revitalisierung von Oberflächengewässer schneiden in der SEBI-Analyse als sehr ökoeffizient ab.

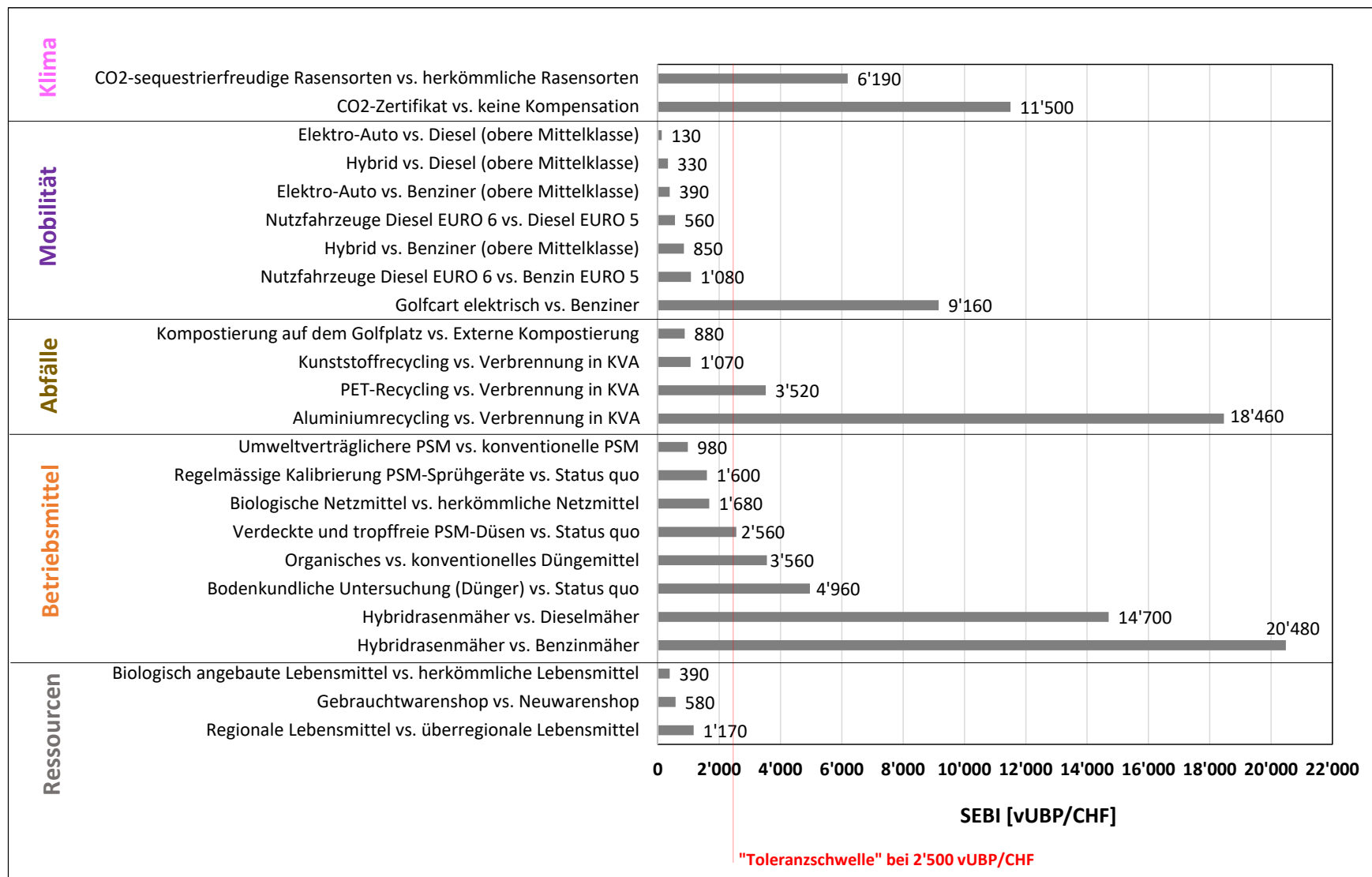


Abb. 1-10: Ergebnis der Ökoeffizienzanalyse SEBI für Massnahmen des Golfsports in den Bereichen «Klima», «Mobilität», «Abfälle», «Betriebsmittel» und «Ressourcen». Das CO<sub>2</sub>-Zertifikat, elektrische Golfcarts, das Aluminiumrecycling und die Hybridrasenmäher schneiden in der SEBI-Analyse als sehr ökoeffizient ab.

### 1.3.3 Ökoeffektivität

Nach der Anwendung der Ökobilanz und der Ökoeffizienz SEBI, wurde das Prinzip der Ökoeffektivität für Swiss Golf und seine Mitglieder berechnet. Dabei wurde eine grosse Palette an Umweltmassnahmen definiert und diese kumulativ anhand ihres relativen Beitrages zum Gesamtumweltnutzen aller betrachteten Massnahmen in Abb. 1-11 dargestellt. Die 10 ökoeffektivsten Massnahmen bringen bereits über 75% des gesamten Umweltnutzens ein (bezogen auf einen durchschnittlichen Golfplatz in der Schweiz mit einer Gesamtumweltbelastung von 575 Mio. UBP/a, siehe Tabelle 1-1). Die ineffektivsten 30 Massnahmen tragen ca. 9% des Gesamtumweltnutzens.

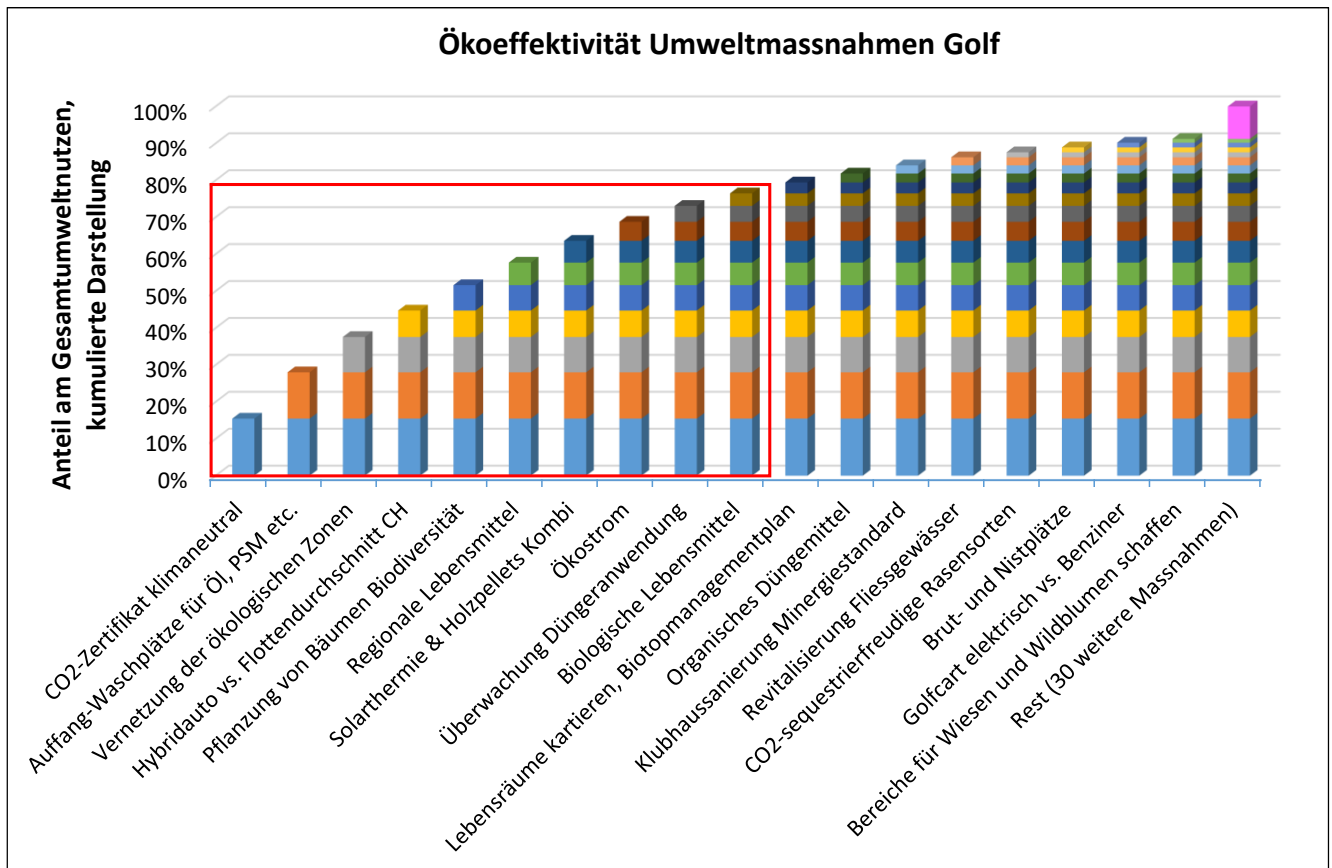





Abb. 1-11: Relative und kumulative Darstellung der Ökoeffektivität der Massnahmen im Umfeld einer durchschnittlichen Schweizer Golfanlage. Die ökoeffektivsten 10 Massnahmen bringen über 75% des Gesamtumweltnutzens ein.




### 1.4 Handlungsoptionen

Nun stellt sich die Frage, wie die Ökoeffizienz und die Ökoeffektivität der betrachteten Umweltmassnahmen gewichtet werden. Denn es gibt durchaus Massnahmen, die zwar sehr ökoeffektiv sind (grosser Umweltnutzen), jedoch eine tiefe Ökoeffizienz SEBI aufweisen (da sehr teuer), z.B. eine Clubhaussanierung oder die komplette Umstellung auf biologisch angebaute Lebensmittel im Clubhaus-Restaurant. Auch das Gegenteil kann der Fall sein: Massnahmen, die öko-ineffektiv (geringes Umweltnutzenpotenzial bezogen auf die Umweltwirkung eines durchschnittlichen Schweizer Golfplatzes) dafür hochökoeffizient sind, z.B. das Recycling von Aluminiumdosen (aufgrund der sehr geringen Menge).

Um diesem Umstand gerecht zu werden, haben wir eine Bewertungs-Matrix mit einer Gewichtung der Ökoeffizienz und Ökoeffektivität mit einer farblichen Bewertung nach dem Ampelsystem vorgenommen, siehe Tabelle 1-3. Die farbliche Einstufung kann den nachfolgend aufgeführten Legenden zur Ökoeffizienz SEBI und zur Ökoeffektivität entnommen werden. Für die Gewichtung wurde die Ökoeffizienz SEBI mit 60% und die Ökoeffektivität mit 40% bewertet.

#### 1.4.1 Durchschnittliche Golfanlage Schweiz

Ökoeffizienz SEBI	
	niedrig <2'500
	mittel 2'500 - 5'000
	hoch >5'000

Ökoeffektivität	
	niedrig <2 Mio. UBP/a
	mittel 2 - 10 Mio. UBP/a
	hoch >10 Mio. UBP/a

**Grundsätzlich ist die Ökoeffektivität gegenüber der Ökoeffizienz nachrangig: Es ist oft billiger einen vorgegebenen Umweltnutzen durch die Kombination von mehreren effizienten (aber individuell nicht sehr effektiven) Massnahmen zu erreichen, als durch eine sehr effektive Massnahme, die aber nicht effizient ist.**







Priorität SEBI		Priorität Ökoeffektivität	
	1 Punkt für 0 bis 1'250 und 2 Punkte von 1'250 bis 2'500		1 Punkt für 0 bis 1 Mio. und 2 Punkte von 1 Mio. bis 2 Mio.
	3 Punkt für 2'500 bis 3'750 und 4 Punkte von 3'750 bis 5'000		3 Punkt für 2 Mio. bis 6 Mio. und 4 Punkte von 6 Mio. bis 10 Mio.
	5 Punkt für 5'000 bis 7'500 und 6 Punkte von 7'500 bis 10'000, 7 Punkte > 10'000		5 Punkt für 10 Mio. bis 20 Mio. und 6 Punkte von 20 Mio. bis 30 Mio., 7 Punkte > 30 Mio.

Tabelle 1-3: *Bewertungs-Matrix nach dem Ampelsystem inkl. einem Ranking anhand der Gewichtung der Ökoeffizienz SEBI mit 60% und der Ökoeffektivität mit 40%.*

Ranking	Umweltmassnahmen	Ökoeffizienz SEBI [vUBP/CHF]	Ökoeffektivität [UBP/a]	Priorität (60% SEBI und 40% Ökoeff.)
1	Waschplätze zum Auffangen von Öl, PSM, Düngemittel	12'020	72'119'200	7.00
2	CO <sub>2</sub> -Zertifikate klimaneutral	11'500	88'800'000	7.00
3	Golfcarts elektrisch vs. Benziner	9'160	7'331'429	6.40
4	Solarthermie kombiniert mit Holz-Pellet-Heizung	8'120	32'285'000	6.40
5	Vernetzung der ökologischen Zonen	7'190	55'000'000	5.80
6	CO <sub>2</sub> -sequestrierfreudige Rasensorten	6'190	7'740'900	5.80
7	Hybridrasenmäher vs. Dieselmäher	14'700	4'374'720	5.40



8	Brut- und Nistplätze schaffen	3'830	7'662'000	5.20
9	Hybridrasenmäher vs. Benzinmäher	20'480	1'083'760	5.00
10	Revitalisierung Fließgewässer (Hochwasserschutz)	5'600	12'600'000	5.00
11	Bodenkundliche Untersuchung (Düngerbelastung)	4'960	24'800'000	4.80
12	Aluminiumrecycling	18'460	196'947	4.60
13	Energie-Monitoring und -Audit	5'870	5'874'000	4.20
14	Einbau Spannungsoptimierer	5'700	2'848'000	4.20
15	Organisches Düngemittel	3'560	13'869'522	3.80
16	Lebensräume kartieren und Biotopmanagementplan	3'410	17'026'667	3.80
17	Regionale Lebensmittel	1'170	35'100'000	3.40
18	Hybrid vs. Flottendurchschnitt CH (An- und Abreise Golfer/in)	646	41'212'085	3.40
19	Pflanzung von Bäumen für Biodiversität	250	39'520'593	3.40
20	Automatische Abschaltung Bewässerung	4'990	1'995'000	3.20
21	Ökostrom (Photovoltaik, Windkraft, Solar)	920	29'580'000	3.00
22	Regenwasser-Auffangbecken zur Bewässerung	2'920	2'332'400	3.00
23	Zeitschaltuhren bei Beleuchtung	2'850	2'848'000	3.00
24	Zusätzliche natürliche Korridore schaffen	2'820	4'666'667	3.00
25	Zusätzliche Gewässerbereiche schaffen	3'800	95'000	2.80
26	Clubhaussanierung Minergie Standard	640	12'720'000	2.60
27	Biologisch angebaute Lebensmittel	390	19'500'000	2.60
28	Pufferzonen um Gewässer schaffen	2'710	1'333'962	2.60
29	Verdeckte und tropffreie PSM-Düsen	2'560	1'281'900	2.60
30	Biologische Netzmittel und Topdressingmaterialien	1'680	5'180'000	2.40
31	PET-Recycling	3'520	149'454	2.20
32	Regelmässige Kalibrierung PSM-Sprühgeräte	1'600	1'281'900	2.00
33	Nutzfahrzeuge Diesel EURO 6 vs. aktuelle Flotte	820	3'000'000	1.80
34	Gebrauchtwarenshop für Golfartikel	580	2'920'000	1.80
35	Automatische Abschaltung Golfcarts	500	4'000'000	1.80
36	Bereiche für Wiesen und Wildblumen schaffen	200	5'880'000	1.80
37	Beleuchtung mit Bewegungsmelder	2'370	356'000	1.60
38	Pflanzung von Bäumen beim Clubhaus zur Kühlung	1'460	182'500	1.60
39	Kunststoffrecycling	1'070	92'011	1.00
40	Umweltverträglichere PSM	980	87'515	1.00
41	Kompostierung auf dem Golfplatz	880	880'000	1.00
42	Regelmässige Überprüfung der Wasserqualität	830	829'500	1.00
43	Sparsame Spül- und Waschmaschine	220	43'904	1.00
44	Erstellung von Totholzhecken	120	140'000	1.00
45	Effiziente Duschbrausen	110	22'226	1.00
46	Wasserverbrauchsarme Toiletten	10	29'635	1.00
47	Intelligente Bewässerungsanlage	10	798'000	1.00

#### 1.4.2 Golf Lausanne und Golf Wylihof

Aus der Bewertungs-Matrix in Tabelle 1-3 wurden nachfolgend für die beiden untersuchten Golfplätze konkrete Handlungsoptionen identifiziert und zusammengestellt (Tabelle 1-4 für Golf Lausanne und Tabelle 1-5 für Golf Wylihof). Beide Golfplätze haben schon einige Massnahmen aus Tabelle 1-3 umgesetzt. Die Massnahmen wurden so angesetzt, dass die gesamte Umweltwirkung pro Jahr der beiden Golfplätze kompensiert werden um auf null UBP zu kommen. 55% des Footprints von Golf Lausanne

könnten über Massnahmen vor Ort und 45% über CO<sub>2</sub>-Zertifikate kompensiert werden um auf netto null UBP zu kommen. Bei Golf Wylihof könnten 60% des Footprints über Massnahmen vor Ort und 40% über CO<sub>2</sub>-Zertifikate kompensiert werden um auf netto null UBP zu kommen.

Bei den von uns berechneten Kosten muss berücksichtigt werden, dass davon einige vermutlich direkt den Golferinnen und Golfern angelastet werden können, z.B. über eine Abgabe zur CO<sub>2</sub>-Kompensation der Klimawirkung oder über leicht erhöhte Preise für biologisch angebaute Lebensmittel im Clubhaus-Restaurant etc. Bei anderen Investitionen wie z.B. in Hybridrasenmäher, gilt zu beachten, dass zukünftig eventuell die Preise für Treibstoffe stärker steigen als die Preise für Strom und dadurch sogar Einsparungen entstehen könnten und sich die Investitionen in einigen Jahren sogar finanziell auszahlen. Dies ist allerdings mit dem SEBI nicht abbildbar. Der SEBI verwendet die aktuellen Investitions- und Betriebskosten in der Berechnung der Ökoeffizienz.

*Tabelle 1-4: Handlungsoptionen zur Kompensation der gesamten Umweltwirkung von Golf Lausanne. 55% des Footprints von Golf Lausanne könnten über Massnahmen vor Ort und 45% über CO<sub>2</sub>-Zertifikate kompensiert werden um auf null UBP zu kommen. Interessant ist, dass die Anwendung der Umweltschaden-Vermeidungspreis-Methode («Environmental Price»-Methode aus den Niederlanden) auf Golf Lausanne eine Gesamtbelastung von 175'000 Euro/a ergibt.*

	<b>Umweltmassnahmen</b>	<b>Ökoeffektivität [UBP/a]</b>	<b>Anteil an der Gesamtbelastung [%]</b>	<b>Zusätzliche Kosten [CHF/a]</b>
1	CO <sub>2</sub> -Zertifikate klimaneutral (siehe Kap. 6.1.2)	87'902'652	14.7%	7'500
2	Golfcarts elektrisch vs. Benziner	916'429	0.2%	100
3	Solarthermie kombiniert mit Holz-Pellet-Heizung	32'285'000	5.4%	5'200
4	Vernetzung der ökologischen Zonen	27'500'000	4.6%	3'600
5	CO <sub>2</sub> -sequestrierfreudige Rasensorten*	93'960'802	15.7%	10'200
6	Hybridrasenmäher vs. Dieselmäher	4'374'720	0.7%	300
7	Hybridrasenmäher vs. Benzinmäher	1'083'760	0.2%	50
8	Bodenkundliche Untersuchung (Düngerbelastung)	24'800'000	4.2%	5000
9	Energie-Monitoring und -Audit	5'874'000	1.0%	1'000
10	Einbau Spannungsoptimierer	2'848'000	0.5%	550
11	Organisches Düngemittel	13'869'522	2.3%	4'100
12	Lebensräume kartieren und Biotopmanagementplan	17'026'667	2.9%	5'000
13	Automatische Abschaltung Bewässerung	24'800'000	4.2%	5'000
14	Ökostrom (Photovoltaik, Windkraft, Solar)	32'538'000	5.4%	35'500
15	Regenwasser-Auffangbecken zur Bewässerung	2'332'400	0.4%	800
16	Zeitschaltuhren bei Beleuchtung	284'800	0.0%	100
17	Zusätzliche natürliche Korridore	4'666'667	0.8%	1'700
18	Zusätzliche Gewässerbereiche schaffen	3'800'000	0.6%	1'000
19	Clubhaussanierung Minergie Standard	12'720'000	2.1%	20'000

20	Biologisch angebaute Lebensmittel	19'500'000	3.3%	50'000
21	Kompensation mittels CO <sub>2</sub> -Zertifikate über Umwelt-Eq (1 Mio. UBP = 1 Umwelt-Equivalent = 2 t CO <sub>2</sub> -eq, siehe Kap. 13.2)	184'000'982	30.8%	14'700
	<b>Total (siehe Kap. 6.1.1, 597 Mio. UBP/a)</b>	<b>597'084'400</b>	<b>100.0%</b>	<b>171'400</b>

*\*Noch eine Bemerkung zur Ökoeffektivität: Massnahme 5 «CO<sub>2</sub>-sequestrierfreudige Rasensorten» kann einen Zielkonflikt verursachen: Ein Teil der CO<sub>2</sub>-sequestrierfreudigen Rasensorten benötigen mehr Wasser und mehr Pflanzenschutzmittel, was sich in einer gesamtheitlichen Umweltbetrachtung (nicht nur CO<sub>2</sub>) negativ auswirken würde. Kommt hinzu, dass sich nicht jede CO<sub>2</sub>-sequestrierfreudige Rasensorte auf allen Arten von Golfplatzflächen (Greens, Tees, Fairways etc.) eignen. Die Beurteilung muss mit den Greenkeepern vor Ort vorgenommen werden.*

*Tabelle 1-5: Handlungsoptionen zur Kompensation der gesamten Umweltwirkung von Golf Wylihof. 60% des Footprints von Golf Wylihof könnten über Massnahmen vor Ort und 40% über CO<sub>2</sub>-Zertifikate kompensiert werden um auf null UBP zu kommen. Interessant ist, dass die Anwendung der Umweltschaden-Vermeidungspreis-Methode «Environmental Price»-Methode aus den Niederlanden auf Golf Wylihof eine Gesamtbelastung von 345'000 Euro/a ergibt. Golf Wylihof käme mit den von uns berechneten Kosten günstiger weg als die Vermeidungskosten der niederländischen Methode ergeben.*

	Umweltmassnahmen	Ökoeffektivität [UBP/a]	Anteil an der Gesamtbelastung [%]	Zusätzliche Kosten [CHF/a]
1	Waschplätze zum Auffangen von Öl, PSM, Düngemittel	152'426'626	13.9%	1'700
2	CO <sub>2</sub> -Zertifikate klimaneutral (siehe Kap. 6.2.2)	86'879'547	7.9%	7'400
3	Golfcarts elektrisch vs. Benziner	3'665'714	0.3%	400
4	Vernetzung der ökologischen Zonen	116'244'557	10.6%	7'600
5	CO <sub>2</sub> -sequestrierfreudige Rasensorten	84'060'206	7.7%	13'800
6	Hybridrasenmäher vs. Dieselmäher	11'360'895	1.0%	800
7	Brut- und Nistplätze schaffen	16'193'924	1.5%	4'200
8	Revitalisierung Fließgewässer (Hochwasserschutz)	26'630'571	2.4%	7'200
9	Bodenkundliche Untersuchung (Düngerbelastung)	52'415'727	4.8%	10'600
10	Energie-Monitoring und -Audit	5'874'000	0.5%	1'000
11	Einbau Spannungsoptimierer	2'848'000	0.3%	550
12	Organisches Düngemittel	12'619'541	1.2%	3'500
13	Lebensräume kartieren und Biotopmanagementplan	35'986'497	3.3%	10'600
14	Pflanzung von Bäumen für Biodiversität	83'528'251	7.6%	5'600
15	Ökostrom (Photovoltaik, Windkraft, Solar)	35'182'452	3.2%	38'300
16	Zeitschaltuhren bei Beleuchtung	601'935	0.1%	200
17	Zusätzliche natürliche Korridore	9'863'175	0.9%	3'600
18	Zusätzliche Gewässerbereiche schaffen	4'750'000	0.4%	1'250

19	Clubhaussanierung Minergie Standard	12'720'000	1.2%	20'000
20	Biologisch angebaute Lebensmittel	41'213'979	3.8%	105'700
21	Kompensation mittels CO <sub>2</sub> -Zertifikate über Umwelt-Eq (1 Mio. UBP = 1 Umwelt-Equivalent = 2 t CO <sub>2</sub> -eq, siehe Kap. 13.2)	300'716'762	27.4%	24'100
	<b>Total (siehe Kap. 6.2.1, 1'096 Mio. UBP/a)</b>	<b>1'095'782'360</b>	<b>100.0%</b>	<b>268'100</b>

\*siehe Bemerkung in Tabelle 1-4.

## 1.5 Schlussfolgerungen

In der vorliegenden Studie wurden folgende Hauptaussagen identifiziert:

- In der UBP-Betrachtung hat Golf seit 1998 (Studie BUWAL [2]) einen Riesenschritt vorwärts gemacht, der Umweltimpact ist 38% gesunken.
- Die ökologischen Hot-Spots von Golfplätzen liegen bei den Ressourcen (Bau Clubhaus und Golfplatz), bei den Betriebsmitteln (Pflege des Golfplatzes) sowie bei der Energie und in der Mobilität (An- und Abreise). Von untergeordneter ökologischer Bedeutung sind die Bereiche Wasser, Abfälle und Lärmvermeidung.
- Die grössten ökologischen Entlastungen bei Golfplätzen stammen aus der CO<sub>2</sub>-Sequestration der Rasengräser und aus der Biodiversität.
- Bei der Biodiversität schneiden Golfplätze um 60% besser ab als Landwirtschaftsflächen.
- Es gibt nun konkrete Handlungsoptionen zur Verbesserung der Umweltbilanz für Swiss Golf Mitglied-Clubs im Allgemeinen (siehe Tabelle 1-3), sowie auch für Golf Lausanne (siehe Tabelle 1-4) und Wylihof (siehe Tabelle 1-5) im Speziellen.
- Bei den Handlungsoptionen ist es wichtig, den Golfplatz gesamtheitlich zu betrachten und gegebenenfalls mit den Verantwortlichen vor Ort die Massnahmen zu besprechen. Das Ökosystem muss gesamtheitlich mit allen Kompartimenten (Boden, Wasser und Luft) und der Biodiversität inkl. allfällig auftretenden Zielkonflikten betrachtet und in Einklang dessen die Handlungsoptionen umgesetzt werden. Das kann je nach geografischer Lage (in der Schweiz gibt es Golfplätze auf 1'500 Meter oder auf 400 Meter über Meer) sowie je nach der Bodenbeschaffenheit (Aufbau und Struktur) oder der Rasensorte stark variieren.
- Um klimaneutral zu sein, müssten Golf Lausanne und/oder Wylihof für CHF 7'000-8'000 pro Jahr CO<sub>2</sub>-Zertifikate kaufen (knapp 10 Schweizer Franken pro Mitglied und Jahr).
- Das in dieser Studie erarbeitete Ökobilanzmodell ist zukünftig auch für weitere Golfplätze national wie auch international (mit Anpassungen betreffend UBP-Methode) anwendbar. Das Ökobilanzmodell ermöglicht auch die Bewertung von Biodiversität und Lärmvermeidung, was herkömmliche Ökobilanzen nicht können.
- Die SEBI-Methodik umfasst einiges mehr als die GEO-Methodik und ist einzigartig. Sie bezieht wirtschaftliche Aspekte mit ein und zeigt dadurch auf, wo das Geld am effizientesten eingesetzt wird und wo Handlungsoptionen liegen. Damit lassen sich die «low-hanging-fruits» identifizieren, was nicht heisst, dass die anderen Massnahmen nicht umgesetzt werden sollten, sondern einfach zu einem späteren Zeitpunkt.

## 1.6 Ausblick

Die vorliegende Studie zeigt Swiss Golf und seinen Mitgliedern, den Schweizer Golfern und Golferinnen, wo sie hinsichtlich ihrem ökologischen Foot- und Handprint stehen. Die umfassende Ökobilanz berücksichtigt erstmals für den Golfsport wichtige Umweltbereiche wie die Landnutzung & Biodiversität und die Lärmvermeidung und schafft damit Transparenz für Swiss Golf in der Diskussion mit unterschiedlichen Stakeholdern innerhalb und ausserhalb des Golfsports.

Im Rahmen von fachlichem Austausch mit Experten im Bereich der Nachhaltigkeit von Golfplätzen und weiteren Grünanlagen wurde die Auswirkung der Applikationsart von Pflanzenschutzmitteln auf die Umwelt (insbesondere auf angrenzende Gewässerbereiche auf Golfplätzen) diskutiert. In der vorliegenden Ökobilanz wurde von einem «Best-Practice»-Approach ausgegangen. Dies insbesondere da die Greenkeeper von Golf Lausanne und Wylhof sehr gut geschult und vorbildlich in der Applikation von Pflanzenschutzmitteln sind. Trotzdem kann es vorkommen, dass unabsichtlich grosse Mengen an Pflanzenschutzmitteln in angrenzenden Gewässerbereichen landen (z.B. durch Windverfrachtung oder durch unerwartet auftretenden Niederschlag und Auswaschung der Pflanzenschutzmittel etc.). Solche Aspekte können mit dem aktuellen Ökobilanzmodell abgebildet werden z.B. in Form von Worst-, Medium- und Best-Case Szenarien in der Ökobilanz. Falls dies von Swiss Golf als wichtig erachtet wird, kann das mit dem vorliegenden Ökobilanzmodell zu einem späteren Zeitpunkt analysiert und ausgewertet werden.

Neben dem ökologisch problematischen Effekt einer schlechten Pflanzenschutzmittelapplikation wurde der Aspekt der Erwärmung des Bodens und die Bodenerosion (Stichwort: Boden-Desertifikation) aufgrund fehlender Bodenbedeckung (z.B. in der Landwirtschaft) versus Dauerkultur / Rasen (im Golfsport) und dessen positiven Effekt durch Reflektion der Sonneneinstrahlung und Kühlung des Bodens und des Umfelds eingebracht. Eine klassische Ökobilanz kann diesen Effekt nicht abbilden. Über die sogenannte Umweltschaden-Vermeidungspreis-Methode «Environmental Prices» aus den Niederlanden (auch «Shadow-Cost-Methode» genannt), könnten solche Ökosystemleistungen monetarisiert und in die Gesamtbilanz von Golfplätzen miteingerechnet werden. Dafür müsste die bestehende Golfökobilanz (aus dem vorliegenden Bericht) mit der Umweltschaden-Vermeidungspreis-Methode berechnet werden, um damit in einem zweiten Schritt die zusätzlichen Ökosystemleistungen monetarisiert verrechnen zu können. Dies kann ebenfalls in zu einem späteren Zeitpunkt erfolgen, falls von Swiss Golf gewünscht.

Im Rahmen der Ökoeffizienzanalyse SEBI werden ökonomische und ökologische Aspekte miteinbezogen. Gesellschaftliche Aspekte - im Sinne einer ganzheitlichen Betrachtung der drei Säulen der Nachhaltigkeit – sind neben den ökologischen und ökonomischen Aspekten ebenfalls wichtig. Allerdings kann die SEBI-Methode gesellschaftliche Aspekte nicht ohne eine Monetarisierung oder Abbildung als Umweltwirkung mitberücksichtigen. Häufig sind gesellschaftliche Aspekte schwer quantifizierbar und tauchen deshalb bei quantitativen Analysen nicht auf (höchstens in qualitativer Form). Im Golfsport wären neben den ökologischen und ökonomischen Betrachtungen auch Aspekte wie die Gesundheitsförderung oder weitere ethische Aspekte wichtig. Auch Ökosystemleistungen (siehe dazu [15]) wie der Erholungswert oder die Umgebungskühlung sind wichtige Aspekte im Zusammenhang mit dem Golfsport. Diese könnten ebenfalls mit der oben erwähnten Umweltschaden-Vermeidungspreis-Methode («Environmental-Prices») oder mittels einer Multikriterien-Analyse bewertet und mit dem bereits bestehenden SEBI-Modell zusammengeführt werden. Das wäre eine spannende Ergänzung des vorhandenen SEBI-Modells von Swiss Golf.

## 2 Einleitung

### 2.1 Ausgangslage

Nachhaltigkeit gehört zu den brennendsten Themen unserer Zeit. Gemäss einer aktuellen Umfrage von Swiss Golf haben 89% der befragten Golferinnen und Golfer das Thema Nachhaltigkeit im Golfsport als sehr wichtig und 9% als wichtig eingestuft [1]. Die Umfrage wurde durch Swiss Golf am OEM Omega European Masters 2019 durchgeführt. Diese Umfrageresultate bestärken den früher durch ASG (Association Suisse Golf, Vorgängerverband von Swiss Golf) eingeschlagenen und später von Swiss Golf weitergeführten Kurs in Richtung Nachhaltigkeit. Swiss Golf schrieb im kürzlich erschienenen Papier zur Nachhaltigkeitsstrategie den strategischen Schwerpunkt in Richtung der proaktiven Förderung der Nachhaltigkeit im Golfsport durch eine nachhaltige Bewirtschaftung der Golfplätze nieder [6].

### 2.2 Problemanalyse

In der breiten Bevölkerung wird der Golfsport, neben seinem elitären Image, als umweltbelastend wahrgenommen. Liest man den Bericht «Empfehlungen GOLF – Raumplanung – Landschaft – Umwelt» des Bundesamtes für Umwelt BAFU (ehemals BUWAL) aus dem Jahr 1998 [2], so wird dem Leser verdeutlicht, wo die Umwelt «Hot-Spots» im Golfsport liegen und woher der schlechte Ruf des Golfsports rührt. Die grössten Umweltwirkungen entstehen durch den Wasser- und Landverbrauch sowie durch den Einsatz von Pflanzenschutz- und Düngemitteln. Auch die private Mobilität der Golferinnen und Golfer sei erwähnt. Nachfolgend gehen wir auf die Umwelt «Hot-Spots», den sogenannten «Environmental Footprint» der Golferinnen und Golfer, kurz ein:

#### 2.2.1 Environmental Footprint

##### 2.2.1.1 Landverbrauch und Biodiversität

Eine 9-Loch-Golfanlage umfasst in der Regel eine Gesamtfläche von rund 30 Hektaren, eine 18-Loch-Golfanlage benötigt einen Flächenbedarf von rund 60 Hektaren und eine 27-Loch-Golfanlage schafft es sogar auf rund 90 Hektaren. Das ist eine Fläche auf der rund drei grosse Landwirtschaftsbetriebe Platz hätten. Dabei sind ca. 100 bis 200 Parkplätze sowie das Clubhaus, die Wege inkl. Restaurant enthalten.

##### 2.2.1.2 Wasserbedarf

Die Rasenflächen müssen bewässert werden. Gemäss Wikipedia benötigt eine 18-Loch Golfanlage in Mitteleuropa rund 20'000 bis 30'000 m<sup>3</sup> Wasser pro Jahr. Das ist eine beträchtliche Menge. Bei der Wassermenge spielt das lokale Klima und die damit verbundene Trockenheit eine wichtige Rolle.

##### 2.2.1.3 Pflanzenschutzmittel und Pestizide

Damit der Rasen auch schön grün bleibt und keine unerwünschten Pflanzen dazwischen wachsen, wird auf Golfplätzen mit Chemie gearbeitet – Pflanzenschutzmittel halten unerwünschte Pflanzen fern, Düngemittel liefern die nötigen Mikronährstoffe für den Rasen. Diese Stoffe gelangen so in Boden und Grundwasser.

#### 2.2.1.4 Mobilität

Nicht zu vergessen ist die private Mobilität der anreisenden Golferinnen und Golfer, die in der Regel nicht mit dem Fahrrad oder dem öffentlichen Verkehr zum Golfplatz gelangen.

#### 2.2.1.5 Ressourcen

Für den Bau eines Golfplatzes inkl. den Gebäuden und Wegen werden mineralische und nicht-mineralische Primärressourcen (z.B. Beton, Asphalt etc.) benötigt. Weitere relevante Ressourcen sind die natürlichen Baustoffe wie Sande und Drainagematerialien. Diese werden oft aus dem Ausland in die Schweiz gefahren (via Lastwagen), sind billiger als CH-Produkte, werden jedoch bekannter Weise langsam knapp. Auch der Betrieb der Anlage und des Restaurants benötigt Ressourcen wie z.B. Strom, Wärme und Lebensmittel.

Was die breite Bevölkerung jedoch gerne vergisst, ist die Tatsache, dass der Golfsport in einer nachhaltigen Bewirtschaftung neben dem oben beschriebenen Umweltschaden, dem sogenannten «Environmental Footprint», auch einen Umweltnutzen, den sogenannten «Environmental Handprint» erbringt. Dieser soll im nächsten Unterkapitel vorgestellt werden.

### 2.2.2 Environmental Handprint

#### 2.2.2.1 Landverbrauch und Biodiversität

Besonders in zersiedelten Gebieten (neben Siedlungsgebieten, Industrie- und Gewerbebezonen) oder in ausgeräumten landwirtschaftlichen Flächen, kann eine nachhaltig bewirtschaftete Golfanlage sogar ein Rückzugsgebiet für Tiere und Pflanzen bieten und damit die Biodiversität nachweislich erhöhen (Stichwort Wieder- und Neuansiedlung). Die nachhaltige Pflege wird mittlerweile sehr ernst genommen und so bieten Golfplätze heutzutage nicht nur den Menschen einen idealen Ausgleichs- und Rückzugsort im Grünen, sondern haben sich im Idealfall zu wichtigen Gesamt-Ökosystemen und Landschaftsschutzgebieten entwickelt, in denen bedrohte Tier- und Pflanzenarten eine neue, ungestörte Heimat finden. In der Schweiz tendiert man auf Golfplätzen die Raumaufteilung nach der Drei-Drittel-Regel zu gestalten: maximal 1/3 der Gesamtfläche für intensiven Rasen (Greens, Tees, Fairways) und Bauten (Gebäude, Bunker, Wege), maximal 1/3 der Gesamtfläche für Roughs, d.h. extensive Wiesen und/oder Gebüsch (kein semi-intensiver Rasen) und mindestens 1/3 der Gesamtfläche für natürliche Gebiete und Biotope (Flächen mit sehr hohem ökologischen Wert) [16]. Diese ökologisch sehr wertvollen Flächen beinhalten Wildhecken, Gebüsche, abgestufte Waldränder, Trocken- und Nassstandorte, artenreiche Blumenwiesen, revitalisierte Flüsse und Stehgewässer, Lesesteinhaufen, Totholz und vieles mehr. Diese ökologisch sehr wertvollen Flächen fördern die Artenvielfalt bei Insekten (z.B. Bienen und Libellen), bei Amphibien (Frösche, Kröten und Molche), bei Vögeln (z.B. Eisvogel, Milan, Enten etc.), bei Kleintieren wie Igel oder Nager und auch bei Pflanzen (Trocken- und Magerwiesen sowie Streuobstwiesen). Nachhaltig bewirtschaftete Golfplätze sind wahre ökologische Perlen hinsichtlich Biodiversität im Vergleich zu anderen anthropogenen Landnutzungsformen (Siedlung, Industrie, Landwirtschaft etc.).

#### 2.2.2.2 Wasserbedarf

Der grösste Teil der Gesamtfläche eines Golfplatzes wird nicht manuell, sondern über ein Bewässerungssystem bewässert. Die Technik ist heutzutage soweit, dass moderne Sprinkleranlagen durch die Messung der effektiven Verdunstungsrate sparsam betrieben werden. Die meisten Anlagen sind bez. Wasserverbrauch veraltet und werden in den kommenden Jahren erneuert werden müssen. Es gibt

auch Golfplätze, die eine autarke Wasserversorgung durch die Fassung von Sicker- und Regenwasser aufweisen. Dadurch wird kein Trink- oder Grundwasser zur Bewässerung benötigt. Auch die richtige Wahl des Grases sowie die passende Wahl des Ober- und Unterbodens (Wasserrückhalt) beeinflusst den Wasserbedarf eines Golfplatzes. Entscheidend ist für den Wasserverbrauch ist vor allem die Fläche, die effektiv bewässert wird.

#### 2.2.2.3 Pflanzenschutz- und Düngemittel

Expertenmeinungen [17], [18] und ein Abgleich der Daten von Golf Lausanne und Wylihof («GEO on course sustainable Golf programme» [3]) mit Literaturwerten für die Landwirtschaft [19], [20] legen nahe, dass im Vergleich zur konventionellen Landwirtschaft auf nachhaltig bewirtschafteten Golfplätzen nur ein Bruchteil an Pflanzenschutzmitteln und Dünger eingesetzt wird. Gemäss Aussage von Swiss Golf konnten, seit dem Erscheinen des eingangs erwähnten BAFU-Berichts (ehemals BUWAL) [2], ca. 70% des eingesetzten Pflanzenschutz- und Düngemittels reduziert werden. Dies auch, da heute ein Teil des geschnittenen Grases getrocknet und fein gemahlen wieder auf den Golfplatz gebracht wird. Dieses fein gemahlene Schnittgras enthält wichtige natürliche Nährstoffe und ersetzt dadurch herkömmlichen mineralischen Dünger. Kommt hinzu, dass heute der Dünger meistens in flüssiger Form appliziert wird - dies im Gegensatz zur granulat- / kornförmigen Applikationsform von früher.

#### 2.2.2.4 Mobilität

In Sachen privater Mobilität kann der Golfplatzbetreiber nicht allzu starken Einfluss auf seine Mitglieder nehmen. Swiss Golf könnte allenfalls eine Empfehlung an seine Mitglieder rausgeben, dass die Golferinnen und Golfer zusammen in einem PW anreisen. Aktuelle Daten von Swiss Golf zeigen, dass die mittlere Anfahrt-Distanz der Golferinnen und Golfer im Schnitt 15 Kilometer beträgt (nicht weiter als bei anderen Sportarten wie z.B. beim Wandern oder Skifahren). Einige Golferinnen und Golfer haben auch schon auf die Elektromobilität umgestellt. Die Zukunft wird hier durch neue Technologien wie Brennstoffzellen-betriebene Autos hoffentlich noch eine weitere ökologische Verbesserung mit sich bringen.

#### 2.2.2.5 Ressourcen

Nachhaltig bewirtschaftete Golfplätze achten bei dem Angebot an Verpflegung im Restaurant auf die Verwendung von lokal angebauten und regional gelieferten Lebensmitteln sowie auf die Verwendung von zertifizierten Bio-Labels. In den Golfanlagen werden Abfälle separat gesammelt und dem Recycling zugeführt. Swiss Golf hat in Zusammenarbeit mit Swiss Recycling eine Checkliste erstellt zum verbesserten Abfallmanagement mittels Reduktion der Abfallmenge und Kreislaufschliessung durch Recycling. Beim Bau der Golfanlage unterstützt die Verwendung von Sekundärressourcen wie Asphalte und Betone mit hohen Recyclingbaustoff-Anteilen oder die Verwendung ungebundener Beläge die Umweltbilanz. Auch ein nachhaltiges Energiekonzept wirkt sich sehr vorteilhaft auf den Betrieb einer Golfanlage aus. Dabei sind Gebäudelabels wie z.B. Minergie-Plus in der Gebäudeisolation und Wärmebereitstellung oder die Verwendung von erneuerbaren Energiequellen wie z.B. eine Photovoltaikanlage bei der Strombereitstellung ökologisch vorteilhaft.

#### 2.2.2.6 Lärmvermeidung

Gerade in zersiedelten Gebieten oder in unmittelbarer Nähe zu einem Industriegebiet, schafft ein Golfplatz ökologischen Mehrwert durch die Vermeidung von lärmintensiven Tätigkeiten. Auch im Gegensatz zu landwirtschaftlichen Zonen oder Siedlungsgebieten sind Golfplätze Zonen der Ruhe und Erholung –



nicht nur für Menschen, sondern auch für die Tiere. Besonders hervorzuheben ist der Aspekt der sogenannten «Multiple-Use Golf Courses»: Mit einer Nutzungsanpassung können Golfplätze als multifunktionale Grün- und Freiflächen der breiten Bevölkerung bereitgestellt werden.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass seit dem Erscheinen des BAFU (ehemals BUWAL) -Berichts zum Thema «GOLF: Raumplanung – Landschaft – Umwelt» [2] von 1998 zu Empfehlungen beim Bau und Betrieb von Golfplätzen punkto Umwelt sehr viel getan wurde. Allerdings wurde seitens der Golfplatzbetreiber dies zu wenig kommuniziert respektive bis anhin war der ökologische Schaden («Environmental Footprint») und der ökologische Nutzen («Environmental Handprint») eines Golfplatzes nicht messbar. Dies soll nun die vorliegende Studie mittels einer umfassenden Ökobilanz ändern.

### 2.2.3 Studienlage

Zum Zeitpunkt der Erstellung des vorliegenden Berichts existiert in der Schweiz sowie auch in Europa keine Ökobilanz für den Golfsport. Vereinzelt gibt es Ansätze zur ökologischen Beurteilung wie z.B. im GEO-Climate Programme [3] bei dem der «Carbon Footprint» (nur Klimawirkung) ansatzweise abgebildet werden kann. Dabei fehlen allerdings wichtige Bereiche wie die ökologische Bewertung einer Schadstoffemission (human- und auch ökotoxikologische Bewertung), die Biodiversität, der Wasser- und Ressourcenverbrauch oder aber die Lärminderung. Neben GEO-Climate existieren zwei Studien zur ökologischen Bewertung des Golfsports. Die erste Studie stammt aus den USA [4] und bildet ebenfalls nur den «Carbon Footprint» eines durchschnittlichen amerikanischen 18-Loch Golfplatzes ab. Etwas weiter geht die zweite Studie aus Japan [5]. Sie berücksichtigt für einen durchschnittlichen japanischen 18-Loch Golfplatz neben dem «Carbon Footprint» auch den «Carbon Handprint» durch die CO<sub>2</sub>-Aufnahme der Vegetation des Golfplatzes. In allen genannten Studien wird also nur ein Teil der Klimawirkung, nicht aber die gesamte Umweltwirkung betrachtet. Erste Ansätze für den Handprint von Golfplätzen sind ebenfalls in [9] aufgeführt.

Swiss Golf und seine Mitglieder möchten nun wissen, wo sie gesamtökologisch hinsichtlich ihrer Umweltwirkung (nicht nur Klimawirkung) stehen und wo diesbezüglich Verbesserungspotenziale vorhanden sind. Eine umfassende Ökobilanz soll zudem Transparenz und Fakten in internen und externen Diskussionen rund um die Nachhaltigkeit im Golfsport sorgen.

## 2.3 Zielsetzung

Swiss Golf möchte die Umweltwirkung ihrer Mitglieder in einer transparenten Art und Weise messbar machen. Eine Ökobilanz soll die Umweltbelastungen zweier GEO-zertifizierter Golfplätze, Lausanne und Wylihof bei Luterbach, aufzeigen und diese ins Verhältnis zum Umweltnutzen der beiden Golfplätze stellen (Stichwort: ökologischer Footprint vs. Handprint). Es wurden GEO-zertifizierte Golfplätze ausgewählt, da diese über eine Menge an Daten verfügen.

Zur Berechnung der Ökobilanz sollen die folgenden Wirkungskategorien / Wirkungsabschätzungs-methoden verwendet werden:

1. Methode der Umweltbelastungspunkte **UBP** (schweizerische Gewichtung über politische Ziele und Gesetzgebung), diese Methode kann als einzige Ökobilanzmethode auch Lärm bewerten.
2. International Reference Life Cycle Data System **ILCD** (internationale Methode mit wissenschaftlicher Gewichtung gemäss EU27)
3. **Klimawirkung** der Treibhausgase (kg CO<sub>2</sub>-Äquivalente)

#### 4. Kumulierter **Gesamtenergieaufwand** KEA (MJ-Öl-Equivalente inkl. «Graue Energie»)

Das Thema Biodiversität wird in den meisten Ökobilanzen nicht ausreichend behandelt. Die ETH Zürich hat daher in Zusammenarbeit mit weiteren Institutionen und dem WWF eine Biodiversitätsbewertungs-Methode entwickelt, die eine geografisch hochaufgelöste Umweltbewertung zulässt. Diese Methode wird «LC-Impact» genannt und soll im Rahmen der vorliegenden Studie ebenfalls angewandt werden [11], [12], [13].

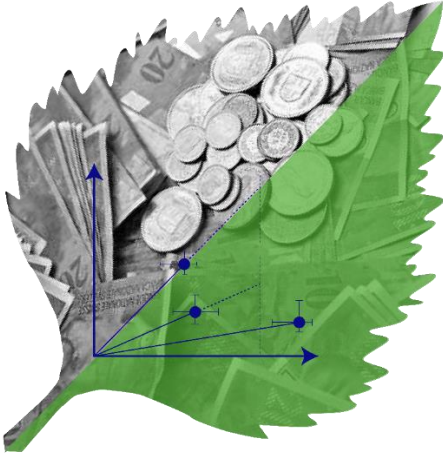
Die Systemgrenze der Ökobilanz umfasst den gesamten Golfplatz inkl. den Betrieb und Unterhalt sowie die private Mobilität der Mitglieder. Damit kann Swiss Golf mit der Ökobilanz die mittlere Umweltbelastung (Environmental Footprint) sowie den mittleren Umweltnutzen (Environmental Handprint) pro Golferin und Golfer ausweisen. Auch eine allgemeine Aussage (Abschätzung durch Hochrechnung) über die Umweltwirkung der gesamten Golfplatzfläche der Schweiz wird dadurch möglich. Eine Aussage über die spezifische Umweltwirkung eines anderen Golfplatzes (neben Golf Lausanne und Wylhof) ist hingegen nicht möglich. Allerdings steht das Ökobilanzmodell nach dieser Studie bereit und könnte zu einem späteren Zeitpunkt für weitere Golfplätze (national ohne Anpassung wie auch international mit Anpassung der UBP-Methode auf die Gesetzgebung des jeweiligen Landes) verwendet werden. Die Erstellung des Ökobilanzmodells bildet einen aufwendigen Schritt in der gesamten Analyse und vereinfacht die Ökobilanz weiterer Golfplätze in der nahen Zukunft. Somit kann die Ökobilanz weiterer Golfplätze zu einem späteren Zeitpunkt kostengünstig geliefert werden.

Nach der Berechnung der Ökobilanz, soll der von Thomas Pohl entwickelte Ökoeffizienz-Indikator SEBI (Specific-Eco-Benefit-Indicator) angewandt werden. Dieser Ökoeffizienz-Indikator zeigt auf, in welche Umweltmassnahme das Geld hinsichtlich ökologischem Nutzen am besten investiert ist. Damit wird für Swiss Golf ersichtlich, welche Massnahmen die «low-hanging-fruits» darstellen und somit prioritär umgesetzt werden sollten. Was nicht heisst, dass die anderen Massnahmen mit einer tieferen Ökoeffizienz nicht auch umgesetzt werden, sondern einfach zu einem späteren Zeitpunkt, ganz im Sinne «das eine tun und das andere nicht lassen».

Nach der Berechnung der Ökoeffizienz folgt die Ermittlung der Ökoeffektivität. Die Ökoeffektivität zeigt den relativen Beitrag einer Umweltmassnahme zur Verbesserung der Ökobilanz eines Golfplatzes auf, z.B. wie viel Prozent des gesamten Umweltnutzens von einer Photovoltaikanlage im Gesamt-Kontext aller Umweltmassnahmen eines Golfplatzes zustande kommt.

#### **2.4 Ökobilanzierer und SEBI-Spezialist**

Thomas Pohl unterhält zu Swiss Golf keine persönliche Beziehung, Verpflichtung oder finanzielle Abhängigkeit und ist der wissenschaftlichen Neutralität verpflichtet. Thomas Pohl arbeitet als Bereichsleiter Umweltberatung an der Umtec Technologie AG (kurz UTech AG). Er greift auf eine langjährige Erfahrung in der Erstellung von Umweltbilanzen und Ökoeffizienzanalysen SEBI im Bereich der Abfalltechnik & Recycling, Bau- sowie Energiewirtschaft zurück. Die UTech AG verfügt über ausgewiesene Kompetenz in den Bereichen der Abfall-, Energie- und Bauwirtschaft und Ökobilanzierung von Rohstoffkreisläufen. Dies bezieht sich nicht nur auf die wissenschaftlich/technischen Aspekte, sondern vor allem auch auf die Einbindung wirtschaftlicher Betrachtungen.



### 3 Begriffe & Definitionen, Abkürzungen und Einheiten

#### 3.1 Begriffe & Definitionen (alphabetisch aufgelistet)

Ecoregions	Ökoregion: Ein wiederkehrendes Muster von Ökosystemen in Verbindung mit charakteristischen Kombinationen von Boden und Landform, die diese Region charakterisieren. In der WWF-Datenbank sind Anzahl Spezies je Ökoregion festgehalten.
Endpoint-Level	Auswertung der Ökobilanz zu einer gesamt aggregierten Zahl in der durch eine Gewichtung verschiedene Umweltwirkungskategorien miteinander verrechnet werden.
Externe Kosten	Ökologische Folgekosten und/oder soziale Kosten, die zwar durch einzelwirtschaftliches Handeln entstehen, aber von der Allgemeinheit bzw. Dritten getragen werden (externalisierte Kosten). Wird benötigt um das Prinzip des «Grenz-SEBI» zu erklären.
Footprint	Sämtliche negativen Umweltauswirkungen, die eine Handhabung bzw. das Verhalten einer Person oder Unternehmung erzeugt. Golfanlage: Land-, Wasserverbrauch, Pflanzenschutzmittel, Dünger, Ressourcenverbrauch etc., <b>kumulierter Umweltschaden → Umweltbelastung.</b>
GEO-Climate	Programm von GEO zur Auswertung einer vereinfachten Klimabilanz für Golf-Clubs, die GEO-Mitglied sind. Berücksichtigt werden nur Klimawirkungen (keine Lärmvermeidung, Biodiversität, Schadstoffe in Luft, Wasser und Boden etc.).
Handprint	Sämtliche Umweltnutzen, die durch eine Golfanlage erreicht wird: Biodiversität, Lärmvermeidung, CO <sub>2</sub> -Bindung und Speicherung etc., <b>kumulierter Umweltnutzen → Umweltentlastung.</b>
Klimawirkung	Durch Treibhausgase verursachte Erwärmung des Klimas, nur klimaschutzrelevante Emissionen werden berücksichtigt. Die Bewertung wird anhand eines Charakterisierungsfaktors in kg CO <sub>2</sub> -Äquivalente vorgenommen. Methan ist z.B. 28-mal so klimaschädlich wie Kohlenstoffdioxid → 1kg Methan = 28 kg CO <sub>2</sub> -eq, Die Klimawirkung berücksichtigt keine anderen Auswirkungen auf die Umwelt wie z.B. Giftigkeit eines Stoffes auf Mensch & Natur.
LC-Impact	Ökobilanzmethode zur Bewertung des Biodiversitätsverlusts mit geographisch regionalisierter Auflösung. Diese Methode wurde (neben anderen Institutionen) von der ETH Zürich entwickelt und basiert auf den Ecoregions von WWF.
Midpoint-Level	Auswertung der Ökobilanz auf Ebene der einzelnen Umweltwirkungskategorien ohne eine Gesamt aggregierung über Gewichtungsfaktoren zu einer einzigen Zahl.
Ökobilanz	Buchhalterische Erfassung aller Umweltwirkungen entlang des gesamten Lebenszyklus eines Produkts / Prozesses / Systems mit eigener «Währung». Ökobilanz wird daher auch Lebenszyklusanalyse (Life Cycle Analysis LCA) genannt. Eine Ökobilanz kann für beides «Klimawirkung» und auch für «Umweltwirkung» erstellt werden, abhängig von der Bewertungsmethode.

Ökoeffektivität	Unter Ökoeffektivität versteht man den relativen Beitrag einer Umweltmassnahme zur Verbesserung der Ökobilanz des betrachteten Systems insgesamt.
Ökoeffizienz	Die ökologische Effizienz («Ökoeffizienz») beschreibt das generelle Ziel, einen möglichst hohen Umweltnutzen mit möglichst wenig Aufwand zu generieren. In unsrem Fall geht es konkret darum für einen gegebenen monetären Betrag den bestmöglichen Umweltnutzen zu erbringen. Berechnet wird die ökologische Effizienz als Quotient aus Umweltnutzen und Kosten (siehe auch «SEBI» in Kap. 3.2).
Umweltwirkung	Gesamtheitliche Betrachtung aller relevanten Wirkungskategorien wie z.B. Überdüngung, Übersäuerung des Bodens, Wasserverbrauch, Energieressourcen, Emissionen in Luft, Wasser und Boden, die Biodiversität sowie auch Klima (Klimawirkung ist eine Teilmenge der Umweltwirkung). Bei der Bewertung der Umweltwirkung werden viel mehr Umweltaspekte berücksichtigt als in einer Klimawirkungsanalyse.

### 3.2 Abkürzungen (alphabetisch aufgelistet)

AS	Alternativszenario = Wirkszenario
ASG	Association Suisse Golf: Vorgängerverband von Swiss Golf
BAFU	Bundesamt für Umwelt (ehemals BUWAL)
GEO	Golf Environment Organization, Foundation zur Förderung der Nachhaltigkeit im Golfsport mit Hauptsitz in Schottland, <a href="http://www.sustainable.golf">www.sustainable.golf</a>
GWP	Global Warming Potential, Ökobilanzmethode zur Bestimmung des Treibhauspotenzials klimawirksamer Gase mit der Einheit CO <sub>2</sub> -eq, berücksichtigt nur Klimaerwärmung (keine anderen Umweltbereiche)
KEA	Kumulierter Energieaufwand; Ökobilanzmethode zur Erfassung des Gesamtenergiebedarfs inkl. «Grauer Energie». KEA zeigt den direkten und auch den indirekten nicht-erneuerbaren Energieverbrauch, welche über Charakterisierungsfaktoren in MJ Öl-Equivalente umgerechnet werden. Diese Wirkungskategorie beinhaltet die energetischen Inputs für die Gewinnung, Herstellung und Entsorgung aller benötigten Materialien und Hilfsstoffe und bewertet dabei den Bedarf an nicht erneuerbaren primären Energieträgern wie Kohle, Öl oder Uran.
ILCD	International Reference Life Cycle Data System (Ökobilanzierungsmethode der European Commission – Joint Research Centre), gesamttaggregierende Methode mit ganzheitlicher Umweltwirkungsbewertung. Berücksichtigt viele verschiedene Umweltbereiche wie z.B. Überdüngung, Wasser-, Luft- und Bodenschadstoffe (Ökotoxische oder humantoxische Wirkung), Ressourcenverbrauch, Energie, Klima, Landnutzung. Gewichtung nach Expertenbefragung EU27. CO <sub>2</sub> ist eine Teilmenge davon. Fokussiert auf Schadstoffe (Öko- und Humantoxizität).
LCA	Life Cycle Assessment, Lebenszyklusanalyse = Ökobilanz
LCI	Life Cycle Inventory, Sachbilanz-Inventar der Ökobilanz, wichtig, da die Qualität der Daten in der Sachbilanz die Aussagekraft der Ökobilanz bestimmt.

PSM	Pflanzenschutzmittel
RS	Referenzszenario = Basisszenario
SEBI	Specific-Eco-Benefit-Indicator (Spezifischer Ökonutzenindikator), von UTech AG entwickelte Ökoeffizienz-Kennzahl von Umweltmassnahmen. SEBI berechnet in welche Umweltmassnahme Geld am effizientesten investiert ist. Zur Berechnung des SEBI wird der gegenüber dem Referenzszenario zusätzliche Umweltnutzen des Alternativszenarios (Umweltmassnahme) durch die zusätzlichen Kosten dieser Massnahme dividiert. Der SEBI ergibt sich damit in vUBP/CHF. Ein hoher SEBI steht damit für eine besonders ökoeffiziente Massnahme, also für einen grossen ausgelösten Umweltnutzen pro ausgegebenem Schweizer Franken.

### 3.3 Einheiten (alphabetisch aufgelistet)

CO <sub>2</sub> -eq	Kohlenstoffdioxid-Equivalente
CHF	Schweizer Franken, Währungseinheit der Schweiz
ILCD-Pts	ILCD-Punkte, Einheit der Ökobilanzmethode «ILCD», werden teilweise auch als «ILCD-mPts» Millipoints (Tausendstel-Punkte) oder als «ILCD-µPts» Mikropoints (Millionstel-Punkte)
MJ Oil-eq	Megajoule Öl-Equivalente
PDF	Potentially Disappeared Fraction of Species; drückt das Verschwinden einer bestimmten Artenzahl relativ zur Gesamtartenzahl aus. Wird als Ökobilanz-Einheit in der LC-Impact Methode für die Wirkungskategorie «Landnutzung & Biodiversitätsverlust» verwendet.
UBP	Umweltbelastungspunkte, Einheit der Methode der Umweltbelastungspunkte (wissenschaftlich: Methode der ökologischen Knappheit 2013), vom Bundesamt für Umwelt BAFU, gesamttaggrierende Methode, die Umweltwirkungen ganzheitlich bewertet. Berücksichtigt viele verschiedene Umweltbereiche wie z.B. Überdüngung, Wasser-, Luft- und Bodenschadstoffe (Ökotoxische oder humantoxische Wirkung), Ressourcenverbrauch, Energie, Klima, Landnutzung. Gewichtung nach politischen Zielen der Schweiz. CO <sub>2</sub> ist eine Teilmenge davon.
vUBP	Vermiedene (eingesparte) Umweltbelastungspunkte (Einheit der vollaggregierten Ökobilanz-Methode der ökologischen Knappheit, engl. Ecological Scarcity, «Methode der ökologischen Knappheit»)

## 4 Grundlagen

### 4.1 Ökobilanz

#### 4.1.1 Hintergrund

Die Ökobilanz auch Lebenszyklusanalyse oder life cycle assessment (LCA) genannt, ist ein Hilfsmittel zur Analyse der Umweltwirkung. Der Wortteil «Öko» steht dabei für die Umweltwirkung und der Wortteil «Bilanz» für die buchhalterische Erfassung sämtlicher Umweltwirkungen über den ganzen Lebenszyklus eines Produkts oder Prozesses in numerischer Form. Sie dient der quantitativen Bewertung der Einflüsse eines Produkts oder Prozesses auf die Umwelt und ist somit ein essentielles Instrument bei der ökologischen Beurteilung. Sie sind deshalb so beliebt, weil sie sich nicht nur auf wenige Aspekte konzentrieren, sondern ein Produkt oder eine Aktivität über den gesamten Lebenszyklus sowie sämtliche Ressourcenverbräuche, Emissionen und Umweltwirkungen quantifizieren [21].

#### 4.1.2 Vorgehen

Die Umweltwirkung im Rahmen dieses Projekts wurde daher durch eine Ökobilanz (Life Cycle Assessment, LCA) modelliert. In das System der Ökobilanz werden alle als relevant betrachteten Stoff- und Energieflüsse der betrachteten Golfplätze und ihrer Umweltmassnahmen inkl. vor- und nachgelagerte Prozesse («cradle-to-grave») miteinbezogen. Die Sachbilanz wurde mit der Ökobilanz-Software SimaPro V9.1 [7] berechnet und für die Wirkbilanz verwendet. Als Datengrundlage für vorgelagerte Prozesse wurde auf Standarddaten aus ecoinvent V3.6 [8] oder eigene Prozesse (Datenbank Umtec Technologie AG) zurückgegriffen.

Dabei richtete sich das Vorgehen im Wesentlichen an die Norm ISO 14'040/44 [22], [23]. Bezüglich der Verwendung von gesamtaggrierenden Bewertungsmethoden, wie dies die Umweltbelastungspunkte (UBP) oder die gesamtaggrierte Darstellung mittels ILCD-Methode sind, geht die Studie über die Norm hinaus. Die Methode der ökologischen Knappheit erwies sich in diversen Studien der UTech AG als die geeignetste, da sie gesellschaftspolitische Ziele der Schweiz in der Gewichtung miteinbezieht und somit repräsentativ ist für die Politik in der Schweiz. Zudem wurde dieser Methode vom Bundesamt für Umwelt (BAFU) eine Schlüsselrolle im Bereich der Entscheidungsunterstützung für umweltrelevante Fragestellungen zugeordnet [24]. Sie ist aber in der Schweiz sehr gut etabliert und soll bei der Übernahme der EN 17472 ins Schweizer Normenwerk zukünftig im nationalen Vorwort ausdrücklich als zulässiges Bewertungsverfahren benannt werden.

Da die Bewertung der verschiedenen Umweltauswirkungen von Wertmassstäben abhängig ist, werden diese gesamtaggrierenden Methoden teilweise abgelehnt, z.B. auch von der ISO Norm 14'040 [22] für Vergleiche, welche für die Öffentlichkeit bestimmt sind. Dabei ist zu beachten, dass auch die Auswahl der Umweltauswirkungen subjektiv ist. Falls nur ein Teil der Auswirkungen, z.B. kumulierter Energieaufwand (KEA) und Treibhauspotential betrachtet werden, kommt dies einer Gewichtung der anderen Auswirkungen mit null gleich. Die Betrachtung der einzelnen Wirkkategorien kann durchaus hilfreich sein, z.B. zur Ermittlung der Ursachen von spezifischen Auswirkungen und Erarbeitung von möglichen Optimierungspotentialen. Als Entscheidungsgrundlage oder für die Betrachtung der gesamten Umweltauswirkungen dürfen jedoch nicht einzelne Umweltaspekte ausgeklammert werden. Dafür sind gesamtaggrierende Bewertungsmethoden nicht nur hilfreich, sondern notwendig [25]. Betreffend der Verwendung der gesamtaggrierenden Methoden richtet sich die vorliegende Studie nicht nach

der ISO Norm 14'040 [22], sondern geht über diese hinaus. Die Verwendung verschiedener Bewertungsmethoden erlaubt es, die Aussagekraft der Resultate abzusichern.

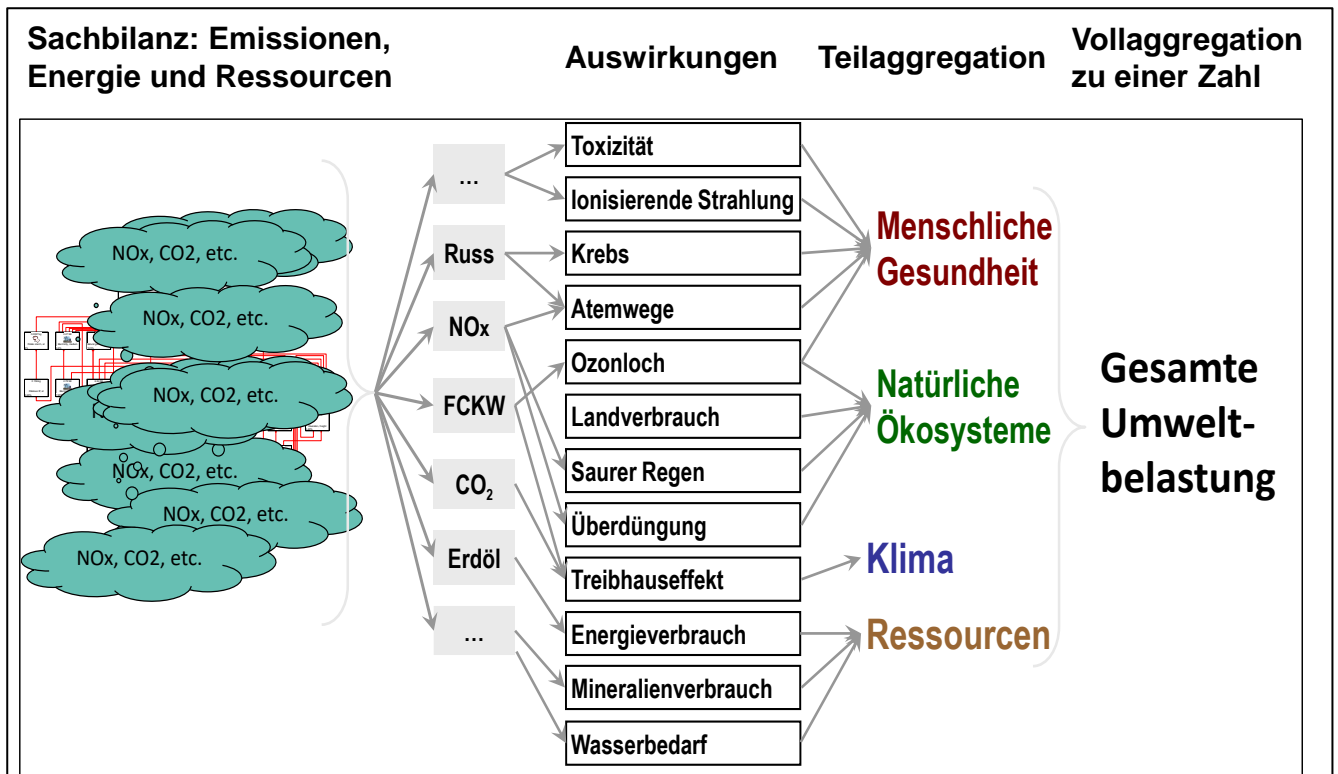


Abb. 4-1: Ablauf der Bewertung bei der Ökobilanzierung mittels gesamtaggrierender Methoden, welche die Umweltwirkung gesamtlich bewerten [10].

In der vorliegenden Studie wurden folgende Methoden der Ökobilanzierung verwendet:

#### 4.1.3 Verwendete Ökobilanzmethoden

##### 4.1.3.1 Methode der ökologischen Knappheit 2013 (Umweltbelastungspunkte – UBP)

Diese Methode wurde mit dem Ziel entwickelt, die verschiedenen Umweltauswirkungen zu einer einzigen Kenngrösse (Umweltbelastungspunkte) zusammenzufassen. Es handelt sich um eine Ökobilanzmethode, bei der neben den bereits bestehenden Belastungen die umweltpolitischen Ziele der Schweiz berücksichtigt werden. Je grösser die Umweltbelastung eines Produktes ist, desto mehr Umweltbelastungspunkte erzeugt seine Bewertung. Diese Ökobilanzierungsmethode beruht auf dem Vergleich der aktuellen Belastung der Umwelt (aktueller Fluss, «Ist-Menge») mit der gesellschaftspolitisch als zulässig angesehen Belastung (kritischer Fluss, «Toleranzmenge»). Das Verhältnis von aktuellem zu kritischem Fluss resp. der «Ist-Menge» zur «Toleranzmenge» wird als ökologische Knappheit bezeichnet. Diese Methode wird umgangssprachlich auch «Umweltbelastungspunkte-Methode» (kurz «UBP-Methode») genannt. Denn diese Ökobilanzierungsmethode berücksichtigt eine grosse Anzahl an Wirkungskategorien, welche anhand einer Gewichtung, basierend auf politischen Zielen der Schweizer Umweltgesetzgebung abgestützt, ein gesamtaggriertes eindimensionales Ergebnis in der Einheit Umweltbelastungspunkte UBP liefert [26].

Zur Einordnung: gemäss der BAFU-Studie [14] verursacht ein/e durchschnittliche/r Schweizer/in pro Jahr im Bereich Freizeit/Kultur/Sport 1'100'000 UBP. Dazu gehören auch Theater-, Kino- und Konzertbesuche sowie alle anderen Freizeit- und Sportaktivitäten.



Ein Vorteil dieser Methode liegt in der Erfassung des Effekts von Schadstoffemissionen in die Umwelt. In der Schweiz gilt die UBP-Methode als Standard bei Ökobilanzen [21], [24], [27]. Sie wurde im Auftrag des BAFU erarbeitet und gilt auch besonders hilfreich als Entscheidungsgrundlage in verschiedenen Geschäftsbereichen privatwirtschaftlicher Unternehmen.

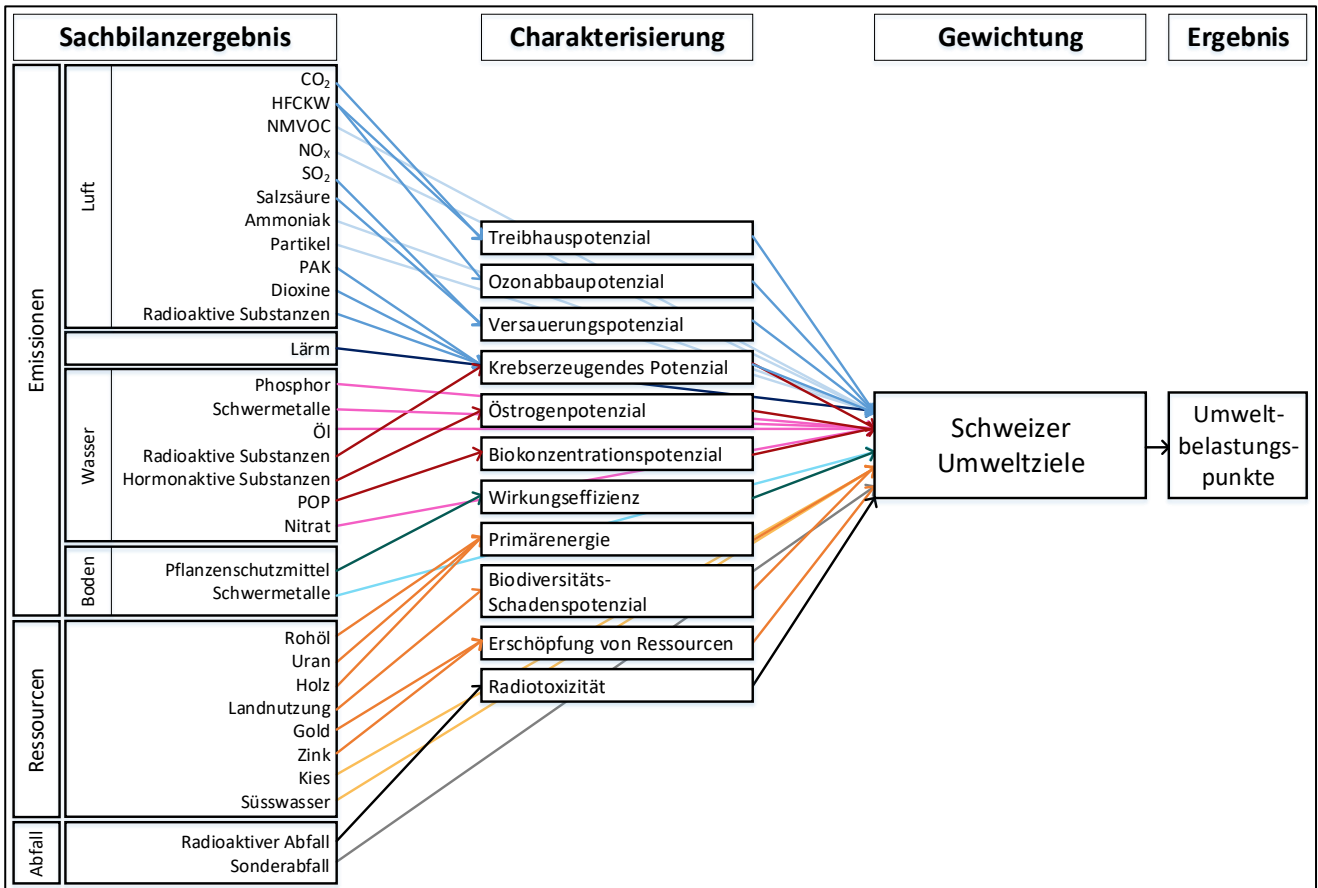


Abb. 4-2: Ablauf der Bewertung bei der Ökobilanzierung mittels der UBP-Methode [27].

#### 4.1.3.2 ILCD

Das ILCD (International Reference Life Cycle Data System) Handbook [28] basiert auf den ISO Standards 14'040/44 (sofern auf Midpoint-Ebene ausgewertet) und liefert Empfehlung für Behörden und Unternehmen hinsichtlich Ökobilanzdaten, -methoden- und -bewertungen mit hoher Qualität und Konsistenz. Die Empfehlungen beinhalten eine Auswahl von 16 Wirkkategorien, basierend auf aktuellen und neuesten Erkenntnissen. ILCD v1.04 beinhaltet auch einen Normalisierungs- und optionalen Gewichtungsschritt zur Auswertung der Ökobilanz auf Endpoint-Ebene. Für die Gewichtung wurde der Vorschlag einer Studie des Joint Research Center der Europäischen Kommission in Konformität der EU27 verwendet [29]. Die ILCD v1.04 wurde in dieser Studie als Nebenmethode für die Gesamtumweltbelastung angewendet. Das Ergebnis liegt gesamt aggregiert (Endpoint-Auswertung) als ILCD-Punkte, abgekürzt = ILCD-Pts vor. Teilweise sind die berechneten Ökobilanzresultat-Werte auf der absoluten Skala relativ klein und werden zwecks besserer Lesbarkeit als «mILCD-Pts» (Milli-Points, Tausendstel-Punkte) oder «µILCD-Pts» (Mikro-Points, Millionstel-Punkte) angegeben. Im Gegensatz zur UBP-Methode (siehe Kap. 4.1.3.1) kann die ILCD-Methode Lärm nicht und Biodiversität nur ansatzweise berücksichtigen (über den organischen Kohlenstoffgehalt des Bodens, der durch anthropogene Landnutzungsänderungen reduziert wird).

#### 4.1.3.3 Treibhauspotenzial (Methode der CO<sub>2</sub>-Equivalenten)

Diese Umweltwirkungskategorie berücksichtigt nur klimaschutzrelevante Emissionen eines Produktes oder Prozesses über den gesamten Lebenszyklus. Die Bewertung wird anhand eines Charakterisierungsfaktors in kg CO<sub>2</sub>-Equivalenten vorgenommen. Das Treibhausgas Methan zum Beispiel ist rund 28mal klimaschädlicher als das Treibhausgas Kohlenstoffdioxid und wird daher mit dem Charakterisierungsfaktor 28 verrechnet. Ein Kilogramm Methan entspricht damit an 28 kg CO<sub>2</sub>-Equivalenten. Diese Methode des Treibhauspotenzials wird im angrenzenden Ausland häufig verwendet. Nicht-klimawirksame, toxizitätsrelevante Schadstoffemissionen in Luft, Wasser und Boden lassen sich nur ungenügend bis gar nicht abbilden [30], [31].

Zur Einordnung: gemäss BAFU-Studie [14] verursacht ein/e durchschnittliche/r Schweizer/in pro Jahr im Bereich Freizeit/Kultur/Sport 770 kg CO<sub>2</sub>-eq. Dazu gehören auch Theater-, Kino- und Konzertbesuche sowie alle anderen Freizeit- und Sportaktivitäten.

#### 4.1.3.4 Kumulierter Energieaufwand (KEA)

Diese Ökobilanzierungsmethode beruht auf der systematischen Erfassung des gesamten Energieaufwands entlang des Lebenszyklus inkl. der «Grauenergie» aus der Vorkette von Produkten oder Prozessen. Dabei werden Energieflüsse aus erneuerbaren und nichterneuerbaren Quellen erfasst. Das Ergebnis der Ökobilanz wird bei der Methode des kumulierten Energieaufwands als MJ-Oil-eq («equivalents» = MJ Öl-Equivalente) ausgegeben. Eine MJ Oil-eq bildet, analog zur Methode der Treibhausgase (kg CO<sub>2</sub>-eq), die Basislinie zur Umrechnung der verschiedenen Energiequellen auf einen gemeinsamen Nenner.

#### 4.1.3.5 LC-Impact (Biodiversität)

Die LC-Impact Methode wurde im Rahmen des EU FP7 Forschungsprojekts von namhaften Institutionen wie der ETH Zürich, dem NTU Norwegen, DTU Dänemark, RU Netherlands, Pré Sustainability Netherlands entwickelt. Dabei stand die Entwicklung einer Ökobilanzmethode im Vordergrund, die eine geographisch hochaufgelöste Bewertung verschiedener Umweltwirkungen ermöglicht. Die LC-Impact Methode bewertet als nicht gesamt aggregierte Methode «Midpoint-Level» (keine Vollaggregation zu einer einzigen Zahl, sondern pro Umweltwirkungskategorie) unterschiedliche Umweltwirkungskategorien wie z.B. Wasserverbrauch, Klimaerwärmung, Öko- und Humantoxizität und neben weiteren Wirkungskategorien auch die Landnutzung und der damit einhergehende anthropogen verursachte Biodiversitätsverlust [11], [12] und [13]. In Zukunft wird diese Methode vermutlich in herkömmlichen Ökobilanz-Software-Tools (wie die von uns genutzte Software SimaPro [7]) eingebettet sein und somit allenfalls auch eine gesamt aggregierende Auswertung (Ergebnis als einen einzigen Zahlenwert) auf «Endpoint-Level» möglich sein. Dies war zum Zeitpunkt der Erstellung der vorliegenden Studie nicht der Fall. In Rücksprache mit einer der Hauptentwicklerinnen dieser Methode (Frau Dr. Prof. Stefanie Hellweg von der ETH Zürich) ist es allerdings auch ohne Weiteres zulässig eine einzelne Umweltwirkungskategorie mittels der LC-Impact Methode auf «Midpoint-Level» auszuwerten [32] (dieses Vorgehen ist auch ISO 14'040 [22] konform). Da die meisten Ökobilanzmethoden nur eine rudimentäre bis gar keine Bewertung der Landnutzung & Biodiversitätsverlust zulassen, haben wir die LC-Impact Methode als Ergänzung zu den oben erwähnten Ökobilanzmethoden verwendet. Die LC-Impact Methode wird von UNEP SETAC als «Best-Practice» zur Biodiversitätsbewertung sogar explizit empfohlen [33].

Wir haben in der vorliegenden Studie die Umweltwirkungskategorie «Landnutzung & Biodiversitätsverlust» verwendet. Dabei stützt sich die LC-Impact Methode auf die «Wildlife» Datenbank vom WWF ab

[34]. In dieser Datenbank gibt es für verschiedene Regionen der Welt die Anzahl natürlich vorkommender Spezies. Diese Zahl der Spezies bildet den natürlichen Zustand «unberührter Natur» ab. Daran wird jede menschliche Nutzungsart gemessen und mittels Biodiversitätsverlust ausgedrückt als «regional species lost/year». In der LC-Impact Methode können Säugetiere, Amphibien, Reptilien, Vögel und Pflanzen berücksichtigt werden, jedoch keine Insekten. Die Biodiversitätsverlust-Berechnung mittels LC-Impact ergibt einerseits die Aussage in «Anzahl regional verschwundener Arten pro Jahr» (Arten bezieht sich auf z.B. Säugetierarten). Das entspricht der Anzahl Arten je Gattung (Säugetiere, Vögel, Reptilien etc.) die pro Jahr durch eine menschliche Tätigkeit (Landnutzung) verschwinden. Andererseits können auch über aggregierte Auswertungen das Verschwinden einer bestimmten Artenzahl relativ zur Gesamtartenzahl ausgedrückt werden. Dabei wird die Einheit «Potentially disappeared Fraction of Species/year» verwendet. Diese Einheit gibt den prozentualen Anteil der natürlich vorkommenden Artenzahl an, die potentiell durch eine menschliche Landnutzungsform verschwindet.

#### 4.1.3.6 Bemerkung zur Ökobilanzmethoden-Wahl

In der vorliegenden Studie dient die UBP-Methode zur Bewertung des Gesamtumwelteinflusses als Hauptmethode. Die ILCD-Methode wurde zur Plausibilisierung sowie zur Anwendung im internationalen Kontext im EU-Raum verwendet. Da sich der Auftraggeber in der Schweiz befindet, passt die Verwendung der UBP-Methode sehr gut, welche auf die Schweizer Gesetzgebung abgestützt ist. Für Golfplätze im Ausland müsste die Gewichtung der Umweltbelastungspunkte auf die jeweilige Gesetzgebung des Landes angepasst werden. Eine andere Möglichkeit bestünde in der Umrechnung einer anderen gesamtaggregierenden Ökobilanzierungsmethode mit internationaler Gültigkeit (wie z.B. ILCD) auf Umweltbelastungspunkte UBP. Beide beschriebenen Wege bedürfen einer Anpassung und methodischen Weiterentwicklung, bevor die UBP für andere Länder mit dem vorliegenden Ökobilanzmodell dieser Studie in UBP abgebildet werden können.

Als zweite Hauptmethode soll die CO<sub>2</sub>-Methode zur Ermittlung des Treibhausgaspotenzials herangezogen werden. Dies vor allem um dem internationalen Kontext und der internationalen Umweltpolitik Rechnung zu tragen. Die Erfassung des kumulierten Gesamtenergiebedarfs bildet ebenfalls eine weitere Nebenmethode. Denn der Auftraggeber Swiss Golf wollte zusätzlich eine Aussage über den Energiebedarf des Golfsports erhalten. Als Spezialmethode wurde die LC-Impact Methode zur Biodiversitätsbewertung mit hoher geographischer Auflösung verwendet. Zusammenfassend wird festgehalten:

- |                        |                                                                                                                             |
|------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Hauptmethoden:</b>  | 1. Umweltbelastungspunkte <b>UBP</b> (Methode der ökologischen Knappheit)<br>2. Treibhauspotenzial <b>CO<sub>2</sub>-eq</b> |
| <b>Nebenmethoden:</b>  | 3. Gesamtumweltwirkung gemäss <b>ILCD</b><br>4. Gesamtenergieaufwand <b>KEA MJ Oil-eq</b>                                   |
| <b>Spezialmethode:</b> | 5. LC-Impact (Biodiversität)                                                                                                |

Eine ausführliche Erklärung zum Thema Ökobilanzen ist dem Anhang 13.1 zu entnehmen.

Da nicht nur natürliche Ressourcen begrenzt sind, sondern auch die finanziellen Ressourcen, ist bei strategischen Entscheidungen der Einbezug wirtschaftlicher Aspekte nicht nur sinnvoll, sondern notwendig. In Zusammenarbeit mit dem Institut für Umwelt- und Verfahrenstechnik UMTEC haben wir von der Umtec Technologie AG dafür einen eigenen Indikator zur Beurteilung von Kosten/Nutzen-Betrachtungen entwickelt – der SEBI (Specific-Eco-Benefit-Indicator). Er soll im nachfolgenden Unterkapitel erklärt werden.

## 4.2 Ökoeffizienz SEBI

Kurz und bündig wird Effizienz grundsätzlich folgendermassen beschrieben: „Doing more with less“ [35]. Die ökologische Effizienz („Ökoeffizienz“) beschreibt das generelle Ziel, einen möglichst hohen Umweltnutzen mit möglichst wenig Aufwand zu generieren. In unsrem Fall geht es konkret darum für einen gegebenen monetären Betrag den bestmöglichen Umweltnutzen zu erbringen. Berechnet wird die ökologische Effizienz wie folgt:

$$\text{Ökologische Effizienz} = \frac{\text{Umweltnutzen}}{\text{Kosten}}$$

Zur Ökoeffizienzanalyse kommt der von uns entwickelte Ökonutzenindikator SEBI (Specific-Eco-Benefit-Indicator) zum Einsatz. Der SEBI ist eine Kennzahl für die Effizienz von Umweltmassnahmen, mit dem sich alle Umweltmassnahmen, die Kosten verursachen, bezüglich ihrer Effizienz vergleichen lassen. Erstmals zur Anwendung kam der SEBI für die Beurteilung von verschiedenen Recyclingsystemen. Der SEBI wurde speziell für die Unterstützung von Entscheidungsträgern entwickelt, in dem er die Kosten/Umweltnutzen-Effizienz von Projekten, Umweltmassnahmen oder ganzer Umweltportfolios aufzeigt. Denn nicht nur unsere natürlichen Ressourcen sind begrenzt, sondern auch die finanziellen Mittel.

Wie funktioniert das? Einfach gesagt, berechnet der SEBI in welche Umweltmassnahme Geld am effizientesten investiert ist. Am ökoeffizientesten sind Umweltmassnahmen, die pro ausgegebenen Schweizer Franken am meisten Umweltnutzen abwerfen. Für unsere Ökoeffizienzanalyse SEBI benötigen wir Informationen zu den Bereichen Ökologie und Ökonomie. Diese ermitteln wir einerseits über eine Umweltbilanz mittels Methoden der Ökobilanzierung und andererseits über eine Kostenanalyse. Je höher der SEBI, desto besser. Denn ein hoher SEBI bedeutet, dass pro ausgegebenen Schweizer Franken ein grosser Umweltnutzen erzielt wird. Abb. 4-3 zeigt wie das Resultat einer SEBI-Analyse aussehen kann.

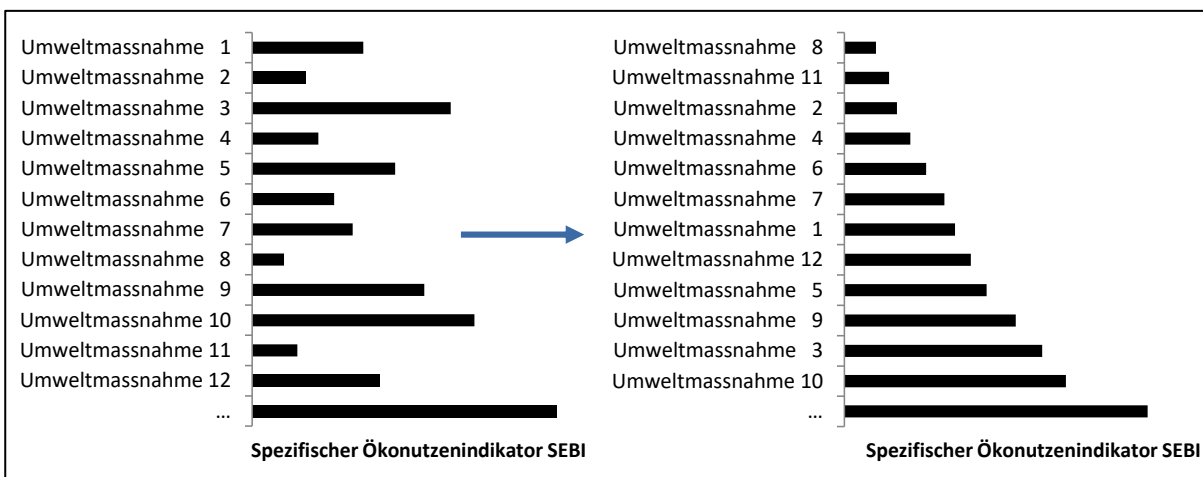


Abb. 4-3: Beispiel einer SEBI-Analyse Darstellung.

Weder einem Unternehmen noch einer Behörde oder einem Verband stehen unlimitierte finanzielle Mittel zur Verfügung. Daher treten neu geplante Umweltmassnahmen in Konkurrenz um die limitierten Mittel. Die Beurteilung der Förderwürdigkeit einzelner Umweltmassnahmen sollte daher mittels SEBI priorisiert werden.

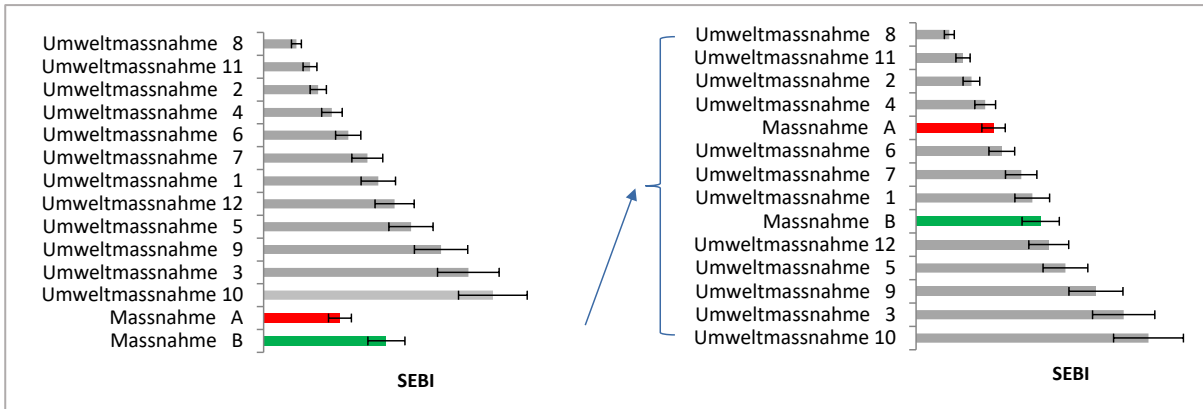


Abb. 4-4: Erst im Hintergrund weiterer Umweltmassnahmen wird ersichtlich, ob die Umsetzung einer Umweltmassnahme basierend auf Kosten/Nutzen-Betrachtungen im Spektrum bislang akzeptierter Massnahmen sinnvoll ist. Genau hier liegt die Stärke unserer SEBI-Methode.

Abb. 4-4 zeigt, dass der SEBI zweier Massnahmen alleine "nur" ausreicht, um die Frage zu beantworten, welche Massnahme die ökoeffizientere der beiden ist. Ob die beiden Massnahmen im grösseren Kontext des Ökoeffizienz-Spektrums überhaupt sinnvoll sind, lässt sich erst im Hintergrund von weiteren SEBI-Daten beurteilen. Wir verfügen an der UTech AG über eine grosse Sammlung von SEBI-Daten und können dadurch bei neu vorgeschlagenen Massnahmen ermitteln, wo diese im Spektrum der bislang akzeptierten Massnahmen liegen. Dieser Abgleich dient als wichtige Entscheidungshilfe und zeichnet den SEBI als sehr hilfreiches Tool aus.

Zur Beurteilung der ökologischen Aspekte werden Methoden der Ökobilanzierung benutzt, z.B. die «Methode der ökologischen Knappheit». Auf diese Weise wird der Umweltnutzen einer Massnahme gegenüber der Basis (z.B. Status quo) durch «vermiedene Umweltbelastungspunkte (vUBP)» quantifiziert. Der Quotient vUBP/CHF ist der SEBI. Zur Berechnung des SEBI wird der gegenüber dem Referenzszenario zusätzliche Umweltnutzen (in vUBP) durch die zusätzlichen Kosten dieser Massnahme dividiert. Der SEBI ergibt sich damit in vUBP/CHF. Ein hoher SEBI steht damit für eine besonders ökoeffiziente Massnahme. Abb. 4-5 zeigt das Vorgehen bei der SEBI-Berechnung auf.

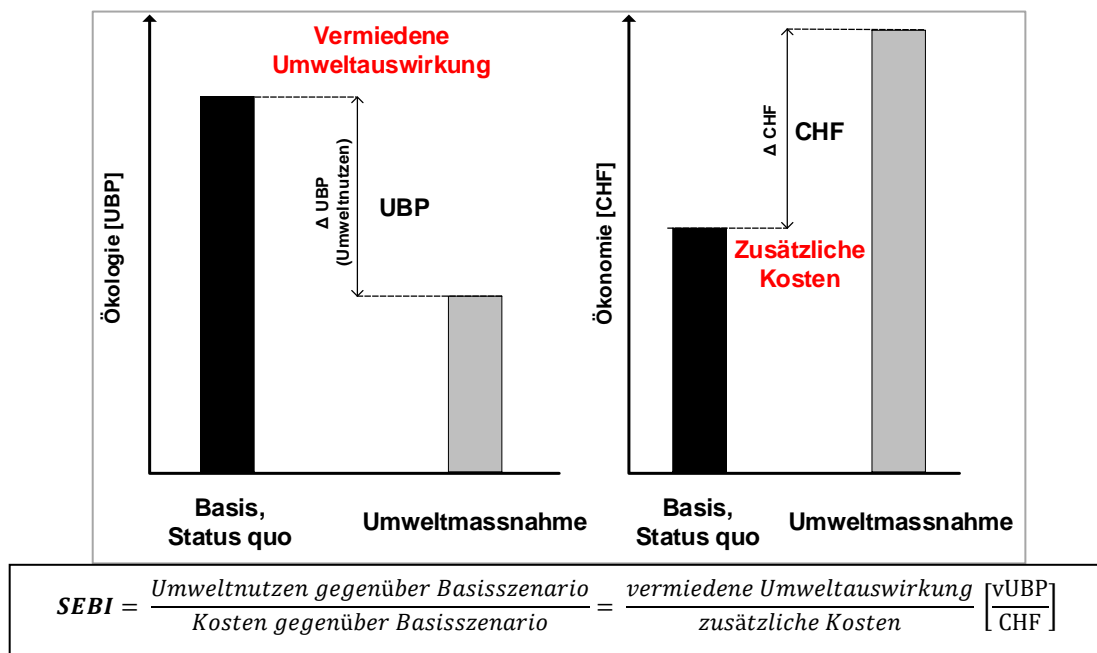


Abb. 4-5: Der SEBI errechnet sich aus dem Quotienten der vermiedenen Umweltauswirkung und den zusätzlichen Kosten. Links: Ökologie, rechts: Ökonomie.

### 4.3 Abschätzung des Grenz-SEBI

Dieses Kapitel leitet den Grenz-SEBI 2'500 vUBP/CHF und die Begründung dafür her, dass Umweltmassnahmen mit weniger Effizienz nicht sinnvoll sind. Abb. 4-6 zeigt die UBP vs. externe Kosten (eK) für diverse umweltrelevante Prozesse. Die UBP-Daten stammen aus der Umweltdatenbank Ecoinvent [8] und die eK wurden vom deutschen Umweltbundesamt berechnet (und von uns auf der Basis 1.1 CHF = 1 EUR umgerechnet) [36]. Bei den «externen Kosten» geht es um die «indirekten Kosten» für die Gesellschaft, die durch umweltrelevante Tätigkeiten ausgelöst werden, also das, was unten als Umwelt- oder Schadenskosten bezeichnet wird. Das Umweltbundesamt UBA hat in der "Methodenkonvention" versucht diese für einige umweltrelevante Tätigkeiten abzuschätzen. Es handelt sich also auch um eine Art Umweltbilanz bei der die umweltrelevanten Tätigkeiten mit ihren externen Kosten in CHF pönalisiert werden (und nicht mit CO<sub>2</sub>-Eq oder UBP). Relevant ist Abb. 4-6, die auch unten aufgeführt ist. Das Verhältnis UBP/eK beträgt etwa 1'000...7'000. Im Mittel gilt UBP/eK=2'500.

Angenommen, dass wir einen Umweltschaden von 2'500 UBP (entspricht 1 CHF externe Kosten) durch Umweltmassnahmen vermeiden respektive kompensieren möchten. Dies unter folgender Randbedingung: die Kosten für die Umweltmassnahmen dürfen nicht höher sein, also die externen Kosten für die Umwelt. *Analogie: es macht wenig Sinn einen Schaden zu versichern, wenn die Versicherungssumme höher ist als die Schadenssumme.* Wie hoch muss die Effizienz der Umweltmassnahme sein, damit dieses Ziel gerade erreicht wird?

Der Ausgangspunkt ist also, dass man dazu bereit ist maximal 1 CHF für Umweltmassnahmen auszugeben um 1 CHF externe Kosten (eK) Umweltschaden zu vermeiden (oder zu kompensieren). Da 1 CHF eK 2'500 UBP entspricht, muss die Umweltmassnahme eine Effizienz, also einen SEBI von mindestens 2'500 vUBP/CHF aufweisen. Umweltmassnahmen mit einem SEBI tiefer als dieser Wert bedeuten, dass die Vermeidungskosten höher wären als die externen Umweltkosten (was gemäss dem obigen Beispiel mit der Versicherung wenig sinnvoll wäre).

Wir haben nun für alle in der Methodenkonvention bewerteten umweltrelevanten Tätigkeiten die externen Kosten gegen die korrespondierenden Umweltbelastungspunkte gemäss Ecoinvent [8] ausgeplottet und die unten dargestellte Korrelation festgestellt. Je höher die externen Kosten (eK), umso höher die UBP. Die Streuung ist gross, aber im Mittel lösen rund 2'500 UBP einen CHF an externen Kosten aus: Die Ausgleichsgerade hat die Steigung von UBP/CHF=2'500. Das kann man auch einfach ablesen z.B. an dem Schnittpunkt der Ausgleichsgeraden über dem Punkt 1 CHF eK, der bei UBP=2'500 UBP liegt. Man kann es natürlich auch an jedem anderen Punkt der Geraden ablesen, z.B. am Punkt (0.01 CHF\25 UBP) aus dem sich ebenfalls  $25/0.01=2'500$  errechnet.

Fazit: Unter der Annahme, dass die Kosten für Umweltmassnahmen nicht höher sein dürfen als die durch den Umweltschaden verursachten externen Kosten, ergibt sich, dass die Grenzkosten, also der «minimale SEBI», nicht unter 2'500 UBP/CHF liegen sollte.

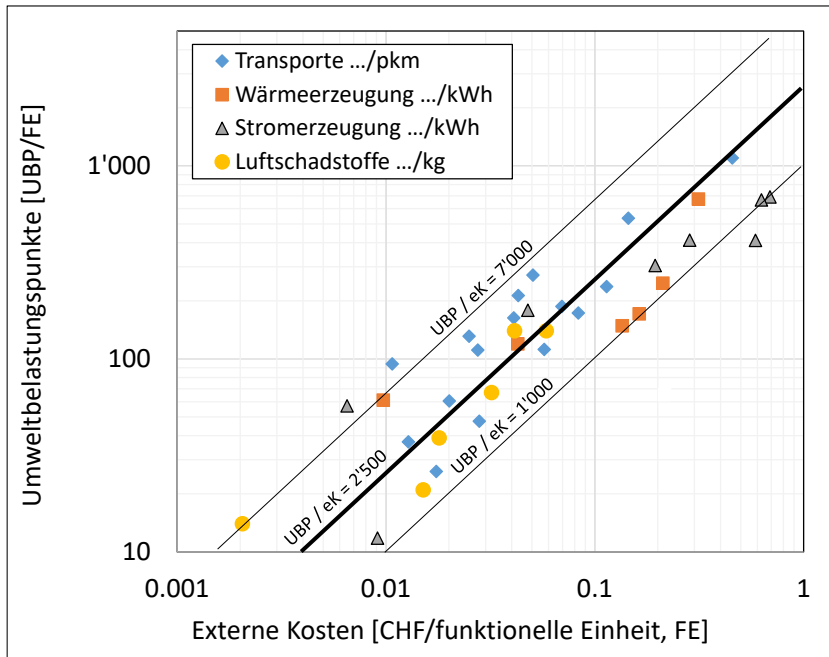


Abb. 4-6: Herleitung des Grenz-SEBI anhand einer Korrelation zwischen UBP und externen Kosten. Die UBP-Daten stammen aus Ecoinvent, die Daten zu den externen Kosten stammen aus der Methodenkonvention des Umweltbundesamtes aus Deutschland [36]. Das Verhältnis  $UBP/eK$  beträgt etwa 1'000...7'000. Im Mittel gilt  $UBP/eK=2'500$ . Angenommen, dass wir einen Umweltschaden von 2'500 UBP (entspricht 1 CHF eK) durch Umweltmassnahmen vermeiden respektive kompensieren möchten. Dies unter folgender Randbedingung: die Kosten für die Umweltmassnahmen dürfen nicht höher sein, also die externen Kosten für die Umwelt. Analogie: es macht wenig Sinn einen Schaden zu versichern, wenn die Versicherungssumme höher ist als die Schadenssumme.

#### 4.4 Ökoeffektivität

Neben der Ökoeffizienz ist auch die Ökoeffektivität zu beachten. Unter Ökoeffektivität verstehen wir den relativen Beitrag einer Umweltmassnahme zur Verbesserung der Ökobilanz des betrachteten Systems insgesamt (Golfplatz). Zum Beispiel zur Beurteilung der Fragestellung, ob das Kunststoffrecycling in der Schweiz durch entsprechende Gesetzesvorgaben gefördert werden soll, ist nicht nur die Ökoeffizienz (SEBI) entscheidend, sondern auch, dass die Massnahme überhaupt eine – gemessen an der Gesamtheit bereits eingeführter Massnahmen – signifikante positive ökologische Wirkung hat.

In Abb. 4-7 sind verschiedene Recyclingmassnahmen in der Schweiz entsprechend ihrer Ökoeffektivität aufgelistet. Zu sehen ist, dass das Kunststoffrecycling nur einen marginalen positiven Zusatzeffekt auf die Ökobilanz der Schweizer Abfallwirtschaft haben würde.

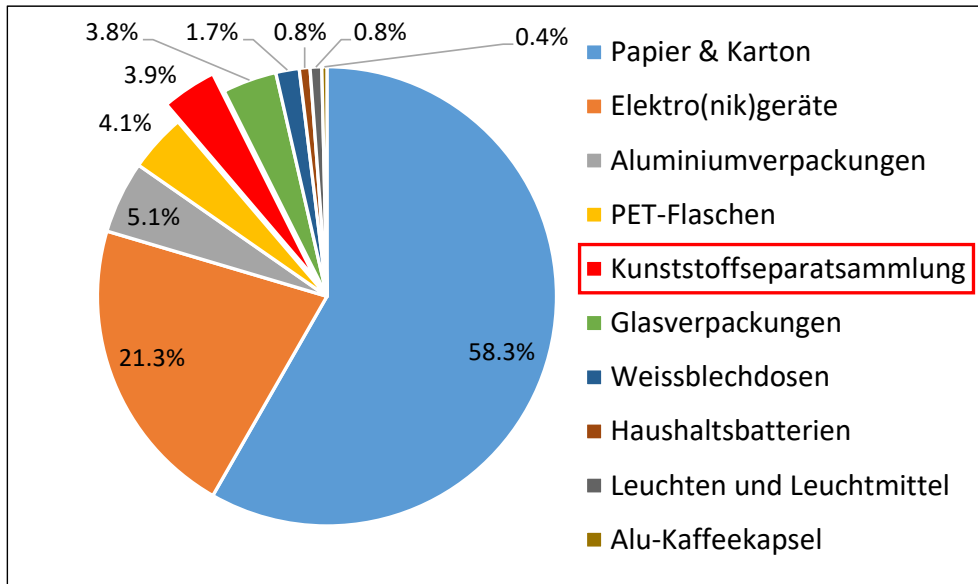


Abb. 4-7: *Beispiel: Die Ökoeffektivität von Recyclingmassnahmen in der Schweiz (Summe = 100%). Alleine durch die Separatsammlung von Papier & Karton und Elektro(nik)geräten werden mehr als 75% des gesamten Umweltnutzens in der Schweizer Siedlungsabfallwirtschaft generiert [37].*



## 5 Material und Methoden

### 5.1 Vorgehen

Folgende Schritte wurden im Rahmen der vorliegenden Studie systematisch abgearbeitet:

- Daten mit Swiss Golf für die beiden Golfplätze Lausanne und Wylihof zusammentragen.
- Daten konsolidieren und plausibilisieren (Expertenbefragungen und Literaturabgleich).
- Ökobilanzmodell für die beiden Golfplätze erstellen.
- Ökobilanz mittels der erwähnten Ökobilanzmethoden berechnen und grafisch auswerten.
  - 1. Stufe: Umweltwirkung eines Golfplatzes pro Jahr (Identifikation von ökologischen «Hot-Spots»).
  - 2. Stufe: Umweltwirkung pro Golfer/in und Jahr (für die Einordnung der Umweltwirkung im Vergleich zu anderen Bereichen/Sportarten).
  - 3. Stufe: Umweltwirkung pro gespieltes Loch (für den Vergleich zwischen verschiedenen Golfplätzen mit verschiedenen Grössen sowie zur Bildung eines Benchmarks nachdem mehrere Golfplätze bilanziert wurden).
- Hochrechnung der Umweltwirkung der gesamten Golffläche in der Schweiz.
- Mittels Ökobilanz die Entwicklung der Umweltwirkung des Golfsports seit der Erscheinung des BAFU-Papiers «Empfehlung Golf – Raumplanung – Landschaft - Umwelt» [2] bis heute aufzeigen.
- Ökoeffizienz SEBI berechnen und grafisch darstellen.
- Ökoeffektivität berechnen und grafisch darstellen.
- Anhand der Ökoeffizienz- und Ökoeffektivitätsanalyse konkrete Handlungsempfehlungen ableiten für Swiss Golf im Allgemeinen und für Golf Lausanne und Golf Wylihof im Speziellen.
- Dokumentation der Ergebnisse an Swiss Golf (Präsentation und vorliegender Schlussbericht).

Alle drei Stufen wurden als Ökobilanzmodell in der Software SimaPro 9.1 [7] parametrisiert implementiert. Dies hat den Vorteil, dass die Ökobilanz modular aufgebaut ist und allfällige weitere Golfplätze ihre Inputdaten einfach in das Modell integrieren können.

### 5.2 Rahmenbedingungen Ökobilanz

Die nachfolgende Zusammenstellung gibt eine Übersicht der Rahmenbedingung der von UTech AG erstellten Ökobilanz nach Norm ISO 14'040 2006 [22] und ISO 14'044 2006 [23]. Das Vorgehen entspricht in den wesentlichen Aspekten deren Anforderungen. Bezüglich der Verwendung von gesamtaggregierenden Bewertungsmethoden, wie dies die ILCD-Punkte (auf Endpoint-Auswertungslevel) und Umweltbelastungspunkte (UBP) sind, geht die Studie über die Norm hinaus [25]. Dieses Vorgehen wird für Entscheidungsträger als hilfreich und zielführend betrachtet. Denn teilaggregierte Ökobilanzen aggregieren das Ergebnis nicht zu einem eindimensionalen Resultat und können sich bei den betrachteten Wirkungskategorien (Umweltteilbereiche wie Eutrophierung, Versauerung des Bodens, stratosphärischer Ozonabbau, Klimaerwärmung etc.) widersprechen. Dadurch sind die Ergebnisse von teilaggregierten Ökobilanzen nicht immer eindeutig und stellen die Entscheidungsträger vor eine schwierige Situation.

Nachfolgend sind die Eckpunkte und Rahmenbedingungen der Ökobilanz aufgeführt:

### 5.2.1 Untersuchungsrahmen

Der Untersuchungsrahmen umfasst die Umweltwirkung im Zusammenhang mit dem Golfsport. Anhand der 18-Loch Golfanlage in Lausanne und der 27-Loch Golfanlage Wylihof bei Luterbach werden alle mit dem Golfsport in Zusammenhang stehenden Umweltwirkungen systematisch erfasst und bewertet.

### 5.2.2 Funktionelle Einheit

Die Ökobilanz wurde dreistufig ausgewertet und enthält daher auch drei funktionelle Einheiten, die wie folgt definiert wurden:

1. Umweltwirkung des Baus, Betriebs und Unterhalts eines Golfplatzes pro Jahr
2. Umweltwirkung des Golfsports pro Golfer/in und Jahr
3. Umweltwirkung pro gespieltes Loch

### 5.2.3 Systemgrenze

Die Systemgrenze schliesst alle mit dem Bau, Betrieb und Unterhalt verbundenen Tätigkeiten für den Golfsport auf dem Golfplatz Lausanne und Wylihof mit ein. Dabei werden alle relevanten Material-, Energie-, Wasser- und Landressourcen sowie Schadstoffemissionen in Luft, Wasser und Boden berücksichtigt. Auch die ganze Prozesskette für die Herstellung und Bereitstellung der Materialien wird mitbilanziert. Da Golfplätze sehr lange Lebensdauern aufweisen, wurde der Rückbau und die Entsorgungsphase ausgeklammert. Denn nach einer gewissen Zeit erfährt ein Golfplatz üblicherweise durch ein Landschaftsarchitekturbüro eine neue Modellierung und leichte Abänderungen, sodass Golfplätze eine fast unendlich lange Lebenserwartung haben.

In die Bilanzgrenze wurden folgende Bereiche integriert:

- Mobilität:
  - An- und Abreise der Golfer/innen
  - Mobilität auf dem Golfplatz mit Golfcarts
- Landverbrauch:
  - Spielfläche: Tees, Greens, Vor-Greens und Übungsbereiche
  - Fairways
  - Rough und Semi-Rough
  - Versiegelte Fläche (Parkplätze, Wege, Clubhaus, Facility Gebäude etc.)
  - Offenes Gewässer
  - Kies- und Sandflächen (Pionierstandorte)
  - Sumpf- und Feuchtgebiete
  - Extensives Dauergrünland
  - Wald (einheimische und nicht-einheimische Bäume)
  - Blumenwiesen
  - Landnutzungsform vor dem Golfplatz (90% heterogene Landwirtschaftsfläche und 10% Wald bei Golf Lausanne und Wylihof) als Basisszenario

- Wasserverbrauch:
  - Trink- und Grundwasser
  - Behandlung Abwasser
  - Wasseraufbereitung und Wiederverwendung
  - Wasser aus Oberflächengewässer (z.B. Fluss)
  
- Energie:
  - Stromverbrauch (Strommix CH)
  - Wärmebedarf (Heizöl, Holz-Pellets etc.)
  - Hydrauliköl
  
- Betriebs- und Hilfsmittel:
  - Düngemittel
  - Pflanzenschutzmittel (Pestizide, Fungizide und Herbizide)
  - Wachstumsregulatoren
  - Topdressings
  - Netzmittel
  - Pflege (Mähen, Sanden, Bügeln etc.)
  - Fahrzeugstunden
  - Transport der Betriebs- und Hilfsmittel
  
- Ressourcen:
  - Modellierung, Entwicklung und Bau der Golfanlage (inkl. Baulandvorbereitung, Aushub, Abtrag, Geländemodellierung)
  - Wasser-, Drainage- und Hochwassermanagementsystem
  - Elektrische Leitungen
  - Trink- und Abwasserleitungen (Wasserverteilsystem)
  - Bewässerungsanlage (inkl. Pumpen, Rohrleitungen und Sprinkler)
  - Bau des Clubhauses
  - Betrieb und Unterhalt des Clubhauses und Restaurant
  - Asphaltierter Bereich (Strassen, Wege und Parkplatz) und allfällige Kieswege
  - Geräte und Materialien für Unterhalt und Pflege des Golfplatzes
  - Bau Unterhaltsgebäude (Greenkeeper-Gebäude und Unterstand Maschinen & Geräte)
  - Rasen- und Baumbepflanzung
  - Golfequipment (Golfbälle und Schläger etc.)
  
- Biodiversität (Insekten können methodisch noch nicht berücksichtigt werden):
  - Säugetiere
  - Vögel
  - Amphibien und Reptilien
  - Pflanzen

- Klima und CO<sub>2</sub>-Sequestration:
  - Verlust der ursprünglichen Vegetation durch den Bau des Golfplatzes
  - Neue Bepflanzung von Vegetation durch den Bau des Golfplatzes
  - CO<sub>2</sub>-Sequestration des «Hochleistungs-Rasengräser» für die Bereiche Vor-Greens, Greens, Tees, Fairways, Rough, Übungsbereich sowie auch für herkömmliches Gras, Sträucher und Bäume für den Bereich Wald, Wiesen und extensives Dauergrünland
  - CO<sub>2</sub>-Sequestration der Landnutzungsform vor dem Golfplatz (90% heterogene Landwirtschaft und 10% Wald bei Golf Lausanne und Wylihof) als Basisszenario für die CO<sub>2</sub>-Sequestration
  
- Abfälle und Recycling:
  - Abfälle in Kehrrichtverbrennungsanlage (thermische Verwertung)
  - Aluminiumdosenrecycling
  - Weissblechdosenrecycling
  - PET-Getränkeflaschenrecycling
  - Glas-Recycling
  - Kompostierung
  
- Lärm:
  - Lärminderung: Verminderter Lärm durch den Golfplatz (im Gegensatz zu Wohn-, Siedlungs- und Gewerbefläche mit Strassenverkehr)
  - Auch verursachter Lärm durch Rasenmäher und Golfcarts etc. sowie durch Autolärm der Golfer/innen durch die An- und Abreise wurden berücksichtigt

### 5.3 Daten

Inputdaten für Land, Energie-, Wasser-, alle relevanten Betriebs- und Hilfsmittel wie Dünger, Pflanzenschutzmittel, Topdressings etc., Maschinenstunden der Fahrzeuge und Geräte (Rasenmäher, Golfcarts etc.), Angaben zur Biodiversität sowie zu den Abfällen stammen aus der Datensammlung vom «Get on Course Sustainability Programme» von GEO [3] der beiden ökobilanziell untersuchten Golfplätze Lausanne und Wylihof. Ebenfalls in der Datenerfassung von GEO sind Zahlen zu jährlich gespielten Runden, Mitgliederzahlen sowie den gelösten «Green-fees». Auch die Zahlen zu den Gästen, die auf dem Golfplatz spielten, waren auf der genannten Plattform vorhanden.

Um bestehende Datenlücken und auch spezifische Fragen des Ökobilanzierers zu beantworten, wurden die beiden Golfclubs besucht und Expertenbefragungen durchgeführt. Neben einer Führung durch die Golfclubs wurden jeweils in einer Besprechung mit den Verantwortlichen weitere Daten erhoben und Datenlücken geschlossen. Einige Daten wurden im Nachgang der Besprechungen via E-Mail dem Ökobilanzierer zugestellt [38], [39].

Aus Vertraulichkeitsgründen wurden alle Daten dem Anhang 13.7 und 13.8 beigelegt.

Die komplette Sachbilanz der Ökobilanz für Golf Lausanne und Golf Wylihof sind dem Anhang 13.9 zu entnehmen.

Tabelle 5-1 und Tabelle 5-2 zeigen die in der Studie für Golf Lausanne und Golf Wylihof verwendeten Zahlen für Clubmitglieder und Gäste sowie der jährlich gespielten Runden und der daraus berechneten «Golfer-Equivalente».

*Tabelle 5-1: Grunddaten für den Golfplatz Lausanne betreffend Mitglieder, Gäste, gespielte Runden und der daraus berechneten «Golfer-Equivalente».*

<b>Golf Lausanne</b>	<b>Wert</b>	<b>Quelle / Berechnung</b>
Mitglieder Golfclub Lausanne	905	[40]
Gäste	1'650	[3]
Gespielte Runden	21'260	[3]
Mittlere Anzahl gespielter Runden pro Golfer und Jahr	18.2	[41]
Golfer-Äquivalente	1'168	Berechnet aus Gespielte Runden / mittlere Anzahl gespielter runden pro Golfer und Jahr $21'260 / 18.2$
Anzahl Löcher	18	

*Tabelle 5-2: Grunddaten für den Golfplatz Wylihof betreffend Mitglieder, Gäste, gespielte Runden und der daraus berechneten «Golfer-Equivalente».*

<b>Golf Wylihof</b>	<b>Wert</b>	<b>Quelle / Berechnung</b>
Anzahl Mitglieder Golfclub Wylihof	906	[40]
Gäste	5'796	[3]
Gespielte Runden	41'656	[3]
Mittlere Anzahl gespielter Runden pro Golfer und Jahr	<b>18.2</b>	[41]
Golfer-Äquivalente	2'289	Berechnet aus Gespielte Runden / mittlere Anzahl gespielter runden pro Golfer und Jahr $41'656 / 18.2$
Anzahl Löcher	27	

## 6 Resultate und Diskussion

### 6.1 Ökobilanz Golf Lausanne

#### 6.1.1 Umweltbelastungspunkte UBP

Abb. 6-1 zeigt das Ergebnis der Ökobilanz für den Golfplatz Lausanne ausgewertet mittels der Methode der ökologischen Knappheit (UBP-Methode) für einzelne Bereiche von Mobilität bis zur Lärmvermeidung. In roter Farbe sind die Umweltbelastungen (Footprint) und in grüner Farbe die Umweltentlastungen (Handprint) abgebildet. Das Ergebnis umfasst die Umweltwirkung des Golfplatzes pro Jahr. Aufaddiert kommt Golf Lausanne auf eine jährliche netto (Summe Footprint minus Summe Handprint) Umweltbelastung von 597 Mio. UBP (siehe dazu auch Abb. 6-3). Das entspricht 511'202 UBP pro Golfer/in und Jahr (597 Mio. UBP dividiert durch Golfer-Äquivalent aus Tabelle 5-1). Zur Einordnung: gemäss BAFU [14] verursacht ein/e durchschnittliche/r Schweizer/in pro Jahr im Bereich Freizeit/Kultur/Sport 1'100'000 UBP. Dazu gehören auch Theater-, Kino- und Konzertbesuche sowie alle anderen Freizeit- und Sportaktivitäten. Pro gespieltes Loch entspricht die Umweltwirkung des Golfplatzes Lausanne 1'560 UBP (597 Mio. UBP dividiert durch 18 Löcher und dividiert durch Anzahl gespielter Runden aus Tabelle 5-1). Spielt ein/e Golfer/in auf dem Golfplatz Lausanne einen Tag Golf (im Mittel wird in Lausanne eine Runde von 18-Löchern gespielt), so beläuft sich die Umweltbelastung auf 1'560 UBP x 18 Löcher = 28'080 UBP/Golfer und Tag. Diese Umweltwirkung entspricht der Umweltbelastung von 90 km Autofahren mit einem durchschnittlichen PW oder der Umweltbelastung verursacht durch die Bereitstellung von 170 Rollen WC-Papier oder einem Grillsteak (350 g Rindfleisch).

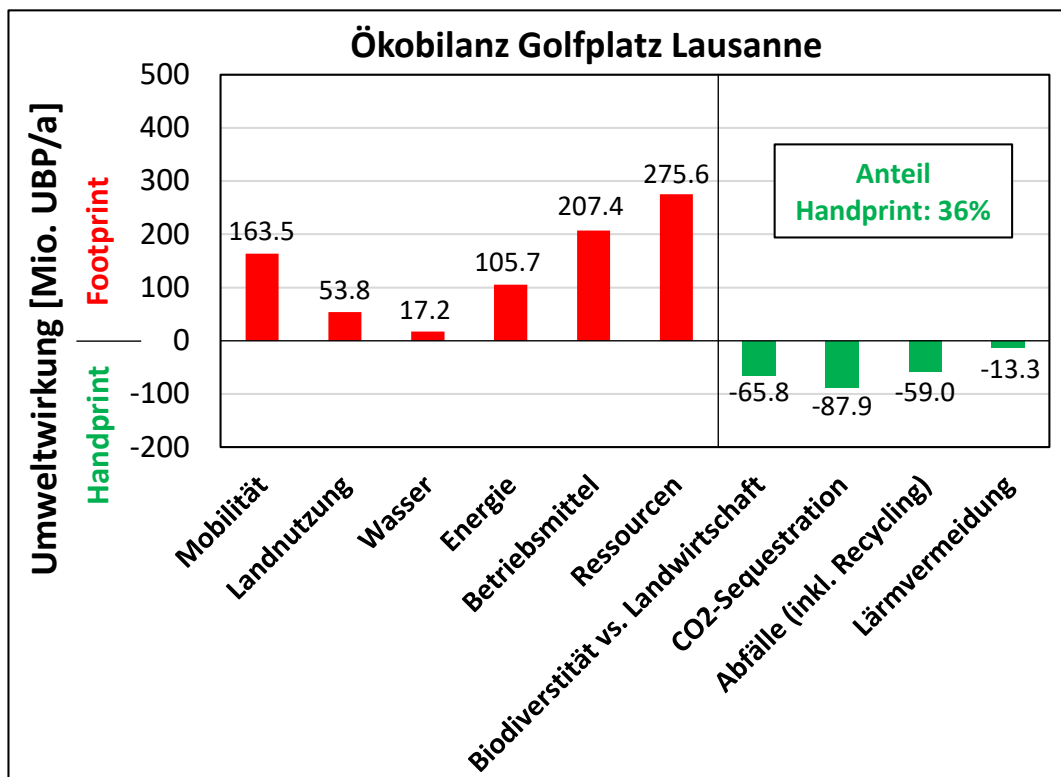


Abb. 6-1: Resultat der Ökobilanz ausgewertet mittels UBP-Methode für den Golfplatz Lausanne. Links sind in roter Farbe die Umweltbelastungen, rechts in grüner Farbe die Umweltentlastungen aufgeführt.

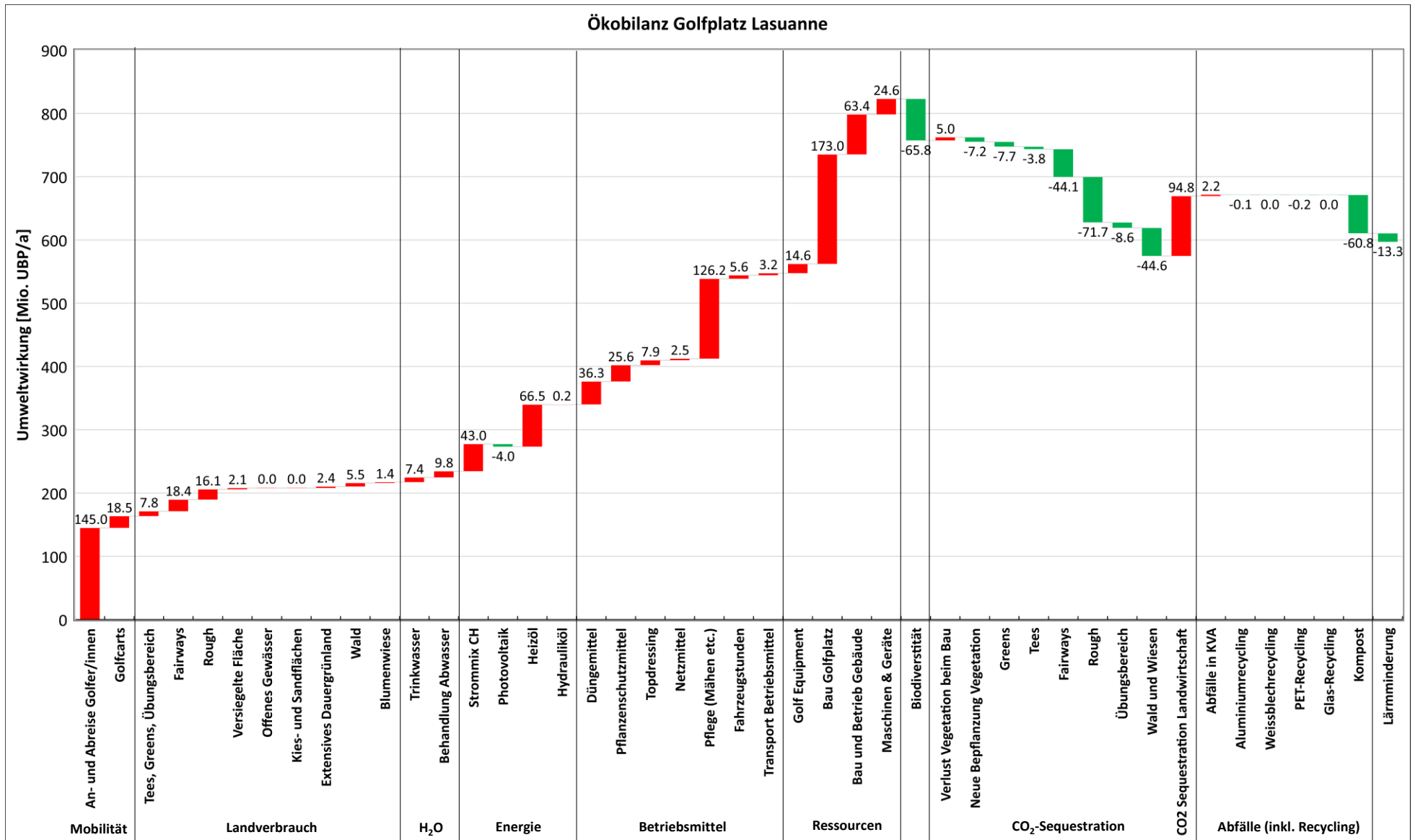


Abb. 6-2: Detailansicht des Resultats der Ökobilanz mittels UBP-Methode für den Golfplatz Lausanne. Rot zeigt eine Umweltbelastung und Grün zeigt eine Umweltentlastung an.

Bei der UBP-Methode ist der Footprint durch den Bereich Mobilität, Betriebsmittel und vor allem Ressourcen dominiert. Auffällig ist, dass der Bereich Wasser ökologisch gemäss UBP-Methode nicht relevant ist. Wasser ist in der Schweiz (noch) nicht ökologisch knapp und wird daher von der Methode der ökologischen Knappheit (UBP) nicht stark gewichtet (da Grundwasservorräte um ein Vielfaches höher sind als der jährliche Bezug). Der Handprint (ökologische Entlastung) beträgt 36% des ökologischen Footprints und kommt vor allem durch die CO<sub>2</sub>-Sequestration und durch die Biodiversität zustande. Abb. 6-2 bildet die Bereiche aus Abb. 6-1 aufgeschlüsselt ab.

Dabei wird ersichtlich, dass im Bereich Mobilität vor allem die An- und Abreise der Golfer/innen (je 15 km hin und zurück), im Bereich der Betriebsmittel die Pflege (vor allem das Rasenmähen) und im Bereich der Ressourcen der Bau und Modellierung des Golfplatzes den grössten Beitrag ausmachen. Daneben spielen ökologisch auch der Bau und Betrieb der Gebäude (Clubhaus, Facilitygebäude etc.) und die Energieressourcen (Strom und Heizöl) eine wesentliche Rolle. Die grössten Umweltentlastungen (grüne Balken in Abb. 6-2) bilden die Biodiversität sowie die CO<sub>2</sub>-Aufnahme und –Bindung (Sequestration) durch Rasengräser auf den Rough und Fairways sowie durch die Vegetation des Waldes und der Wiesen. Bei der CO<sub>2</sub>-Sequestration wurde die Aufnahme und Bindung von CO<sub>2</sub> der früheren Landnutzung (vor dem Golfplatz) abgezogen, da auch schon damals eine gewisse CO<sub>2</sub>-Aufnahme und -Bindung stattfand. Auch das Kompostieren und das Mulching trägt einen wesentlichen Betrag zur Umweltentlastung (Handprint) bei.

Abb. 6-3 fasst das Ergebnis der Ökobilanz von Golf Lausanne nochmals in einem Säulendiagramm zusammen. Unter der Nulllinie ist der Handprint und über der Nulllinie der Footprint aufgetragen. Netto resultiert eine Umweltbelastung von 597 Mio. UBP pro Jahr durch den Bau, Betrieb und Unterhalt des Golfplatzes Lausanne.

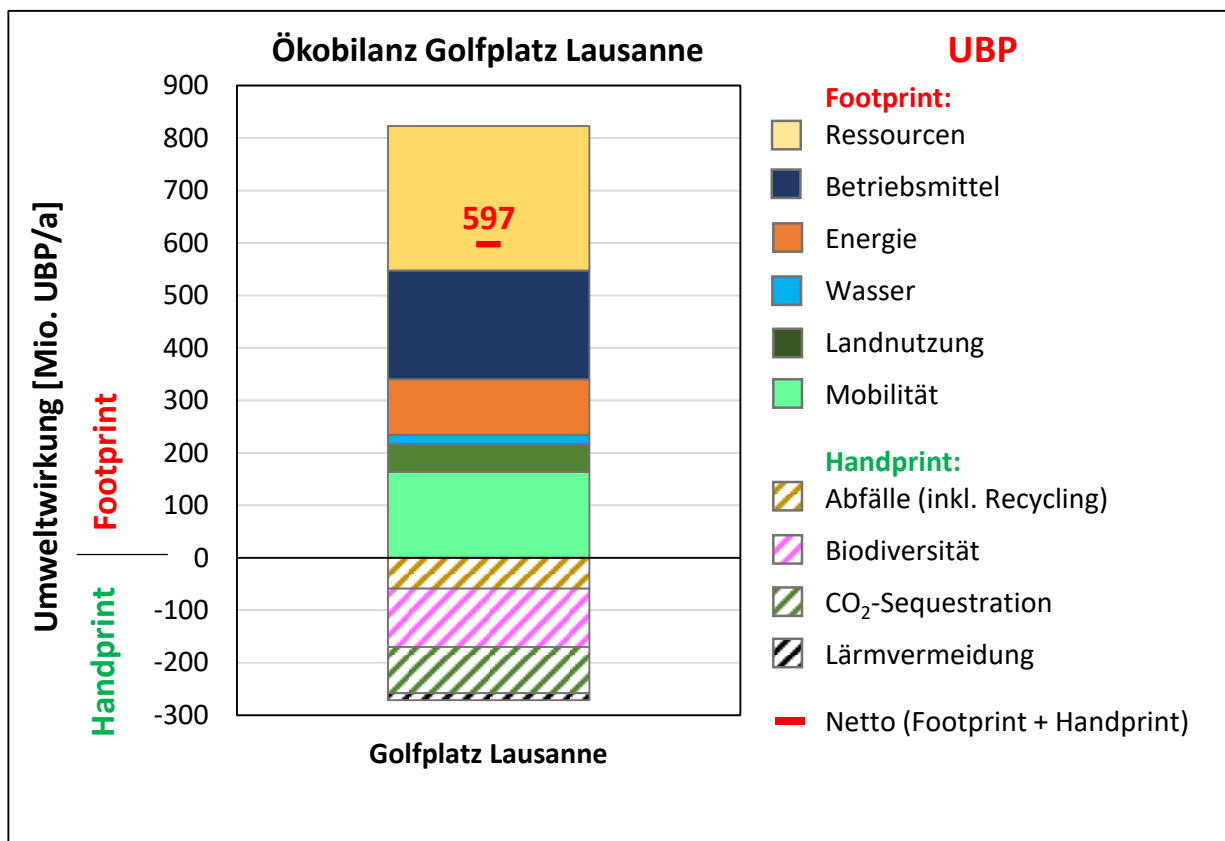


Abb. 6-3: Resultat der Ökobilanz des Golfplatzes Lausanne mittels UBP-Methode als Säulendiagramm. Umweltbelastung (Footprint) sind oberhalb der Nulllinie und Umweltentlastungen (Handprint) sind unterhalb der Nulllinie.



### 6.1.2 Treibhauspotenzial CO<sub>2</sub>-eq

Abb. 6-4 zeigt das Ergebnis der Ökobilanz für den Golfplatz Lausanne ausgewertet mittels der Treibhauspotenzial-Methode (CO<sub>2</sub>) für einzelne Bereiche von Mobilität bis zur Sequestration. In roter Farbe sind die Klimabelastungen (Footprint) und in grüner Farbe die Klimaentlastungen (Handprint) abgebildet. Das Ergebnis umfasst die Umweltwirkung des Golfplatzes pro Jahr. Aufaddiert kommt Golf Lausanne auf eine jährliche netto (Summe Footprint minus Summe Handprint) Klimabelastung von 187 Tonnen CO<sub>2</sub>-eq (siehe dazu auch Abb. 6-6). Das entspricht 160 kg CO<sub>2</sub>-eq pro Golfer/in und Jahr (187 Tonnen CO<sub>2</sub>-eq dividiert durch Golfer-Äquivalent aus Tabelle 5-1). Zur Einordnung: gemäss BAFU [14] verursacht ein/e durchschnittliche/r Schweizer/in pro Jahr im Bereich Freizeit/Kultur/Sport 770 kg CO<sub>2</sub>-eq. Dazu gehören auch Theater-, Kino- und Konzertbesuche sowie alle anderen Freizeit- und Sportaktivitäten. Pro gespieltes Loch entspricht die Klimawirkung des Golfplatzes Lausanne 489 Gramm CO<sub>2</sub>-eq (187 kg CO<sub>2</sub>-eq dividiert durch 18 Löcher und dividiert durch Anzahl gespielter Runden aus Tabelle 5-1). Spielt ein/e Golfer/in auf dem Golfplatz Lausanne einen Tag Golf (im Mittel wird in Lausanne eine Runde von 18-Löchern gespielt), so beläuft sich die Klimawirkung auf 489 Gramm CO<sub>2</sub>-eq x 18 Löcher = 8.8 Kilogramm CO<sub>2</sub>-eq /Golfer und Tag. Diese Klimawirkung entspricht 45 km Autofahren mit einem durchschnittlichen PW.

Bei der CO<sub>2</sub>-Methode ist der Footprint durch den Bereich Mobilität, Energie, Betriebsmittel und vor allem Ressourcen dominiert. Der Handprint beträgt 72% und kommt vor allem von der CO<sub>2</sub>-Sequestration und von der Kompostierung inkl. Mulching. Abb. 6-5 bildet die Bereiche aus Abb. 6-4 aufgeschlüsselt ab.

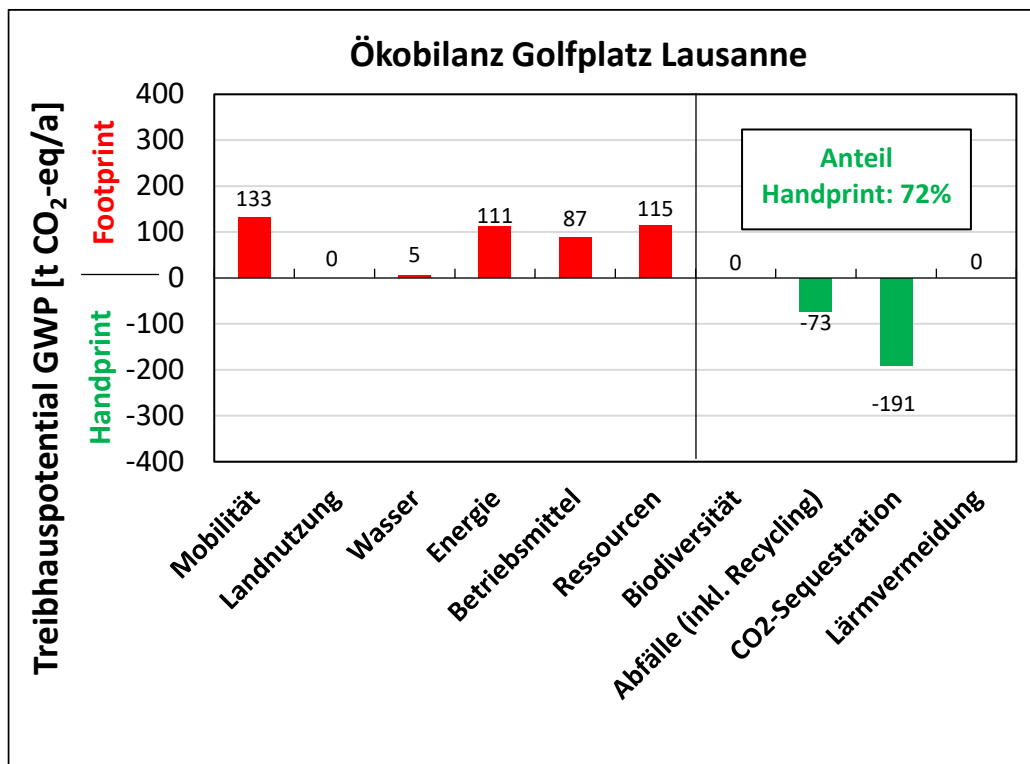


Abb. 6-4: Resultat der Ökobilanz ausgewertet mittels Treibhauspotenzial-Methode (CO<sub>2</sub>) für den Golfplatz Lausanne. Links sind in roter Farbe die Umweltbelastungen, rechts in grüner Farbe die Umweltentlastungen aufgeführt.

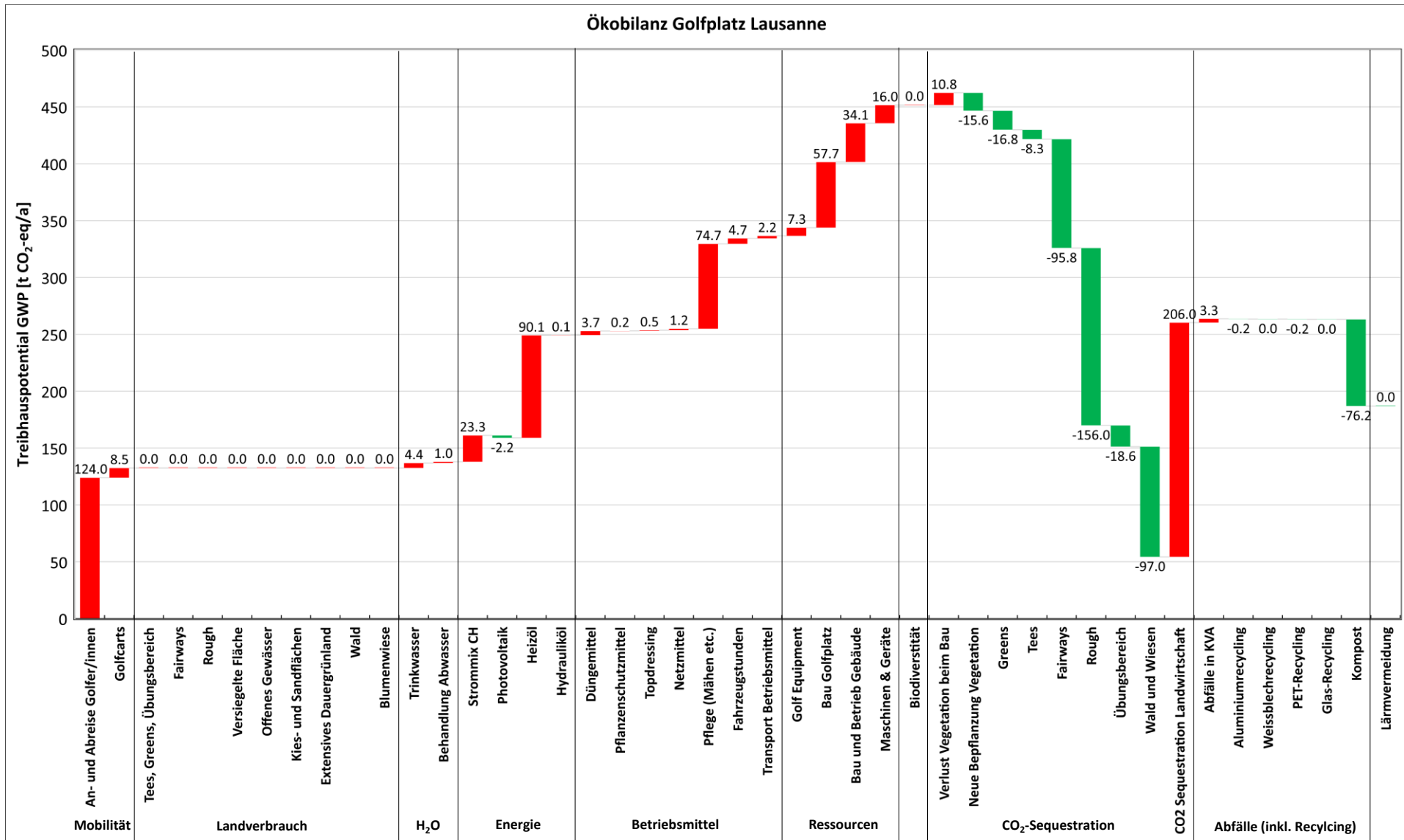


Abb. 6-5: Detailansicht des Resultats der Ökobilanz mittels Treibhauspotenzial-Methode (CO<sub>2</sub>) für den Golfplatz Lausanne. Rot zeigt eine Umweltbelastung und Grün zeigt eine Umweltentlastung an.

Dabei wird ersichtlich, dass im Bereich Mobilität vor allem die An- und Abreise der Golfer/innen (je 15 km hin und zurück), im Bereich der Betriebsmittel die Pflege (vor allem das Rasenmähen) und im Bereich der Ressourcen der Bau und Modellierung des Golfplatzes den grössten Beitrag ausmachen. Daneben spielen ökologisch auch der Bau und Betrieb der Gebäude (Clubhaus, Facilitygebäude etc.) und die Energieressourcen (vor allem das Heizöl) eine wesentliche ökologische Rolle. Die grösste Klimawirkungsentlastung (grüne Balken in Abb. 6-5) bildet die CO<sub>2</sub>-Aufnahme und -Bindung (Sequestration) durch Rasengräser auf den Rough und Fairways sowie durch die Vegetation auf der Wald- und Wiesenfläche. Bei der CO<sub>2</sub>-Sequestration wurde die Aufnahme und Bindung von CO<sub>2</sub> der früheren Landnutzung (vor dem Golfplatz) abgezogen, da auch schon damals eine gewisse CO<sub>2</sub>-Aufnahme und -Bindung stattfand. Auch das Kompostieren und das Mulching trägt einen wesentlichen Betrag zur Klimawirkungsentlastung (Handprint) bei. Biodiversität, Lärm sowie Landnutzung und human- /ökotoxikologisch relevante Schadstoffemissionen können mit der CO<sub>2</sub>-Methode nicht abgebildet werden. Siehe dazu UBP- und ILCD-Methode (ohne Lärm). Beim Wasserverbrauch wird nur die Bereitstellung (z.B. Energiebedarf für Pumpen etc.) abgebildet, nicht aber der Verbrauch der «Ressource» Wasser.

Abb. 6-6 fasst das Ergebnis der Ökobilanz von Golf Lausanne nochmals in einem Säulendiagramm zusammen. Unter der Nulllinie ist der Handprint und über der Nulllinie der Footprint aufgetragen. Netto resultiert eine Umweltbelastung von 187 Tonnen CO<sub>2</sub>-eq pro Jahr durch den Bau, Betrieb und Unterhalt des Golfplatzes Lausanne.

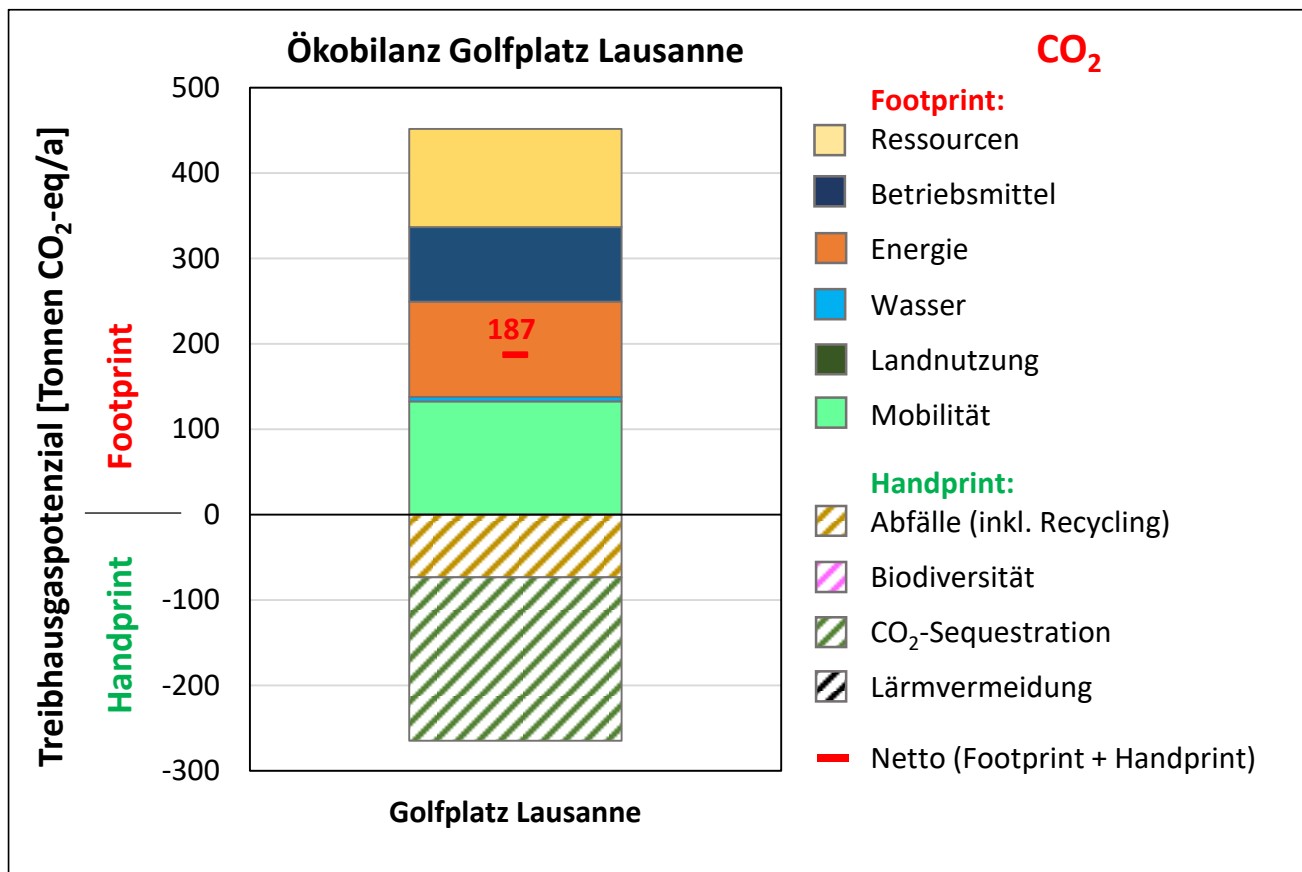


Abb. 6-6: Resultat der Ökobilanz des Golfplatzes Lausanne mittels Treibhauspotenzial-Methode (CO<sub>2</sub>) als Säulendiagramm. Umweltbelastung (Footprint) sind oberhalb der Nulllinie und Umweltentlastungen (Handprint) sind unterhalb der Nulllinie.

### 6.1.3 ILCD

Abb. 6-7 zeigt das Ergebnis der Ökobilanz für den Golfplatz Lausanne ausgewertet mittels der ILCD-Methode (Gewichtung EU27) für einzelne Bereiche von Mobilität bis zur Lärmvermeidung. In roter Farbe sind die Umweltbelastungen (Footprint) und in grüner Farbe die Umweltentlastungen (Handprint) abgebildet. Das Ergebnis umfasst die Umweltwirkung des Golfplatzes pro Jahr. Aufaddiert kommt Golf Lausanne auf eine jährliche netto (Summe Footprint minus Summe Handprint) Umweltbelastung von 283 ILCD Punkten (siehe dazu auch Abb. 6-9). Das entspricht 242 Milli-ILCD (Milli = Tausendstel) Punkte pro Golfer/in und Jahr (283 ILCD Punkte dividiert durch Golfer-Äquivalent aus Tabelle 5-1). Pro gespieltes Loch entspricht die Umweltwirkung des Golfplatzes Lausanne 738 Mikro-ILCD (Mikro = Millionstel) Punkte (283 ILCD Punkte dividiert durch 18 Löcher und dividiert durch Anzahl gespielter Runden aus Tabelle 5-1). Spielt ein/e Golfer/in auf dem Golfplatz Lausanne einen Tag Golf (im Mittel wird in Lausanne eine Runde von 18-Löchern gespielt), so beläuft sich die Umweltbelastung auf 738 Mikro-ILCD-Punkte x 18 Löcher = 13.3 Milli-ILCD-Punkte/Tag. Lärmvermeidung kann mittels der ILCD-Methode nicht abgebildet werden. Bei der Biodiversität wird lediglich der Verlust an organischem Kohlenstoff im Boden ökologisch bewertet. Für eine umfassendere Bewertung siehe UBP-Methode.

Bei der ILCD-Methode ist der Footprint durch den Bereich Mobilität, Betriebsmittel und vor allem Ressourcen dominiert. Der Handprint beträgt 9% und kommt vor allem von der CO<sub>2</sub>-Sequestration und von der Biodiversität. Abb. 6-8 bildet die Bereiche aus Abb. 6-7 aufgeschlüsselt ab.

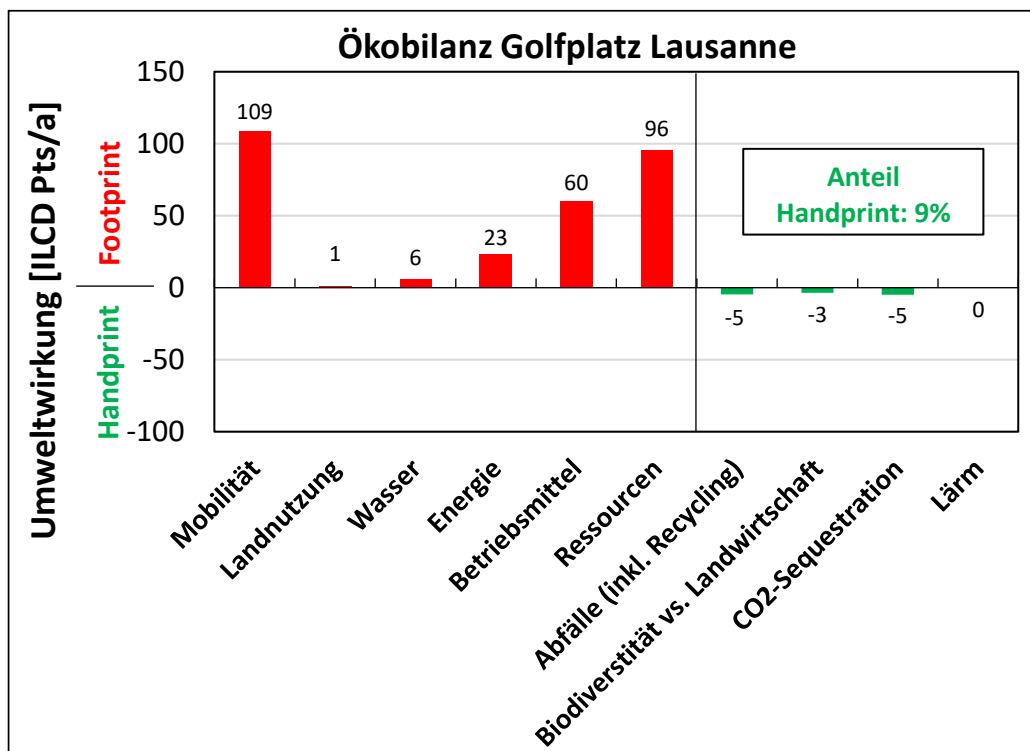


Abb. 6-7: Resultat der Ökobilanz ausgewertet mittels ILCD-Methode für den Golfplatz Lausanne. Links sind in roter Farbe die Umweltbelastungen, rechts in grüner Farbe die Umweltentlastungen aufgeführt.

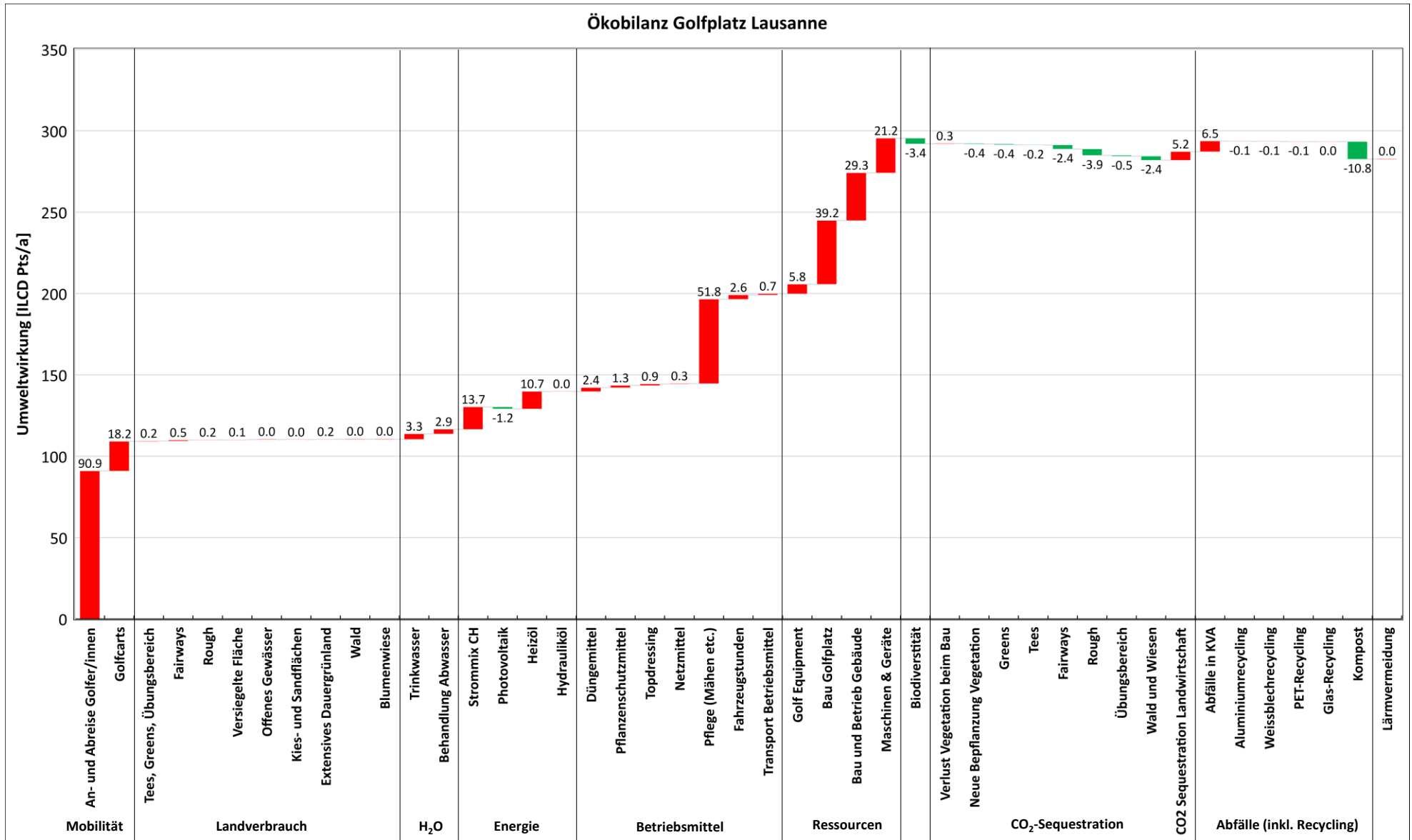


Abb. 6-8: Detailansicht des Resultats der Ökobilanz mittels ILCD-Methode für den Golfplatz Lausanne. Rot zeigt eine Umweltbelastung und Grün zeigt eine Umweltentlastung an.

Dabei wird ersichtlich, dass im Bereich Mobilität vor allem die An- und Abreise der Golfer/innen (je 15 km hin und zurück), im Bereich der Betriebsmittel die Pflege (vor allem das Rasenmähen) und im Bereich der Ressourcen der Bau und Modellierung des Golfplatzes den grössten Beitrag ausmachen. Daneben spielen ökologisch auch der Bau und Betrieb der Gebäude (Clubhaus, Facilitygebäude etc.) und die Maschinen und Geräte eine wesentliche Rolle. Die grössten Umweltentlastungen (grüne Balken in Abb. 6-8) bilden die Biodiversität sowie die CO<sub>2</sub>-Aufnahme und –Bindung (Sequestration) durch Rasengräser auf den Rough und Fairways und die Vegetation auf der Wald- und Wiesenfläche. Bei der CO<sub>2</sub>-Sequestration wurde die Aufnahme und Bindung von CO<sub>2</sub> der früheren Landnutzung (vor dem Golfplatz) abgezogen, da auch schon damals eine gewisse CO<sub>2</sub>-Aufnahme und -Bindung stattfand. Auch das Kompostieren und das Mulching trägt einen wesentlichen Betrag zur Umweltentlastung (Handprint) bei.

Abb. 6-9 fasst das Ergebnis der Ökobilanz von Golf Lausanne nochmals in einem Säulendiagramm zusammen. Unter der Nulllinie ist der Handprint und über der Nulllinie der Footprint aufgetragen. Netto resultiert eine Umweltbelastung von 283 ILCD-Punkte pro Jahr durch den Bau, Betrieb und Unterhalt des Golfplatzes Lausanne.

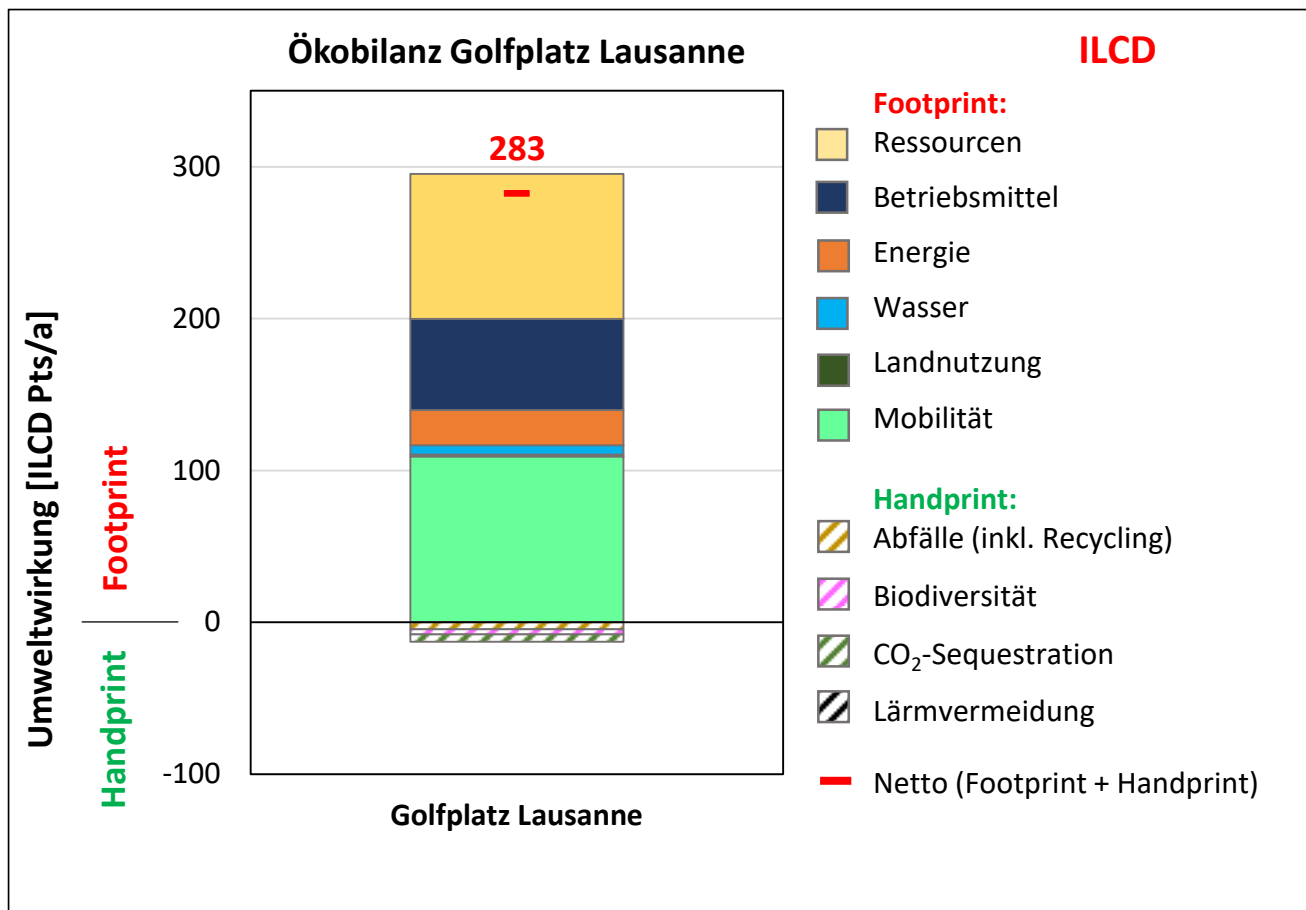


Abb. 6-9: Resultat der Ökobilanz des Golfplatzes Lausanne mittels ILCD-Methode als Säulendiagramm. Umweltbelastung (Footprint) sind oberhalb der Nulllinie und Umweltentlastungen (Handprint) sind unterhalb der Nulllinie.

#### 6.1.4 Kumulierter Energieaufwand KEA

Abb. 6-10 zeigt das Ergebnis der Ökobilanz für den Golfplatz Lausanne ausgewertet für den kumulierten Energiebedarf (inkl. Graue Energie) für einzelne Bereiche von Mobilität bis zu den Abfällen. In roter Farbe sind die Energieverbräuche (Footprint) und in grüner Farbe die Energieeinsparungen (Handprint) abgebildet. Das Ergebnis umfasst den Gesamtenergiebedarf des Golfplatzes pro Jahr. Aufaddiert kommt Golf Lausanne auf einen jährlichen netto (Summe Footprint minus Summe Handprint) Energieverbrauch von 12'825 GJ Oil-eq (siehe dazu auch Abb. 6-12). Das entspricht 10'981 MJ-Oil pro Golfer/in (ca. 300 L Heizöl) und Jahr (12'825 GJ Oil-eq dividiert durch Golfer-Äquivalent aus Tabelle 5-1). Zur Einordnung: gemäss BAFU [14] verursacht ein/e durchschnittliche/r Schweizer/in pro Jahr im Bereich Freizeit/Kultur/Sport 16'000 MJ Oil-eq. Dazu gehören auch Theater-, Kino- und Konzertbesuche sowie alle anderen Freizeit- und Sportaktivitäten. Pro gespieltes Loch entspricht der kumulierte Energiebedarf von Golf Lausanne 34 MJ Oil-eq (12'825 GJ Oil-eq dividiert durch 18 Löcher und dividiert durch Anzahl gespielter Runden aus Tabelle 5-1). Spielt ein/e Golfer/in auf dem Golfplatz Lausanne einen Tag Golf (im Mittel wird in Lausanne eine Runde von 18-Löchern gespielt), so beläuft sich die Umweltbelastung auf 34 MJ Oil-eq x 18 Löcher = 612 MJ Oil-eq/Golfer und Tag. Dieser Energieverbrauch entspricht dem Energiegehalt von ca. 17 Litern Heizöl.

Beim kumulierten Energieaufwand ist der Footprint durch den Bereich Mobilität, Energie und vor allem Ressourcen dominiert. Beim Bereich Mobilität und Energie sind es vor allem die direkten Energieverbräuche vor Ort. Hingegen zeigt die Analyse in den Bereichen Ressourcen einen hohen Gehalt an Grauer Energie. Der Handprint beträgt 2% und kommt alleine vom Recycling und Kompostierung (Energieeinsparung). Abb. 6-11 bildet die Bereiche aus Abb. 6-10 aufgeschlüsselt ab.

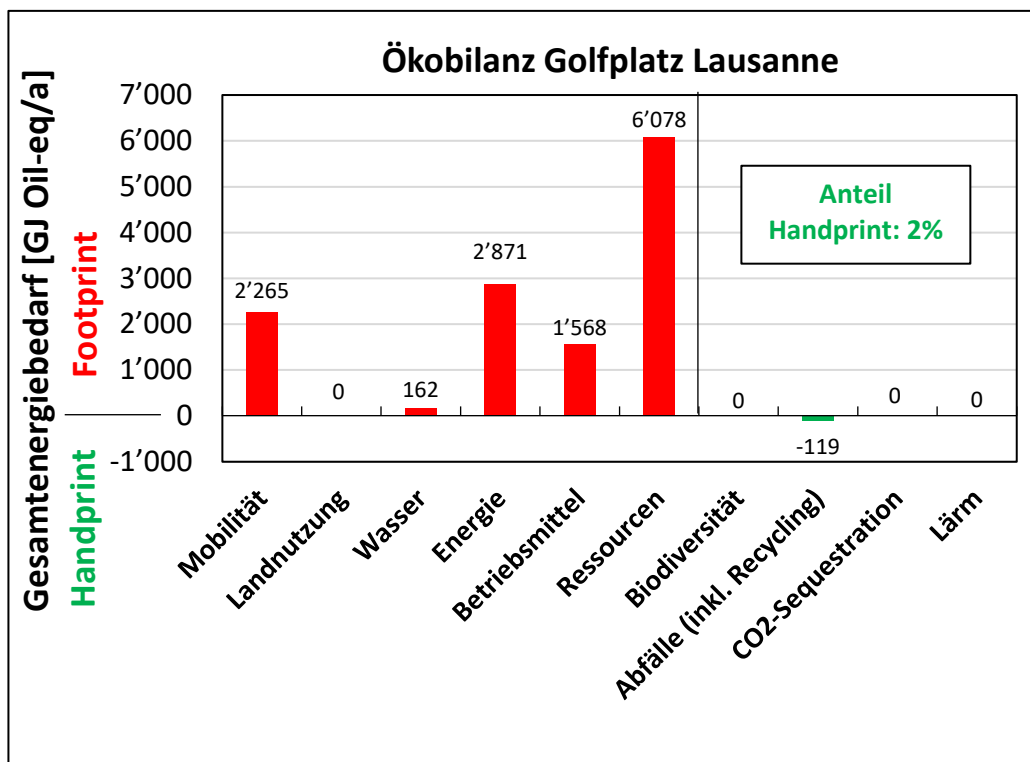


Abb. 6-10: Resultat der Ökobilanz ausgewertet mittels kumuliertem Energieaufwand (KEA) für den Golfplatz Lausanne. Links sind in roter Farbe die Umweltbelastungen, rechts in grüner Farbe die Umweltentlastungen aufgeführt.

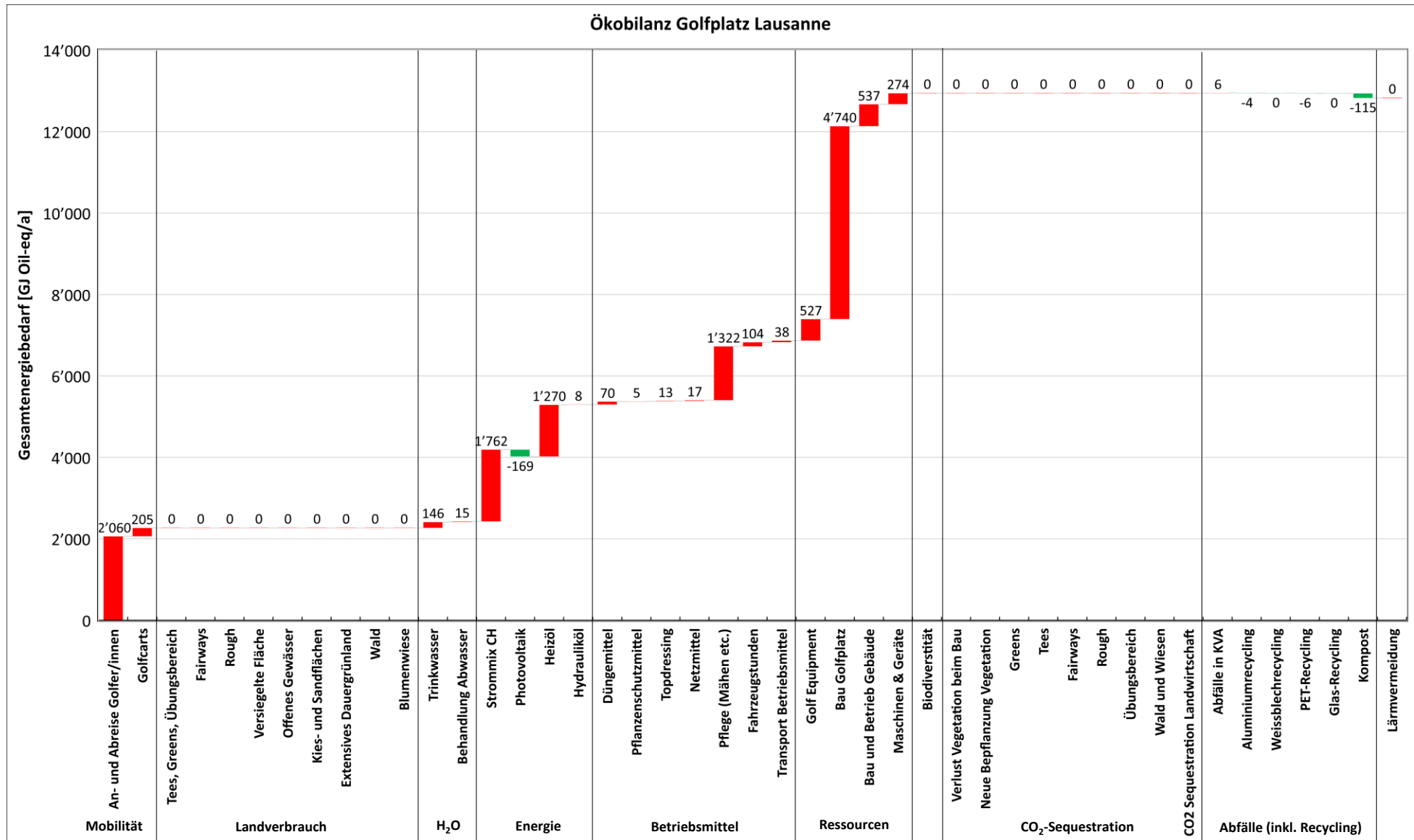


Abb. 6-11: Detailansicht des Resultats der Ökobilanz mittels kumuliertem Energieaufwand (KEA) für den Golfplatz Lausanne. Rot zeigt eine Umweltbelastung und Grün zeigt eine Umweltentlastung an.



Dabei wird ersichtlich, dass im Bereich Mobilität vor allem die An- und Abreise der Golfer/innen (je 15 km hin und zurück), im Bereich der Betriebsmittel die Pflege (vor allem das Rasenmähen) und im Bereich der Ressourcen der Bau und Modellierung des Golfplatzes den grössten Beitrag ausmachen. Daneben spielen ökologisch auch der Bau und Betrieb der Gebäude (Clubhaus, Facilitygebäude etc.) und vor allem die Energieressourcen (Strom und Heizöl) eine wesentliche Rolle. Die grösste Energieeinsparung (grüne Balken in Abb. 6-11) bildet das Kompostieren und das Mulching. CO<sub>2</sub>-Sequestration, Biodiversität, Lärm sowie Landnutzung und human- /ökotoxikologisch relevante Schadstoffemissionen können mit der KEA-Methode nicht abgebildet werden. Siehe dazu UBP- und ILCD-Methode (ohne Lärm). Beim Wasserverbrauch wird nur die Bereitstellung (z.B. Energiebedarf für Pumpen etc.) abgebildet, nicht aber der Verbrauch der «Ressource» Wasser.

Abb. 6-12 fasst das Ergebnis der Ökobilanz von Golf Lausanne nochmals in einem Säulendiagramm zusammen. Unter der Nulllinie ist der Handprint und über der Nulllinie der Footprint aufgetragen. Netto resultiert ein Energieverbrauch von 12'825 GJ Oil-eq pro Jahr durch den Bau, Betrieb und Unterhalt des Golfplatzes Lausanne.

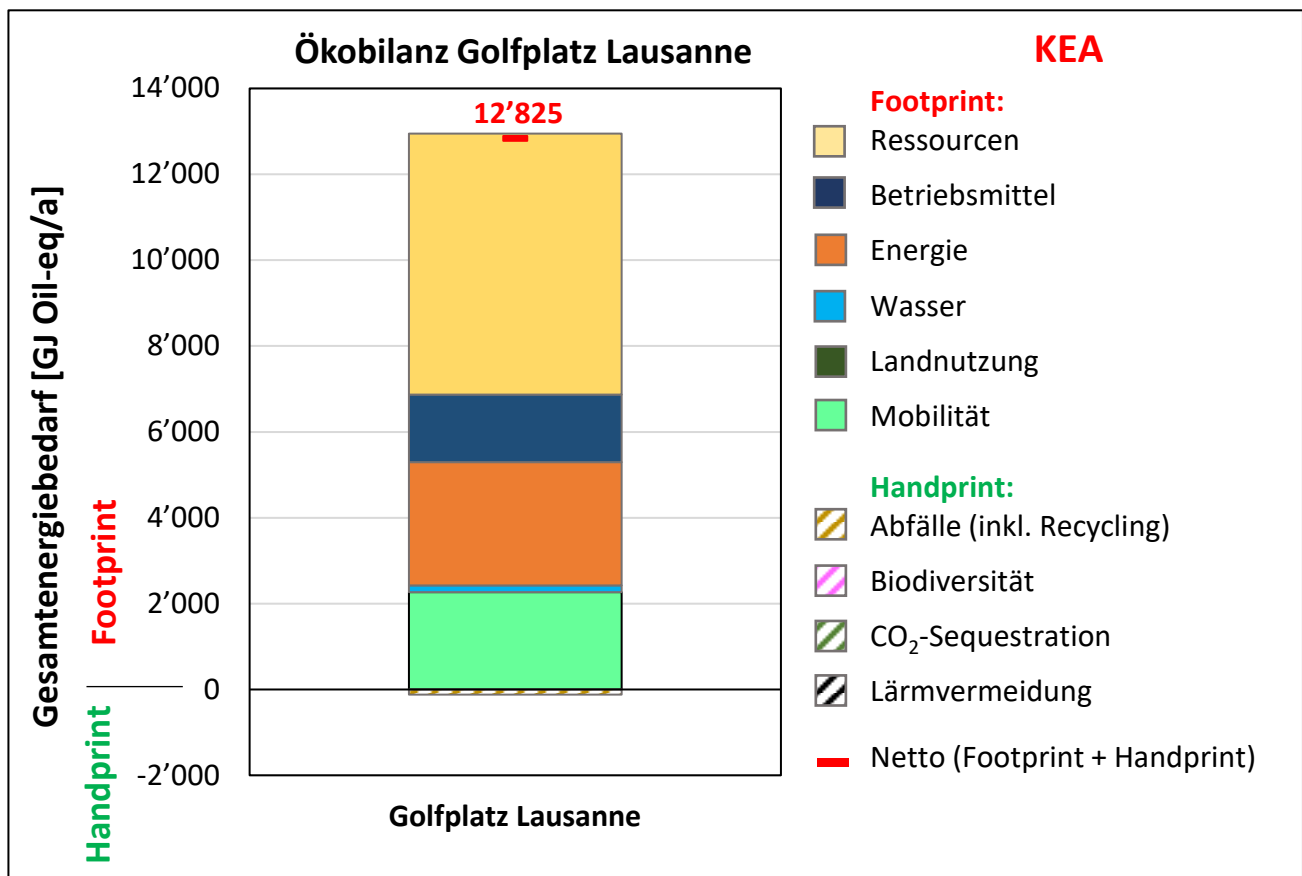


Abb. 6-12: Resultat der Ökobilanz des Golfplatzes Lausanne mittels kumuliertem Energieaufwand (KEA) als Säulendiagramm. Umweltbelastung (Footprint) sind oberhalb der Nulllinie und Umweltentlastungen (Handprint) sind unterhalb der Nulllinie.

#### 6.1.5 LC-Impact (Biodiversität)

Die LC-Impact Methode basiert auf der Grundannahme, dass bei menschlicher Tätigkeit ein Biodiversitätsverlust eintritt. Eine Ansiedlung neuer Arten kann mit dieser Methodik nicht abgebildet werden.

Abb. 6-13 zeigt den Biodiversitätsverlust regionaler Spezies je Gattung der Säugetiere, Amphibien, Reptilien und Vögel (Insekten sind nicht Teil der Methodik) auf für unterschiedliche anthropogene Landnutzungsformen auf. Abb. 6-14 zeigt zusätzlich den Biodiversitätsverlust auf der gleichen Landnutzungsformen für Pflanzen. Die Einheit des Biodiversitätsverlustes ist: «Regional species lost/year x  $10^{-3}$ ». Der Faktor  $10^{-3}$  wurde zur besseren Lesbarkeit verwendet. Abb. 6-13 ist wie folgt zu lesen: Durch die Landnutzung des Golfplatzes werden in 200 Jahren ca. 5 Säugetierarten verschwinden (0.023 regional species lost/year x 200 years). Im Gegensatz dazu würden nach 200 Jahren bei einem Siedlungsgebiet 13 Säugetierarten verschwunden sein (0.064 regional species lost/year x 200 years). Es folgt ein Lesebeispiel für Abb. 6-14: Durch die Landnutzung des Golfplatzes werden in 200 Jahren ca. 211 Pflanzen-Spezies verschwinden (1.057 regional species lost/year x 200 years). Im Gegensatz dazu würden nach 200 Jahren bei einem Siedlungsgebiet 577 Pflanzen-Spezies verschwunden sein (2.883 regional species lost/year x 200 years). Daraus wird gefolgert, dass bei der Landnutzungsform des Golfplatzes der Biodiversitätsverlust deutlich tiefer ist als bei den anderen betrachteten anthropogenen Landnutzungsformen – dies gilt sowohl für Säugetiere, Amphibien, Reptilien, Vögel und Pflanzen. Am stärksten ist der Effekt bei den Vögeln, dort ist der Biodiversitätsverlust beim Golfplatz fünf Mal kleiner als bei der Landnutzungsform «Wohnsiedlung, Gewerbe und Industrie».

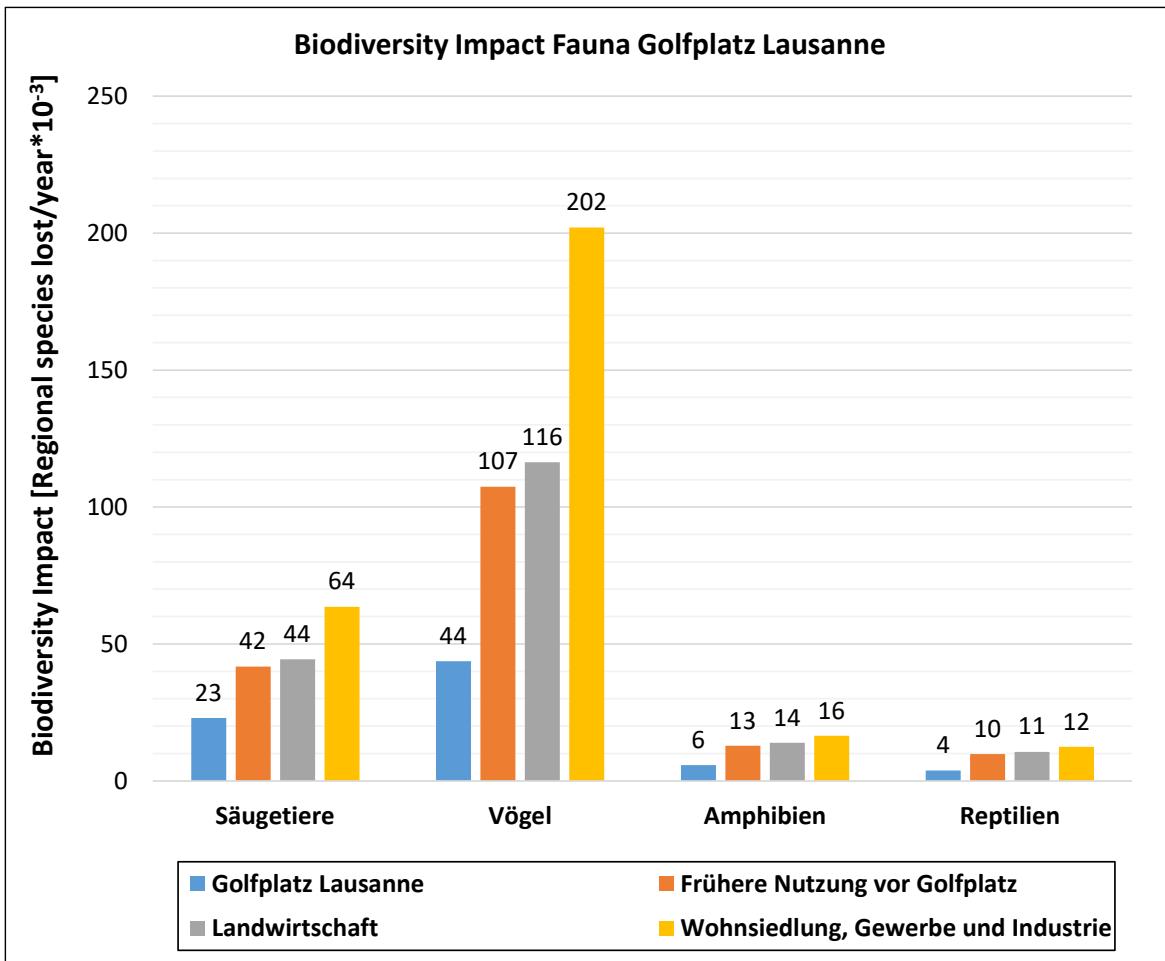


Abb. 6-13: Biodiversitätsverlust regionaler Spezies der Gattung der Säugetiere, Vögel, Amphibien und Reptilien ausgewertet mit der LC-Impact Methode für die Landnutzungsform «Golfplatz Lausanne» gegenüber dem Biodiversitätsverlust anderer anthropogener Landnutzungsformen. Golfplätze führen gegenüber dem Zustand der unberührten Natur zu einem tieferen Biodiversitätsverlust als andere Landnutzen wie z.B. die Landwirtschaft oder eine Wohnsiedlung.

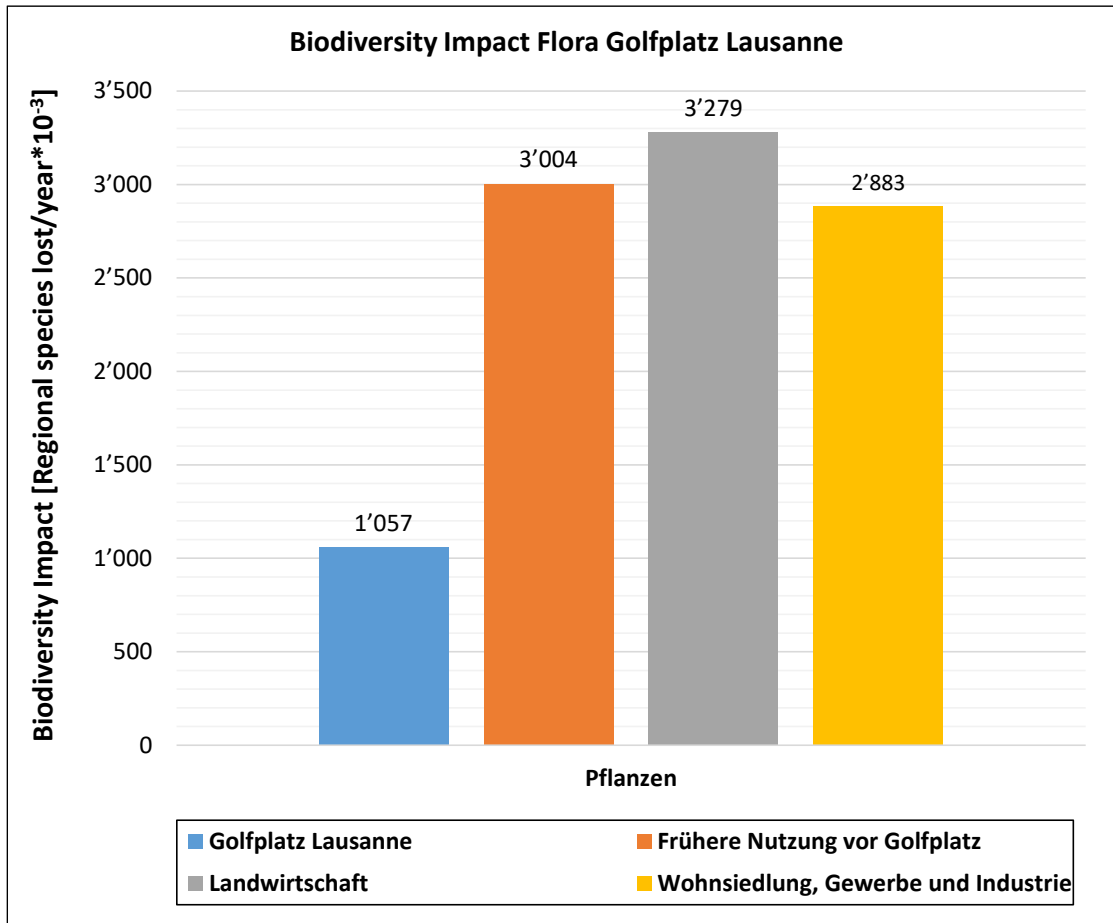


Abb. 6-14: Biodiversitätsverlust regionaler Spezies der Gattung der Pflanzen ausgewertet mit der LC-Impact Methode für die Landnutzungsform «Golf Lausanne» gegenüber dem Biodiversitätsverlust anderer anthropogener Landnutzungsformen. Golfplätze führen gegenüber dem Zustand der unberührten Natur zu einem tieferen Biodiversitätsverlust als andere Landnutzen wie z.B. die Landwirtschaft oder eine Wohnsiedlung.

Neben einer Aussage zum Biodiversitätsverlust pro regionaler Spezies bezogen auf die Gattungen Säugtiere, Vögel, Reptilien, Amphibien und Pflanzen, lässt die LC-Impact auch eine Aussage über den relativen Anteil an verlorener Spezies in aggregierter Form zu (über alle Gattungen aggregiert). Damit drückt die LC-Impact Methode das Verschwinden einer bestimmten Artenzahl relativ zur Gesamtartenzahl aus. Die aggregierte Auswertung für Golf Lausanne ist in Abb. 6-15 dargestellt. Der Biodiversitätsverlust wird in Abb. 6-15 mit folgender Einheit ausgedrückt: Potentially disappeared Fraction of Species (PDF)/a x  $10^{-4}$ . Zur besseren Lesbarkeit wurde der Faktor  $10^{-4}$  eingeführt. Abb. 6-15 wird wie folgt gelesen: Durch die Landnutzung des Golfplatzes Lausanne werden in 200 Jahren ca. 8% der natürlich vorkommenden Spezies verschwunden sein ( $0.0004 \text{ PDF/year} \times 200 \text{ years}$ ). Im Gegensatz dazu würden nach 200 Jahren bei einem Siedlungsgebiet ca. 26% der natürlich vorkommenden Spezies verschwunden sein ( $0.0013 \text{ regional species lost/year} \times 200 \text{ years}$ ). Wird die Anzahl lebender Spezies auf dem Golfplatz Lausanne (siehe Anhang Kapitel 13.7) mit der Wildfinder Datenbank des WWF [34] (zeigt die ursprünglich natürlich vorkommenden Spezies auf dem Golfplatz Lausanne auf) verglichen, so wird klar, dass es tatsächlich zu einem Biodiversitätsverlust gekommen ist. Allerdings tut Golf Lausanne sehr viel

um auch eine Wiederansiedlung oder Neuansiedlung verschiedenster Tierarten zu ermöglichen. Dieser Effekt kann, wie eingangs beschrieben, nicht über die LC-Impact Methode abgebildet werden.

Die Hauptaussage des Ergebnisses der LC-Impact Methode ist: Gegenüber der früheren Landnutzungsform (90% Landwirtschaft, 10% Wald) ist der Biodiversitätsverlust beim Golfplatz Lausanne 59% tiefer.

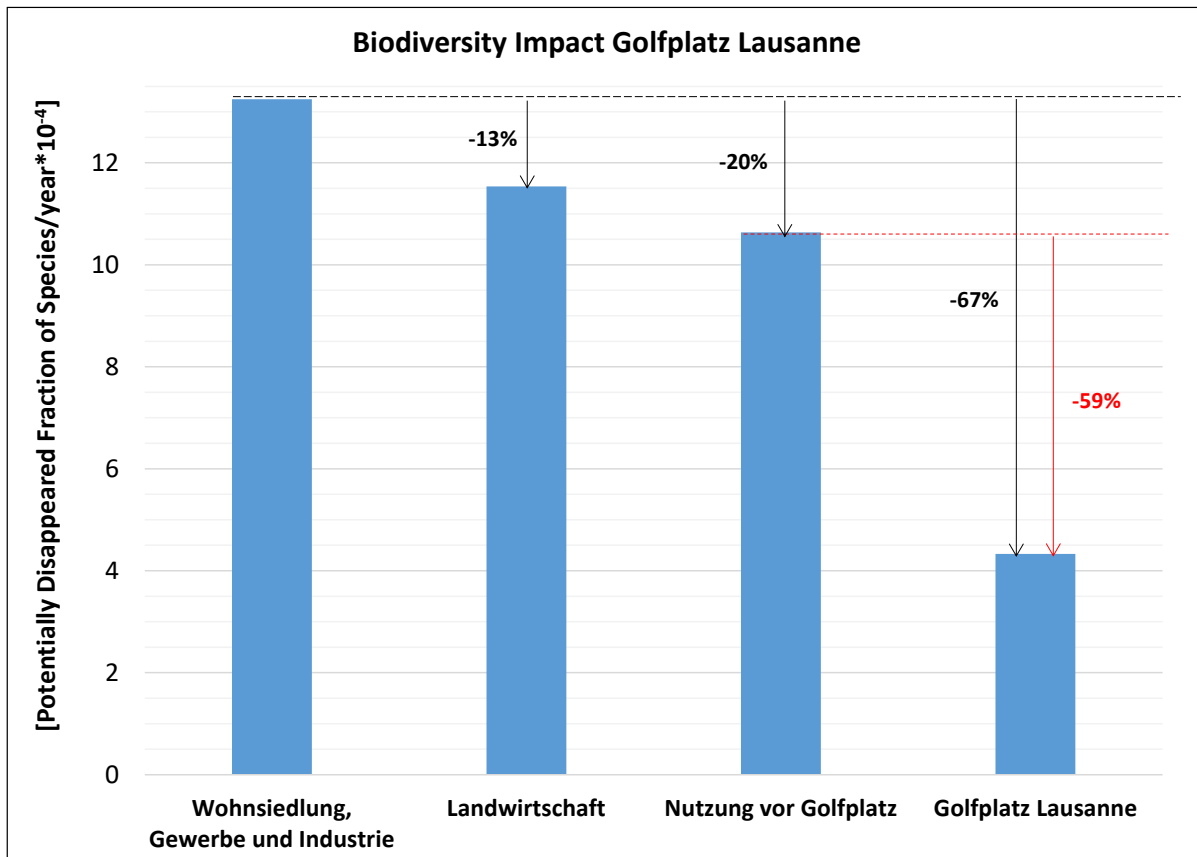


Abb. 6-15: Biodiversitätsverlust regionaler Spezies aggregiert über alle Gattungen (ohne Insekten) ausgewertet mit der LC-Impact Methode für die Landnutzungsform «Golf Lausanne» gegenüber dem Biodiversitätsverlust anderer anthropogener Landnutzungsformen. Golfplätze führen gegenüber dem Zustand der unberührten Natur zu einem Biodiversitätsverlust. Allerdings ist dieser Biodiversitätsverlust tiefer als bei anderen Landnutzungen wie z.B. Landwirtschaft oder Wohnsiedlung. Gegenüber der früheren Nutzungsform weist der Golfplatz Lausanne 59% tieferen Biodiversitätsverlust auf.

## 6.2 Ökobilanz Golf Wylihof

### 6.2.1 Umweltbelastungspunkte UBP

Abb. 6-16 zeigt das Ergebnis der Ökobilanz für den Golfplatz Wylihof ausgewertet mittels der Methode der ökologischen Knappheit (UBP-Methode) für einzelne Bereiche von Mobilität bis zur Lärmvermeidung. In roter Farbe sind die Umweltbelastungen (Footprint) und in grüner Farbe die Umweltentlastungen (Handprint) abgebildet. Das Ergebnis umfasst die Umweltwirkung des Golfplatzes pro Jahr. Aufaddiert kommt Golf Wylihof auf eine jährliche netto (Summe Footprint minus Summe Handprint) Um-

weltbelastung von 1'096 Mio. UBP (siehe dazu auch Abb. 6-18). Das entspricht 478'717 UBP pro Golfer/in und Jahr (1'096 Mio. UBP dividiert durch Golfer-Äquivalent aus Tabelle 5-2). Zur Einordnung: gemäss BAFU [14] verursacht ein/e durchschnittliche/r Schweizer/in pro Jahr im Bereich Freizeit/Kultur/Sport 1'100'000 UBP. Dazu gehören auch Theater-, Kino- und Konzertbesuche sowie alle anderen Freizeit- und Sportaktivitäten. Pro gespieltes Loch entspricht die Umweltwirkung des Golfplatzes Wylihof 974 UBP (1'096 Mio. UBP dividiert durch 27 Löcher und dividiert durch Anzahl gespielter Runden aus Tabelle 5-2). Spielt ein/e Golfer/in auf dem Golfplatz Wylihof einen Tag Golf (im Mittel wird in Wylihof eine Runde von 18-Löchern gespielt), so beläuft sich die Umweltbelastung auf 974 UBP x 18 Löcher = 17'532 UBP/Golfer und Tag. Diese Umweltwirkung entspricht der Umweltbelastung von 55 km Autofahren mit einem durchschnittlichen PW oder der Umweltbelastung verursacht durch die Bereitstellung von 100 Rollen WC-Papier oder einem Grillsteak (200g Rindfleisch).

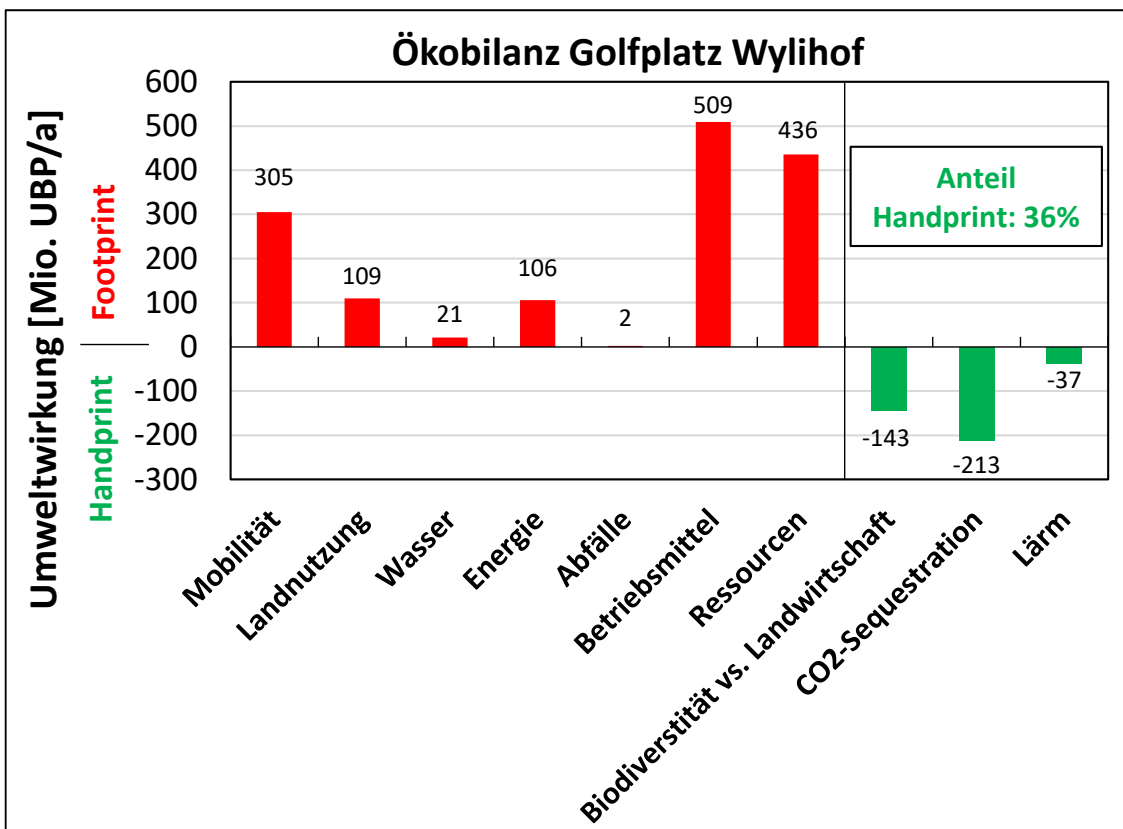


Abb. 6-16: Resultat der Ökobilanz ausgewertet mittels UBP-Methode für den Golfplatz Wylihof. Links sind in roter Farbe die Umweltbelastungen, rechts in grüner Farbe die Umweltentlastungen aufgeführt.

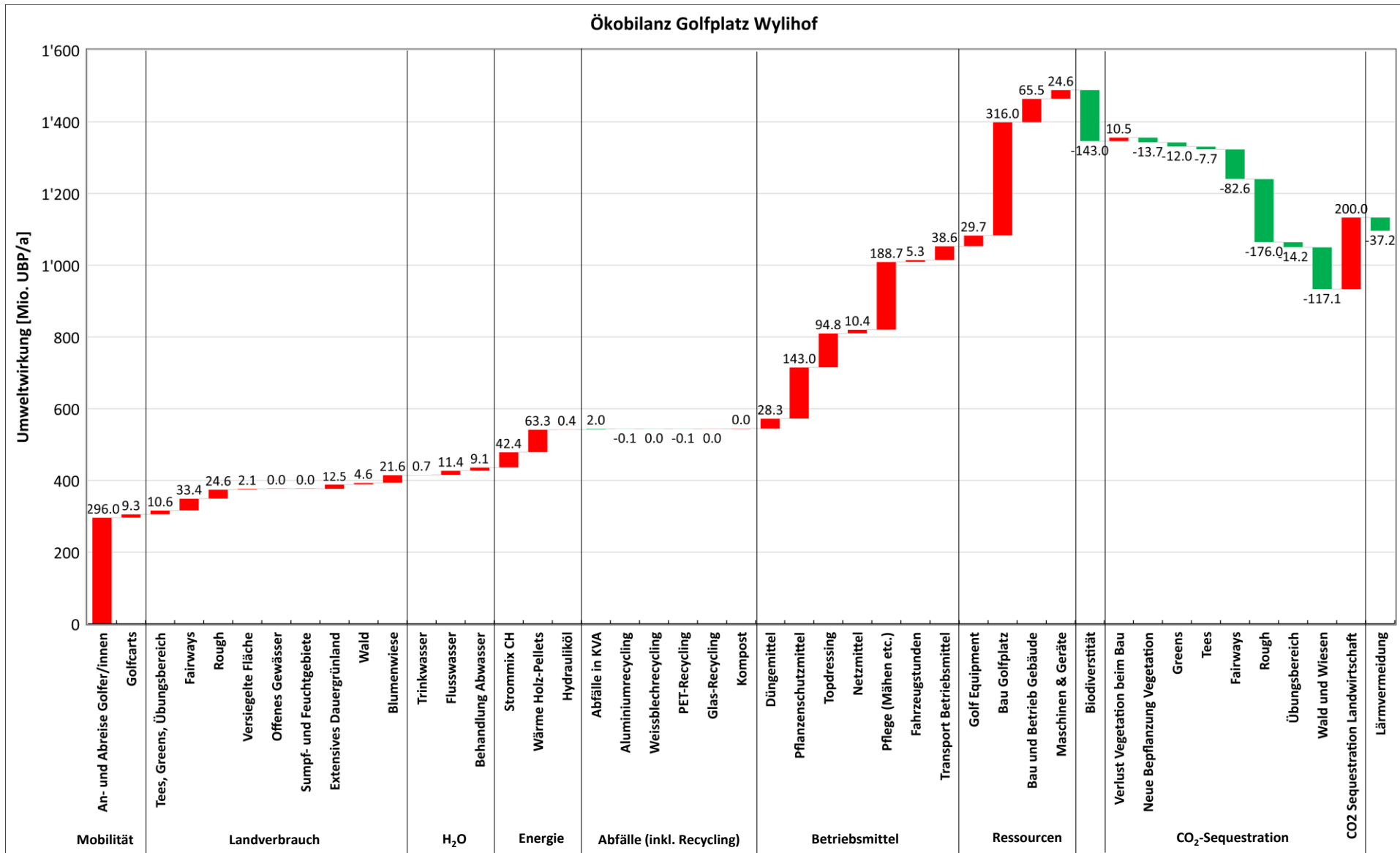


Abb. 6-17: Detailansicht des Resultats der Ökobilanz mittels UBP-Methode für den Golfplatz Wylihof. Rot zeigt eine Umweltbelastung und Grün zeigt eine Umweltentlastung an.

Bei der UBP-Methode ist der Footprint durch den Bereich Mobilität, Betriebsmittel und vor allem Ressourcen dominiert. Auffällig ist, dass der Bereich Wasser ökologisch gemäss UBP-Methode nicht relevant ist. Wasser ist in der Schweiz (noch) nicht ökologisch knapp und wird daher von der Methode der ökologischen Knappheit (UBP) nicht stark gewichtet (da Grundwasservorräte um ein Vielfaches höher sind als der jährliche Bezug). Der Handprint beträgt 36% und kommt vor allem von der CO<sub>2</sub>-Sequestration und von der Biodiversität zustande. Abb. 6-17 bildet die Bereich aus Abb. 6-16 aufgeschlüsselt ab.

Dabei wird ersichtlich, dass im Bereich Mobilität vor allem die An- und Abreise der Golfer/innen (je 15 km hin und zurück), im Bereich der Betriebsmittel die Pflege (vor allem das Rasenmähen) und die Applikation von Pflanzenschutzmitteln und Topdressingmaterialien sowie im Bereich der Ressourcen der Bau und Modellierung des Golfplatzes den grössten Beitrag ausmachen. Daneben spielen ökologisch auch der Bau und Betrieb der Gebäude (Clubhaus, Facilitygebäude etc.) und die Energieressourcen (Strom und Holz-Pellets) eine wesentliche Rolle. Die grössten Umweltentlastungen (grüne Balken in Abb. 6-17) bilden die Biodiversität sowie die CO<sub>2</sub>-Aufnahme und -Bindung (Sequestration) durch Rasengräser auf den Rough und Fairways und durch die Vegetation der Wald- und Wiesenfläche. Bei der CO<sub>2</sub>-Sequestration wurde die Aufnahme und Bindung von CO<sub>2</sub> der früheren Landnutzung (vor dem Golfplatz) abgezogen, da auch schon damals eine gewisse CO<sub>2</sub>-Aufnahme und -Bindung stattfand.

Abb. 6-18 fasst das Ergebnis der Ökobilanz von Golf Wylihof nochmals in einem Säulendiagramm zusammen. Unter der Nulllinie ist der Handprint und über der Nulllinie der Footprint aufgetragen. Netto resultiert eine Umweltbelastung von 1'096 Mio. UBP pro Jahr durch den Bau, Betrieb und Unterhalt des Golfplatzes Wylihof.

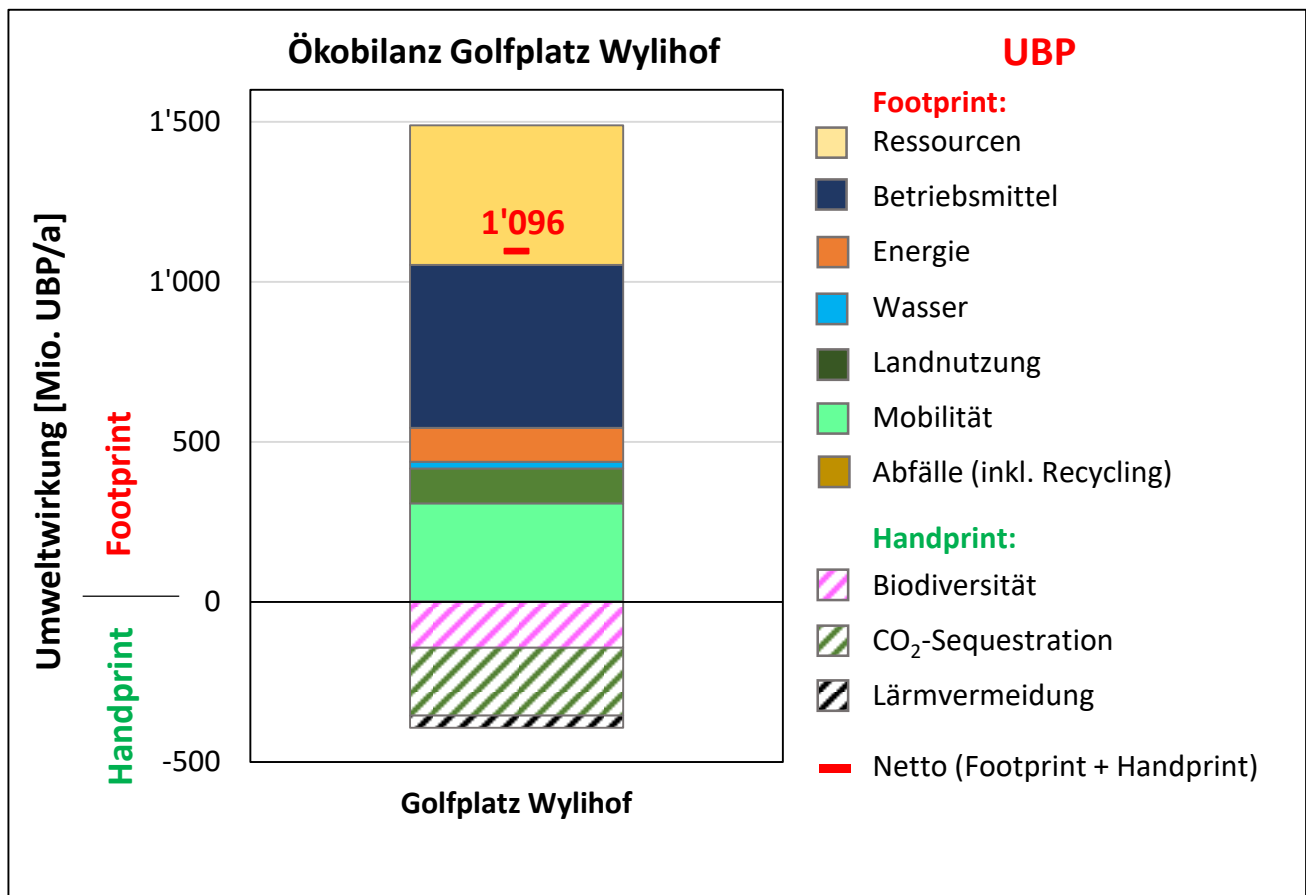


Abb. 6-18: Resultat der Ökobilanz des Golfplatzes Wylihof mittels UBP-Methode als Säulendiagramm. Umweltbelastung (Footprint) sind oberhalb der Nulllinie und Umweltentlastungen (Handprint) sind unterhalb der Nulllinie.

## 6.2.2 Treibhauspotenzial CO<sub>2</sub>-eq

Abb. 6-19 zeigt das Ergebnis der Ökobilanz für den Golfplatz Wylihof ausgewertet mittels der Treibhauspotenzial-Methode (CO<sub>2</sub>) für einzelne Bereiche von Mobilität bis zur Sequestration. In roter Farbe sind die Klimabelastungen (Footprint) und in grüner Farbe die Klimaentlastungen (Handprint) abgebildet. Das Ergebnis umfasst die Klimawirkung des Golfplatzes pro Jahr. Aufaddiert kommt Golf Wylihof auf eine jährliche netto (Summe Footprint minus Summe Handprint) Klimabelastung von 185 Tonnen CO<sub>2</sub>-eq (siehe dazu auch Abb. 6-21). Das entspricht 81 kg CO<sub>2</sub>-eq pro Golfer/in und Jahr (187 Tonnen CO<sub>2</sub>-eq dividiert durch Golfer-Äquivalent aus Tabelle 5-2). Zur Einordnung: gemäss BAFU [14] verursacht ein/e durchschnittliche/r Schweizer/in pro Jahr im Bereich Freizeit/Kultur/Sport 770 kg CO<sub>2</sub>-eq. Dazu gehören auch Theater-, Kino- und Konzertbesuche sowie alle anderen Freizeit- und Sportaktivitäten. Pro gespieltes Loch entspricht die Klimawirkung des Golfplatzes Wylihof 165 Gramm CO<sub>2</sub>-eq (185 kg CO<sub>2</sub>-eq dividiert durch 27 Löcher und dividiert durch Anzahl gespielter Runden aus Tabelle 5-2). Spielt ein/e Golfer/in auf dem Golfplatz Wylihof einen Tag Golf (im Mittel wird in Wylihof eine Runde von 18-Löchern gespielt), so beläuft sich die Klimawirkung auf 165 Gramm CO<sub>2</sub>-eq x 18 Löcher = 2.97 Kilogramm CO<sub>2</sub>-eq /Golfer und Tag. Diese Klimawirkung entspricht 18 km Autofahren mit einem durchschnittlichen PW.

Bei der CO<sub>2</sub>-Methode ist der Footprint durch den Bereich Mobilität, Betriebsmittel und vor allem Ressourcen dominiert. Der Handprint beträgt 83% und kommt ausschliesslich von der CO<sub>2</sub>-Sequestration zustande. Abb. 6-20 bildet die Bereiche aus Abb. 6-19 aufgeschlüsselt ab.

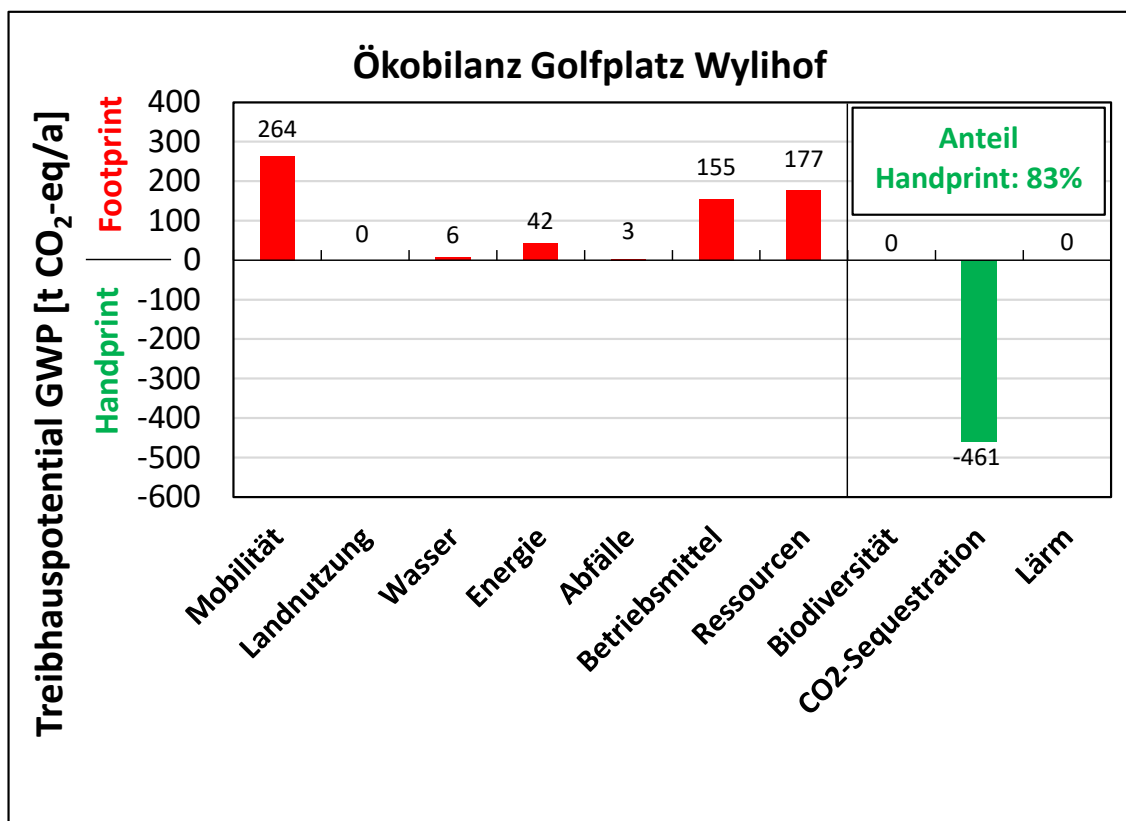


Abb. 6-19: Resultat der Ökobilanz ausgewertet mittels Treibhauspotenzial-Methode (CO<sub>2</sub>) für den Golfplatz Wylihof. Links sind in roter Farbe die Umweltbelastungen, rechts in grüner Farbe die Umweltentlastungen aufgeführt



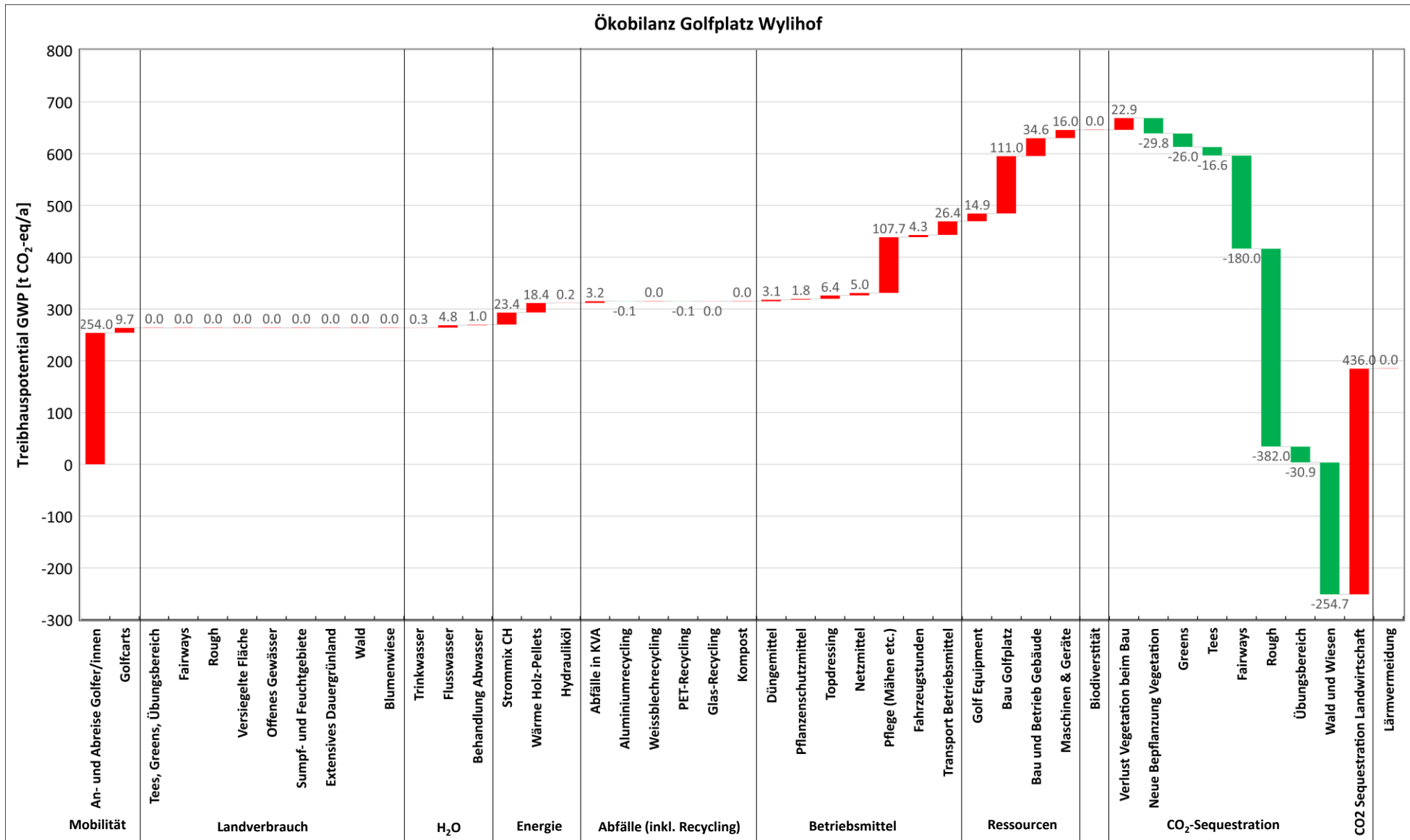


Abb. 6-20: Detailansicht des Resultats der Ökobilanz mittels Treibhauspotenzial-Methode (CO<sub>2</sub>) für den Golfplatz Wylihof. Rot zeigt eine Umweltbelastung und Grün zeigt eine Umweltentlastung an.

Dabei wird ersichtlich, dass im Bereich Mobilität vor allem die An- und Abreise der Golfer/innen (je 15 km hin und zurück), im Bereich der Betriebsmittel die Pflege (vor allem das Rasenmähen) und im Bereich der Ressourcen der Bau und Modellierung des Golfplatzes den grössten Beitrag ausmachen. Daneben spielen ökologisch auch der Bau und Betrieb der Gebäude (Clubhaus, Facilitygebäude etc.) eine wesentliche Rolle. Die grösste Klimaentlastung (grüne Balken in Abb. 6-20) bildet die CO<sub>2</sub>-Aufnahme und -Bindung (Sequestration) durch Rasengräser auf den Rough und Fairways sowie durch die Vegetation auf der Wald- und Wiesenfläche. Bei der CO<sub>2</sub>-Sequestration wurde die Aufnahme und Bindung von CO<sub>2</sub> der früheren Landnutzung (vor dem Golfplatz) abgezogen, da auch schon damals eine gewisse CO<sub>2</sub>-Aufnahme und -Bindung stattfand. Biodiversität, Lärm sowie Landnutzung und human-/ökotoxikologisch relevante Schadstoffemissionen können mit der CO<sub>2</sub>-Methode nicht abgebildet werden. Siehe dazu UBP- und ILCD-Methode (ohne Lärm). Beim Wasserverbrauch wird nur die Bereitstellung (z.B. Energiebedarf für Pumpen etc.) abgebildet, nicht aber der Verbrauch der «Ressource» Wasser.

Abb. 6-21 fasst das Ergebnis der Ökobilanz von Golf Wylihof nochmals in einem Säulendiagramm zusammen. Unter der Nulllinie ist der Handprint und über der Nulllinie der Footprint aufgetragen. Netto resultiert eine Umweltbelastung von 185 Tonnen CO<sub>2</sub>-eq pro Jahr durch den Bau, Betrieb und Unterhalt des Golfplatzes Lausanne.

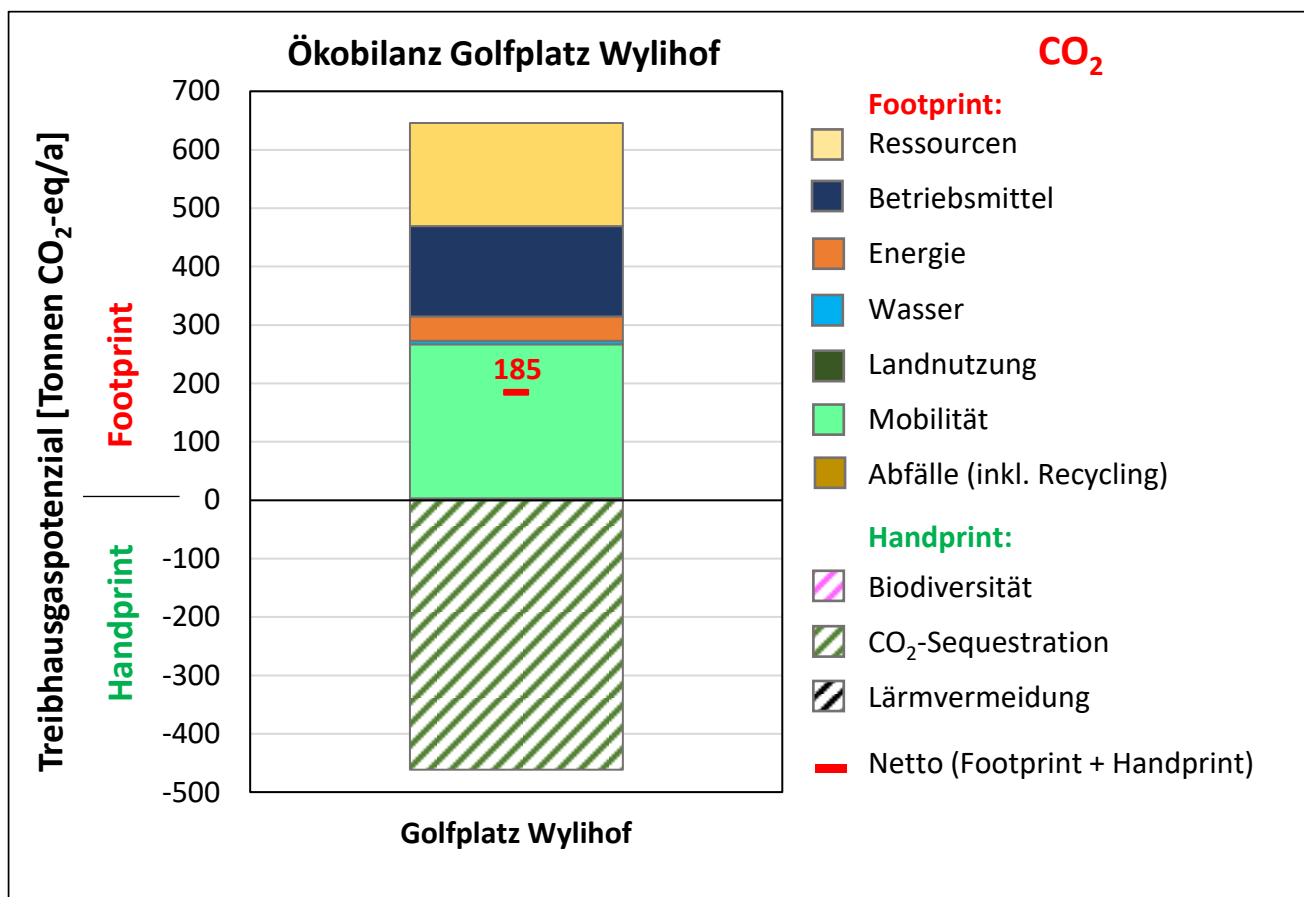


Abb. 6-21: Resultat der Ökobilanz des Golfplatzes Wylihof mittels Treibhauspotenzial-Methode (CO<sub>2</sub>) als Säulendiagramm. Umweltbelastung (Footprint) sind oberhalb der Nulllinie und Umweltentlastungen (Handprint) sind unterhalb der Nulllinie.

### 6.2.3 ILCD

Abb. 6-22 zeigt das Ergebnis der Ökobilanz für den Golfplatz Wylihof ausgewertet mittels der ILCD-Methode (Gewichtung EU27) für einzelne Bereiche von Mobilität bis zur Lärmvermeidung. In roter Farbe sind die Umweltbelastungen (Footprint) und in grüner Farbe die Umweltentlastungen (Handprint) abgebildet. Das Ergebnis umfasst die Umweltwirkung des Golfplatzes pro Jahr. Aufaddiert kommt Golf Wylihof auf eine jährliche netto (Summe Footprint minus Summe Handprint) Umweltbelastung von 410 ILCD Punkte (siehe dazu auch Abb. 6-24). Das entspricht 179 Milli-ILCD (Milli = Tausendstel) Punkte pro Golfer/in und Jahr (410 ILCD Punkte dividiert durch Golfer-Äquivalent aus Tabelle 5-2). Pro gespieltes Loch entspricht die Umweltwirkung des Golfplatzes Wylihof 365 Mikro-ILCD (Mikro = Millionstel) Punkte (410 ILCD-Punkte dividiert durch 27 Löcher und dividiert durch Anzahl gespielter Runden aus Tabelle 5-2). Spielt ein/e Golfer/in auf dem Golfplatz Wylihof einen Tag Golf (im Mittel wird in Wylihof eine Runde von 18-Löchern gespielt), so beläuft sich die Umweltbelastung auf 365 Mikro-ILCD-Punkte x 18 Löcher = 6.6 Milli-ILCD-Punkte/Golfer und Tag. Lärmvermeidung kann mittels der ILCD-Methode nicht abgebildet werden. Bei der Biodiversität wird lediglich der Verlust an organischem Kohlenstoff im Boden ökologisch bewertet. Für eine umfassendere Bewertung siehe UBP-Methode.

Bei der ILCD-Methode ist der Footprint durch den Bereich Ressourcen, Betriebsmittel und vor allem durch die Mobilität dominiert. Der Handprint beträgt 7% und kommt vor allem von der CO<sub>2</sub>-Sequestration und von der Biodiversität zustande. Abb. 6-23 bildet die Bereiche aus Abb. 6-22 aufgeschlüsselt ab.

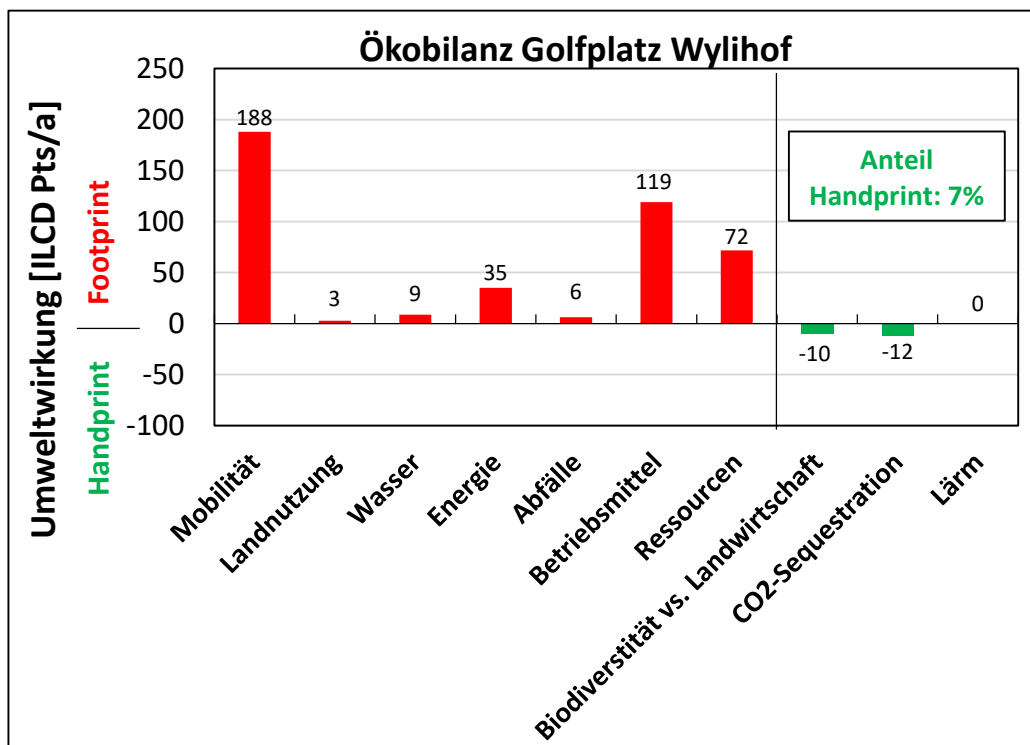


Abb. 6-22: Resultat der Ökobilanz ausgewertet mittels ILCD-Methode für den Golfplatz Wylihof. Links sind in roter Farbe die Umweltbelastungen, rechts in grüner Farbe die Umweltentlastungen aufgeführt.

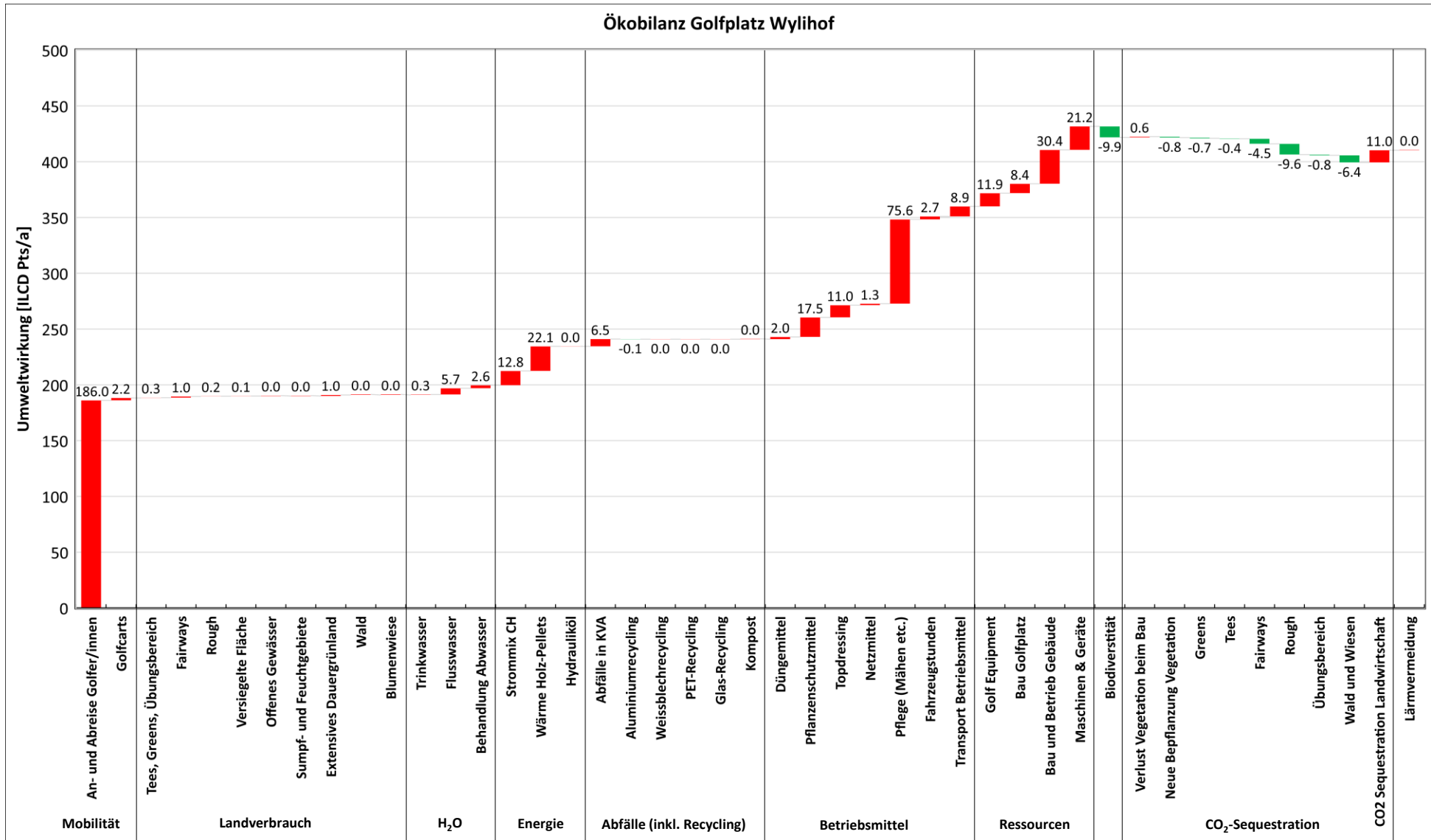


Abb. 6-23: Detailansicht des Resultats der Ökobilanz mittels ILCD-Methode für den Golfplatz Wylihof. Rot zeigt eine Umweltbelastung und Grün zeigt eine Umweltentlastung an.

Dabei wird ersichtlich, dass im Bereich Mobilität vor allem die An- und Abreise der Golfer/innen (je 15 km hin und zurück), im Bereich der Betriebsmittel die Pflege (vor allem das Rasenmähen) sowie die Applikation der Pflanzenschutzmittel und im Bereich der Ressourcen der Bau und Modellierung des Golfplatzes den grössten Beitrag ausmachen. Daneben spielt ökologisch auch der Bau und Betrieb der Gebäude (Clubhaus, Facilitygebäude etc.) eine wesentliche Rolle. Die grössten Umweltentlastungen (grüne Balken in Abb. 6-23) bilden die Biodiversität sowie die CO<sub>2</sub>-Aufnahme und –Bindung (Sequestration) durch Rasengräser auf den Rough und Fairways und durch die Vegetation der Wald- und Wiesenfläche. Bei der CO<sub>2</sub>-Sequestration wurde die Aufnahme und Bindung von CO<sub>2</sub> der früheren Landnutzung (vor dem Golfplatz) abgezogen, da auch schon damals eine gewisse CO<sub>2</sub>-Aufnahme und -Bindung stattfand.

Abb. 6-24 fasst das Ergebnis der Ökobilanz von Golf Wylihof nochmals in einem Säulendiagramm zusammen. Unter der Nulllinie ist der Handprint und über der Nulllinie der Footprint aufgetragen. Netto resultiert eine Umweltbelastung von 410 ILCD-Punkte pro Jahr durch den Bau, Betrieb und Unterhalt des Golfplatzes Wylihof.

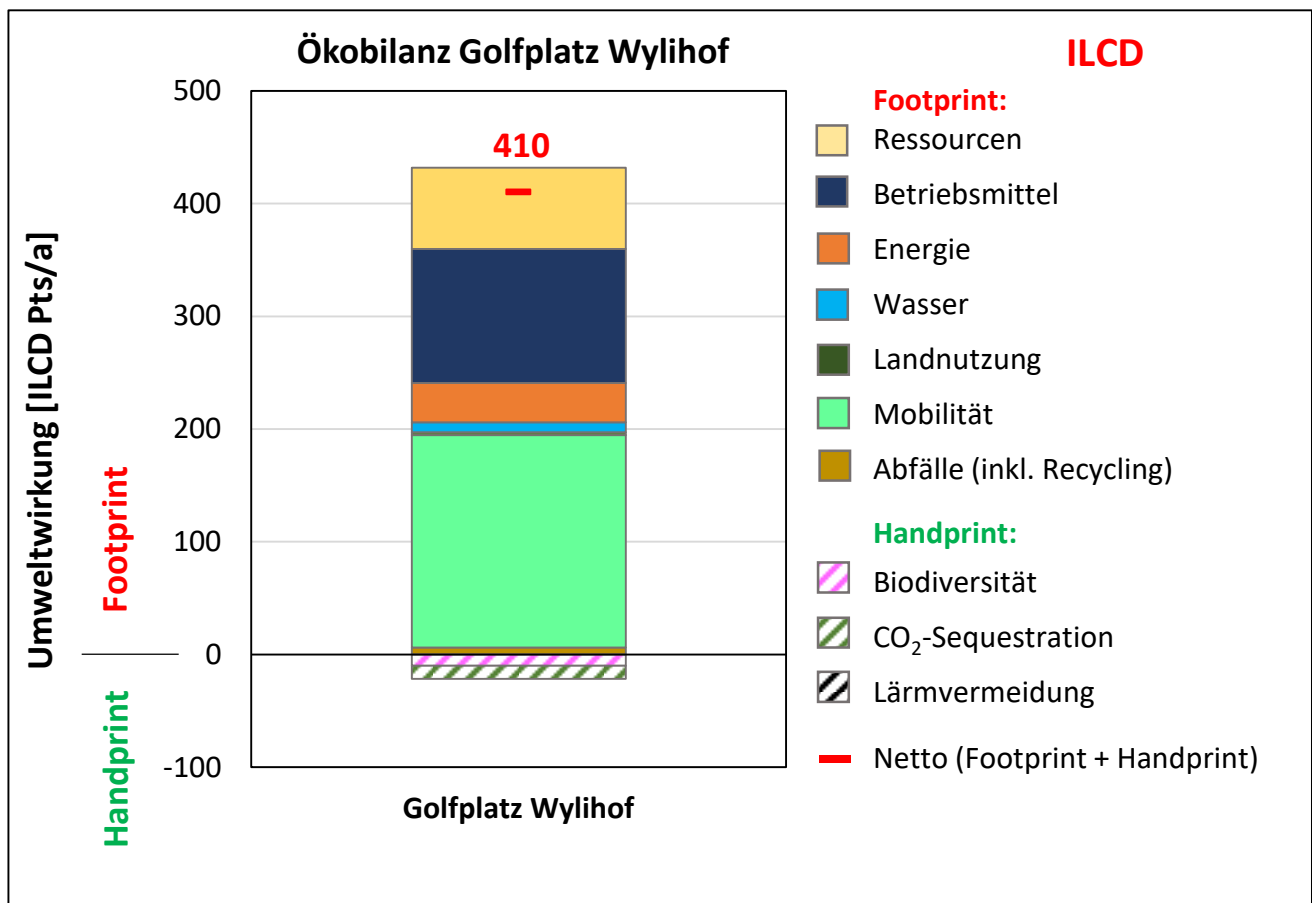


Abb. 6-24: Resultat der Ökobilanz des Golfplatzes Wylihof mittels ILCD-Methode als Säulendiagramm. Umweltbelastung (Footprint) sind oberhalb der Nulllinie und Umweltentlastungen (Handprint) sind unterhalb der Nulllinie.

#### 6.2.4 Kumulierter Energieaufwand KEA

Abb. 6-25 zeigt das Ergebnis der Ökobilanz für den Golfplatz Wylihof ausgewertet für den kumulierten Energiebedarf (inkl. Graue Energie) für einzelne Bereiche von Mobilität bis zu den Abfällen. In roter Farbe sind die Energieverbräuche (Footprint) und in grüner Farbe die Energieeinsparungen (Handprint) abgebildet. Das Ergebnis umfasst der Gesamtenergiebedarf des Golfplatzes pro Jahr. Aufaddiert kommt Golf Wylihof auf einen jährlichen netto (Summe Footprint minus Summe Handprint) Energieverbrauch von 24'826 GJ Oil-eq (siehe dazu auch Abb. 6-27). Das entspricht 10'846 MJ-Oil pro Golfer/in (ca. 300 L Heizöl) und Jahr (24'826 GJ Oil-eq dividiert durch Golfer-Äquivalent aus Tabelle 5-2). Zur Einordnung: gemäss BAFU [14] verursacht ein/e durchschnittliche/r Schweizer/in pro Jahr im Bereich Freizeit/Kultur/Sport 16'000 MJ Oil-eq. Dazu gehören auch Theater-, Kino- und Konzertbesuche sowie alle anderen Freizeit- und Sportaktivitäten. Pro gespieltes Loch entspricht der Gesamtenergiebedarf des Golfplatzes Wylihof 22 MJ Oil-eq (24'826 GJ Oil-eq dividiert durch 27 Löcher und dividiert durch Anzahl gespielter Runden aus Tabelle 5-2). Spielt ein/e Golfer/in auf dem Golfplatz Wylihof einen Tag Golf (im Mittel wird in Wylihof eine Runde von 18-Löchern gespielt), so beläuft sich die Umweltbelastung auf 22 MJ Oil-eq x 18 Löcher = 396 MJ Oil-eq/Tag. Diese Umweltwirkung entspricht dem Energiegehalt von ca. 11 Litern Heizöl.

Beim kumulierten Energieaufwand ist der Footprint durch den Bereich Mobilität, Energie und vor allem Ressourcen dominiert. Beim Bereich Mobilität und Energie sind es vor allem die direkten Energieverbräuche vor Ort. Hingegen zeigt die Analyse in den Bereichen Ressourcen einen hohen Gehalt an Grauer Energie. Der Handprint beträgt 0% (resp. 0.02%) und kommt alleine vom Recycling (Energieeinsparung). Abb. 6-26 bildet die Bereiche aus Abb. 6-25 aufgeschlüsselt ab.

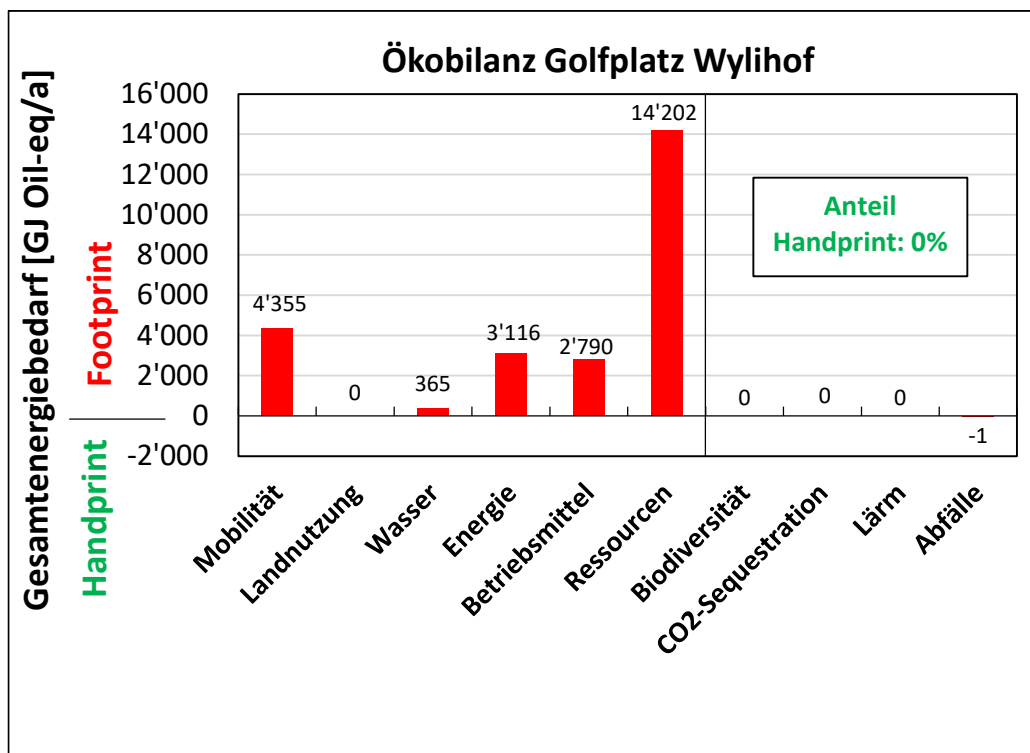


Abb. 6-25: Resultat der Ökobilanz ausgewertet mittels kumuliertem Energieaufwand (KEA) für den Golfplatz Wylihof. Links sind in roter Farbe die Umweltbelastungen, rechts in grüner Farbe die Umweltentlastungen aufgeführt.

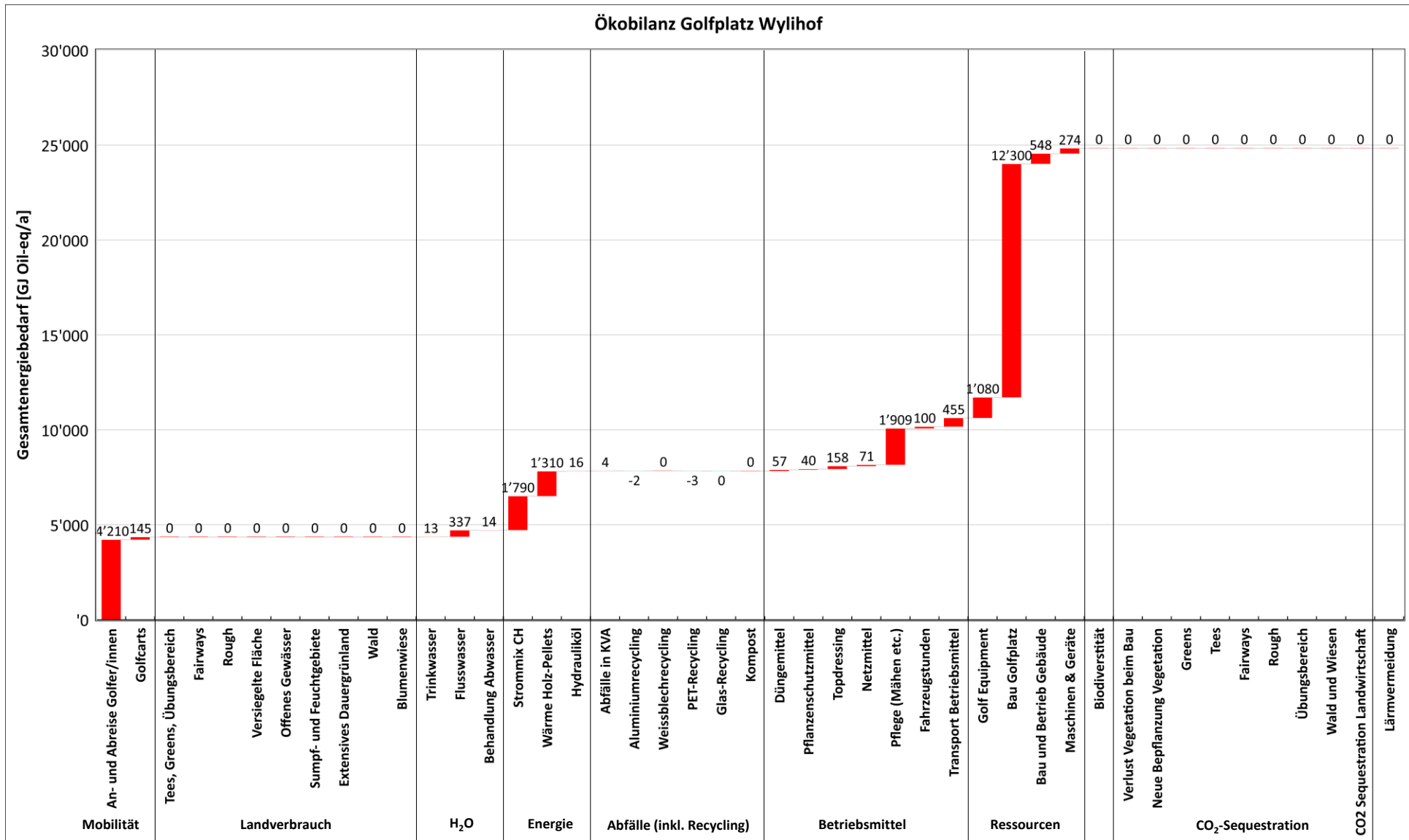


Abb. 6-26: Detailansicht des Resultats der Ökobilanz mittels kumuliertem Energieaufwand (KEA) für den Golfplatz Wylhof. Rot zeigt eine Umweltbelastung und Grün zeigt eine Umweltentlastung an.

Dabei wird ersichtlich, dass im Bereich Mobilität vor allem die An- und Abreise der Golfer/innen (je 15 km hin und zurück), im Bereich der Betriebsmittel die Pflege (vor allem das Rasenmähen) und im Bereich der Ressourcen der Bau und Modellierung des Golfplatzes den grössten Beitrag ausmachen. Daneben spielen ökologisch auch der Bau und Betrieb der Gebäude (Clubhaus, Facilitygebäude etc.) und die Energieressourcen (Strom und Holz-Pellets) eine wesentliche Rolle. Die einzige Energieeinsparung (grüne Balken in Abb. 6-26) bildet das PET-Recycling. CO<sub>2</sub>-Sequestration, Biodiversität, Lärm sowie Landnutzung und human- /ökotoxikologisch relevante Schadstoffemissionen können mit der KEA-Methode nicht abgebildet werden. Siehe dazu UBP- und ILCD-Methode (ohne Lärm). Beim Wasserverbrauch wird nur die Bereitstellung (z.B. Energiebedarf für Pumpen etc.) abgebildet, nicht aber den Verbrauch der «Ressource» Wasser.

Abb. 6-27 fasst das Ergebnis der Ökobilanz von Golf Wylihof nochmals in einem Säulendiagramm zusammen. Unter der Nulllinie ist der Handprint und über der Nulllinie der Footprint aufgetragen. Netto resultiert ein Energieverbrauch von 24'827 GJ Oil-eq pro Jahr durch den Bau, Betrieb und Unterhalt des Golfplatzes Wylihof.

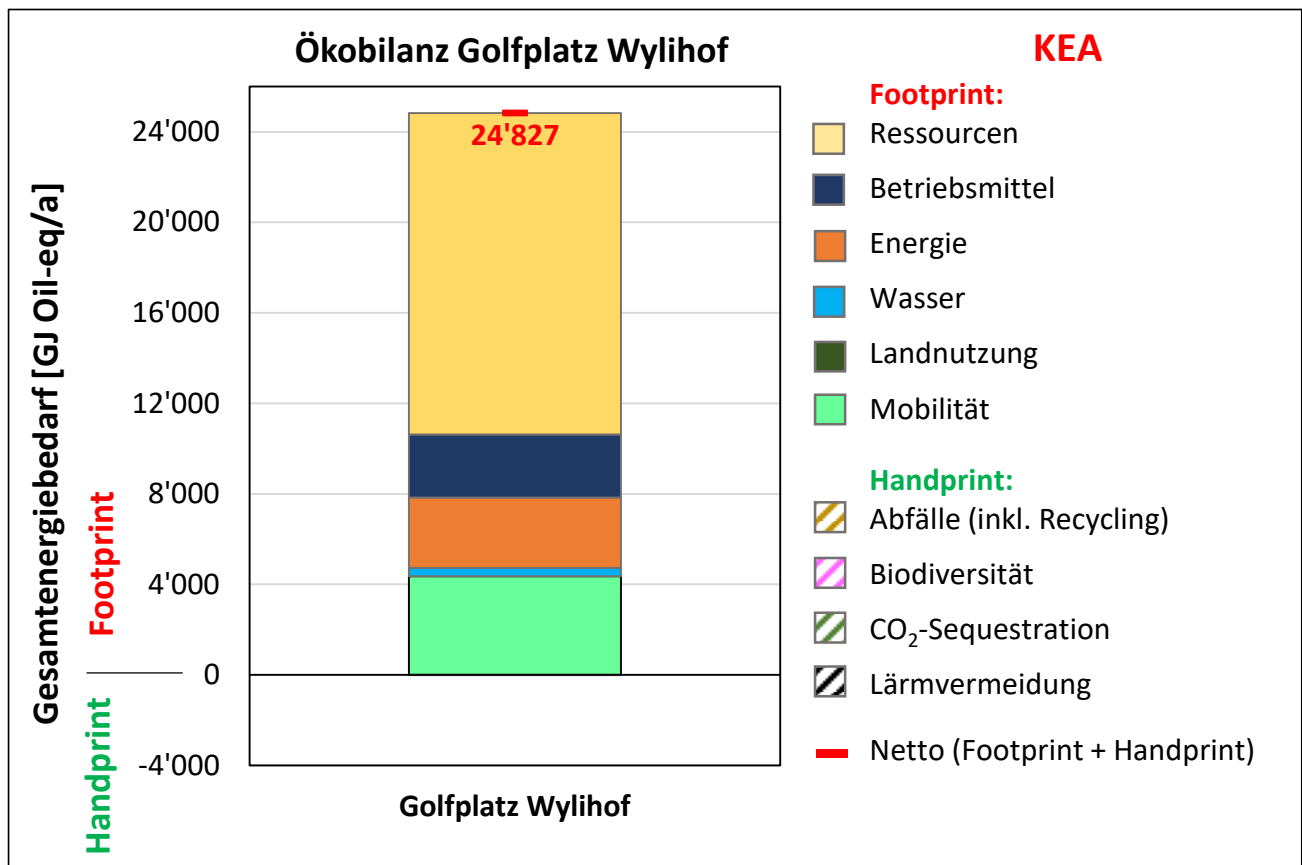


Abb. 6-27: Resultat der Ökobilanz des Golfplatzes Wylihof mittels kumuliertem Energieaufwand (KEA) als Säulendiagramm. Umweltbelastung (Footprint) sind oberhalb der Nulllinie und Umweltentlastungen (Handprint) sind unterhalb der Nulllinie.

### 6.2.5 LC-Impact (Biodiversität)

Abb. 6-28 zeigt den Biodiversitätsverlust regionaler Spezies je Gattung der Säugetiere, Amphibien, Reptilien und Vögel (Insekten sind nicht Teil der Methodik) auf für unterschiedliche anthropogene Landnutzungsformen auf. Abb. 6-29 zeigt zusätzlich den Biodiversitätsverlust auf der gleichen Landnutzungsformen für Pflanzen. Die Einheit des Biodiversitätsverlustes ist: «Regional species lost/year x 10<sup>-3</sup>». Der



Faktor  $10^{-3}$  wurde zur besseren Lesbarkeit verwendet. Abb. 6-28 ist wie folgt zu lesen: Durch die Landnutzung des Golfplatzes Wylihof werden in 200 Jahren ca. 10 Säugetierarten verschwinden ( $0.049$  regional species lost/year  $\times$  200 years). Im Gegensatz dazu würden nach 200 Jahren bei einem Siedlungsgebiet 27 Säugetierarten verschwunden sein ( $0.134$  regional species lost/year  $\times$  200 years). Es folgt ein Lesebeispiel für Abb. 6-29: Durch die Landnutzung des Golfplatzes Wylihof werden in 200 Jahren ca. 450 Pflanzen-Spezies verschwinden ( $2.246$  regional species lost/year  $\times$  200 years). Im Gegensatz dazu würden nach 200 Jahren bei einem Siedlungsgebiet 1'219 Pflanzen-Spezies verschwunden sein ( $6.094$  regional species lost/year  $\times$  200 years). Daraus wird gefolgert, dass bei der Landnutzungsform des Golfplatzes der Biodiversitätsverlust deutlich tiefer ist als bei den anderen betrachteten anthropogenen Landnutzungsformen – dies gilt sowohl für Säugetiere, Amphibien, Reptilien, Vögel und Pflanzen. Am stärksten ist der Effekt bei den Vögeln, dort ist der Biodiversitätsverlust beim Golfplatz fünf Mal kleiner als bei der Landnutzungsform «Wohnsiedlung, Gewerbe und Industrie».

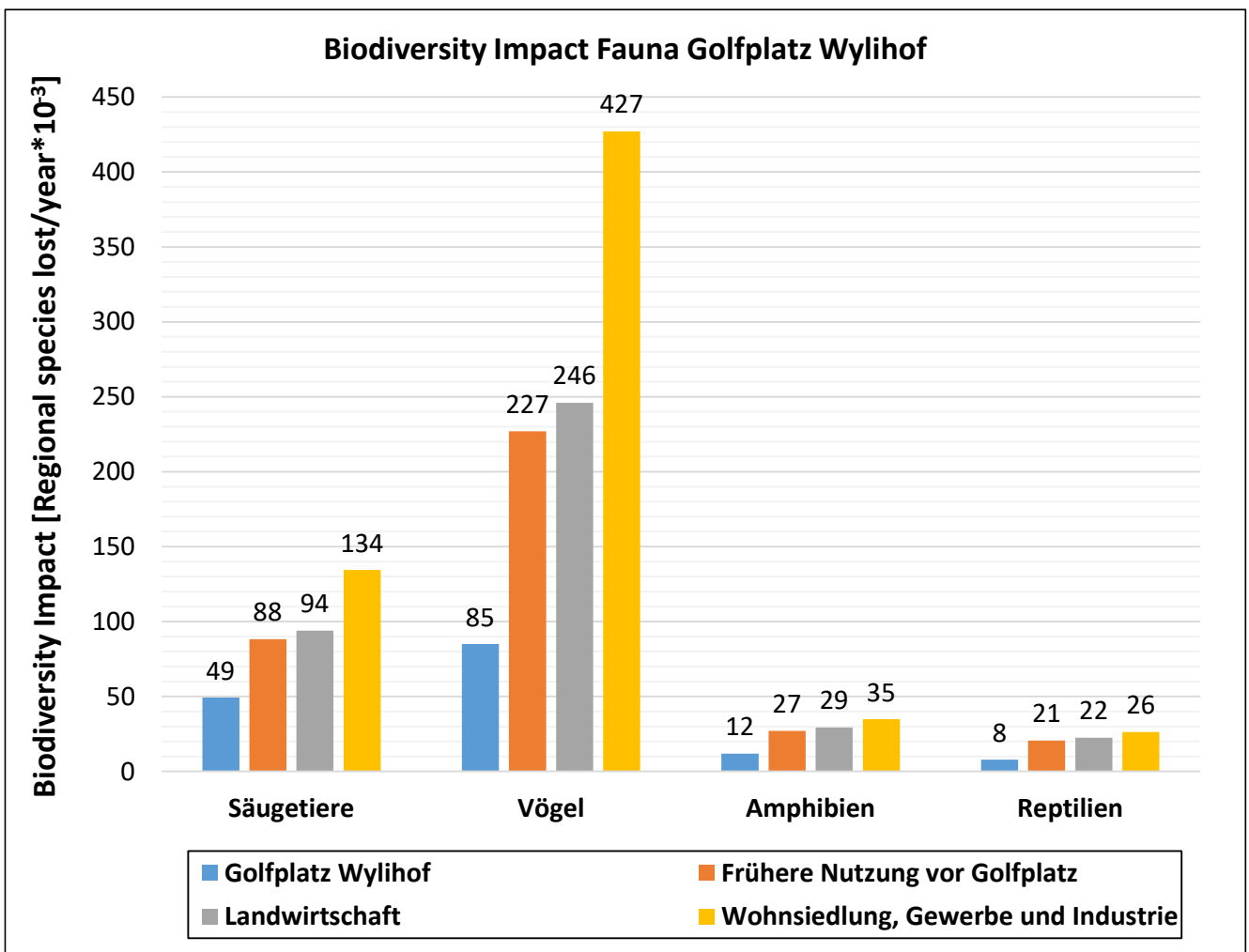


Abb. 6-28: Biodiversitätsverlust regionaler Spezies der Gattung der Säugetiere, Vögel, Amphibien und Reptilien ausgewertet mit der LC-Impact Methode für die Landnutzungsform «Golf Wylihof» gegenüber dem Biodiversitätsverlust anderer anthropogener Landnutzungsformen. Golfplätze führen gegenüber dem Zustand der unberührten Natur zu einem tieferen Biodiversitätsverlust als andere Landnutzen wie z.B. die Landwirtschaft oder eine Wohnsiedlung.

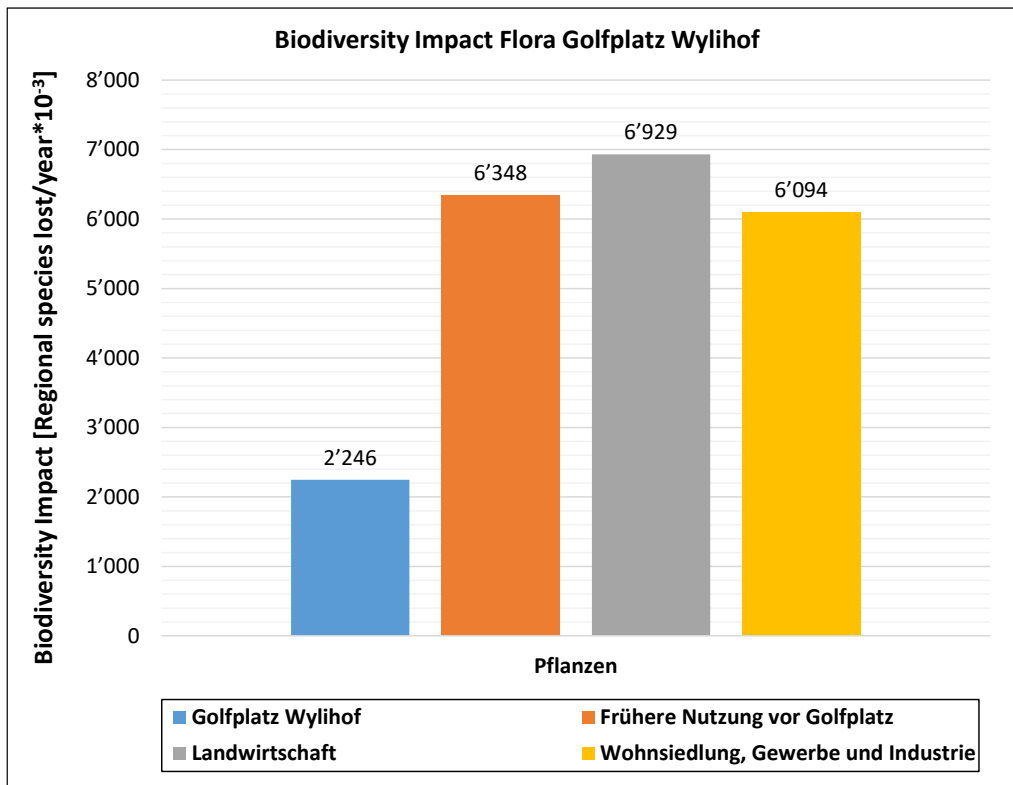


Abb. 6-29: Biodiversitätsverlust regionaler Spezies der Gattung der Pflanzen ausgewertet mit der LC-Impact Methode für die Landnutzungsform «Golf Wylihof» gegenüber dem Biodiversitätsverlust anderer anthropogener Landnutzungsformen. Golfplätze führen gegenüber dem Zustand der unberührten Natur zu einem tieferen Biodiversitätsverlust als andere Landnutzen wie z.B. die Landwirtschaft oder eine Wohnsiedlung.

Neben einer Aussage zum Biodiversitätsverlust pro regionaler Spezies bezogen auf die Gattungen Säugtiere, Vögel, Reptilien, Amphibien und Pflanzen, lässt die LC-Impact auch eine Aussage über den relativen Anteil an verlorener Spezies in aggregierter Form zu (über alle Gattungen aggregiert). Damit drückt die LC-Impact Methode das Verschwinden einer bestimmten Artenzahl relativ zur Gesamtartenzahl aus. Die aggregierte Auswertung für Golf Lausanne ist in Abb. 6-30 dargestellt. Der Biodiversitätsverlust wird in Abb. 6-15 mit folgender Einheit ausgedrückt: Potentially disappeared Fraction of Species (PDF)/a x  $10^{-4}$ . Zur besseren Lesbarkeit wurde der Faktor  $10^{-4}$  eingeführt. Abb. 6-30 wird wie folgt gelesen: Durch die Landnutzung des Golfplatzes werden in 200 Jahren ca. 17% der natürlich vorkommenden Spezies verschwunden sein ( $0.00085 \text{ PDF/year} \times 200 \text{ years}$ ). Im Gegensatz dazu würden nach 200 Jahren bei einem Siedlungsgebiet ca. 52% der natürlich vorkommenden Spezies verschwunden sein ( $0.0026 \text{ regional species lost/year} \times 200 \text{ years}$ ). Wird die Anzahl lebender Spezies auf dem Golfplatz Wylihof (angenommen, dass die Biodiversität identisch ist wie beim Golfplatz Lausanne, siehe Anhang Kapitel 13.7) mit der Wildfinder Datenbank des WWF [34] (zeigt die ursprünglich natürlich vorkommenden Spezies auf dem Golfplatz Wylihof auf) verglichen, so wird klar, dass es tatsächlich zu einem Biodiversitätsverlust gekommen ist.

Die Hauptaussage des Ergebnisses der LC-Impact Methode ist: Gegenüber der früheren Landnutzungsform (90% Landwirtschaft, 10% Wald) ist der Biodiversitätsverlust beim Golfplatz Wylihof 60% tiefer.

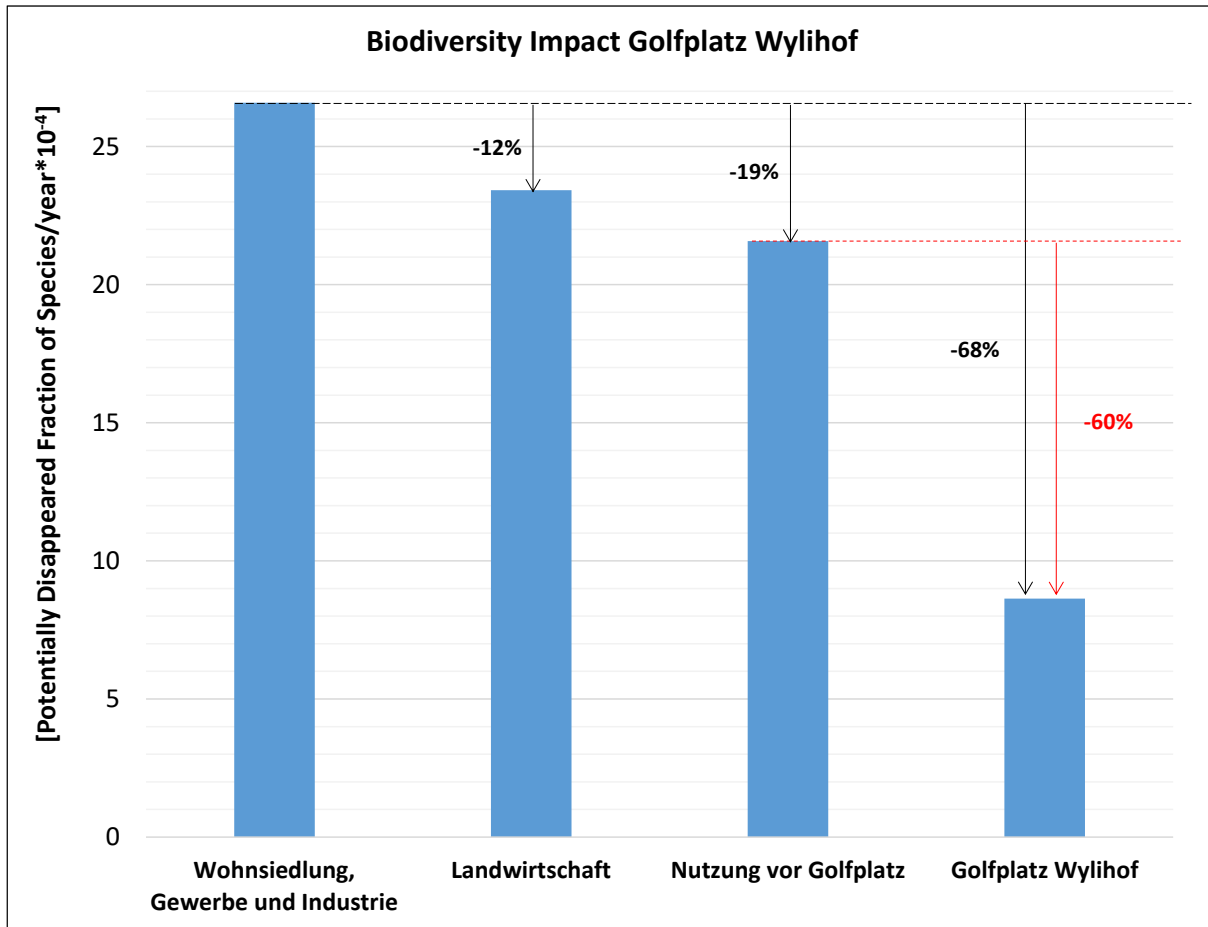


Abb. 6-30: Biodiversitätsverlust regionaler Spezies aggregiert über alle Gattungen (ohne Insekten) ausgewertet mit der LC-Impact Methode für die Landnutzungsform «Golf Wylihof» gegenüber dem Biodiversitätsverlust anderer anthropogener Landnutzungsformen. Golfplätze führen gegenüber dem Zustand der unberührten Natur zu einem Biodiversitätsverlust. Allerdings ist dieser Biodiversitätsverlust tiefer als bei anderen Landnutzungen wie z.B. Landwirtschaft oder Wohnsiedlung. Gegenüber der früheren Nutzungsform weist der Golfplatz Lausanne 59% tieferen Biodiversitätsverlust auf.

### 6.3 Fazit Ökobilanz Golf Lausanne und Golf Wylihof

Die ökologischen Hot-Spots liegen bei den Ressourcen (Bau Clubhaus und Golfplatz), bei den Betriebsmitteln (Pflege des Golfplatzes) sowie bei der Energie und in der Mobilität (An- und Abreise). Von untergeordneter ökologischer Bedeutung sind die Bereiche Wasser, Abfälle und Lärmvermeidung. Die grössten ökologischen Entlastungen stammen aus der CO<sub>2</sub>-Sequestration der Rasenränder und aus der Biodiversität. Die Umweltbilanz aus der Auswertungsstufe für den gesamten Golfplatz ist bei Wylihof schlechter, da Golf Wylihof auch die grössere Fläche (27-Lochanlage) besitzt. Allerdings ist die Umweltbilanz pro Golfer besser, da deutlich mehr Runden gespielt werden. Der Unterschied der Ökobilanzen Golfplatz Lausanne vs. Golfplatz Wylihof kommt hauptsächlich aus der Anzahl Mitglieder und Anzahl gespielter Runden (ca. 40'000 Runden Wylihof vs. 20'000 Runden Lausanne).

Weitere Unterschiede zwischen Golf Lausanne und Golf Wylihof liegen im Bereich Wasser (Grundwasser vs. Flusswasser), Wärmebereitstellung (Heizöl vs. Holzpellets), CO<sub>2</sub>-Sequestration (Anteil an Hoch-

leistungsgräser zur CO<sub>2</sub>-Bindung ist höher bei Wylihof). Die Biodiversitätsanalyse mittels LC-Impact-Methode zeigt auf, dass beide Golfplätze einen deutlich tieferen Biodiversitätsverlust aufweisen gegenüber anderer anthropogener Nutzungsarten (wie z.B. Siedlungsgebiete oder Landwirtschaft).

#### 6.4 Literaturvergleich

Wie in Kap. 2.2.3 bereits erwähnt, ist die Studienlage zu Ökobilanzen für Golfplätze relativ dürftig. Werden die Ergebnisse des vorliegenden Berichts mit der Studie zum Carbon Footprint einer 18-Loch Golfanlage aus USA [4] sowie mit einer 18-Loch Golfanlage aus Japan [5] verglichen, dann ergibt sich folgendes Bild:

- Klimawirkung 18-Lochanlage gemäss Golf Lausanne (siehe Kap. 6.1.2): **187 Tonnen CO<sub>2</sub>-eq/a** (Footprint: 674 t CO<sub>2</sub>-eq/a, Handprint: -487 t CO<sub>2</sub>-eq/a)
- Klimawirkung 18-Loch Golfanlage gemäss Studie aus Japan [5]: **231 Tonnen CO<sub>2</sub>-eq/a** (Footprint: 316 t CO<sub>2</sub>-eq/a, Handprint: -85 t CO<sub>2</sub>-eq/a). In genannter Ökobilanz wurde von einer Lebenserwartung für den Golfplatz in Japan von 30 Jahren ausgegangen. Um das Ergebnis mit der Ökobilanz von Golf Lausanne vergleichen zu können, wurde das Ergebnis der Studie aus Japan [5] auf eine Lebenserwartung von 200 Jahren umgerechnet (identische Lebenserwartung mit Golf Lausanne).
- Klimawirkung gemäss Studie 18-Loch Golfanlage aus USA [4]: **530 Tonnen CO<sub>2</sub>-eq/a** (Footprint: 530 t CO<sub>2</sub>-eq/a, Handprint: 0 t CO<sub>2</sub>-eq/a). In genannter Ökobilanz wurde von einer Lebenserwartung für den Golfplatz in USA von 50 Jahren ausgegangen. Um das Ergebnis mit der Ökobilanz von Golf Lausanne vergleichen zu können, wurde das Ergebnis der Studie aus USA [4] auf eine Lebenserwartung von 200 Jahren umgerechnet (identische Lebenserwartung mit Golf Lausanne).

Die Hauptunterschiede liegen dabei im Detaillierungsgrad und dem Ökobilanzmodell. Der Detaillierungsgrad der Ökobilanz ist in den beiden genannten Studien niedriger als im vorliegenden Bericht. So wurden z.B. bei der Infrastruktur nicht alle Gebäude, Maschinen und Geräte oder Abfälle mitbilanziert oder der Effekt der Biodiversität und der Lärmvermeidung nicht miteinbezogen (nur Carbon Footprint, Klimawirkung, keine gesamtheitliche Betrachtung der Umweltwirkung). In [4] wurde zudem keine Gutschrift für aufgenommenes und gespeichertes CO<sub>2</sub> (Sequestration) vergeben. In den USA ist der Strommix deutlich CO<sub>2</sub>-intensiver als in der Schweiz und dominiert damit die Ökobilanz in [4]. In [5] wurde allerdings auch eine Gutschrift für die CO<sub>2</sub>-Sequestration vergeben. Wird die Klimawirkung von Golf Lausanne mit den Werten aus der Studie verglichen, kann gefolgert werden, dass die Ergebnisse in der gleichen Grössenordnung liegen - vor allem die Werte für Golf Lausanne und die Werte der Studie für den Golfplatz aus Japan [5].

#### 6.5 Ökobilanz Golfplatz Schweiz und pro Golfer/in

Die mittlere Belastung der Golffläche beträgt in der Schweiz 12.09 Mio. UBP/Hektare und Jahr. Berechnet wurde dieser Wert «Bottom-up» über die Umweltbelastung der jeweiligen Anlagengrösse multipliziert mit der Anzahl an Anlagen je Anlagengrösse. Dabei wurde die Umweltbilanz von Golf Lausanne in UBP aus Kap. 6.1.1 stellvertretend für 18-Loch Golfanlagen und die Umweltbilanz von Golf Wylihof in UBP aus Kap. 6.2.1 stellvertretend für 27-Loch Golfanlagen verwendet. Für 9-Loch Golfanlagen wurde die Umweltbelastung auf 400 Mio. UBP pro Jahr geschätzt. Neben den normalen 18-Loch Golfanlagen mit einer mittleren Fläche von 50 ha, gibt es 2 Anlagen, die je 110 ha Flächenbedarf aufweisen. Die

Umweltbilanz einer solchen grossen 18-Loch Golfanlage wurde auf 1'200 Mio. UBP pro Jahr abgeschätzt. Sobald weitere Umweltbilanzen von mehr Schweizer Golfplätzen vorhanden sind, wird die Berechnung des gewichteten Mittelwerts der Umweltbelastung pro Hektare Golffläche in der Schweiz genauer. Momentan bildet der Wert eher eine Abschätzung als eine exakte Aussage. Die Abschätzung des gewichteten Mittelwerts der Umweltbelastung pro Hektare Golffläche in der Schweiz kann der Tabelle 6-1 entnommen werden.

*Tabelle 6-1: Berechnung des gewichteten Mittelwerts der Umweltbelastung pro Hektare Golffläche in der Schweiz.*

Umweltbelastung Golfplätze Schweiz	Fläche [ha]	Mio. UBP/a	Mio. UBP/ha
27-Loch (90ha, 1'096 Mio. UBP/Anlage und Jahr, 9 Anlagen)	810	9'864	12.18
18-Loch (50ha, 597 Mio. UBP/Anlage und Jahr, 51 Anlagen)	2'550	30'447	11.94
36-Loch (110ha, 1'200 UBP/Anlage und Jahr, 2 Anlagen)	220	2'400	10.91
9-Loch (30ha, 400 Mio. UBP/Anlage und Jahr, 26 Anlagen)	780	10'400	13.33
	<b>Gewichteter Mittelwert:</b>		<b>12.09</b>

Nach der Berechnung des gewichteten Mittelwerts für die Umweltbelastung pro Hektare Golffläche in der Schweiz, kann nun eine Abschätzung über die Umweltbelastung der gesamten Golffläche der Schweiz vorgenommen werden. Gemäss [42] beträgt die Gesamtfläche Golf Schweiz 4'185 Hektaren. Werden die Werte der Flächen aus Tabelle 6-1 aufsummiert, so ergibt dies eine Gesamtfläche für den Golfsport von 4'360 Hektaren. Doch woher kommt der Unterschied zwischen 4'360 und 4'185 Hektaren her? Alle Golfanlagen haben einen Probeplatz, das sogenannte "Pitch & Putt" (auch Driving Range genannt), welche in [42] nicht eingerechnet, allerdings in der Zahl von 4'360 ha enthalten ist. In der nachfolgenden Berechnung der Umweltwirkung wird die offizielle Zahl von 4'185 ha aus [42] verwendet.

Die Umweltbelastung der gesamten Golffläche in der Schweiz berechnet sich demnach wie folgt:  
 $4'185 \text{ ha} \times 12.09 \text{ Mio. UBP/a} = \mathbf{50'597 \text{ Mio. UBP/a}}$

Diese Umweltbelastung entspricht: 155 Mio. km Autofahren / 2.5 Mio. Grillsteaks (1/4 Grillsteak pro Schweizer/in) / Wärmebedarf von 42'000 Haushalten.

Tabelle 6-2 zeigt die durchschnittliche Umweltwirkung pro Golfplatz und Jahr, pro Golfer/in und Jahr, pro gespieltes Loch sowie pro Golfer/in und Tag auf.

*Tabelle 6-2: Durchschnittliche Umweltwirkung pro Golfplatz, pro Golfer/in und Jahr, pro Runde und Loch sowie pro Golfer/in und Tag.*

	Wert	Einheit	Bemerkung / Herleitung
∅ Umweltwirkung Golfplatz CH	<b>575</b>	Mio. UBP/Golfplatz und Jahr	50'597 Mio. UBP / 88 Golfanlagen in der Schweiz
∅ Umweltwirkung pro Golfer/in und Jahr	<b>581'573</b>	UBP/Golfer und Jahr	50'597 Mio. UBP / 87'000 Golfer in der Schweiz
∅ Umweltwirkung pro gespieltes Loch	<b>1'965</b>	UBP/Loch	50'597 Mio. UBP / (16.27 x 87'000 Golfer in der Schweiz x 18.2 Runden pro Jahr [41]) 16.27 = Mittlere Anzahl Löcher (mathematisch)

Ø Umweltwirkung pro Golfer/in und Tag	<b>31'971</b>	UBP/Golfer und Tag	16.27 Löcher (Mittelwert über alle Anlagen) x 1'965 UBP/Loch
---------------------------------------	---------------	--------------------	-----------------------------------------------------------------

Tabelle 6-3 fasst die Umweltwirkung eines durchschnittlichen Schweizer Golfplatzes nochmals zusammen und stellt diesen Wert dem Ergebnis der Ökobilanz von Golf Lausanne und Golf Wylihof gegenüber. Daraus wird ersichtlich, dass ein/e Golfer/in pro Tag (sofern eine Runde gespielt wird) im Mittel **32'000 UBP** (31'971 UBP gerundet) an Umweltbelastung verursacht. 32'000 UBP entsprechen 100 km Autofahren oder der Umweltbelastung verursacht durch die Produktion von 190 WC-Rollen oder der der Umweltbelastung verursacht durch 250 Tassen Kaffee.

*Tabelle 6-3: Zusammenstellung der Umweltwirkung Golf Lausanne / Golf Wylihof und des Durchschnitts der Schweiz.*

Golfplatz	Umweltwirkung Golfplatz [Mio. UBP/Jahr]	Umweltwirkung pro Golfer/in [UBP/Jahr]	Umweltwirkung pro gespieltes Loch [UBP/Loch]	Umweltwirkung pro Golfer/in und Tag [UBP/Tag]
Lausanne	597	511'202	1'560	28'080
Wylihof	1'096	478'717	974	17'532
<b>Ø Schweiz</b>	<b>575</b>	<b>581'573</b>	<b>1'965</b>	<b>31'971</b>

## 6.6 Ökobilanz-Vergleich mit anderen Sportarten

Ein weiterer spannender Aspekt neben der Umweltwirkung der gesamten Golffläche in der Schweiz, ist die Frage wie denn die Umweltbelastung des Golfsports im Vergleich mit anderen Sportarten ökologisch abschneidet. Um hier eine Einschätzung abzugeben, wurde die Umweltbelastung des Golfsports mit der Umweltbelastung von Skifahren und Sportschiessen verglichen, siehe dazu Tabelle 6-4. Gemäss der UBP-Methode liegt die Umweltbelastung eines Golf-Tages gerade zwischen der Umweltbelastung von einem Tag Skifahren und Schiessen. Hingegen bei der Klimawirkung liegt der Golfsport tiefer als die beiden anderen Sportarten.

*Tabelle 6-4: Umwelt- und Klimawirkung pro Tag Golf, Skifahren und Sportschiessen auf 300 Meter Distanz. Beim Sportschiessen auf 300 Meter wurde zwischen einem natürlichen Kugelfang (Erdball) und einem künstlichen Kugelfang unterschieden. Die Daten für die Umweltbilanz des Skifahrens und des Sportschiessens sind in Anhang 13.4 aufgeführt.*

	Golf	Skifahren*	Sportschiessen 300m natürlicher Kugelfang**	Sportschiessen 300m künstlicher Kugelfang**
<b>Umweltwirkung</b> in UBP pro Person und Tag	32'000	12'400	55'700	38'800
<b>Klimawirkung</b> in kg CO <sub>2</sub> -eq pro Person und Tag	8.8	11.0	11.4	11.4

\*Abschätzung für Tages-Skifahrer/in, An- und Abreise 100km (mittlere Autoauslastung 2.5 Personen)  
 \*\*Abschätzung für ein Tag Sportschiessen, Annahme: Anreise 20km, 100 Schuss GP11, durch Bodenwäsche von kontaminierten Kugelfängen wird 90% des Bleis (Geschoss) und 95% des Messings (Hülsen) werden zurückgewonnen

## 6.7 Ökobilanz Golf Entwicklung 1998 bis 2020

Neben der Erfassung der aktuellen Ökobilanz von Golf Lausanne und Golf Wylihof sowie der daraus abgeleiteten Umweltwirkung für einen durchschnittlichen Schweizer Golfplatz, interessiert auch die Entwicklung der Umweltwirkung seit 1998 (Veröffentlichung "Golf: Raumplanung – Landschaft – Umwelt vom BUWAL, heute BAFU [2]). Um diesen ökologischen Trend in einen sinnvollen Kontext zu setzen, wurde branchenübergreifend nach Verbesserungstrends gesucht. Das erste (eher negative) Beispiel einer Umweltverbesserung über die Zeit stellt die Mischabbruchverwertung in der Schweiz dar, siehe Abb. 6-31. Offenbar konnte die Deponierungsquote seit 2007 nur um 15% reduziert werden.

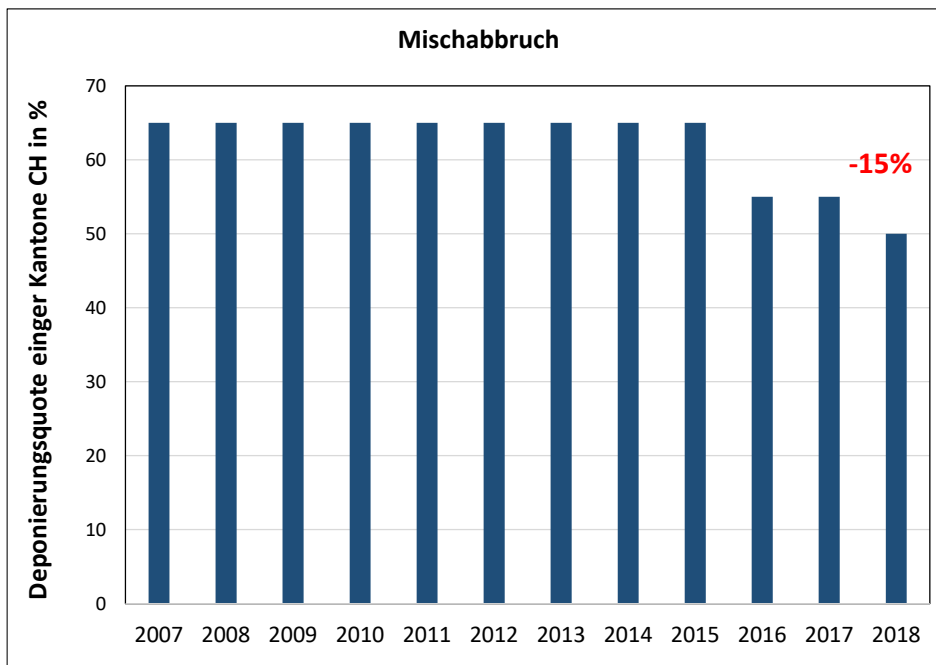


Abb. 6-31: Verbesserung der Umweltwirkung durch vermiedene Deponierung von Mischabbruch in der Schweiz (Bauschutt), Quelle: [43].

Ein weiteres (eher negatives) Beispiel findet sich in der Umweltverbesserung durch die Reduktion der Produktionstemperatur von Asphaltbelägen (Niedertemperaturasphalte) für Deckschichten, siehe Abb. 6-32. Lediglich 4% der Umweltbelastung lassen sich durch die Senkung der Produktionstemperatur erreichen. In der zitierten Studie wurde auf den Effekt des erhöhten Einsatzes von Recyclingasphalt untersucht. Daneben wurde der ökologische Effekt einer Produktionstemperatursenkung mitberücksichtigt.

Doch wie sieht es denn nun beim Golfsport in der Schweiz aus? Die Tabelle 6-5 zeigt die Verbesserungen der Umweltwirkung des Schweizer Golfsports ausgedrückt anhand einer durchschnittlichen 18-Loch Golfanlage. Werden all die Verbesserungsmassnahmen aus Tabelle 6-5 aufaddiert, so ergibt das eine Einsparung von **38%**. Das ist im Vergleich zu den eingangs dieses Kapitels erwähnten Beispiele, eine sehr gute Leistung. Diese Verbesserungsleistung im Umweltbereich ist in Abb. 6-33 abgebildet.

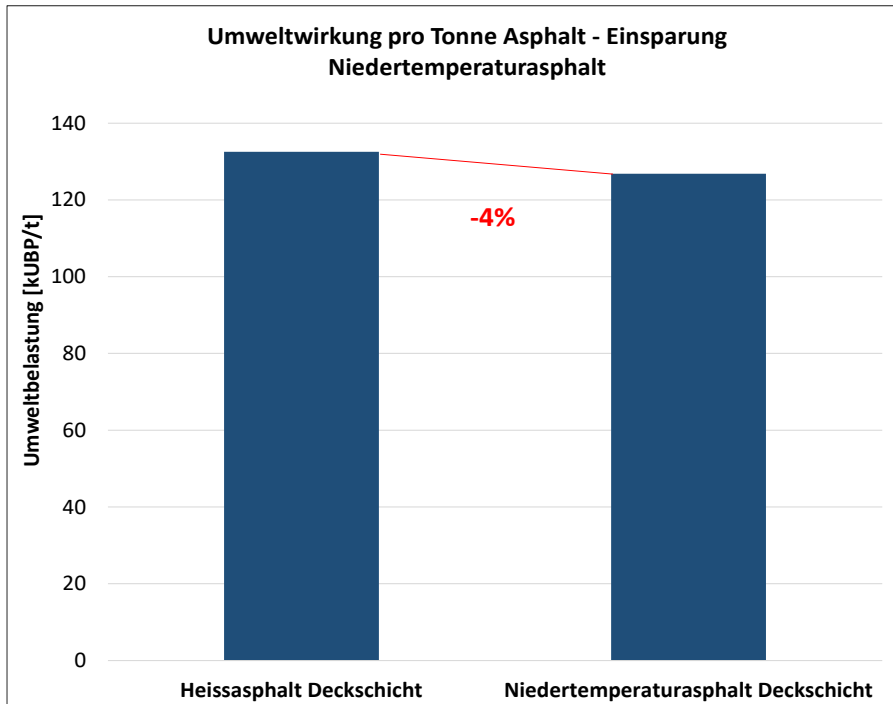


Abb. 6-32: Umweltbelastungsreduktion durch Niedertemperaturasphalte, Quelle: [44].

Tabelle 6-5: Verbesserung der Umweltbilanz einer 18-Loch Golfanlage seit 1998 (Veröffentlichung "Golf: Raumplanung – Landschaft – Umwelt vom BUWAL, heute BAFU [2]). Der Umweltnutzen wird in «vermiedene Umweltbelastungspunkte pro Jahr» angegeben.

Gemäss Aussagen der Greenkeeper von Wylihof und Lausanne [38], [39] wurden in den letzten 20 Jahren rund 70% an Pflanzenschutz- und Düngemittel eingespart		
<b>Umweltwirkung Heute</b>	<b>Umweltwirkung 1998</b>	<b>Umweltnutzen</b>
61'908'000 UB/a	206'360'000 UB/a	<b>144'452'000 vUB/a</b>
Stromverbrauch konnte gesenkt werden um ca. 10%, siehe Anhang Kap. 13.7		
<b>Umweltwirkung Heute</b>	<b>Umweltwirkung 1998</b>	<b>Umweltnutzen</b>
39'000'000 UB/a	42'900'000 UB/a	<b>3'900'000 vUB/a</b>
Kompostierung und Mulching		
<b>Umweltwirkung Heute</b>	<b>Umweltwirkung 1998</b>	<b>Umweltnutzen</b>
-60'800'000 UB/a	0 UB/a	<b>60'800'000 vUB/a</b>
CO <sub>2</sub> -Sequestration durch Hochleistungs-Rasengräser		
<b>Umweltwirkung Heute</b>	<b>Umweltwirkung 1998</b>	<b>Umweltnutzen</b>
-180'460'000 UB/a	-92'791'200 UB/a	<b>87'668'800 vUB/a</b>
Abfälle und Recycling		
<b>Umweltwirkung Heute</b>	<b>Umweltwirkung 1998</b>	<b>Umweltnutzen</b>
1'786'600 UB/a	5'437'500 UB/a	<b>3'650'900 vUB/a</b>
Landnutzung & Biodiversität: Heute gilt die 1/3-Regel: 1/3 intensive Rasen und versiegelte Flächen, 1/3 Roughs und 1/3 Natur, 1998 mehr Roughs und weniger Natur --> 20% Natur und 46% Roughs und 34 % Rasen und versiegelte Flächen, 18-Loch-Anlage --> 60 ha		
<b>Umweltwirkung Heute</b>	<b>Umweltwirkung 1998</b>	<b>Umweltnutzen</b>
36'200'000 UB/a	138'444'000 UB/a	<b>102'244'000 vUB/a</b>



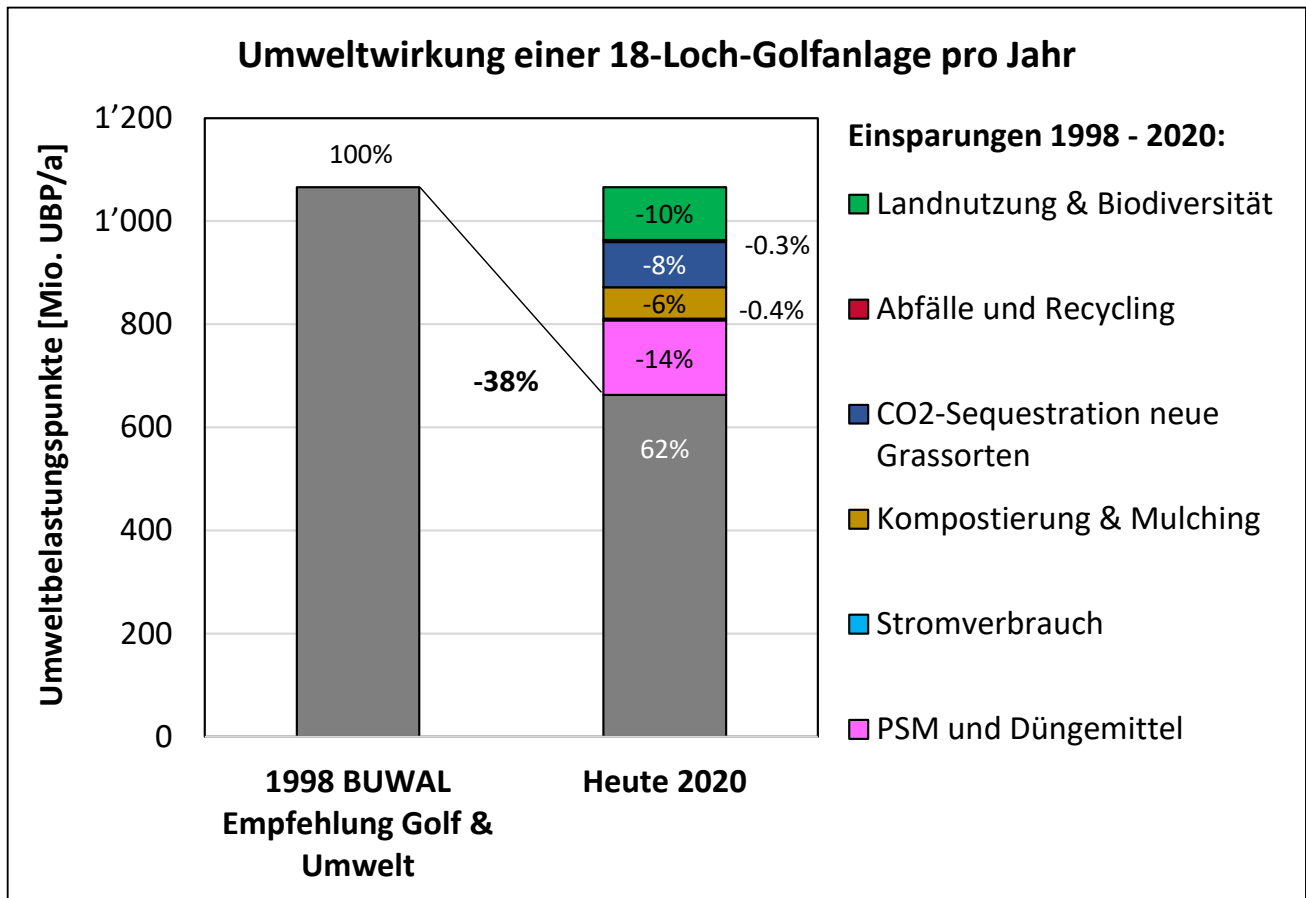


Abb. 6-33: Verbesserung der Umweltwirkung eines durchschnittlichen 18-Lochgolfplatzes heute gegenüber 1998 (BUWAL-Empfehlung Golf & Umwelt [2]). Auf einem heutigen 18-Loch Golfplatz sind die Umweltwirkungen 38% tiefer als noch vor 22 Jahren. Der grösste Beitrag kommt durch die Reduktion an Pflanzenschutz- und Düngemittel sowie von der Landnutzung & Biodiversität zustande.

Dass es nach wie vor noch Steigerungspotenzial zur Reduktion der Umweltbelastung gibt, zeigen die branchenübergreifenden Beispiele in den Abb. 6-34 und Abb. 6-35. Der durchschnittliche Verbrauch der deutschen Flugzeugflotte konnte um 44% gesenkt werden seit 1990 bis 2018. Sogar eine Überkompensation der Umweltbelastung zu einer Umweltentlastung ist möglich, wie es das Beispiel der Schweizer Siedlungsabfallwirtschaft zeigt (die Herstellung der entsorgten Produkte ist in dieser Betrachtung allerdings nicht eingerechnet, da die Siedlungsabfallwirtschaft darauf keinen Einfluss hat). Seit 1970 bis 2016 wurde eine Einsparung von beträchtlichen 190% erreicht.

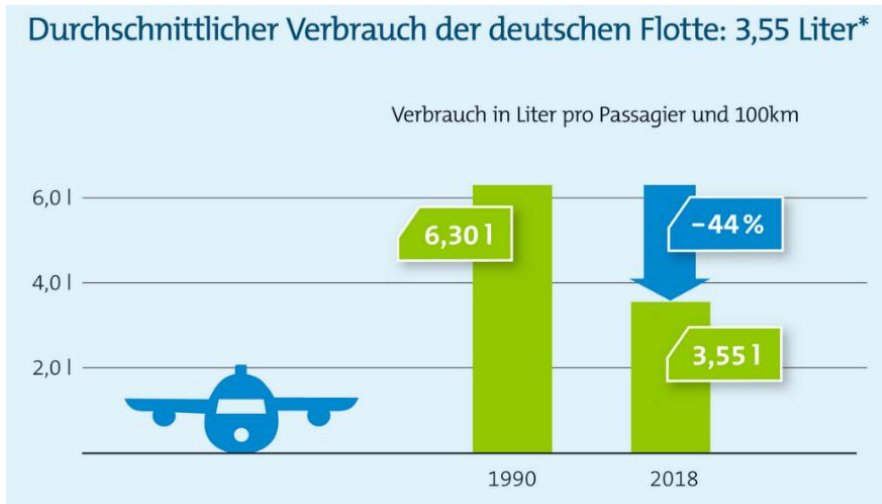


Abb. 6-34: Einsparung der deutschen Flugzeugflotte von 1990 bis 2018, Quelle: [45].

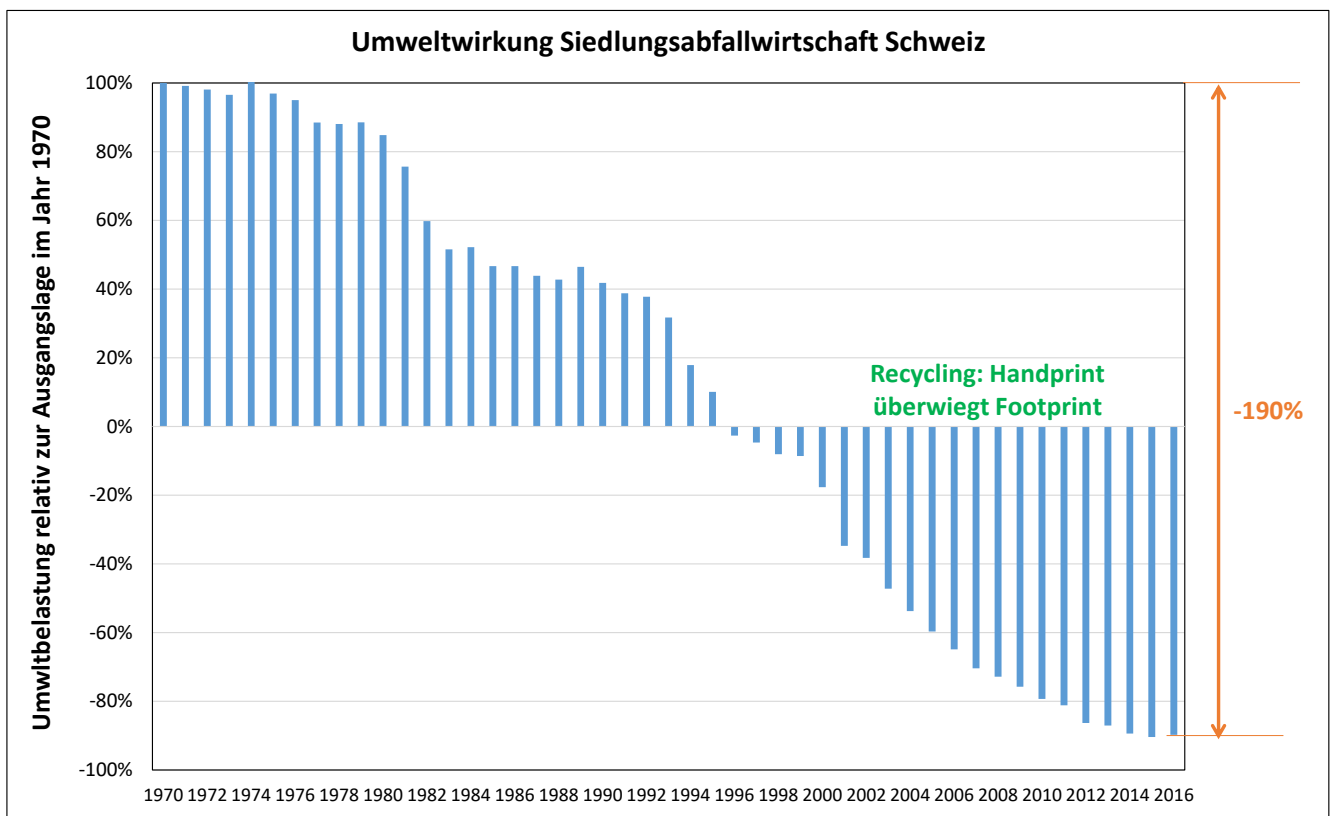


Abb. 6-35: Reduktion der Schweizer Siedlungsabfallwirtschaft von 1970 bis 2016. Sogar eine Netto-Umweltentlastung ist möglich. Allerdings wurde die Herstellung der entsorgten Produkte nicht miteingerechnet, Quelle: [46].

## 6.8 Investition in Umweltmassnahmen Golfplatz Schweiz

Abb. 6-36 zeigt die Umweltwirkung der Golffläche der Schweiz von 1998 bis 2020. Der blau eingefärbte Bereich zeigt die effektiv über die 22 Jahre kumulierte Umweltbelastung und der grün eingefärbte Bereich die eingesparte Umweltbelastung über den gleichen Zeitraum. Die Einsparung stammt aus den in Abb. 6-33 aufgeführten Umweltmassnahmen. Insgesamt wurden dadurch 352 Mia. UBP von 1998 bis

2020 auf den Schweizer Golfplätzen eingespart. Wenn davon ausgegangen wird, dass im Mittel in Umweltmassnahmen an der «Toleranzschwelle» von ökoeffizient- zu öko-ineffizienten Massnahmen von 2'500 vermiedenen UBP pro Schweizer Franken («Grenz-SEBI» siehe dazu Kap. 4.3) investiert wurde, dann bedeutet dies:

→ 352 Mia. vUBP dividiert durch 2'500 vermiedene UBP/CHF = **CHF 140 Mio. insgesamt**, respektive **CHF 6.4 Mio./a** oder **CHF 67'000 pro Anlage und Jahr**. Unsere Abschätzung ergibt, dass Swiss Golf und seine Mitglieder in den vergangenen 22 Jahren viel Geld in die Umweltverbesserung investiert haben. Es liegen hierzu jedoch keine genauen Zahlen vor, es handelt sich nur um eine Abschätzung der Gröszenordnung.

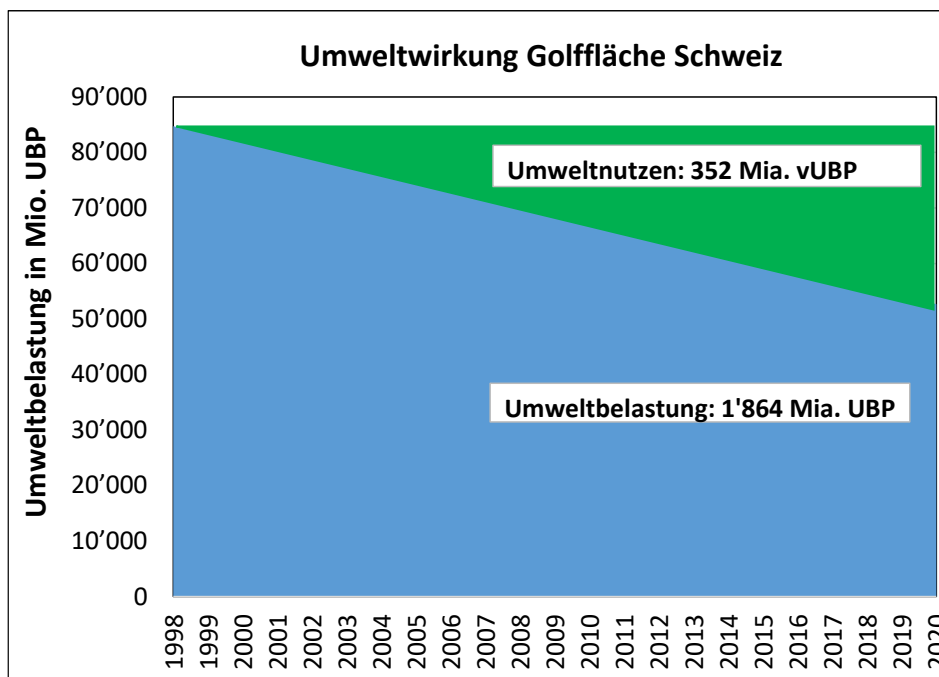


Abb. 6-36: Die Umweltwirkung der Golffläche Schweiz hat seit 1998 bis 2020 abgenommen. Die damit einhergehende Umweltbelastungseinsparung beträgt 352 Milliarden UBP.

## 6.9 Sensitivitätsanalyse – Ökobilanzauswertung basierend auf anderen Basisszenarien

In der Ökobilanz für Golf Lausanne und Golf Wylhof in den Kapiteln 6.1 und 6.2 wurde als Basisszenario ein Hybrid aus «Unberührter Natur», «Versiegelte Fläche» und aus «Landwirtschaft» angenommen. Das bedeutet für die Bereiche «Ressourcen», «Betriebsmittel», «Energie», «Wasser», «Mobilität» und «Abfälle» wurde vom Basisszenario der unberührten Natur ausgegangen. Denn ohne den Golfplatz gäbe es die Abfälle, den Ressourcenbedarf, die Mobilität, Energieverbrauch und Betriebsmittelbedarf nicht. Deshalb bildet quasi das «Nullniveau» in diesem Fall eine realitätsabbildende Basislinie. Jeder Verbrauch an Ressourcen, Energie etc. wird dem Golfplatz ökologisch angelastet. Hingegen die Bereiche «Landnutzung», «CO<sub>2</sub>-Sequestration» und «Biodiversität» wurden mit dem Basisszenario der Landwirtschaft ökologisch bewertet, da diese Landnutzungsform vor dem Golfplatz in Lausanne und in Luterbach (Golf Wylhof) anzutreffen war. Das bedeutet, dass in der Ökobilanz die ökologische Differenz zwischen der Landnutzungsform der Landwirtschaft zum Golfplatz bewertet wird. Das gleiche gilt für die Biodiversität und für die CO<sub>2</sub>-Sequestration. Denn auch bei diesen Bereichen macht es Sinn die frühere Nutzung mit zu betrachten. Der Bereich «Lärm» wurde mit dem Basisszenario «Versiegelte Fläche» ge-

rechnet. Eine Lärmvermeidung kann nur im Vergleich zu einer anthropogenen Nutzung erfolgen, weshalb in der vorliegenden Studie eine versiegelte Fläche (Wohnsiedlung, Gewerbe und Industrie) als ökologische Referenz verwendet wurde.

Die Betrachtung des Basisszenarios ist nur für die UBP-Methode von Bedeutung, da mittels der Treibhauspotenzialmethode CO<sub>2</sub> und mittels des kumulierten Energieaufwands die Bereiche «Landnutzung», «Biodiversität» und «Lärm» nicht abbildbar sind. Einzig bei der Treibhauspotenzial-Methode kann der Bereich «CO<sub>2</sub>-Sequestration» abgebildet werden. Bei der ILCD-Methode tragen die Bereiche «Landnutzung», «Biodiversität» und «CO<sub>2</sub>-Sequestration» nicht wesentlich zum Ergebnis der Ökobilanz bei und der Bereich «Lärm» kann nicht abgebildet werden. Somit relativiert sich bei diesen Methoden die Relevanz einer Betrachtung unterschiedlicher Basisszenarien. Trotzdem werden nachfolgend, der Vollständigkeit halber, für alle Ökobilanzbewertungsmethoden die Auswirkung der unterschiedlichen Basisszenarien auf das Endresultat aufgeführt.

Wichtige Anmerkungen zu den einzelnen Basisszenarien:

- «Unberührte Natur»: Alle schädlichen Emissionen, Ressourcenverbräuche etc. sowie auch die Landnutzung, Biodiversität und Lärmvermeidung werden ökologisch gegenüber einer natürlichen Landnutzungsform ohne die Einwirkung des Menschen (gibt es zumindest in der Schweiz nicht mehr) bewertet. Das bedeutet, dass der Golfplatz punkto Biodiversität und hinsichtlich der Lärmvermeidung keine Gutschrift erhält. Für die CO<sub>2</sub>-Sequestration ist die Gutschrift kleiner als im Haupt-Basisszenario «Hybrid», da die unberührte Naturfläche mehr CO<sub>2</sub> aufnimmt und bindet als die frühere Nutzung vor dem Golfplatz (Landwirtschaft). Ansonsten ist das Ergebnis identisch zum Basisszenario «Hybrid».
- «Landwirtschaft»: Wird das Basisszenario Landwirtschaft für alle Bereiche angesetzt, so müssen die Systemgrenzen geöffnet werden, da die Funktion eines Golfplatzes völlig unterschiedlich ist von der Funktion der landwirtschaftlichen Fläche. Um einen einigermaßen soliden ökologischen Vergleich zu ermöglichen müssen auf der Umweltbelastungsseite des Golfplatzes die nicht produzierten Futter- und Lebensmittel als «ökologischen Malus» angerechnet werden. Es wurde sogar davon ausgegangen, dass durch die Golffläche die vorhandene landwirtschaftliche Fläche verdrängt wird und mangels Kapazität die nicht produzierten Futter- und Lebensmittel aus dem anliegenden Ausland importiert werden müssten. Auf der anderen Seite verwendet die Landwirtschaft pro Hektare mehr Pflanzenschutz- und Düngemittel, hat einerseits einen höheren Energie- und andererseits einen kleineren Wasserverbrauch (siehe dazu im Anhang 13.6 die Daten mit Quellenangaben). Die höheren Betriebsmittelverbräuche (Energie, Pflanzenschutz- und Düngemittel) werden demnach dem Golfplatz als Gutschrift vergeben. Der erhöhte Wasserverbrauch des Golfplatzes wird ihm ebenfalls ökologisch angelastet. Auch eine unterschiedliche Anzahl und Art von Maschinen und Geräten wird verwendet. Dies wurde in der Ökobilanz auch mitberücksichtigt. Für den Bereich der «Landnutzung», «Biodiversität» und «CO<sub>2</sub>-Sequestration» werden dem Golfplatz gegenüber der Landwirtschaft ökologische Gutschriften vergeben. Die Grundlagendaten für das Basisszenario «Landwirtschaft» wurden akribisch, und ebenfalls mit Quellenangaben hinterlegt, aufgearbeitet. Alle Daten sind im Anhang 13.6 aufgeführt.
- «Versiegelte Fläche»: Im Gegensatz zum Basisszenario «Hybrid» wird die Gutschrift für die Landnutzung & Biodiversität sowie die CO<sub>2</sub>-Sequestration erhöht. Da auf einer versiegelten Fläche kaum bis gar keine CO<sub>2</sub>-Sequestration stattfindet und der Biodiversitätsverlust höher ist als bei allen anderen betrachteten Landnutzungsformen. Der Rest ist identisch zum Basisszenario «Hybrid».

### 6.9.1 Golf Lausanne

Abb. 6-37 zeigt das Ökobilanzergebnis für den Golfplatz Lausanne mittels der Methode der ökologischen Knappheit (UBP-Methode). Jede Säule stellt das Resultat der Verwendung eines anderen Basisszenarios dar. Die Netto-Umweltwirkung wird mittels rotem Strich angezeigt. Interessant ist, dass trotz unterschiedlichem Basisszenario kein relevanter Unterschied im Endergebnis festzustellen ist. Die Netto-Umweltwirkung ist bei allen Basisszenarien etwa gleich (Höhe des roten Strichs in Abb. 6-37). Das Basisszenario «Hybrid» wurde im vorliegenden Bericht als Haupt-Basisszenario im Kapitel 6.1.1 verwendet, da es die Realität am besten abbildet.

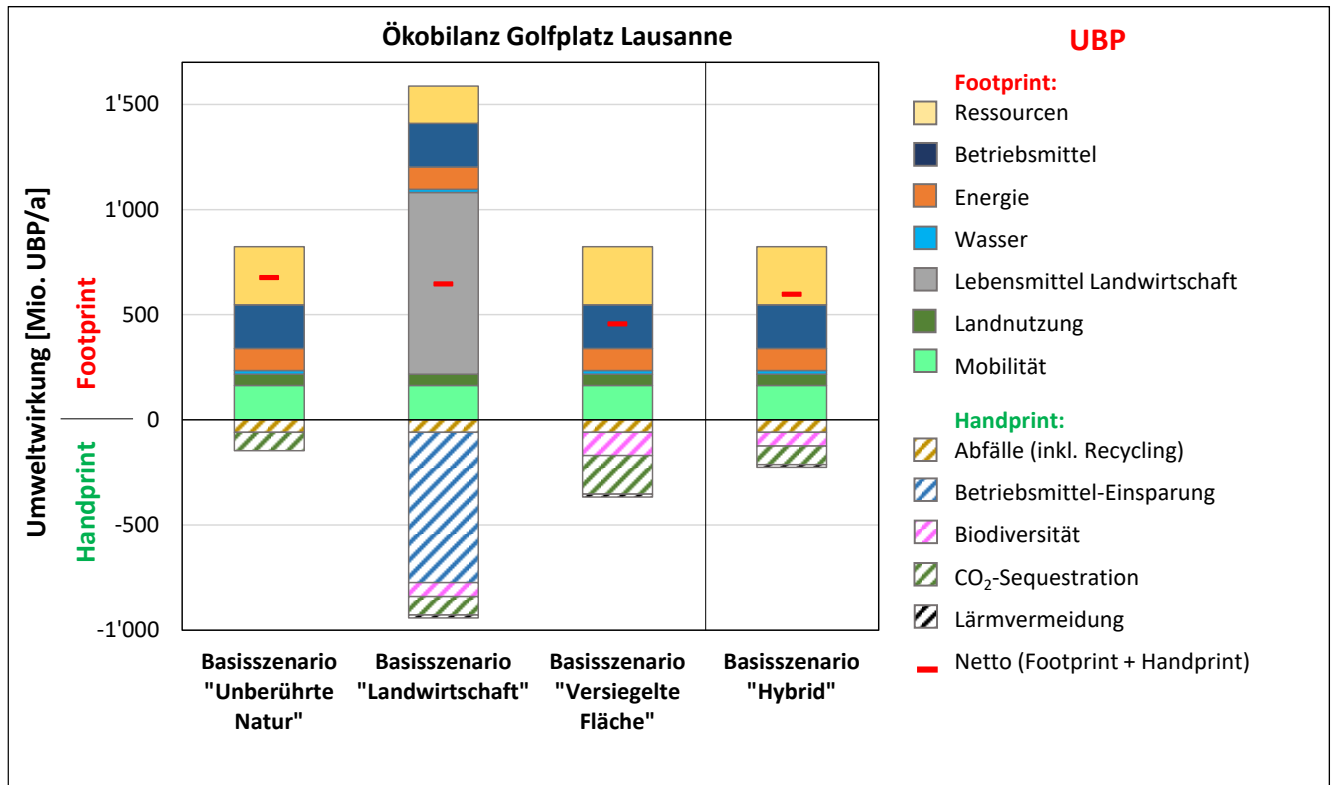


Abb. 6-37: Ökobilanzergebnis für den Golfplatz Lausanne mittels der Methode der ökologischen Knappheit (UBP-Methode). Jede Säule stellt das Resultat der Verwendung eines anderen Basisszenarios dar. Die Netto-Umweltwirkung wird mittels rotem Strich angezeigt. Interessant ist, dass trotz unterschiedlichem Basisszenario kein relevanter Unterschied im Endergebnis festzustellen ist. Die Netto-Umweltwirkung ist bei allen Basisszenarien etwa gleich. Das Basisszenario «Hybrid» wurde im vorliegenden Bericht als Haupt-Basisszenario im Kapitel 6.1.1 verwendet, da es die Realität am besten abbildet.

Abb. 6-38 zeigt das Ökobilanzergebnis für den Golfplatz Lausanne mittels der Treibhauspotenzial-Methode (CO<sub>2</sub>). Jede Säule stellt das Resultat der Verwendung eines anderen Basisszenarios dar. Die Netto-Klimawirkung wird mittels rotem Strich angezeigt. Das Basisszenario «Landwirtschaft» schneidet ökologisch am schlechtesten ab. Dies weil die Produktion und vor allem der Transport der Futter- und Lebensmittel vom Ausland in die Schweiz sehr CO<sub>2</sub>-intensiv ist. Auf der anderen Seite können Schadstoffemissionen der Landwirtschaft, die zum Anbau der Futter- und Lebensmittel verwendet werden, nicht mit der CO<sub>2</sub>-Methode abgebildet werden (blaue gestrichelter Balken in Abb. 6-38). Das Basisszenario «Hybrid» wurde im vorliegenden Bericht als Haupt-Basisszenario im Kapitel 6.1.2 verwendet, da es die Realität am besten abbildet.

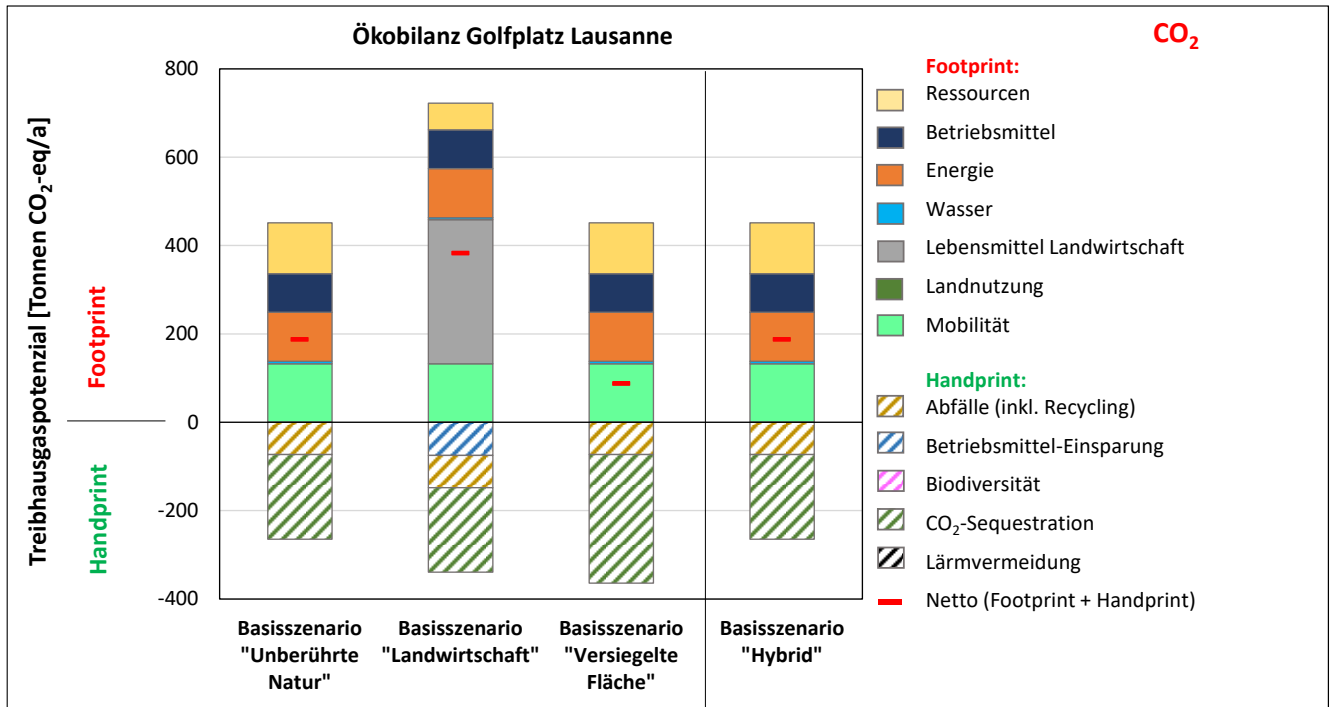


Abb. 6-38: Ökobilanzergebnis für den Golfplatz Lausanne mittels der Treibhauspotenzial-Methode (CO<sub>2</sub>). Jede Säule stellt das Resultat der Verwendung eines anderen Basisszenarios dar. Die Netto-Klimawirkung wird mittels rotem Strich angezeigt. Das Basisszenario «Landwirtschaft» schneidet ökologisch am schlechtesten ab. Dies weil die Produktion und vor allem der Transport der Futter- und Lebensmittel vom Ausland in die Schweiz sehr CO<sub>2</sub>-intensiv ist. Auf der anderen Seite können Schadstoffemissionen der Landwirtschaft, die zum Anbau der Futter- und Lebensmittel verwendet werden, nicht mit der CO<sub>2</sub>-Methode abgebildet werden. Das Basisszenario «Hybrid» wurde im vorliegenden Bericht als Haupt-Basisszenario im Kapitel 6.1.2 verwendet, da es die Realität am besten abbildet.

Abb. 6-39 zeigt das Ökobilanzergebnis für den Golfplatz Lausanne mittels der ILCD-Methode (EU27). Jede Säule stellt das Resultat der Verwendung eines anderen Basisszenarios dar. Die Netto-Umweltwirkung wird mittels rotem Strich angezeigt. Das Basisszenario «Landwirtschaft» schneidet ökologisch am besten ab. Dies weil die ILCD-Methode sehr sensitiv auf Schadstoffemissionen ist. Zur Produktion der Futter- und Lebensmittel werden viel Pflanzenschutz- und Düngemittel verwendet (blau gestrichelter Balken in Abb. 6-39) welche dem Golfplatz als ökologische Gutschrift angerechnet werden. Die anderen Basisszenarien schneiden alle vergleichbar ab. Das Basisszenario «Hybrid» wurde im vorliegenden Bericht als Haupt-Basisszenario im Kapitel 6.1.3 verwendet, da es die Realität am besten abbildet.

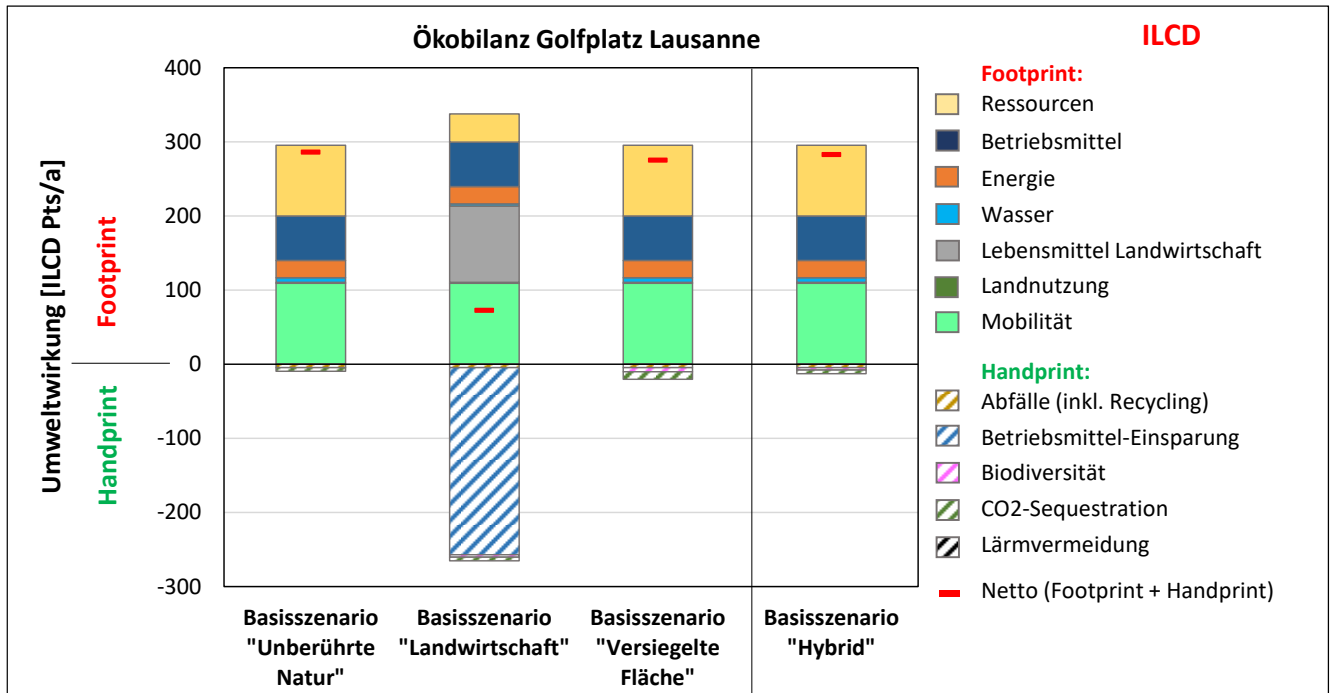


Abb. 6-39: Ökobilanzergebnis für den Golfplatz Lausanne mittels der ILCD-Methode (EU27). Jede Säule stellt das Resultat der Verwendung eines anderen Basisszenarios dar. Die Netto-Umweltwirkung wird mittels rotem Strich angezeigt. Das Basisszenario «Landwirtschaft» schneidet ökologisch am besten ab. Dies weil die ILCD-Methode sehr sensitiv auf Schadstoffemissionen ist. Zur Produktion der Futter- und Lebensmittel werden viel Pflanzenschutz- und Düngemittel verwendet (blau gestrichelter Balken) welche dem Golfplatz als ökologische Gutschrift angerechnet werden. Die anderen Basisszenarien schneiden alle vergleichbar ab. Das Basisszenario «Hybrid» wurde im vorliegenden Bericht als Haupt-Basisszenario im Kapitel 6.1.3 verwendet, da es die Realität am besten abbildet.

### 6.9.2 Golf Wylihof

Abb. 6-40 zeigt das Ökobilanzergebnis für den Golfplatz Wylihof mittels der Methode der ökologischen Knappheit (UBP-Methode). Jede Säule stellt das Resultat der Verwendung eines anderen Basisszenarios dar. Die Netto-Umweltwirkung wird mittels rotem Strich angezeigt. Interessant ist, dass trotz unterschiedlichem Basisszenario auch beim Golfplatz Wylihof kein relevanter Unterschied im Endergebnis festzustellen ist. Die Netto-Umweltwirkung ist bei allen Basisszenarien etwa gleich (roter Strich in Abb. 6-40). Das Basisszenario «Hybrid» wurde im vorliegenden Bericht als Haupt-Basisszenario im Kapitel 6.2.1 verwendet, da es die Realität am besten abbildet.

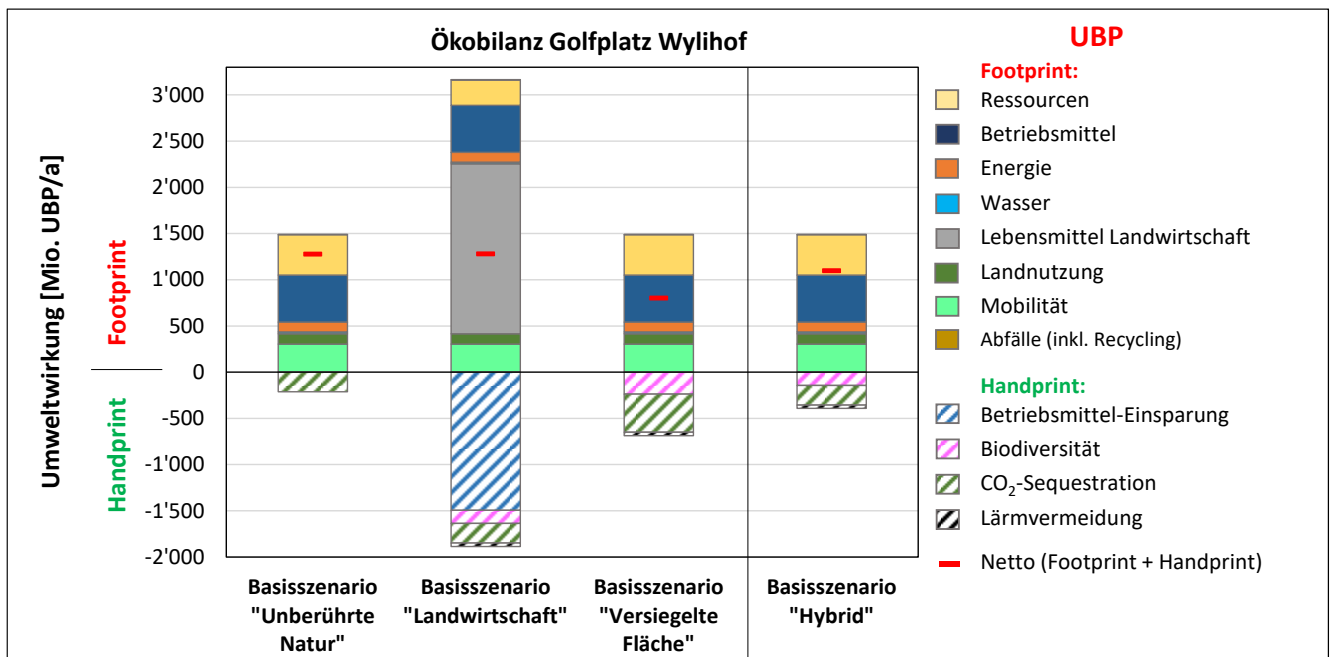


Abb. 6-40: Ökobilanzergebnis für den Golfplatz Wylihof mittels der Methode der ökologischen Knappheit (UBP-Methode). Jede Säule stellt das Resultat der Verwendung eines anderen Basisszenarios dar. Die Netto-Umweltwirkung wird mittels rotem Strich angezeigt. Interessant ist, dass trotz unterschiedlichem Basisszenario kein relevanter Unterschied im Endergebnis festzustellen ist. Die Netto-Umweltwirkung ist bei allen Basisszenarien etwa gleich. Das Basisszenario «Hybrid» wurde im vorliegenden Bericht als Haupt-Basisszenario im Kapitel 6.2.1 verwendet, da es die Realität am besten abbildet.

Abb. 6-41 zeigt das Ökobilanzergebnis für den Golfplatz Wylihof mittels der Treibhauspotenzial-Methode (CO<sub>2</sub>). Jede Säule stellt das Resultat der Verwendung eines anderen Basisszenarios dar. Die Netto-Klimawirkung wird mittels rotem Strich angezeigt. Das Basisszenario «Landwirtschaft» schneidet ökologisch am schlechtesten ab. Dies weil die Produktion und vor allem der Transport der Futter- und Lebensmittel vom Ausland in die Schweiz sehr CO<sub>2</sub>-intensiv ist. Auf der anderen Seite können Schadstoffemissionen der Landwirtschaft, die zum Anbau der Futter- und Lebensmittel verwendet werden, nicht mit der CO<sub>2</sub>-Methode abgebildet werden. Beim Basisszenario «Versiegelte Fläche» überkompensiert die Gutschrift der CO<sub>2</sub>-Aufnahme und –Bindung die Klimabelastungen. Der Handprint wäre damit grösser als der Footprint. Das Basisszenario «Hybrid» wurde im vorliegenden Bericht als Haupt-Basisszenario im Kapitel 6.2.2 verwendet, da es die Realität am besten abbildet.



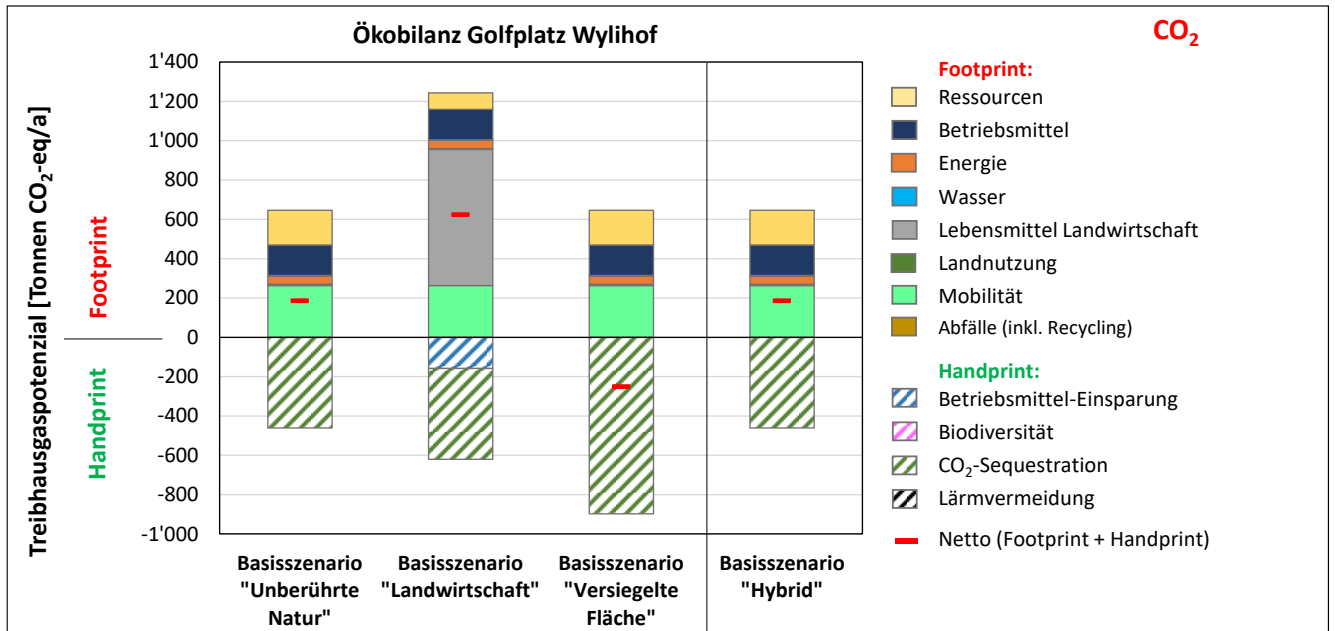


Abb. 6-41: Ökobilanzergebnis für den Golfplatz Wylihof mittels der Treibhauspotenzial-Methode (CO<sub>2</sub>). Jede Säule stellt das Resultat der Verwendung eines anderen Basisszenarios dar. Die Netto-Klimawirkung wird mittels rotem Strich angezeigt. Das Basisszenario «Landwirtschaft» schneidet ökologisch am schlechtesten ab. Dies weil die Produktion und vor allem der Transport der Futter- und Lebensmittel vom Ausland in die Schweiz sehr CO<sub>2</sub>-intensiv ist. Auf der anderen Seite können Schadstoffemissionen der Landwirtschaft, die zum Anbau der Futter- und Lebensmittel verwendet werden, nicht mit der CO<sub>2</sub>-Methode abgebildet werden. Beim Basisszenario «Versiegelte Fläche» überkompensiert die Gutschrift der CO<sub>2</sub>-Aufnahme und –Bindung die Klimabelastungen und der Handprint wäre grösser als der Footprint. Das Basisszenario «Hybrid» wurde im vorliegenden Bericht als Haupt-Basisszenario im Kapitel 6.2.2 verwendet, da es die Realität am besten abbildet.

Abb. 6-42 zeigt das Ökobilanzergebnis für den Golfplatz Wylihof mittels der ILCD-Methode (EU27). Jede Säule stellt das Resultat der Verwendung eines anderen Basisszenarios dar. Die Netto-Umweltwirkung wird mittels rotem Strich angezeigt. Das Basisszenario «Landwirtschaft» schneidet ökologisch am besten ab. Dies weil die ILCD-Methode sehr sensitiv auf Schadstoffemissionen ist. Zur Produktion der Futter- und Lebensmittel werden viel Pflanzenschutz- und Düngemittel verwendet (blau gestrichelter Balken in Abb. 6-42) welche dem Golfplatz als ökologische Gutschrift angerechnet werden. Die anderen Basisszenarien schneiden alle vergleichbar ab. Das Basisszenario «Hybrid» wurde im vorliegenden Bericht als Haupt-Basisszenario im Kapitel 6.2.3 verwendet, da es die Realität am besten abbildet.

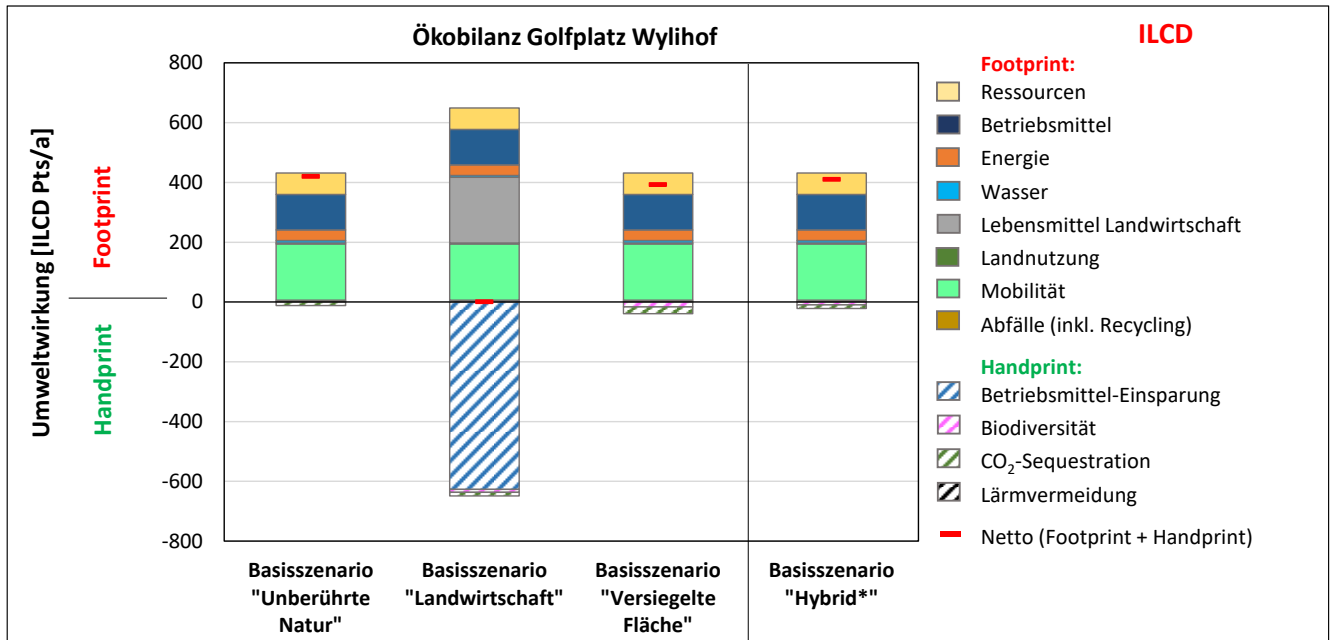


Abb. 6-42: Ökobilanzergebnis für den Golfplatz Wylihof mittels der ILCD-Methode (EU27). Jede Säule stellt das Resultat der Verwendung eines anderen Basisszenarios dar. Die Netto-Umweltwirkung wird mittels rotem Strich angezeigt. Das Basisszenario «Landwirtschaft» schneidet ökologisch am besten ab. Dies weil die ILCD-Methode sehr sensitiv auf Schadstoffemissionen ist. Zur Produktion der Futter- und Lebensmittel werden viel Pflanzenschutz- und Düngemittel verwendet (blau gestrichelter Balken) welche dem Golfplatz als ökologische Gutschrift angerechnet werden. Die anderen Basisszenarien schneiden alle vergleichbar ab. Das Basisszenario «Hybrid» wurde im vorliegenden Bericht als Haupt-Basisszenario im Kapitel 6.2.3 verwendet, da es die Realität am besten abbildet.

## 6.10 Ökoeffizienz

Die Ökoeffizienzanalyse SEBI zeigt auf in welche Massnahme das verfügbare Geld am effizientesten investiert ist. Die Genauigkeit der berechneten Werte liegt etwa bei  $\pm 15\%$ . Dies vor allem, da die Kosten bei einigen Massnahmen nicht ganz sicher waren und teilweise natürlichen Marktschwankungen unterworfen sind. Das SEBI Spektrum für Swiss Golf und seine Mitglieder bildet sich zwischen 10 und 20'000 vUBP/CHF ab. In Anbetracht des grossen Ökoeffizienzspektrums spielt die Unsicherheit von  $\pm 15\%$  eine untergeordnete Rolle. Denn eine Massnahme mit einem SEBI von über 5'000 vUBP ist auch unter Berücksichtigung der Unsicherheit signifikant besser als eine Massnahme mit einem SEBI von unter 2'500 vUBP/CHF. Abb. 6-43 bis Abb. 6-45 zeigen die mittels Ökoeffizienz SEBI analysierten Massnahmen im Umfeld des Golfsports auf. Zur Einordnung: Massnahmen mit einem SEBI von mehr als 2'500 vermiedenen Umweltbelastungspunkten pro Schweizer Franken (vUBP/CHF) gelten als ökoeffizient (siehe auch Herleitung des Grenz-SEBI 2'500 vUBP/CHF «Toleranzschwelle» aus Kap. 4.3). Massnahmen mit einem SEBI unter 2'500 vUBP/CHF werden als öko-ineffizient bezeichnet. Massnahmen mit einem SEBI von mehr als 5'000 vUBP/CHF gelten als hochökoeffizient. Unsere SEBI-Analyse hat gezeigt, dass folgende Massnahmen eine hohe Ökoeffizienz aufweisen:

- CO<sub>2</sub>-Zertifikate (Kompensation Klimawirkung auf null)
- Aluminium- und PET-Recycling anstelle der Verbrennung in KVA
- Elektrische Golfcarts anstelle von Benzinern

- Organische Düngemittel anstelle von konventionellen Düngemitteln
- Hybridrasenmäher anstelle von Benzin-/Diesel (Aufsitzmäher)
- CO<sub>2</sub>-sequestrierfreudige Rasensorten
- Waschplätze um Betriebs- und Hilfsmittel aufzufangen
- Vernetzung von ökologischen Zonen
- Revitalisierung Fließgewässer / Oberflächengewässer
- Brut- und Nistplätze sowie Wiesen für Wildblumen schaffen
- Verwendung organische Topdressing- und Netzmittelmaterialeien
- Holz-Pellet-Heizung
- Einbau Spannungsoptimierer
- Energie-Monitoring/Audit

Noch ein paar Bemerkungen zu den identifizierten Massnahmen mit einer hohen Ökoeffizienz: Die CO<sub>2</sub>-Zertifikate sind recht günstig und bringen viel Umweltnutzen ein. Deshalb schneiden sie in der SEBI-Analyse gut ab. 1 Tonne CO<sub>2</sub>-eq entspricht 470'000 UBP und die Kosten betragen ca. CHF 40.- pro Tonne CO<sub>2</sub>-eq. Damit berechnet sich der SEBI des CO<sub>2</sub>-Zertifikats auf 11'500 vUBP/CHF (gerundet wegen schwankenden CO<sub>2</sub>-Zertifikatspreisen). Bei den CO<sub>2</sub>-sequestrierfreudigen Rasensorten muss auf allfällige Zielkonflikte geachtet werden. Ein Teil der CO<sub>2</sub>-sequestrierfreudigen Rasensorten benötigen mehr Wasser und mehr Pflanzenschutzmittel, was sich in einer gesamtheitlichen Umweltbetrachtung (nicht nur CO<sub>2</sub>) negativ auswirken würde. Kommt hinzu, dass sich nicht jede CO<sub>2</sub>-sequestrierfreudige Rasensorte auf allen Arten von Golfplatzflächen (Greens, Tees, Fairways etc.) eignet. Die Beurteilung muss mit den Greenkeepern vor Ort vorgenommen werden. Bei den Hybridrasenmäher wurde gegenüber Benzin- und Dieselmäher die eingesparte Menge an Öl und die damit verbundene Verhinderung an Ölemissionen ins Wasser oder auf Rasenflächen nicht mitberücksichtigt (aufgrund fehlender Daten). Der SEBI wäre vermutlich sogar noch höher, wenn dieser Umstand mitberücksichtigt würde. Die Holz-Pellet-Heizung schneidet in der Ökoeffizienzanalyse vor allem wegen den günstigen Wärmebereitstellungskosten gegenüber anderen alternativen Wärmebereitstellungsmassnahmen, wie z.B. Solarthermie, besser ab. Noch eine Anmerkung zum SEBI «Energie- Monitoring und –Audit»: Dahinter steht die Annahme, dass nach einem Monitoring / Audit konkrete Massnahmen getroffen werden, die Mehrkosten verursachen und einen Umweltnutzen einbringen. Aufgrund von Erfahrungswerten wurden der Umweltnutzen und die Kosten dafür ermittelt und daraus der SEBI berechnet (Daten dazu sind im Anhang 13.5 aufgeführt).

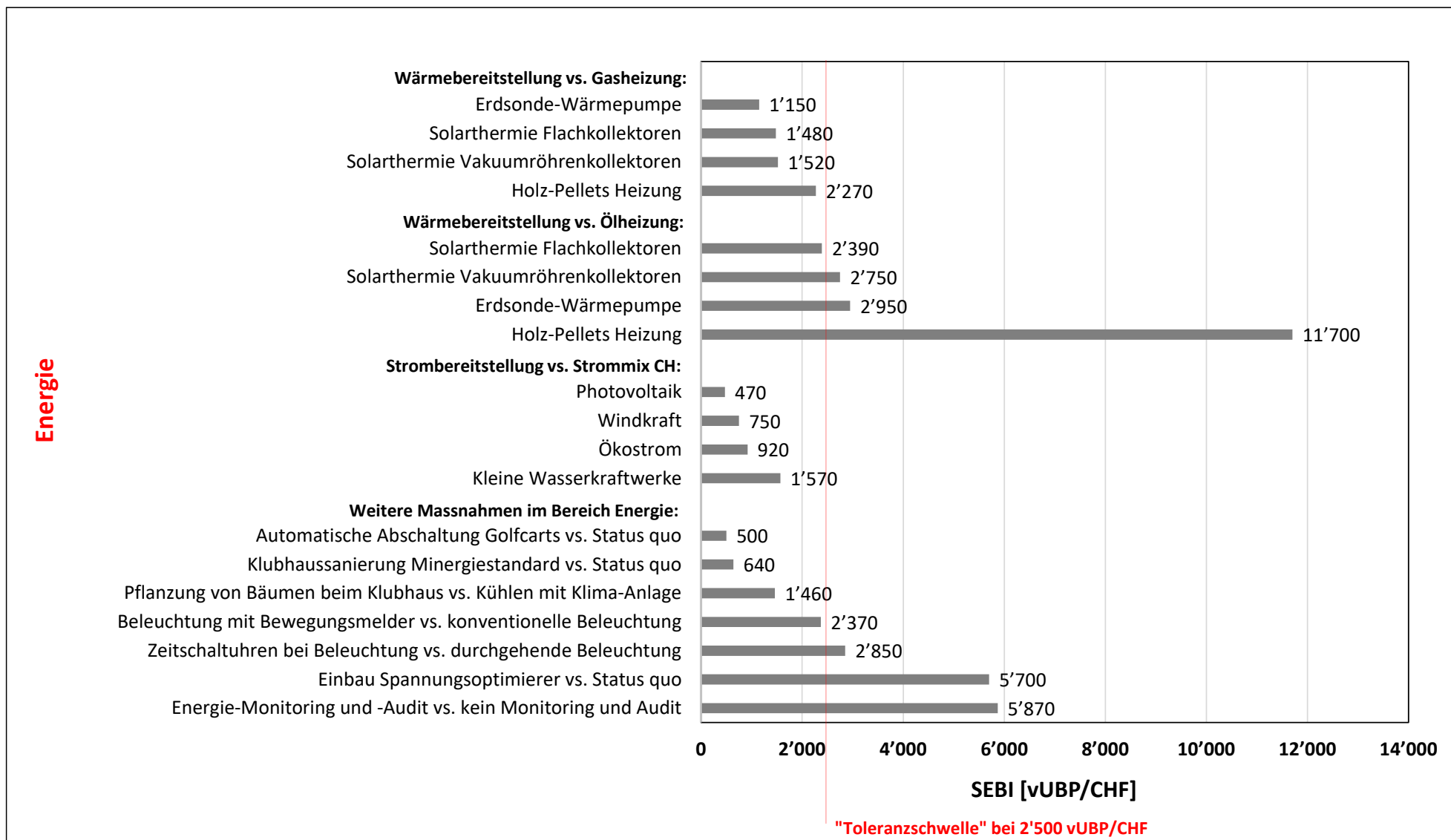


Abb. 6-43: Ergebnis der Ökoeffizienzanalyse SEBI für Massnahmen des Golfsports im Bereich «Energie». Die Holz-Pellets Heizung, der Einbau eines Spannungsoptimierers sowie das Energie-Monitoring und –Audit schneiden in der SEBI-Analyse als sehr ökoeffizient ab.

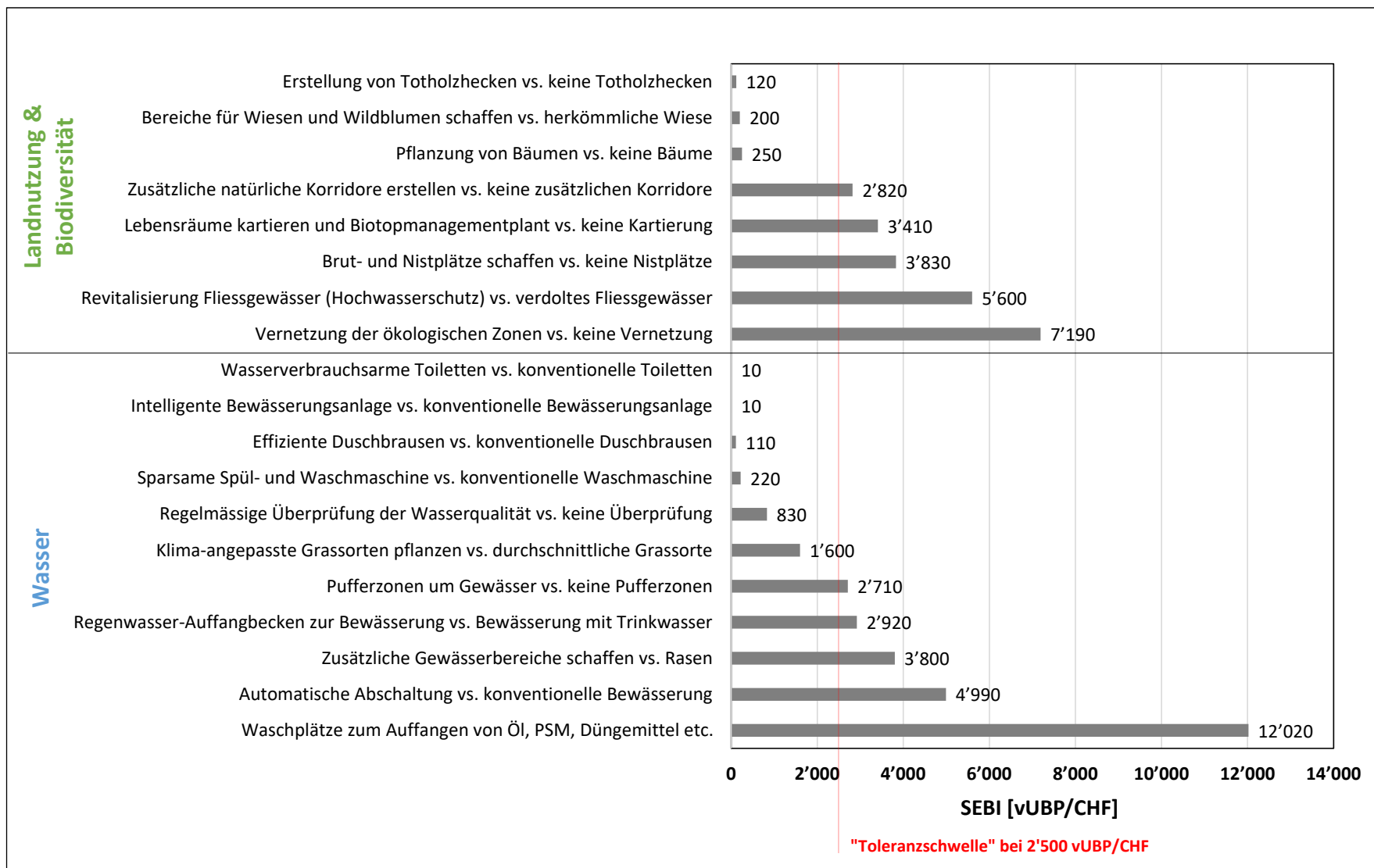


Abb. 6-44: Ergebnis der Ökoeffizienzanalyse SEBI für Massnahmen des Golfsports in den Bereichen «Landnutzung & Biodiversität» und «Wasser». Die Waschplätze, die Vernetzung von ökologischen Zonen sowie die Revitalisierung von Oberflächengewässer schneiden in der SEBI-Analyse als sehr ökoeffizient ab.

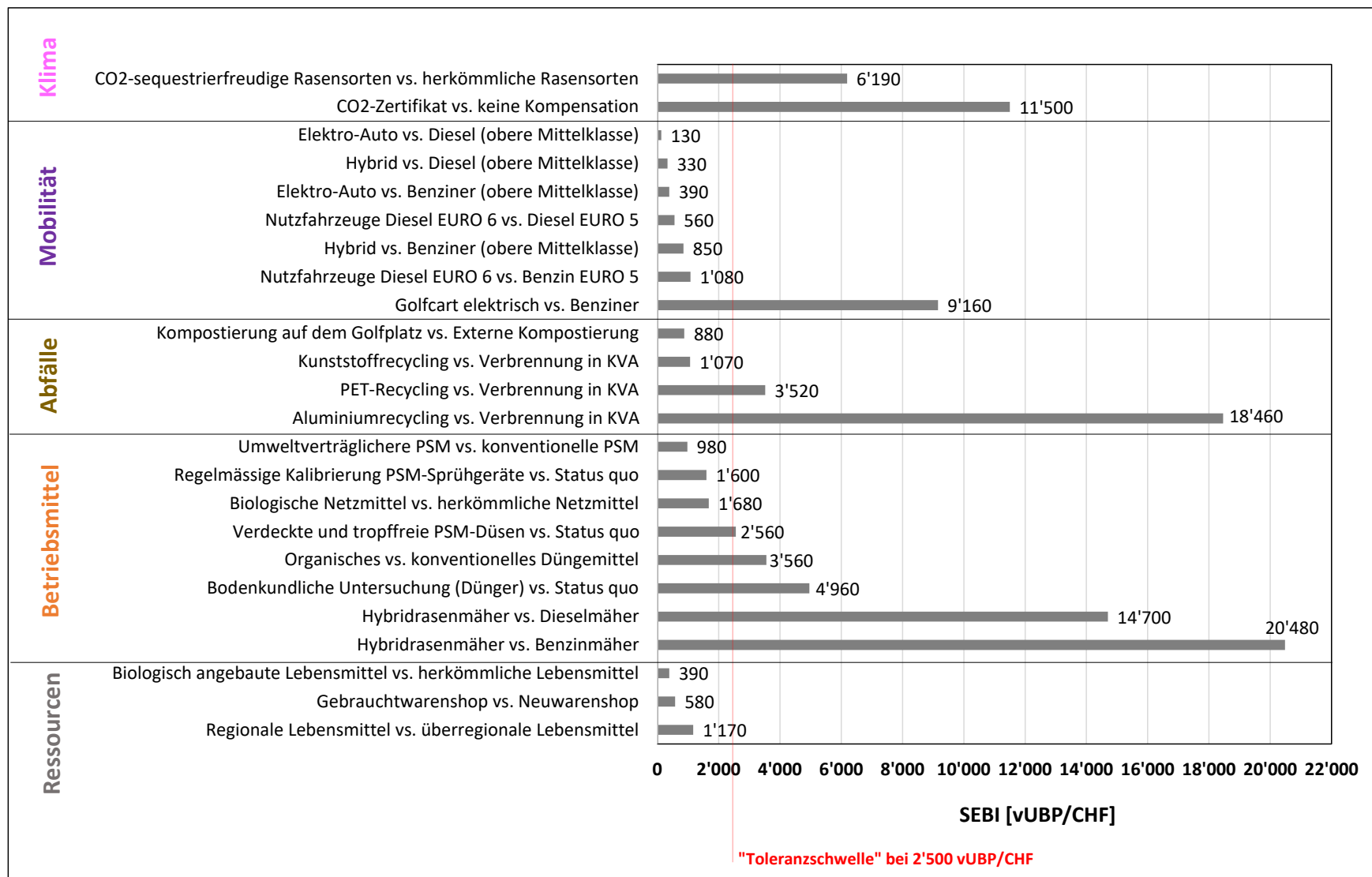


Abb. 6-45: Ergebnis der Ökoeffizienzanalyse SEBI für Massnahmen des Golfsports in den Bereichen «Klima», «Mobilität», «Abfälle», «Betriebsmittel» und «Ressourcen». Das CO<sub>2</sub>-Zertifikat, elektrische Golfcarts, das Aluminiumrecycling und die Hybridrasenmäher schneiden in der SEBI-Analyse als sehr ökoeffizient ab.

## 6.11 Ökoeffektivität

Neben der Ökoeffizienz gilt es auch die Ökoeffektivität zu betrachten, die aussagt wie viel Umweltnutzen eine Massnahme relativ zur Gesamtsumme aller Massnahmen beitragen kann. Die Gesamtsumme aller Massnahmen bezieht sich in diesem Kapitel auf die durchschnittliche Umweltwirkung eines Golfplatzes in der Schweiz, siehe Kapitel 6.5 (Tabelle 6-2: 575 Mio. UBP/a). In dem Sinne bezieht sich die nachfolgende Ausführung auf die Ökoeffektivität einer durchschnittlichen Schweizer Golfanlage. Abb. 6-46 zeigt, dass die Massnahmen im Bereich «Landnutzung & Biodiversität», «Klima» und «Energie» die grösste Ökoeffektivität haben. Die Daten aus Abb. 6-46 stammen aus Tabelle 6-6, in der die einzelnen Massnahmen je Bereich für einen durchschnittlichen Golfplatz berechnet und aufgeführt sind. Praktisch keine Ökoeffektivität liegt im Bereich der Abfälle (inkl. Recycling), da die Mengen zu klein sind um eine grosse Umweltwirkung zu haben.

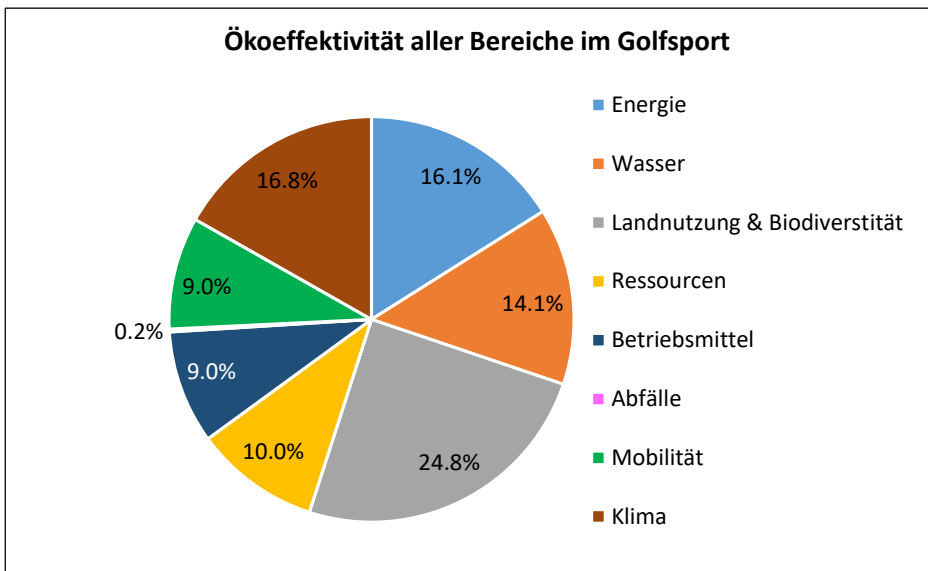


Abb. 6-46: Ökoeffektivität einer durchschnittlichen Schweizer Golfanlage. Die Grundlagendaten dieser Abbildung stammen aus Tabelle 6-6.

Werden die Daten aus Tabelle 6-6 nach ihrem relativen Beitrag kumulativ aufgetragen, so ergibt sich die Grafik in Abb. 6-47. Es ist ersichtlich, dass die 10 ökoeffektivsten Massnahmen bereits über 75% des gesamten Umweltnutzens (bezogen auf einen durchschnittlichen Golfplatz in der Schweiz mit einer Gesamtumweltbelastung von 575 Mio. UBP/a). Die ineffektivsten 30 Massnahmen tragen ca. 9% des Gesamtumweltnutzens.

Abb. 6-48 zeigt die absolute Darstellung der betrachteten Umweltmassnahmen (nicht in Prozent abgebildet wie in Abb. 6-47, sondern in Millionen Umweltbelastungspunkten). Zusätzlich ist in Abb. 6-48 auf der Sekundärachse die kumulierte Darstellung in Prozent angegeben.

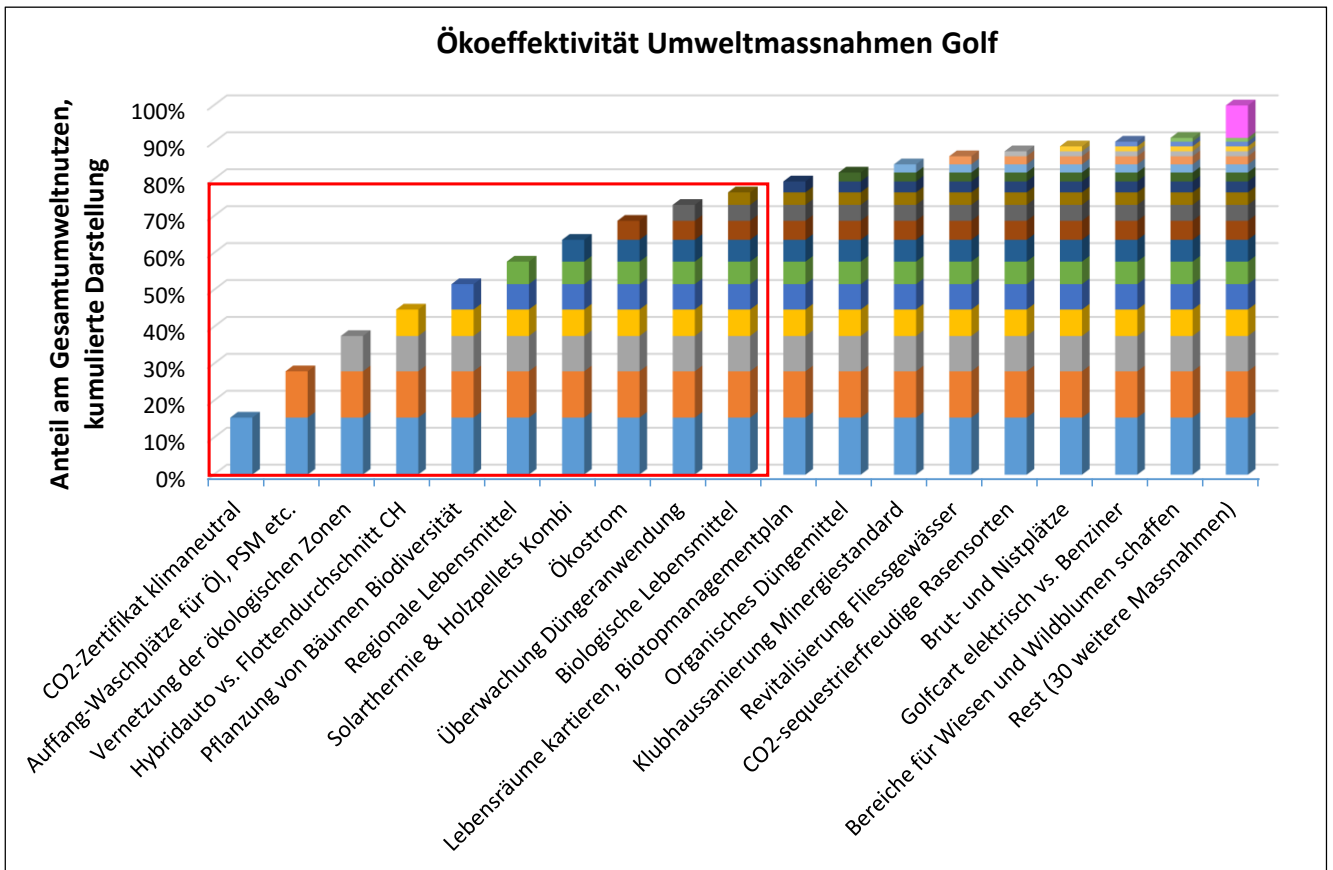


Abb. 6-47: Relative und kumulative Darstellung der Ökoeffektivität der Massnahmen im Umfeld einer durchschnittlichen Schweizer Golfanlage. Die ökoeffektivsten 10 Massnahmen bringen über 75% des Gesamtumweltnutzens ein.

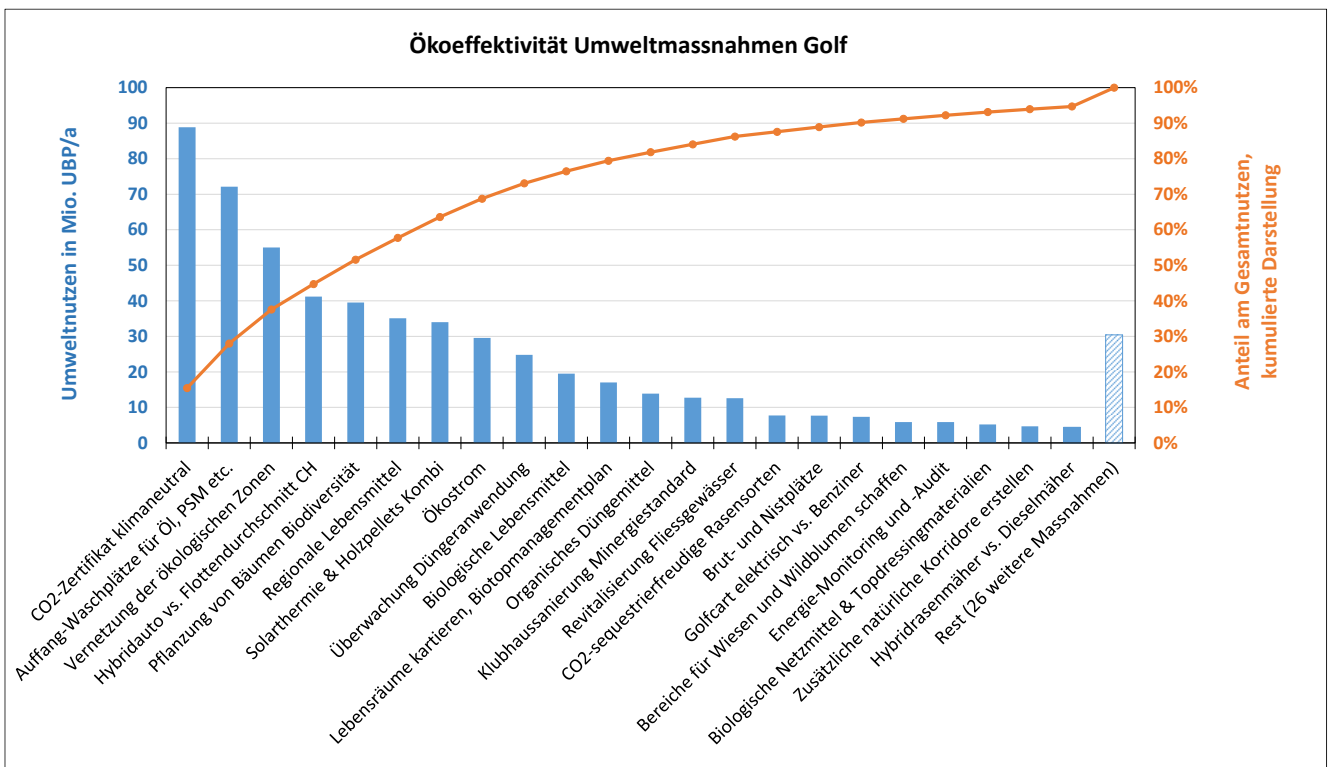


Abb. 6-48: Absolute und kumulative Darstellung der Ökoeffektivität der Massnahmen im Umfeld einer durchschnittlichen Schweizer Golfanlage.



*Tabelle 6-6: Ökoeffektivität von Umweltmassnahmen für einen durchschnittlichen Schweizer Golfplatz. Der Umweltnutzen wurde dabei so angesetzt, dass gerade die gesamte Umweltbelastung kompensiert würde (575 Mio. UBP/a siehe dazu Tabelle 6-2).*

Umweltmassnahme	Umweltnutzen [Mio. UBP/a]	Beitrag innerhalb Bereich	Beitrag über alle Bereiche
Energie-Monitoring und -Audit	5.9	6.4%	
Einbau Spannungsoptimierer	2.8	3.1%	
Zeitschaltuhren bei Beleuchtung	2.8	3.1%	
Beleuchtung mit Bewegungsmelder	0.4	0.4%	
Pflanzung von Bäumen beim Clubhaus	0.2	0.2%	
Automatische Abschaltung Golfcarts	4.0	4.3%	
Clubhaussanierung Minergie Standard	12.7	13.8%	
Ökostrom	29.6	32.0%	
Solarthermie & Holzpellets Kombi	34.0	36.8%	
<b>Energie</b>	<b>92.4</b>		<b>16.1%</b>
Automatische Abschaltung	2.0	2.5%	
Regenwasser-Auffangbecken	2.3	2.9%	
Pufferzonen um Gewässer	1.3	1.6%	
Klima-angepasste Grassorten pflanzen	1.6	2.0%	
Überprüfung der Wasserqualität	0.8	1.0%	
Sparsame Spül- und Waschmaschine	0.0	0.1%	
Effiziente Duschbrausen	0.0	0.0%	
Intelligente Bewässerungsanlage	0.8	1.0%	
Auffang-Waschplätze für Öl, PSM, Düngemittel etc.	72.1	88.8%	
Zusätzliche Gewässerbereich	0.1	0.1%	
Wasserverbrauchsarme Toiletten	0.0	0.0%	

<b>Wasser</b>	<b>81.2</b>	<b>14.1%</b>
Vernetzung der ökologischen Zonen	55.0	38.6%
Lebensräume kartieren, Biotopmanagementplan	17.0	11.9%
Erstellung von Totholzhecken	0.1	0.1%
Pflanzung von Bäumen	39.5	27.7%
Revitalisierung Fließgewässer	12.6	8.8%
Brut- und Nistplätze	7.7	5.4%
Zusätzliche natürliche Korridore erstellen	4.7	3.3%
Bereiche für Wiesen und Wildblumen schaffen	5.9	4.1%
<b>Landnutzung &amp; Biodiversität</b>	<b>142.5</b>	<b>24.8%</b>
Gebrauchtwarenschop vs. Neuwarenschop	2.9	0.1
Biologische Lebensmittel	19.5	0.3
Regionale Lebensmittel	35.1	0.6
<b>Ressourcen</b>	<b>57.5</b>	<b>10.0%</b>
Hybridrasenmäher vs. Benzinmäher	1.1	2.1%
Hybridrasenmäher vs. Dieselmäher	4.4	8.4%
Organisches Düngemittel	13.9	26.7%
Verdeckte und tropffreie PSM-Düsen	1.3	2.5%
Überwachung Düngereinsatz	24.8	47.7%
Biologische Netzmittel & Topdressingmaterialien	5.2	10.0%
Regelmäßige Kalibrierung PSM-Sprühgeräte	1.3	2.5%
Umweltverträglichere PSM	0.1	0.2%
<b>Betriebsmittel</b>	<b>52.0</b>	<b>9.0%</b>
Aluminiumrecycling vs. Verbrennung in KVA	0.2	14.9%

PET-Recycling vs. Verbrennung in KVA	0.1	11.3%
Kunststoffrecycling vs. Verbrennung in KVA	0.1	7.0%
Kompostierung auf dem Golfplatz vs. Externe Kompostierung	0.9	66.7%
<b>Abfälle</b>	<b>1.3</b>	<b>0.2%</b>
Golfcarts elektrisch vs. Benziner	7.3	14.2%
Nutzfahrzeuge Diesel EURO 6 vs. Aktuelle Flotte	3.0	5.8%
Hybrid vs. Flottendurchschnitt CH	41.2	80.0%
<b>Mobilität</b>	<b>51.5</b>	<b>9.0%</b>
CO <sub>2</sub> -sequestrierfreudige Rasensorten vs. herkömmliche Rasensorten	7.7	8.0%
CO <sub>2</sub> -Zertifikat klimaneutral	88.8	92.0%
<b>Klima</b>	<b>96.6</b>	<b>16.8%</b>
<b>Total</b> (bezieht sich auf einen durchschnittlichen Golfplatz CH, siehe Tabelle 6-2 aus Kap. 6.5)	<b>575.0</b>	<b>100.0%</b>







Nun stellt sich die Frage, wie die Ökoeffizienz und die Ökoeffektivität der betrachteten Umweltmassnahmen gewichtet werden. Denn es gibt durchaus Massnahmen, die zwar sehr ökoeffektiv sind (grossen Umweltnutzen haben), jedoch eine tiefe Ökoeffizienz SEBI aufweisen (da sehr teuer), z.B. eine Clubhaussanierung oder die komplette Umstellung auf biologisch angebaute Lebensmittel im Clubhaus-Restaurant. Auch das Gegenteil kann der Fall sein: Massnahmen, die öko-ineffektiv (geringes Umweltnutzenpotenzial bezogen auf die Umweltwirkung eines durchschnittlichen Schweizer Golfplatzes) dafür hochökoeffizient sind, z.B. das Recycling von Aluminiumdosen (aufgrund der sehr geringen Menge).

Um diesem Umstand gerecht zu werden, haben wir eine Bewertungs-Matrix mit einer Gewichtung der Ökoeffizienz und Ökoeffektivität mit einer farblichen Bewertung anhand des Ampelsystems vorgenommen, siehe Tabelle 7-1. Die farbliche Einstufung kann den nachfolgend aufgeführten Legendenden zur Ökoeffizienz SEBI und zur Ökoeffektivität entnommen werden. Für die Gewichtung wurde die Ökoeffizienz SEBI mit 60% und die Ökoeffektivität mit 40% bewertet.

## 7 Handlungsempfehlung

### 7.1 Durchschnittliche Golfanlage Schweiz

Grundsätzlich ist die Ökoeffektivität gegenüber der Ökoeffizienz nachrangig: Es ist oft billiger einen vorgegebenen Umweltnutzen durch die Kombination von mehreren effizienten (aber individuell nicht sehr effektiven) Massnahmen zu erreichen, als durch eine sehr effektive Massnahme, die aber nicht effizient ist.

Ökoeffizienz SEBI		Ökoeffektivität	
	niedrig <2'500		niedrig <2 Mio. UBP/a
	mittel 2'500 - 5'000		mittel 2 - 10 Mio. UBP/a
	hoch >5'000		hoch >10 Mio. UBP/a







Priorität SEBI		Priorität Ökoeffektivität	
	1 Punkt für 0 bis 1'250 und 2 Punkte von 1'250 bis 2'500		1 Punkt für 0 bis 1 Mio. und 2 Punkte von 1 Mio. bis 2 Mio.
	3 Punkt für 2'500 bis 3'750 und 4 Punkte von 3'750 bis 5'000		3 Punkt für 2 Mio. bis 6 Mio. und 4 Punkte von 6 Mio. bis 10 Mio.
	5 Punkt für 5'000 bis 7'500 und 6 Punkte von 7'500 bis 10'000, 7 Punkte > 10'000		5 Punkt für 10 Mio. bis 20 Mio. und 6 Punkte von 20 Mio. bis 30 Mio., 7 Punkte > 30 Mio.

Tabelle 7-1: *Bewertungs-Matrix nach dem Ampelsystem inkl. einem Ranking anhand der Gewichtung der Ökoeffizienz SEBI mit 60% und der Ökoeffektivität mit 40%.*

Ranking	Umweltmassnahmen	Ökoeffizienz SEBI [vUBP/CHF]	Ökoeffektivität [UBP/a]	Priorität (60% SEBI und 40% Ökoeff.)
1	Waschplätze zum Auffangen von Öl, PSM, Düngemittel	12'020	72'119'200	7.00
2	CO <sub>2</sub> -Zertifikate klimaneutral	11'500	88'800'000	7.00
3	Golfcarts elektrisch vs. Benziner	9'160	7'331'429	6.40
4	Solarthermie kombiniert mit Holz-Pellet-Heizung	8'120	32'285'000	6.40
5	Vernetzung der ökologischen Zonen	7'190	55'000'000	5.80
6	CO <sub>2</sub> -sequestrierfreudige Rasensorten	6'190	7'740'900	5.80
7	Hybridrasenmäher vs. Dieselmäher	14'700	4'374'720	5.40
8	Brut- und Nistplätze schaffen	3'830	7'662'000	5.20
9	Hybridrasenmäher vs. Benzinmäher	20'480	1'083'760	5.00
10	Revitalisierung Fließgewässer (Hochwasserschutz)	5'600	12'600'000	5.00

11	Bodenkundliche Untersuchung (Düngerbelastung)	4'960	24'800'000	4.80
12	Aluminiumrecycling	18'460	196'947	4.60
13	Energie-Monitoring und -Audit	5'870	5'874'000	4.20
14	Einbau Spannungsoptimierer	5'700	2'848'000	4.20
15	Organisches Düngemittel	3'560	13'869'522	3.80
16	Lebensräume kartieren und Biotopmanagementplan	3'410	17'026'667	3.80
17	Regionale Lebensmittel	1'170	35'100'000	3.40
18	Hybrid vs. Flottendurchschnitt CH (An- und Abreise Golfer/in)	646	41'212'085	3.40
19	Pflanzung von Bäumen für Biodiversität	250	39'520'593	3.40
20	Automatische Abschaltung Bewässerung	4'990	1'995'000	3.20
21	Ökostrom (Photovoltaik, Windkraft, Solar)	920	29'580'000	3.00
22	Regenwasser-Auffangbecken zur Bewässerung	2'920	2'332'400	3.00
23	Zeitschaltuhren bei Beleuchtung	2'850	2'848'000	3.00
24	Zusätzliche natürliche Korridore	2'820	4'666'667	3.00
25	Zusätzliche Gewässerbereiche schaffen	3'800	95'000	2.80
26	Clubhaussanierung Minergie Standard	640	12'720'000	2.60
27	Biologisch angebaute Lebensmittel	390	19'500'000	2.60
28	Pufferzonen um Gewässer schaffen	2'710	1'333'962	2.60
29	Verdeckte und tropffreie PSM-Düsen	2'560	1'281'900	2.60
30	Biologische Netzmittel & Topdressingmaterialien	1'680	5'180'000	2.40
31	PET-Recycling	3'520	149'454	2.20
32	Regelmässige Kalibrierung PSM-Sprühgeräte	1'600	1'281'900	2.00
33	Nutzfahrzeuge Diesel EURO 6 vs. Aktuelle Flotte	820	3'000'000	1.80
34	Gebrauchtwarenschop für Golfartikel	580	2'920'000	1.80
35	Automatische Abschaltung Golfcarts	500	4'000'000	1.80
36	Bereiche für Wiesen und Wildblumen schaffen	200	5'880'000	1.80
37	Beleuchtung mit Bewegungsmelder	2'370	356'000	1.60
38	Pflanzung von Bäumen beim Clubhaus zur Kühlung	1'460	182'500	1.60
39	Kunststoffrecycling	1'070	92'011	1.00
40	Umweltverträglichere PSM	980	87'515	1.00
41	Kompostierung auf dem Golfplatz	880	880'000	1.00
42	Regelmässige Überprüfung der Wasserqualität	830	829'500	1.00
43	Sparsame Spül- und Waschmaschine	220	43'904	1.00
44	Erstellung von Totholzhecken	120	140'000	1.00
45	Effiziente Duschbrausen	110	22'226	1.00
46	Wasserverbrauchsarme Toiletten	10	29'635	1.00
47	Intelligente Bewässerungsanlage	10	798'000	1.00

## 7.2 Golf Lausanne und Golf Wylihof

Aus der Bewertungs-Matrix in Tabelle 7-1 wurden nachfolgend für die beiden untersuchten Golfplätze konkrete Handlungsoptionen identifiziert und zusammengestellt (Tabelle 7-2 Golf Lausanne und Tabelle 7-3 für Golf Wylihof). Die Massnahmen wurden so angesetzt, dass die gesamte Umweltwirkung pro Jahr der beiden Golfplätze kompensiert werden. 55% des Footprints von Golf Lausanne könnten über Massnahmen vor Ort und 45% über CO<sub>2</sub>-Zertifikate kompensiert werden um auf netto null UBP zu kommen. Bei Golf Wylihof könnten 60% des Footprints über Massnahmen vor Ort und 40% über CO<sub>2</sub>-Zertifikate kompensiert werden um auf netto null UBP zu kommen.

Zu beachten gilt der Unterschied zwischen der Kompensation der Klimawirkung und der Kompensation der Umweltwirkung. Die Klimawirkung von Golf Lausanne beträgt (gemäss Kap. 6.1.2) 187 Tonnen CO<sub>2</sub>-eq pro Jahr. Mit der Anwendung der Ecoinvent-Datenbank [8] errechnen sich die klimawirksamen Emissionen 187 Tonnen CO<sub>2</sub>-eq zu 88 Mio. UBP (1 t CO<sub>2</sub>-eq entspricht 470'000 UBP). Die Klimawirkung von Golf Wylihof beträgt (gemäss Kap. 6.2.2) 185 Tonnen CO<sub>2</sub>-eq pro Jahr. Mit der Anwendung der Ecoinvent-Datenbank errechnen sich die klimawirksamen Emissionen 185 Tonnen CO<sub>2</sub>-eq zu 87 Mio. UBP (1 t CO<sub>2</sub>-eq entspricht 470'000 UBP). Wird nun hingegen die Umweltwirkung ausgehend von Umweltbelastungspunkten über CO<sub>2</sub>-Zertifikate kompensiert, so kommt der von der Hochschule für Technik in Rapperswil HSR entwickelte Umrechnungsfaktor von 1 Mio. UBP = 2 t CO<sub>2</sub>-eq zum Einsatz (siehe dazu Kap. 13.2 für die Herleitung des Umrechnungsfaktors). Dies ergibt für den Golfplatz Lausanne: 184 Mio. UBP (siehe Tabelle 7-2, Zeile 21) = 368 Tonnen CO<sub>2</sub>-eq und für Golf Wylihof: 301 Mio. UBP (siehe Tabelle 7-3, Zeile 21) = 602 Tonnen CO<sub>2</sub>-eq.

Bei einem global durchschnittlichen CO<sub>2</sub>-Zertifikatpreis von CHF 40.-/t CO<sub>2</sub>-eq ergeben sich zur Kompensation der Klimawirkung von Golf Lausanne und Golf Wylihof (CHF 40.-/t CO<sub>2</sub>-eq x 187 t CO<sub>2</sub>-eq/a) CHF 7'500.- pro Jahr. Bei ca. 830 Mitgliedern wären das Zusatzkosten von CHF 9.- zum normalen Jahresbeitrag. Die komplette Kompensation der Umweltwirkung von Golf Lausanne (597 Mio. UBP/a siehe Tabelle 7-2) würde pro Mitglied rund CHF 200.- pro Jahr kosten (CHF 171'400 dividiert durch 830 Mitglieder). Die komplette Kompensation der Umweltwirkung von Golf Wylihof (1'096 Mio. UBP/a siehe Tabelle 7-3) würde pro Mitglied rund CHF 325.- pro Jahr kosten (CHF 268'100 dividiert durch 830 Mitglieder).

Interessant ist, dass die Anwendung der Umweltschaden-Vermeidungspreis-Methode («Environmental Price»-Methode aus den Niederlanden) auf Golf Lausanne eine Gesamtbelastung von 175'000 Euro/a ergibt. Die Umweltschaden-Vermeidungspreis-Methode stützt sich auf die Zahlungsbereitschaft einer Volkswirtschaft zur Verhinderung / Vermeidung einer Umweltbelastung / Umweltwirkung. Ebenfalls interessant ist, dass die Anwendung dieser Methode über die Ökobilanzsoftware SimaPro [7] in etwa die gleiche monetäre Summe angibt wie unsere Ökoeffizienz und Ökoeffektivitätsanalyse, siehe Tabelle 7-2. Denn gemäss unserer Analyse müsste Golf Lausanne jährlich CHF 171'400 aufbringen um die komplette Umweltbelastung zu kompensieren auf null. Die Bereitschaft zur Vermeidung der Umweltwirkung von Golf Lausanne liegt gemäss der Umweltschaden-Vermeidungspreis-Methode bei EUR 175'000 (wobei sich die Bewertung auf die Zahlungsbereitschaft der Niederländer stützt. Die Zahlungsbereitschaft der Schweizer Volkswirtschaft ist allerdings mit derjenigen aus den Niederlanden vergleichbar). Gemäss unserer Analyse müsste Golf Wylihof hingegen jährlich CHF 268'100 aufbringen um die komplette Umweltbelastung zu kompensieren auf null. Die Bereitschaft zur Vermeidung der Umweltwirkung von Golf Lausanne liegt gemäss der Umweltschaden-Vermeidungspreis-Methode bei EUR 345'000. Golf Wylihof käme demnach bei unserer Betrachtung günstiger weg als mit der «Environmental-Price»-Methode.

Bei den von uns berechneten Kosten muss berücksichtigt werden, dass davon einige vermutlich direkt den Golferinnen und Golfern angelastet werden können, z.B. über eine Abgabe zur CO<sub>2</sub>-Kompensation

der Klimawirkung oder über leicht erhöhte Preise für biologisch angebaute Lebensmittel im Clubhaus-Restaurant etc. Bei anderen Investitionen wie z.B. in Hybridrasenmäher, gilt zu beachten, dass zukünftig eventuell die Preise für Treibstoffe stärker steigen als die Preise für Strom und dadurch sogar Einsparungen entstehen könnten und sich die Investitionen in einigen Jahren sogar finanziell auszahlen. Dies ist allerdings mit dem SEBI nicht abbildbar. Der SEBI verwendet die aktuellen Investitions- und Betriebskosten in der Berechnung der Ökoeffizienz.

**Tabelle 7-2:** *Handlungsoptionen zur Kompensation der gesamten Umweltwirkung von Golf Lausanne. 55% des Footprints von Golf Lausanne könnten über Massnahmen vor Ort und 45% über CO<sub>2</sub>-Zertifikate kompensiert werden um auf null UBP zu kommen. Interessant ist, dass die Anwendung der Umweltschaden-Vermeidungspreis-Methode «Environmental Price»-Methode aus den Niederlanden auf Golf Lausanne eine Gesamtbelastung von 175'000 Euro/a ergibt.*

	Umweltmassnahmen	Ökoeffektivität [UBP/a]	Anteil an der Gesamtbelastung [%]	Zusätzliche Kosten [CHF/a]
1	CO <sub>2</sub> -Zertifikate klimaneutral (siehe Kap. 6.1.2)	87'902'652	14.7%	7'500
2	Golfcarts elektrisch vs. Benziner	916'429	0.2%	100
3	Solarthermie kombiniert mit Holz-Pellet-Heizung	32'285'000	5.4%	5'200
4	Vernetzung der ökologischen Zonen	27'500'000	4.6%	3'600
5	CO <sub>2</sub> -sequestrierfreudige Rasensorten*	93'960'802	15.7%	10'200
6	Hybridrasenmäher vs. Dieselmäher	4'374'720	0.7%	300
7	Hybridrasenmäher vs. Benzinmäher	1'083'760	0.2%	50
8	Bodenkundliche Untersuchung (Düngerbelastung)	24'800'000	4.2%	5000
9	Energie-Monitoring und -Audit	5'874'000	1.0%	1'000
10	Einbau Spannungsoptimierer	2'848'000	0.5%	550
11	Organisches Düngemittel	13'869'522	2.3%	4'100
12	Lebensräume kartieren und Biotopmanagementplan	17'026'667	2.9%	5'000
13	Automatische Abschaltung Bewässerung	24'800'000	4.2%	5'000
14	Ökostrom (Photovoltaik, Windkraft, Solar)	32'538'000	5.4%	35'500
15	Regenwasser-Auffangbecken zur Bewässerung	2'332'400	0.4%	800
16	Zeitschaltuhren bei Beleuchtung	284'800	0.0%	100
17	Zusätzliche natürliche Korridore	4'666'667	0.8%	1'700
18	Zusätzliche Gewässerbereiche schaffen	3'800'000	0.6%	1'000
19	Clubhausanierung Minergie Standard	12'720'000	2.1%	20'000
20	Biologisch angebaute Lebensmittel	19'500'000	3.3%	50'000
21	Kompensation mittels CO <sub>2</sub> -Zertifikate über Umwelt-Eq (1 Mio. UBP = 1 Umwelt-Equivalent = 2 t CO <sub>2</sub> -eq, siehe Kap. 13.2)	184'000'982	30.8%	14'700
	<b>Total (siehe Kap. 6.1.1, 597 Mio. UBP/a)</b>	<b>597'084'400</b>	<b>100.0%</b>	<b>171'400</b>

\*Noch eine Bemerkung zur Ökoeffektivität: Massnahme 5 «CO<sub>2</sub>-sequestrierfreudige Rasensorten» kann einen Zielkonflikt verursachen: Ein Teil der CO<sub>2</sub>-sequestrierfreudigen Rasensorten benötigen mehr Wasser und mehr Pflanzenschutzmittel, was in einer gesamtheitlichen Umweltbetrachtung (nicht nur CO<sub>2</sub>) sich negativ auswirken würde. Kommt hinzu, dass sich nicht alle CO<sub>2</sub>-sequestrierfreudigen Rasensorten auf allen Golfplatzflächen (Greens, Tees, Fairways etc.) eignen. Die Beurteilung muss mit den Greenkeeper vor Ort vorgenommen werden.



**Tabelle 7-3:** *Handlungsoptionen zur Kompensation der gesamten Umweltwirkung von Golf Wylihof. 60% des Footprints von Golf Wylihof könnten über Massnahmen vor Ort und 40% über CO<sub>2</sub>-Zertifikate kompensiert werden um auf null UBP zu kommen. Interessant ist, dass die Anwendung der Umweltschaden-Vermeidungspreis-Methode «Environmental Price»-Methode aus den Niederlanden auf Golf Wylihof eine Gesamtbelastung von 345'000 Euro/a ergibt. Golf Wylihof käme mit den von uns berechneten Kosten günstiger weg als die Vermeidungskosten der niederländischen Methode ergeben.*

	<b>Umweltmassnahmen</b>	<b>Ökoeffektivität [UBP/a]</b>	<b>Anteil an der Gesamtbelastung [%]</b>	<b>Zusätzliche Kosten [CHF/a]</b>
1	Waschplätze zum Auffangen von Öl, PSM, Düngemittel	152'426'626	13.9%	1'700
2	CO <sub>2</sub> -Zertifikate klimaneutral (siehe Kap. 6.2.2)	86'879'547	7.9%	7'400
3	Golfcarts elektrisch vs. Benziner	3'665'714	0.3%	400
4	Vernetzung der ökologischen Zonen	116'244'557	10.6%	7'600
5	CO <sub>2</sub> -sequestrierfreudige Rasensorten*	84'060'206	7.7%	13'800
6	Hybridrasenmäher vs. Dieselmäher	11'360'895	1.0%	800
7	Brut- und Nistplätze schaffen	16'193'924	1.5%	4'200
8	Revitalisierung Fließgewässer (Hochwasserschutz)	26'630'571	2.4%	7'200
9	Bodenkundliche Untersuchung (Düngerbelastung)	52'415'727	4.8%	10'600
10	Energie-Monitoring und -Audit	5'874'000	0.5%	1'000
11	Einbau Spannungsoptimierer	2'848'000	0.3%	550
12	Organisches Düngemittel	12'619'541	1.2%	3'500
13	Lebensräume kartieren und Biotopmanagementplan	35'986'497	3.3%	10'600
14	Pflanzung von Bäumen für Biodiversität	83'528'251	7.6%	5'600
15	Ökostrom (Photovoltaik, Windkraft, Solar)	35'182'452	3.2%	38'300
16	Zeitschaltuhren bei Beleuchtung	601'935	0.1%	200
17	Zusätzliche natürliche Korridore	9'863'175	0.9%	3'600
18	Zusätzliche Gewässerbereiche schaffen	4'750'000	0.4%	1'250
19	Clubhaussanierung Minergie Standard	12'720'000	1.2%	20'000
20	Biologisch angebaute Lebensmittel	41'213'979	3.8%	105'700
21	Kompensation mittels CO <sub>2</sub> -Zertifikate über Umwelt-Eq (1 Mio. UBP = 1 Umwelt-Equivalent = 2 t CO <sub>2</sub> -eq, siehe Kap. 13.2)	300'716'762	27.4%	24'100
	<b>Total (siehe Kap. 6.2.1, 1'096 Mio. UBP/a)</b>	<b>1'095'782'360</b>	<b>100.0%</b>	<b>268'100</b>

\* siehe Bemerkung in Tabelle 7-2

## 8 Schlussfolgerung

In der vorliegenden Studie wurden folgende Hauptaussagen identifiziert:

- In der UBP-Betrachtung hat Golf seit 1998 (Studie BUWAL [2]) einen Riesenschritt vorwärts gemacht, der Umweltimpact ist 38% gesunken.
- Die ökologischen Hot-Spots von Golfplätzen liegen bei den Ressourcen (Bau Clubhaus und Golfplatz), bei den Betriebsmitteln (Pflege des Golfplatzes) sowie bei der Energie und in der Mobilität (An- und Abreise). Von untergeordneter ökologischer Bedeutung sind die Bereiche Wasser, Abfälle und Lärmvermeidung.
- Die grössten ökologischen Entlastungen bei Golfplätzen stammen aus der CO<sub>2</sub>-Sequestration der Rasengräser und aus der Biodiversität.
- Biodiversität: Wird in der Ökobilanz nicht so bewertet, dass Species zurückkommen, sondern, dass dort wo der Mensch Einfluss nimmt, es immer einen negativen Einfluss auf die Vorkommnisse der Species gibt. Allerdings verursachen Golfplätze einen wesentlich kleineren Impact als bei anderen Landnutzungsformen. Golf ist 60% besser als die Landwirtschaft in Sache Verschwinden von Species Biodiversitätsverlust).
- Es gibt nun konkrete Handlungsoptionen zur Verbesserung der Umweltbilanz für Swiss Golf Mitglied-Clubs im Allgemeinen (siehe Tabelle 6-6), sowie auch für Golf Lausanne (siehe Tabelle 7-2) und Wylihof (siehe Tabelle 7-3) im Speziellen.
- Bei den Handlungsoptionen ist es wichtig, den Golfplatz gesamtheitlich zu betrachten und gegebenenfalls mit den Verantwortlichen vor Ort die Massnahmen zu besprechen. Das Ökosystem muss gesamtheitlich mit allen Kompartimenten (Boden, Wasser und Luft) und der Biodiversität inkl. allfällig auftretenden Zielkonflikten betrachtet und in Einklang dessen die Handlungsoptionen umgesetzt werden. Das kann je nach geografischer Lage (in der Schweiz gibt es Golfplätze auf 1'500 Meter oder auf 400 Meter über Meer) sowie je nach der Bodenbeschaffenheit (Aufbau und Struktur) oder der Rasensorte stark variieren.
- Um klimaneutral zu sein, müssten Golf Lausanne und/oder Wylihof für CHF 7'000-8'000 pro Jahr CO<sub>2</sub>-Zertifikate kaufen (knapp 10 Schweizer Franken pro Mitglied und Jahr).
- Das in dieser Studie erarbeitete Ökobilanzmodell ist zukünftig auch für weitere Golfplätze national wie auch international (mit Anpassungen betreffend UBP-Methode) anwendbar. Das Ökobilanzmodell ermöglicht auch die Bewertung von Biodiversität und Lärmvermeidung, was herkömmliche Ökobilanzen nicht können.
- Die SEBI-Methodik umfasst einiges mehr als die GEO-Methodik [3] und ist einzigartig. Sie bezieht wirtschaftliche Aspekte mit ein und zeigt dadurch auf, wo das Geld am effizientesten eingesetzt wird und wo Handlungsoptionen liegen. Damit lassen sich die «low-hanging-fruits» identifizieren, was nicht heisst, dass die anderen Massnahmen nicht umgesetzt werden sollten, sondern einfach zu einem späteren Zeitpunkt.

## 9 Ausblick

Die vorliegende Studie zeigt Swiss Golf und seinen Mitgliedern, den Schweizer Golfern und Golferinnen, wo sie hinsichtlich ihrem ökologischen Foot- und Handprint stehen. Die umfassende Ökobilanz berücksichtigt erstmals für den Golfsport wichtige Umweltbereiche wie die Landnutzung & Biodiversität und die Lärmvermeidung und schafft damit Transparenz für Swiss Golf in der Diskussion mit unterschiedlichen Stakeholdern innerhalb und ausserhalb des Golfsports.

Im Rahmen von fachlichem Austausch mit Experten im Bereich der Nachhaltigkeit von Golfplätzen und weiteren Grünanlagen wurde die Auswirkung der Applikationsart von Pflanzenschutzmitteln auf die Umwelt (insbesondere auf angrenzende Gewässerbereiche auf Golfplätzen) diskutiert. In der vorliegenden Ökobilanz wurde von einem «Best-Practice»-Approach ausgegangen. Dies insbesondere da die Greenkeeper von Golf Lausanne und Wylihof sehr gut geschult und vorbildlich in der Applikation von Pflanzenschutzmittel sind. Trotzdem kann es vorkommen, dass unabsichtlich grosse Mengen an Pflanzenschutzmittel in angrenzenden Gewässerbereichen landen (z.B. durch Windverfrachtung oder durch unerwartet auftretenden Niederschlag und Auswaschung der Pflanzenschutzmittel etc.). Solche Aspekte können mit dem aktuellen Ökobilanzmodell abgebildet werden z.B. in Form von Worst-, Medium- und Best-Case Szenarien in der Ökobilanz. Falls dies von Swiss Golf als wichtig erachtet wird, kann das mit dem vorliegenden Ökobilanzmodell zu einem späteren Zeitpunkt analysiert und ausgewertet werden.

Neben dem ökologisch problematischen Effekt einer schlechten Pflanzenschutzmittelapplikation wurde der Aspekt der Erwärmung des Bodens aufgrund fehlender Bodenbedeckung (z.B. in der Landwirtschaft) versus Dauerkultur / Rasen (im Golfsport) und dessen positiven Effekt durch Reflektion der Sonneneinstrahlung und Kühlung des Bodens und des Umfelds sowie Verhinderung der Bodenerosion/Desertifikation eingebracht. Eine klassische Ökobilanz kann diese Effekte nicht abbilden. Über die sogenannte Umweltschaden-Vermeidungspreis-Methode «Environmental Prices» aus den Niederlanden (auch «Shadow-Cost-Methode» genannt), könnten solche Ökosystemleistungen monetarisiert und in die Gesamtbilanz von Golfplätzen miteinberechnet werden. Dafür müsste die bestehende Golfökobilanz (aus dem vorliegenden Bericht) mit der Umweltschaden-Vermeidungspreis-Methode berechnet werden, um damit in einem zweiten Schritt die zusätzlichen Ökosystemleistungen monetarisiert verrechnen zu können. Dies kann ebenfalls in zu einem späteren Zeitpunkt erfolgen, falls von Swiss Golf gewünscht.

Im Rahmen der Ökoeffizienzanalyse SEBI werden ökonomische und ökologische Aspekte miteinbezogen. Gesellschaftliche Aspekte - im Sinne einer ganzheitlichen Betrachtung der drei Säulen der Nachhaltigkeit – sind neben den ökologischen und ökonomischen Aspekten ebenfalls wichtig. Allerdings kann die SEBI-Methode gesellschaftliche Aspekte nicht ohne eine Monetarisierung oder Abbildung als Umweltwirkung mitberücksichtigen. Häufig sind gesellschaftliche Aspekte schwer quantifizierbar und tauchen deshalb bei quantitativen Analysen nicht auf (höchstens in qualitativer Form). Im Golfsport wären neben den ökologischen und ökonomischen Betrachtungen auch Aspekte wie die Gesundheitsförderung oder weitere ethische Aspekte wichtig. Auch Ökosystemleistungen (siehe dazu [15]) wie der Erholungswert oder die Umgebungskühlung sind wichtige Aspekte im Zusammenhang mit dem Golfsport. Diese könnten ebenfalls mit der oben erwähnten Umweltschaden-Vermeidungspreis-Methode («Environmental-Prices») oder mittels einer Multikriterien-Analyse bewertet und mit dem bereits bestehenden SEBI-Modell zusammengeführt werden. Das wäre eine spannende Ergänzung des vorhandenen SEBI-Modells von Swiss Golf.

## 10 Literatur

- [1] Swiss Golf, „Swiss Golf - Dachorganisation des Schweizer Golfsports,“ GOLFSUISSE, [Online]. Available: <https://www.swissgolf.ch/asg/coursemanagementecologie.cfm>. [Zugriff am 23 09 2020].
- [2] Bundesamt für Umwelt BAFU (ehemals BUWAL), „Vollzug Umwelt Empfehlungen GOLF: Raumplanung - Landschaft - Umwelt (Ausgabe 1998),“ Schweizerische Eidgenossenschaft - UVEK, Bern, 1998.
- [3] GEO Foundation GetonCourse Lausanne und Wylihof, „OnCourse,“ GEO Foundation, [Online]. Available: <https://getoncourse.golf/dashboard/theme/annual-data>. [Zugriff am 23 09 2020].
- [4] K. Klemola, „Carbon Footprint of an Average U.S. Golf Course - Global Warming Potential, Study commissioned by Golf Course Superintendents Association of America GCSAA,“ Cleanfi Oy, Lawrence, 20119.
- [5] O. Saito, „Measuring the Lifecycle Carbon Footprint of a Golf Course and Greening the Golf Industry in Japan,“ Waseda Institute for Advanced Study, Waseda University Japan, Auckland, 2010.
- [6] Committee Sustainability & Golf Course - Swiss Golf, „Golf Course 2030 Switzerland - Playability and ecology in harmony,“ Swiss Golf, Epalinges, 2020.
- [7] P. Sustainability, „Herausgeber der Ökobilanzsoftware SimaPro,“ PRé Sustainability, Amersfoort Netherlands, 2020.
- [8] ecoinvent, „ecoinvent 2019: Version 3.6 Swiss Life Cycle Inventories,“ ecoinvent, 2019.
- [9] R. Portmess, N. Pettinati, C. Miller, T. Condzella und F. S. Rossi, „Can a Golf Course be Carbon Neutral? A Preliminary Assessment,“ *Cornell University Turfgrass Times CUTT*, pp. 7-10, 2008.
- [10] F. Dinkel, „Skript Ökobilanzen der Fachhochschule Nordwestschweiz FHNW,“ Fachhochschule Nordwestschweiz, Basel, 2013.
- [11] F. Verones, M. A. Huijbregts, L. B. Azevedo, A. Chaudhary, N. Cosme, L. de Baan, P. Fantke, M. Hauschild, A. D. Henderson, O. Jolliet, C. L. Mutuel, M. Owsianiak, S. Pfister, P. Preiss, P.-O. Roy, L. Scherer, Z. Steinmann, R. van Zelm, R. Van Dingenen, T. van Goethem, M. Vieira und S. Hellweg, „LC-IMPACT Version 1.0 - A spatially differentiated life cycle impact assessment approach,“ NTNU Norway, PRé Sustainability Netherlands, RU Netherlands, ETH Zürich, DTU Denmark, 2019.
- [12] F. Verones, S. Hellweg, A. Anton, L. B. Azevedo, A. Chaudhary, N. Cosme, S. Cucarachi, L. de Baan, Y. Dong, P. Fantke, L. Golsteijn, M. Hauschild, R. Heijungs, O. Jolliet, R. Juraske, H. Larsen, A. Laurent, C. L. Mutel, M. Margni, M. Nunez, M. Owsianiak, S. Pfister, T. Ponsioen, P. Preiss, R. K. Rosenbaum, P.-O. Roy, S. Sala, Z. Steinmann, R. van Zelm, R. Van Dingenen, M. Vieira und M. A. Huijbregts, „LC-Impact: A regionalized life cycle damage assessment method,“ *Journal of Industrial Ecology*, pp. 1-19, 2020.
- [13] E. C.-. J. R. C. (JRC), „LC-Impact - a spatially defferentiated life cycle impact assessment method,“ European Commission Joint Research Center (JRC), [Online]. Available: <https://lc-impact.eu/index.html>. [Zugriff am 03 12 2020].

- [14] N. Jungbluth, M. Stucki und M. Leuenberger, „Gesamtumweltbelastung durch Konsum und Produktion der Schweiz,“ Schweizerische Eidgenossenschaft UVEK Bundesamt für Umwelt BAFU, Bern, 2011.
- [15] J. Rosenbusch, M. Thieme-Hack und W. Prämassing, „Ökosystemleistung auf Golfplätzen,“ RASEN - TURF - GAZON, deutsche Rasengesellschaft e.V., Bonn, 2020.
- [16] E. Steiner, „Ökologischer Ausgleich - Definition und rechtliche Verankerung,“ Swiss Golf - Kommission Golfanlagen und Nachhaltigkeit, Epalinges, 2019.
- [17] Golf und Hotel, „Golf und Hotel,“ Informations-Plattform für Golfer; Golf und Hotel.com, [Online]. Available: [https://www.golfundhotel.com/blog/806-schuetzen\\_golfplaetze\\_die\\_natur\\_](https://www.golfundhotel.com/blog/806-schuetzen_golfplaetze_die_natur_). [Zugriff am 23 09 2020].
- [18] R. B. -. C. S. S. AG, Interviewee, *Leaching von Düngemittel ins Grundwasser auf Golfplätzen*. [Interview]. 22 10 2020.
- [19] Bundesamt für Statistik BFS, „Landwirtschaft und Ernährung Taschenstatistik 2019,“ Schweizerische Eidgenossenschaft, Neuenburg, 2019.
- [20] Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART, „Zentrale Auswertung von Ökobilanzen landwirtschaftlicher Betriebe (ZA-ÖB),“ Schweizerische Eidgenossenschaft, Zürich, 2011.
- [21] ETH Zürich, Prof. Dr. Stefanie Hellweg, „Vorlesung: Grundzüge “Ökologische Systemanalyse”,“ in *Methodik Ökobilanz Wirkungsbilanz*, Zürich, 2017.
- [22] I. 14040, „Environmental management - Life cycle assessment - Requirements and guidelines,“ ISO, Geneva, 2006.
- [23] I. 14044, „Environmental management - Life cycle assessment - Requirements and guidelines,“ ISO, Geneva, 2006.
- [24] A. Gautschi, „Green Economy - The Method of Ecological Scarcity in Policy Making, in Economics and Environmental Monitoring Division,“ *Bundesamt für Umwelt (BAFU)*, 2013.
- [25] T. Kägi, F. Dinkel, R. Frischknecht, S. Humbert, J. Lindberg, S. De Mester, T. Ponsioen, S. Sala und U. W. Schenker, „Session "Midpoint, endpoint or single score for decision-making?" - SETAC Europe 25th Annual Meeting,“ *International Journal of Life Cycle Assessment*, 5 Mai 2015.
- [26] R. Frischknecht und S. Büsser Knöpfel, „Ökofaktoren Schweiz 2013 gmäss der Methode der ökologischen Knappheit - Methodische Grundlagen und Anwendung auf die Schweiz,“ Bundesamt für Umwelt BAFU, Bern, 2013.
- [27] Bundesamt für Umwelt BAFU, „Methode der ökologischen Knappheit,“ Bundesamt für Umwelt BAFU, Bern, 2014.
- [28] European Commission - Joint Research Center - Institute for Environment and Sustainability, „International Reference Life Cycle Data System (ILCD) Handbook - General Guide for Life Cycle Assessment - Detailed Guidance,“ Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2010.
- [29] G. European Commission - Joint Research Center - Institute for Environmental and Sustainability [Huppes und L. van Oers, „Evaluation of Weighting Methods for Measuring the EU-27 Overall Environmental Impact,“ Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2011.

- [30] IPCC 2013, „Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group + to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change,“ Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom an New York USA, 2013.
- [31] Intergovernmental Panel on Climate Change, „Climate Change 2007: Synthesis Report,“ Valencia, 2007.
- [32] A. Chaudhary, F. Verones, L. de Baan und S. Hellweg, „Quantifying Land Use Impacts on Biodiversity: Combining Species-Area Models and Vulnerability Indicators,“ *Environmental Science & Technology*, 21 07 2015.
- [33] UNEP SETAC - Life Cycle Initiative, „Global Guidance for Life Cycle Impact Assessment Indicators Volume 1,“ United Nations Environment Programme, Nairobi, 2016.
- [34] World Wide Fund for Nature WWF, „Wildfinder Database WWF,“ WWF, [Online]. Available: <https://www.worldwildlife.org/pages/wildfinder-database>. [Zugriff am 27 09 2020].
- [35] J. Atheron, „Declaration by the Metals Industry on Recycling Principles,“ *International Journal of LCA*, Bd. 12, Nr. 1, pp. 59-60, 2007.
- [36] A. Matthey und B. Bünger, „Methodenkonvention 3.0 zur Ermittlung von Umweltkosten - Kostensätze Stand 02/2019,“ Umweltbundesamt UBA, Dessau-Rosslau, 2019.
- [37] R. Bunge und T. Pohl, „EconEcol - Kosten/Nutzen-Analyse von Schweizer Recyclingmassnahmen,“ Hochschule für Technik Rapperswil HSR Institut für Umwelt- und Verfahrenstechnik UMTEC, Rapperswil, 2016.
- [38] J. Driessens, J. Swan, G. Bavaud, V. Favre und L. Liatard, „Weitere Daten für die Ökobilanz von Golf Lausanne,“ in *Besprechung der Daten zu Golf Lausanne*, Epalinges, 2020.
- [39] J. Driessens, R. Meyer und R. Holden, „Weitere Daten für die Ökobilanz von Golf Wylihof,“ in *Besprechung der Daten zu Golf Wylihof*, Luterbach, 2020.
- [40] Swiss Golf, „Jahresbericht 2019,“ Swiss Golf, Epalinges, 2019.
- [41] National Golf Foundation, „NGF National Golf Foundation,“ NGF National Golf Foundation, [Online]. Available: <https://www.ngf.org/golf-industry-research/>. [Zugriff am 04 12 2020].
- [42] Steiner & Partner Landschaftsarchitektur GmbH, „Flächenvergleich Golfnutzung und andere Nutzungsarten 2016/17,“ Steiner & Partner Landschaftsarchitektur GmbH, Thun, 2017.
- [43] S. Rubli, „Mischabbruchverwertung in der Schweiz, Schlussbericht im Auftrag des BAFU,“ Schweizerische Eidgenossenschaft, Bern, 2020.
- [44] S. Kytzia und T. Pohl, „Ökobilanz von Recyclingasphalt der Firma MOAG,“ Hochschule für Technik Rapperswil HSR, Rapperswil, 2016.
- [45] Bundesverband der Deutschen Luftverkehrswirtschaft, „Klimaschutzreport der Deutschen Luftverkehrswirtschaft,“ Bundesverband der Deutschen Luftverkehrswirtschaft, [Online]. Available: <https://www.bdl.aero/de/publikation/klimaschutzreport/>. [Zugriff am 19 10 2020].
- [46] R. Bunge und T. Pohl, „Studie INVERS im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt BAFU,“ Hochschule für Technik Rapperswil HSR, Rapperswil, 2018.

- [47] S. Hellweg, S. Rubli und R. Juraske, „Vorlesung: Grundzüge „Ökologische Systemanalyse“,“ ETH - Eidgenössische Technische Hochschule Zürich, Zürich, 2017.
- [48] G. Doka, „Life Cycle Inventories of Waste Treatment Services - Ecoinvent report No. 13 Part II,“ Swiss Center of Life Cycle Inventories, Dübendorf, 2009.
- [49] G. Doka, „Life Cycle Inventories of Waste Treatment Services - Ecoinvent report No. 13 Part V,“ Swiss Center of Life Cycle Inventories, Dübendorf, 2009.
- [50] D. Gabor, „Life Cycle Inventories of Waste Treatment Services - Ecoinvent report No. 13 Part II,“ Swiss Center of Life Cycle Inventories, Dübendorf, 2009.
- [51] D. Gabor, „Life Cycle Inventories of Waste Treatment Services - Ecoinvent report No. 13 Part V,“ Swiss Center of Life Cycle Inventories, Dübendorf, 2009.
- [52] R. Frischknecht, „LCI modelling approaches on recycling of materials in view of environmental sustainability, risk perception and eco-efficiency,“ *International Journal of LCA*, pp. 666-671, 15 6 2009.
- [53] S. Büsser, M. Stucki und N. Jungbluth, „Umweltbelastung verschiedener Ferienszenarien,“ ESU-Services, Uster, 2010.
- [54] P. Schmidl, „Skisport.com,“ Skisport.com, [Online]. Available: [https://skisport.com/Grossglockner/de/Service/Blog/Die-Oekobilanz-eines-Skitages\\_bba\\_825](https://skisport.com/Grossglockner/de/Service/Blog/Die-Oekobilanz-eines-Skitages_bba_825). [Zugriff am 19 10 2020].
- [55] Bundesamt für Statistik BFS, „Schweizer Landwirtschaft - Taschenstatistik 2010,“ Schweizerische Eidgenossenschaft, Neuenburg, 2010.
- [56] Bundesamt für Statistik BFS, „Landwirtschaft und Ernährung - Taschenstatistik 2018,“ Schweizerische Eidgenossenschaft, Neuenburg, 2018.
- [57] Bundesamt für Landwirtschaft BLW - Fachbereich Marktanalysen, „Produktion von Ölsaaten,“ Schweizerische Eidgenossenschaft, Bern, 2020.
- [58] Schweizerischer Obstverband SOV, „Jahresbericht 2016,“ Schweizerischer Obstverband SOV, Zug, 2016.
- [59] Bundesamt für Landwirtschaft BLW, „Stand der Bewässerung in der Schweiz,“ Schweizerische Eidgenossenschaft, Bern, 2006.
- [60] S. Alderton, C. Gestain, H. Wood und C. Galbrun, „Differences in Carbon Sequestration between Grass Species,“ Top Greens, Turf Science, Landscape and Environmental Ltd. and DLF Trifolium.
- [61] H. Wood, „Carbon Sequestration in Landscapes - with reference to Carbon Auditing for the Landscape Industry,“ Landscape & Environmental Services Ltd., Cambridgeshire.
- [62] H. Wood, „CO<sub>2</sub>-eq sequestration and emissions in Romsey War Memorial Park Hampshire,“ Landscape & Environmental Services Ltd., Cambridgeshire.
- [63] Bundesamt für Umwelt BAFU, „CO<sub>2</sub>-Effekte der Schweizer Wald- und Holzwirtschaft - Szenarien zukünftiger Beiträge zum Klimaschutz,“ Schweizerische Eidgenossenschaft, Bern, 2007.

- [64] Bundesamt für Statistik BFS, „Arealstatistik der Schweiz (AREA),“ Schweizerische Eidgenossenschaft, Neuenburg, 2020.
- [65] Bundesamt für Umwelt BAFU, „Abfallmengen und Recycling 2016 im Überblick,“ Schweizerische Eidgenossenschaft, Bern, 2017.
- [66] Bundesamt für Statistik BFS, „Leistungen im Personenverkehr,“ Schweizerische Eidgenossenschaft, [Online]. Available:  
<https://www.bfs.admin.ch/bfs/de/home/statistiken/mobilitaet-verkehr/personenverkehr/leistungen.html>. [Zugriff am 19 09 2020].



## 11 Abbildungen

Abb. 1-1:	Ablauf der Bewertung bei der Ökobilanzierung mittels gesamtaggrierender Methoden, welche die Umweltwirkung gesamtheitlich bewerten [10].	9
Abb. 1-2:	Der SEBI errechnet sich aus dem Quotienten der vermiedenen Umweltauswirkung und den zusätzlichen Kosten. Links: Ökologie, rechts: Ökonomie.	11
Abb. 1-3:	Oben: Resultat der Ökobilanz ausgewertet mittels UBP-Methode für den Golfplatz Lausanne, unten: Auswertung für den Golfplatz Wylihof. Links sind in roter Farbe die Umweltbelastungen, rechts in grüner Farbe die Umweltentlastungen aufgeführt.	13
Abb. 1-4:	Detailansicht des Resultats der Ökobilanz mittels UBP-Methode für den Golfplatz Lausanne. Rot zeigt eine Umweltbelastung und Grün zeigt eine Umweltentlastung an.	14
Abb. 1-5:	Detailansicht des Resultats der Ökobilanz mittels UBP-Methode für den Golfplatz Wylihof. Rot zeigt eine Umweltbelastung und Grün zeigt eine Umweltentlastung an.	15
Abb. 1-6:	Oben: Resultat der Ökobilanz des Golfplatzes Lausanne und unten: Ökobilanz des Golfplatzes Wylihof mittels UBP-Methode als Säulendiagramm. Umweltbelastung (Footprint) sind oberhalb der Nulllinie und Umweltentlastungen (Handprint) sind unterhalb der Nulllinie.	16
Abb. 1-7:	Verbesserung der Umweltwirkung eines durchschnittlichen 18-Loch Golfplatzes heute gegenüber 1998 (BUWAL Empfehlung Golf & Umwelt [2]). Auf einem heutigen 18-Loch Golfplatz sind die Umweltwirkungen 38% tiefer als noch vor 22 Jahren. Der grösste Beitrag kommt durch die Reduktion von Pflanzenschutz- und Düngemitteln sowie von der Landnutzung & Biodiversität zustande.	18
Abb. 1-8:	Ergebnis der Ökoeffizienzanalyse SEBI für Massnahmen des Golfsports im Bereich «Energie». Die Holz-Pellets Heizung, der Einbau eines Spannungsoptimierers sowie das Energie-Monitoring und –Audit schneiden in der SEBI-Analyse als sehr ökoeffizient ab.	20
Abb. 1-9:	Ergebnis der Ökoeffizienzanalyse SEBI für Massnahmen des Golfsports in den Bereichen «Landnutzung & Biodiversität» und «Wasser». Die Waschplätze, die Vernetzung von ökologischen Zonen sowie die Revitalisierung von Oberflächengewässer schneiden in der SEBI-Analyse als sehr ökoeffizient ab.	21
Abb. 1-10:	Ergebnis der Ökoeffizienzanalyse SEBI für Massnahmen des Golfsports in den Bereichen «Klima», «Mobilität», «Abfälle», «Betriebsmittel» und «Ressourcen». Das CO <sub>2</sub> -Zertifikat, elektrische Golfcarts, das Aluminiumrecycling und die Hybridrasenmäher schneiden in der SEBI-Analyse als sehr ökoeffizient ab.	22
Abb. 1-11:	Relative und kumulative Darstellung der Ökoeffektivität der Massnahmen im Umfeld einer durchschnittlichen Schweizer Golfanlage. Die ökoeffektivsten 10 Massnahmen bringen über 75% des Gesamtumweltnutzens ein.	23
Abb. 4-1:	Ablauf der Bewertung bei der Ökobilanzierung mittels gesamtaggrierender Methoden, welche die Umweltwirkung gesamtheitlich bewerten [10].	40
Abb. 4-2:	Ablauf der Bewertung bei der Ökobilanzierung mittels der UBP-Methode [27].	41
Abb. 4-3:	Beispiel einer SEBI-Analyse Darstellung.	44
Abb. 4-4:	Erst im Hintergrund weiterer Umweltmassnahmen wird ersichtlich, ob die Umsetzung einer Umweltmassnahme basierend auf Kosten/Nutzen-Betrachtungen im Spektrum bislang akzeptierter Massnahmen sinnvoll ist. Genau hier liegt die Stärke unserer SEBI-Methode.	45

- Abb. 4-5: Der SEBI errechnet sich aus dem Quotienten der vermiedenen Umweltauswirkung und den zusätzlichen Kosten. Links: Ökologie, rechts: Ökonomie. ....45
- Abb. 4-6: Herleitung des Grenz-SEBI anhand einer Korrelation zwischen UBP und externen Kosten. Die UBP-Daten stammen aus Ecoinvent, die Daten zu den externen Kosten stammen aus der Methodenkonvention des Umweltbundesamtes aus Deutschland [36]. Das Verhältnis UBP/eK beträgt etwa 1'000...7'000. Im Mittel gilt  $UBP/eK=2'500$ . Angenommen, dass wir einen Umweltschaden von 2'500 UBP (entspricht 1 CHF eK) durch Umweltmassnahmen vermeiden respektive kompensieren möchten. Dies unter folgender Randbedingung: die Kosten für die Umweltmassnahmen dürfen nicht höher sein, also die externen Kosten für die Umwelt. Analogie: es macht wenig Sinn einen Schaden zu versichern, wenn die Versicherungssumme höher ist als die Schadenssumme.....47
- Abb. 4-7: Beispiel: Die Ökoeffektivität von Recyclingmassnahmen in der Schweiz (Summe = 100%). Alleine durch die Separatsammlung von Papier & Karton und Elektro(nik)geräten werden mehr als 75% des gesamten Umweltnutzens in der Schweizer Siedlungsabfallwirtschaft generiert [37].....48
- Abb. 6-1: Resultat der Ökobilanz ausgewertet mittels UBP-Methode für den Golfplatz Lausanne. Links sind in roter Farbe die Umweltbelastungen, rechts in grüner Farbe die Umweltentlastungen aufgeführt. ....54
- Abb. 6-2: Detailansicht des Resultats der Ökobilanz mittels UBP-Methode für den Golfplatz Lausanne. Rot zeigt eine Umweltbelastung und Grün zeigt eine Umweltentlastung an. ....55
- Abb. 6-3: Resultat der Ökobilanz des Golfplatzes Lausanne mittels UBP-Methode als Säulendiagramm. Umweltbelastung (Footprint) sind oberhalb der Nulllinie und Umweltentlastungen (Handprint) sind unterhalb der Nulllinie.....56
- Abb. 6-4: Resultat der Ökobilanz ausgewertet mittels Treibhauspotenzial-Methode ( $CO_2$ ) für den Golfplatz Lausanne. Links sind in roter Farbe die Umweltbelastungen, rechts in grüner Farbe die Umweltentlastungen aufgeführt.....57
- Abb. 6-5: Detailansicht des Resultats der Ökobilanz mittels Treibhauspotenzial-Methode ( $CO_2$ ) für den Golfplatz Lausanne. Rot zeigt eine Umweltbelastung und Grün zeigt eine Umweltentlastung an. 58
- Abb. 6-6: Resultat der Ökobilanz des Golfplatzes Lausanne mittels Treibhauspotenzial-Methode ( $CO_2$ ) als Säulendiagramm. Umweltbelastung (Footprint) sind oberhalb der Nulllinie und Umweltentlastungen (Handprint) sind unterhalb der Nulllinie.....59
- Abb. 6-7: Resultat der Ökobilanz ausgewertet mittels ILCD-Methode für den Golfplatz Lausanne. Links sind in roter Farbe die Umweltbelastungen, rechts in grüner Farbe die Umweltentlastungen aufgeführt. ....60
- Abb. 6-8: Detailansicht des Resultats der Ökobilanz mittels ILCD-Methode für den Golfplatz Lausanne. Rot zeigt eine Umweltbelastung und Grün zeigt eine Umweltentlastung an. ....61
- Abb. 6-9: Resultat der Ökobilanz des Golfplatzes Lausanne mittels ILCD-Methode als Säulendiagramm. Umweltbelastung (Footprint) sind oberhalb der Nulllinie und Umweltentlastungen (Handprint) sind unterhalb der Nulllinie.....62
- Abb. 6-10: Resultat der Ökobilanz ausgewertet mittels kumuliertem Energieaufwand (KEA) für den Golfplatz Lausanne. Links sind in roter Farbe die Umweltbelastungen, rechts in grüner Farbe die Umweltentlastungen aufgeführt.....63
- Abb. 6-11: Detailansicht des Resultats der Ökobilanz mittels kumuliertem Energieaufwand (KEA) für den Golfplatz Lausanne. Rot zeigt eine Umweltbelastung und Grün zeigt eine Umweltentlastung an. 64

- Abb. 6-12: Resultat der Ökobilanz des Golfplatzes Lausanne mittels kumuliertem Energieaufwand (KEA) als Säulendiagramm. Umweltbelastung (Footprint) sind oberhalb der Nulllinie und Umweltentlastungen (Handprint) sind unterhalb der Nulllinie.....65
- Abb. 6-13: Biodiversitätsverlust regionaler Spezies der Gattung der Säugetiere, Vögel, Amphibien und Reptilien ausgewertet mit der LC-Impact Methode für die Landnutzungsform «Golf Lausanne» gegenüber dem Biodiversitätsverlust anderer anthropogener Landnutzungsformen. Golfplätze führen gegenüber dem Zustand der unberührten Natur zu einem tieferen Biodiversitätsverlust als andere Landnutzen wie z.B. die Landwirtschaft oder eine Wohnsiedlung.....66
- Abb. 6-14: Biodiversitätsverlust regionaler Spezies der Gattung der Pflanzen ausgewertet mit der LC-Impact Methode für die Landnutzungsform «Golf Lausanne» gegenüber dem Biodiversitätsverlust anderer anthropogener Landnutzungsformen. Golfplätze führen gegenüber dem Zustand der unberührten Natur zu einem tieferen Biodiversitätsverlust als andere Landnutzen wie z.B. die Landwirtschaft oder eine Wohnsiedlung. ....67
- Abb. 6-15: Biodiversitätsverlust regionaler Spezies aggregiert über alle Gattungen (ohne Insekten) ausgewertet mit der LC-Impact Methode für die Landnutzungsform «Golf Lausanne» gegenüber dem Biodiversitätsverlust anderer anthropogener Landnutzungsformen. Golfplätze führen gegenüber dem Zustand der unberührten Natur zu einem Biodiversitätsverlust. Allerdings ist dieser Biodiversitätsverlust tiefer als bei anderen Landnutzungen wie z.B. Landwirtschaft oder Wohnsiedlung. Gegenüber der früheren Nutzungsform weist der Golfplatz Lausanne 59% tieferen Biodiversitätsverlust auf. ....68
- Abb. 6-16: Resultat der Ökobilanz ausgewertet mittels UBP-Methode für den Golfplatz Wylihof. Links sind in roter Farbe die Umweltbelastungen, rechts in grüner Farbe die Umweltentlastungen aufgeführt. ....69
- Abb. 6-17: Detailansicht des Resultats der Ökobilanz mittels UBP-Methode für den Golfplatz Wylihof. Rot zeigt eine Umweltbelastung und Grün zeigt eine Umweltentlastung an.....70
- Abb. 6-18: Resultat der Ökobilanz des Golfplatzes Wylihof mittels UBP-Methode als Säulendiagramm. Umweltbelastung (Footprint) sind oberhalb der Nulllinie und Umweltentlastungen (Handprint) sind unterhalb der Nulllinie.....71
- Abb. 6-19: Resultat der Ökobilanz ausgewertet mittels Treibhauspotenzial-Methode (CO<sub>2</sub>) für den Golfplatz Wylihof. Links sind in roter Farbe die Umweltbelastungen, rechts in grüner Farbe die Umweltentlastungen aufgeführt.....72
- Abb. 6-20: Detailansicht des Resultats der Ökobilanz mittels Treibhauspotenzial-Methode (CO<sub>2</sub>) für den Golfplatz Wylihof. Rot zeigt eine Umweltbelastung und Grün zeigt eine Umweltentlastung an. ...73
- Abb. 6-21: Resultat der Ökobilanz des Golfplatzes Wylihof mittels Treibhauspotenzial-Methode (CO<sub>2</sub>) als Säulendiagramm. Umweltbelastung (Footprint) sind oberhalb der Nulllinie und Umweltentlastungen (Handprint) sind unterhalb der Nulllinie.....74
- Abb. 6-22: Resultat der Ökobilanz ausgewertet mittels ILCD-Methode für den Golfplatz Wylihof. Links sind in roter Farbe die Umweltbelastungen, rechts in grüner Farbe die Umweltentlastungen aufgeführt. ....75
- Abb. 6-23: Detailansicht des Resultats der Ökobilanz mittels ILCD-Methode für den Golfplatz Wylihof. Rot zeigt eine Umweltbelastung und Grün zeigt eine Umweltentlastung an.....76

Abb. 6-24: Resultat der Ökobilanz des Golfplatzes Wylihof mittels ILCD-Methode als Säulendiagramm. Umweltbelastung (Footprint) sind oberhalb der Nulllinie und Umweltentlastungen (Handprint) sind unterhalb der Nulllinie.....	77
Abb. 6-25: Resultat der Ökobilanz ausgewertet mittels kumuliertem Energieaufwand (KEA) für den Golfplatz Wylihof. Links sind in roter Farbe die Umweltbelastungen, rechts in grüner Farbe die Umweltentlastungen aufgeführt.....	78
Abb. 6-26: Detailansicht des Resultats der Ökobilanz mittels kumuliertem Energieaufwand (KEA) für den Golfplatz Wylihof. Rot zeigt eine Umweltbelastung und Grün zeigt eine Umweltentlastung an. ...	79
Abb. 6-27: Resultat der Ökobilanz des Golfplatzes Wylihof mittels kumuliertem Energieaufwand (KEA) als Säulendiagramm. Umweltbelastung (Footprint) sind oberhalb der Nulllinie und Umweltentlastungen (Handprint) sind unterhalb der Nulllinie.....	80
Abb. 6-28: Biodiversitätsverlust regionaler Spezies der Gattung der Säugetiere, Vögel, Amphibien und Reptilien ausgewertet mit der LC-Impact Methode für die Landnutzungsform «Golf Wylihof» gegenüber dem Biodiversitätsverlust anderer anthropogener Landnutzungsformen. Golfplätze führen gegenüber dem Zustand der unberührten Natur zu einem tieferen Biodiversitätsverlust als andere Landnutzen wie z.B. die Landwirtschaft oder eine Wohnsiedlung.....	81
Abb. 6-29: Biodiversitätsverlust regionaler Spezies der Gattung der Pflanzen ausgewertet mit der LC-Impact Methode für die Landnutzungsform «Golf Wylihof» gegenüber dem Biodiversitätsverlust anderer anthropogener Landnutzungsformen. Golfplätze führen gegenüber dem Zustand der unberührten Natur zu einem tieferen Biodiversitätsverlust als andere Landnutzen wie z.B. die Landwirtschaft oder eine Wohnsiedlung.....	82
Abb. 6-30: Biodiversitätsverlust regionaler Spezies aggregiert über alle Gattungen (ohne Insekten) ausgewertet mit der LC-Impact Methode für die Landnutzungsform «Golf Wylihof» gegenüber dem Biodiversitätsverlust anderer anthropogener Landnutzungsformen. Golfplätze führen gegenüber dem Zustand der unberührten Natur zu einem Biodiversitätsverlust. Allerdings ist dieser Biodiversitätsverlust tiefer als bei anderen Landnutzungen wie z.B. Landwirtschaft oder Wohnsiedlung. Gegenüber der früheren Nutzungsform weist der Golfplatz Lausanne 59% tieferen Biodiversitätsverlust auf. ....	83
Abb. 6-31: Verbesserung der Umweltwirkung durch vermiedene Deponierung von Mischabbruch in der Schweiz (Bauschutt), Quelle: [43].....	87
Abb. 6-32: Umweltbelastungsreduktion durch Niedertemperaturasphalte, Quelle: [44].....	88
Abb. 6-33: Verbesserung der Umweltwirkung eines durchschnittlichen 18-Lochgolfplatzes heute gegenüber 1998 (BUWAL-Empfehlung Golf & Umwelt [2]). Auf einem heutigen 18-Loch Golfplatz sind die Umweltwirkungen 38% tiefer als noch vor 22 Jahren. Der grösste Beitrag kommt durch die Reduktion an Pflanzenschutz- und Düngemittel sowie von der Landnutzung & Biodiversität zustande... ..	89
Abb. 6-34: Einsparung der deutschen Flugzeugflotte von 1990 bis 2018, Quelle: [45].....	90
Abb. 6-35: Reduktion der Schweizer Siedlungsabfallwirtschaft von 1970 bis 2016. Sogar eine Netto-Umweltentlastung ist möglich. Allerdings wurde die Herstellung der entsorgten Produkte nicht miteingerechnet, Quelle: [46].....	90
Abb. 6-36: Die Umweltwirkung der Golffläche Schweiz hat seit 1998 bis 2020 abgenommen. Die damit einhergehende Umweltbelastungseinsparung beträgt 352 Milliarden UBP. ....	91

- Abb. 6-37: Ökobilanzergebnis für den Golfplatz Lausanne mittels der Methode der ökologischen Knappheit (UBP-Methode). Jede Säule stellt das Resultat der Verwendung eines anderen Basisszenarios dar. Die Netto-Umweltwirkung wird mittels rotem Strich angezeigt. Interessant ist, dass trotz unterschiedlichem Basisszenario kein relevanter Unterschied im Endergebnis festzustellen ist. Die Netto-Umweltwirkung ist bei allen Basisszenarien etwa gleich. Das Basisszenario «Hybrid» wurde im vorliegenden Bericht als Haupt-Basisszenario im Kapitel 6.1.1 verwendet, da es die Realität am besten abbildet. ....93
- Abb. 6-38: Ökobilanzergebnis für den Golfplatz Lausanne mittels der Treibhauspotenzial-Methode (CO<sub>2</sub>). Jede Säule stellt das Resultat der Verwendung eines anderen Basisszenarios dar. Die Netto-Klimawirkung wird mittels rotem Strich angezeigt. Das Basisszenario «Landwirtschaft» schneidet ökologisch am schlechtesten ab. Dies weil die Produktion und vor allem der Transport der Futter- und Lebensmittel vom Ausland in die Schweiz sehr CO<sub>2</sub>-intensiv ist. Auf der anderen Seite können Schadstoffemissionen der Landwirtschaft, die zum Anbau der Futter- und Lebensmittel verwendet werden, nicht mit der CO<sub>2</sub>-Methode abgebildet werden. Das Basisszenario «Hybrid» wurde im vorliegenden Bericht als Haupt-Basisszenario im Kapitel 6.1.2 verwendet, da es die Realität am besten abbildet. ....94
- Abb. 6-39: Ökobilanzergebnis für den Golfplatz Lausanne mittels der ILCD-Methode (EU27). Jede Säule stellt das Resultat der Verwendung eines anderen Basisszenarios dar. Die Netto-Umweltwirkung wird mittels rotem Strich angezeigt. Das Basisszenario «Landwirtschaft» schneidet ökologisch am besten ab. Dies weil die ILCD-Methode sehr sensitiv auf Schadstoffemissionen ist. Zur Produktion der Futter- und Lebensmittel werden viel Pflanzenschutz- und Düngemittel verwendet (blau gestrichelter Balken) welche dem Golfplatz als ökologische Gutschrift angerechnet werden. Die anderen Basisszenarien schneiden alle vergleichbar ab. Das Basisszenario «Hybrid» wurde im vorliegenden Bericht als Haupt-Basisszenario im Kapitel 6.1.3 verwendet, da es die Realität am besten abbildet. ....95
- Abb. 6-40: Ökobilanzergebnis für den Golfplatz Wylihof mittels der Methode der ökologischen Knappheit (UBP-Methode). Jede Säule stellt das Resultat der Verwendung eines anderen Basisszenarios dar. Die Netto-Umweltwirkung wird mittels rotem Strich angezeigt. Interessant ist, dass trotz unterschiedlichem Basisszenario kein relevanter Unterschied im Endergebnis festzustellen ist. Die Netto-Umweltwirkung ist bei allen Basisszenarien etwa gleich. Das Basisszenario «Hybrid» wurde im vorliegenden Bericht als Haupt-Basisszenario im Kapitel 6.2.1 verwendet, da es die Realität am besten abbildet. ....96
- Abb. 6-41: Ökobilanzergebnis für den Golfplatz Wylihof mittels der Treibhauspotenzial-Methode (CO<sub>2</sub>). Jede Säule stellt das Resultat der Verwendung eines anderen Basisszenarios dar. Die Netto-Klimawirkung wird mittels rotem Strich angezeigt. Das Basisszenario «Landwirtschaft» schneidet ökologisch am schlechtesten ab. Dies weil die Produktion und vor allem der Transport der Futter- und Lebensmittel vom Ausland in die Schweiz sehr CO<sub>2</sub>-intensiv ist. Auf der anderen Seite können Schadstoffemissionen der Landwirtschaft, die zum Anbau der Futter- und Lebensmittel verwendet werden, nicht mit der CO<sub>2</sub>-Methode abgebildet werden. Beim Basisszenario «Versiegelte Fläche» überkompensiert die Gutschrift der CO<sub>2</sub>-Aufnahme und -Bindung die Klimabelastungen und der Handprint wäre grösser als der Footprint. Das Basisszenario «Hybrid» wurde im vorliegenden Bericht als Haupt-Basisszenario im Kapitel 6.2.2 verwendet, da es die Realität am besten abbildet. ....97
- Abb. 6-42: Ökobilanzergebnis für den Golfplatz Wylihof mittels der ILCD-Methode (EU27). Jede Säule stellt das Resultat der Verwendung eines anderen Basisszenarios dar. Die Netto-Umweltwirkung wird mittels rotem Strich angezeigt. Das Basisszenario «Landwirtschaft» schneidet ökologisch am besten ab. Dies weil die ILCD-Methode sehr sensitiv auf Schadstoffemissionen ist. Zur Produktion der Futter- und Lebensmittel werden viel Pflanzenschutz- und Düngemittel verwendet (blau gestrichelter Balken)

welche dem Golfplatz als ökologische Gutschrift angerechnet werden. Die anderen Basisszenarien schneiden alle vergleichbar ab. Das Basisszenario «Hybrid» wurde im vorliegenden Bericht als Haupt-Basisszenario im Kapitel 6.2.3 verwendet, da es die Realität am besten abbildet. ....	98
Abb. 6-43: Ergebnis der Ökoeffizienzanalyse SEBI für Massnahmen des Golfsports im Bereich «Energie». Die Holz-Pellets Heizung, der Einbau eines Spannungsoptimierers sowie das Energie-Monitoring und –Audit schneiden in der SEBI-Analyse als sehr ökoeffizient ab.....	100
Abb. 6-44: Ergebnis der Ökoeffizienzanalyse SEBI für Massnahmen des Golfsports in den Bereichen «Landnutzung & Biodiversität» und «Wasser». Die Waschplätze, die Vernetzung von ökologischen Zonen sowie die Revitalisierung von Oberflächengewässer schneiden in der SEBI-Analyse als sehr ökoeffizient ab.....	101
Abb. 6-45: Ergebnis der Ökoeffizienzanalyse SEBI für Massnahmen des Golfsports in den Bereichen «Klima», «Mobilität», «Abfälle», «Betriebsmittel» und «Ressourcen». Das CO <sub>2</sub> -Zertifikat, elektrische Golfcarts, das Aluminiumrecycling und die Hybridrasenmäher schneiden in der SEBI-Analyse als sehr ökoeffizient ab.....	102
Abb. 6-46: Ökoeffektivität einer durchschnittlichen Schweizer Golfanlage. Die Grundlegendaten dieser Abbildung stammen aus Tabelle 6-6. ....	103
Abb. 6-47: Relative und kumulative Darstellung der Ökoeffektivität der Massnahmen im Umfeld einer durchschnittlichen Schweizer Golfanlage. Die ökoeffektivsten 10 Massnahmen bringen über 75% des Gesamtumweltnutzens ein.....	104
Abb. 6-48: Absolute und kumulative Darstellung der Ökoeffektivität der Massnahmen im Umfeld einer durchschnittlichen Schweizer Golfanlage.....	104
Abb. 13-1: Schritte einer Ökobilanz nach ISO 14'040ff [10], [22], [47]. ....	130
Abb. 13-2: Durch 4 Schritte gelangt man von der Sachbilanz (buchhalterischer Erfassung und Zusammenstellung aller Emissionen und Ressourcenverbräuche) zum Umweltindikator.....	134
Abb. 13-3: Ablauf der Bewertung bei der Ökobilanzierung mittels gesamttaggregierender Methoden [10]. ....	136
Abb. 13-4: Ablauf der Bewertung bei der Ökobilanzierung mittels der UBP-Methode [27]. ....	137
Abb. 13-5: Basisdaten aus der Ecoinvent - Datenbank. Aufgetragen sind zahlreiche Umwelteinwirkungen (z.B. 10 km Autofahren oder Herstellung 100g Rindfleisch) in UBP vs. CO <sub>2</sub> -Eq. Auf der roten Linie mit 0.5 UBP $\cong$ 1g CO <sub>2</sub> liegen Umwelteinwirkungen, die ausschliesslich klimarelevant sind. Der rote Punkt entspricht der pro Person und Jahr in der Schweiz ausgelösten Klimabelastung von 14 Tonnen CO <sub>2</sub> und der Gesamtumweltbelastung von 20 Mio. UBP. ....	140

## 12 Tabellen

Tabelle 1-1: Zusammenstellung der Umweltwirkung Golf Lausanne / Wylihof und der Durchschnitt Schweiz. ....	17
Tabelle 1-2: Umwelt- und Klimawirkung pro Tag Golf, Skifahren und Sportschiessen auf 300 Meter Distanz. Beim Sportschiessen auf 300 Meter wurde zwischen einem natürlichen Kugelfang (Erdwall) und einem künstlichen Kugelfang unterschieden.....	17
Tabelle 1-3: Bewertungs-Matrix nach dem Ampelsystem inkl. einem Ranking anhand der Gewichtung der Ökoeffizienz SEBI mit 60% und der Ökoeffektivität mit 40%. ....	24
Tabelle 1-4: Handlungsoptionen zur Kompensation der gesamten Umweltwirkung von Golf Lausanne. 55% des Footprints von Golf Lausanne könnten über Massnahmen vor Ort und 45% über CO <sub>2</sub> -Zertifikate kompensiert werden um auf null UBP zu kommen. Interessant ist, dass die Anwendung der Umweltschaden-Vermeidungspreis-Methode («Environmental Price»-Methode aus den Niederlanden) auf Golf Lausanne eine Gesamtbelastung von 175'000 Euro/a ergibt. ....	26
Tabelle 1-5: Handlungsoptionen zur Kompensation der gesamten Umweltwirkung von Golf Wylihof. 60% des Footprints von Golf Wylihof könnten über Massnahmen vor Ort und 40% über CO <sub>2</sub> -Zertifikate kompensiert werden um auf null UBP zu kommen. Interessant ist, dass die Anwendung der Umweltschaden-Vermeidungspreis-Methode «Environmental Price»-Methode aus den Niederlanden auf Golf Wylihof eine Gesamtbelastung von 345'000 Euro/a ergibt. Golf Wylihof käme mit den von uns berechneten Kosten günstiger weg als die Vermeidungskosten der niederländischen Methode ergeben. ....	27
Tabelle 5-1: Grunddaten für den Golfplatz Lausanne betreffend Mitglieder, Gäste, gespielte Runden und der daraus berechneten «Golfer-Equivalente». ....	53
Tabelle 5-2: Grunddaten für den Golfplatz Wylihof betreffend Mitglieder, Gäste, gespielte Runden und der daraus berechneten «Golfer-Equivalente». ....	53
Tabelle 6-1: Berechnung des gewichteten Mittelwerts der Umweltbelastung pro Hektare Golffläche in der Schweiz. ....	85
Tabelle 6-2: Durchschnittliche Umweltwirkung pro Golfplatz, pro Golfer/in und Jahr, pro Runde und Loch sowie pro Golfer/in und Tag. ....	85
Tabelle 6-3: Zusammenstellung der Umweltwirkung Golf Lausanne / Golf Wylihof und des Durchschnitts der Schweiz. ....	86
Tabelle 6-4: Umwelt- und Klimawirkung pro Tag Golf, Skifahren und Sportschiessen auf 300 Meter Distanz. Beim Sportschiessen auf 300 Meter wurde zwischen einem natürlichen Kugelfang (Erdwall) und einem künstlichen Kugelfang unterschieden. Die Daten für die Umweltbilanz des Skifahrens und des Sportschiessens sind in Anhang 13.4 aufgeführt. ....	86
Tabelle 6-5: Verbesserung der Umweltbilanz einer 18-Loch Golfanlage seit 1998 (Veröffentlichung "Golf: Raumplanung – Landschaft – Umwelt vom BUWAL, heute BAFU [2]). Der Umweltnutzen wird in «vermeidene Umweltbelastungspunkte pro Jahr» angegeben.....	88
Tabelle 6-6: Ökoeffektivität von Umweltmassnahmen für einen durchschnittlichen Schweizer Golfplatz. Der Umweltnutzen wurde dabei so angesetzt, dass gerade die gesamte Umweltbelastung kompensiert würde (575 Mio. UBP/a siehe dazu Tabelle 6-2).....	105
Tabelle 7-1: Bewertungs-Matrix nach dem Ampelsystem inkl. einem Ranking anhand der Gewichtung der Ökoeffizienz SEBI mit 60% und der Ökoeffektivität mit 40%. ....	108

Tabelle 7-2: Handlungsoptionen zur Kompensation der gesamten Umweltwirkung von Golf Lausanne. 55% des Footprints von Golf Lausanne könnten über Massnahmen vor Ort und 45% über CO <sub>2</sub> -Zertifikate kompensiert werden um auf null UBP zu kommen. Interessant ist, dass die Anwendung der Umweltschaden-Vermeidungspreis-Methode «Environmental Price»-Methode aus den Niederlanden auf Golf Lausanne eine Gesamtbelastung von 175'000 Euro/a ergibt. ....	112
Tabelle 7-3: Handlungsoptionen zur Kompensation der gesamten Umweltwirkung von Golf Wylihof. 60% des Footprints von Golf Wylihof könnten über Massnahmen vor Ort und 40% über CO <sub>2</sub> -Zertifikate kompensiert werden um auf null UBP zu kommen. Interessant ist, dass die Anwendung der Umweltschaden-Vermeidungspreis-Methode «Environmental Price»-Methode aus den Niederlanden auf Golf Wylihof eine Gesamtbelastung von 345'000 Euro/a ergibt. Golf Wylihof käme mit den von uns berechneten Kosten günstiger weg als die Vermeidungskosten der niederländischen Methode ergeben. ....	113
Tabelle 13-1: Datengrundlage der Berechnung der Ökoeffizienz SEBI für ausgewählte Massnahmen im Bereich des Golfsports. ....	147
Tabelle 13-2: Aufteilung der landwirtschaftlichen Nutzfläche der Schweiz gemäss [19], [55] und [56]. ....	159
Tabelle 13-3: Aufteilung der Gemüseproduktion der Landwirtschaft CH gemäss [20]. ....	160
Tabelle 13-4: Ölsaatenanbau in der Schweiz gemäss [57]. ....	160
Tabelle 13-5: Obst- und Beerenanbau Schweiz gemäss [58]. ....	161
Tabelle 13-6: Getreideflächen und Aufteilung der übrigen Getreideflächen der Schweiz sowie die Milchproduktion der Schweiz gemäss [20] und [55]. ....	161
Tabelle 13-7: Pflanzenschutzmittel in der Schweizer Landwirtschaft gemäss [19]. ....	162
Tabelle 13-8: Betriebs- und Hilfsmittel der Schweizer Landwirtschaft gemäss [55]. ....	162
Tabelle 13-9: Weitere wichtige Parameter für den ökobilanziellen Vergleich der Landnutzungsform «Golf» und «Landwirtschaft» gemäss [19], [20] und [59]. ....	163
Tabelle 13-10: Warenkorb für die durchschnittliche landwirtschaftliche Fläche in der Schweiz ausgedrückt als kg pro Hektare und Jahr an Ertrag. Die Zahlen stammen aus den Werten aus Tabelle 13-2 bis Tabelle 13-6. ....	163
Tabelle 13-11: Relevant für das Basisszenario «Landwirtschaft»: Malus für die nicht produzierten Futter- und Lebensmittel auf der Fläche des Golfplatzes Lausanne. Mittels der Fläche von Golf Lausanne und den Daten aus Tabelle 13-9 wurden diese Werte berechnet. ....	165
Tabelle 13-12: Relevant für das Basisszenario «Landwirtschaft»: Malus für die nicht produzierten Futter- und Lebensmittel auf der Fläche des Golfplatzes Wylihof. Mittels der Fläche von Golf Wylihof und den Daten aus Tabelle 13-9 wurden diese Werte berechnet. ....	167



## 13 Anhang

### 13.1 Grundlagen der Ökobilanzierung

Die Ökobilanz, auch Lebenszyklusanalyse oder life cycle assessment (LCA) genannt, ist ein Hilfsmittel zur Analyse der Umweltwirkung. Der Wortteil «Öko» steht dabei für die Umweltwirkung und der Wortteil «Bilanz» für die buchhalterische Erfassung sämtlicher Umweltwirkungen über den ganzen Lebenszyklus eines Produkts oder Prozesses in quantitativer/numerischer Form. Wichtig dabei ist, dass alle Emissionen und Ressourcenverbräuche während der Entstehung, über die eigentliche Lebenszeit bis zur Entsorgung oder Wiederverwertung in die Lebenszyklusanalyse einfließen – «von der Wiege bis zur Bahre».

#### 13.1.1 Hintergrund

Ökobilanzen werden vor allem von Industrie, Behörden und Konsumenten eingesetzt und dienen als Entscheidungshilfe bei der Priorisierung von Verbesserungsmaßnahmen oder bei der Auswahl von Produktalternativen bei der Betrachtung ökologischer Aspekte. Sie sind deshalb so beliebt, weil sie sich nicht nur auf wenige Aspekte konzentrieren, sondern ein Produkt oder eine Aktivität über den gesamten Lebenszyklus sowie sämtliche Ressourcenverbräuche, Emissionen und Umweltwirkungen quantifiziert [47].

#### 13.1.2 Vorgehen bei der Ökobilanzierung

Nachdem die Fragestellung und die zu untersuchenden Systeme definiert sind, werden die Waren-, Stoff- und Energieflüsse sowie der Ressourcenbedarf erfasst. Anschliessend werden die Auswirkungen auf die Umwelt mit Hilfe von gewählten Indikatoren, welche diese Wirkungen beschreiben, bestimmt. Mit dem Ziel, die Ergebnisse mit einer Kennzahl auszudrücken und damit die Auswertung zu ermöglichen oder zumindest zu erleichtern, kann eine Bewertung der verschiedenen Umweltauswirkungen durch eine entsprechende Gewichtung erfolgen.

Nach ISO 14'040/44 [22] und [23] umfasst eine Ökobilanz die folgenden Schritte:

- Festlegen der Zielsetzungen und Systemgrenzen (Rahmenbedingungen)
- Erfassen der relevanten Stoff- und Energieströme sowie den Ressourcenbedarf (Sachbilanz)
- Bestimmen der Auswirkungen auf die Umwelt (Wirkbilanz)
- Interpretation der Umweltauswirkungen aufgrund der Zielsetzungen (Bewertung)
- Erarbeiten von Massnahmen (Optimierung)

Bevor man mit dem eigentlichen Prozess beginnen kann, ist es essentiell, die Ziele der Ökobilanz genau zu definieren. Man muss präzise bestimmen, welche Produkte/Prozesse man vergleichen und bei welchen Strategien man nach Verbesserungspotenzial suchen möchte. Dies ist wichtig, damit die Ökobilanz transparent und damit nachvollziehbar und aussagekräftig wird.

Man teilt die Ökobilanz in 4 Hauptschritte ein, die später noch genauer besprochen werden.

- I. Ziel- und Rahmenbedingungen

- II. Sachbilanz
- III. Wirkungsbilanz
- IV. Auswertung

Wie Abb. 13-1 zeigt, ist dies kein linearer Prozess, sondern ein interaktiver Erkenntnis- und Optimierungsprozess.

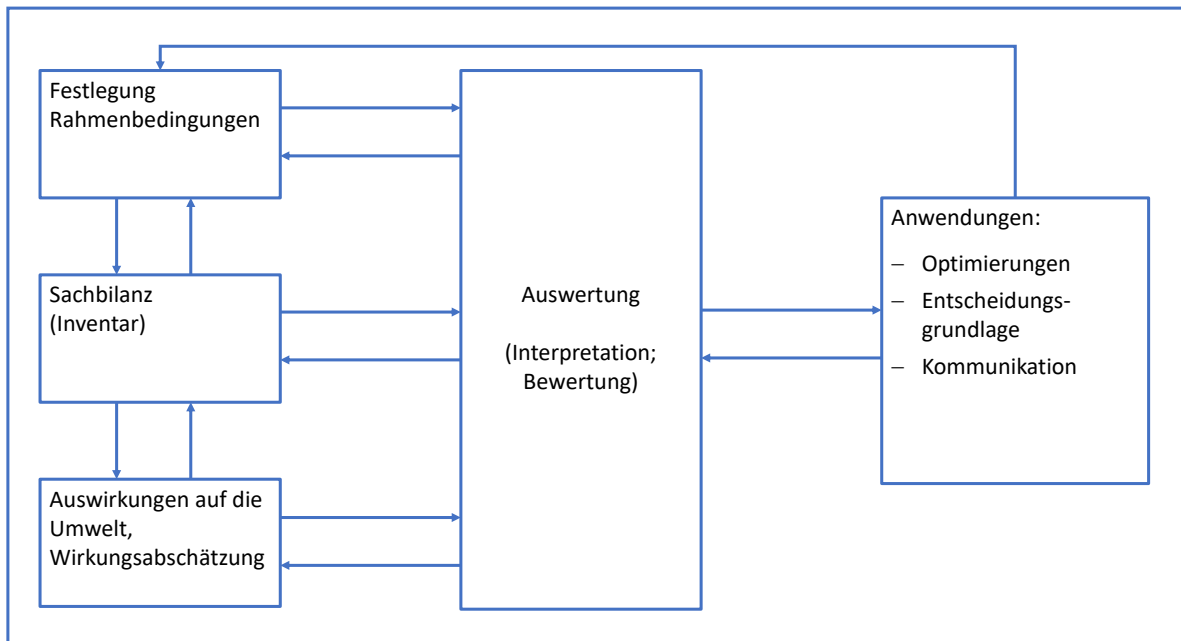


Abb. 13-1: Schritte einer Ökobilanz nach ISO 14'040ff [10], [22], [47].

Die Lebenszyklusanalyse oder Ökobilanz ist eine umfassende und aussagekräftige Methode, um die Umweltauswirkungen von Produkten und Systemen zu beurteilen<sup>1</sup>. Die Umweltwirkung im Rahmen dieses Projekts wurde daher durch eine Ökobilanz (Life Cycle Assessment, LCA) modelliert. Dabei richtete sich das Vorgehen im Wesentlichen an die Norm ISO 14'040/44 [22], [23]. Bezüglich der Verwendung von gesamtaggrierenden Bewertungsmethoden, wie dies die Umweltbelastungspunkte (UBP) sind, geht die Studie über die Norm hinaus.

### 13.1.3 Zielsetzung und Rahmenbedingungen

Die Definition der zu untersuchenden und vergleichenden Systeme hängt von der Zielsetzung bzw. Fragestellung ab. Daraus ergeben sich unterschiedliche Rahmenbedingungen und Systemgrenzen. Die Systemgrenzen definieren, welche Prozesse und vorgelagerten Prozesse berücksichtigt werden. Dabei müssen der zeitliche und geographische Rahmen der verwendeten Daten sowie die zu untersuchenden Umweltauswirkungen festgelegt werden. Dies ist der erste und sehr wichtige Schritt bei der Erstellung einer Ökobilanz.

<sup>1</sup> Zur Erfassung der Umweltwirkung eines Produkts oder System gehört die Berechnung des Verbrauchs an Energie und Ressourcen sowie die Quantifizierung der verursachten Emissionen (z.B. CO<sub>2</sub>). Im Rahmen der Ökobilanz werden diese Einflussgrößen normiert und dadurch auf einen „gemeinsamen Nenner“ gebracht, z.B. Umweltbelastungspunkte UBP.

#### 13.1.4 Funktionelle Einheit

Die funktionelle Einheit legt die genaue Menge, Zeit, Zusammensetzung etc. fest, also die spezifischen Eigenschaften der zu vergleichenden Einheiten. Diese müssen zwingend identisch sein, sonst vergleicht man Äpfel mit Birnen. Es ist sehr wichtig, die funktionellen Einheiten exakt zu definieren, um eine genaue und aussagekräftige Bilanzierung überhaupt zu ermöglichen [47].

#### 13.1.5 Systemgrenzen

Grundsätzlich wird bei der Ökobilanz der gesamte Lebenszyklus des Produkts/Prozesses betrachtet, somit würden auch die Systemgrenzen sämtliche Umweltwirkungen umfassen. Angefangen mit der Rohstoffgewinnung und den dabei verwendeten Ressourcen und erzeugten Emissionen über Transport, Produktion, Bearbeitung bis zum Recycling respektive Entsorgung. Nun kann man aber die Systemgrenzen auch enger setzen und bewusst einige Aspekte des Lebenszyklus weglassen. Das bietet sich besonders dann an, wenn die Prozesse bei den zu vergleichenden Einheiten identisch sind und somit nicht zur Entscheidung beitragen. Bei gewissen Projekten kommt es vor, dass einige Teilprozesse nicht relevant sind und somit weggelassen werden können.

Wichtig ist, dass eine genaue Dokumentation und Begründung stattfinden, wenn die Systemgrenzen verengt werden [47].

#### 13.1.6 Sachbilanz

In diesem Teil beschäftigt man sich mit Einflussgrößen, wie Emissionen, Ressourcenbedarf, verwendete Materialien und Energieträger, Entsorgungswege etc. [10]. Es geht mehrheitlich um die Zusammenstellung von Inputs und Outputs. Als Inputs gelten Material und Energie, welche in das System «hineinströmen». Outputs hingegen sind die erwünschten Produkte und unerwünschten Emissionen welche «herausströmen». Die Sachbilanz wird deshalb auch Stoffflussanalyse genannt. Dieser Schritt ist sehr aufwändig, da sehr viele Daten erfasst werden müssen, kann aber durch die Verwendung einer geeigneten Software und weitläufigen Datenbanken erheblich erleichtert werden.

Bei der Sachbilanz kommt es zur Unterscheidung zwischen Technosphäre und Biosphäre. Mit Technosphäre sind Produkte, Hilfsstoffe, Materialien, Elektrizität und Wärme gemeint. Die Biosphäre hingegen handelt von Ressourcen und Emissionen und beschreibt grundsätzlich den ganzen belebten Teil der Umwelt und spielt somit eine wichtige Rolle im Klimasystem [47].

Bis alle Stoffflüsse erfasst sind, wird dies teilweise sehr komplex, sollte aber einen Überblick über die Beziehungen der Prozesse untereinander und der einzelnen Prozesse mit der natürlichen Umwelt geben [10].

Nun werden die Daten zu allen In- und Outputs gesammelt. Verfügt das Unternehmen selbst nicht über ausreichende Daten, können häufig Behörden oder Zulieferer vorgelagerter Prozesse weiterhelfen, oder man schlägt ähnliche Prozesse in der Literatur oder in Sachbilanz-Datenbanken nach. Die wohl populärste und umfangreichste Datenbank für Ökobilanzen in Europa ist Ecoinvent [8]. Man kann Daten in XML oder Excel Formaten erhalten. Deutlich einfacher ist aber die Anwendung über die SimaPro Software, mit deren Hilfe man während der Berechnung der Ökobilanzen direkt auf Ecoinvent zugreifen kann. Findet man auch so nicht ausreichend Datenmaterial, wird mit dem «Worst case Szenario» gearbeitet. Man macht also eine konservative Abschätzung, die in die Ökobilanz einfließt, und betrachtet dann das Gesamtergebnis. Sind die geschätzten Daten nicht oder nur sehr wenig relevant für das Gesamtergebnis lässt man sie weg. Ist es aber eine ausschlaggebende Größe, müssen zusätzliche Datenerhebungen gemacht werden, um das Ergebnis zu verfeinern [47].

Nun kommen wir zurück zum eigentlichen Ziel der Sachbilanz: Das Berechnen der kumulierten Emissionen und Ressourcenverbräuche über den ganzen Lebensweg des Produkt-/Prozesssystems hinweg. Da aber das Flussdiagramm nicht selten aus mehreren hundert Einheitsprozessen besteht, wird diese Arbeit meistens von einer Software übernommen [47].

Ein weiteres Problem, was glücklicherweise auch vom Computer gelöst werden kann, sind Zirkelbezüge. Diese treten in fast jeder Sachbilanz irgendwo auf. Von einem Zirkelbezug spricht man dann, wenn z.B. zur Produktion einer Photovoltaikzelle Strom benötigt wird, der (oder Teile dessen) durch Photovoltaikzellen bereitgestellt wurde, welche in ihrer Produktion wiederum Strom verbrauchten und so weiter. Ein weiteres Beispiel für einen Zirkelbezug wäre der Ressourcenverbrauch von Stahl bei der Herstellung eines Fahrzeugs. Denn um den Stahl für das zu bauende Fahrzeug bereit zu stellen braucht es zahlreiche Fahrzeuge die den Transport und die Rohstoffgewinnung (Bergbau) generieren. Um diese Fahrzeuge herzustellen braucht es wiederum Stahl, der irgendwann gewonnen und transportiert werden musste.

Die Sachbilanz in der vorliegenden Studie wurde mit der Ökobilanz-Software SimaPro V9.1 [7] berechnet und für die Wirkbilanz verwendet. Als Datengrundlage für vorgelagerte Prozesse wurde auf Standarddaten aus Ecoinvent V3.6 [8] oder eigene Prozesse zurückgegriffen. Ecoinvent enthält das umfassendste Ökoinventar und stellt damit in der Ökobilanz-Branche die meist akzeptierteste und breitest abgestützte (ETH, PSI, EMPA, EPFL etc.) Umweltdatenbank dar. Für die Deponieemissionen von abgelagerten Materialien (Entsorgung) der Prozessvorkette wurde das Deponiemodell von Gabor Doka verwendet. Sämtliche Informationen und Modellierungsannahmen stammen aus [48] und [49]. Deponieemissionen: Es werden die kumulierten Langzeitemissionen über eine Zeitdauer von 60'000 Jahren (bis zur nächsten Eiszeit und die Deponie damit ganz zerstört wird) betrachtet. Sämtliche Informationen und Modellierungsannahmen stammen aus [50] und [51]. Ökoinventardaten für Schweiz wurden bevorzugt verwendet.

### 13.1.7 Wirkbilanz

In diesem Schritt wird die Sachbilanz bezüglich der Auswirkungen auf die Umwelt bewertet. Die Wirkungsbilanz beschreibt also den Übergang von den in der Sachbilanz berechneten Umweltbelastungen zu ihren konkreten Auswirkungen auf die Umwelt. Selbst die Beschränkung auf die wichtigsten Stoffe führt sofort zu unübersichtlichen Zahlentabellen, welche nur schwer oder gar nicht zu interpretieren sind. Zudem sind nicht die Stoffemissionen, sondern deren Auswirkungen auf die Umwelt von Bedeutung. Um diese zu bestimmen, wird folgendermassen vorgegangen:

1. Klassifizierung
2. Charakterisierung
3. Normierung
4. Gewichtung

Nachfolgend werden die einzelnen Schritte der Wirkungsabschätzung genauer erläutert:

### 13.1.8 Klassifizierung

Die relevanten Umweltwirkungen wurden in Phase 1 (Ziele und Rahmenbedingungen) bereits festgelegt. Nun geht es darum, die in der Sachbilanz ermittelten Stoff- und Energieströme diesen Wirkungsklassen zuzuordnen. Die Wirkungsklassen beschreiben die Auswirkungen auf den Menschen und die Umwelt. Es ist durchaus möglich, dass ein Stofffluss mehreren Wirkungskategorien zugeordnet wird.

Einige Beispiele häufig verwendeter Wirkungsklassen (nicht abschliessend):

- **Klimawandel:**

Verschiedene «Klimagase» wie z.B. Wasserdampf, Kohlendioxid, Methan oder Lachgas sind durch Absorption und Reflexion von Wärmestrahlung verantwortlich für den Treibhauseffekt. Solche Gase werden durch verschiedene Arten von Emissionen in die Umwelt abgegeben. Der Treibhauseffekt ist mitverantwortlich für die globale Erwärmung, die sich auf eine Vielzahl von Ökosystemen auswirkt [10], [47].

- **Ozonloch:**

Stratosphärisches Ozon ist ein natürlicher Schutz der Erde gegen UVB Strahlung. Durch verschiedene Gase wird diese Schicht zunehmend geschädigt. Der bekannteste Vertreter davon ist FCKW, wovon der Verbrauch durch das Protokoll von Montreal aber stark eingeschränkt werden konnte. Die verstärkte UVB-Strahlung hat Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit [10], [47].

- **Versauerung:**

Gelangen Schadstoffe wie Stickoxide ( $\text{NO}_x$ ) oder Schwefeloxide ( $\text{SO}_x$ ) in den Boden oder ins Wasser, lassen sie den PH-Wert sinken und führen so zu einer Versauerung. Solche Emissionen entstehen vor Allem durch den Verkehr, durch industrielle Verbrennungsprozesse und durch die Tierhaltung. Versauerung führt zur Schwermetallmobilisation und verursacht so gravierende Pflanzenschäden [10], [47].

- **Überdüngung:**

Emittierte Nährstoffe wie Stickstoff und Phosphor führen zur Überdüngung, auch Eutrophierung genannt. Sie entstehen hauptsächlich in der Landwirtschaft, durch Luftemissionen oder im Abwasser. Dies führt zu vermehrtem Pflanzenwachstum und somit zu einer veränderten Biodiversität in Oberflächengewässern, was wiederum zum Fischsterben und zur Verschlechterung der Trinkwasserqualität führt [10], [47].

- **Ressourcenknappheit:**

Fossile Ressourcen sind auf der Erde nicht unendlich vorhanden. Durch den ständigen Abbau werden nicht nur die Vorräte knapper, sondern auch die Qualität der Rohstoffe sinkt. Durch den Bergbau entstandene Umweltwirkungen werden durch andere Wirkungskategorien abgedeckt [10], [47].

- **Landverbrauch:**

Der Landverbrauch beurteilt die veränderte Nutzung eines Flächenabschnittes wie z.B. die Änderung einer naturbelassenen Zone in einen Industrie- oder Abbaubereich [10], [47].

### 13.1.9 Charakterisierung

Dabei werden die einzelnen Substanzen entsprechend ihres Schädigungspotentials bezüglich einer Leitsubstanz gegeneinander gewichtet. Daraus ergeben sich die Schädigungspotentiale bezüglich einer bestimmten Umweltauswirkung. Dies geschieht mit Hilfe von Äquivalenzfaktoren. So ist beispielsweise, wenn man den Effekt auf die Klimaerwärmung betrachtet, Methan ( $\text{CH}_4$ ) 28-mal klimaschädlicher als Kohlenstoffdioxid ( $\text{CO}_2$ ). Da  $\text{CO}_2$  in der Wirkungskategorie «Treibhausgase» als Referenzwert genommen wird, hat man es als Global-Warming-Potential (GWP) 1 definiert. Damit weiss man nun, dass  $\text{CH}_4$  ein GWP von 28 hat, da die Auswirkungen auf die Klimaerwärmung im Faktor 28 grösser sind.

### 13.1.10 Normierung

Bei der Normierung geht es um den Bezug der Gesamtwirkungen auf ein ausgewähltes Referenzsystem. Man braucht nun Referenzwerte, für die untersuchte Region. Zum Beispiel: Wie viele kg CO<sub>2</sub>-Äquivalente werden in Europa oder in einem bestimmten Land z.B. jährlich emittiert? Solche Daten sind häufig öffentlich, da sie von den zuständigen Behörden ermittelt werden.

Bei der Umweltbelastungspunkte-Methode werden für die Berechnung die aus der Sachbilanz hervorgegangenen UBP mit den tatsächlich gemessenen Werte des aktuellen jährlichen Flusses ins Verhältnis gesetzt (ein Beispiel dafür findet sich im Anhang Kap. 13.2). Was man bei der Normierung demnach bestimmt, ist wie gross die schädliche Wirkung des untersuchten Stoffes ist [47].

### 13.1.11 Gewichtung

Die Gewichtung ist kein obligatorischer Schritt, sondern wird nur bei vollaggregierenden Methoden angewendet. Man vergleicht hierbei den in der Sachbilanz gemessenen und berechneten Fluss mit z.B. einem politisch/wissenschaftlich definierten Grenzwert und bekommt somit ein Verhältnis. Diese «Zielwerte» werden auch als «kritischer Fluss» (siehe Beispiel zu UBP im Anhang in Kap. 13.2) bezeichnet. Bis zur Gewichtung ist die gesamte Ökobilanz wissenschaftlich fundiert und somit objektiv. Die Gewichtung hingegen ist immer, mindestens teilweise subjektiv. Diese Subjektivität kann sich entweder in der Einbindung durch Fachliteratur, Expertenbefragungen oder der Politik äussern, ist also mit einer Wertung verbunden [47].

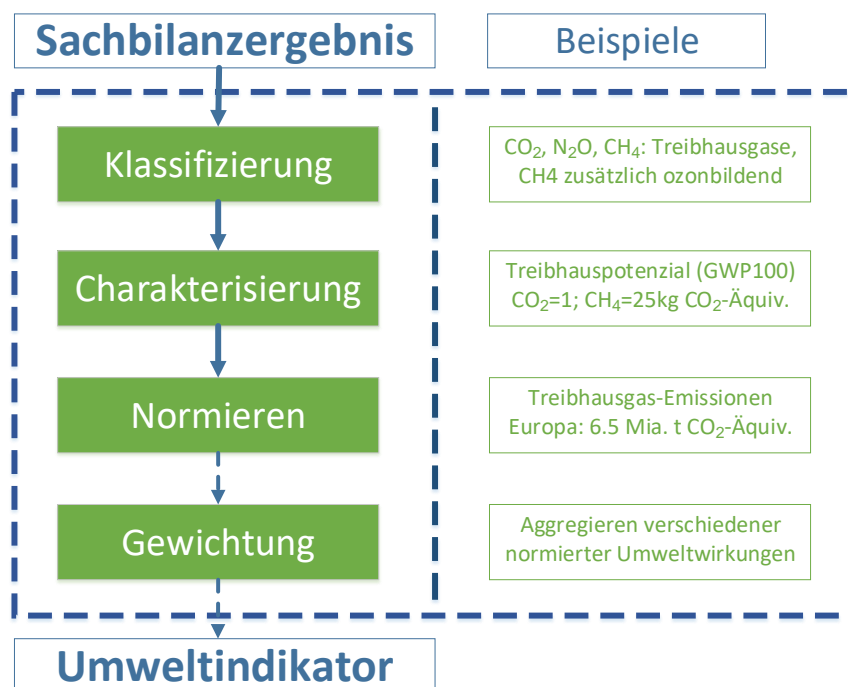


Abb. 13-2: Durch 4 Schritte gelangt man von der Sachbilanz (buchhalterischer Erfassung und Zusammenstellung aller Emissionen und Ressourcenverbräuche) zum Umweltindikator.

### 13.1.12 Wirkungsabschätzungsmethoden

Es gibt verschiedene Methoden zur Ökobilanzierung die, je nach Aufgabenstellung, mehr oder weniger geeignet sind um den Einfluss einer umweltrelevanten Tätigkeit abzubilden.

Indikatoren der Wirkungsbilanz wie z.B. das Treibhauspotential oder der kumulierte Energieaufwand (KEA), decken jeweils nur einen Teilbereich der gesamten Umweltauswirkungen ab. Erst die Berücksichtigung der verschiedenen Auswirkungen gibt jedoch ein umfassendes Bild der ökologischen Auswirkungen. Die Berechnung dieser Indikatoren basiert auf wissenschaftlichen Modellen, daher haben diese Indikatoren, auch wenn sie nur einen Teil der Wirkungen abbilden, eine hohe Akzeptanz.

Ein Interpretationsproblem besteht, wenn die verschiedenen Auswirkungen unterschiedliche Schlüsse zulassen. So kann zum Beispiel ein untersuchtes Produkt wesentlich geringere Auswirkungen auf das Klima haben als ein anderes, jedoch viel grössere Auswirkungen auf die Gewässer und es stellt sich die Frage, was bei den untersuchten Produkten oder Systemen entscheidend ist. Problematisch dabei ist, dass die Ergebnisse der verschiedenen Wirkkategorien nicht direkt miteinander verglichen werden können. Einerseits sind die Einheiten und damit die Dimensionen unterschiedlich und andererseits wird keine Aussage gemacht, wie problematisch die betreffende Wirkung relativ zur anderen ist.

Um schlussendlich einen eindimensionalen und aussagekräftigen Wert der Umweltwirkung zu erhalten, wird die Wirkungsbilanz mit einer vollaggregierten Methode durchgeführt. Als vollaggregierte Wirkungsbilanzmethoden wurde die ILCD-Methode «International Reference Life Cycle Data System» (Ökobilanzierungsmethode der European Commission – Joint Research Center) als Haupt- und die schweizerische UBP-Methode, auch bekannt als „Methode der ökologischen Knappheit 2013“, als zweite gesamttaggregierte Nebenmethode berücksichtigt. Zusätzlich wurde die Wirkungskategorie „Treibhauspotential“, auch als „CO<sub>2</sub>-Äquivalente“ bekannt, und der kumulierte Energieaufwand KEA betrachtet.

Die Methode der ökologischen Knappheit erwies sich in diversen Studien der UTech AG als die geeignetste, da sie gesellschaftspolitische Ziele der Schweiz in der Gewichtung miteinbezieht und somit repräsentativ ist für die Politik in der Schweiz. Zudem wurde dieser Methode vom Bundesamt für Umwelt (BAFU) eine Schlüsselrolle im Bereich der Entscheidungsunterstützung für umweltrelevante Fragestellungen zugeordnet [24].

Da die Bewertung der verschiedenen Umweltauswirkungen von Wertmassstäben abhängig ist, werden diese gesamttaggregierenden Methoden teilweise abgelehnt, z.B. auch von der ISO Norm 14'040 für Vergleiche, welche für die Öffentlichkeit bestimmt sind. Dabei ist zu beachten, dass auch die Auswahl der Umweltauswirkungen subjektiv ist. Falls nur ein Teil der Auswirkungen, z.B. kumulierter Energieaufwand (KEA) und Treibhauspotential betrachtet werden, kommt dies einer Gewichtung der anderen Auswirkungen mit null gleich. Die Betrachtung der einzelnen Wirkkategorien kann durchaus hilfreich sein, z.B. zur Ermittlung der Ursachen von spezifischen Auswirkungen und Erarbeitung von möglichen Optimierungspotentialen. Als Entscheidungsgrundlage oder für die Betrachtung der gesamten Umweltauswirkungen dürfen jedoch nicht einzelne Umweltaspekte ausgeklammert werden. Dafür sind gesamttaggregierende Bewertungsmethoden nicht nur hilfreich, sondern notwendig [25]. Betreffend der Verwendung der gesamttaggregierenden Methoden richtet sich die vorliegende Studie nicht nach der ISO Norm 14'040 [22], sondern geht über diese hinaus. Die Verwendung verschiedener Bewertungsmethoden erlaubt es, die Aussagekraft der Resultate abzusichern.

Wichtig: Die Wirkungskategorie der ökologischen Knappheit ist nicht durch das Regelwerk dieser ISO-Norm abgedeckt. Sie ist aber in der Schweiz sehr gut etabliert und soll bei der Übernahme der EN 17472 ins Schweizer Normenwerk zukünftig im nationalen Vorwort ausdrücklich als zulässiges Bewertungsverfahren benannt werden.

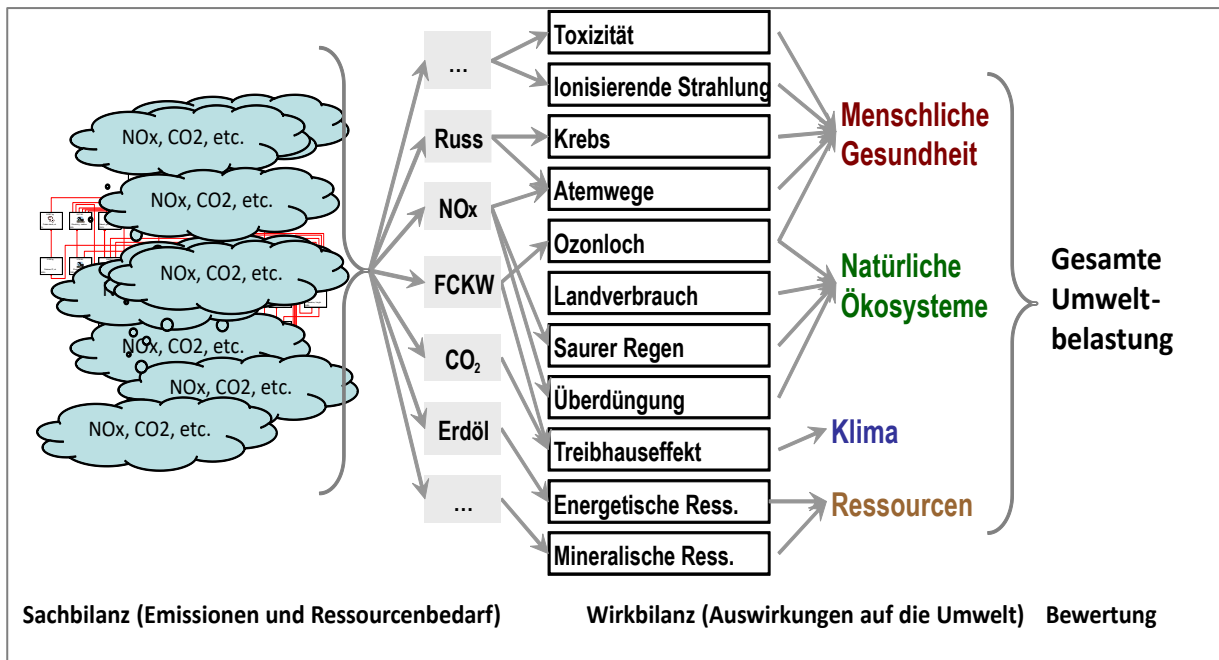


Abb. 13-3: Ablauf der Bewertung bei der Ökobilanzierung mittels gesamttaggregierender Methoden [10].

In der vorliegenden Studie wurden folgende Methoden der Ökobilanzierung verwendet:

#### 13.1.12.1 Methode der ökologischen Knappheit 2013 (Umweltbelastungspunkte – UBP)

Diese Methode wurde mit dem Ziel entwickelt, die verschiedenen Umweltauswirkungen zu einer einzigen Kenngrösse (Umweltbelastungspunkte) zusammenzufassen. Es handelt sich um eine Stoffflussmethode, bei der neben den bereits bestehenden Belastungen die umweltpolitischen Ziele der Schweiz berücksichtigt werden. Je grösser die Umweltbelastung eines Produktes ist, desto mehr Umweltbelastungspunkte erzeugt seine Bewertung. Diese Ökobilanzierungsmethode beruht auf dem Vergleich der aktuellen Belastung der Umwelt (aktueller Fluss, «Ist-Menge») mit der gesellschaftspolitisch als zulässig angesehen Belastung (kritischer Fluss, «Toleranzmenge»). Das Verhältnis von aktuellem zu kritischem Fluss resp. der «Ist-Menge» zur «Toleranzmenge» wird als ökologische Knappheit bezeichnet. Diese Methode wird auch Umweltbelastungspunkte-Methode (kurz UBP-Methode) genannt. Denn diese Ökobilanzierungsmethode berücksichtigt eine grosse Anzahl an Wirkungskategorien, welche anhand einer Gewichtung, basierend auf politischen Zielen der Schweizer Umweltgesetzgebung abgestützt, ein gesamttaggregiertes eindimensionales Ergebnis in der Einheit Umweltbelastungspunkte UBP liefert [26].

Ein Vorteil dieser Methode liegt in der Erfassung des Effekts von Schadstoffemissionen in die Umwelt. In der Schweiz gilt die UBP-Methode als Standard bei Ökobilanzen [24], [21], [27]. Sie wurde im Auftrag des BAFU erarbeitet und gilt auch besonders hilfreich als Entscheidungsgrundlage in verschiedenen Geschäftsbereichen privatwirtschaftlicher Unternehmen.



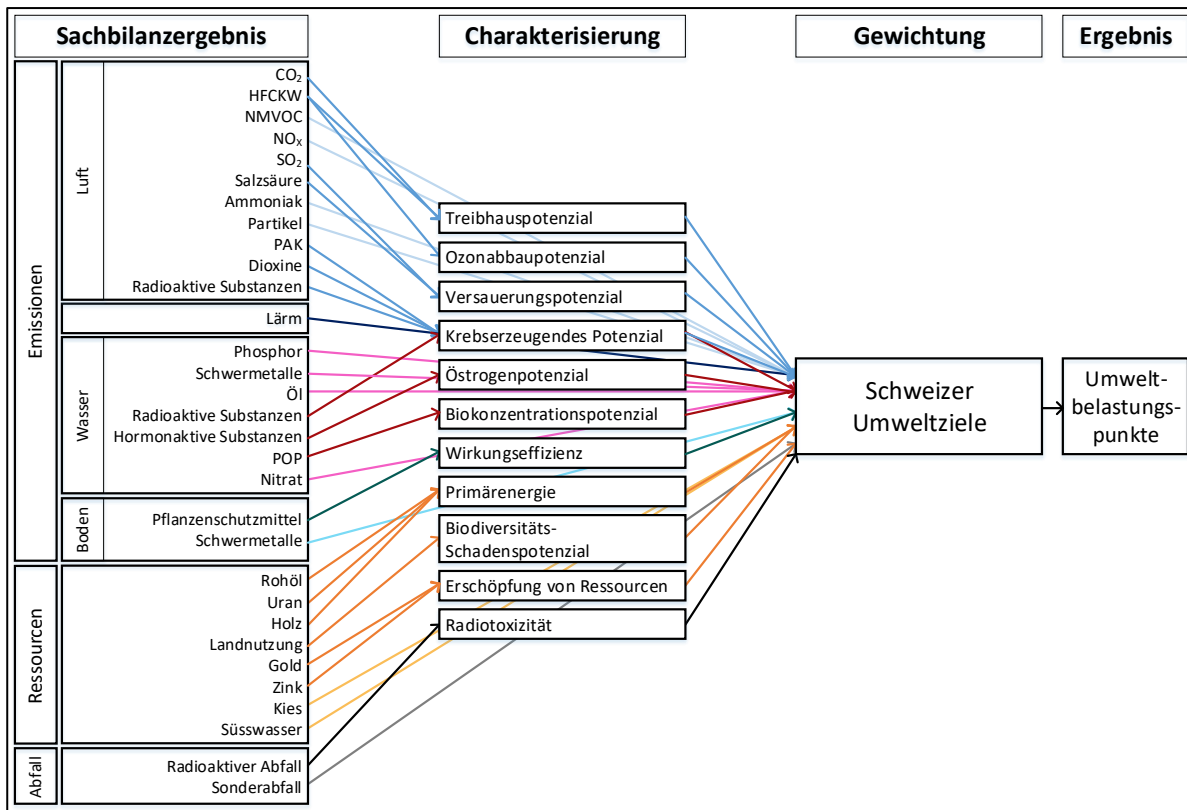


Abb. 13-4: Ablauf der Bewertung bei der Ökobilanzierung mittels der UBP-Methode [27].

### 13.1.12.2 ILCD

Das ILCD (International Reference Life Cycle Data System) Handbook [28] basiert auf den ISO Standards 14'040/44 und liefert Empfehlung für Behörden und Unternehmen hinsichtlich Ökobilanzdaten, -methoden- und -bewertungen mit hoher Qualität und Konsistenz. Die Empfehlungen beinhalten eine Auswahl von 16 Wirkkategorien, basierend auf aktuellen und neuesten Erkenntnissen. ILCD v1.04 beinhaltet auch einen Normalisierungs- und optionalen Gewichtungsschritt. Für die Gewichtung wurde der Vorschlag einer Studie des Joint Research Center der Europäischen Kommission in Konformität der EU27 verwendet [29]. Die ILCD v1.04 wurde in dieser Studie als Hauptmethode für die Gesamtumweltbelastung angewendet. Das Ergebnis liegt gesamt aggregiert (Endpoint-Auswertung) als ILCD-Punkte, abgekürzt = ILCD-Pts vor. Teilweise sind die berechneten Ökobilanzresultat-Werte auf der absoluten Skala relativ klein und werden zwecks besserer Lesbarkeit als «mILCD-Pts» (Milli-Points, Tausendstel-Punkte) oder «µILCD-Pts» (Mikro-Points, Millionstel-Punkte) angegeben.

### 13.1.12.3 Treibhauspotenzial (Methode der CO<sub>2</sub>-Equivalenten)

Diese Umweltwirkungskategorie berücksichtigt nur klimaschutzrelevante Emissionen eines Produktes oder Prozesses über den gesamten Lebenszyklus. Die Bewertung wird anhand eines Charakterisierungsfaktors in kg CO<sub>2</sub>-Equivalenten vorgenommen. Das Treibhausgas Methan ist rund 28mal klimaschädlicher als das Treibhausgas Kohlenstoffdioxid und wird daher mit dem Charakterisierungsfaktor 28 verrechnet. Ein Kilogramm Methan entspricht damit an 28 kg CO<sub>2</sub>-Equivalenten. Diese Methode des Treibhauspotenzials wird im angrenzenden Ausland häufig verwendet. Schadstoffemissionen lassen sich mit dieser Methode nur ungenügend abbilden (toxizitätsrelevante Schadstoffemissionen in Luft, Wasser und Boden lassen sich nur ungenügend bis gar nicht abbilden) [30], [31].

#### 13.1.12.4 Kumulierter Energieaufwand (KEA)

Diese Ökobilanzierungsmethode beruht auf der systematischen Erfassung des gesamten Energieaufwands entlang des Lebenszyklus inkl. der Grauennergie aus der Vorkette von Produkten oder Prozessen. Dabei werden Energieflüsse aus erneuerbaren und nichterneuerbaren Quellen erfasst. Das Ergebnis der Ökobilanz wird bei der Methode des kumulierten Energieaufwands als MJ-Oil-eq («equivalents» = MJ Öl-Equivalente) ausgegeben. Eine MJ Oil-eq bildet, analog zur Methode der Treibhausgase (kg CO<sub>2</sub>-eq), die Basislinie zur Umrechnung der verschiedenen Energiequellen auf einen gemeinsamen Nenner.

#### 13.1.13 Auswertung

Bei der Auswertung kombiniert man die Ergebnisse der Sach- und Wirkungsbilanz. Man kann Schlussfolgerungen ziehen und Empfehlungen an die Organisation geben, von der die Ökobilanz erstellt wurde.

Bei der Interpretation sollte man folgende drei Punkte abdecken.

- Identifikation von «Hot-spots», bei welchen es sich um Emissionen, einzelne Prozessstufen oder Ressourcenverbräuche handelt. «Hot-spots» stellen die Punkte dar, bei denen es den grössten Handlungsbedarf gibt.
- Die Ökobilanz sollte auf ihre Konsistenz, Vollständigkeit und Sensitivität evaluiert werden.
- Aus den Schlussfolgerungen sollten Empfehlungen hervorgehen, wie man die detektierten «Hot-spots» bearbeiten kann, um die Ökobilanz zu verbessern.

#### 13.1.14 Modellierungsansatz

In der Ökobilanz können verschiedene Systemmodelle und die damit verbundenen Modellierungsansätze zum Einsatz kommen. In der vorliegenden Studie wurde das Systemmodell mit der Bezeichnung «Cut-off-Approach» und der Modellierungsansatz «Recycled Content» verwendet. Dieses Systemmodell macht eine klare Trennung («Cut-off») im Recyclingzyklus am Punkt, an dem ein Material am Ende seiner Gebrauchsphase der Recyclingsammlung zugeführt wird. Alle darauffolgenden Prozesse werden dem neuen Recyclingprodukt zugeschrieben. Die vorgängigen Prozesse inklusive der Entsorgung (falls nicht das gesamte Material dem Recycling zugeführt wird) werden dem vorgängigen Produkt zugeordnet. Da die Handhabung und die klare Zuordnung sehr einfach sind, wurden zur Modellierung in SimaPro, Ecoinvent Prozesse mit dieser Allokationsmethode (mit „Alloc Rec“ Bezeichnung) verwendet [8], [7]. Ausserdem unterstützt der Recycled Content Ansatz die Perspektive des Abfallmanagements und begünstigt einen Markt für rezykliertes Material. Zudem geht dieser Allokationsansatz davon aus, dass rezykliertes Material ein guter Indikator für den Umweltnutzen darstellt. Durch die Anwendung des «Recycled Content Approach» werden Umwelteinwirkungen, die durch die Gewinnung und Aufbereitung von Primärressourcen verursacht werden, auch jenen Primärressourcen zugeordnet. Die zweite Verwendung dieser Ressourcen umfasst die Sammlung, die Aufbereitung und die Veredelung der rezyklierbaren Materialien (z.B. Metallschrott), was nun den Sekundärressourcen zugeordnet wird. Dieser Ansatz ordnet Umwelteinwirkungen, die heute auftreten, den heutigen Produkten zu. Somit lassen sich Umwelteinwirkungen nicht auf zukünftige Generationen verschieben [52].

Grundsätzlich ist die Wahl des Allokationsansatzes vom Verhalten der Märkte für die Materialien abhängig. Dabei wird berücksichtigt, dass in wachsenden oder gleichbleibenden Märkten mit einer wachsenden Nachfrage nach Materialien und Recyclingprodukten der «Recycled Content Approach» die Systeme am besten abbildet, beziehungsweise Anreize schafft, möglichst viel dem Recycling zuzuführen. Für sämtliche in dieser Studie betrachteten Materialien und Prozesse wurde in der Ökobilanzsoftware SimaPro mit dem Systemmodell „Recycled Content Ansatz“ gerechnet.

### 13.2 Umrechnung UBP zu CO<sub>2</sub>-Eq

Einflüsse auf die Klimaerwärmung werden in Ökobilanzen üblicherweise in "CO<sub>2</sub>-Equivalenten" CO<sub>2</sub>-Eq bewertet. Eine Tonne emittiertes Methan hat beispielsweise den gleichen Einfluss auf die Klimaerwärmung wie 28 Tonnen Kohlendioxid, CO<sub>2</sub>. Dieser Zusammenhang eröffnet die Möglichkeit einer Emissions-Kompensation mittels Klimazertifikaten. Wenn durch eine Umweltmassnahme z.B. eine Tonne Methan aus der Luft entfernt wird, dann hat dies den gleichen Nutzen für die Umwelt, wie die Entfernung von 28 Tonnen CO<sub>2</sub>. Für die Entfernung einer Tonne Methan kann man daher eine ökologische Gutschrift für 28 Tonnen CO<sub>2</sub>-Eq geltend machen. Diese Gutschrift kann man dann z.B. jemandem verkaufen, der 28 Tonnen Kohlendioxid emittiert und diese Emission "kompensieren" möchte. Zwar werden 28 Tonnen CO<sub>2</sub> physisch in die Luft emittiert, diese werden aber durch die Entfernung von einer Tonne Methan aus der Luft gerade kompensiert, sodass der gesamte Vorgang "klimaneutral" ist.

Allerdings gibt es ausser den klimarelevanten Auswirkungen auch Umweltschädigungen in anderen Wirkungskategorien, wie beispielsweise Humantoxizität, Freisetzung von Radioaktivität und Gewässerüberdüngung. Eines der grössten globalen Umweltprobleme ist die Freisetzung von Schadstoffen durch die Gewinnung von Metallen aus Erzen. Diese Problematik bildet sich allerdings in CO<sub>2</sub>-Bilanzen nur sehr unzureichend ab, denn die Emission von Arsen, Blei oder Cadmium in Boden, Wasser oder Luft ist zwar sehr umweltschädlich, aber klimaneutral. Falls derartige Schadstoffemissionen in der Schweiz freigesetzt werden, greift immerhin unsere Gesetzgebung. Was aber, wenn wir die Emissionen von Schadstoffen in die Erzeugerländer "outsourcen", also z.B. Metalle einkaufen, die in Schwellenländern unter katastrophalen Umweltbedingungen produziert wurden? Ohne Frage tragen wir als Konsumenten von Produkten, die in Schwellenländern hergestellt wurden, eine Mitverantwortung für den mit der Herstellung dieser Güter verbundenen Umweltschaden. Es wäre sinnvoll und wünschenswert alle durch unser Konsumverhalten indirekt entstandenen Schädigungen der Umwelt zu kompensieren, und nicht nur die klimarelevanten Emissionen. Hierfür gibt es jedoch bislang keinen Mechanismus.

Ausgangspunkt für die weiteren Überlegungen ist die in der Schweiz bevorzugte Ökobilanzierungsmethode der "ökologischen Knappheit". Bei dieser "vollaggregierenden Methode" werden umweltschädigende Einflüsse in zahlreichen Wirkungskategorien durch "Umweltbelastungspunkte" UBP bewertet. Die UBP aller Wirkungskategorien werden dann gewichtet und zusammengezählt: je höher das Ergebnis, desto schlechter für die Umwelt. Zur Beurteilung der Frage, ob das Heizen mit Öl oder mit Gas besser ist, ist auch bei der Methode der ökologischen Knappheit praktisch nur die Wirkungskategorie "Klima" relevant. Die Gasheizung ist ökologisch etwas besser, da sie pro kWh Heizenergie etwas weniger CO<sub>2</sub> emittiert als die Ölheizung. Der Vorteil der Gasheizung kann sowohl in Umweltbelastungspunkten als auch in CO<sub>2</sub>-Equivalenten ausgedrückt werden. Hieraus ergibt sich, dass ungefähr  $0.5 \text{ UBP} \cong 1 \text{g CO}_2\text{-Eq}$  (rote Linie in Abb. 13-5).

Die durchschnittliche CO<sub>2</sub>-Emission beträgt in der Schweiz pro Person und Jahr etwa 14 Tonnen CO<sub>2</sub>. Dies ergibt mit dem oben genannten Umrechnungsfaktor 7 Millionen UBP. Der gesamte Umweltschaden pro Person und Jahr beträgt in der Schweiz jedoch etwa 20 Millionen UBP [14] und ist folglich etwa drei Mal so hoch, wie der klimarelevante Umweltschaden allein. Mit andren Worten: durch Beschränkung auf Klimaziele sind

wir punkto Verbesserung unserer Umwelt weitgehend auf Massnahmen limitiert, die nur ein Drittel der von uns ausgelösten Umweltschädigungen betreffen.

Bei einer umweltrelevanten Tätigkeit, die ausschliesslich die Wirkungskategorie "Klima" betrifft, entspricht 1 UEq gerade etwa 2t CO<sub>2</sub>-Emission (wegen 0.5 UBP ≅ 1g CO<sub>2</sub>-Eq). Der Umweltimpact einer Tätigkeit, der andere Wirkungskategorien als das Klima betrifft, kann nun ebenfalls in Vielfachen von CO<sub>2</sub>-Eq ausgedrückt werden.

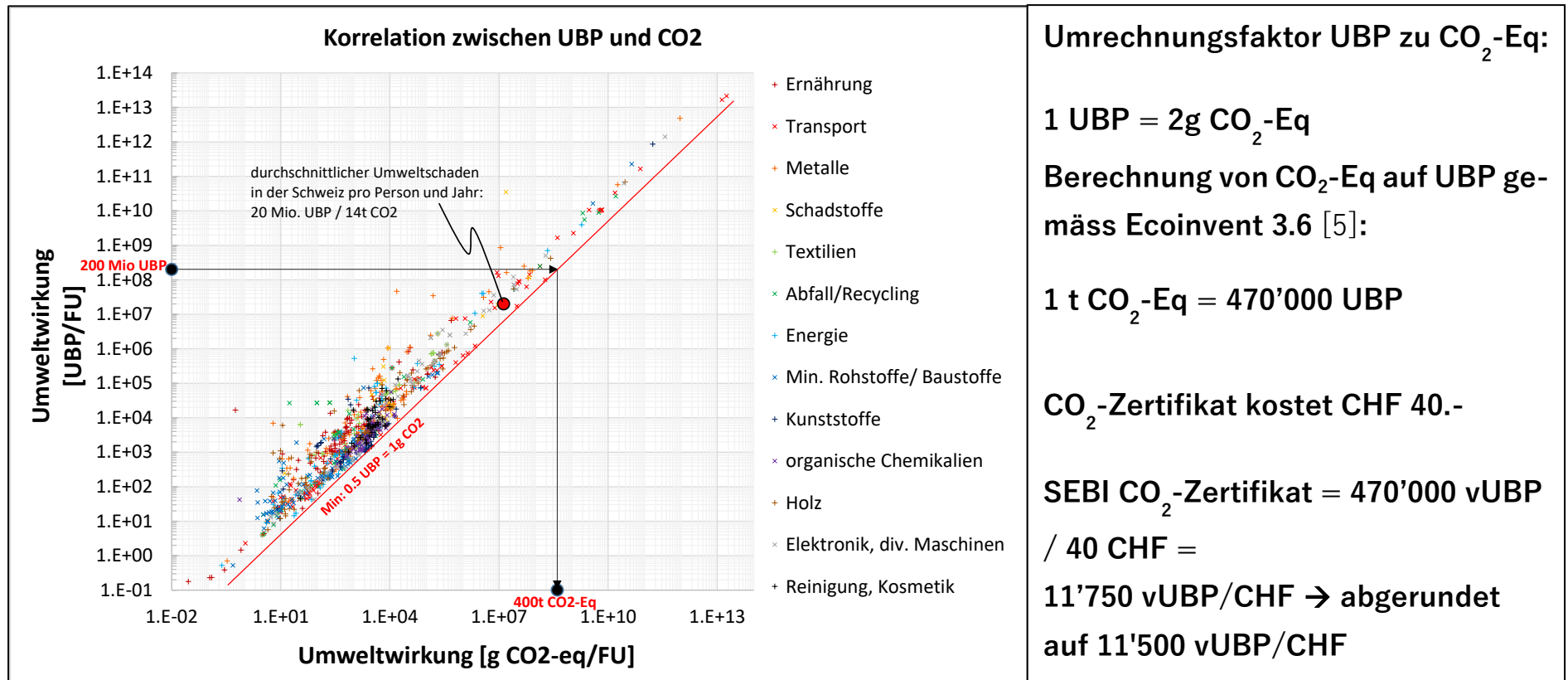


Abb. 13-5: Basisdaten aus der Ecoinvent - Datenbank. Aufgetragen sind zahlreiche Umwelteinwirkungen (z.B. 10 km Autofahren oder Herstellung 100g Rindfleisch) in UBP vs. CO<sub>2</sub>-Eq. Auf der roten Linie mit 0.5 UBP ≅ 1g CO<sub>2</sub> liegen Umwelteinwirkungen, die ausschliesslich klimarelevant sind. Der rote Punkt entspricht der pro Person und Jahr in der Schweiz ausgelösten Klimabelastung von 14 Tonnen CO<sub>2</sub> und der Gesamtumweltbelastung von 20 Mio. UBP.

*Beispiel 1: Die Umweltbelastung, die durch die Emission von 1 kg Quecksilber in die Luft ausgelöst wird, beträgt rund 200 Mio. UBP, also 200 UEq. Der gleiche Schaden für die Umwelt insgesamt würde durch die Emission von  $200 \text{ UEq} / 0.5 \hat{=} 400$  Tonnen  $\text{CO}_2\text{-Eq}$  ausgelöst (obwohl der Schaden durch die Quecksilberemission für das Klima null beträgt). Würden umgekehrt Massnahmen ergriffen, welche die Emission von 1kg Quecksilber in die Luft reduzieren oder rückgängig machen, wird zwar kein Nutzen für das Klima erzielt, aber ein Nutzen für die Umwelt insgesamt vergleichbar mit der Vermeidung von 400 Tonnen  $\text{CO}_2\text{-Eq}$ . Dieser Nutzen könnte nun zur Erstellung von UEq-Zertifikaten benutzt werden.*

*Beispiel 2: Umweltschaden pro Bürger und Jahr in der Schweiz. So wie oben für das Beispiel Quecksilber gezeigt, kann ausgerechnet werden, dass die jährlich pro Bürger ausgelösten 20 Mio. UBP einer Umweltbelastung von 40t  $\text{CO}_2\text{-Eq}$  entsprechen ( $20 \text{ Mio. UBP} / 0.5 \hat{=} 40 \text{ Mio. g } \text{CO}_2\text{-Eq}$ ). Tatsächlich werden jedoch nur 14 t  $\text{CO}_2\text{-Eq}$  emittiert. Folglich ist nur etwa ein Drittel (14t/40t) der von uns ausgelösten Gesamt-Umweltschädigung der Klimaerwärmung zuzuschreiben.*

Dieser Mechanismus ist etwa vergleichbar mit der Leistungsdeklaration eines Motors in "Pferdestärken" PS, obwohl der betreffende Motor nicht physisch von Pferden angetrieben wird. Die Argumentation ist im Wesentlichen auch analog zur Definition von "CO<sub>2</sub>-Equivalenten". Methan ist zwar "physisch" ein anderer Stoff als CO<sub>2</sub>, aber die Wirkung auf das Klima ist, nach entsprechender Gewichtung, gleich. Diese Argumentation führt der von uns vorgeschlagene Mechanismus weiter. Die Vermeidung von 400 Tonnen CO<sub>2</sub> Emission hat die gleiche Wirkung auf die Gesamtumwelt wie die Vermeidung von 1 kg Quecksilberemission in die Luft.

### **13.3 Erklärung der Umweltbelastungspunkte am Beispiel der Abfallverbrennung**

In der Schweiz geschehen die vier Schritte der Ökobilanz (Klassifizierung, Charakterisierung, Normierung und Gewichtung) meistens basierend auf der Methode der ökologischen Knappheit, auch Umweltbelastungspunkte UBP genannt. Dabei werden die verschiedenen Umweltwirkungen (Emissionen, Land- und Ressourcenverbräuche) auf einen «Nenner» gebracht um sie so vergleichbar zu machen.

Um also die grosse Menge an Umweltwirkungen, die man aus der Sachbilanz erhält, anschaulich zu gestalten, bildet man Wirkungsklassen, die verschiedene Emissionen und Ressourcenverbräuche in eine umweltschädigende Wirkung zusammenfasst. Mit der UBP-Methode werden die einzelnen Klassen gegeneinander gewichtet. Die Gewichtung funktioniert durch Multiplikation mit entsprechenden Ökofaktoren. Anhand eines Beispiels soll das Konzept der Ökofaktoren der UBP-Methodik erläutert werden.

Der Ökofaktor kann mit folgender Formel berechnet werden:

$$\text{Ökofaktor} = \underbrace{K}_{\text{Charakterisierung (optional)}} \cdot \underbrace{\frac{1 \cdot \text{UBP}}{F_n}}_{\text{Normierung}} \cdot \underbrace{\left(\frac{F}{F_k}\right)^2}_{\text{Gewichtung}} \cdot \underbrace{c}_{\text{Konstante}}$$

K = Charakterisierungsfaktor eines Schadstoffs bzw. einer Ressource

F<sub>n</sub> = Normierungsfluss: Aktueller jährlicher Fluss, bezogen auf die Schweiz

F = Aktueller Fluss: Aktueller jährlicher Fluss, bezogen auf das Referenzgebiet

F<sub>k</sub> = Kritischer Fluss: Kritischer jährlicher Fluss, bezogen auf das Referenzgebiet

c = Konstante (1012/a): Dient dazu, einfach darstellbare Zahlengrößen zu erhalten.

UBP = Umweltbelastungspunkt: Einheit der bewerteten Umweltwirkung

In unserem Beispiel berechnen wir den Ökofaktor des in der Schweiz jährlich emittierten CO<sub>2</sub>. Dazu brauchen wir den Normierungsfluss, der in der Schweiz im Jahr 2009: 53'040'000t betrug. Der Charakterisierungsfaktor von Kohlenstoffdioxid beträgt immer 1, da CO<sub>2</sub> gerade die Referenzsubstanz darstellt.

Für die Gewichtung braucht man den aktuellen gemessenen Wert bezogen auf ein Referenzgebiet und einen bestimmten Zeitraum. Da wir den gemessenen Wert über das Jahr 2009 in der Schweiz betrachten, entspricht in unserem Fall der aktuelle Fluss gleich dem Normierungsfluss. Dies ist aber nicht immer so. Der kritische Fluss bezeichnet einen festgesetzten Sollwert, also den angestrebten Bereich in welchem der Fluss sich befinden soll. In unserem Fall ist das 10'766'000t. Dieser Wert bezieht sich auf das internationale Klimaabkommen von 1990, wo die Reduktion der Treibhausgas-Emissionen um 80% beschlossen wurde. Diese Zielsetzung wurde auch in der Schweiz übernommen und soll hierzulande bis 2050 erreicht werden.

Der letzte erforderliche Wert ist die Konstante c. Sie beträgt 10<sup>12</sup> und dient dazu, den Ökofaktor auf eine umgängliche Grösse zu bringen. Nun braucht man die Werte nun noch in die Gleichung einzusetzen und kann den Ökofaktor berechnen [26].

$$\text{Ökofaktor } CO_2 = 1 * \frac{1 * \text{UBP}}{53040 * 10^9} * \left(\frac{53040 * 10^9 g}{10766 * 10^9 g}\right)^2 * 10^{12} = 0.46 \frac{\text{UBP}}{gCO_2}$$

Auf die gleiche Weise kann man auch den Ökofaktor für die Emission der stark kanzerogene Stoffklasse der Dioxine und Furane berechnen. Insgesamt gibt es 76 Dioxine und 135 Furane. Sie kommen stets als Mischung aus den verschiedenen Einzelsubstanzen, die als Summenparameter «Dioxine und Furane» vor und werden in internationalen Toxizitäts-Equivalenten (I-TEQ) ausgewiesen. Sie entstehen in technischen, aber auch in natürlichen Verbrennungsprozessen bei Anwesenheit von Chlor.

In diesem Fall sind die Daten in der Einheit CTUh (Comparative Toxic Unit for humans) angegeben. Diese Einheit bezieht sich nicht auf einen Referenzstoff, sondern ausschliesslich auf den Einfluss auf die menschliche Gesundheit, genauer bezieht es sich auf die Zahl der aufgrund der untersuchten Emission erkrankten Menschen pro Masseneinheit.

Da sich die Einheit der CTUh aber aus der Gleichung herauskürzt erhält man das Resultat dennoch in UBP/g und es ist somit vergleichbar mit z.B. unserem 1. Beispiel.

Der Kritische Fluss wurde definiert, nachdem man seit 2006 die Emissionen von 68g I-TEQ/a auf 14g I-TEQ/a verringert. Das neue schweizerische Ziel ist nun bis 2020 nur noch 9.95g I-TEQ/a zu emittieren. Das entspricht 0.578 CTUh.

$$\text{Ökofaktor Dioxine + Furane} = 29 \frac{\text{CTUh}}{\text{kg}} * \frac{1 * \text{UBP}}{0.9\text{CTUh}} * \left( \frac{0.9\text{CTUh}}{0.578\text{CTUh}} \right)^2 * 10^{12} = 7.9 * 10^{10} \frac{\text{UBP}}{\text{g}}$$

Aus den Ökofaktoren können nun auch die UBP berechnet werden. Dafür gehen wir davon aus, dass schweizweit alle 30 KVA zusammen eine jährliche Fracht von ca. 1'000'000 t emittieren. Multipliziert man die jährliche Fracht der KVA mit dem Ökofaktor für CO<sub>2</sub> erhält man die schweizweite, jährliche CO<sub>2</sub>-Belastung durch Kehrrechtverbrennungsanlagen.

$$\text{CO}_2 - \text{Fracht aus KVA} \rightarrow 10^{12} \frac{\text{gCO}_2}{\text{a}} * 0.46 \frac{\text{UBP}}{\text{gCO}_2} = 460 * 10^9 \frac{\text{UBP}}{\text{a}}$$

Das Gleiche kann man natürlich auch für Dioxine und Furane machen. Hier geht man davon aus, dass schweizweit durch KVA 14g I-TEQ4 emittiert wird.

$$\text{Dioxin - Fracht aus KVA} \rightarrow 14 \frac{\text{g I - TEQ}}{\text{a}} * 7.9 * 10^{10} \frac{\text{UBP}}{\text{g I - TEQ}} = 1'106 * 10^9 \frac{\text{UBP}}{\text{a}}$$

Mit Hilfe dieser Daten kann man nun die Umweltwirkungen des durch KVA emittierten CO<sub>2</sub> und der durch KVA emittierten Dioxine und Furane direkt vergleichen.

## 13.4 Daten Ökobilanz weiterer Sportarten

### 13.4.1 Skifahren

Die Umweltbelastung von einem Tag Skifahren wurde einerseits selber mittels SimaPro [7] berechnet sowie andererseits anhand der Studie [53] plausibilisiert. In SimaPro wurden folgende Prozesse zur Modellierung der Umweltwirkung eines Skitages verwendet:

- «Transport, passenger car, fleet average, personkm, CH U» mit 100km Anreise dividiert durch 2.5 Personen Auslastung pro PW = 40 Personenkilometer
- «Carbon dioxide, fossil into Air» mit 0.213 kg x 30 für den Betrieb und Unterhalt des Skigebietes pro Person gerechnet. Gemäss [54] entspricht die Umweltbelastung des Betriebs und Unterhalts eines Skigebiets pro Tag gerade an 30km Autofahren mit einem grossen Auto (213 Gramm CO<sub>2</sub>/km).

Die Studie [53] gibt für einen 7-tägigen Ski-Urlaub in Davos 385 kg CO<sub>2</sub>-eq an, was an 55 kg CO<sub>2</sub>-eq pro Tag entspricht. Allerdings ist in diesem Wert auch die Übernachtung mit entsprechenden Verpflegungen enthalten. Wir nehmen an, dass rund 4/5 der gesamten Belastung auf die Verpflegungen und Übernachtungen fallen, womit **11 kg CO<sub>2</sub>-eq** netto auf das Skifahren inkl. An- und Abreise fallen.

### 13.4.2 Sportschiessen 300 Meter

Da die 300 Meter Gewehrschiessen die häufigste Sportschiessen-Disziplin in der Schweiz bildet, haben wir in einer vereinfachten Ökobilanz die dadurch verursachte Umweltwirkung wie folgt abgeschätzt:

- 40 km An- und Abreise
- Gewehr enthält 3kg Stahl (Lauf, Ober- und Unterteilgehäuse, Verschluss und Gassystem) sowie 1kg Aluminium (Schaft, Kolben und Handschutz) und weist eine Laufleistung von 10'000 Schuss GP11-Patrone 7.5x55mm Swiss auf
- Je Schiessevent werden 100 Schüsse abgegeben
- 11 Gramm pro Geschoss (GP11) wovon:
  - 90% Gewichtsanteil Blei ist (Rest Kupfermantel und Antimon als Zulegierungselement)
  - 2% Gewichtsanteil Antimon (Rest Kupfermantel und Blei)
  - 8% Gewichtsanteil Kupfermantel (Rest Blei und Antimon)



- 10 Gramm Messing pro Hülse
- 3 Gramm Schiesspulver (hauptsächlich Kaliumnitrat und Salpeter)
- Beim natürlichen Kugelfang: Wird durch Aushub und anschließende Bodenwäsche von den Geschossrückständen befreit. Die Bodenwäsche benötigt 15 kWh Energie pro Tonne kontaminiertem Erdschutt. Allerdings enthält das kontaminierte Bodenmaterial 10% Blei-Feinanteil wovon in der Lebensdauer des Kugelfangs 1% in den Boden und ins Grundwasser gelangt.
- Datensätze und Werte in SimaPro (100 Schuss GP11 Schiessen auf 300 Metern):
- Gutschrift für zurückgewonnene Metalle (Ersatz von Primärmetalle auf dem Markt):
  - «Lead, primary, at plant, GLO U» → 100 Schuss x 0.011kg Geschossgewicht x 0.9 kg Blei/kg Geschoss x 0.9 (Einschmelzverlust) = 0.891 kg Blei
  - «Copper, primary, at refinery, RER U» → 100 Schuss x 0.011kg Geschossgewicht x 0.08 kg Kupfer/kg Geschoss x 0.9 (Einschmelzverlust) = 0.0792 kg Kupfer
  - «Brass, at plant, CH U» → 100 Schuss x 0.010 kg Hülsengewicht x 0.95 kg Messing/kg Hülse x 0.95 (Einschmelzverlust) = 0.902 kg Messing
- Umweltbelastungen und Werte in SimaPro (100 Schuss GP11 Schiessen auf 300 Metern)
  - «transport, passenger car, fleet average, personkm, CH U» → 40 Personenkilometer
  - «Steel, low-alloyed, GLO, market for, Cut-off, U» → 3kg Stahl / 10'000 Schuss x 100 Schuss = 0.03 kg
  - «aluminium, primary, at plant, kg, RER U» → 1kg Al / 10'000 Schuss x 100 Schuss = 0.01 kg
  - «Lead, at regional storage, RER U» → 100 Schuss x 0.011 kg Geschoss x 0.9 kg Blei/kg Geschoss = 0.99 kg
  - «Antimony, at refinery, CH U» → 100 Schuss x 0.011 kg Geschoss x 0.02 kg Antimon/kg Geschoss = 0.022 kg
  - «Copper, GLO, market for, Cut-off, U» → 100 Schuss x 0.011 kg Geschoss x 0.08 kg Kupfer/kg Geschoss = 0.088 kg
  - «Brass, at plant, CH U» → 100 Schuss x 0.01 kg Hülse = 1 kg
  - «Potassium nitrate, GLO, market for, Cut-off, U» → 100 Schuss x 0.03 kg Pulver/Schuss = 0.3 kg
  - «Lead, secondary, at plant, RER U» → 100 Schuss x 0.011 kg Geschoss x 0.9 kg Blei/kg Geschoss = 0.99 kg

- «Copper, secondary, at plant, RER U» →  $100 \text{ Schuss} \times 0.01 \text{ kg H\ddot{u}lse} \times 0.95 \text{ kg Messing/kg H\ddot{u}lse} + 100 \text{ Schuss} \times 0.011 \text{ kg Geschoss} \times 0.08 \text{ kg Kupfer/kg Geschoss} = 1.04 \text{ kg}$
- «Lead Emission into Soil» (nur bei nat\urlichem Kugelfang) →  $100 \text{ Schuss} \times 0.011 \text{ kg Geschoss} \times 0.9 \text{ kg Blei/kg Geschoss} \times 0.001$  (Anteil der in den Boden und ins Grundwasser gelangt) = 0.00099 kg
- «Antimony Emission into Soil» (nur bei nat\urlichem Kugelfang) →  $100 \text{ Schuss} \times 0.011 \text{ kg Geschoss} \times 0.02 \text{ kg Antimon/kg Geschoss} \times 0.001$  (Anteil der in den Boden und ins Grundwasser gelangt) = 0.000002 kg

### 13.5 Daten SEBI

Tabelle 13-1: Datengrundlage der Berechnung der Ökoeffizienz SEBI für ausgewählte Massnahmen im Bereich des Golfsports.

	<u>Umweltmassnahmen</u>	Einheit	Referenzszenario [UBP/Einheit]	Alternativszenario [UBP/Einheit]	Quelle	Umweltnutzen [UBP/Einheit]	Referenzszenario [CHF/Einheit]	Alternativszenario [CHF/Einheit]	Quelle	Zusätzliche Kosten [CHF/Einheit]	SEBI [vUBP/CHF]
<b>Energie</b>	<b>Strombereitstellung vs. Strommix CH</b>	Pro kWh	178	-	Ecoinvent 3.6: Electricity, medium voltage {CH}   market for, Cut-off, U	-	0.063	-	LEC (levelized electricity costs) Energie-Studie BFE	-	-
	Photovoltaik	Pro kWh		129	KBOB2016 Plus Updates: Electricity Production mix Photovoltaic, at plant, CH U	49		0.168	LEC (levelized electricity costs) Energie-Studie BFE	0.105	<b>470</b>
	Windkraft	Pro kWh		38	KBOB2016 Plus Updates: Electricity, at wind power plant, CH U	140		0.250	LEC (levelized electricity costs) Energie-Studie BFE	0.187	<b>750</b>
	Kleine Wasserkraftwerke	Pro kWh		7.78	KBOB2016 Plus Updates: Electricity, hydropower, at small hydropower plant, in waterworks infrastructure, CH U	170.2		0.171	LEC (levelized electricity costs) Energie-Studie BFE	0.109	<b>1'570</b>
	Ökostrom	Pro kWh		30.1	Ecoinvent 3.6: Electricity, medium voltage, label-certified {CH}   market for, Cut-off, U	147.9		0.224	<a href="https://www.topten.ch/private/products/green_electricity">https://www.topten.ch/private/products/green_electricity</a>	0.161	<b>920</b>
	<b>Wärmebereitstellung vs. Ölheizung:</b>	Pro kWh	239	-	KBOB2016 Plus Updates: Heat, light fuel oil, at boiler 100kW, average, at plant, CH U	-	0.14	-	Leistungs- und Kostenvergleich verschiedener Heizungen: <a href="http://www.energie.ch/heizungsvergleich">http://www.energie.ch/heizungsvergleich</a>	-	-
	Holz-Pellets Heizung	Pro kWh		122	KBOB2016 Plus Updates: Heat, wood pellets, at furnace 50KW, CH U	117		0.15	Leistungs- und Kostenvergleich verschiedener Heizungen: <a href="http://www.energie.ch/heizungsvergleich">http://www.energie.ch/heizungsvergleich</a>	0.01	<b>11'700</b>
	Erdsonde-Wärmepumpe	Pro kWh		121	KBOB2016 Plus Updates: Heat, borehole heat exchanger, brine-water heat pump 10kW, at heat radiator, CH U	118		0.18	<a href="https://www.erdgas.ch/fileadmin/customer/erdgasch/Data/Erdgas/Preise/kostenvergleich_d.pdf">https://www.erdgas.ch/fileadmin/customer/erdgasch/Data/Erdgas/Preise/kostenvergleich_d.pdf</a>	0.04	<b>2'950</b>
	Solarthermie Flachkollektoren	Pro kWh		31.6	KBOB2016 Plus Updates: Heat, at flat plate collector, multiple dwelling, CH U	207.4		0.23	Berechnung LHC UMTEC, Leistungs- und Kostenver-	0.09	<b>2'390</b>

									gleich verschiedener Heizungen: <a href="http://www.energie.ch/heizungsvergleich">http://www.energie.ch/heizungsvergleich</a>		
Solarthermie Vakuumröhrenkollektoren	Pro kWh		61.3	KBOB2016 Plus Updates: Heat, at tube collector, one-family house, for combined system, CH U	177.7		0.20	Berechnung LHC UMTEC, Leistungs- und Kostenvergleich verschiedener Heizungen: <a href="http://www.energie.ch/heizungsvergleich">http://www.energie.ch/heizungsvergleich</a>	0.06	<b>2'750</b>	
<b>Wärmebereitstellung vs. Gasheizung:</b>	Pro kWh	190	-	KBOB2016 Plus Updates: Heat, natural gas, at boiler atmospheric low-NOx non-modulating <100kW, RER U	-	0.12	-	Leistungs- und Kostenvergleich verschiedener Heizungen: <a href="http://www.energie.ch/heizungsvergleich">http://www.energie.ch/heizungsvergleich</a>	-	-	
Holz-Pellets Heizung	Pro kWh		122	KBOB2016 Plus Updates: Heat, wood pellets, at furnace 50KW, CH U	68		0.15	Leistungs- und Kostenvergleich verschiedener Heizungen: <a href="http://www.energie.ch/heizungsvergleich">http://www.energie.ch/heizungsvergleich</a>	0.03	<b>2'270</b>	
Erdsonde-Wärmepumpe	Pro kWh		121	KBOB2016 Plus Updates: Heat, borehole heat exchanger, brine-water heat pump 10kW, at heat radiator, CH U	69		0.18	<a href="https://www.erdgas.ch/fileadmin/customer/erdgasch/Data/Erdgas/Preise/kostenvergleich_d.pdf">https://www.erdgas.ch/fileadmin/customer/erdgasch/Data/Erdgas/Preise/kostenvergleich_d.pdf</a>	0.06	<b>1'150</b>	
Solarthermie Flachkollektoren	Pro kWh		31.6	KBOB2016 Plus Updates: Heat, at flat plate collector, multiple dwelling, CH U	158.4		0.23	Berechnung LHC UMTEC, Leistungs- und Kostenvergleich verschiedener Heizungen: <a href="http://www.energie.ch/heizungsvergleich">http://www.energie.ch/heizungsvergleich</a>	0.11	<b>1'480</b>	
Solarthermie Vakuumröhrenkollektoren	Pro kWh		61.3	KBOB2016 Plus Updates: Heat, at tube collector, one-family house, for combined system, CH U	128.7		0.20	Berechnung LHC UMTEC, Leistungs- und Kostenvergleich verschiedener Heizungen: <a href="http://www.energie.ch/heizungsvergleich">http://www.energie.ch/heizungsvergleich</a>	0.08	<b>1'520</b>	
<b>Weitere Massnahmen im Bereich Energie:</b>											

Einbau Spannungsoptimierer vs. Status quo	Einsparung pro kWh Strom	178	163.76	Ecoinvent 3.6: Electricity, medium voltage (CH)   market for, Cut-off, U, Annahme gemäss Quelle in Spalte M: Einsparpotenzial liegt bei max. 15%, wir gehen von 8% aus	14.24	0.143	0.145353	LEC (levelized electricity costs) Energie-Studie BFE, Alternativszenario: Annahme die Geräte plus Installation kosten 5'000 und laufen für 10 Jahre mit rund 200'000 kWh pro Jahr, nach ca. 6 Jahre ist die Anlage am Break-even und amortisiert, danach Einsparung	0.003	<b>5'700</b>
Beleuchtung mit Bewegungsmelder vs. konventionelle Beleuchtung	kWh der Beleuchtung	178	160.2	Ecoinvent 3.6: Electricity, medium voltage (CH)   market for, Cut-off, U, Annahme 10% Einsparpotenzial	17.8	0.143	0.150353	LEC (levelized electricity costs) Energie-Studie BFE, Alternativszenario: Annahme die Geräte plus Installation kosten 1'500 und laufen für 10 Jahre mit rund 20'000 kWh pro Jahr, nach ca. 13 Jahre ist die Anlage am Break-even und amortisiert, danach Einsparung	0.008	<b>2'370</b>
Zeitschaltuhren bei Beleuchtung vs. durchgehende Beleuchtung	KWh eingespart	178	163.76	Ecoinvent 3.6: Electricity, medium voltage (CH)   market for, Cut-off, U, Annahme 8% Einsparpotenzial	14.24	0.143	0.147853	LEC (levelized electricity costs) Energie-Studie BFE, Alternativszenario: Annahme die Geräte plus Installation kosten 1'000 und laufen für 10 Jahre mit rund 20'000 kWh pro Jahr, nach ca. 7 Jahre ist die Anlage am Break-even und amortisiert, danach Einsparung	0.005	<b>2'850</b>
Automatische Abschaltung Golfcarts vs. Status quo	Pro Golfcart	1'826'000	1'426'000	Ecovient 3.6: Passenger car, diesel, EURO5, city car, at plant/RER/U, Operation, passenger car, diesel, EURO5, city car, CH U	400'000	0	800	Annahme: Automatische Abschaltung kostet 800	800	<b>500</b>
Clubhaussanierung Minergie Standard vs. Status quo	kWh eingespart pro Jahr und Clubhaus	63'600'000	50'880'000	KBOB2016 Plus Updates: Heat, light fuel oil, at boiler 100kW, average, at plant, CH U	12'720'000	0	20'000	Annahme: Sanierung kostet insgesamt 800'000, 25 Jahre Zeithorizont sind das 500'000/25 = 20'000	20'000	<b>640</b>

	Pflanzung von Bäumen beim Clubhaus um Schatten zu spenden vs. Kühlen mit Klima-Anlage	pro kWh Kühlenergie	415	50	Ecoinvent 3.6: Cooling energy {GLO}   market for, Cut-off, U, die Umweltbelastung für das Pflanzen von Bäumen mit einer Equivalenten Kühlleistung wurde abgeschätzt	365	3.75	4	Kosten der Klimaanlage werden auf 15'000 gesetzt, Pro Jahr werden rund 500kWh Kühlleistung benötigt, Lebensdauer Klimaanlage 8 Jahre, Die Bepflanzung von etlichen Bäumen rund um das Gebäude plus allfällige Geländemodellierung wird auf 20'000.- gesetzt	0.250	<b>1'460</b>
	Energie-Monitoring und -Audit vs. kein Monitoring und Audit	kWh eingespart	39'160'000	33'286'000	Ecoinvent 3.6: Electricity, medium voltage {CH}   market for, Cut-off, U, Annahme 15% Einsparpotenzial	5'874'000	31'428	32'428	LEC (levelized electricity costs) Energie-Studie BFE, Alternativszenario: Annahme Energiemonitoring und -Audit kostet 10'000 Franken und man spart rund 15% des Energieverbrauchs ein. Nach ca. 3 Jahren wäre dieses Audit amortisiert	1'000	<b>5'870</b>
<b>Mobilität</b>	Golfcart elektrisch vs. Benziner	Pro Personenkm	133.6	41.9	UVEK2018: Transport, passenger car, small size, petrol, EURO5/personenkm/CH U , KBOB2016 Plus Updates: Transport, passenger car, electric, LiMn2O4, city car/CH U	92	0.35	0.36	Annahme: Elektrofahrzeug kostet in der Anschaffung 18'000 plus jährlich 1'800 Betrieb, Benzinfahrzeug kostet in der Anschaffung 10'000 und im Betrieb jährlich 2'500, Kilometerleistung 10'000km pro Jahr	0.01	<b>9'160</b>
	Elektro-Auto vs. Diesel (obere Mittelklasse)	Pro Personenkm	240	215	KBOB2016 Plus Updates:Transport, passenger car, electric, LiNCM, certified electricity, EURO6/CH U und KBOB2016 Plus Updates:Transport, passenger car, diesel, EURO6/CH U	25	0.99	1.19	<a href="https://www.tcs.ch/de/testberichte-ratgeber/ratgeber/fahrzeug-kaufen-verkaufen/autosuche-vergleich.php">https://www.tcs.ch/de/testberichte-ratgeber/ratgeber/fahrzeug-kaufen-verkaufen/autosuche-vergleich.php</a>	0.20	<b>130</b>
	Elektro-Auto vs. Benziner (obere Mittelklasse)	Pro Personenkm	292	215	KBOB2016 Plus Updates:Transport, passenger car, electric, LiNCM, certified electricity, EURO6/CH U und KBOB2016 Plus Updates:Transport, passenger car, petrol, EURO6/CH U	77	0.99	1.19	<a href="https://www.tcs.ch/de/testberichte-ratgeber/ratgeber/fahrzeug-kaufen-verkaufen/autosuche-vergleich.php">https://www.tcs.ch/de/testberichte-ratgeber/ratgeber/fahrzeug-kaufen-verkaufen/autosuche-vergleich.php</a>	0.20	<b>390</b>

	Hybrid vs. Diesel (obere Mittelklasse)	Pro Personenkm	240	207	KBOB2016 Plus Updates:Transport, passenger car, plug-in hybrid, petrol, EURO6/CH U und KBOB2016 Plus Updates:Transport, passenger car, diesel, EURO6/CH U	33	1.09	1.19	<a href="https://www.tcs.ch/de/testberichte-ratgeber/ratgeber/fahrzeug-kaufen-verkaufen/autosuche-vergleich.php">https://www.tcs.ch/de/testberichte-ratgeber/ratgeber/fahrzeug-kaufen-verkaufen/autosuche-vergleich.php</a>	0.10	<b>330</b>
	Hybrid vs. Benzin (obere Mittelklasse)	Pro Personenkm	292	207	KBOB2016 Plus Updates:Transport, passenger car, plug-in hybrid petrol, EURO6/CH U und KBOB2016 Plus Updates:Transport, passenger car, petrol, EURO6/CH U	85	1.09	1.19	<a href="https://www.tcs.ch/de/testberichte-ratgeber/ratgeber/fahrzeug-kaufen-verkaufen/autosuche-vergleich.php">https://www.tcs.ch/de/testberichte-ratgeber/ratgeber/fahrzeug-kaufen-verkaufen/autosuche-vergleich.php</a>	0.10	<b>850</b>
	Nutzfahrzeuge Diesel EURO 6 vs. Diesel EURO 5	Pro Personenkm	258	244	UVEK2018: Transport, passenger car, large size, diesel, EURO5/EURO6/CH U	14	0	0.025	Annahme: Umrüstung kostet 5'000 CHF, dividiert durch Fahrleistung von 200'000km, oder anderer Ansatz: Eintausch des aktuellen EURO5 Diesels um einen neuen EURO6 Diesel zu kaufen: Differenz ca. 5'000 CHF	0.03	<b>560</b>
	Nutzfahrzeuge Diesel EURO 6 vs. Benzin EURO 5	Pro Personenkm	298	244	UVEK2018: Transport, passenger car, large size, petrol, EURO5/EURO6/CH U	54	0	0.050	Eintausch des aktuellen EURO5 Benziners um einen neuen EURO6 Diesel zu kaufen: Differenz ca. 10'000 CHF	0.05	<b>1'080</b>
<b>Betriebs- und Hilfsmittel</b>	Hybridrasenmäher vs. Benzinmäher	Pro Hektare	58'700	15'000	KBOB2016 Plus Updates: Mowing, by motor mower/CH U, Hybrid wurde selber abgeschätzt mit Daten Schweizer Stromverbrauch	43'700	21.77	23.9	Gemäss Wylihof kostet ein Hybridrasenmäher rund 60'000, hingegen ein Benzin ca. 50'000 in der Anschaffung, Dazu kommen noch die Treibstoffkosten von 5.10.-/ha (4.61L/ha x CHF 1.10 = CHF 5.90) bei den Benzinern, beim Hybrid 3.90 (49kWh x 8 Rappen), 10 Jahre Betrieb mit 300ha pro Jahr	2.13	<b>20'480</b>

	Hybridrasenmäher vs. Dieselmäher	Pro Hektare	34'600	15'000	KBOB2016 Plus Updates: Mowing, by rotary mower/CH U, Hybrid wurde selber abgeschätzt mit Daten Schweizer Stromverbrauch	19'600	22.57	23.9	Gemäss Wylihof kostet ein Hybridaufsitzmäher rund 60'000, hingegen ein Diesel ca. 50'000 in der Anschaffung. Dazu kommen noch die Treibstoffkosten von 5.90.-/ha (4.66L/ha x CHF 1.20 = CHF 5.90) bei den Benzinern/Diesel, beim Hybrid 3.90 (49kWh x 8 Rappen), 10 Jahre Betrieb mit 300ha pro Jahr	1.33	<b>14'700</b>
	Organisches vs. konventionelles Düngemittel	Pro kg Düngemittel	8'005	878	AGRIBALYSE 3: Average mineral fertilizer, as N, at regional storehouse/FR U, und Organic fertilizer, 3-2-3, bulk/FR U, mal zwei da die doppelte Menge pro Ha benötigt wird beim organischen Dünger gemäss Golfplatz Lausanne	7'127	2	4	Preis pro kg mineralischem Düngemittel = CHF 2.- gemäss: <a href="https://www.duengerexperte.de/garten-und-langzeitduenger/blaukorn/organisch-mineralisch.html">https://www.duengerexperte.de/garten-und-langzeitduenger/blaukorn/organisch-mineralisch.html</a> Gemäss Golfplatz Lausanne herkömmliche Dünger 150-200kg pro Ha vs. organischer Dünger 400 kg/Ha	2.00	<b>3'560</b>
	Überwachung Düngermanwendung mittels bodenkundliche Untersuchung vs. Status quo	Düngemittelmenge ganzer Golfplatz pro Jahr	24'800'000	0	Ecoinvent 3.6 Emission of Nitrogen, Phosphate and Potassium into groundwater, long-term	24'800'000	0	5'000	Annahme: Kosten von Eluatanalysen und entsprechendem Monitoring belaufen sich jährlich auf 5'000	5'000	<b>4'960</b>
	Regelmässige Kalibrierung PSM-Sprühgeräte vs. Status quo	Einsparung PSM pro Jahr	25'638'000	24'356'100	UTech: Ökobilanz Swiss Golf, 2020 Annahme: Mit regelmässiger Kalibrierung der PSM-Düsen, können rund 5% eingespart werden	1'281'900	0	800	Annahme: jährliche Kalibrierungskosten belaufen sich auf 2'000.- (10min = 16/h pro Kalibrierung x 80.-/h x 60 Kalibrierungen)	800	<b>1'600</b>
	Verdeckte und tropffreie PSM-Düsen vs. Status quo	Einsparung PSM pro Jahr	25'638'000	24'356'100	UTech: Ökobilanz Swiss Golf, 2020 Annahme: Mit regelmässiger Kalibrierung der PSM-Düsen, können rund 5% eingespart werden	1'281'900	0	500	Annahme: Kosten für tropffreie Düsen sowie für Abdeckung pro Jahr --> 500.-	500	<b>2'560</b>



	Organische Topdressingmaterialien vs. herkömmliche Topdressing	Topdressing und Netzmittel der Golfanlage pro Jahr	10'360'000	5'180'000	UTech: Ökobilanz Swiss Golf, 2020 Annahme: Bei der Verwendung von organischen Topdressings und Netzmitteln können rund 15% eingespart werden	5'180'000	12'297	15'371	Gemäss Golf Lausanne 55.-pro Tonne Topdressing und Netzmittel, zusätzliche Kosten für organische Topdressing und Netzmittel liegt bei 25%	3'074	<b>1'680</b>
	Umweltverträglichere PSM vs. konventionelle PSM	Pro Liter	22'300	18'400	KBOB2016 Plus Glyphosate, at regional storehouse/CH U und Prosulfocarb, at regional storage/RER U	3'900	6	10	<a href="https://www.ebay.de/b/Glyphosat-5/181050/bn_7005376172">https://www.ebay.de/b/Glyphosat-5/181050/bn_7005376172</a> Günstiges PSM kosten rund 6.-/L, teurere die umweltverträglicher sind gemäss: <a href="https://www.my-agrar.de/Pflanzenschutzmittel/Kulturen/Getreide/Herbizide/Boxer-5-l.html">https://www.my-agrar.de/Pflanzenschutzmittel/Kulturen/Getreide/Herbizide/Boxer-5-l.html</a> 10.-	4	<b>980</b>
<b>Abfälle</b>	Aluminiumrecycling vs. Verbrennung in KVA	Pro Tonne	-8'002'500	-17'285'400	EconEcol: Kosten/Nutzen-Effizienz von Umweltmassnahmen, UMTEC HSR, 2015	9'282'900	250	753	EconEcol: Kosten/Nutzen-Effizienz von Umweltmassnahmen, UMTEC HSR, 2016	503	<b>18'460</b>
	PET-Recycling vs. Verbrennung in KVA	Pro Tonne	73'900	-1'670'600	EconEcol: Kosten/Nutzen-Effizienz von Umweltmassnahmen, UMTEC HSR, 2016, KuRve: Kunststoffverwertung und -recycling in der Schweiz, UMTEC HSR und Carbotech 2016	1'744'500	250	745	EconEcol: Kosten/Nutzen-Effizienz von Umweltmassnahmen, UMTEC HSR, 2016, KuRve: Kunststoffverwertung und -recycling in der Schweiz, UMTEC HSR und Carbotech 2016	495	<b>3'520</b>
	Kunststoffrecycling vs. Verbrennung in KVA	Pro Tonne	-200'000	-737'000	KuRve: Kunststoffverwertung und -recycling in der Schweiz, UMTEC HSR und Carbotech 2016	537'000	250	753	KuRve: Kunststoffverwertung und -recycling in der Schweiz, UMTEC HSR und Carbotech 2016	503	<b>1'070</b>
	Kompostierung auf dem Golfplatz vs. Externe Kompostierung	Pro Tonne	4'400	0	KBOB2016 Plus Updates: Transport, lorry 3.5-20t,, fleet average/CH U	4'400	25	30	UMTEC HSR: SEBI Bio BSR, Ökoeffizienzanalyse der Biomasseverwertung, 2018	5	<b>880</b>
<b>Wasser</b>	Pufferzonen um Gewässer vs. keine Pufferzonen	Pro kg verminderte Einwirkung durch Dünger	678	0	UTech: Ökobilanz Swiss Golf 2020, hinzukommt, dass auch PSM und Dünger nicht ausgewaschen werden	678	0	0.25	Annahme, Kosten pro m2 und Jahr liegen bei CHF 0.25/m2	0.25	<b>2'710</b>

		und Pflanzenschutzmittel									
	Intelligente Bewässerungsanlage (Pumpe, Rohre, Filter, Sprinklerköpfe, Düsen etc.) vs. konventionelle Bewässerungsanlage	Eingesparte Liter	8'778'000	7'980'000	UTech: Ökobilanz Swiss Golf 2020, Annahme: Intelligente Bewässerungsanlage verfügt über Einsparpotenzial von 10%	798'000	0	60'000	Annahme: Jährliche Zusatzkosten liegen bei CHF 60'000, Amortisation über 25 Jahre --> 1'500'000 Kosten insgesamt	60'000	<b>10</b>
	Zusätzliche Gewässerbereiche vs. Rasen	Pro m <sup>2</sup> Wasserfläche	190	0	UBP-Faktor für Rasen aus Veröffentlichung von BAFU	190	0	0.05	Annahme: Sehr tiefe zusätzliche Kosten pro m <sup>2</sup> Wasserfläche gegenüber Rough, ca. 0.05 CHF/m <sup>2</sup>	0.05	<b>3'800</b>
	Klima-angepasste Grassorten pflanzen vs. durchschnittliche Grassorte	Eingesparte Liter	9'576'000	7'980'000	UTech: Ökobilanz Swiss Golf 2020, Annahme: Intelligente Bewässerungsanlage verfügt über Einsparpotenzial von 20%	1'596'000	0	1'000	Annahme: Jährliche Zusatzkosten liegen bei CHF 1'000, Amortisation über 20 Jahre -> 20'000 Zusatzkosten insgesamt	1'000	<b>1'600</b>
	Automatische Abschaltung Bewässerungsanlage bei Regen und entsprechend Evapotranspiration vs. konventionelle Bewässerung	Eingesparte Liter	9'975'000	7'980'000	UTech: Ökobilanz Swiss Golf 2020, Annahme: Intelligente Bewässerungsanlage verfügt über Einsparpotenzial von 25%	1'995'000	0	400	Jährliche Zusatzkosten liegen bei CHF 500, Amortisation über 15 Jahre --> 6'000 Zusatzkosten insgesamt gemäss Angaben Golf Lausanne	400	<b>4'990</b>
	Wasserverbrauchsarme Toiletten vs. konventionelle Toiletten	Eingesparte Liter	139'395	109'760	UTech: Ökobilanz Swiss Golf 2020, Annahme: 20% des Wassers des Clubhauses wird für die Toiletten benötigt, wasserverbrauchsarme Toiletten sparen gemäss <a href="https://www.heizsparrer.de/spartipps/wassersparen/wasser-sparen-toilettenspuelung">https://www.heizsparrer.de/spartipps/wassersparen/wasser-sparen-toilettenspuelung</a> 27% Einsparpotenzial, Wasserverbrauchanteil Clubhaus zum gesamten Golfplatz liegt bei ca. 8%	29'635	0	2'000	Annahme: Jährliche Zusatzkosten liegen bei CHF 500, Amortisation über 25 Jahre --> 30'000 Zusatzkosten insgesamt (6 Toiletten komplett neu, 5'000 je Toilette)	2'000	<b>10</b>

Effiziente Duschbrausen vs. konventionelle Duschbrausen	Eingesparte Liter	104'546	82'320	UTech: Ökobilanz Swiss Golf 2020, Annahme: 15% des Wassers des Clubhauses wird für die Duschen benötigt, wasserverbrauchsarme Düsen sparen gemäss <a href="https://www.srf.ch/sendungen/kassensturz-espresso/tests/kassensturz-tests/duschbrausen-literweise-wasser-sparen">https://www.srf.ch/sendungen/kassensturz-espresso/tests/kassensturz-tests/duschbrausen-literweise-wasser-sparen</a> 27% Einsparpotenzial, Wasserverbrauchanteil Clubhaus zum gesamten Golfplatz liegt bei ca. 8%	22'226	0	200	Annahme: Jährliche Zusatzkosten liegen bei CHF 250, Amortisation über 10 Jahre -> Zusatzkosten insgesamt (20 Düsen komplett neu, 100 je Düse)	200	<b>110</b>
Sparsame Spül- und Waschmaschine vs. konventionelle Waschmaschine	Eingesparte Liter	263'424	219'520	UTech: Ökobilanz Swiss Golf 2020, Annahme: 40% des Wassers des Clubhauses wird für die Spül- und Waschmaschine benötigt, wasserverbrauchsarme Maschinen sparen gemäss <a href="https://www.verbraucherzentrale-rlp.de/sites/default/files/migration_files/media246707A.pdf">https://www.verbraucherzentrale-rlp.de/sites/default/files/migration_files/media246707A.pdf</a> 20% Einsparpotenzial, Wasserverbrauchanteil Clubhaus zum gesamten Golfplatz liegt bei ca. 8%	43'904	0	200	Annahme: Jährliche Zusatzkosten liegen bei CHF 200, Amortisation über 10 Jahre -> Zusatzkosten insgesamt (2 Waschmaschinen mit A++ komplett neu, 1000 je Waschmaschine)	200	<b>220</b>
Regenwasser-Auffangbecken zur Bewässerung vs. Bewässerung mit Trinkwasser	Eingesparte Liter	6'860'000	4'527'600	Die Einsparung liegt bei 6'500m <sup>3</sup> Wasser, bei einer durchschnittlichen Wassermenge von 20'000m <sup>3</sup> sind das 33% Einsparung	2'332'400	0	800	Gemäss Golf Lausanne: Jährliche Zusatzkosten liegen bei CHF 800, Amortisation über 50 Jahre --> Zusatzkosten insgesamt 40'000	800	<b>2'920</b>
Waschplätze um PSM, Hilfsstoffe, Dünger und Öl abzutrennen und aufzufangen	Pro Station	72'119'200	0	1. Einsparung Wasser 750m <sup>3</sup> /a, 2. Vermeidung Kontamination von Abwasser mit PSM. Öl und weitere Hilfsstoffe (Leitsubstanzen in der Ökobilanzsoftware CSB, Benzopyren und Glyphosat sowie N-Dünger)	72'119'200	0	6'000	Gemäss Golf Lausanne kostet eine solche Anlage CHF 90'000, Amortisation in 15 Jahre, jährliche Kosten liegen bei CHF 6'000.-	6'000	<b>12'020</b>

	Regelmässige Überprüfung der Wasserqualität vs. keine Überprüfung	Reduktion CSB (chemischer Sauerstoffbedarf) über gesamte Wassermenge, sowie Erhöhung der Biodiversität	906'000	76'500	Gemäss: <a href="https://www.ag.ch/media/kanton_aargau/bvu/dokumente_2/umwelt_natur__landschaft/umweltinformation_1/wasser_1/afu_BSB5_2009_2013.pdf">https://www.ag.ch/media/kanton_aargau/bvu/dokumente_2/umwelt_natur__landschaft/umweltinformation_1/wasser_1/afu_BSB5_2009_2013.pdf</a> Zustand schlecht = 6mg BSB5/L und Zustand sehr gut = 1.5mg BSB5/L, gemäss Golfplatz Lausanne 3'000m2 Wasserfläche mit mittlerer Tiefe von 2.5m = 7'500m3 = 7'500'000L Biodiversitätsfaktor UBP 0 anstelle von 200 UBP/m2 Wasserfläche	829'500	0	1000	Pro Jahr werden rund 8-10 Wasserproben entnommen und im Labor analysiert, Gesamtkosten jährlich 1'000.-	1'000	<b>830</b>
Ressourcen	Biologisch angebaute Lebensmittel vs. herkömmliche Lebensmittel	Lebensmittel für Golfplatz und Jahr	78'000'000	58'500'000	<a href="https://djs.tg.ch/public/upload/assets/32183/Fourchette_verte_Grundlagen_Empfehlungen.pdf">https://djs.tg.ch/public/upload/assets/32183/Fourchette_verte_Grundlagen_Empfehlungen.pdf</a> Einsparung bei Gemüse liegt bei (1-116/211 = 45%) --> Annahme im Schnitt liegt der Vorteil bei 25%, die Ökobilanz für die gesamten Lebensmittel stammt aus der Studie UTech: Ökobilanz Swiss Golf, 2020	19'500'000	200'000	250'000	Annahme: Biologisch angebaute Lebensmittel kosten im Schnitt rund 25% mehr	50'000	<b>390</b>
	Regionale Lebensmittel vs. überregionale Lebensmittel	Lebensmittel für Golfplatz und Jahr	78'000'000	42'900'000	<a href="http://www.infofarm.de/dsd/agendaunterricht_mod1/texte/okobilanz_regio_bio_lebensmitt.pdf">http://www.infofarm.de/dsd/agendaunterricht_mod1/texte/okobilanz_regio_bio_lebensmitt.pdf</a> Einsparung bei regionalen Lebensmittel liegt bei 45% --> Die Ökobilanz für die gesamten Lebensmittel stammt aus der Studie UTech: Ökobilanz Swiss Golf, 2020	35'100'000	200'000	230'000	Annahme: Biologisch angebaute Lebensmittel kosten im Schnitt rund 15% mehr	30'000	<b>1'170</b>

	Gebrauchtwarens-hop vs. Neuwarens-hop	Pro Golfer Aus-rüstung und Jahr	14'600'000	11'680'000	UTech: Ökobilanz Swiss Golf, 2020 Annahme: Bei der Einfüh-rung eines Gebrauchtwarens-hops würde jede fünfte Golfer seine Aus-rüstung occasion bezie-hen	2'920'000	0	5'000	Annahme: Die Führung des Shops kostet rund 5'000 pro Jahr, nicht gewinn-orientiert	5'000	<b>580</b>
<b>Landver-brauch &amp; Biodiversi-tät</b>	Bereiche für Wiesen und Wildblumen schaffen vs. her-kömmliche Wiese	Pro m <sup>2</sup>	280	84	UBP-Faktor aus Veröf-fentlichung von BAFU	196	0.00	1.00	Gemäss Golf Lausanne: CHF 1.-/m <sup>2</sup>	1.00	<b>200</b>
	Zusätzliche natürli-che Korridore erstellen vs. keine zusätzli-chen Korridore	Pro m <sup>2</sup>	280	0	UBP-Faktor aus Veröf-fentlichung von BAFU	280	0.50	0.60	Annahme: Die Pflege der ar-tenreichen Blumenwiese mit Wildblumen kostet ca. 20% mehr als die Pflege einer herkömmlichen Wiese, kos-ten je m <sup>2</sup> Fläche --> 2 mal Jahressalär Greenkeeper von 120'000 = 240'000 divi-diirt durch Grünfläche des Golfplatzes von 483'000m <sup>2</sup>	0.10	<b>2'820</b>
	Vernetzung der öko-logischen Zonen vs. keine Vernetzung	Pro m <sup>2</sup>	330	0	UBP-Faktor aus Veröf-fentlichung von BAFU	330	0	0.045872	Annahme: Jahressalär von einem Biologen beträgt 150'000, davon werden dem Golfplatz angelastet --> 10'000 dividiert durch die ökologische Fläche des Golf-platzes von 218'000m <sup>2</sup> Nat-urfläche	0.05	<b>7'190</b>
	Erstellung von Tot-holzhecken vs. keine Totholzhecken	Pro m <sup>2</sup>	280	0	UBP-Faktor aus Veröf-fentlichung von BAFU	280	0	2.4	Annahme: Die Erstellung ei-ner Totholzhecke benötigt 2h à 60.-/h = 120.- und be-trägt rund 50m <sup>2</sup>	2.40	<b>120</b>

	Revitalisierung Fließgewässer (Hochwasserschutz) vs. verdoltes Fließgewässer	Pro m <sup>2</sup>	84'000	0	Umweltnutzen: Biodiversität, da Wasser länger gehalten wird, Anreicherung von Grundwasser, Annahme Ökofaktor für Ackerland in Biom 4 über 200 Jahre welche die Renaturierung anhalten muss, Hochwasserschutz kann allerdings nicht über UBP beziffert werden	84'000	0	15.00	Gemäss WWF-Renaturierungsprogramm Heuli in Tuggen wurden 4.5ha mit CHF 750'000 Franken revitalisiert = 750'000/45'000 = 16.70, ungefähr 15.-/m <sup>2</sup>	15.00	<b>5'600</b>
	Pflanzung von Bäumen vs. keine Bäume	Pro m <sup>2</sup>	280	33	UBP-Faktor aus Veröffentlichung von BAFU	247	0	1.00	Das Pflanzen eines Baumes kostet inkl. Anschaffung des Baumes rund 4'000, Lebenserwartung Baum = 100 Jahre, Pro Baum ca. 40m <sup>2</sup>	1.00	<b>250</b>
	Lebensräume kartieren und Biotopmanagementplan vs. keine Kartierung	Biodiversität der Anlage	68'106'667	51'080'000	UBP-Faktor aus Veröffentlichung von BAFU, Annahme: Durch die Kartierung und einer gezielten Förderung der Biodiversität, kann die Artenvielfalt um einen Drittel erhöht werden	17'026'667	0	5'000	Annahme: Eine jährliche Kartierung kostet 5'000.-	5'000	<b>3'410</b>
	Brut- und Nistplätze schaffen vs. keine Nistplätze	Biodiversität der Anlage	51'080'000	43'418'000	UBP-Faktor aus Veröffentlichung von BAFU, Annahme: Durch die Bereitstellung von diversen Brut- und Nistplätzen kann die Biodiversität um 15% erhöht werden	7'662'000	0	2000	Annahme: Eine jährliche Kosten für Brut- und Nistplätze (Vogelhäuschen etc.) = 2'000.-	2'000	<b>3'830</b>
Klima	CO <sub>2</sub> -sequestrierende Rasensorten vs. herkömmliche Rasensorten	pro ha	9'667'900	1'927'000	UTech: Ökobilanz Swiss Golf 2020, durchschnittliches Meadow Gras versus Agrostis stolonifera zur CO <sub>2</sub> -Sequestration	7'740'900	5'208	6'458	Pro Jahr werden ca. 300-400 kg Agrostis Saatgut eingesetzt; Kosten CHF 30-32 /kg, Annahme: herkömmliches Saatgut kostet CHF 25/kg	1'250	<b>6'190</b>
	CO <sub>2</sub> -Zertifikat vs. keine Kompensation	Pro Tonne CO <sub>2</sub> kompensiert	470'000	0	Ecoinvent 3.6: Carbon dioxide emission into air	470'000	0	40	Myclimate: Zertifikat anhand Auslandsprojekte	40.00	<b>11'500</b>

### 13.6 Daten Basisszenario «Landwirtschaft»

Tabelle 13-2: Aufteilung der landwirtschaftlichen Nutzfläche der Schweiz gemäss [19], [55] und [56].

<b>Aufteilung der landwirtschaftlichen Nutzfläche CH</b>	<b>[%]</b>		<b>Quelle</b>
Grünflächen	69.9		[19]
Getreide	13.7		[19]
Übrige offene Ackerfläche	6.9		[19]
Kartoffeln, Zucker- und Futterrüben	2.9		[19]
Ölsaaten	2.9		[19]
Dauerkulturen	2.3		[19]
Übrige landwirtschaftliche Nutzfläche	1.4		[19]
<b>Getreideproduktion der Schweizer Landwirtschaft</b>	<b>[%]</b>		<b>Quelle</b>
Weizen	52.2		[19]
Gerste	21.1		[19]
Körnermais	16.7		[19]
Triticale	5.3		[19]
Dinkel, Roggen, Hafer	4.5		[19]
Emmer, Einkorn, Reis, Hirse, Buchweizen	0.2		[19]
<b>Tierische Produktion</b>	<b>[%]</b>		<b>Quelle</b>
Rindvieh	139'000		[19]
Schweine	239'000		[19]
Schafe	5'000		[19]
Geflügel	91'000		[19]
Kuhmilch	3'893'000		[19]
Hühnereier	54'000		[19]
<b>Getreideertrag Schweizer Ackerland</b>	6.7	t/ha	[55], S. 33
<b>Nutztierdichte</b>	1.65	Grossvieheinheiten/ha	[55], S. 33
<b>Landwirtschaftliche Gesamtfläche CH</b>	1'046'000	ha	[56], S. 12

<b>Nutztierbestände:</b>			<b>Quelle</b>
Rinder	1'540'000	Anzahl Tiere	[56], S. 10
davon Kühe	690'000	Anzahl Tiere	[56], S. 10
Pferde	60'000	Anzahl Tiere	[56], S. 10
Schafe	340'000	Anzahl Tiere	[56], S. 10
Ziegen	80'000	Anzahl Tiere	[56], S. 10
Schweine	1'440'000	Anzahl Tiere	[56], S. 10
Hühner	11'410'000	Anzahl Tiere	[56], S. 10

*Tabelle 13-3: Aufteilung der Gemüseproduktion der Landwirtschaft CH gemäss [20].*

<b>Aufteilung der Gemüseproduktion der Landwirtschaft CH</b>	<b>[ha]</b>	<b>Anteil</b>	<b>Quelle</b>
Tomaten	188	2.9%	[20]
Gurken	76	1.2%	[20]
Nüsslisalat	215	3.3%	[20]
Radieschen	99	1.5%	[20]
Kopfsalat	834	12.9%	[20]
Karotten	1'365	21.1%	[20]
Zwiebeln	825	12.7%	[20]
Blumenkohl	446	6.9%	[20]
Spinat	971	15.0%	[20]
Erbsen	719	11.1%	[20]
Bohnen	734	11.3%	[20]

*Tabelle 13-4: Ölsaatenanbau in der Schweiz gemäss [57].*

<b>Ölsaatenanbau CH</b>	<b>[t/a]</b>	<b>[%]</b>
Sonnenblumen	16513	16.9%
Soja	3740	3.8%
Raps	77478	79.3%
	97731	100.0%



Tabelle 13-5: Obst- und Beerenanbau Schweiz gemäss [58].

Obst- und Beerenanbau CH:	[t/a]
Äpfel	213445
Birnen	19260
Aprikosen	6153
Kirschen	5884
Zwetschgen	3026
Erdbeeren	7350
Himbeeren	1525

Tabelle 13-6: Getreideflächen und Aufteilung der übrigen Getreideflächen der Schweiz sowie die Milchproduktion der Schweiz gemäss [20] und [55].

Getreideflächen:	[ha]		Quelle
Übrige Getreide	15'000	9.6%	[55], S. 15, Abb. zu Getreideflächen
Körnermais	20'000	12.8%	[55], S. 15, Abb. zu Getreideflächen
Hafer	5'000	3.2%	[55], S. 15, Abb. zu Getreideflächen
Gerste	36'000	23.1%	[55], S. 15, Abb. zu Getreideflächen
Weizen	80'000	51.3%	[55], S. 15, Abb. zu Getreideflächen
total	156'000	100.0%	
Aufteilung der übrigen Getreidefläche:	[ha]		Quelle
Körnermais	20'000	12.8%	[55], S. 15, Abb. zu Getreideflächen
Hafer	5'000	3.2%	[55], S. 15, Abb. zu Getreideflächen
Gerste	36'000	23.1%	[55], S. 15, Abb. zu Getreideflächen
Weizen	80'000	51.3%	[55], S. 15, Abb. zu Getreideflächen
total	156'000	100.0%	
Milchproduktion	[kg/ha*a]		Quelle
	4'061		[20] Tabelle 18: berechnet aus (148'000kg/Jahr/31ha+77'000kg/Jahr/23ha)/2

Tabelle 13-7: Pflanzenschutzmittel in der Schweizer Landwirtschaft gemäss [19].

Pflanzenschutzmittel Landwirtschaft CH	[t/a]	[kg/ha*a]
Fungizide	1'000	0.956
Herbizide	600	0.574
Insektizide	300	0.287
Wachstumsregulatoren	50	0.048
Molluskizide	30	0.029
Übrige Pflanzenschutzmittel	50	0.048

Tabelle 13-8: Betriebs- und Hilfsmittel der Schweizer Landwirtschaft gemäss [55].

Betriebs- und Hilfsmittel Landwirtschaft CH:	[kg/ha*a]	Quelle / Berechnung
126'000 t Diesel/a	<b>120.46</b>	[55], für Menge pro Hektare und Jahr wurde die gesamte landwirtschaftliche Fläche aus Tabelle 13-2 verwendet
18'800 t Benzin/a	<b>17.97</b>	[55], für Menge pro Hektare und Jahr wurde die gesamte landwirtschaftliche Fläche aus Tabelle 13-2 verwendet
Mineraldünger:		
50'000 t/a	<b>47.80</b>	[55], für Menge pro Hektare und Jahr wurde die gesamte landwirtschaftliche Fläche aus Tabelle 13-2 verwendet
Hofdünger:		
140'000 t/a	<b>133.84</b>	[55], für Menge pro Hektare und Jahr wurde die gesamte landwirtschaftliche Fläche aus Tabelle 13-2 verwendet
Stickstoffentzug durch Pflanzenanbau:		
25'000t/a	<b>23.90</b>	[55], für Menge pro Hektare und Jahr wurde die gesamte landwirtschaftliche Fläche aus Tabelle 13-2 verwendet
Stickstoffentzug durch Futterbau:		
130'000 t/a	<b>124.28</b>	[55], für Menge pro Hektare und Jahr wurde die gesamte landwirtschaftliche Fläche aus Tabelle 13-2 verwendet
Eintrag in Umwelt:		
35'000t/a	<b>33.46</b>	[55], für Menge pro Hektare und Jahr wurde die gesamte landwirtschaftliche Fläche aus Tabelle 13-2 verwendet

Tabelle 13-9: Weitere wichtige Parameter für den ökobilanziellen Vergleich der Landnutzungsform «Golf» und «Landwirtschaft» gemäss [19], [20] und [59].

Stickstoffüberschuss der Landwirtschaft:	Quelle
68 kg /ha und Jahr	[19]
Treibhauspotential der CH Landwirtschaft	
8'200 kg CO <sub>2</sub> -eq/ha und Jahr	[20]
Energiebedarf der CH Landwirtschaft	
48'000 MJ-eq/ha und Jahr	[20]
13'333 kWh-eq und Jahr	
Eutrophierung der CH Landwirtschaft	
120 kg N-eq/ha und Jahr	[20]
Wasserbedarf Landwirtschaft CH	
162.52 m <sup>3</sup> /ha*a	[59], 170 Mio. m <sup>3</sup> pro Jahr, für Menge pro Hektare und Jahr wurde die gesamte landwirtschaftliche Fläche aus Tabelle 13-2 verwendet

Tabelle 13-10: Warenkorb für die durchschnittliche landwirtschaftliche Fläche in der Schweiz ausgedrückt als kg pro Hektare und Jahr an Ertrag. Die Zahlen stammen aus den Werten aus Tabelle 13-2 bis Tabelle 13-6.

Warenkorb Landwirtschaft		
	[%]	[ha]
<b>Grünflächen</b>	69.9	731'154.00
	[t/a]	[kg/ha*a]
Rindvieh	139'000	190.11
Schweine	239'000	326.88
Schafe	5'000	6.84
Geflügel	91'000	124.46

Kuhmilch	3'893'000	5324.46
Hühnereier	54'000	73.86
	[%]	[ha]
<b>Getreide</b>	13.7	143'302.00
	[%]	[kg/ha*a]
Weizen	52.2	2706.49
Gerste	21.1	1094.00
Körnermais	16.7	865.87
Triticale	5.3	274.80
Dinkel, Roggen, Hafer	4.5	233.32
Emmer, Einkorn, Reis, Hirse, Buchweizen	0.2	10.37
	[%]	[ha]
<b>Übrige offene Ackerfläche</b>	6.9	72'174.00
	[%]	[kg/ha*a]
Tomaten	2.9%	160.18
Gurken	1.2%	64.76
Nüsslisalat	3.3%	183.19
Radieschen	1.5%	84.35
Kopfsalat	12.9%	710.61
Karotten	21.1%	1163.04
Zwiebeln	12.7%	702.94
Blumenkohl	6.9%	380.01
Spinat	15.0%	827.34
Erbsen	11.1%	612.62
Bohnen	11.3%	625.40
	[%]	[ha]
<b>Kartoffeln, Zucker- und Futterrüben</b>	2.9	30'334.00
	[t/a]	[kg/ha*a]
Kartoffeln	362'000	11'933.80
Zucker- und Futterrüben	1'277'000	42'097.98
	[%]	[ha]

<b>Ölsaaten</b>	2.9	30'334.00
	[%]	[kg/ha*a]
Sonnenblumen	16'513	544.37
Soja	3'740	123.29
Raps	77'478	2'554.16
	[%]	[ha]
<b>Dauerkulturen</b>	2.3	24'058.00
	[t/a]	[kg/ha*a]
Äpfel	213'445	8872.10
Birnen	19'260	800.57
Aprikosen	6'153	255.76
Kirschen	5'884	244.58
Zwetschgen	3'026	125.78
Erdbeeren	7'350	305.51
Himbeeren	1'525	63.39
	[%]	[ha]
<b>Übrige landwirtschaftliche Nutzfläche</b>	1.4	14'644.00
Kein Ertrag		

*Tabelle 13-11: Relevant für das Basisszenario «Landwirtschaft»: Malus für die nicht produzierten Futter- und Lebensmittel auf der Fläche des Golfplatzes Lausanne. Mittels der Fläche von Golf Lausanne und den Daten aus Tabelle 13-9 wurden diese Werte berechnet.*

Malus für die nicht produzierten Futter- und Lebensmittel auf der Fläche des Golfplatzes Lausanne		
Gemäss Schweizer Durchschnitt		
Grünflächen	[kg/a]	[t/a]
Rindvieh	5'884	5.88
Schweine	10'118	10.12
Schafe	212	0.21
Geflügel	3'852	3.85
Kuhmilch	164'801	164.80
Hühnereier	2'286	2.29

Getreide		
Weizen	16'419	16.42
Gerste	6'637	6.64
Körnermais	5'253	5.25
Triticale	1'667	1.67
Dinkel, Roggen, Hafer	1'415	1.42
Emmer, Einkorn, Reis, Hirse, Buchweizen	63	0.06
Übrige offene Ackerfläche		
Tomaten	489	0.49
Gurken	198	0.20
Nüsslisalat	560	0.56
Radieschen	258	0.26
Kopfsalat	2'171	2.17
Karotten	3'553	3.55
Zwiebeln	2'148	2.15
Blumenkohl	1'161	1.16
Spinat	2'528	2.53
Erbsen	1'872	1.87
Bohnen	1'911	1.91
Kartoffeln, Zucker- und Futterrüben		
Kartoffeln	15'324	15.32
Zucker- und Futterrüben	54'059	54.06
Ölsaaten		
Sonnenblumen	699	0.70
Soja	158	0.16
Raps	3'280	3.28

Dauerkulturen		
Äpfel	9'036	9.04
Birnen	815	0.82
Aprikosen	260	0.26
Kirschen	249	0.25
Zwetschgen	128	0.13
Erdbeeren	311	0.31
Himbeeren	65	0.06

*Tabelle 13-12: Relevant für das Basisszenario «Landwirtschaft»: Malus für die nicht produzierten Futter- und Lebensmittel auf der Fläche des Golfplatzes Wylihof. Mittels der Fläche von Golf Wylihof und den Daten aus Tabelle 13-9 wurden diese Werte berechnet.*

Malus für die nicht produzierten Futter- und Lebensmittel auf der Fläche des Golfplatzes Wylihof			
Gemäss Schweizer Durchschnitt			
Grünflächen		[kg/a]	[t/a]
	Rindvieh	12'437	12.44
	Schweine	21'384	21.38
	Schafe	447	0.45
	Geflügel	8'142	8.14
	Kuhmilch	348'313	348.31
	Hühnereier	4'831	4.83
Getreide			
	Weizen	34'701	34.70
	Gerste	14'027	14.03
	Körnermais	11'102	11.10
	Triticale	3'523	3.52
	Dinkel, Roggen, Hafer	2'991	2.99
	Emmer, Einkorn, Reis, Hirse, Buchweizen	133	0.13
Übrige offene Ackerfläche			

	Tomaten	1'034	1.03
	Gurken	418	0.42
	Nüsslisalat	1'183	1.18
	Radieschen	545	0.54
	Kopfsalat	4'589	4.59
	Karotten	7'510	7.51
	Zwiebeln	4'539	4.54
	Blumenkohl	2'454	2.45
	Spinat	5'343	5.34
	Erbsen	3'956	3.96
	Bohnen	4'039	4.04
Kartoffeln, Zucker- und Futterrüben			
	Kartoffeln	32'389	32.39
	Zucker- und Futterrüben	114'255	114.26
Ölsaaten			
	Sonnenblumen	1'477	1.48
	Soja	335	0.33
	Raps	6'932	6.93
Dauerkulturen			
	Äpfel	19'097	19.10
	Birnen	1'723	1.72
	Aprikosen	551	0.55
	Kirschen	526	0.53
	Zwetschgen	271	0.27
	Erdbeeren	658	0.66
	Himbeeren	136	0.14



### **13.7 Vertraulicher Anhang 1: Daten zu Golf Lausanne**

Daten sind vertraulich und nur auf Anfrage verfügbar. Anfragen sind an folgende Adresse zu richten:

Swiss Golf  
Place de la Croix-Blanche 19  
1066 Epalinges  
+41 21 785 70 00  
info@swissgolf.ch

### **13.8 Vertraulicher Anhang 2: Daten zu Golf Wylihof**

Daten sind vertraulich und nur auf Anfrage verfügbar. Anfragen sind an folgende Adresse zu richten:

Swiss Golf  
Place de la Croix-Blanche 19  
1066 Epalinges  
+41 21 785 70 00  
info@swissgolf.ch

### 13.9 Vertraulicher Anhang 3: Ökobilanzmodell und Sachbilanz

Daten sind vertraulich und nur auf Anfrage verfügbar. Anfragen sind an folgende Adresse zu richten:

Thomas Pohl  
Umtec Technologie AG  
Eichtalstrasse 54  
8634 Hombrechtikon  
+41 55 211 02 90  
thomas.pohl@utechag.ch

Kritischer Review nach ISO 14040, ISO 14044 und ISO 14071

# Ökobilanzierung und Ökoeffizienzanalyse (SEBI) zweier GEO-zertifizierter Golfplätze von Swiss Golf und Abschätzung der Umweltwirkung der Schweizer Golffläche

Auf der Basis des Berichtes vom 24.1.2021

**Autor des geprüften Berichtes**

Thomas Pohl, Umtec Technologie AG

**Verfasser des Reviewberichtes**

Thomas Kägi, Carbotech AG, Zürich

Zürich, 10.10.2022

# 1 Einleitung

Zur Schaffung von Fakten und der damit verbundenen Transparenz rund um die Umweltwirkungen von Golfplätzen beauftragte Swiss Golf die Umtec Technologie AG mit der Erstellung einer umfassenden Ökobilanz.

Mit der vergleichenden Ökobilanz wird die Grundlage geschaffen, um die Umweltauswirkungen von verschiedenen Golfplätzen zu beurteilen. Die Ökobilanz soll aufzeigen, wo die grössten Umweltauswirkungen auftreten und wie die Umweltbelastung wirkungsvoll reduziert werden kann. In der vorliegenden Studie werden 2 GEO-zertifizierte Golfplätze analysiert und Möglichkeiten einer ökologischen Optimierung aufgezeigt.

Um eine hohe Qualität dieser Auswertung und eine Akzeptanz der Ergebnisse zu gewährleisten, wurde diese Studie durch ein externes Review überprüft. Dieses Review sollte sich gemäss Auftrag an die Normenreihe ISO 14'040 und 14'044 sowie 14'067 und ISO 14071 und die darin genannten Forderungen halten. In diesen Normen sind die heutigen Qualitätsanforderungen festgelegt, die an eine Ökobilanz gestellt werden. Entsprechend wurde die Studie auch bezüglich der Kompatibilität mit diesen Normen überprüft. Jedoch wird im Folgenden nicht auf alle Details der Normforderungen eingegangen. Das Augenmerk wird auf die wesentlichen Punkte gelegt, welche auf die folgende zentrale Frage eine Antwort geben sollen:

Wurde die Studie nach dem heutigen Stand des Wissens erarbeitet, so dass die Ergebnisse einen so hohen Grad an Objektivität besitzen, dass die Schlussfolgerungen für die untersuchten Systeme aussagekräftig sind?

Entsprechend wurden in der kritischen Prüfung von dieser Studie die folgenden Aspekte untersucht:

- **Methodik** – d.h. entspricht die Vorgehensweise in dieser Studie den Zielen und dem Umfang der Studie und stimmen sie mit ISO 14040: 2006 und ISO 14044: 2006 überein?
- **Daten** – d.h. sind die für diese Studie benutzten Daten und Annahmen in Bezug auf die Ziele der Studie vernünftig und angemessen?
- **Bericht** – d.h. ist der Bericht transparent und entspricht den Zielen der Studie?
- **Resultate & Interpretation** – d.h. Entsprechen die Ergebnisse und deren Interpretationen den identifizierten Grenzen und Zielen der Studie?

Die Norm wird diesbezüglich als Messlatte verwendet.

Im Folgenden wird der LCA-Bericht der Umtec Technologie AG als Bericht bezeichnet. Das vorliegende Dokument in dem die Ergebnisse des Reviews beschrieben werden, wird als Review Bericht bezeichnet.

## 2 Vorgehen

Das Review wurde entsprechend den Anforderungen Abschnitt 6.3 der ISO 14044 bzw. gemäss der Technischen Spezifikation in DIN CEN ISO/TS 14071 als Prüfung durch einen externen unabhängigen Reviewer vorgenommen. Dieser Prüfungsbericht gilt ausschliesslich für den Abschlussbericht der Studie vom 24.1.2021.

### 2.1 Art des Reviews

Es gibt zwei mögliche Vorgehen der kritischen Prüfung einer LCA-Studie:

- Version I:  
kontinuierlich und parallel zur Entwicklung der Ökobilanz.
- Version II:  
separat nach Abschluss der Ökobilanz und getrennt von dieser.

Im vorliegenden Fall wurde die Vorgehensweise gemäss Version II gewählt, d.h. der Reviewer wurde nachträglich um eine kritische Prüfung der Studie gebeten.

### 2.2 Umfang der Prüfung

Bei der Durchführung einer Ökobilanz müssen einerseits grosse Datenmengen verarbeitet und andererseits Berechnungen der Umweltauswirkungen durchgeführt werden. Eine Überprüfung aller Berechnungen ist für die Reviewer nicht möglich. Entscheidend sind jedoch die Überprüfung und Diskussion des methodischen Vorgehens. Zudem können die verwendeten Daten zumindest stichprobenartig bezüglich Plausibilität geprüft werden. Dabei ist zu unterscheiden zwischen den Vordergrund- und den Hintergrunddaten.

- Als Vordergrunddaten werden diejenigen Angaben bezeichnet, welche direkt erhoben oder vom Auftraggeber der Studie zur Verfügung gestellt werden. Dabei handelt es sich z. B. um die Art und Menge der verwendeten Materialien, der Transporte und der benötigten Energieträger.
- Als Hintergrunddaten werden die Informationen über die Umweltauswirkungen bezeichnet, die für die Vordergrunddaten als Emissionen und Ressourcenbedarf für die Bereitstellung der Materialien und Dienstleistungen auftreten. Die Hintergrunddaten stammen normalerweise aus anerkannten Datenbanken wie ecoinvent. Im Rahmen des Review Prozesses wurde die Verknüpfung der Vordergrunddaten mit den Hintergrunddaten stichprobenartig geprüft. Dazu hatten die Reviewer Einblick in die gesamte Ökobilanzmodellierung. Die Berechnungen der Sachbilanz und der Wirkbilanz erfolgte durch anerkannte Softwaretools; eine detaillierte Überprüfung war entsprechend nicht notwendig. Zudem wurde die Plausibilität der Daten und die Transparenz und damit Nachvollziehbarkeit der Studie begutachtet.

Der Bericht zur Ökobilanz wurde dem Reviewer Mitte August 2022 zur Verfügung gestellt. Am 21.9.2022 erfolgte die Rückmeldung an den Ersteller sowie eine gemeinsame Besprechung, in der auch die Modellierungen in der Ökobilanzsoftware betrachtet wurden. Der vorliegende Review Bericht basiert auf dem Bericht vom 24.1.2021 und der gemeinsamen Besprechung vom 21.9.2022.

## 3 Kommentare zum Studien-Bericht

In diesem Kapitel wird zuerst die Arbeit als Ganzes kritisch gewürdigt. Anschliessend wird auf die verschiedenen Schritte bei der Erstellung einer Ökobilanz detaillierter eingegangen.

### 3.1 Allgemeine Kommentare und Würdigung

Die Vordergrunddaten sind umfassend und nachvollziehbar aufbereitet. Der Detaillierungsgrad der einzelnen Datensätze und Prozesse ist sehr gut. Die Herkunft der Daten ist, wo immer möglich, offen nachgewiesen. Der Bericht ist transparent gestaltet und die Resultate werden unter Verwendung ergänzender Bewertungsmethoden auf ihre Robustheit geprüft. Als positiv zu erwähnen sind die am Schluss des Berichtes aufgezeigten Optimierungsmassnahmen.

### 3.2 Methodik

#### Ziele und Rahmenbedingungen

Ziel und Untersuchungsrahmen der Studie sind klar dokumentiert. Der Bericht enthält ein Kapitel unter dem Titel "Rahmenbedingungen", in welchem die verschiedenen Punkte in einem logisch strukturierten und umfassenden Weg dargestellt sind. Es wird daraus ersichtlich, dass es dem Auftraggeber mit dieser Studie darum geht die Umweltauswirkungen von verschiedenen Golfplätzen zu beurteilen. Die Ökobilanz soll aufzeigen, wo die grössten Umweltauswirkungen auftreten und wie die Umweltbelastung wirkungsvoll reduziert werden kann. Die gesamte Studie ist dabei in einer transparenten Art und Weise erstellt, die sowohl für interne wie auch für eine externe Kommunikation eingesetzt werden kann.

#### Funktionelle Einheit

Die Ökobilanz wurde dreistufig ausgewertet und enthält daher auch drei funktionelle Einheiten (fE), die wie folgt definiert wurden:

1. Umweltwirkung des Baus, Betriebs und Unterhalts eines Golfplatzes pro Jahr
2. Umweltwirkung des Golfsports pro Golfer/in und Jahr
3. Umweltwirkung pro gespieltes Loch

Die fE sind insofern nicht korrekt beschrieben, als dass die Umweltwirkung nie Teil der fE sein kann, da die fE jeweils nur aus dem «Nenner - dem pro was?» besteht. Aus dem Kontext und in der weiteren Anwendung wird jedoch klar, dass die fE korrekt angewendet wurden. Abgesehen von der unscharfen Formulierung werden die fE als sinnvoll für die Fragestellung erachtet.

#### Systemgrenzen «Fussbadruck»

Die Studie schliesst alle mit dem Bau, Betrieb und Unterhalt verbundenen Tätigkeiten für den Golfsport auf dem Golfplatz mit ein. Auch die ganze Prozessvorkette für die Herstellung und Bereitstellung der Materialien wurden mitbilanziert. Dabei wurden alle relevanten Material-, Energie-, Wasser- und Landressourcen sowie Schadstoffemissionen in Luft, Wasser und Boden berücksichtigt welche im Zusammenhang mit der Mobilität, Landverbrauch, Wasserverbrauch, Energie, Betriebs- und Hilfsmittel, Infrastruktur, Abfälle und Recycling anfallen.

Nicht berücksichtigt wurde

- der Rückbau und die Entsorgungsphase des Golfplatzes. Nach einer gewissen Zeit erfährt ein Golfplatz üblicherweise durch ein Landschaftsarchitekturbüro eine neue Modellierung und leichte Abänderungen,

sodass Golfplätze eine sehr lange Lebenserwartung haben. Die Entsorgungsphase wird somit anteilig als wenig relevant eingestuft. Damit ist dieser Ausschluss nachvollziehbar und zulässig.

- Ebenfalls nicht berücksichtigt wurden die Nahrungsmittelverbräuche im Restaurationsbetrieb. Hier empfiehlt der Reviewer, bei einer Aktualisierung der Studie die Nahrungsmittelverbräuche auch mitzubilanzieren, da diese im direkten Einflussbereich der Golfplatzbetreiber liegen. D.h. mit einer ökologisch sinnvollen Auswahl an Speisen und Getränken kann der Fussabdruck der Golfer/innen reduziert werden. Zudem zeigen andere Studien, dass die Ernährung nebst der Mobilität und dem Energiebedarf entscheidend zum Umweltfussabdruck beiträgt, so dass zu erwarten ist, dass dieser Beitrag auch bei Golfplätzen nicht unwesentlich sein könnte.

Die Systemgrenzen für den Fussabdruck in dieser Studie sind grundsätzlich sinnvoll in Bezug auf die Fragestellungen und Zielsetzungen der Studie mit der Ausnahme der Nichtberücksichtigung der Nahrungsmittel im Restaurationsbetrieb.

### **Systemgrenzen «Handabdruck»**

Zusätzlich wurde auch die CO<sub>2</sub>-Sequestrierung der verschiedenen Vegetationstypen der Golfplätze berücksichtigt und der CO<sub>2</sub>-Sequestrierung der sonst vorherrschenden Vegetationstypen (10% Wald, 90% landwirtschaftliche Nutzfläche) gegenübergestellt. Dabei wurde nur die unterirdische Speicherung betrachtet, was für die pflegintensiven Flächen durchaus Sinn macht, da das Oberflächenmaterial periodisch abgeführt wird. Für die Sequestrierung von Waldflächen wird damit jedoch mit grosser Wahrscheinlichkeit eine zu tiefe Sequestrierungsmenge angenommen, da Wälder den grössten Teil des aufgenommenen Kohlenstoffs oberirdisch speichern. Da das Referenzszenario nur zu 10 % aus Wald besteht, trägt dieser Ausschluss nicht wesentlich zu einem anderen Resultat bei.

Die Systemgrenzen für den «Handabdruck» sind grundsätzlich sinnvoll in Bezug auf die Fragestellungen und ermöglichen eine grobe Einschätzung der Situation.

### **Wirkungsabschätzung**

Bei der Wirkungsabschätzung wurden im Rahmen dieser Studie verschiedene Methoden benutzt. Die Methode der ökologischen Knappheit 2013 (MöK13) wurde dabei als Hauptmethode verwendet. Die ILCD-Methode wurde zur Plausibilisierung sowie zur Anwendung im internationalen Kontext im EU-Raum verwendet. Da sich der Auftraggeber in der Schweiz befindet, passt die Verwendung der MöK13 sehr gut, welche auf die Schweizer Gesetzgebung abgestützt ist. Als zweite Hauptmethode wurde die CO<sub>2</sub>-Methode gemäss IPCC 2013, GWP 100a, zur Ermittlung des Treibhausgaspotenzials herangezogen. Dies vor allem, um dem internationalen Kontext und der internationalen Umweltpolitik Rechnung zu tragen. Die Erfassung des kumulierten Gesamtenergiebedarfs bildet ebenfalls eine weitere Nebenmethode, die angeschaut wurde. Als Spezialmethode wurde die LC-Impact Methode zur Biodiversitätsbewertung mit hoher geographischer Auflösung verwendet.

Es handelte sich um die zum Zeitpunkt der Studiererstellung aktuellsten jeweiligen Methodenversionen. Mittlerweile ist die MöK21, die IPCC21 sowie die EF3.0 (als Nachfolgerin der ILCD)-Methode erhältlich. Bei einer allfälligen Aktualisierung der Studie wird daher empfohlen, mit den aktuellsten Methoden zu rechnen. Begrüssenswert ist der Einbezug von vollaggregierten Methoden, da diese die Umweltsituation ganzheitlicher abbilden können. Da es sich bei dieser Studie nicht um einen Vergleich, sondern in erster Linie um eine Hot-Spot-Analyse handelt, ist dies auch aus Sicht der ISO-Norm 14'040/44 zulässig.

Positiv hervorzuheben ist, dass zusätzlich die Ökoeffizienz von diversen Massnahmen betrachtet wurde.



## Unsicherheit

Ökobilanzen sind mit diversen Unsicherheiten und Unschärfen behaftet, insbesondere hinsichtlich der verwendeten Daten. Das Unsicherheitsthema fehlt leider gänzlich in der Studie. Der Einbezug der Unsicherheit der einzelnen Datenpunkte wäre für die bessere Interpretation und Einordnung der Resultate wichtig. Aus den Resultaten geht hervor, dass hinsichtlich Fussabdruck v.a. die Mobilität wie auch die Erstellung der Grasflächen entscheidend zum Resultat beitragen. Dabei sind Mobilitätsdaten mit einer sehr grossen Unsicherheit behaftet (Annahmen zu Treibstoffverbrauch, Auslastung, Distanz). Und wie im Datenkapitel erwähnt (siehe Kap. 3.3) wurde die Herstellung der Grasflächen sehr grob angenähert und birgt somit eine grosse Unschärfe. Auch bei der CO<sub>2</sub>-Sequestrierung sind grosse Unsicherheiten involviert. Variationen in der Sequestrierung je nach Klima und Lage des Golfplatzes (heiss und trocken oder alpin mit kürzerer Vegetationsperiode) konnten nicht berücksichtigt werden, dürften jedoch die Sequestrierungsmenge entscheidend beeinflussen. Hierzu eine Veranschaulichung am Beispiel Treibhauspotenzial Golfplatz Wylihof: Der Fussabdruck liegt bei rund 650t CO<sub>2</sub>eq pro Jahr. Der Handprint setzt sich aus einer Gutschrift von rund 900 t CO<sub>2</sub>eq pro Jahr und einer Lastschrift (Sequestration im Referenzsystem) von rund 440 t CO<sub>2</sub>eq pro Jahr zusammen. Im Total (Fussabdruck + Handprint) werden dann rund 190 t CO<sub>2</sub>eq pro Jahr ausgewiesen. Aufgrund der grossen involvierten Unsicherheiten bei der Sequestration wäre es bei leicht anderen Annahmen ohne weiteres genau so realistisch, dass 20 % weniger sequestriert wird auf dem Golfplatz. Das gäbe dann eine Gutschrift von 720 t CO<sub>2</sub>eq pro Jahr. Die Nettobilanz käme dann auf 370 t CO<sub>2</sub>eq pro Jahr. D.h. diese 20 % Abweichungen führen dazu, dass das Nettoresultat doppelt so hoch ausfällt! Ein weiteres Problem der Sequestrierung ist, dass diese im Gegensatz zum emittierten Fussabdruck reversibel sein kann. Bei einer Anrechnung geht man davon aus, dass die C-Senke über die nächsten 100 Jahre zu 100 % Bestand hat, was die absolute best case Annahme ist. Man weiss jedoch nicht, ob es so sein wird. Es besteht immer ein Risiko, dass zumindest ein Teil dieser C-Senke wieder freigesetzt wird (z.B. aufgrund klimatischer Veränderungen, Umbau der Flächen, Aufgabe des Golfplatzes o.ä.). Wünschenswert wäre daher, bei einer Aktualisierung der Berechnungen solche Unsicherheitsüberlegungen in die Berechnungen einfließen zu lassen und in der Diskussion zu integrieren.

## 3.3 Daten

Die Anforderungen und der Datenerfassungsprozess werden in Kapitel "Daten" des Projektberichts offen und umfassend beschrieben und eine detaillierte Zuordnung der Vordergrund- mit den Hintergrunddaten ist im Anhang einsehbar.

Die Vordergrunddaten (Material- und Energiebedarf und Transporte) basieren auf spezifischen Daten für die Golfplätze und weisen einen sehr hohen Detaillierungsgrad auf. Dabei widerspiegeln die Daten zur Erstellung den aktuellen Stand der Technik.

Im Hintergrund wurde für diese Studie hauptsächlich die Datenbank ecoinvent in ihrer Version 3.7 verwendet. Wo immer möglich, wurden Datensätze verwendet, die für Herstellungs- und Entsorgungsprozesse in der Schweiz repräsentativ sind. Die meisten Vordergrunddaten konnten mit repräsentativen Hintergrunddatensätzen aus ecoinvent 3.7 oder vertretbaren Proxys verknüpft werden. Teilweise wurden Inventare aus der UVEK 2018 oder aus der Agribalyse verwendet. Hier empfiehlt es sich aus Datenkonsistenzgründen, wenn immer möglich nur mit einer Datenbank zu arbeiten. Da die UVEK 2018 und ecoinvent auf denselben Inventaren aufbauen, sind die zu erwartenden Unterschiede minimal. Bei einzelnen Datensätzen wurden nicht die passendsten Inventare gewählt (siehe dazu Anhang). Für die Grasflächenherstellung, welche in der Auswertung einen relevanten Beitrag zum Fussabdruck leistet, waren keine Daten verfügbar. Die Annäherung mittels

der Inventare zu Grasproduktion enthält eine sehr grosse Unschärfe, da es sich eigentlich um einen ganz anderen Herstellungsvorgang handelt. Wünschenswert wäre hier, die Grasflächenherstellung mittels Literaturdaten besser abzubilden. Im Moment dürfte dieser Prozess überschätzt sein.

Für die Sequestrierungsmengen der verschiedenen Gräsern und Vegetationstypen wurden Literaturwerte verwendet. Bei den Gräsern wird auf eine Studie verwiesen, welche in einem 30-monatigen Versuch die C-Sequestrierung gemessen hat. Die Studie sagt jedoch nichts über den anfänglichen C-Sättigungsgrad der Versuchsfläche aus. Tatsache ist, dass Böden nicht unbeschränkt Kohlenstoff aufnehmen können und sich Dauergrünflächen bei einem Gehalt von max. 200-300 t C / ha einpendeln. Die Annahme, dass die Gräser jährlich mehrere Tonnen C über die nächsten 100 Jahre speichern können, führt somit mit grosser Wahrscheinlichkeit zu einer Überschätzung der C-Sequestrierung.

Mit Ausnahme der Grasflächenherstellung und den Sequestrierungsraten entsprechen alle angewandten Daten und Informationen dem Ziel und Umfang der Studie.

### **3.4 Bericht**

Der Bericht ist klar und logisch strukturiert, für Dritte gut verständlich und richtig gestaltet. Vorbildlich ist die transparente Darstellung der verwendeten Daten.

### **3.5 Resultate & Interpretation**

Die Ergebnisse sind zuerst je Golfplatz und Methode aufgeteilt und erlauben dem Leser damit ein einfaches, logisches und übersichtliches Auffinden des Inhaltes. Mittels Wasserfalldiagramm wird die Zusammensetzung der Umweltbelastung (environmental footprint - Fussabdruck) sowie der Veränderungen des biogenen Pools (environmental handprint) übersichtlich und transparent dargestellt.

Danach erfolgt ein kurzes Fazit, welches die relevanten Hot-Spots und weiteren Erkenntnisse zusammenfasst. Nach einem Literaturvergleich mit anderen Studien über Golfplätze folgt eine Auswertung für durchschnittliche Golfplätze verschiedener Grössen und je Golfer/in. Mittels Vergleich zu anderen Sportarten, für welche Daten erhältlich waren, wird die Umweltbelastung des Golfens eingeordnet. In einer Sensitivitätsanalyse wurden verschiedene Basisszenarien hinsichtlich Referenzvegetationstypen betrachtet. Weitere Sensitivitätsanalysen fanden nicht statt. Begrüssenswert ist jedoch die Einbettung einer Ökoeffizienzanalyse inklusive Handlungsempfehlung von diversen denkbaren Massnahmen, mit denen die Umweltbelastung von Golfplätzen weiter reduziert werden könnte.

Die Resultate und Diskussionskapitel enthalten viele unterschiedliche und wertvolle Auswertungen, beschränken sich jedoch hauptsächlich auf deskriptive Inhalte. In der Diskussion der Resultate fehlt die Einbindung von Unsicherheitsüberlegungen (siehe auch Kap. 3.2 Unsicherheit) sowie die Diskussion, dass in der ILCD Methode der Handprint kaum relevant ist im Vergleich zur MöK13 oder IPCC13.

Aus Sicht des Reviewers wäre es bei den Handlungsempfehlungen sinnvoll darauf hinzuweisen, dass Massnahmen zur Vermeidung und Reduktion des Fussabdrucks den Kompensationsmassnahmen vorzuziehen sind (nach dem Grundsatz «zuerst vermeiden, dann reduzieren und den Rest kompensieren»)

Hinsichtlich Anrechnung von C-Senken fordert die ISO 14067 eine separate Ausweisung und ist hinsichtlich Anrechenbarkeit nicht eindeutig. Es sind jedoch diesbezüglich unterschiedliche Dokumente in Arbeit: Gemäss aktueller Kommunikation SBTi kann die hier berechnete Sequestrierung für die Zielerreichung Netto-Null nicht angerechnet werden. Beim Reduktionspfad nach SBTi steht die Reduktion der Emissionen im Fokus, eine Reduktion der Emissionen der Landnutzung kann dabei als Unterziel gesetzt werden, aber kein Removal durch C-Speicher angerechnet werden. Neue Richtlinien des GHG Protocols weisen für den Aspekt Landnutzung in Betriebsbilanzen auf eine separate Analyse sowie auf Qualitätskriterien bezüglich der Vollständigkeit, des Monitorings der Veränderung des Speichers und der Dauerhaftigkeit für eine Anrechnung hin. Die genannten Qualitätskriterien werden in dieser Studie nicht erfüllt. Der Reviewer erachtet es damit als nicht zielführend, sich den Handprint anzurechnen und die Nettobilanz zu kommunizieren.

## 4 Zusammenfassung und Schlussfolgerung

Als Fazit kann gefolgert werden, dass die Studie «Ökobilanzierung und Ökoeffizienzanalyse (SEBI) zweier GEO-zertifizierter Golfplätze von Swiss Golf und Abschätzung der Umweltwirkung der Schweizer Golffläche» – ausgeführt von der Umtec Technologie AG – auf eine transparente sowie eine logische Art und Weise erstellt wurde und der vorliegende Bericht einen guten Überblick über diese Studie und ihre Resultate gibt. Positiv zu erwähnen ist der Empfehlungskatalog von Massnahmen auf Basis von Ökoeffizienzüberlegungen. Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die vorliegende Studie den internationalen Standards für Ökobilanzen (ISO 14'040 und 14'044) entspricht und dass der Reviewer eine Veröffentlichung der Studie befürwortet mit einer Ausnahme: Der Reviewer erachtet die Anrechnung der Sequestrierung als überaus kritisch und empfiehlt aus im Kap. 3.5 genannten Gründen, für die Kommunikation und die weiteren Optimierungen beim Golfplatz den Fussabdruck und die Sequestrierung separat zu betrachten ohne Bildung der Nettobilanz.

Zürich, 10.10.2022

Der Reviewer der Studie

Thomas Kägi  
Carbotech AG