

Rupert Fellingner
Susanne Püls-Schlesinger

Ökobilanz zur Renovation und Reparatur keramischer Oberflächen im Sanitärbereich Endbericht

im Auftrag des Magistrats der Stadt Wien MA 22 Umweltschutz und
Miracle Management Consulting GmbH

März 2001

INHALTSVERZEICHNIS

Einleitung	Seite 2
Ausgangslage	Seite 3
Methodik	Seite 4
Vorgangsweise, Datensituation	Seite 5
Systembeschreibung	Seite 6
Zieldefinition	Seite 13
Bilanzierung	Seite 16
Umweltwirkungen	Seite 31
Dateninterpretation	Seite 36

EINLEITUNG

Der vorliegende Bericht ist das Ergebnis einer Ökobilanz, die den Neueinbau von Badewannen mit den Reparaturmöglichkeiten für Badewannen und Fliesen vergleicht.

Die Firmen des Remaill-Technik Franchise Netzwerkes beschichten Badewannen. Miracle Management Consulting GmbH ist Franchisegeber für die Remaill-Technik in Österreich, Tschechien und der Slowakei. Die Firma Constantin Zugmayer, Remaill-Technik Wien, ist ein Gründungsmitglied im Reparaturnetzwerk. Dieser Zusammenschluss von "Reparatören" hat sich zum Ziel gesetzt, die Nutzungsdauer von Produkten zu verlängern. Nachhaltige Wirtschaftsweise durch Ressourcenschonung, Verringerung der Abfälle und Reduktion gefährlicher Abfälle sind wesentliche Teilaspekte der umweltrelevanten Zielsetzungen des Netzwerkes.

Grundsätzlich kann davon ausgegangen werden, dass Reparieren in vielen Fällen ökologisch vorteilhafter als die Neuproduktion ist. So liegt auch bei der Beschichtung von Badewannen die Vermutung nahe, dass dieses Verfahren ressourcenschonender und abfallvermeidender ist als der Einbau von neuen Badewannen. Es werden dabei allerdings chemisch nicht unbedenkliche Substanzen eingesetzt. In einer Ökobilanz sollen nun durch die Gegenüberstellung einer Badewannenbeschichtung mit einer konventionellen Badrenovation die ökologischen Auswirkungen verglichen werden. Insbesondere sollen auch die unterschiedlichen ökologischen Auswirkungen für den gesamten Zyklus Badewannenreparatur bzw. Badewanneneinbau anhand relevanter Kennzahlen transparent dargestellt werden. Diese Kennzahlen sollen auch die Produktion und Entsorgung der Materialien berücksichtigen. Damit können dann auch die Umweltauswirkungen der verglichenen Varianten quantifiziert und allgemein verständlich dargestellt werden.

Die Erstellung der Ökobilanz erfolgt im Auftrag der MA 22 Umweltschutz und Miracle Management Consulting GmbH. Die Projektkoordination im Rahmen des Reparaturnetzwerkes führte "die umweltberatung" durch.

AUSGANGSLAGE

Renovierungsbedürftige Badezimmer in Wien

Um die möglichen Varianten bei der Renovierung von Badezimmern zu erfassen, wurden in einem ersten Schritt einerseits Techniker von großen Wiener Hausverwaltungen, andererseits Installateure und Betriebe, die Badewannen beschichten oder das Wanne-in-Wannesystem verwenden, befragt. Es sollte neben der Erfassung der Möglichkeiten zur Sanierung von Badewannen und Badezimmern auch eine Abschätzung der prozentuellen Verteilung des Einsatzes dieser Varianten erfolgen.

Aus der Befragung von 3 Hausverwaltungen und dem Leiter der Bautechnik von Wiener Wohnen kristallisiert sich folgender Trend heraus.

Muss das Badezimmer hergerichtet werden, so wird bei den meisten Fällen (wenn Schätzungen genannt werden, reichen sie von 70 bis 90 %) das Bad komplett renoviert. Die Gründe liegen einerseits darin, dass bei Wohnungen des freien Wohnungsmarktes oft eine höherwertige Vermietung angestrebt wird. Eine abgenützte Badewanne geht in vielen Fällen mit schadhafte Fliesen und einer nicht mehr zeitgemäßen Ausstattung einher. Als neue Badewanne wird meist eine emaillierte Stahlblechwanne eingebaut.

Bei den verbleibenden Renovierungsfällen findet man oft Badezimmer vor, die in einem sehr guten Zustand sind. Die Badewannen sind entweder gleichmäßig abgenützt oder an einigen Stellen beschädigt. Hier wird oft das Beschichtungsverfahren zur Reparatur angewendet. Es können seitens der Befragten keine Angaben zur Beschichtungsart gemacht werden, da diese Arbeiten über die Installateure ablaufen und der Überblick bei den befragten Technikern daher nicht gegeben ist.

Das Wanne-in-Wannesystem wird von keiner der befragten Hausverwaltungen als Sanierungsmöglichkeit genannt.

METHODIK

Bei der Erstellung der Ökobilanz lehnen wir uns an die international anerkannten Richtlinien der SETAC (Society of Environmental Toxicology and Chemistry) und der internationalen Norm ISO 1440 (Umweltmanagement, Ökobilanz, Prinzipien und allgemeine Anforderungen) an. Demnach kann eine Ökobilanz in vier unterschiedliche Phasen getrennt werden:

- Zieldefinition
- Sachbilanz
- Wirkungsbilanz
- Bewertung

In der **Zieldefinition** erfolgt die genaue Festlegung des Planungszieles, die Alternativenauswahl und die Festlegung des Bilanzraumes. Eine bewusste Durchführung und transparente Darstellung dieses Schrittes ist wichtig, da das Ergebnis wesentlich davon abhängt.

In der **Sachbilanz** erfolgt eine Bilanzierung der innerhalb des Bilanzgebietes liegenden Stoff- und Energieströme. Grundlage der Sachbilanz sind die Input/Output-Bilanzen der einzelnen Prozessschritte der Produktlinien.

In der **Wirkungsbilanz** werden die Umweltauswirkungen der in der Sachbilanz analysierten Stoff- und Energieströme dargestellt. Zunächst erfolgt eine Klassifizierung der Sachbilanz-Daten in bestimmte Wirkungskategorien, weil durch unterschiedliche Produktlinien unterschiedliche Umweltauswirkungen verursacht werden können, die nur schwer bzw. gar nicht miteinander verglichen werden können. Die spezifischen Wirkungskategorien fassen ähnliche, miteinander zu vergleichende Umweltauswirkungen zusammen und erlauben so eine systematische Herangehensweise. Von einem Stoff können Umweltauswirkungen ausgehen, die auch verschiedenen Wirkungskategorien zuzuordnen sind.

In Bezug auf die konkrete Aufgabenstellung und Datenlage erfolgt die Erstellung der Wirkungsbilanz durch die Charakterisierung der eingesetzten und entstehenden Input- und Outputstoffe und der einzelnen Arbeitsschritte in den einzelnen Teilbilanzen.

Bei der **Bewertung** werden die in den vorherigen Schritten gewonnenen Informationen zusammengeführt und bewertet. Dabei erfolgt auch eine Gewichtung unterschiedlicher Umweltauswirkungen. Da in diesem Schritt von Prioritätensetzung im Hinblick auf Umweltqualitätsziele ausgegangen werden muss (z.B. in welchem Verhältnis ist der

Ressourcenverbrauch im Vergleich zu toxischen Emissionen zu bewerten), gibt es für den Bewertungsschritt keine einheitlichen Regeln. Die Bewertung in dieser Ökobilanz erfolgt einerseits durch die Darstellung geeigneter Kennzahlen (Primärenergieverbrauch, Abfallbelastung, Materialverbrauch, emittierte CO₂-Äquivalente und Anzahl gesundheitlich und ökologisch bedenklicher Stoffe) und durch eine vergleichende Gesamtbeurteilung mittels Umweltprofil.

VORGANGSWEISE, DATENSITUATION

Ausgangspunkt der Erhebung stellt das Gespräch mit dem Geschäftsführer und dem Juniorchef der Fa. Miracle Management dar. In diesem wurden ausführlich das Einsatzgebiet der Remaill-Technik, die Vorteile des Verfahrens und auch die Grenzen erörtert.

In einem nächsten Schritt wurden Techniker von großen Wiener Hausverwaltungen und von der ehemaligen MA 17 - dem jetzigen Wiener Wohnen - kontaktiert, um zu überprüfen, welche Verfahren im Bereich der Badezimmerrenovierung die gängigsten sind. Die Ergebnisse dieser telefonischen Interviews wurden bereits in der Ausgangslage beschrieben.

Auf Grundlage des Wiener Branchenverzeichnisses "Badewannenbeschichtungen, -einsätze, reparaturen" wurde Kontakt mit VertreterInnen folgender Firmen aufgenommen.

Firmenname	Renovierungsart
Artebagno	Beschichtung Epoxidharz
G. Binder	Beschichtung Polyurethan
Remaill-Technik	Beschichtung Polyurethan
Wanne in Wanne-Aquabagno	Wanne in Wannensystem
Repabad	Wanne in Wannensystem

Tab. 1: Anbieter Badewannenreparaturen

Gespräche mit Vertretern der Landesinnung Wien der Sanitär-, Heizungs- und Lüftungstechniker und der Landesinnung Wien der Hafner, Platten-, Fliesenleger und Keramiker wurden ergänzend geführt. Ziel dieser Gespräche war es, die gängigen Sanierungsvarianten abzustecken, die durchschnittlichen Größen und verfliesenen Flächen von Badezimmer, sowie die Wannentypen zu erfahren. Dies bildet die Grundlage zur Festlegung der funktionellen Einheit für die Bilanzierung.

Weiters wurde Kontakt zu zwei Badewannenherstellern in Deutschland aufgenommen, deren Produkte häufig in Wiener Wohnungen eingebaut werden, und zwar zur Firma Bamberger und zur Firma Kaldewei.

SYSTEMBESCHREIBUNG - AUSWAHL DER ZU VERGLEICHENDEN ALTERNATIVEN

Im nachfolgenden Kapitel werden die Möglichkeiten der Badewannenrenovierung und der Einbau einer neuen Badewanne beschrieben. Ist eine Badewanne abgenützt, gibt es für den Inhaber prinzipiell 2 Möglichkeiten. Entweder wird die Wanne repariert oder durch den Einbau einer neuen Wanne ersetzt. Bei der Renovierung stehen 2 unterschiedliche Verfahren zur Auswahl. Entweder wird die alte Wanne beschichtet, oder es wird eine neue Wanne in sie hineingesetzt.

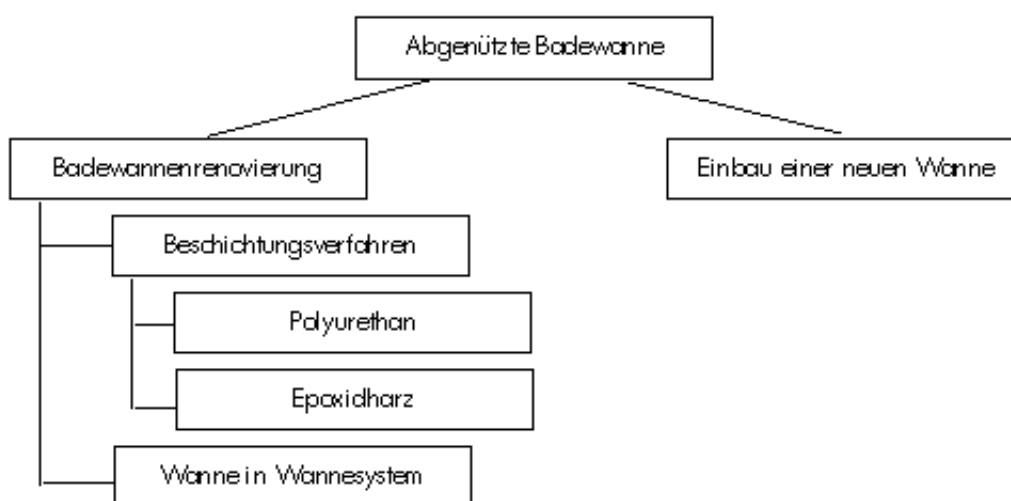


Abb. 1: Möglichkeiten der Badewannenrenovierung
Einsatzgebiete der Badewannenrenovierung

Allen hier in der Folge angeführten Verfahren ist gemeinsam, dass die Badewannenrenovierungsarbeiten ohne die Entfernung der Fliesen durchgeführt werden können. Da in den betreffenden Haushalten meist keine alten Fliesen mehr vorhanden sind, würden die Renovierungsarbeiten in einer Neuverfliesung der Badezimmer enden oder es würden Fliesenreihen durch neue Fliesen mit einem anderen Aussehen ersetzt werden.

Den KundInnen bleibt somit Schmutz erspart, und die Badewanne kann je nach Verfahrensart in 1 bis 3 Tagen wieder verwendet werden.

Die Verfahren werden von den KundInnen überall dort gewünscht, wo das Badezimmer an sich in Ordnung ist, die Wanne im Laufe der Jahre abgenützt und die Oberfläche in Mitleidenschaft gezogen wurde.

Beschichtungsverfahren:

Aufgrund der Recherche zum Thema Beschichtungsverfahren (Internet, Branchenbuch) können für den Wiener Raum im wesentlichen 2 Beschichtungsverfahren unterschieden werden, und zwar die Remaill-Technik und das auf Epoxidharz basierende Beschichtungssystem.

Das Beschichtungsverfahren Remaill-Technik

Die Renovierung einer Sanitäroberfläche, meist Badewanne, Duschtasse oder Fliesen, findet an Ort und Stelle an dem zu renovierenden Objekt statt. Das in der Folge beschriebene Verfahren ist für die verschiedenen Objekte im Wesentlichen gleich. Es ergeben sich lediglich Unterschiede im Materialverbrauch und in der Arbeitszeit. Vergleicht man die Beschichtung einer Badewanne mit der Beschichtung einer 12 m² großen Fliesenwand, so wird ca. die 4- bis 5-fache Menge Material und die 2- bis 3-fache Arbeitszeit benötigt.

Zu Beginn des Beschichtungsverfahrens wird die Umgebung des Objektes abgedeckt, und vorhandene Silikonfugen werden entfernt.

Die Vorbereitung der Oberfläche besteht in erster Linie aus einer chemischen Reinigung mittels zweier Spezialreiniger – einer für organische, der zweite für anorganische Stoffe. Jegliche Fremdstoffe, wie z.B. Kalkablagerungen, werden entfernt. Die Techniker müssen in dieser Phase ihre Hände mit starken Plastikhandschuhen schützen. Spätestens vor der nächsten Phase wird eine Abluftanlage montiert. Zum Schutz vor Staubpartikel und Dämpfen wird eine Maske getragen.

Auf die gereinigte Oberfläche wird ein speziell für dieses Verfahren entwickelter chemischer Verbinder aufgetragen, der sich auf molekularer Basis sowohl mit der zu renovierenden Oberfläche (Email, Acryl, Keramik, etc.), als auch dem Oberflächenmaterial untrennbar verbindet.

Der Auftrag des neuen Oberflächenmaterials – ein 2-Komponenten-Polyurethan – erfolgt im Spritzverfahren. Bei diesem Arbeitsschritt müssen sich die Techniker mit folgender Arbeitskleidung schützen: Plastik-Overall, Kopfschutz und Handschuhe und eine an eine Turbine angeschlossene Frischluftmaske. Nach dem Spritzen wird eine Infrarot-Heizlampe zur Beschleunigung der Aushärtung über der Oberfläche angebracht und für eine bestimmte Zeitspanne dort belassen.

Die ausgehärtete Oberfläche kann danach nachbehandelt werden, d.h. eventuelle Staubeinschlüsse und kleine Unregelmäßigkeiten können egalisiert werden. Auf die nachbearbeitete Oberfläche wird ein Polymer aufgetragen.

Die Abdeckungen werden entfernt, und gegebenenfalls wird eine neue Silikonfuge gezogen. Das Objekt ist sofort wieder benutzbar.

Die beiden folgenden Tabellen geben den Material- und Stromverbrauch wieder:

Material	Badewanne	Fliesenwände (20 m ²)	
	Menge EH	Menge	EH
Cleaner #1	500 ml	3300	ml
Cleaner #2	500 ml	3300	ml
Aceton	100 ml	830	ml
Spachtelmasse	50 g	330	g
Haftvermittler MM4	100 ml	830	ml
Polyurethan	600 ml	3,3	kg
Reinigungsverdünnung	500 ml	830	ml
Polituren	150 ml		
Polymer	50 ml		
Silikon	100 g	580	g
Abdeckmaterial	1,5 kg		

Tab. 2: Materialverbrauch Beschichtungsverfahren

Stromverbrauch	Badewanne		Fliesenwände (20 m ²)	
	Stromv.	Dauer	Stromv.	Dauer
2 Spots à	150 W	240 Minuten	150 W	1000 Minuten
Heißluftfön	800 W	5 Minuten	800 W	25 Minuten
Spritzanlage	2000 W	45 Minuten	2000 W	75 Minuten
Heizlampe	2000 W	90 Minuten	2000 W	300 Minuten
Poliermaschine	1500 W	10 Minuten		
Vibrationsschleifer	500 W	5 Minuten	500 W	25 Minuten

Tab. 3: Stromverbrauch Beschichtungsverfahren

Die folgenden Bilder geben die einzelnen Arbeitsschritte des Remaill-Beschichtungsverfahrens wieder.



Abb. 2: Arbeitsschritte Remaill-Beschichtungsverfahren

Diese Oberflächenrenovierung wird überall dort durchgeführt, wo die Funktionalität des Bades erhalten ist. Durch mechanische Einflüsse wurde die Oberfläche der jeweiligen Sanitäreinrichtung abgenutzt und in vielen Fällen unansehnlich. Oft entspricht die Farbgebung nicht mehr dem Zeitgeist.

Das Remaill-Technikverfahren ermöglicht durch die punktgenaue Renovation der beanstandeten Oberfläche eine größtmögliche Erhaltung der Bausubstanz und einen minimalen Materialaufwand. Es hat seine Grenzen überall dort, wo Installationssysteme veraltet sind (z.B. Bleirohre).

Die zwei folgenden Bilder zeigen die Renovation eines Badezimmers mit Hilfe der Remaill-Technik. Hier wurden auch die Fliesen neu beschichtet.



Abb. 3: Vor und nach der Renovation durch Remaill-Beschichtungsverfahren

Beschichtungsverfahren auf Epoxidharzbasis

Die Badewanne wird in 2 Stunden mit einem 2-Komponenten-Kunststoff beschichtet. Dies geschieht in einem speziellen Heißspritzverfahren, bei dem in einem Arbeitsgang über 1,2 kg Beschichtungsmaterial aufgetragen wird. Dadurch wird eine hohe Schichtstärke erreicht. Nach einer 3-tägigen Aushärtezeit und dem Erneuern der Silikonverfugung ist die Wanne wieder zu benutzen.

Bei diesem Verfahren können Fliesen nicht neu beschichtet werden.

Wanne-in-Wannesystem:

In einem ersten Schritt wird die alte Wanne genau ausgemessen. Aus 50 Wannentypen wird eine passgenaue Form ausgewählt. Das System ist für viele, aber nicht alle Wannentypen anwendbar. Die entsprechende Wanne wird eingesetzt, die Hohlräume werden mit einem PU-Schaum gefüllt, die Ab- und Überlaufventile werden getauscht. Die Syphon- und Anschlussrohre werden erneuert. Nach dem Einbau kann die Wanne nach einem Tag Trocknungszeit wieder benutzt werden.

HauptkundInnen sind laut Auskunft des Firmenvertreters ältere Personen. Für den Einbau wird 5 Jahre, für das Material 9 Jahre Garantie gegeben.

Herstellung und Einbau einer neuen Badewanne

Laut deutschem Baulexikon werden Badewannen in verschiedensten Materialien angeboten: aus Gusseisen, Kunststoff, Acrylglas und emailliertem Stahlblech, sogar aus massivem verleimtem Holz. Heute sind nur mehr Kunststoff- und emaillierte Stahlblechwannen von Bedeutung, wobei die emaillierten Stahlblechwannen die häufigsten sind.

Material und Herstellung einer emaillierten Stahlblechwanne

Der Verbundstoff Stahl-Email kombiniert die positiven Eigenschaften beider Werkstoffe und ist somit hart, widerstandsfähig, hitzebeständig, hygienisch und farbbeständig. Der Stahl wird in Pressen in die verschiedenen Bade- und Duschwannenformen gezogen. Email wird aus den Rohstoffen Quarz, Feldspat, Soda, Kaliumcarbonat, Borax, Natriumnitrat und Flussspat sowie Zuschlägen nach Verwendungszweck erzeugt. Die Emailrohstoffe werden gemischt, bei ca. 1200°C geschmolzen und mit Wasser oder über Kühlwalzen zum Erstarren gebracht, wodurch die sog. Fritte in Form von Granalien oder Schuppen entsteht. Die Fritte wird in speziellen Mahlaggregaten vermahlen und durch computergesteuerte Roboter auf die Wannenrohlinge aufgetragen. In Umkehröfen wird die Emailsicht bei ca. 850°C so fest eingebrannt, dass die Beständigkeit dieser Oberfläche lange Jahre garantiert ist.

Einbau der Badewanne

Im ersten Schritt wird die alte Badewanne vom Installateur ausgebaut, die alten Fliesen werden abgeschlagen. Bei diesen Arbeiten müssen meist mindestens 2 Reihen Fliesen und die Badewannenverkleidung mit den Fliesen entfernt werden, dabei fallen durchschnittlich ca. 25 kg Schutt an. Sind diese Arbeiten getan, wird zumeist die Chance genutzt, die alten Rohrleitungen zu erneuern. Der Elektriker erdet im Anschluss die Badewanne. Der Fliesenleger bereitet die Wände vor und verputzt die entsprechenden Stellen. Der Installateur kann nun die neue Badewanne wieder einbauen. Nachdem der Fliesenleger die neuen Fliesen wieder verlegt hat, kann der Installateur die Endarbeiten ausführen und die Armaturen anschließen.

Herstellung von Fliesen

Fliesen werden aus natürlichen mineralischen Rohstoffen, die wichtigsten sind Kaolin, Quarz und Feldspat, zumeist in modernen Rollenöfen gebrannt. Bei bestimmten Produkten wird auch Schamott, Calcit oder Dolomit dem Ton beigemischt. Je nach Brandtemperatur und Mischung der Rohstoffe, die pulverförmig zur "Rohfliese" gepresst werden, ergeben sich Produkte für verschiedenste Anforderungen. Sie können demnach grob in folgende 2 Gruppen unterteilt werden:

Steingut-Fliesen: Sie werden mittels Metalloxyden glasiert und dekoriert und meist als nicht frostbeständige Wandfliese verwendet.

Steinzeug-Fliesen: Durch die hohe Brandtemperatur sintert der Scherben zu einem dichten Gefüge, das kaum eine Wasseraufnahme zulässt. Steinzeugfliesen sind daher meist frostbeständig.

ZIELDEFINITION

Planungsziel

Die Ökobilanz soll eine transparente Darstellung der Umweltauswirkungen des Remaill-Technikbeschichtungsverfahrens und der konventionellen Badrenovation liefern. Sie soll Hausverwaltungen und privaten Einzelkunden eine Entscheidungsgrundlage liefern.

Alternativenauswahl und Bilanzraum

Verfahren, die verglichen werden sollen, sind einerseits die Beschichtungsverfahren nach der Remaill-Technik und andererseits die konventionelle Badrenovation. Die Auswahl der Varianten erfolgte nach einer ausgewählten Befragung von Entscheidungsträgern auf dem Renovierungsmarkt. Außerdem ist die Remaill-Technik das einzige Verfahren, das auch Fliesen neu beschichten kann. In den Umweltauswirkungen ist das Beschichtungsverfahren auf Epoxidbasis grundsätzlich ähnlich dem der Remaill-Technik.

Es werden 2 ausgewählte Varianten bei 2 Einsatzmöglichkeiten untersucht.

Als Varianten wurden ausgewählt:

- Beschichtungsverfahren nach der Remaill-Technik
- Einbau neuer Produkte (Badewanne bzw. Fliesen)

Bei den Einsatzmöglichkeiten wird unterschieden

- **Badewannenrenovierung** - Bilanz 1
- **Badezimmerrenovierung** - Bilanz 2

Die Bilanzierung umfasst für alle die Herstellung der benötigten Materialien und die Sanierung (Neueinbau, bzw. Reparatur). Die Entsorgung der eingebauten Badewanne und der neu verlegten Fliesen bzw. der renovierten Badewanne wird nicht berücksichtigt, da diese bei allen Varianten gleich ist. Dies wurde im Rahmen der Erstellung der Sachbilanz überprüft.

Die folgende Abbildung soll den Bilanzraum verdeutlichen.

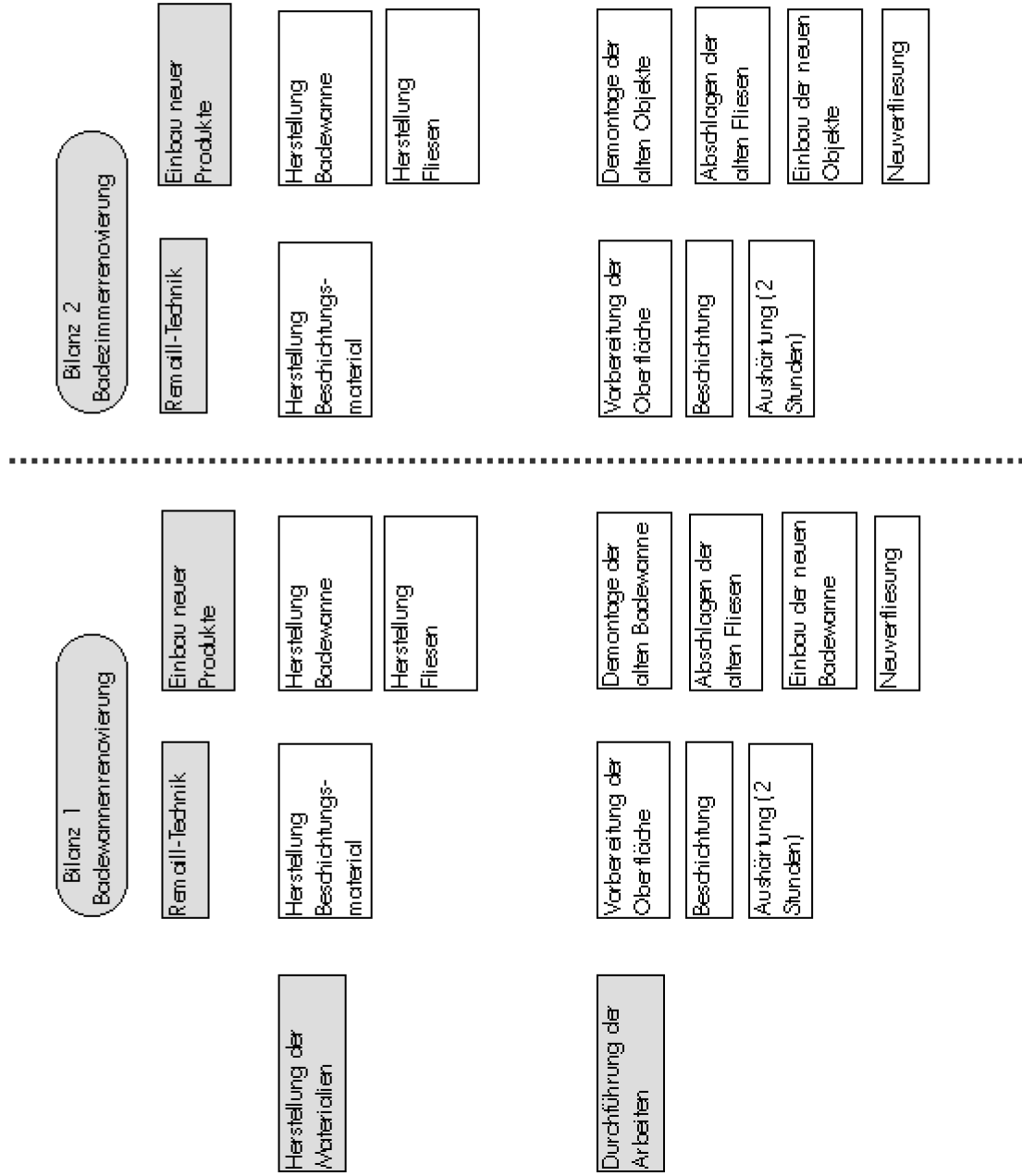


Abb. 4: Bilanzraum

Definition funktionelle Einheit

Als funktionelle Einheit werden auf Grund von den zuvor beschriebenen Gesprächen und dem Leistungsverzeichnis der Gemeinde Wien folgende Größen angenommen:

Grundfläche des Badezimmers: 6 m²

Verflieste Fläche: 20 m²

Badewanne: aus Stahlblech, Einbauform innen weiß, außen grundemailliert, Gr. 170 x 70 cm

Eingrenzung der zu untersuchenden Parameter

In der folgenden Sachbilanz werden die relevanten Stoff- und Energieflüsse für die zu vergleichenden Alternativen erhoben und dargestellt. Der Faktor Lärm wurde in der Ökobilanz nicht berücksichtigt. Aus der Systembeschreibung ergeben sich folgende Daten, die in der Sachbilanz erhoben werden müssen:

- Energieverbrauch zur
 - Badewannenproduktion
 - Fliesenproduktion
 - Produktion von Baumaterialien (z.B. Mörtel und Fliesenkleber)
 - Produktion der Beschichtungsmaterialien
 - zum Neueinbau bzw. zur Neubeschichtung von Badewannen und Badezimmern vor Ort
 - Herstellung von diversem Installationsmaterial

- Abfallanfall bei
 - Einbau bzw. Neubeschichtung von Badewannen bzw. Badezimmern vor Ort
 - Badewannenproduktion
 - Fliesenproduktion
 - Produktion von Baumaterialien (z.B. Mörtel und Fliesenkleber)
 - Produktion der Beschichtungsmaterialien
 - Herstellung von diversem Installationsmaterial (Abschätzung)

- Ressourcenverbrauch bei
 - Badewannenproduktion
 - Fliesenproduktion
 - Produktion von Baumaterialien (z.B. Mörtel und Fliesenkleber)
 - Produktion der Beschichtungsmaterialien

- Einsatz gefährlicher Arbeits- und Betriebsstoffe und Charakteristik

- Qualitative Beschreibung der Emissionen bei
 - Badewannenproduktion
 - Fliesenproduktion
 - Produktion von Baumaterialien (z.B. Mörtel und Fliesenkleber)
 - Produktion der Beschichtungsmaterialien
 - Neueinbau bzw. zur Neubeschichtung von Badewannen und Badezimmern

Die Lebensdauer wird dahingehend berücksichtigt, dass alle Daten auf ein Jahr Funktion bezogen werden. Die Lebensdauer wird mit der Garantiezeit angenommen, wobei diese bei der neuen Badewanne 30 Jahre und bei der Beschichtung nach dem Remaill-Verfahren 8 Jahre gewährt wird. Die tatsächliche Nutzungsdauer dürfte bei der Badewanne nach Auskunft der Innungsvertreter und der befragten Techniker von Hausverwaltungen tatsächlich niedriger liegen und zwar bei ca. 20 Jahren. Hingegen wird die Lebensdauer bei der Beschichtung vom Geschäftsführer von der Fa. Miracle Management höher als 8 Jahre angegeben.

BILANZIERUNG

Aufgrund der in der Systembeschreibung erfolgten Beschreibung der untersuchten Varianten ging die Bilanzierung von folgenden Kriterien aus:

- Gesamtenergieverbrauch
- CO₂-Äquivalente für das Global Warming Potential (GWP)
- Verbrauch mineralischer Ressourcen; der Verbrauch fossile Ressourcen wird über das GWP abgebildet
- gefährliche und nicht gefährliche Abfälle

Entstehende Emissionen wurden qualitativ beurteilt. Die Gesamtbeurteilung erfolgte anhand eines Umweltprofils, in dem die Vor- und Nachteile der untersuchten Varianten in Bezug auf die untersuchten Kriterien dargestellt werden, und durch die verbale Interpretation der Daten.

Die Daten, die zur Bilanzierung herangezogen wurden, sind nur zum geringen Teil Herstellerangaben, größtenteils sind es Literaturdaten. Bei allen Daten wurde allerdings die Übertragbarkeit überprüft und in den meisten Fällen verschiedene Vergleichsdaten herangezogen, wodurch diese auch auf ihre Plausibilität überprüft werden konnten. Außerdem wurde auch der

Einfluss unterschiedlicher Annahmen auf das Gesamtergebnis untersucht.

Da grundsätzlich von der Vermutung ausgegangen wurde, dass die Beschichtungstechnik eine vorteilhaftere Ökobilanz aufweisen wird, wurden im Zweifelsfall für die Vergleichsvarianten die im Sinne der Ökobilanz günstigeren Daten und für die Beschichtungstechnik die ungünstigeren Daten herangezogen.

Alle Datenquellen und Berechnungsgrundlagen sind in den folgenden Tabellen angeführt.

Energiebilanz und CO₂-Äquivalente für das Global Warming Potential (GWP)

Zur Berechnung der Gesamtenergie ist es notwendig, den Wirkungsgrad der Energieträger zu berücksichtigen, das heißt, es muss die Energiemenge berücksichtigt werden, die zur Erzeugung des Energieträgers notwendig ist. Der Gesamtenergieverbrauch wurde unter Zugrundelegung der österreichischen Rahmendaten (Computermodell Gemis) mit folgenden Wirkungsgradfaktoren berechnet:

Strom	1,62 kWh/kWh
Gas	1,16 kWh/kWh
Heizöl-EL	1,10 kWh/kWh
Heizöl-S	1,24 kWh/kWh
Steinkohle	1,17 kWh/kWh
Diesel	1,09 kWh/kWh

Zum Teil wurden in der Literatur direkt die Werte für den Gesamtenergieverbrauch (bezogen auf das Energiemodell in anderen Ländern) angegeben. Hier wurde die Übertragbarkeit der Daten genau überprüft. Eine Übertragbarkeit ist dann möglich, wenn der Stromanteil gering ist, da die Wirkungsgradfaktoren der anderen Energieträger in verschiedenen Ländern praktisch gleich sind. Beim Wirkungsgradfaktor für Strom können sich allerdings große Unterschiede ergeben, je nachdem, von welchen Annahmen für die Stromerzeugung (z.B. vorwiegend hydraulisch oder vorwiegend kalorisch) ausgegangen wurde.

Die CO₂-Äquivalente für das Global Warming Potential (GWP) sind ein Maß für den Beitrag zum Treibhauseffekt durch die Verwendung der Energieträgern. In den Werten sind die lokalen Emissionen, die durch die Energieträgerverwendung entstehen, die CO₂-Emissionen, die bei der Erzeugung der Energieträger entstehen, und die Emissionen anderer treibhausrelevanter Gase (z.B. CO und CH₄) berücksichtigt.

Die CO₂-Äquivalente für das GWP wurden ebenfalls unter Zugrundelegung der österreichischen Rahmendaten (Computermodell Gemis) mit folgenden Emissionsfaktoren berechnet:

Strom	0,271 kg CO ₂ -Äquivalente/kWh
Gas	0,284 kg CO ₂ -Äquivalente/kWh
Heizöl-EL	0,300 kg CO ₂ -Äquivalente/kWh
Heizöl-S	0,351 kg CO ₂ -Äquivalente/kWh
Steinkohle	0,447 kg CO ₂ -Äquivalente/kWh
Diesel	0,322 kg CO ₂ -Äquivalente/kWh

Die Energiebilanz und die Bilanzierung der CO₂-Äquivalente für das GWP finden sich auf den beiden folgenden Seiten, im folgenden die Erläuterung dazu:

Die eingesetzte Menge gibt das verwendete Material in kg an. Für die Badewannenrenovierung werden z.B. 0,27 kg Polyurethan eingesetzt. Die Gesamtenergie pro kg, in kWh/kg angegeben, gibt den Gesamtenergieverbrauch (angegeben als Primärenergie-Verbrauch, d.h. inklusive der Vorleistungen zur Herstellung der Energieträger) zur Herstellung von 1 kg der entsprechenden Materialien an: z.B. werden zur Herstellung von 1 kg Flisen 3,6 kWh Energie benötigt. Die Gesamtenergie ergibt sich dann aus eingesetzter Menge mal Gesamtenergie pro kg. Ebenso errechnet sich das GWP aus der eingesetzten Menge mal dem GWP pro kg des eingesetzten Materials.

Für die Energieverbräuche, die unabhängig von der eingesetzten Menge sind, z.B. der Energieverbrauch bei der Beschichtung vor Ort (Spritzanlage, Heizlampe), wird der Gesamtenergieverbrauch bzw. das GWP direkt in der betreffenden Spalte angegeben. Auch in diesen Werten sind die Vorleistungen berücksichtigt. So beträgt z.B. der Energieverbrauch zur Beschichtung einer Badewanne 5,46 kWh Strom; mit dem Primärenergiefaktor für Strom von 1,62 (Seite 17) ergibt sich der Gesamtenergieverbrauch von 8,85.

	eingesetzte Menge [kg]	Gesamtenergie/kg [kWh/kg]	Gesamtenergie [kWh]	GWP/kg [g CO2/kg]	GWP [kg CO2]	Datenquellen und Berechnungsgrundlagen
Badewannenproduktion						
Stahl	60,00	8,00	480,00	2.000,00	120,00	/1/, /2/, /3/, /4/, Menge Stahl für Badewanne = Herstellerangabe
Rückgewinn durch Stahlrecycling	5,00	-4,00	-20,00	-1.200,00	-6,00	/1/, /2/, /3/, /4/, Menge Stahl für Badewanne = Herstellerangabe
Email	3,50	4,80	16,80	1.000,00	3,50	eigene Schätzung aufgrund von /2/
Emailierung und Formung der Rohwanne			53,00		13,00	Herstellerangaben
Fliesenproduktion						
Fliesenproduktion	10,00	3,60	36,00	850,00	8,50	Herstellerangaben, /9/
Baumaterialien (Fliesenkleber, Mörtel, Ytongsteine)	13,00	0,68	8,84	500,00	6,50	/1/, /2/, /3/, /4/, Angaben von Installateuren, eigene Schätzung
Transport			9,00		3,00	/6/, angenommene durchschnittliche Transportentfernung 200 km, (LKW)
Energieverbrauch beim Neueinbau			0,00		0,00	
Recycling alte Badewanne	50,00	-4,00	-200,00	-1.200,00	-60,00	/1/, /2/, /3/, /4/, Menge Stahl für Badewanne = Herstellerangabe
SUMME			383,64		88,50	
Beschichtungsmaterialien - Polyurethan	0,27	36,00	9,72	8.300,00	2,24	Schätzung aufgrund von Herstellerangaben, /7/, /8/, /1/
Andere Materialien für die Beschichtung	2,85	19,00	54,15	2.500,00	7,13	Schätzung aufgrund von Herstellerangaben, /7/, /8/, /1/
Energieverbrauch bei der Beschichtung vor Ort			8,85		1,48	
Transport			0,82		0,27	/6/, angenommene durchschnittliche Transportentfernung 600 km, (LKW)
SUMME			73,54		11,12	

Tab. 4: Bilanz 1 Badewannenrenovierung

	eingesetzte Menge [kg]	Gesamtenergie [kWh/kg]	Gesamtenergie [kWh]	GWP/kg [g CO2/kg]	GWP [kg CO2]	Datenquellen und Berechnungsgrundlagen
Badewannenproduktion						
Stahl	60,00	8,00	480,00	2.000,00	120,00	11/, 12/, 13/, 14/, Menge Stahl für Badewanne = Herstellerangaben
Rückgewinn durch Recycling	5,00	-4,00	-20,00	-1.200,00	-6,00	11/, 12/, 13/, 14/, Menge Stahl für Badewanne = Herstellerangaben
Email	3,50	4,80	16,80	1.000,00	3,50	eigene Schätzung aufgrund von 12/
Emailierung und Formung der Badewanne			53,00		13,00	Herstellerangaben
Fliesenproduktion						
Fliesenproduktion	300,00	2,40	1.080,00	566,67	255,00	Herstellerangaben
Baumaterialien (Fliesenkleber, Mörtel, Wangsteine)	78,00	0,68	53,04	500,00	39,00	11/, Produktblätter, Angaben von Installateuren, eigene Schätzung
Transport			45,00		15,00	16/, angenommene durchschnittliche Transportentfernung 200 km, (LRWF)
Energieverbrauch beim Neubau			0,80		0,20	
Recycling alte Badewanne						
Recycling alte Badewanne	50,00	-4,00	-200,00	-1.200,00	-60,00	11/, 12/, 13/, 14/, Menge Stahl für Badewanne = Herstellerangaben
SUMME			1.509,84		379,70	
Beschichtungsmaterialien - Polyurethan	1,76	36,00	63,36	8.300,00	14,61	Schätzung aufgrund von Herstellerangaben, 17/, 18/, 11/
Andere Materialien für die Beschichtung	8,39	19,00	159,41	2.500,00	20,98	Schätzung aufgrund von Herstellerangaben, 17/, 18/, 11/
Energieverbrauch bei der Beschichtung vor Ort			34,02		5,72	
Transporte			3,43		1,14	16/, angenommene durchschnittliche Transportentfernung 600 km, (LRWF)
SUMME			260,22		42,44	

Tab. 5: Bilanz 2 Badezimmerrenovierung

Energiebilanz Badewannenrenovierung

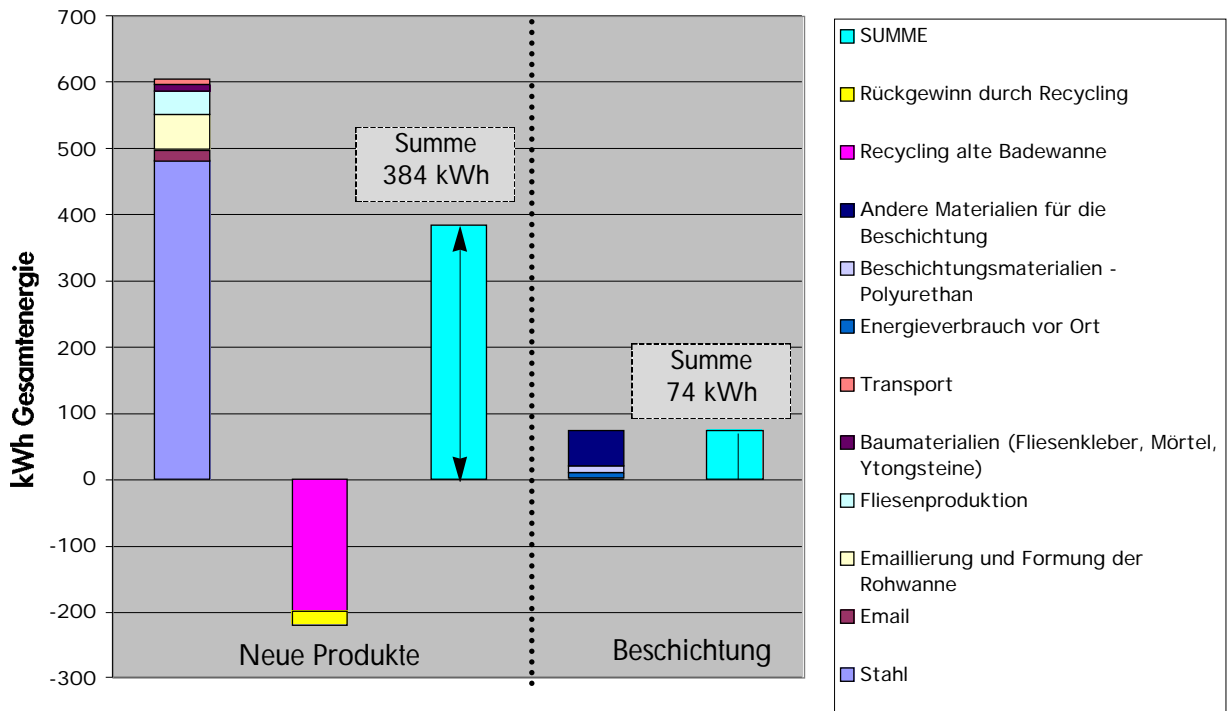


Abb. 5: Energiebilanz Badewannenrenovierung

Energiebilanz Badezimmerrenovierung

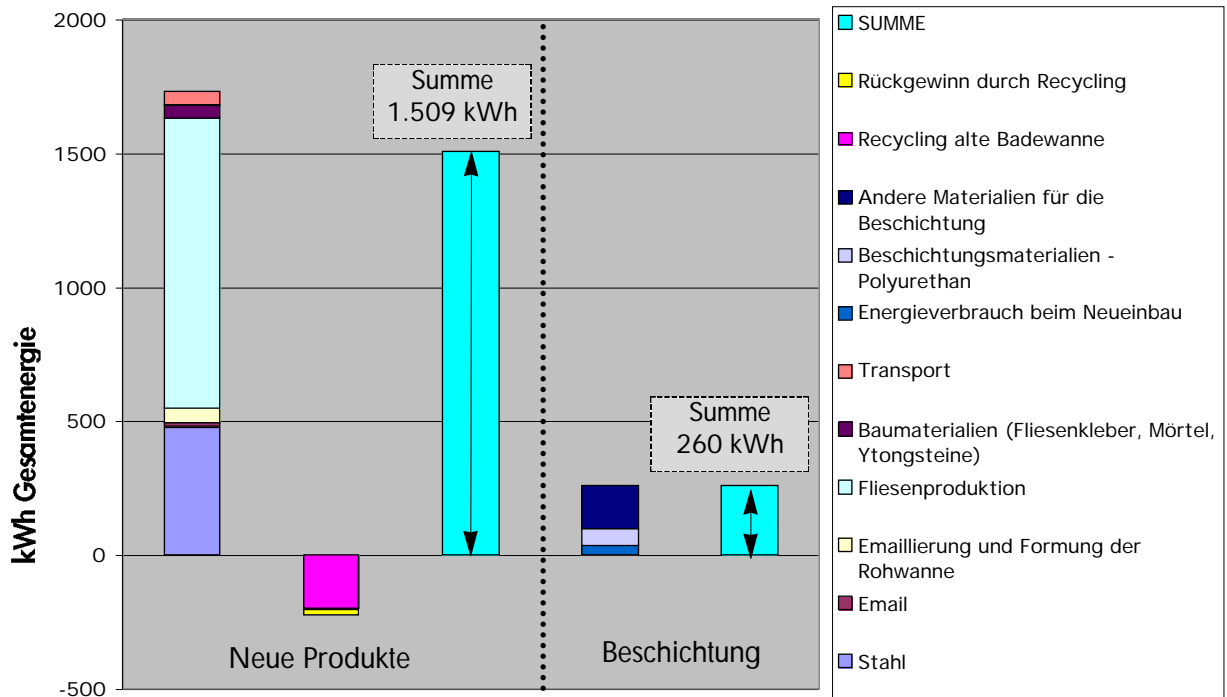


Abb. 6: Energiebilanz Badezimmerrenovierung

Global Warming Potential Badewannenrenovierung

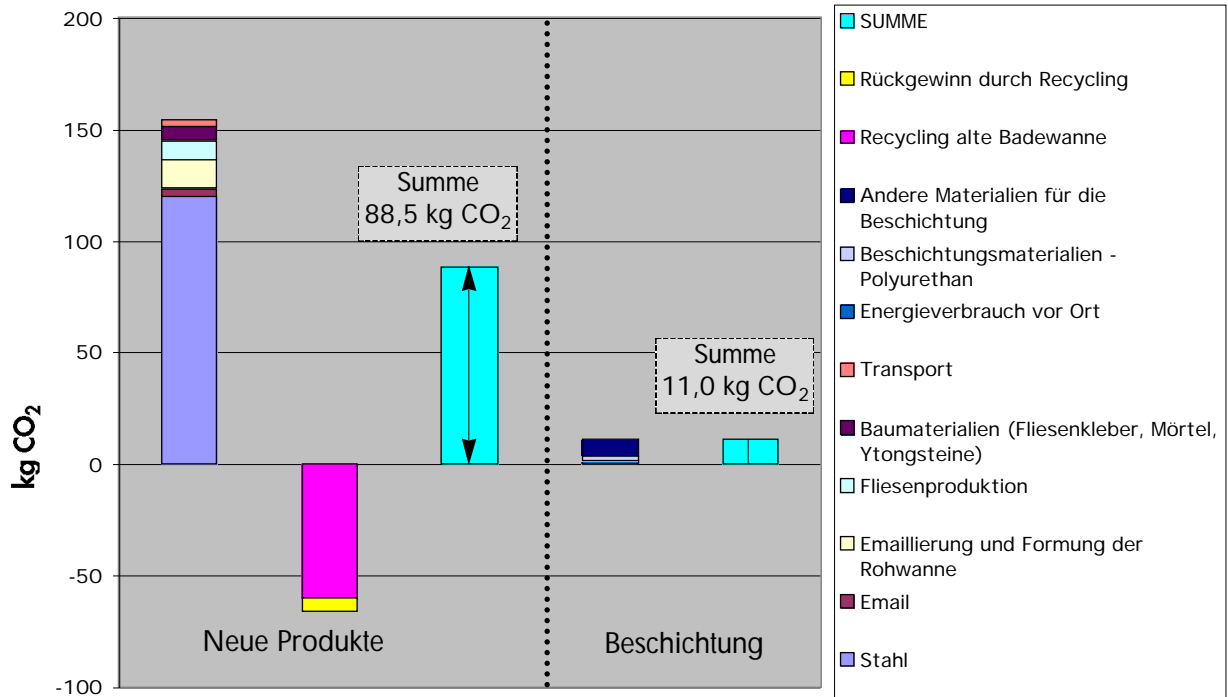


Abb. 7: Global Warming Potential Badewannenrenovierung

Global Warming Potential Badezimmerrenovierung

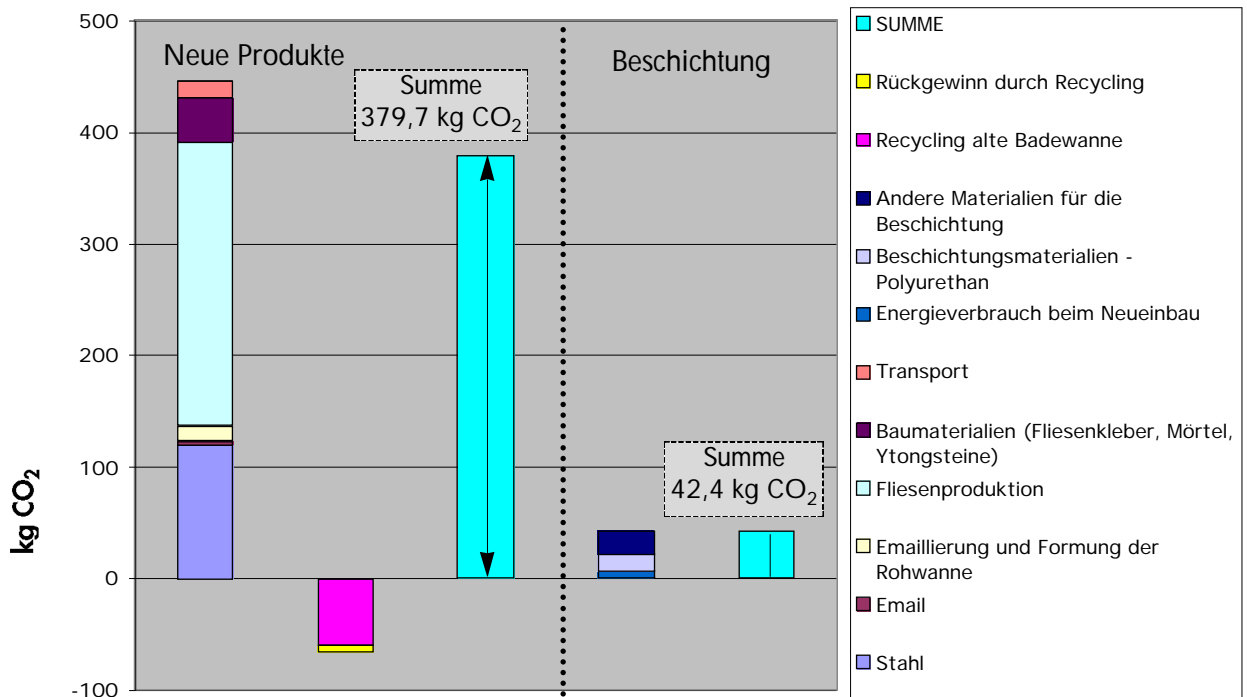


Abb. 8: Global Warming Potential Badezimmerrenovierung

Energiebilanz Badewannenrenovierung gerechnet auf ein Jahr (angenommene Lebensdauer = Garantiezeitraum)

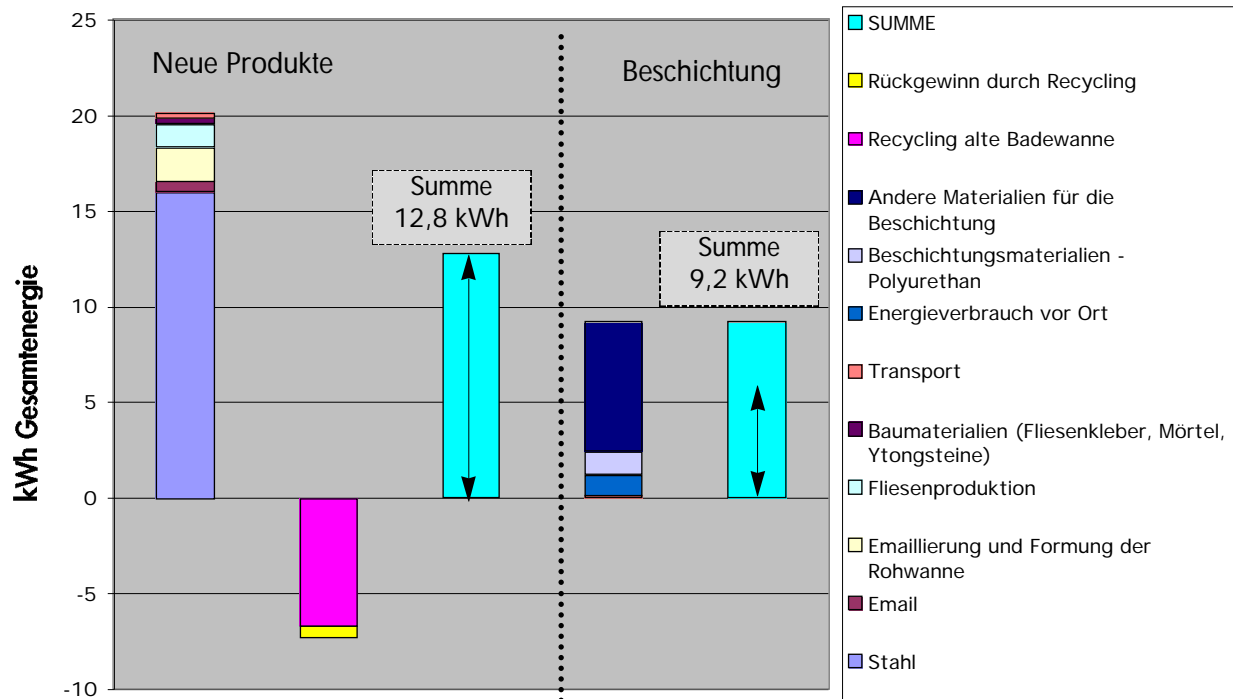


Abb. 9: Energiebilanz Badewannenrenovierung bezogen auf ein Jahr

Energiebilanz Badezimmerrenovierung gerechnet auf ein Jahr (angenommene Lebensdauer = Garantiezeitraum)

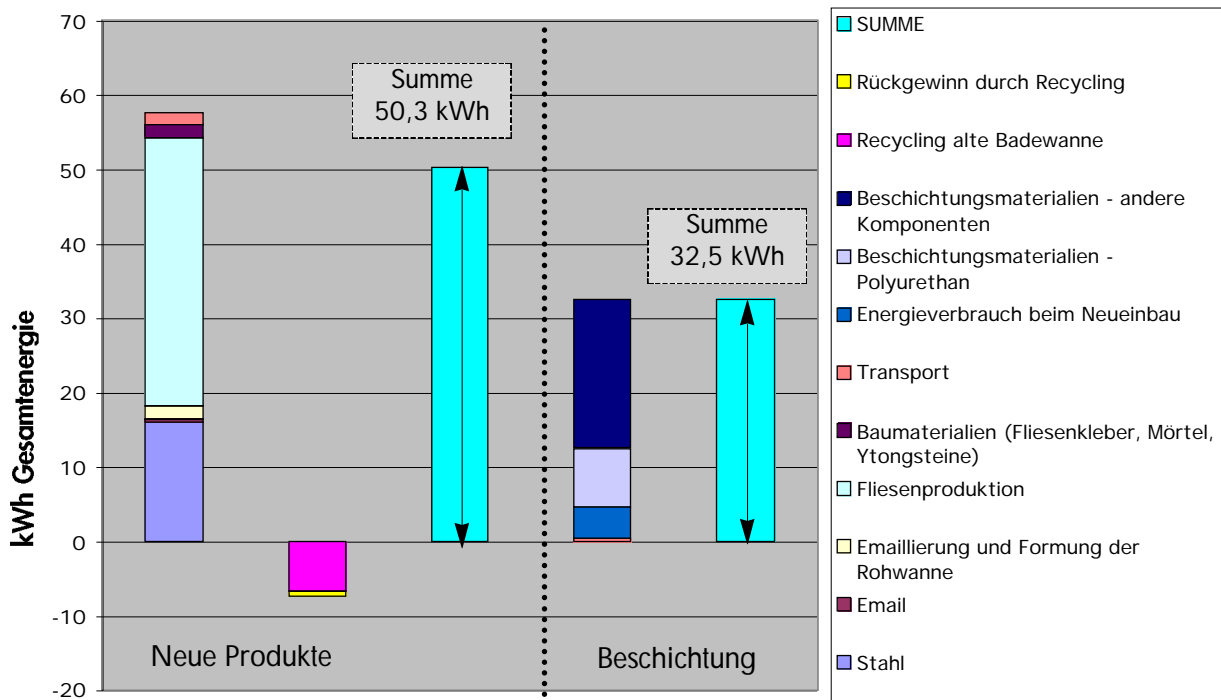


Abb. 10: Energiebilanz Badezimmerrenovierung bezogen auf ein Jahr

GWP Badewannenrenovierung gerechnet auf ein Jahr (angenommene Lebensdauer = Garantiezeitraum)

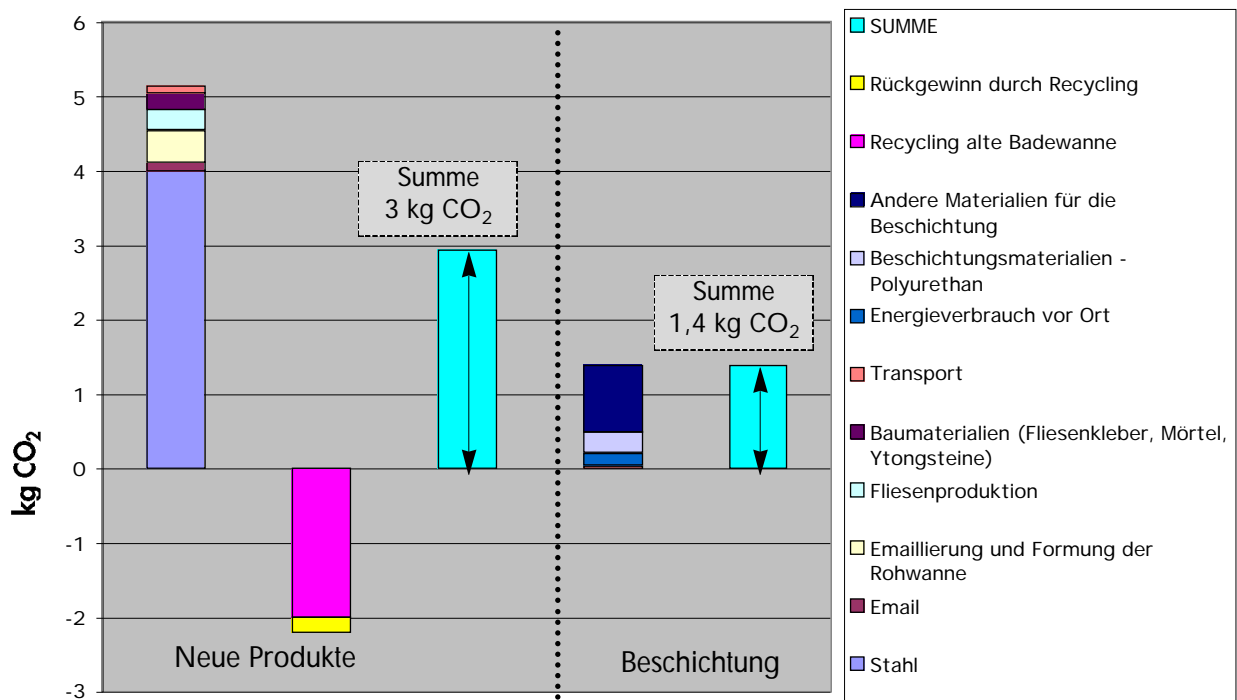


Abb. 11: Global Warming Potential Badewannenrenovierung bezogen auf ein Jahr

GWP Badezimmerrenovierung gerechnet auf ein Jahr (angenommene Lebensdauer = Garantiezeitraum)

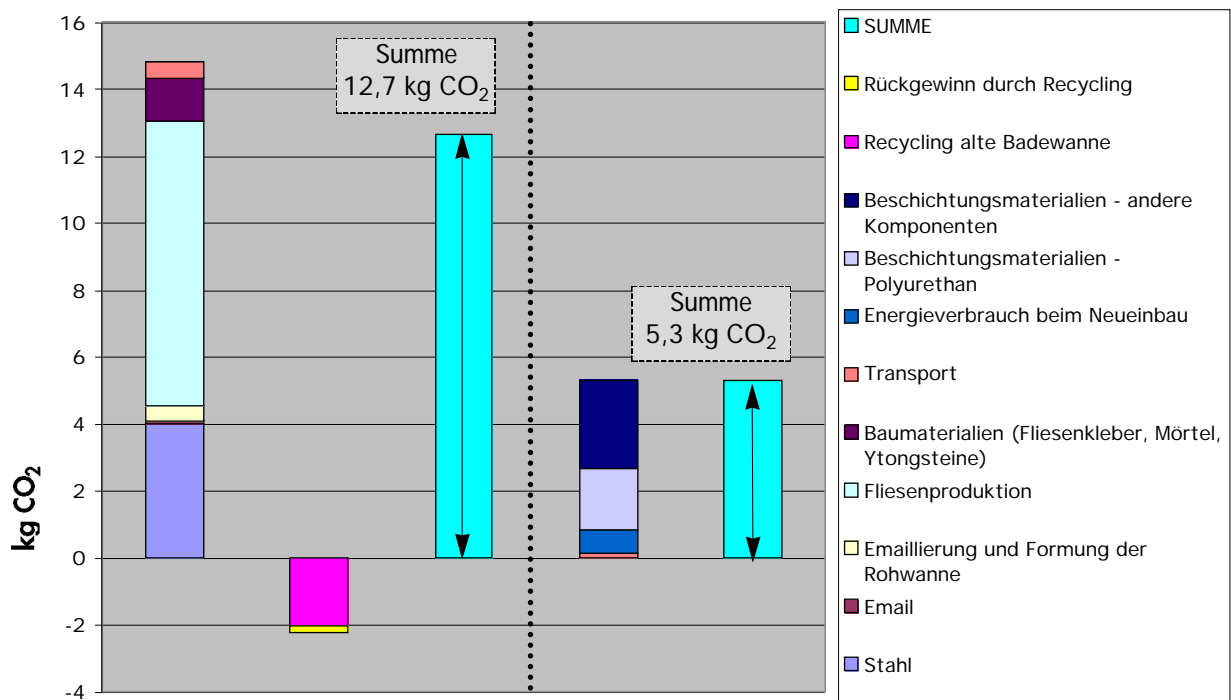


Abb. 12: Global Warming Potential Badezimmerrenovierung bezogen auf ein Jahr

Nicht in die Bilanzierung aufgenommen wurden beim Neueinbau der Badewanne die Installation eines neuen Waschbeckens und der Einbau neuer Armaturen, da diese bei der Neubeschichtung auch nicht renoviert bzw. ausgetauscht werden und beim Neueinbau die Verwendung des alten Waschbeckens bzw. der alten Armaturen grundsätzlich möglich ist. Werden Waschbecken und Armaturen getauscht, würde das für alle betrachteten Varianten in gleichem Maße zu einer Veränderung führen, aber nichts am Ergebnis des Vergleichs ändern.

Nicht berücksichtigt wurde die Herstellung diverser Installationsmaterialien, wie Kunststoffrohre, Ab- und Überlaufgarnituren etc. Eine grobe Abschätzung zeigte, dass sich diese nicht relevant auf das Ergebnis auswirken.

Da die Beschichtungsmaterialien (Cleaner, Polymer, Polyurethan etc.) aus einer großen Anzahl an Einzelkomponenten, für die zum Großteil keine Daten zum Energieverbrauch für die Herstellung vorliegen, bestehen, wurde der Energieverbrauch zur Herstellung dieser Materialien abgeschätzt. Grundlage bildeten dafür /7/ und die Sicherheitsdatenblätter der Produkte. Die zur Beschichtung eingesetzten Produkte sind der Tabelle 2 zu entnehmen. Diese bestehen aus organischen Lösungsmitteln, Polymeren, sowie anorganischen- und organischen Säuren und Basen. Ebenso wurde in der Energiebilanz ein Verbrauch von 1,5 kg Abdeckmaterial, Tüchern, Klebebänder, etc. berücksichtigt. Der Gesamtenergieverbrauch zur Herstellung der enthaltenen Komponenten ist sehr ähnlich und liegt zwischen 60 und 80 MJ/kg. Für das eigentliche Beschichtungsmaterial, der Polyurethankomponente, ist der Gesamtenergieverbrauch zur Herstellung 130 MJ. In der Bilanz wurde für die Polyurethankomponenten von einem Energiewert von 130 MJ/kg und für alle anderen Komponenten von 70 MJ ausgegangen. Die CO₂-Äquivalente für das GWP wurden unter Berücksichtigung des Heizwertes entsprechend umgerechnet.

Rohstoffe und Abfälle

Neben dem Verbrauch von fossilen Energieträgern werden beim Neueinbau der Badewanne vor allem mineralische Rohstoffe verbraucht. Der Verbrauch der fossilen Energieträger wird durch den Gesamtenergieverbrauch beschrieben. In diesem sind auch die in den Produkten enthaltenen fossilen Rohstoffe (z.B. im Polyurethan oder in den Lösungsmitteln) berücksichtigt. Der Anteil nicht fossiler Energieträger (z.B. Strom aus Wasserkraft) ist bei allen Produktionsschritten gering, sodass der Gesamtenergieverbrauch als Vergleichsgröße für den Verbrauch fossiler Rohstoffe herangezogen werden kann.

Bei den mineralischen Rohstoffen spielen vor allem die mengenmäßig relevanten Produkte wie

- Stahl

- Fliesen

eine Rolle.

Für 1 kg Stahl beträgt der mineralische Rohstoffbedarf /2/ (ohne Prozesswasser)

Eisenerz	2,40 kg
Schrott	0,12 kg
Kalkstein	0,28 kg
weitere Stoffe	0,05 kg
SUMME	2,85 kg

Beim Recycling ist der Verbrauch wie folgt

Schrott	1,19 kg
weitere Stoffe	0,03 kg
SUMME	1,22 kg

Die Einsparung an Ressourcen beträgt demnach durch Recycling 1,63 kg mineralischer Ressourcen.

Als Abfälle entstehen bei der Stahlproduktion 1kg Stahl /2/:

verwertbare Abfälle, vorwiegend Schlacke	0,52 kg
Abfälle für Inertstoffdeponie und	0,07 kg
Abraum am Abbauort	1,45 kg

Beim Recycling fallen

verwertbare Abfälle, vorwiegend Schlacke	0,10 kg
Abfälle für Inertstoffdeponie	0,01 kg

an.

Der Rohstoff-Input zur Produktion von 1 kg Steinzeugfliesen beträgt /9/

Feldspat	0,50 kg
Tone Kaoline	0,44 kg
Rohbruch	0,03 kg
Recyclingmaterial	0,16 kg
Einbrandscherben	0,13 kg
SUMME	1,26 kg

Bei der Fliesenproduktion entstehen Abfälle, die jedoch zum größten Teil wieder in den Produktionskreislauf zurückgeführt werden.

Für die Herstellung der Baumaterialien kann der Verbrauch an mineralischen Ressourcen als grobe Schätzung gleich hoch angesetzt werden wie das Gewicht.

Unter der Annahme, dass die alte Badewanne vollständig recycelt wird, ergibt sich ein Verbrauch an mineralischen Ressourcen von 537 kg für die Badezimmerrenovierung, für den Neueinbau einer Badewanne von 107 kg.

Demgegenüber ist der Verbrauch an mineralischen Ressourcen bei der Neubeschichtung der Badewanne bzw. des gesamten Badezimmers gering. Die verwendeten Produkte enthalten selbst keine mineralischen Bestandteile bzw. nur geringe Mengen. Einer groben Abschätzung zufolge kann davon ausgegangen werden, dass der Verbrauch mineralischer Ressourcen unter 5 kg liegt.

An Abfällen sind vor allem die Mengen relevant, die bei der Renovierung des Badezimmers bzw. der Badewanne und der Neubeschichtung anfallen. Bei der Produktion der eingesetzten Materialien fallen vorwiegend verwertbare Abfälle an.

Beim Neueinbau einer Badewanne fallen Abfälle in der Menge der eingesetzten Materialien an, das sind

Bauschutt + Fliesen	23 kg
alte Badewanne	55 kg

Die Badewanne kommt zum Metallrecycling, der Bauschutt und die Fliesen werden als Bauschutt deponiert.

Beim Neubau des Badezimmers entstehen entsprechend

Bauschutt + Fliesen	378 kg
alte Badewanne	55 kg

Die Behandlung der Abfälle ist analog wie beim Neueinbau einer Badewanne.

Bei der Neubeschichtung wird nach Fertigstellen der Arbeiten das Abdeckmaterial als **hausmüllähnlicher Gewerbemüll** entsorgt. Es fallen die eingesetzten 1,5 kg an (gleiche Menge bei der Beschichtung der Badewanne und Badezimmer). Zusätzlich fallen noch ausgehärtete Silikonreste von ca. 0,1 kg (Badewannenbeschichtung) bzw. 0,7 kg (Badewannen- und Badezimmerbeschichtung) an. Für den Verbleib der bei der Beschichtung eingesetzten Produkte wurde eine detaillierte Stoffstromabschätzung durchgeführt. Demnach fallen bei der Beschichtung der Badewanne 0,3 kg bzw. beim gesamten Badezimmer 0,8 kg **gefährliche Abfälle** an. Ins **Abwasser** gelangen 0,05 kg Säuren und Basen bei der Beschichtung der Badewanne und 0,4 kg bei der Beschichtung des Badezimmers. Die Säuren und Basen kommen aus Cleaner 1 und

Cleaner 2. In die **Luft** werden bei der Beschichtung der Badewanne 0,9 kg, bei der Beschichtung des Badezimmers 5,0 kg Lösungsmittel **emittiert**. Auf der Badewanne bzw. auf der Badewanne und den renovierten Fliesen verbleiben 0,4 kg bzw. 2,4 kg Material.

Emissionen

An Emissionen entstehen beim Neueinbau wie bei allen Bautätigkeiten vor allem Staubemissionen. Bei der Fliesenherstellung kommt es zu Fluorwasserstoffemissionen, die aber durch Filteranlagen weitgehend reduziert werden. Bei der Neubeschichtung entstehen Emissionen in das Abwasser, die durch die Cleanerverwendung verursacht werden, und von organischen Lösungsmitteln in die Luft. Die Luftemissionen werden am Arbeitsplatz direkt abgesaugt, sodass die Arbeitsplatzbelastung gering gehalten wird, allerdings gelangen die Stoffe in die Umwelt.

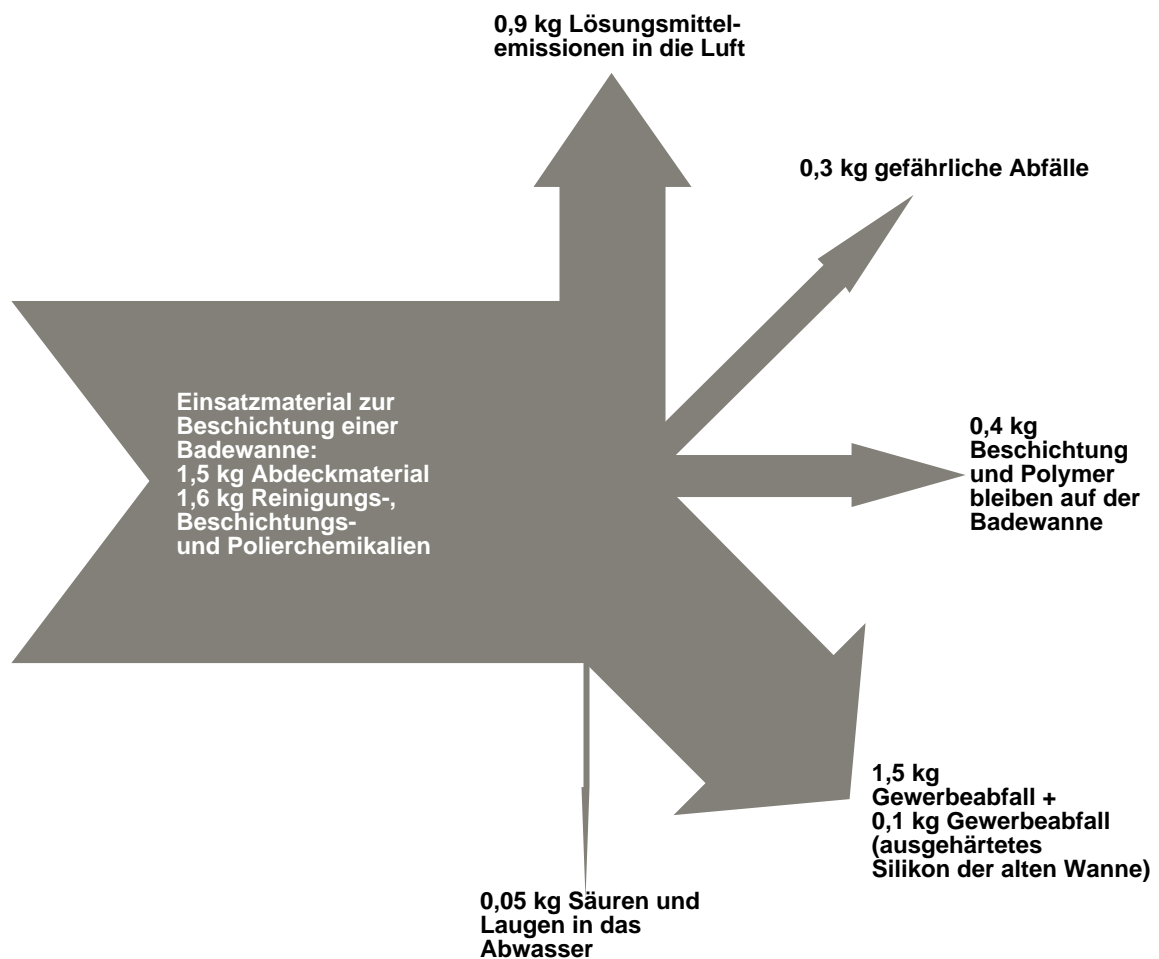


Abb. 13: Stoffstromabschätzung Badewannenrenovierung (Beschichtung)

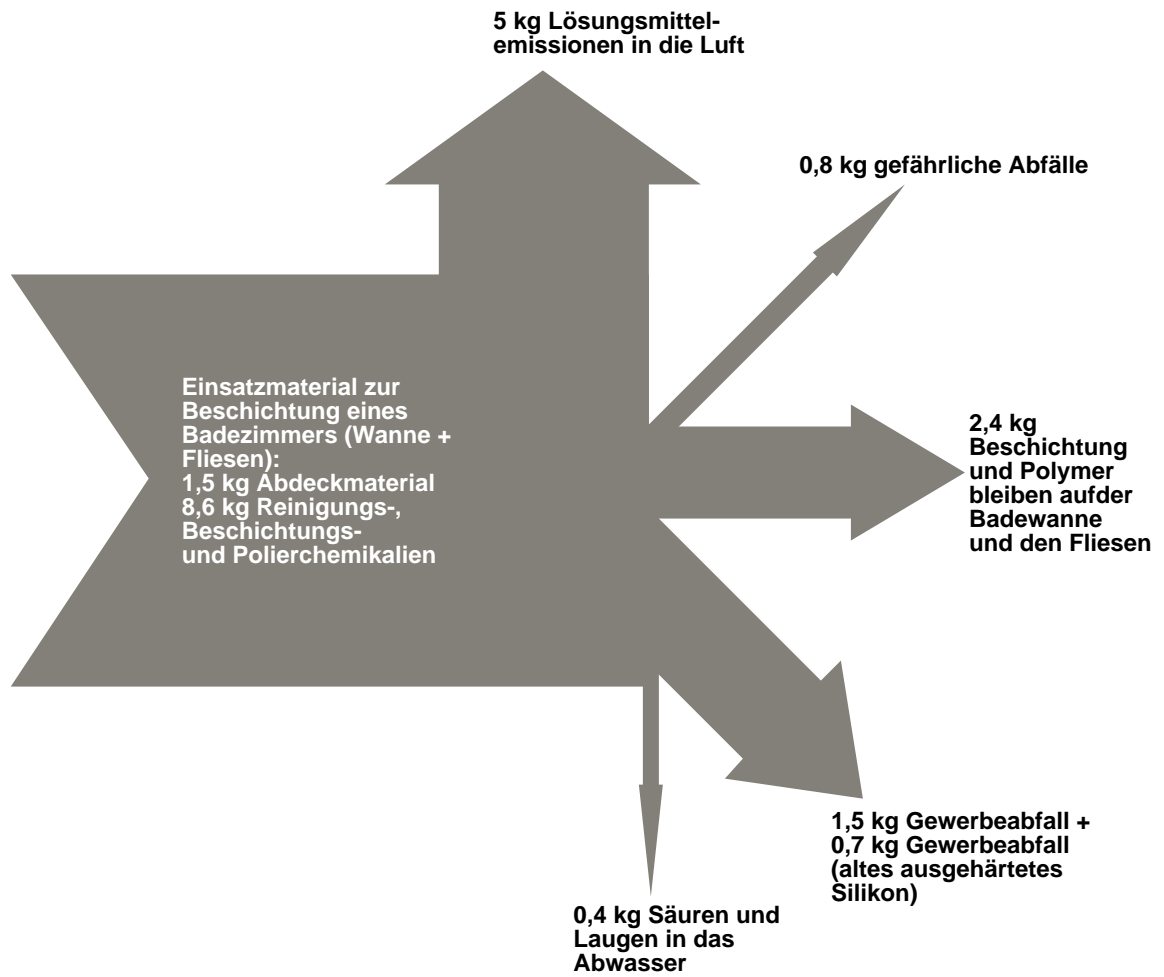


Abb. 14: Stoffstromabschätzung Badezimmerrenovierung (Beschichtung)

Die folgende Tabelle zeigt die gefährlichen Inhaltsstoffe der Beschichtungsmaterialien entsprechend den Sicherheitsdatenblättern. Die genannten Stoffe sind zum Teil nur in geringen Mengen enthalten.

Inhaltsstoffe der Beschichtungsmaterialien	CAS
Aromatic Hydrocarban	Mixture
Xylene (Xylol)	1330-20-7
Toluene (Toluol)	108-88-3
Butyl Alcohol	71-38-3
n-Propyl Alcohol	71-23-8
Isopropyl Alcohol (2-Propanol)	67-63-0
Anhydrol PM4083 (Denatured Ethanol)	Mixture
2-Butanone	78-93-3
4-Methyl 2-Pentanone	108-10-1
2-Heptanone	110-43-0
4-Methyl 2-Hexanone	110-12-3
2-Pentanone	107-87-9
Cyclohexanone	108-94-1
Diporpylene Glycol Monomethylether	034590-94-8
Trace Elements	Proprietary
Aliphatic Amine	Proprietary
n-Butylacetat	
Isobutylacetat	
1-Methoxy-2-propylacetat	
Ethoxypropylacetat	
Propylenglykoldiacetat	
Choline Base	123-41-1
Paraformaldehyde	30525-89-4

Tab. 6: Inhaltsstoffe der Beschichtungsverfahren

UMWELTWIRKUNGEN

Energieverwendung

Energie stellt eine Ressource dar, deren Nutzung Grenzen gesetzt sind. Über die Reichweite der verschiedenen Energieträger werden immer wieder neue Berechnungen angestellt, die zum Teil sehr stark differieren. Weit bedrohlicher als die absehbare Erschöpfbarkeit einiger Energieressourcen sind aber die immer globaleren Risiken und wachsenden Schäden, die durch den verschwenderischen Umgang mit Energie verursacht werden. Die wesentlichsten Schäden sind sicherlich die ständig zunehmenden Waldschäden, das wesentlichste Risiko die Freisetzung der riesigen Mengen CO₂, das das wichtigste Treibhausgas darstellt und somit zu weltweiten Klimaveränderungen zu führen droht. Bei ungebremster Entwicklung des weltweiten Energieverbrauchs errechnen die meisten Klimatologen in den nächsten 50 bis 100 Jahren eine globale Temperaturerhöhung von 1,5 - 4,5°C allein aus der erhöhten CO₂-Konzentration. Ein möglichst geringer Energieeinsatz ist demnach aus ökologischen Gründen sehr wesentlich für einen umweltverträglichen Produktionsprozess.

Emissionen

Die Charakteristik der Emissionen dient dazu, die Umweltauswirkungen, die von den Stoffen ausgehen bzw. ausgehen können, zu charakterisieren. Eine quantitative Beurteilung ist hier allerdings nicht möglich. Ebenso kann festgestellt werden, dass es bei allen untersuchten Varianten, wenn nach dem Stand der Technik produziert wird (Fliesenproduktion), die Arbeitsvorschriften (Beschichtung) eingehalten werden, es zu keinen Grenzwertüberschreitungen, auch zu keiner unmittelbaren Gefährdung des Arbeitsplatzes oder der Umwelt kommt.

Energiebedingte Emissionen

Kohlendioxid

CO₂ ist das "Standardprodukt" aller Verbrennungsprozesse. CO₂ besitzt eine hohe Klimarelevanz, da es mit über 50% zum "zusätzlichen" Treibhauseffekt beiträgt und damit das Weltklima bedroht. Prognostizierte Folgen der Klimaerwärmung sind z.B. das Abschmelzen der Polkappen, eine Erhöhung des Meeresspiegels, eine Überflutung tief gelegener Regionen, eine Verschiebung der Klimazonen etc.

Schwefeldioxid

SO₂ wirkt beim Menschen als Reizgas insbesondere auf die Schleimhäute der Atemwege. Die Beurteilung der langfristigen Auswirkungen niedriger SO₂-Konzentrationen ist sehr schwierig. Die Wirkung von SO₂ wird durch Staub verstärkt.

Für Pflanzen ist SO₂ wesentlich toxischer als für Menschen und Tiere. SO₂ wird von den höheren Pflanzen direkt über die Spaltöffnungen aufgenommen und schädigt die Organe der Photosynthese. Die Blätter und Nadeln zeigen helle Flecken und Gelbfärbung, und es kommt zum vorzeitigen Absterben. Niedrige SO₂-Konzentrationen, die nicht zu äußerlich sichtbaren Schadsymptomen führen, können den Stoffwechsel der Pflanze bereits derart beeinträchtigen, dass ihre Widerstandsfähigkeit gegenüber anderen Stressoren, ihre Wachstumsleistung und ihr Ertrag gemindert sind (chronische Wirkungen). Bei Nutzpflanzen führt dies zu ökonomischen Einbußen, bei Wildpflanzen zur Verdrängung empfindlicher Arten im Biotop. Am empfindlichsten gegenüber SO₂ sind Flechten- und Moosarten, Obst- und Forstkulturen und zahlreiche Nadelholzarten. Zur Aufrechterhaltung der Wälder im Gebirge oder an kritischen Standorten empfiehlt die WHO einen Wert von 0,03 mg SO₂/m³ als arithmetischen Jahresmittelwert. (österreichischer Immissionsgrenzwert: 0,2 mg SO₂/m³ als Tagesmittelwert).

Der Niederschlag von Schwefelverbindungen kann zu einer Versauerung des Erdbodens und der Gewässer beitragen. Zudem verursacht Schwefeldioxid auch Schäden an Materialien: "Steinfraß".

Stickoxide (NO_x)

Über gesundheitliche Beeinträchtigungen niedriger NO₂-Konzentrationen liegen kaum Daten vor. Es scheint beim Menschen vor allem über die Bildung photochemischer Oxidantien zu wirken.

Bei Pflanzen äußern sich Schäden durch NO₂ in Blattflecken und Blattnekrosen sowie Wachstums- und Qualitätsverlusten. Es ist als Einzelstoff für Pflanzen zwar ungiftiger als SO₂, bei gleichzeitiger Anwesenheit von SO₂ und Ozon wird die Wirkungsschwelle jedoch stark herabgesetzt. Die WHO empfiehlt mit ausdrücklichem Bezug auf diese Kombinationswirkung als Richtwert zum Schutz von Forstpflanzen maximal 0,03 mg Stickstoffdioxid/m³ als 24 h-Mittelwert (österreichischer Immissionsgrenzwert: 0,2 mg/m³ als Halbstundenmittelwert).

Eine weitere Auswirkung erhöhter Stickstoffdioxid-Immissionen ergibt sich durch die Düngewirkung der gebildeten Nitrite und Nitrate in natürlicherweise nährstoffarmen Biotopen. Der dadurch hervorgerufenen Veränderung der natürlichen Konkurrenzbedingungen fallen viele

vom Aussterben bedrohte Pflanzenarten zum Opfer, die an nährstoffarme Standorte angepasst sind.

Photochemische Reaktionen mit Kohlenwasserstoffen in der Atmosphäre können zu Smog und zu "sauren" Niederschlägen führen. Stickoxide begünstigen die Ozonbildung in der Troposphäre.

Schließlich rufen auch Stickoxide Schäden an anorganischen Materialien, insbesondere an Metallen, hervor. Bei organischen Materialien greifen Stickoxide insbesondere natürliche und synthetische Polymere an, wobei die Farbstabilität sowie das mechanische Verhalten negativ beeinflusst werden.

Kohlenwasserstoffe

Kohlenwasserstoffe entstehen aufgrund unvollkommener Verbrennung und können krebserregend wirken. Sie begünstigen die Ozonbildung in der Troposphäre

Staub

Schwebstoffe gefährden die Gesundheit des Menschen durch ihre Masse, ihre Struktur oder ihre chemischen Eigenschaften auf verschiedenen Wegen. Unmittelbar mit der Atemluft inhalede Schwebstoffe können unspezifisch zu morphologischen und physiologischen Veränderungen im Atemtrakt führen und damit die Empfindlichkeit gegenüber verschiedenen Infektionskrankheiten erhöhen. Bronchitissymptome und Lungenfunktionsveränderungen sind bei höheren Staubbelastungen möglich. Diese wiederum wirken auf die Atemwege, wobei die gesundheitliche Belastung von Korngröße und Zusammensetzung abhängt.

Als allgemeiner Staubgrenzwert wurde in der MAK-Werte-Liste eine Gesamtstaubkonzentration von 15 mg/m³ und/oder eine Feinstaubkonzentration von 6 mg/m³ festgesetzt. Bei Einhaltung dieses Grenzwertes ist nicht mit einer Beeinträchtigung der Funktion der Atmungsorgane zu rechnen, wenn sichergestellt ist, dass mutagene, krebserzeugende, fibrogene, toxische oder allergisierende Wirkungen des Staubes nicht zu erwarten sind.

Prozessbedingte Emissionen

Fluorwasserstoff (Emissionen bei der Fliesenproduktion)

Fluorwasserstoff ist eine pflanzenschädigende Luftemission. Die Vegetation reagiert auf

Fluorwasserstoff etwa 100-1000 mal empfindlicher als auf Schwefeldioxid.

Säuren und Laugen (gelangen bei der Reinigung von der Beschichtung ins Abwasser)

Säuren beeinflussen die Gewässer durch Veränderung des pH-Wertes. Bei Schwankungen des pH-Wertes können viele pflanzliche und tierische Lebensformen absterben. Bei Versauerung des Bodens können wichtige Nährstoffe ausgelöst und Schwermetalle ins Grundwasser ausgewaschen werden. Die Säuren und Laugen gelangen bei der Beschichtung verdünnt in das Abwasser. Nach Angaben der Miracle Management werden die Grenzwerte der Abwasseremissionsverordnung (pH-Wert zwischen 6,5 und 9,5 nach der Bundesverordnung bzw. 6,5 bis 10,5 nach der Wiener Landesverordnung) eingehalten.

Lösungsmittlemissionen

Die in den Beschichtungskemikalien enthaltenen Lösungsmittel sind nichthalogenierte Kohlenwasserstoffe. Diese sind leichtflüchtig, d.h. sie dampfen leicht in die Umwelt ab. Sie sind Vorläufersubstanzen zur Bildung des bodennahen Ozon (Photochemischer Smog). Von der Luft können sie auch ins Wasser gelangen. Besonders die Aromaten sind auch stark wassergefährdende Substanzen.

Weitere Umweltwirkungen

Als ein weiterer nicht quantifizierbarer Umweltaspekt ist auch die Herstellung des Polyurethan zu benennen. Die Produktion von Polyurethan läuft über eine Reihe gefährlicher Zwischenprodukte, wie Benzol, Phosgen, Formaldehyd, Anilin, Nitrobenzol, Propylenoxid, Ethylenoxid und Isozyanat. Die genannten Stoffe sind zum Teil krebserregend, sehr giftig und leicht entzündlich. Die Stoffe sind im Endprodukt nicht mehr vorhanden, allerdings stellen Produktionsprozesse mit derartig gefährlichen Stoffen ein grundsätzliches Risiko dar.

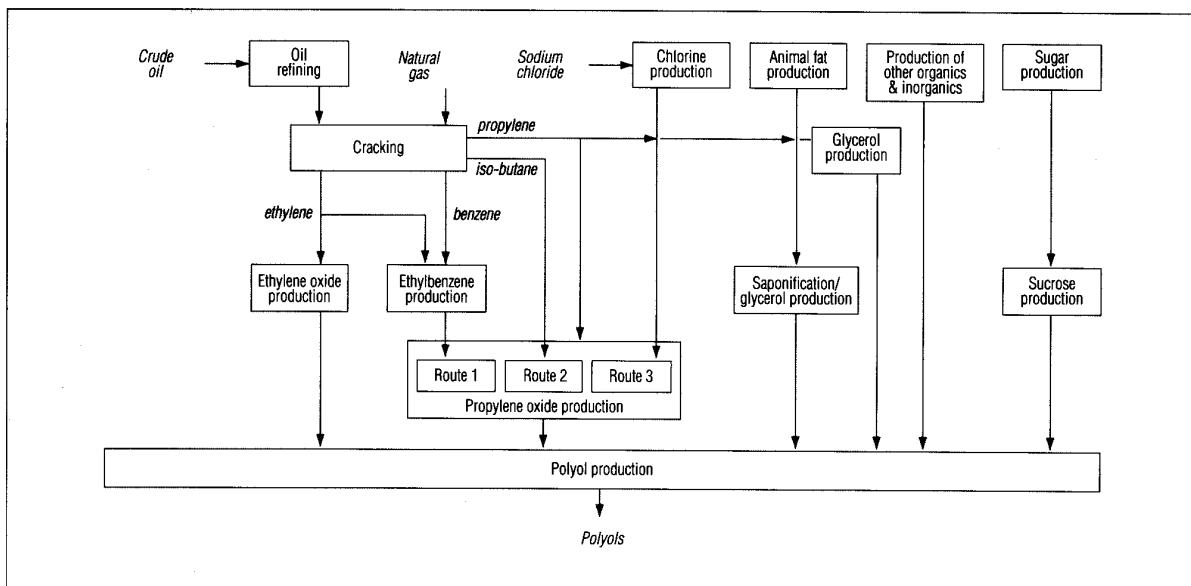
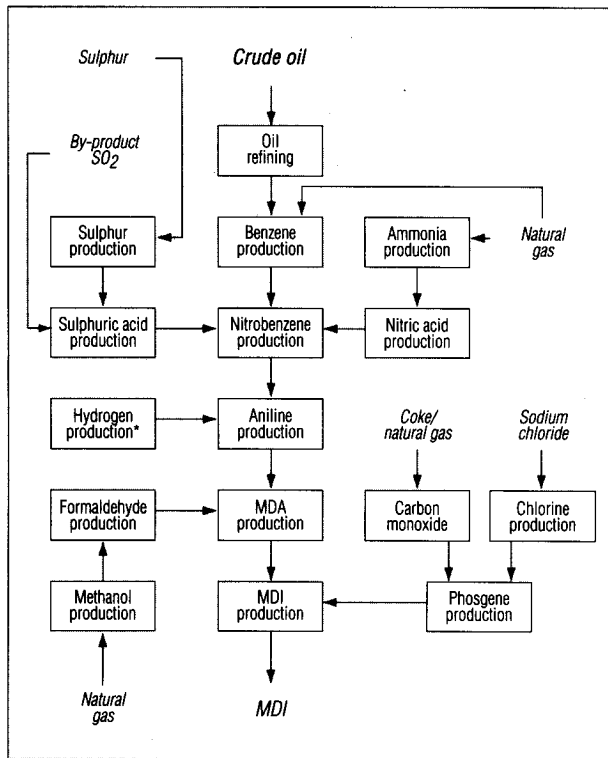


Abb. 15: Herstellung der Polyurethankomponenten (Quelle: /8/)

DATENINTERPRETATION

Die vorliegende Ökobilanz vergleicht die ökologischen Auswirkungen der Anwendung der Remaill-Technik zur Badewannenrenovierung und zur Fliesenrenovierung mit dem Neueinbau bzw. der Neuverfliesung eines Badezimmers. Damit konnten die ökologischen Vorteile der Remaill-Technik quantifiziert und transparent dargestellt werden. Bei der Bilanzierung schneidet die Remaill-Technik im Hinblick auf Energie- und Ressourcenverbrauch sowie Abfallentstehung deutlich besser ab. Einzig beim Entstehen von Kohlenwasserstoffemissionen in die Luft und bei der Entstehung von Sonderabfällen schneidet sie schlechter ab.

Vergleicht man die Gesamtenergie, die notwendig ist, eine neue Badewanne einzubauen mit jener für die Beschichtung, kann festgestellt werden, dass der Energieaufwand beim Neueinbau um das 5-fache höher liegt. Bei der Renovierung des gesamten Badezimmers ist die notwendige Gesamtenergie beim Einbau neuer Produkte fast um das 6-fache höher.

Um die Lebensdauer berücksichtigen zu können, wurde von der Garantiezeit ausgegangen. Diese wird für Badewannen von den Herstellern mit 30 Jahren angegeben, bei dem Beschichtungsverfahren nach der Remaill-Technik mit 8 Jahren. Bezieht man diese Werte auf ein Jahr, ist die Gesamtenergie beim Einbau einer neuen Badewanne und der Renovierung des gesamten Badezimmers um das 1,5-fache höher als bei der Beschichtung.

Noch deutlicher fallen die Unterschiede beim Global Warming Potential auf. Die Menge an kg CO₂-Äquivalente liegt beim Einbau einer neuen Badewanne im Vergleich zur Beschichtung um das 8-fache höher. Bei der Renovierung des gesamten Badezimmers liegt die Menge kg CO₂-Äquivalente um das fast 9-fache höher. Bezieht man nun auch hier die Daten auf ein Jahr ausgehend von der Garantiezeit, ergibt sich für die Renovierung der Wanne, dass die Menge an kg CO₂-Äquivalenten um das 2-fache höher ist. Bei der Renovierung des gesamten Badezimmers steigt dieser Faktor auf 2,4.

Ebenso deutlich ist der Vorteil beim Ressourcenverbrauch. Dieser beträgt bei der Remaill-Technik nur 1/20 gegenüber dem Neueinbau bzw. 1/100 gegenüber der Neuverfliesung. Analog ist es mit dem Entstehen von Bauschuttanfällen, bei der Beschichtung fällt 1/16 des Bauschutts an. Die folgenden Umweltprofile geben eine Übersicht der untersuchten Parameter bei den jeweiligen Varianten und Bilanzen. Nachteil der Remaill-Technik ist, dass es während der Arbeit zu Luft Emissionen von Kohlenwasserstoffen kommt. Durch geeignete Absaugeinrichtungen stellen diese aber kein Gesundheitsrisiko für die Handwerker bzw. Personen in der Wohnung dar. Außerdem entstehen 0,3 (Beschichtung der Badewanne) bzw. 0,8 kg (Renovierung des gesamten

Badezimmers) gefährliche Abfälle, die einer geordneten Entsorgung zugeführt werden.

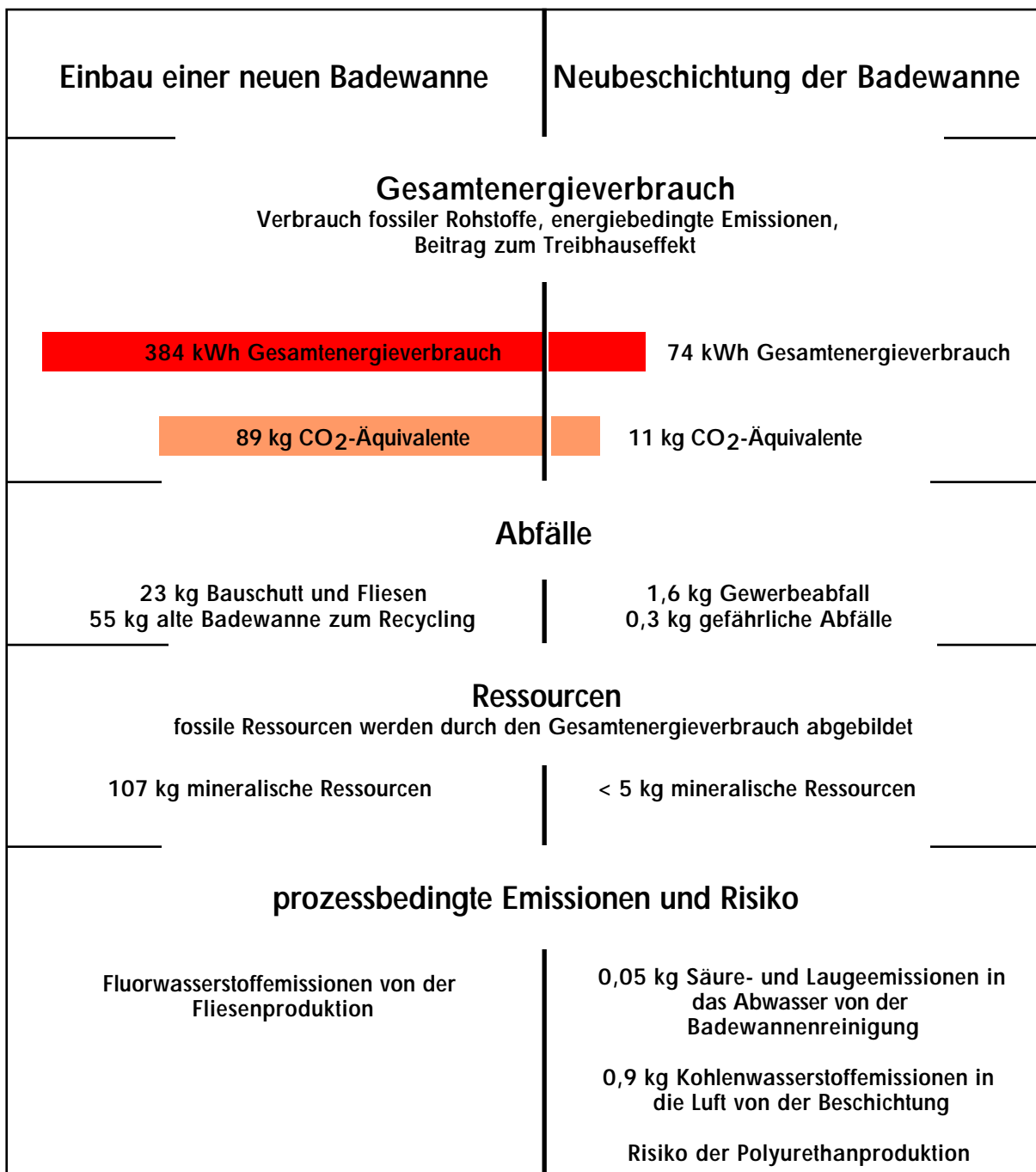


Abb. 16: Umweltprofil - Badewannenrenovierung

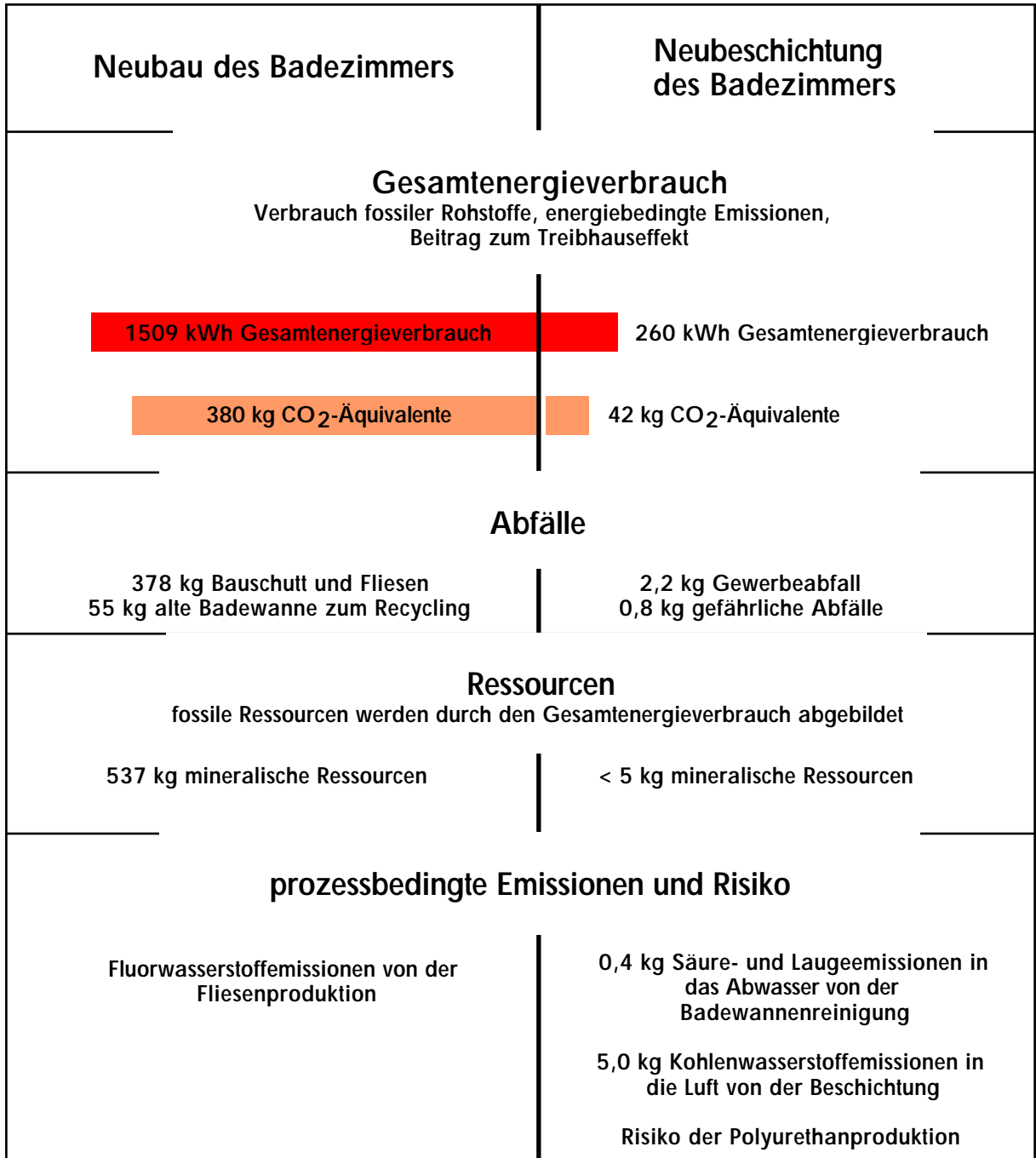


Abb. 17: Umweltprofil - Badezimmerrenovierung

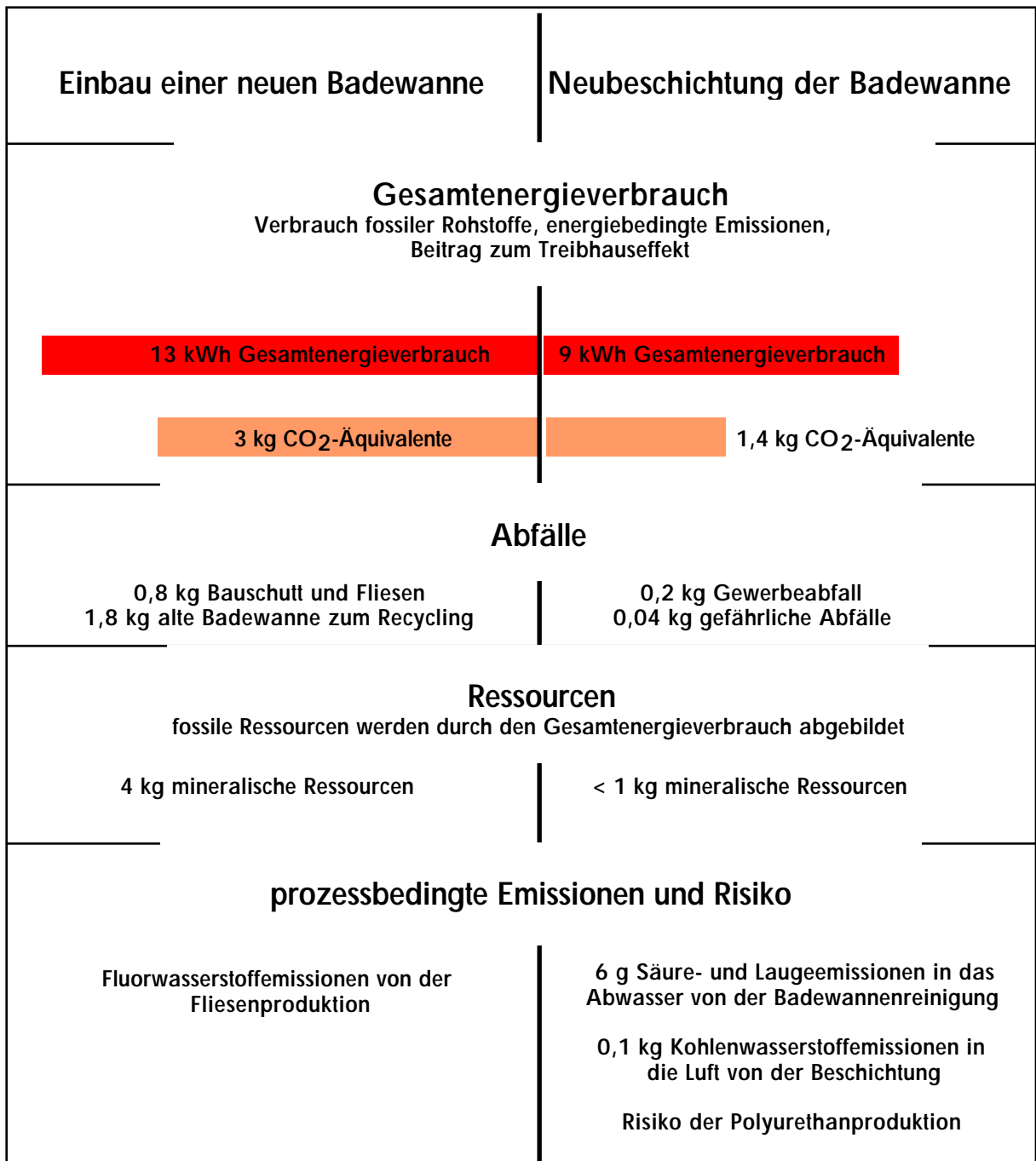


Abb. 18: Umweltprofil - Badewannenrenovierung (bezogen auf ein Jahr)

Neubau des Badezimmers	Neubeschichtung des Badezimmers
Gesamtenergieverbrauch Verbrauch fossiler Rohstoffe, energiebedingte Emissionen, Beitrag zum Treibhauseffekt	
50 kWh Gesamtenergieverbrauch	33 kWh Gesamtenergieverbrauch
13 kg CO ₂ -Äquivalente	5 kg CO ₂ -Äquivalente
Abfälle	
13 kg Bauschutt und Fliesen 1,8 kg alte Badewanne zum Recycling	0,3 kg Gewerbeabfall 0,1 kg gefährliche Abfälle
Ressourcen fossile Ressourcen werden durch den Gesamtenergieverbrauch abgebildet	
18 kg mineralische Ressourcen	< 1 kg mineralische Ressourcen
prozessbedingte Emissionen und Risiko	
Fluorwasserstoffemissionen von der Fliesenproduktion	50 g Säure- und Laugeemissionen in das Abwasser von der Badewannenreinigung 0,6 kg Kohlenwasserstoffemissionen in die Luft von der Beschichtung Risiko der Polyurethanproduktion

Abb. 19: Umweltprofil - Badezimmerrenovierung (bezogen auf ein Jahr)

Der hohe Garantierzeitraum von 30 Jahren für Badewannen überschreitet oft die tatsächliche Nutzungszeit. Diese mögliche Verkürzung der Lebensdauer bei Badewannen lässt das Ergebnis noch deutlicher zu Gunsten der Beschichtung ausfallen.

Zusammenfassend ergibt sich, dass die Reparatur der Sanitरोberflächen ökologisch günstiger zu bewerten ist als der Neueinbau, wenn die Installationen in Ordnung sind. Um den Einsatz der Beschichtung aus ökologischer Sicht zu optimieren, gilt es die Lösungsmittlemissionen weiterhin zu reduzieren und weniger problematische Inhaltsstoffe einzusetzen.

Datenquellen:

- /1/ Computermodell Gemis Deutschland
- /2/ Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (Hrsg.), Ökoinventare für Verpackungen Band I - II, Schriftenreihe Umwelt Nr. 250 Abfälle, Bern, 1996
- /3/ Marmé, W., Seeberger, J., Energieinhalt von Baustoffen, in Gesundes Wohnen, Düsseldorf 1986
- /4/ Quellenangabe für Primärenergieinhalte von Baustoffen: Institut für Hochbau für Architekten der TU-Wien für Fachnormenausschuss 175 des Österreichischen Normungsinstitutes, 1995
- /5/ Binder, A., Fellingner, R., Auswirkungen der Verpackungsverordnung auf das Glasrecycling in Österreich, Öko Consult, Österreichisches Ökologie-Institut, Wien, 1995
- /6/ Janssen, I., Fellingner, R., Ökobilanz Citronensäuregips, Endbericht, Öko Consult, Wien, 1994
- /7/ Kindler, H., Nikles, A., Energieaufwand zur Herstellung von Werkstoffen - Berechnungsgrundsätze und Energieäquivalenzwerte von Kunststoffen
- /8/ Boustead, I., Polyurethane Precursors (TDI, MDI, Polyols), Eco-Profiles Report 9, Brüssel, 1997, Association of Plastics Manufacturers in Europe
- /9/ Umweltbundesamt, Produktökobilanzen und ihre Anwendungsmöglichkeiten im Baubereich, Texte 69 und 70, 1998

