

# Madaster Zirkularitätsindikator

Gemacht für  
Madaster Germany

Version  
1.0

Datum  
21 June 2021

## Inhaltsverzeichnis

1. Einführung .....	3
1. Anwendungsbereich und Grundprinzipien .....	5
2. Bestimmen des Madaster ZI-Score .....	8
3. Madaster ZI-Score Messverfahren.....	10
4. Berechnung des Gebäude-ZI-Scores .....	12
4.1. Materialherkunft Zirkularität .....	12
4.2. Lebensdauer Zirkularität.....	13
4.3. Materialverwertung Zirkularität.....	14
4.4. Indikator für die Zirkularität von Gebäuden.....	15
4.4.1. Zirkularitätsindikator .....	15
4.4.2. Linearer Durchflussindex (LFI) .....	15
4.4.3. Nutzwertfaktor - F(X) .....	16
5. Madaster Datenbank für Materialien & Produkte.....	17
6. Aktuelle Entwicklungen.....	19

# 1. Einführung

Die Madaster-Plattform bietet Nutzern eine zeitsparende Ablage für Gebäude-, Material- und Produktdaten und erleichtert das Kreislaufmanagement mit dem Madaster Zirkularitätsindikator. Ziel des Madaster Zirkularitäts Indikators ist es, die kreislaufforientierte Gebäudeplanung zu verbessern und den Kreislaufwert von Gebäuden zu erhöhen.

In diesem Dokument wird die Funktionsweise des Madaster-Zirkularitäts-Indikator (ZI) sowie die Messmethodik erläutert. Der Madaster-Zirkularitäts-Indikator (ZI) wird ständig weiterentwickelt. Die neueste Version des Indikators (Version 0.2) wurde am 26. April 2018 veröffentlicht. Dieses Dokument wird entsprechend den zukünftigen Entwicklungen aktualisiert und angepasst.

Drei Faktoren spielten eine wichtige Rolle bei der Entwicklung des Madaster-Zirkularitäts-Indikator (ZI):

- Kompatibilität mit den auf die Madaster-Plattform hochgeladenen Daten (z. B. BIM-Dateien) und die entsprechende Benutzerfreundlichkeit für die Anwender;
- Der Madaster-Zirkularitäts-Indikator (ZI) bietet einen Anreiz für die Eigentümer, Investoren, Architekten und Designer, Zulieferer, Bauunternehmer und Entsorgungsunternehmen, die Kreislauffähigkeit des Designs zu verbessern;
- Das Ziel des Madaster-Zirkularitäts-Indikator (ZI) ist es, den Zirkularitäts-Score von Gebäuden zu messen, basierend auf den Zirkularitäts-Eigenschaften der Materialien und Produkte, die für den Bau dieser Gebäude verwendet werden.

Im Folgenden finden Sie eine kurze Beschreibung des ZI:

## **MADASTER-ZIRKULARITÄTS-INDIKATOR (ZI) FÜR GEBÄUDE**

Der Madaster-Zirkularitäts-Indikator (ZI) wurde entwickelt, um Gebäuden Zirkularitäts-Scores (von 0-100%) zuzuweisen. Der berechnete ZI basiert auf den vom Benutzer in der Madaster-Datenbank erfassten Daten.

Das ZI misst den Zirkularitätsgrad von Gebäuden in 3 verschiedenen Phasen:

- Materialherkunft: Wie ist das Verhältnis zwischen dem Volumen an Primärrohstoffen und dem Volumen an "recycelten, wiederverwendeten oder erneuerbaren" Materialien?
- Nutzungsphase: Wie hoch ist der erwartete Funktionslebenszyklus der verwendeten Produkte im Vergleich zum durchschnittlichen Funktionslebenszyklus ähnlicher Produkte?
- Materialverwertung: Wie ist das Verhältnis zwischen der Menge an "Abfall" und der Menge an "wiederverwendbaren und/oder recycelbaren" Materialien und Produkten, die aus einem Gebäude stammen, wenn es saniert oder abgerissen wird?
- 

Erläuterung des ZI-Scores:

- Ein Gebäude, das vollständig aus neuen Materialien gebaut wird, mit einem unterdurchschnittlichen funktionalen Lebenszyklus, der hauptsächlich als Abfall endet, ist ein "lineares" Gebäude mit einem niedrigen ZI-Score von: 0-10%.
- Ein Gebäude, das vollständig aus Materialien und/oder Produkten besteht, die in der Zukunft wiederverwendet werden können (als Produkte oder Materialien), ist ein "zirkuläres" Gebäude mit einem maximalen ZI-Score von 100 %, auch wenn sein funktionaler Lebenszyklus kürzer als der Durchschnitt ist.

In der Praxis werden Gebäude-Scores von 0-100% haben, da eine Mischung aus neuen, recycelten und wiederverwendeten Materialien verwendet wird, die teilweise wiederverwendet werden können und teilweise am Ende ihres technischen Lebenszyklus als Abfall enden werden.

Der Madaster ZI für Gebäude basiert auf dem von der Ellen MacArthur Foundation entwickelten Material Circularity Indicator<sup>1</sup>, der konsequent für die Funktionalität der Madaster Plattform angepasst wird.

---

<sup>1</sup> <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/programmes/insight/circularity-indicators>.

# 1. Anwendungsbereich und Grundprinzipien

Die Madaster-Plattform fungiert als fehlendes Glied beim Übergang zu einer Kreislaufwirtschaft: eine zentrale Plattform, auf der die Identität, die Qualität sowie der Standort von Materialien in Gebäuden registriert werden können. Die in Madaster gespeicherten Daten können nur dann einen Mehrwert für die Kreislaufwirtschaft bieten, wenn die angebotenen Daten ausreichend detailliert sind (sowohl aus finanzieller als auch aus abfalltechnischer Sicht) und wenn Gebäude so konzipiert sind, dass Materialien und Produkte am Ende ihres funktionalen Lebenszyklus leicht demontiert und zur Wiederverwendung und/oder zum Recycling gesammelt werden können. Zusätzlich kann die Madaster-Plattform als Datenquelle für einen "Marktplatz" dienen, auf dem die verfügbaren Materialien zum Verkauf angeboten werden, um die Wiederverwendung zu fördern.

Zusätzlich zum Materialpass, der aus der Madaster-Plattform hervorgegangen ist, wird ein Modul entwickelt, das Eigentümern, Investoren, Architekten und Designern, Zulieferern, Bauunternehmern und Recyclingunternehmen einen Anreiz bietet, die Kreislauffähigkeit von Gebäudekonstruktionen zu verbessern. Der Madaster ZI-Score misst den Grad der Kreislauffähigkeit von Gebäuden und ermöglicht es den beteiligten Partnern, die verschiedenen Scores zu vergleichen.

Der Madaster ZI-Score setzt sich aus den folgenden Komponenten zusammen:

## **1. Materialherkunft - Keine Primärrohstoffe (Ziel: 100 %):**

- Produktmasse (kg)
- Für die Herstellung eines Produkts verwendeten Primärrohstoffe (% der Masse);
- Recycelte Materialien, die zur Herstellung eines Produkts verwendet wurden (% der Masse);
- Wiederverwendete Materialien, die zur Herstellung eines Produkts verwendet wurden (% der Masse);
- Schnell erneuerbare Materialien, die zur Herstellung eines Produkts verwendet werden (% der Masse);
- Wirkungsgrad des Recyclingprozesses, der zu den recycelten Materialien führt (%);
- Masse des durch den Recyclingprozess erzeugten Abfalls, der in den Herstellungsprozess einfließt (kg).

## **2. Lebensdauer (Ziel: Länger als Durchschnitt = >100%):**

- Funktionslebenszyklus der verwendeten Produkte und Materialien (in Jahren);
- Branchendurchschnittlicher funktionaler Lebenszyklus der Gebäudeschicht (in Jahren).

## **3. Materialverwertung (Ziel: Ausschließlich Recycling = 100%):**

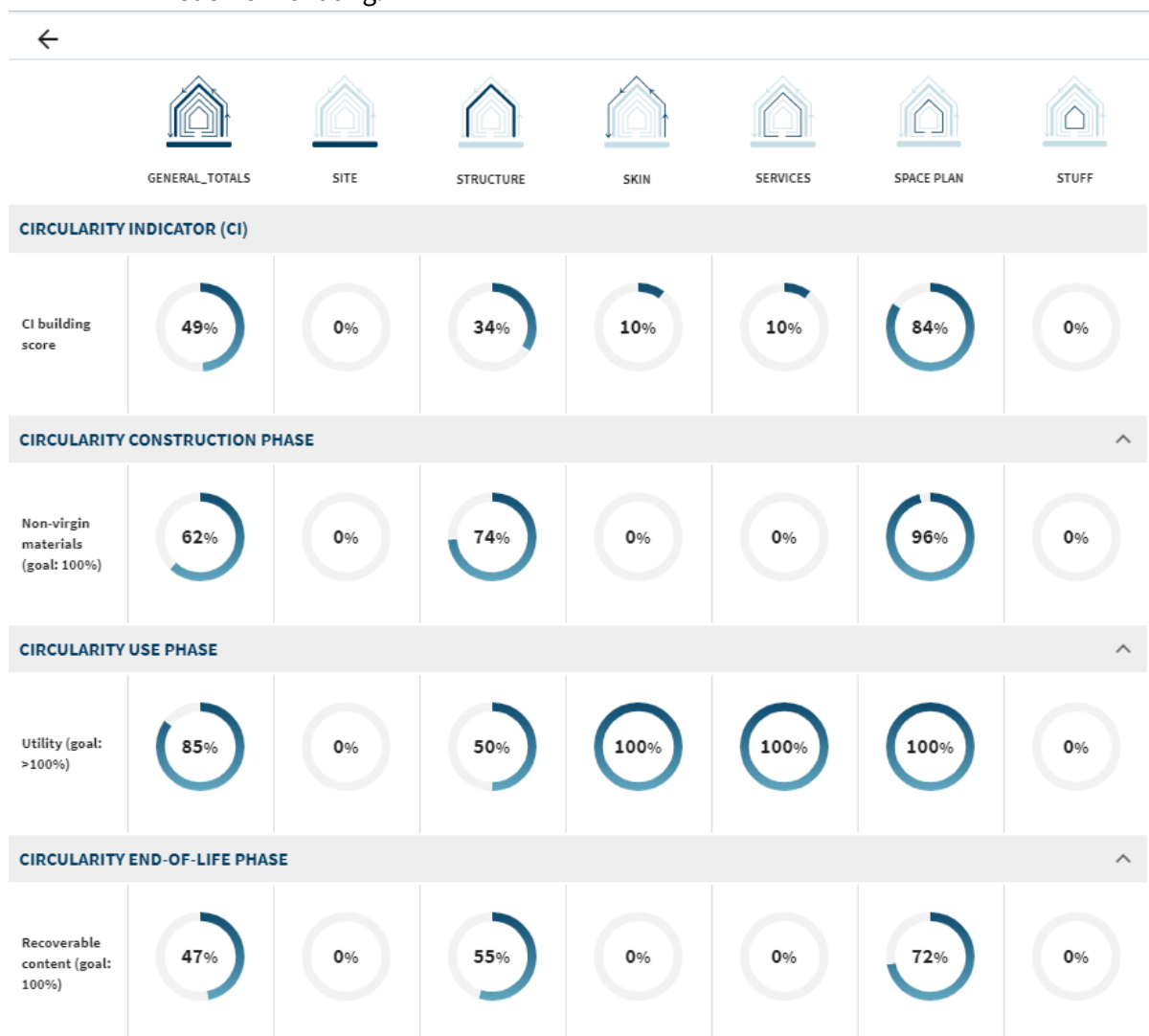
- Für das Recycling geeignete Materialien (% der Masse);
- Zur Wiederverwendung geeignete Komponenten (% der Masse);
- Demontage von Produkten:
  - Die Montagepunkte sind leicht zugänglich, und das Produkt kann leicht entfernt werden, ohne andere Teile des Gebäudes zu beschädigen (ja/nein);
  - Das Produkt kann mit Standardwerkzeugen leicht demontiert werden, ohne das Produkt oder die Produkte, an denen es befestigt ist, zu beschädigen (ja/nein);
  - Die Produktmontagepunkte und die Montagemethoden sind standardisiert und vorgefertigt (ja/nein);
- Masse des potenziellen Abfalls für Deponie oder Verbrennungsanlage (kg);
- Effizienz des End-of-Life-Recyclingprozesses (%);

- Masse des Abfalls, der durch den Recyclingprozess nach der Nutzungsphase des Produkts entsteht (kg).

Diese Methode wurde entwickelt, um den Grad der Kreislauffähigkeit sowohl von technischen als auch biologischen Lebenszyklen objektiv zu messen und einen einzigen Madaster ZI-Score zu ermitteln. Materialien mit biologischen Lebenszyklen sind Materialien, die am Ende ihrer Nutzungsdauer biologisch abbaubar sind, wohingegen Materialien mit einem technischen Lebenszyklus, bei denen das Ziel die Wiederverwendung und/oder das Recycling dieser nicht-biologischen Materialien auf eine Art und Weise ist, die eine hochgradige Wiederverwendung optimiert.

Grundlegende Prinzipien:

- Verwendung möglichst vieler recycelter und/oder wiederverwendeter Materialien;
- Den funktionalen Lebenszyklus von Produkten so lange wie möglich zu verlängern;
- Sammeln von möglichst vielen Materialien und Produkten für Recycling und Wiederverwendung.



Auf der Madaster-Plattform werden die verschiedenen Komponenten wie folgt angezeigt:

**Andere Nachhaltigkeitsindikatoren:**

Obwohl die ZI-Methode einen Hinweis auf den Grad der Kreislauffähigkeit von Materialien, Produkten und Gebäuden liefert, wird eine Reihe von Nachhaltigkeitsindikatoren nicht in die Berechnung einbezogen:

- Energie: die eingebettete Energie der verwendeten Materialien und der Energieverbrauch während der Nutzungsphase des Gebäudes;
- Wasser: der Wasserverbrauch während der Herstellungs- und Bauphase sowie während der Nutzungsphase des Gebäudes;
- Ökologischer Fußabdruck: Klimawandel, Ozonabbau, Versauerung, Humantoxizität, etc..
- Kohlenstoff-Fußabdruck
- Geruchs- und Lärmbelästigung, sonstige Risiken, etc.

## 2. Bestimmen des Madaster ZI-Score

Der Madaster ZI-Score wird nach einer Reihe von Schritten automatisch generiert:

### Schritt 1:

Um einen Madaster ZI-Score zu generieren, muss ein Madaster Plattform Nutzer zunächst relevante Gebäudedaten mittels einer IFC- oder Excel-Datei hochladen. IFC ist ein offenes, standardisiertes Format für den Austausch von BIM-Daten (Building Information Model) zwischen verschiedenen Softwarepaketen. Die Excel-Datei ermöglicht den Import begrenzter Datensätze und das Hinzufügen von Daten über ein Standarddateiformat. Es gibt keine Begrenzung für die Anzahl der Dateien, die Sie auf die Madaster-Plattform hochladen können.

Ein zuverlässiger Madaster ZI-Score ist nur für Gebäude machbar, deren Produkte und Materialien vollständig erfasst wurden. Daher ist es unerlässlich, dass Madaster-Anwender darauf achten, dass die Quelldatei den höchstmöglichen Standards entspricht und eine vollständige, virtuelle Darstellung des Gebäudes bietet.

Madaster definiert die folgenden Richtlinien und Anforderungen für das Einrichten eines BIM und den anschließenden Export des IFC-Modells:

- Verhindern Sie die Verwendung der IFC-Entitäten 'Building element proxy' und 'Building element part';
- jede GUID muss eindeutig sein;
- Weisen Sie allen Elementen ein Material zu;
- Klassifizieren Sie alle Elemente nach dem DIN 276-Klassifizierungssystem;
- Fügen Sie immer die "Basismengen" zu Ihrem Export hinzu;
- Nehmen Sie den "Renovierungsstatus" bzw. die "Phasenlage" in den Export in den gleichnamigen Eigenschaftssatz auf; verwenden Sie den englischen Namen, wenn Sie zuvor einen eigenen Titel vergeben haben: Bestehend / Abreißen / Neu
- Verwenden Sie die Export-Einstellung "2x3" eines möglichen Madaster-Export"-Sets

Ausführliche Informationen zu den ILS- und IFC-Exportoptionen für die verschiedenen Softwarepakete finden Sie in den IFC-Export-Handbüchern und in der Madaster-Kurzanleitung.

### Schritt 2:

Nachdem die Gebäudedaten vom Benutzer hochgeladen wurden, werden sie von der Plattform automatisch gemappt. Das automatische Mapping findet statt, da die aktuellen IFC-Dateien keine zirkulären Werte, wie z. B. recycelte Inhalte und potenzielle Wiederverwendung, enthalten. Die Daten werden angereichert, indem Materialien und Produkte aus einer IFC-Datei mit anderen Datenbanken verknüpft werden. In der Madaster-Systemumgebung können Anwender die Daten aus dem BIM-Modell manuell mit Informationen ergänzen.

Mit dem automatischen Mapping erhöht sich die Datenmenge, was die Vollständigkeit und Zuverlässigkeit des Madaster ZI-Scores verbessert.

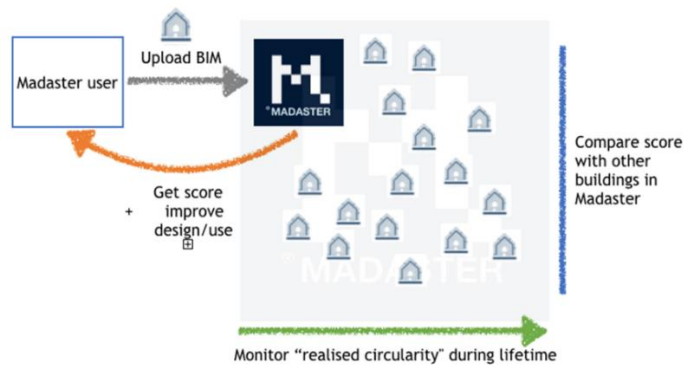
### Schritt 3:

Anschließend wird der "erste" Madaster ZI-Score aus den hochgeladenen Gebäudedaten berechnet, in Übereinstimmung mit der in Kapitel 4 beschriebenen Messmethodik. In Madaster kann der Benutzer das Design verbessern, Daten hinzufügen, weitere Details hinzufügen sowie neuere Versionen hochladen, um den ZI-Score zu erhöhen.



#### Schritt 4:

Der Zirkularitätsgrad kann während der Nutzungsphase des Gebäudes überwacht werden. Während der Nutzungsphase des Gebäudes können sich die Kreislaufwerte ändern. Auch Wartungs- und Reparaturaktivitäten können in die Daten einbezogen werden. Auf diese Weise bleibt der Wert aktuell und genau. Der Benutzer bestimmt, wann ein neuer ZI-Score berechnet wird.

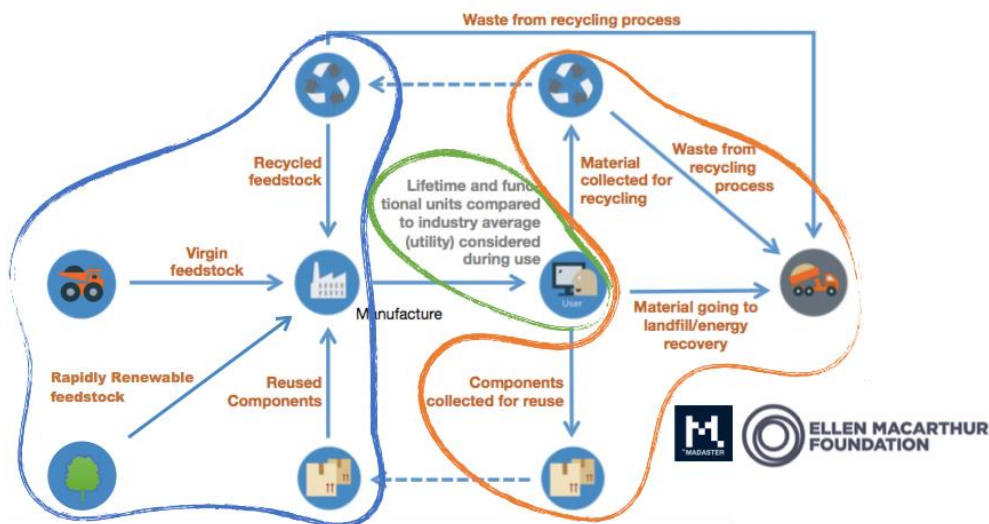


#### **Hinweis zur Qualität der Daten:**

Die Qualität der in Madaster hochgeladenen BIM-Daten ist ein entscheidender Faktor für die Brauchbarkeit der Daten für die Berechnung des Madaster ZI-Scores. Um einen guten ZI-Score zu realisieren, ist es wichtig, dass das BIM-Modell ausreichend detailliert ist und genügend Informationen enthält.

### 3. Madaster ZI-Score Messverfahren

Nach einer umfassenden Analyse der verfügbaren Methoden und Instrumente zur Messung der Kreislaufwirtschaft entschied sich Madaster für die Messmethode "Material Circularity Indicator" der Ellen MacArthur Foundation (EMF) als Grundlage für die Entwicklung des Madaster-Zirkularitätsindikators. Im weiteren Verlauf dieses Dokuments wird die EMF-Methode als Selbstverständlichkeit behandelt. Eine ausführliche Beschreibung und weitere Informationen zum Material Circularity Indicator, der Open-Source ist, finden Sie auf der Website der Ellen MacArthur Foundation <sup>2</sup>. Die untenstehende Visualisierung, in der das bestehende EMB-Modell deutlich zu erkennen ist, ist das Ergebnis mehrerer Expertensitzungen.



Die Messmethode des Madaster ZI hat drei verschiedene Phasen: die Materialherkunft (blau), die Lebensdauer (grün) und die Materialverwertung (orange). Dies ermöglicht es Anwendern, Produkte und Gebäude durch den Vergleich der verschiedenen Komponenten zu vergleichen und Kreislaufwirtschaftsambitionen und -ziele einfach zuzuordnen.



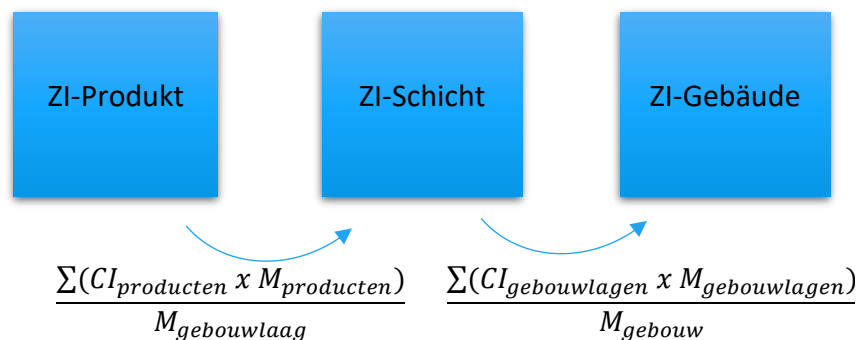
Die Zirkularitätsziele für jede Phase sind:

1. Materialherkunft: 100 % Verwendung von Sekundärrohstoffen (recycelt und/oder wiederverwendet) oder die Verwendung von schnell erneuerbaren Materialien, wobei die Verwendung von recycelten Materialien als weniger attraktiv angesehen wird, da der Recyclingprozess eigene Abfallströme erzeugt.

<sup>2</sup> <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/programmes/insight/Zircularity-indicators>.

2. Lebensdauer: Produkte mit einem funktionalen Lebenszyklus, der den Branchendurchschnitt übersteigt. Der Idealfall wäre hier eine unendliche Wiederverwendbarkeit, mit einer unendlichen Anzahl von Lebenszyklen.
3. Materialverwertung: Materialien/Produkte mit 100%iger Wiederverwendbarkeit, auf höchstem Niveau. Der Idealfall wäre hier eine sofortige Wiederverwendung.

Zur Berechnung des Madaster ZI-Scores verwendet die Messmethode den gewichteten Durchschnitt. Der gewichtete Mittelwert basiert auf der Masse der verwendeten Materialien und Produkte. Anschließend werden die Scores berechnet, sowohl für die verschiedenen Gebäudeschichten (Brand, 1994) <sup>3</sup>, als auch für das Gebäude als Ganzes.



Das Madaster ZI-Messverfahren besteht aus zwei Stufen:

1. Building Circularity Indicator: Der ZI-Score des Gebäudes basierend auf den verfügbaren Daten;
2. Madaster-Zirkularität-Indikator (ZI): Der um zwei Korrekturfaktoren bereinigte Gebäude-ZI-Score. Durch die Anwendung dieser Korrekturfaktoren wird die Vollständigkeit des Datensatzes in der Madaster-Datenbank berücksichtigt. Ein zirkuläres Gebäude und der entsprechende Materialpass können nur dann wirksam sein, wenn die Produkte und Materialien im Gebäude korrekt erfasst wurden. Die angewandte Korrektur basiert auf dem Umfang des Modells in Bezug auf den prozentualen Anteil der Masse, für den die Materialien bekannt sind, und auf dem Umfang des Modells in Bezug auf den prozentualen Anteil der Masse, für den die DIN 276-Codierung verfügbar ist.



<sup>3</sup> Brand, S. (1994). How Buildings Learn; What happens after they're built. Penguin Publishing Group

## 4. Berechnung des Gebäude-ZI-Scores

Dieses Kapitel enthält zusätzliche Informationen zu den Zirkularitätsindikatoren für die Materialherkunft (Abschnitt 1), die Lebensdauer (Abschnitt 2) und die Materialverwertung (Abschnitt 3). Anschließend wird die Berechnung des Gebäude-ZI-Scores erläutert (Abschnitt 4), wobei der Material-Circularity-Indikator des EMB als Grundlage dient.

### 4.1. Materialherkunft Zirkularität

Um den Zirkularitätsindikator für die Materialherkunft zu berechnen, muss der Benutzer in der Lage sein, einen Einblick in die Materialien zu geben, aus denen ein Produkt oder Gebäude gebaut wurde (siehe Kapitel 6). Dies kann mithilfe von Daten aus der bestehenden Madaster-Datenbank oder durch manuelle Eingabe der erforderlichen Daten auf Material- und Produktebene erfolgen. An dieser Stelle wird zwischen dem prozentualen Anteil an Neuware und Nicht-Neuware unterschieden. Bei wiederverwendeten Materialien unterscheidet der Madaster ZI-Score zwischen recycelten, wiederverwendeten und schnell erneuerbaren Materialien.

Die Formel für den Materialherkunft -Zirkularitätsindikator lautet:

$$ZI_{\text{Materialherkunft}} = F_R + F_{RR} + F_U$$

**FR** Anteil der rezyklierten Materialien (in % der Produktmasse);

**FRR** Anteil der schnell erneuerbaren Materialien (in % der Produktmasse);

**FU** Anteil der wiederverwendeten Produkte und/oder Komponenten (in % der Produktmasse).

Für den Gebäude-ZI-Score (Abschnitt 4) werden die folgenden Daten und Kennwerte aus der Materialherkunft berücksichtigt:

- Die Produktmasse (M) (kg)
- Der Wirkungsgrad des Recyclingprozesses vor der Materialherkunft\* ( $\epsilon_F$ ) (%)
- Die Masse des Abfalls, der während des Recyclingprozesses (WF) entsteht (kg).

\* Dies gilt für den Recyclingprozess, der der Herstellung des Produkts vorausgeht. So ist es z. B. möglich, dass zwei ausrangierte Bodenfliesen benötigt werden, um eine neue Bodenfliese herzustellen, die vollständig aus recycelten Materialien besteht (ein Wirkungsgrad von 50 %).

### Anzeige auf der Madaster Plattform:

CIRCULARITY CONSTRUCTION PHASE							
Non-virgin materials (goal: 100%)							
Mass of product (t)	3.56 kt	0	1.04 kt	1.01 kt	4.44 t	1.51 kt	0
Applied recycled materials (% of mass)	62%	0%	74%	0%	0%	96%	0%
Applied rapidly renewable material (% of mass)	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Applied reused components (% of mass)	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Efficiency of recycling process for construction phase (%)	75%	0%	75%	75%	75%	75%	0%
Mass of waste generated during recycling process (t)	739.64 t	0	254.86 t	0	0	484.79 t	0

## 4.2. Lebensdauer Zirkularität

Um den Use-Phase-Circularity-Indikator zu generieren, muss der Benutzer in der Lage sein, Einblick in den potenziellen funktionalen Lebenszyklus eines Produkts, einschließlich seiner potenziellen Wiederverwendung, zu geben (siehe Kapitel 6). Sollte der potenzielle funktionale Lebenszyklus nicht bekannt sein, wird stattdessen der Lebenszyklus der entsprechenden Gebäudeebene verwendet. Anschließend wird der potenzielle funktionale Lebenszyklus mit dem durchschnittlichen Lebenszyklus der Branche gemäß der "Building Layers"-Theorie von Stewart Brand verglichen<sup>4</sup>.



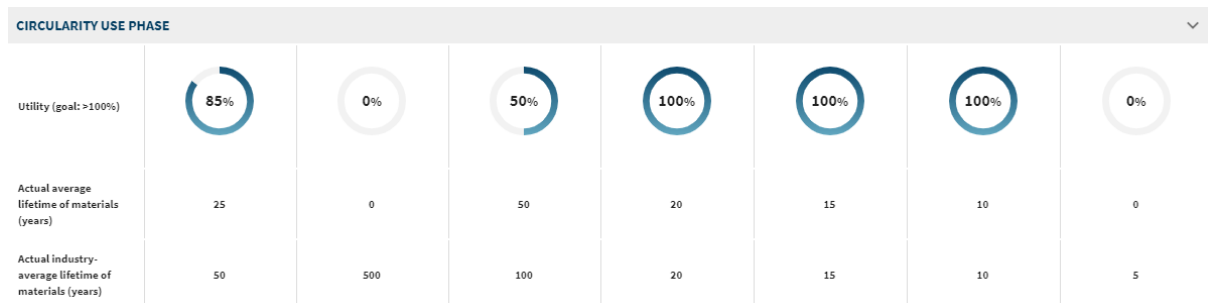
Die Formel für den Use-Phase Circularity Indicator lautet:

$$ZI_{Lebensdauer} = \frac{L}{L_{av}}$$

$L$  Potenzieller funktionaler Lebenszyklus eines Produkts, (Jahre)

$L_{av}$  Branchendurchschnittlicher Lebenszyklus einer Gebäudeschicht, (Jahre)

### Anzeige von der Madaster Plattform:



Bitte beachten Sie: Die Gesamtpunktzahl kann nicht einfach durch die Division von 49 durch 50 gebildet werden. Die tatsächliche Punktzahl von 53 % wird durch Berechnung des gewichteten Durchschnitts aller Produkte aus den verschiedenen Systemebenen ermittelt. Siehe [Kapitel 4](#) für weitere Informationen.

<sup>4</sup> Brand, S. (1994). How Buildings Learn; What happens after they're built. Penguin Publishing Group

### 4.3. Materialverwertung Zirkularität

Um die Zirkularität der Materialverwertung zu generieren, muss der Benutzer in der Lage sein, einen Einblick in das potenzielle Wiederverwendungsszenario für jedes Material und/oder Produkt zu geben (siehe Kapitel 5). Bei der Berechnung wird zwischen der Wiederverwendung von Materialien (Recycling), der Wiederverwendung von Komponenten und/oder Produkten (Re-Use) und der Entsorgung (Deponie + Verbrennung) unterschieden. Die Effizienz des Recyclingprozesses, d. h. der durch diesen Prozess zusätzlich entstehende Abfall, wird ebenfalls berücksichtigt.

Die Formel für den Zirkularitätsindex der Phasen der Materialverwertung lautet:

$$ZI_{\text{Materialverwertung}} = C_R \cdot E_C + C_U$$

**$C_R$**  Anteil der Materialien, die am Ende ihrer Nutzungsdauer potenziell recycelt werden können (in % der Produktmasse);







**$E_C$**  Effizienz des Recyclingprozesses in der Materialverwertung (%);

**$C_U$**  Anteil der Komponenten und/oder Produkte, die am Ende ihrer Nutzungsdauer potenziell wiederverwendet werden können (in % der Produktmasse);

Die Fraktion der einzutragenden Bauteile und/oder Produkte muss mehrere Bedingungen erfüllen (Design for Disassembly). Diese Bedingungen müssen erfüllt sein, weil die Wiederverwendung von Bauteilen und/oder Produkten nur möglich ist, wenn diese erfolgreich aus einem Gebäude ausgebaut werden können. Die auf Produktebene zu erfüllenden Bedingungen, die Sie auf der Registerkarte "Zirkularität" finden, sind:

1. Die Montagepunkte sind leicht zugänglich, und das Produkt kann leicht entfernt werden, ohne andere Teile des Gebäudes zu beschädigen (ja/nein).
2. Das Produkt kann mit Standardwerkzeugen leicht demontiert werden, ohne dass das Objekt oder die Objekte, an denen das Produkt befestigt ist, beschädigt werden.
3. Die Montagepunkte und Montagemethoden, die zur Installation des Produkts verwendet werden, sind standardisiert und vorgefertigt.

#### Anzeige von der Madaster Plattform

CIRCULARITY END-OF-LIFE PHASE							
Recoverable content (goal: 100%)							
Materials for recycling which are going to be collected (% of mass)	62%	0%	74%	0%	0%	96%	0%
Components for reuse which are going to be collected (% of mass)	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Mass of potential landfill & energy incineration (t)	1.34 kt	0	275.08 t	1.01 kt	4.44 t	53.41 t	0
Efficiency of recycling process for end of life phase (%)	75%	0%	75%	75%	75%	75%	0%
Mass of potential landfill & energy incineration of the recycling process (t)	554.8 t	0	191.14 t	65.62 kg	0	363.59 t	0

Bitte beachten Sie: Die Gesamtpunktzahl von 13 % kann nicht aus den angezeigten Werten generiert werden, da diese Punktzahl durch Berechnung des gewichteten Durchschnitts aller Produkte aus den verschiedenen Systemebenen ermittelt wird. Siehe [Kapitel 4](#) für weitere Informationen.

## 4.4. Indikator für die Zirkularität von Gebäuden

### 4.4.1. Zirkularitätsindikator

Der Zirkularitätsindikator wird unter Berücksichtigung der Stoffströme und des Nutzenfaktors berechnet.

Zur Berechnung des Zirkularitätsindikators (ZI) wird die folgende Formel verwendet:

$$CI = 1 - LFI \cdot F(X)$$

### 4.4.2. Linearer Durchflussindex (LFI)

Der Linear Flow Index (LFI) wird verwendet, um den linearen Teil des Materialflusses zu berechnen, ausgehend von 100 % Neumaterialien, wobei 100 % in einer Verbrennungsanlage oder auf einer Deponie enden. Der LFI hat einen Bereich von 0 (vollständig kreisförmig) bis 1 (vollständig linear).

Die Formel für den LFI lautet wie folgt:

$$LFI = \frac{V + W}{2M + \frac{W_F - W_C}{2}}$$

Sie besteht aus den folgenden Teilformeln:

$$V = M (1 - F_R - F_{RR} - F_u)$$

$M$  Produktmasse (kg)

$V$  Masse des für die Herstellung eines Produkts verwendeten Neumaterials (kg)

$F_R$  Anteil der recycelten Materialien (in % der Produktmasse);

$F_{RR}$  Anteil an schnell erneuerbaren Materialien (in % der Produktmasse);

$F_u$  Anteil der wiederverwendeten Produkte und/oder Komponenten (in % der Produktmasse);

$$W = W_0 + \frac{W_F + W_C}{2}$$

$W$  Masse des Abfalls (kg)

$W_0$  Masse des Abfalls (kg), der nach der Nutzungsdauer eines Produkts auf einer Deponie oder in einer Verbrennungsanlage landet.

$W_F$  Masse des Abfalls (kg), der durch den Recyclingprozess entsteht, der die Materialien für die Herstellung eines Produkts liefert.

$W_C$  Masse des Abfalls (kg), der durch den Recyclingprozess nach der Nutzungsdauer des Produkts entsteht.

$$W_0 = M(1 - C_R - C_U)$$

$C_R$  Anteil der Materialien mit einem Abfall-Recycling-Szenario (in % der Produktmasse);

$C_U$  Anteil der Materialien mit einem Abfallwiederverwendungsszenario (in % der Produktmasse);

$$W_F = M \frac{(1 - E_F)F_R}{E_F}$$

$E_F$  Wirkungsgrad des Recyclingprozesses (%), der die Materialien zur Herstellung eines Produkts liefert. Der Standardwert von 75 % kann manuell geändert werden, da die erforderlichen Daten nicht verfügbar sind.

$$W_C = M (1 - E_C) \cdot C_R$$

$E_C$  Effizienz des Recyclingprozesses (%) für ein Produkt mit einem Abfallrecyclingszenario. Der Standardwert von 75 % kann manuell geändert werden, da die erforderlichen Daten nicht verfügbar sind.

#### 4.4.3. Nutzwertfaktor - F(X)

Der F(X)-Nutzungsfaktor berechnet die Auswirkung der Länge der Nutzungsdauer eines Produkts. Dieser Einfluss verringert sich durch Verbesserungen in der Konstruktion, Reparaturen, Upgrades und vorbeugende Wartung.

Die Formel für den Nutzenfaktor<sup>5</sup> lautet:

$$F(X) = \frac{0,9}{X} \quad \& \quad X = \frac{L}{L_{av}}$$

0,9 Nutzungskonstante<sup>6</sup>;

$L$  Potenzieller funktionaler Lebenszyklus des Produkts (Jahre);

$L_{av}$  Industriedurchschnittlicher funktionaler Lebenszyklus des Produkts (Jahre).

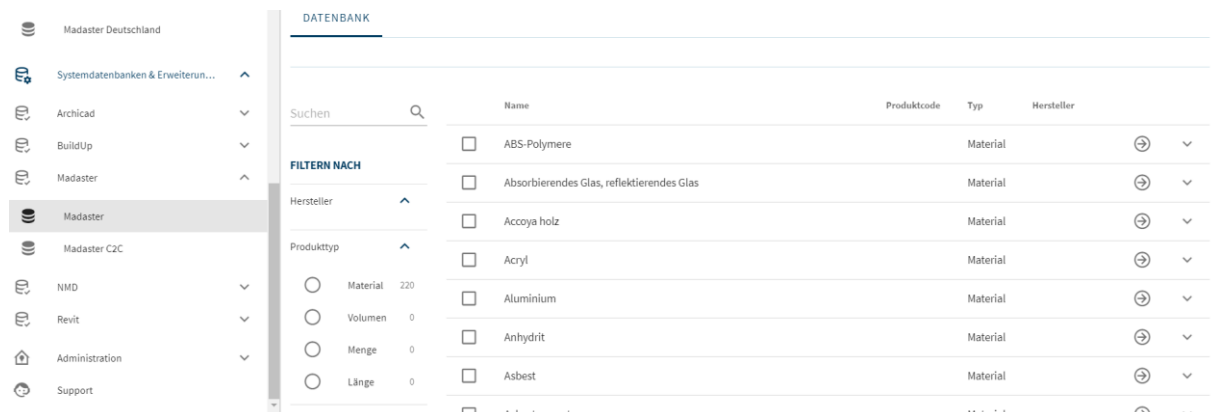
<sup>5</sup> Bitte beachten Sie, dass die Madaster ZI-Score-Methodik die EMF-U/UAV-Komponente nicht berücksichtigt.

<sup>6</sup>Die Nutzenkonstante stellt sicher, dass vollständig lineare Produkte, deren potenzieller funktionaler Lebenszyklus gleich dem durchschnittlichen Lebenszyklus der Branche ist, eine Punktzahl von 0,1 - 1 erhalten. Produkte, die vollständig linear sind, deren potenzieller funktionaler Lebenszyklus niedriger ist als der durchschnittliche Lebenszyklus der Branche, erhalten einen Wert <0,1  
[https://www.ellenmacarthurfoundation.org/programmes/insight/ZIrcularity-indicators. \)](https://www.ellenmacarthurfoundation.org/programmes/insight/ZIrcularity-indicators.)



## 5. Madaster Datenbank für Materialien & Produkte

Zur Anreicherung von IFC-Dateien und zur Erfassung der erforderlichen Kreislaufdaten kann die Madaster-Datenbank sowohl für Materialien als auch für Produkte verwendet werden. Diese Datenbank, die bereits Daten zu bekannten Materialien und Produkten enthält, kann mit neuen Materialien und Produkten erweitert werden. Die für die Anreicherung verfügbaren Datenbanken finden Sie unter dem Reiter Datenbanken.



The screenshot shows the Madaster database interface. On the left is a sidebar with navigation options: Madaster Deutschland, Systemdatenbanken & Erweiterun..., Archicad, BuildUp, Madaster, Madaster (selected), Madaster C2C, NMD, Revit, Administration, and Support. The main area is titled 'DATENBANK' and contains a search bar, a filter section, and a table of materials and products.

Suchen	Name	Produktcode	Typ	Hersteller
<input type="checkbox"/>	ABS-Polymere		Material	
<input type="checkbox"/>	Absorbierendes Glas, reflektierendes Glas		Material	
<input type="checkbox"/>	Accoya holz		Material	
<input type="checkbox"/>	Acryl		Material	
<input type="checkbox"/>	Aluminium		Material	
<input type="checkbox"/>	Anhydrit		Material	
<input type="checkbox"/>	Asbest		Material	

Filtern nach:

- Hersteller
- Produkttyp
  - ☐ Material 220
  - ☐ Volumen 0
  - ☐ Menge 0
  - ☐ Länge 0

### Welche Materialien und Produkte werden hier angezeigt?

Diese Seite bietet einen Überblick über alle Materialien und Produkte in der Madaster-Datenbank und anderen global verfügbaren Datenbanken für Ihr Land und die Plattform sowie alle unter Ihrem Konto hinzugefügten Datenbanken. In der Filterspalte („Quelle“) sehen Sie, in welcher Datenbank das Produkt registriert ist. Die Madaster-Datenbank kann von jedem Benutzer eingesehen werden. Sie können diese Daten nicht ändern. Es hängt von den Rechten eines Benutzers ab, ob er die Materialien und Produkte, die er der Datenbank hinzugefügt hat, selbst bearbeiten kann oder nicht.

### Wie können Sie die Zirkularitätsdaten von Materialien ändern?

1. Klicken Sie auf die Schaltfläche "Bearbeiten" für das Material oder Produkt, das Sie ändern möchten.
2. Bearbeiten Sie die Daten, die Sie ändern möchten (z. B. Rezyklatgehalt, Wiederverwendungsszenario, Demontage).
3. Klicken Sie auf die Schaltfläche "Material speichern" oder "Produkt speichern".

### Wie können Sie neue Materialien oder Produkte hinzufügen?

Sie können ein neues Material oder Produkt für eine Quelldatei über die Registerkarte "Anreicherung" hinzufügen. Um die Registerkarte "Anreicherung" zu öffnen, klicken Sie auf die Schaltfläche "Status anzeigen" (die neben einer Quelldatei auf der Registerkarte "Dossiers" angezeigt wird) oder, wenn Sie ein Kontoadministrator sind, können Sie das Menü "Verwaltung" verwenden. Nachdem Sie ein neues Material oder Produkt hinzugefügt haben, können Sie dieses Menü verwenden, um das Material oder Produkt anzuzeigen und die verfügbaren Felder einzugeben.

1. Sie können ein Produkt in einer Ihrer Kontodatenbanken anlegen, indem Sie auf die Schaltfläche "Material hinzufügen" oder "Produkt hinzufügen" klicken. Die von Ihnen hinzugefügten Produkte und Materialien finden Sie auf den Registerkarten "Materialien" und "Produkte" Ihres Kontos. Dort können Sie anschließend Details zu dem gerade eingegebenen Material oder Produkt hinzufügen.
2. Um zusätzliche Daten einzugeben, können Sie auf die Schaltfläche "Bearbeiten" (hinter dem gerade erstellten Material oder Produkt) klicken und auf den verfügbaren Registerkarten Daten hinzufügen, z. B. Material- oder Zirkularitätsdaten oder Suchkriterien.

## 6. Aktuelle Entwicklungen

Der Madaster ZI-Score befindet sich in ständiger Entwicklung, und es ist das Ziel von Madaster, kontinuierlich eine führende Rolle bei der Entwicklung und Bereitstellung von Zirkularitätsmessmethoden zu spielen. Um die Eingaben der Madaster-Plattform zu bereichern und ihre Zuverlässigkeit zu erhöhen, ist es notwendig, Verbindungen zu externen Datenbanken mit zuverlässigen Daten (vorzugsweise von den Lieferanten selbst) herzustellen. Außerdem ist es wichtig, ein "Circularity BIM Information Development Manual" (IDM) mit Richtlinien und einem festen Regelwerk für die Implementierung von IFC-Dateien zu verwenden.

Madaster ist ständig im Gespräch mit Partnern, die die Plattform mit Daten über angewandte Materialien, funktionale Lebenszyklen versus technische Lebenszyklen, dauerhafte versus nicht dauerhafte Wiederverwendung und die Auswirkungen von Materialien auf Mensch und Natur versorgen können.