

# U.05 KREISLAUFFÄHIGKEIT

U.05	Kreislauffähigkeit	Anwendung: universell
		Punkte min. Punkte max.
U.05.1	Rückbaupotenzial	30
U.05.2	Zirkularitätspotenzial	60
U.05.3	Zirkularitätsinventar	10 10
		Summe: 10 Summe: 100

## U.05 Kreislauffähigkeit

### BETRACHTUNGSGEGENSTAND

BETRACHTUNGS- GEGENSTAND	<p>Betrachtungsgegenstand des Kriteriensteckbriefs ist das Gebäude an seinem zukünftigen Lebensende (End-of-Life, EoL). Diese Lebensphase entspricht dem Modul C der Ökobilanzierung.</p> <p>Für die Beurteilung des Zirkularitätsindex des Gebäudes sind ausgehend von einer Ökobilanzierung (BNB-Kriteriensteckbrief U.01 EMISSIONEN) alle Bauteile entsprechend der dritten Ebene der Kostengruppe KG 300 der DIN 276 zu erfassen. Die haustechnischen Anlagen (KG 400) werden ebenso wie bauliche Anlagen im Außenbereich in diesem Kriterium (vorerst) nicht bewertet.</p> <p>Diese Systemgrenzen gelten prinzipiell auch für das Bauen im Bestand, d.h. die im Gebäude verbleibenden Baumaterialien aus dem Bestand sind ebenfalls im Zirkularitätsinventar zu erfassen. Im Zirkularitätsindex bewertet werden nur die neu einzubringenden Baumaterialien, Baukomponenten und Bauteile.</p>
-----------------------------	---

ABSCHNEIDE- KRITERIEN	<p>Die Abschneidekriterien für die zu erfassenden Baumaterialien, Baukomponenten und Bauteile gelten analog zur Ökobilanz. Zusätzlich zur Ökobilanz gilt: Es sind alle Bauteilschichten einzugeben, die gemäß Rückbaukonzept auf der Baustelle als einzelne Abfall- bzw. Verwertungsfraktion anfallen (z.B. Bewehrungsstahl).</p> <p>Bei der Erfassung der Bauteilschichten bzw. -komponenten vernachlässigt werden dürfen: Beschichtungen und Verbindungsmittel (Schrauben, Klebstoffe, Dichtstoffe, etc.). Diese müssen aber bei der Bestimmung der Materialverträglichkeit der verbundenen Baumaterialien als potenzielle Störstoffe berücksichtigt werden.</p>
--------------------------	--

### METHODE

METHODE	Bilanzierung	Referenz- wertverfahren	Simulation	Messung	Inspektion	Qualitäts- niveau/ Erfüllungsstufe	Addition v. Qualitäten
	•						
	<p>Für die Beurteilung der Kreislauffähigkeit der Baukonstruktion am Lebensende des Gebäudes gelten drei Indikatoren:</p> <p>1. das Rückbaupotenzial der Baumaterialien und Baukomponenten</p>						

	2. das Zirkularitätspotenzial der Baumaterialien und Baukomponenten 3. das Zirkularitätsinventar
EINGANGS-PARAMETER	siehe U.01 EMISSIONEN
DATENBASIS	Ergänzungsdatensätze „Zirkularitaet_Datengrundlage_generisch“ (tBaustoff) zu den ÖKOBAUDAT-Versionen 2020-II bis 2024-II. Die Datensätze sind im BNB-Tool <i>Arbeitshilfe_U.05_Kreislauffähigkeit</i> hinterlegt.
TOOLS	BNB-Tool <i>Arbeitshilfe_U.05_Kreislauffähigkeit</i> (Excel) als Übergangslösung bis zur Fertigstellung des webbasierten BBSR-Tools zur Berechnung des Rückbau- und Zirkularitätspotenzials
SOFTWARE	zukünftig: BBSR-Tool zur Berechnung des Rückbau- und Zirkularitätspotenzials
VORGABEN FÜR DIE NACHWEIS-FÜHRUNG	<p>Die Nachweisführung erfolgt über das Rückbaukonzept, das Zirkularitätsinventar und das BNB-Tool <i>Arbeitshilfe_U.05_Kreislauffähigkeit</i>.</p> <p>Im Rückbaukonzept ist mindestens anzugeben:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• für alle Bauteile bzw. Baukomponenten und alle relevanten Bauteilschichten innerhalb eines Bauteils: Beschreibung der Fügetechniken;</li> <li>• Dokumentation, wie Rückbauqualitäten I, II oder III zu erreichen sind.</li> <li>• Nachweise für produktspezifische Einstufung des Zirkularitätspotenzials von Baumaterialien und Komponenten</li> </ul> <p>Grundlage für die Einstufung der Rückbauverfahren ist der zum Zeitpunkt der Bewertung anerkannte Stand der Technik. Visionäre Entwicklungen mit Praxisrelevanz in ferner Zukunft wie z.B. kostengünstigere Demontagemöglichkeiten von Baumaterialien mit Hilfe von Robotern oder Änderungen auf Grund von wirtschaftlich-gesellschaftlichen Rahmenbedingungen können nicht berücksichtigt werden.</p> <p>In die Rückbauklassen I bis III werden Baumaterialien bzw. Baukomponenten eingestuft, die nur einen schwachen Verbund zu den angrenzenden Schichten haben (Fügetechniken z.B. Klemmen, Auflegen, Aufsetzen, Einlegen, Einhängen, bzw. technisch designte lösbare Fügesysteme auf Basis spezieller Werkzeuge oder Trennverfahren).</p> <p>Für jedes Baumaterial, dessen Zirkularitätspotenzial besser als in der heutigen Entsorgungspraxis üblich eingestuft wird, sind Nachweise für die Einstufung einzuholen (z.B. etablierte Sammel-, Rücknahme und Aufbereitungssysteme des Herstellers bzw. in der Region, Leihmodelle, spezifische Maßnahmen in der Planung).</p>
UNTERLAGEN	
EINZU-REICHENDE UNTERLAGEN	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pläne (siehe Kriterium U.01 EMISSIONEN) in digitaler oder analoger Form</li> <li>• Bauteilkatalog</li> <li>• Rückbaukonzept</li> <li>• Zirkularitätsinventar</li> <li>• Zusätzlich für Bestandsgebäude: Gutachten zur Schadstoffbegutachtung inkl. Beschreibung der Maßnahmen zur Schadstoffentfernung, falls erforderlich Katalog der verbleibenden Baumaterialien, Komponenten und Bauteile aus dem Bestand</li> </ul>

## U.05.1 Rückbaupotenzial

METHODE	<b>1. Bestimmung des Rückbaupotenzials des Baumaterials</b> Beim Rückbaupotenzial werden vier Klassen unterschieden. Für die Bewertung auf Bauteilschichtebene sind jeder Klasse Punkte für die Zielerreichung zugeordnet (Tabelle 1).  <i>Tabelle 1: Kategorien, Klassen und Punkte zur Beschreibung des Rückbaupotenzials inkl. Beispiele (Annahme: konventionelle Fügungen)</i>		
	<b>Klasse</b>	<b>Kategorie inkl. Kurzbeschreibung</b>	<b>Punkte</b>
	I	<b>Baumaterialien, Baukomponenten bzw. Bauteile zerstörungsfrei rückbaubar</b> Komponenten bzw. Bauteilschichten ohne Beschädigung der Form- und Materialstruktur rückbaubar, grundsätzlich für Wiederverwendung geeignet  <i>Beispiele: Türblätter; Klemmfilze; Kiesschicht im Flachdach.</i>	100
	II	<b>Baumaterialien, Baukomponenten bzw. Bauteile weitgehend zerstörungsfrei rückbaubar</b> Baukomponenten bzw. Bauteilschichten mit geringfügiger Beschädigung der Form- und Materialstruktur rückbaubar; nach Instandsetzungsarbeiten für Wiederverwendung geeignet  <i>Beispiele: Holzwerkstoffplatte auf Holzunterkonstruktion, Holzdielen</i>	75
	III	<b>Baumaterialien und Baukomponenten zerstörend ohne Fremdstoffe rückbaubar</b> Baumaterialien bzw. Baukomponenten ohne Verunreinigungen aus angrenzenden Schichten rückbaubar, jedoch mit Beschädigung oder Zerstörung der Form- und Materialstruktur (keine Wiederverwendung möglich), zum Teil Materialverluste  <i>Beispiele: Estrich schwimmend verlegt mit trennbarem Fußbodenbelag</i>	50
	IV	<b>Baumaterialien und Baukomponenten mit Fremdstoffen verunreinigt</b> Rückbau ist mit Verunreinigungen aus angrenzenden Schichten verbunden; Trennung in Aufbereitungsanlage, tlw. auch auf Baustelle; Beurteilung der Materialverträglichkeit erforderlich.  <i>Beispiele: Wärmedämmverbundsystem, Stahlbetonverbund, Mauerwerk</i>	0
	Im BNB-Tool <i>U.05_Kreislauffähigkeit_Arbeitshilfe.xlsx</i> stehen Referenzkonstruktionen zur Verfügung, welche bei der Einstufung des Rückbauverfahrens unterstützen. Innovative Fügetechniken, die zu besseren Einstufungen führen, sind im Rückbaukonzept zu beschreiben.  <b>2. Bestimmung des mittleren Rückbaupotenzials des Gebäudes</b>  Für jede Bauteilschicht wird zunächst das Rückbaupotenzial wie beschrieben bestimmt. Im nächsten Schritt wird der volumengewichtete Durchschnitt des Rückbaupotenzials der Bauteilschichten bzw. Baukomponenten berechnet:		

	$R_{\text{Geb}} = \frac{\sum_{i=1}^n (V_i \cdot R_{\text{BSi}})}{\sum_{i=1}^n V_i}$ <p> <i>R<sub>Geb</sub></i> ... Rückbaupotenzial des Gebäudes  <i>V<sub>i</sub></i> ... Volumen der Schicht i im Gebäude  <i>R<sub>BSi</sub></i> ... Rückbaupotenzial bzw. Zirkularitätspotenzial des Baustoffs in Schicht i  <i>n</i> ... Anzahl der Schichten </p>
--	---

## BEWERTUNG

BEWERTUNGS- MASSSTAB	Pkt. max.30	QN	Anforderung
	30	4	Mittleres Rückbaupotenzial des Gebäudes <b><i>R<sub>Geb</sub></i> ≥ 50</b>
	0	1	Mittleres Rückbaupotenzial des Gebäudes <b><i>R<sub>Geb</sub></i> ≤ 20</b>
Zwischenbewertungen zwischen QN 1 und QN 4 können anhand der Interpolationsregeln (siehe VORGABEN ZUR BEWERTUNG) vorgenommen werden.			

VORGABEN ZUR BEWERTUNG	<p>Zwischenbewertungen werden wie folgt interpoliert:</p> $\text{Punkte interpoliert} = \frac{R_{\text{Geb}} - R_{\text{min}}}{(R_{\text{max}} - R_{\text{min}})} * 30 \text{ für } R_{\text{Geb}} \in [R_{\text{max}}, R_{\text{min}}], \text{ wobei}$ <p> <i>R<sub>max</sub></i> = 50  <i>R<sub>min</sub></i> = 20 </p> <p> Punkte = 30 für <i>R<sub>Geb</sub></i> ≥ <i>R<sub>max</sub></i>  Punkte = 0 für <i>R<sub>Geb</sub></i> ≤ <i>R<sub>min</sub></i>  Die Ergebnisse sind arithmetisch auf ganze Zahlen zu runden. </p>
---------------------------	--

## U.05.2 Zirkularitätspotenzial

### METHODE

METHODE

### 1. Bestimmung des Zirkularitätspotenzials des Baumaterials

Grundlage für die Bewertung des Zirkularitätspotenzials sind vier Verfahren zur Nachnutzung bzw. Abfallbehandlung von rückgebauten Baumaterialien (Wiederverwendung, stoffliche Verwertung, thermische Behandlung und Deponierung). Diese werden – wie in Tabelle 2 dargestellt – in weitere EoL-Kategorien (von englisch: End-of-Life) unterteilt und sieben EoL-Klassen (A bis G) zugeordnet. Die EoL-Klasse A (Wiederverwendung / Vorbereitung zur Wiederverwendung WV) stellt die beste, die EoL-Klasse G (Energetische Beseitigung EB / Deponierung nach Aufbereitung Dep-) die schlechteste Bewertung für den Neubau dar.

*Tabelle 2: Kategorien zur Beschreibung des Zirkularitätspotenzials von Baustoffen („EoL-Kategorien“) und zugeordnete Klassen („EoL-Klassen“):*

<div>EoL-Klasse</div>	A	B	C	D	E	F	G
Kategorie							
Abfall-vermeidung	WV						

<b>Stoffliche Verwertung</b>	<b>WV</b>	<b>CL+</b>	<b>RC<sup>+</sup> / CL<sup>-</sup></b>	<b>RC<sup>-</sup></b>	<b>SV</b>		
<b>Thermische Behandlung</b>					<b>EV+</b>	<b>EV-</b>	<b>EB</b>
<b>Deponierung</b>						<b>Dep<sup>+</sup></b>	<b>Dep<sup>-</sup></b>
<b>Punkte</b>	140	100	80	60	20	-20	-60
<b>Legende EoL-Kategorien:</b> WV      Wiederverwendung bzw. Vorbereitung zur Wiederverwendung CL      Closed Loop Recycling RC      Recycling SV      Sonstige stoffliche Verwertung / Recycling mit minderer Qualität EV      Energetische Verwertung / Ersatzbrennstoff EB      Energetische Beseitigung Dep      Deponierung							
<b>1. Schritt:</b> Ermittlung des Zirkularitätspotenzials des <b>unverbauten</b> Baumaterials Für jede Bauteilschicht wird zunächst das Zirkularitätspotenzial des unverbauten Baumaterials gemäß Tabelle 2 bestimmt. Für die generischen Daten der ÖKOBAUDAT sind Szenarien im BNB-Tool <i>Arbeitshilfe_U.05_Kreislauffähigkeit</i> angelegt. Das Szenario „REAL“ beschreibt dabei das etablierte, dem aktuellen Stand der Technik entsprechende Verwertungs- oder Entsorgungsverfahren, die Potenzial-Szenarien (POT) weitere bekannte sich in Umsetzung oder in Entwicklung befindliche Verwertungsverfahren. Für jedes Baumaterial, dessen Zirkularitätspotenzial besser eingestuft wird als in der heutigen Entsorgungspraxis üblich, sind die Nachweise für die Einstufung im Rückbaukonzept anzuführen.							
<b>2. Schritt:</b> Ermittlung des Zirkularitätspotenzials des <b>verbauten</b> Baumaterials Je Bauteilschicht wird die Materialverträglichkeit mit Verunreinigungen aus anderen Baumaterialien geprüft. Die Materialverträglichkeit wird in vier Klassen unterteilt: <ul style="list-style-type: none"> <li>• S1 „Monomaterialien“ sind Verunreinigungen aus angrenzenden Schichten, die keinen Stör- oder Fremdstoff darstellen, weil beide denselben rohstofflichen Ursprung besitzen (z.B. <i>Gipsspachtel auf Gipsbauplatten</i>). Die Materialkombination kann wie das „ungestörte“ (unverbaute) Material eingestuft werden.</li> <li>• S2 „Fremdstoffe“: erhöhen den Aufwand für die Trennung im Aufbereitungsverfahren bzw. können die Qualität des Recyclingmaterials geringfügig abmindern.</li> <li>• S3 „Beeinträchtigende Stör- oder Schadstoffe“: müssen abgetrennt werden, damit das Zirkularitätspotenzial des unverbauten Baustoffs erreicht wird. Werden sie nicht (weitgehend) abgetrennt, führen sie zu einer schlechteren Verwertungsqualität.</li> <li>• S4 „Unverträgliche Störstoffe“: sind nicht mit wirtschaftlich vertretbarem Aufwand abtrennbar. Die Verwertung ist nicht mehr möglich oder nur unter sehr gravierenden Qualitätsverlusten. Solche Materialkombinationen machen eine Neueinstufung in den EoL-Kategorien erforderlich. In diesem Fall wird die EoL-Kategorie des verunreinigten Baumaterials direkt bestimmt und auf Basis von Tabelle 2 neu klassifiziert.</li> </ul> Im BNB-Tool <i>Arbeitshilfe_U.05_Kreislauffähigkeit</i> steht eine Tabelle mit Beispielen für die Materialverträglichkeit typischer Materialkombinationen zur Verfügung.							

Die Verunreinigungen führen zu Abzugspunkten, die abhängig von der Materialverträglichkeit (S1-S4) und der EoL-Klasse des unverbauten Baustoffs sind:								
Tabelle 3: Abzugspunkte für Kombination von Materialverträglichkeit (1. bzw. 2. Spalte) und Zirkularitätspotenzial des unverbauten Baumaterials (1. Zeile):								
Kürzel	EoL-Klasse /-Punkte Materialverträglichkeit	A 140	B 100	C 80	D 60	E 20	F -20	G -60
S1	Monomaterial (kein Fremdstoff)	0	0	0	0	0	0	0
S2	Fremdstoff (neutral)	0	-5	-5	-10	-10	0	0
S3	Beeinträchtigender Stör- oder Schadstoff	0	-20	-20	-20	-20	-20	0
S4	Unverträglicher Stör- oder Schadstoff	0	Neu	Neu	Neu	Neu	Neu	Neu
„Neu“ ... Neueinstufung								
Ergebnis ist das Zirkularitätspotenzial des verbauten Baumaterials. Durch die Abzugspunkte aus der Materialverträglichkeit können sich Punkte ergeben, die auch zwischen den ursprünglichen EoL-Klassen liegen können. In Tabelle 4 wird dargestellt, wie diese Punkte wieder in Klassen rückgeführt werden können.								
Tabelle 4: Rückführung der Punkte in Klassen für den verbauten Baustoff:								
Wertebereiche Zirkularitätspotenzial		EoL Klasse						
wenn ≥ 120		A						
wenn < 120 und ≥ 105		A / B						
wenn < 105 und ≥ 95		B						
wenn < 95 und ≥ 85		B/C						
wenn < 85 und ≥ 75		C						
wenn < 75 und ≥ 65		C / D						
wenn < 65 und ≥ 50		D						
wenn < 50 und ≥ 30		D / E						
wenn < 30 und ≥ 10		E						
wenn < 10 und ≥ -10		E / F						
wenn < -10 und ≥ -30		F						
wenn < -30 und ≥ -50		F / G						
wenn < - 60		G						
<p>Anmerkung zur zukünftigen <b>Klassifizierung des Zirkularitätspotenzials von Baumaterialien im Bestand</b>: Im Bestand können Baumaterialien auftreten, die heute wegen ihres Schadenpotenzials bzw. der enthaltenen Gefahrenstoffe verboten sind, oder nicht mehr zum Einsatz kommen. Um diese Baumaterialien im Zirkularitätsinventar berücksichtigen zu können, wurde Tabelle 2 um drei „EoL-Klassen“ (H, I, J) erweitert. Die Umsetzung dieser Methode ist derzeit in Erprobung.</p> <p><b>2. Bestimmung des mittleren Zirkularitätspotenzials des Gebäudes</b></p> <p>Für jede Bauteilschicht wird zunächst das Zirkularitätspotenzial der verbauten Baumaterialien wie in Punkt 1 und 2 beschrieben bestimmt.</p> <p>Im nächsten Schritt wird der volumengewichtete Durchschnitt des Zirkularitätspotenzials aller Bauteilschichten bzw. Baukomponenten berechnet:</p>								

	$Z_{\text{Geb}} = \frac{\sum_{i=1}^n (V_i \cdot Z_{\text{BSi}})}{\sum_{i=1}^n V_i}$ <p> <math>Z_{\text{Geb}}</math> ... Zirkularitätspotenzial des Gebäudes  <math>V_i</math> ... Volumen der Schicht i im Gebäude  <math>Z_{\text{BSi}}</math> ... Zirkularitätspotenzial des Baumaterials in Schicht i  <math>n</math> ... Anzahl der Schichten </p>
--	--

#### BEWERTUNG

BEWERTUNGS- MASSSTAB	Pkt. max. 60	QN	Anforderung
	60	2	Mittleres Zirkularitätspotenzial des Gebäudes $Z_{\text{Geb}} \geq 60$
	0	1	Mittleres Zirkularitätspotenzial des Gebäudes $Z_{\text{Geb}} \leq 20$
	Zwischenbewertungen zwischen QN 1 und QN 2 können anhand der Interpolationsregeln (siehe VORGABEN ZUR BEWERTUNG) vorgenommen werden.		

VORGABEN ZUR BEWERTUNG	<p>Zwischenbewertungen werden wie folgt interpoliert:</p> $\text{Punkte interpoliert} = \frac{Z_{\text{Geb}} - Z_{\text{min}}}{(Z_{\text{max}} - Z_{\text{min}})} * 60 \text{ für } Z_{\text{Geb}} \in [Z_{\text{max}}, Z_{\text{min}}], \text{ wobei}$ <p> <math>Z_{\text{max}} = 60</math>  <math>Z_{\text{min}} = 20</math> </p> <p> Punkte = 60 für <math>Z_{\text{Geb}} \geq Z_{\text{max}}</math>  Punkte = 0 für <math>Z_{\text{Geb}} \leq Z_{\text{min}}</math>  Die Ergebnisse sind arithmetisch auf ganze Zahlen zu runden. </p>
---------------------------	--

#### U.05.3 Zirkularitätsinventar

METHODE	<p>Das Zirkularitätsinventar wird als Teil des Ressourcenpasses für Gebäude ermittelt und soll die Zirkularitätseigenschaften der verbauten Baumaterialien dokumentieren. Es wird im Zuge der Anwendung des BNB-Tools <i>Arbeitshilfe_U.05_Kreislauffähigkeit</i> erstellt und umfasst alle in den Bilanzgrenzen liegenden Baumaterialien des Gebäudes.</p> <p>Zu jedem Baumaterial liegen folgende Parameter vor: zugehöriges Bauteil, Masse im Gebäude, Volumen im Gebäude, Rückbaupotenzial, Zirkularitätspotenzial des unverbauten Baustoffs, Beurteilung der Materialverträglichkeit mit Fremdstoffen aus angrenzenden Schichten (oder aufgrund der Einbausituation) und Zirkularitätspotenzial des verbauten Baustoffs.</p> <p>Das Zirkularitätsinventar ist für das gesamte Gebäude (alle aus dem Bestand verbleibenden und alle neu eingebrachten Baumaterialien bzw. Komponenten) zu erstellen.</p>
---------	--

#### BEWERTUNG

BEWERTUNGS- MASSSTAB	Pkt. max./ min. 10	QN	Anforderung
	10	1	Zirkularitätsinventar liegt vor (Mindestanforderung)