

SuPeRBE-Schulungsmaterial

Makro-Fachgebiet MAE10:

Risikobewertung auf Gebäudeebene

Gefahr: Starkregen (A)

Makro-Fachgebiet MAE10.1:

Gebäudekomponente: Dach (A5)

Risikokategorie: Wetterfestigkeit (A5.2)

Kompetenzstufe: 3



STARKREGEN

Starkregen sind intensive oder lang anhaltende Regenfälle, die die Versickerungs- und Entwässerungskapazität von Gebäuden und städtischen Gebieten übersteigen. Diese kurzen, aber heftigen Ereignisse führen zu einem schnellen Oberflächenabfluss und können die Entwässerungssysteme schnell überfordern, was häufig zu lokalen Sturzfluten führt.

Hauptursachen:

- Starke, kurzzeitige Stürme in Verbindung mit atmosphärischer Instabilität.
- Klimawandel, der die Häufigkeit und Stärke extremer Niederschläge erhöht.
- Undurchlässigkeit städtischer Gebiete, wodurch die Versickerung eingeschränkt und der Abfluss beschleunigt wird.
- Gesättigte Böden während längerer Regenperioden.
- Unzureichende Entwässerungskapazität aufgrund alternder oder zu kleiner Infrastruktur.





AUSWIRKUNGEN AUF GEBÄUDE

Direkte Auswirkungen:

- Wassereintritt durch Dächer, Fassaden, Fenster und Öffnungen im Erdgeschoss.
- Überlastete Dachrinnen und Dachabläufe, die zu Überlaufen und Wasseransammlungen führen.
- Rückstau aus der Kanalisation, der durch Bodenabläufe wieder in Gebäude eindringt.
- Überflutung von Kellern und Feuchtigkeitsansammlung in Bauteilen.

Indirekte Auswirkungen:

- Störung des Gebäudebetriebs, einschließlich vorübergehender Schließung oder eingeschränktem Zugang.
- Beschädigung von gelagerten Gegenständen, Materialien oder technischen Geräten in den unteren Stockwerken.
- Höherer Wartungs- und Reparaturaufwand nach wiederholten Ereignissen.
- Erhöhte Versicherungsprämien oder finanzielles Risiko.

Weiterreichende Auswirkungen auf Städte:

- Vorübergehende Umsiedlung von Anwohnern oder Arbeitnehmern.
- Eingeschränkter Zugang zu grundlegenden Dienstleistungen.





ZUKÜNFTIGE PERSPEKTIVEN

Tendenz:

In ganz Europa treten extreme Niederschlagsereignisse immer häufiger und intensiver auf, was zu höheren Abflussmengen und einer regelmäßigeren Überlastung der städtischen Entwässerungssysteme führt. In Verbindung mit der Ausweitung undurchlässiger Flächen erhöht diese Tendenz das lokale Hochwasserrisiko und die Anfälligkeit von Gebäuden.

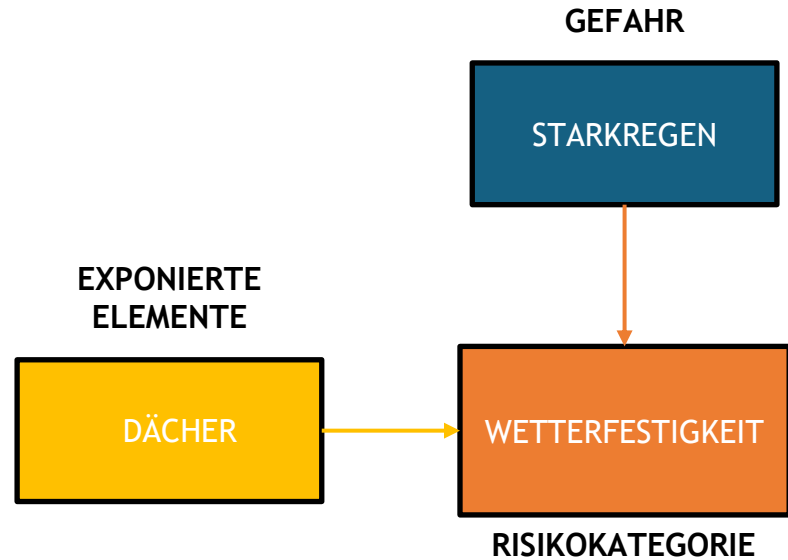
Strategische Anpassung:

- **Modernisierungen auf Gebäudeebene**, wie z. B. verbesserte Dachrinnenkapazität, Rückstauvorrichtungen und wirksame Abdichtungen.
- **Vor-Ort-Rückhaltesysteme**, darunter begrünte Dächer und Regenwassertanks
- **Schutz gefährdeter Bereiche**, insbesondere Keller und Technikräume.
- **Regelmäßige Wartung** von Gebäude- und kommunalen Entwässerungssystemen.
- **Blau-grüne Lösungen** (durchlässige Pflasterungen, Bioswales, Regengärten) zur Unterstützung der Versickerung und Verzögerung des Abflusses.
- **Maßnahmen zum städtischen Hochwassermanagement**, einschließlich Notfallplanung und Frühwarnsystemen.

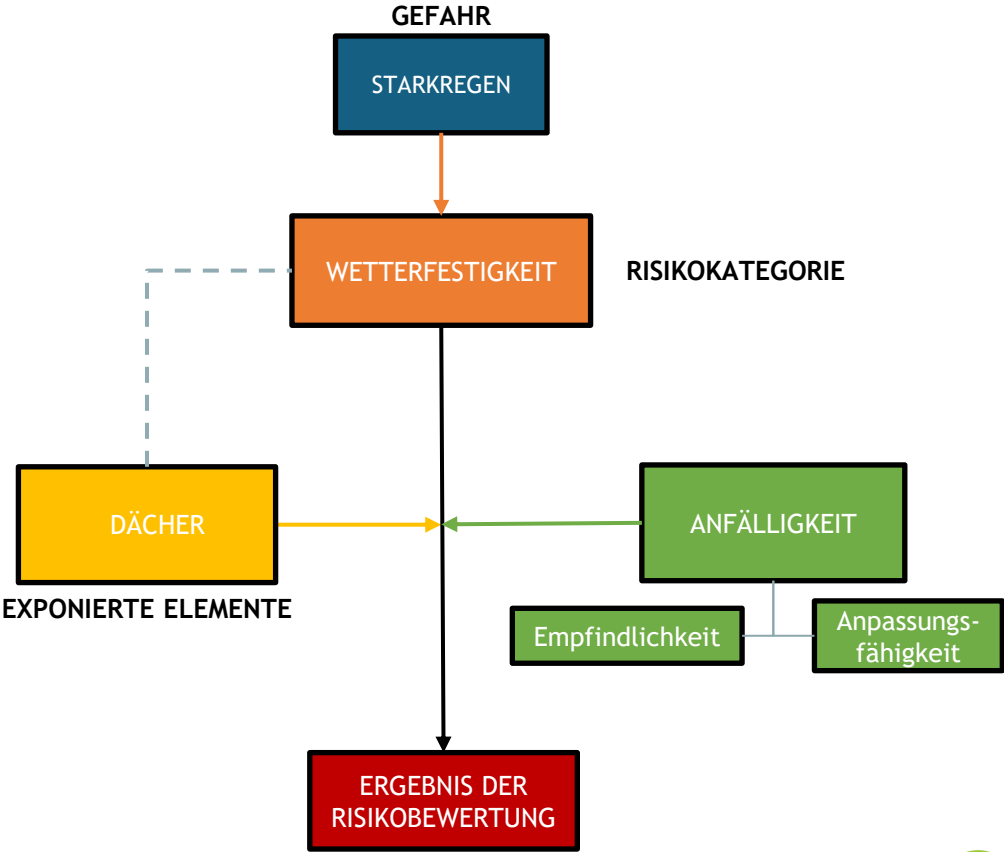
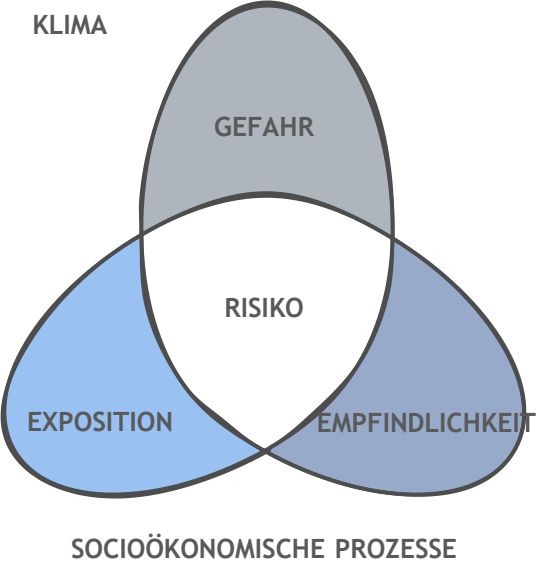


RISIKOBEWERTUNG FÜR DIE WETTERFESTIGKEIT

- **Gefahr:**
Starkregen
- **Exponiertes Element:**
Dächer



WIRKUNGSKETTE



KRITERIEN

A5.2 WETTERFESTIGKEIT

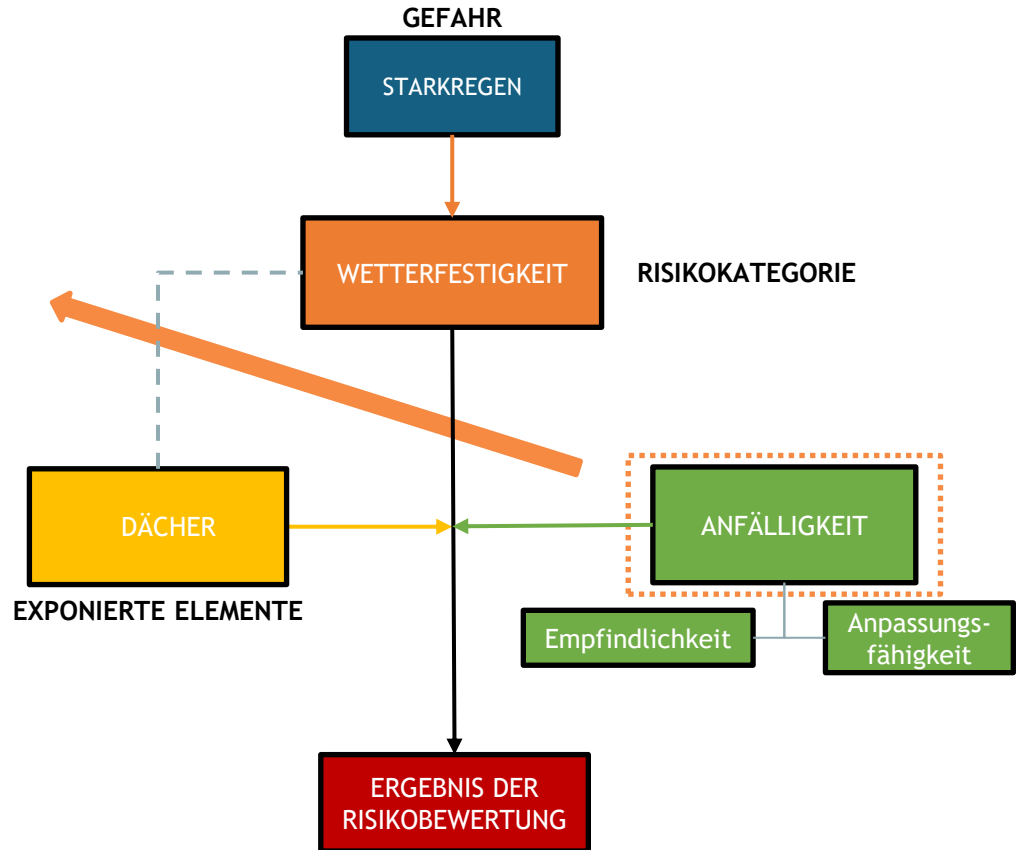
A5.2.1 Ableitungskapazität

A5.2.2 Integrierte Regenwasserableitungssysteme

A5.2.3 Wirksamkeit der Dachabdichtung

A5.2.4 Schutz des Daches

A5.2.5 Regenwassersammlung



KRITERIEN

A5.2 WETTERFESTIGKEIT	INDIKATOR
A5.2.1 Abflusskapazität	Abflussrate des Dachentwässerungssystems
A5.2.2 Integrierte Regenwasserableitungssysteme	Vorhandensein von Dachsystemen, die dazu dienen, überschüssiges Regenwasser vom Gebädefundament abzuleiten.
A5.2.3 Wirksamkeit der Dachabdichtung	Anteil des gegen Wasser abgedichteten Daches
A5.2.4 Schutz des Daches	Vorhandensein eines Hagelschutznetzes zum Schutz empfindlicher Elemente auf dem Dach
A5.2.5 Regenwassersammlung	Anteil des gesammelten Regenwassers im Verhältnis zum gesamten Abfluss

A5.2.1 DURCHFLUSSKAPAZITÄT

Beschreibung:

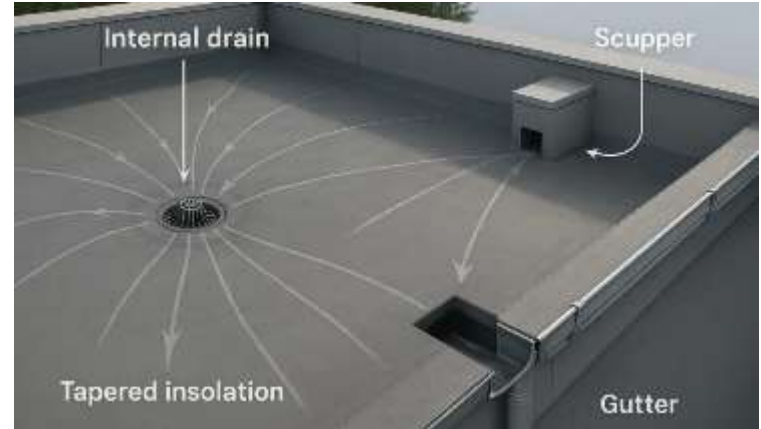
Dieses Kriterium misst die Fähigkeit des Dachentwässerungssystems, Regenwasser bei extremen Niederschlagsereignissen sicher abzuleiten und so Wasseransammlungen, Undichtigkeiten und Bauschäden zu verhindern. Es spiegelt die Kapazität von Dachrinnen, Fallrohren und Auslässen bei der Bewältigung von Auslegungstürmen wider.

Ziel

Sicherstellen, dass Dächer starke Regenfälle effizient bewältigen, um wasserbedingte Schäden zu reduzieren und die Funktionalität des Gebäudes unter extremen Wetterbedingungen aufrechtzuerhalten.

Relevanz

Eine geringe Ableitungskapazität kann zu Wasseransammlungen, Undichtigkeiten und einer beschleunigten Verschlechterung des Dachzustands führen, wodurch die Sicherheit und Nutzbarkeit beeinträchtigt werden.



A5.2.1 DURCHFLUSSKAPAZITÄT

Indikator:

Abflussrate des Dachentwässerungssystems [m^3/s]

Benchmarks: HIB

Optimaler Wert (0): $0,005 \text{ m}^3/\text{s}$ (Abflussrate für ein 100-jähriges Niederschlagsszenario)

Kritischer Wert (1): $0 \text{ m}^3/\text{s}$

Formel:

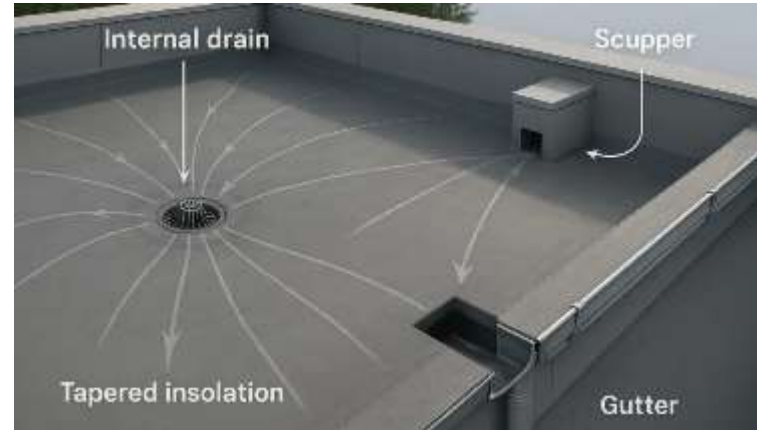
$$Q = A \times C \times i$$

Q = Abflussrate (m^3/s)

A = Dachauffangfläche (m^2)

C = Abflusskoeffizient (dimensionslos, z. B. 0,9 für undurchlässiges Dach)

i = Niederschlagsintensität (m/s)



A5.2.1 DURCHFLUSSKAPAZITÄT BERECHNUNG SCHRITT FÜR SCHRITT

Schritt 1 - Dachfläche (A) messen

Bestimmen Sie die Gesamtfläche, die zum Abfluss beiträgt (m^2).

Schritt 2 - Zuweisung des Abflusskoeffizienten (C)

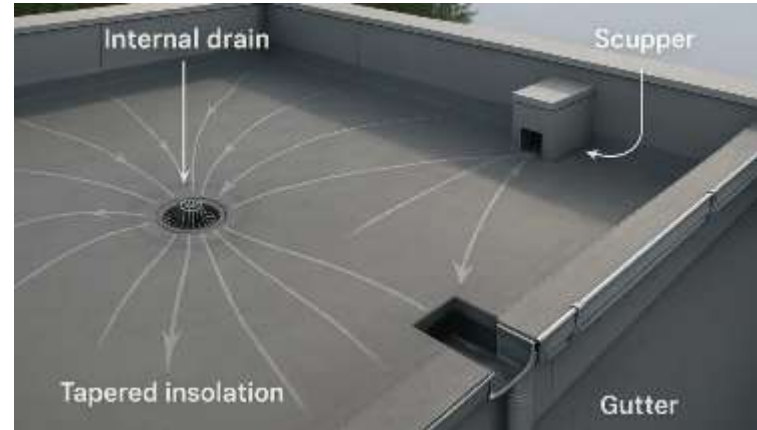
Wählen Sie je nach Dachtyp (undurchlässige Dächer $\approx 0,9$, teilweise durchlässige Dächer niedriger).

Schritt 3 - Ermitteln Sie die Niederschlagsintensität (i)

Verwenden Sie die Daten für die Bemessungsniederschlagsmenge für die angestrebte Wiederkehrperiode (m/s).

Schritt 4 - Berechnen Sie den Abfluss (Q) und bewerten Sie die Leistung

Berechnen Sie den berechneten Wert Q und vergleichen Sie ihn mit der Auslegungskapazität (optimaler Referenzwert), um ihn als kritisch, neutral oder optimal einzustufen.



A5.2.1 DURCHFLUSSKAPAZITÄT

Datenquellen:

- Dokumente zur Dachentwässerungsplanung
- Hydraulische Berechnungsberichte
- Dachspezifikationen und Materialdaten
- Lokale Niederschlags- und Auslegungsturmaufzeichnungen

BEISPIEL

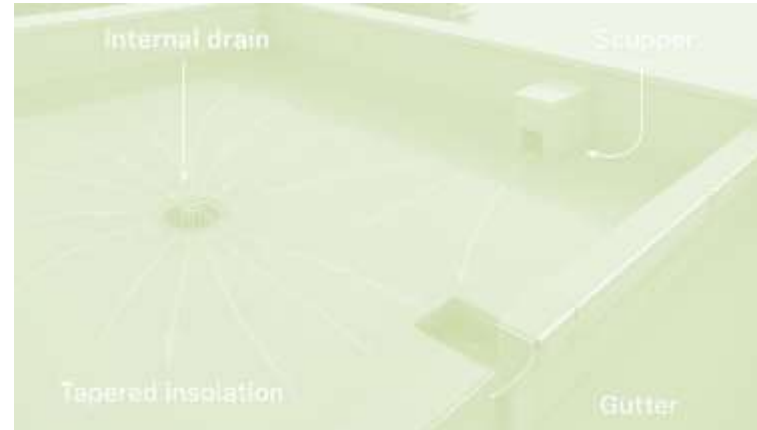
Gegeben:

- Dachfläche $A = 250 \text{ m}^2$
- Abflusskoeffizient $C = 0,85$ (teilweise durchlässiges Dach)
- Niederschlagsintensität $i = 60 \text{ mm/h} \rightarrow 0,00001667 \text{ m/s}$

$$Q = A \times C \times i$$

$$Q = 250 \times 0,85 \times 0,00001667 \approx \boxed{0,00354 \text{ m}^3/\text{s}}$$

(eher neutrale Leistung)



A5.2.2 INTEGRIERTE REGENWASSERABLEITUNGSSYSTEME

Beschreibung:

Dieses Kriterium bewertet das Vorhandensein und die Wirksamkeit von Dach- und Grundstücksentwässerungssystemen, die überschüssiges Regenwasser auffangen und umleiten, um das Hochwasserrisiko zu verringern.

Ziel

Bewertung der Fähigkeit des Gebäudes, starke Regenfälle zu bewältigen und Wasseransammlungen am Fundament zu verhindern.

Relevanz

Eine ordnungsgemäße Dach- und Grundstücksentwässerung reduziert strukturelle Schäden, Kellerüberflutungen und die Auswirkungen von städtischem Oberflächenabfluss.



A5.2.2 INTEGRIERTE REGENWASSERABLEITUNGSSYSTEME

Indikator:

Vorhandensein und Wirksamkeit von Dachentwässerungssystemen (Dachrinnen, Fallrohre, Ableitungskanäle) [Qualitativ (Punktzahl)]

Benchmarks: HIB

Optimaler Wert (0): Vollständig integriertes, funktionsfähiges

Regenwasserableitungssystem

Kritischer Wert (1): Ineffizientes oder fehlendes Entwässerungssystem



A5.2.2 INTEGRIERTE REGENWASSERABLEITUNGSSYSTEME BERECHNUNG SCHRITT FÜR SCHRITT

Schritt 1 - Unterlagen sammeln

Sammeln Sie Entwürfe für die Dachentwässerung, Bauzeichnungen und Unterlagen zum Regenwassermanagement.

Schritt 2 - Überprüfen Sie die Systemkomponenten

Überprüfen Sie das Vorhandensein und die Anordnung von Dachrinnen, Fallrohren, Speigatten und Umleitungskanälen.

Schritt 3 - Bewertung der Wirksamkeit der Konstruktion

Bewerten Sie die Kapazität des Systems im Hinblick auf erwartete Starkregenereignisse, mögliche Wasseransammlungen und den Schutz des Fundaments.

Schritt 4 - Punkte vergeben

Bewerten Sie die Funktionalität und Vollständigkeit mit 0 (optimal), 0,5 (mäßig) oder 1 (kritisch).



A5.2.2 INTEGRIERTE REGENWASSERABLEITUNGSSYSTEME

Datenquellen:

- Architektur- und Entwässerungspläne.
- Projektspezifikationen.
- Berichte zum Regenwassermanagement.

BEISPIEL

- Dachrinnen: installiert und ausgelegt für den von 50 jährigen Regen
- Fallrohre: teilweise verstopft, leiten einen Teil des Wassers zu den Abflüssen des Geländes um
- Bodenableitungskanäle: fehlen in einigen Bereichen

Bewertung: $I = 0,5$ (mäßige Leistung; das System verringert das Hochwasserrisiko, ist jedoch nicht vollständig optimal)



A5.2.3 WIRKSAMKEIT DER DACHABDICHTUNG

Beschreibung:

Dieses Kriterium bewertet die Wirksamkeit der Dachabdichtung hinsichtlich der Verhinderung von Wassereintritt.

Ziel

Bewertung des Anteils ordnungsgemäß abgedichteter Dachflächen, um Gebäudeschäden durch starke Regenfälle zu reduzieren.

Relevanz

Eine unzureichende Dachabdichtung kann zu Undichtigkeiten, Bauschäden, Schimmelbildung und Schäden im Innenbereich führen. Eine angemessene Abdichtung ist für die Widerstandsfähigkeit von Gebäuden unerlässlich.



A5.2.3 WIRKSAMKEIT DER DACHABDICHTUNG

Indikator:

Anteil der Dachfläche, die wirksam gegen Wasser abgedichtet ist [%]

Benchmarks: HIB

Optimalwert (0): 100 %

Kritischer Wert (1): 0 %

Formel:

$$I = (A_{\text{versiegelt}} / A_{\text{total}}) \times 100 \%$$

A_{seleed} : Fläche des Daches mit wirksamer Abdichtung (m²)

A_{total} : Gesamtfläche des Daches (m²)



A5.2.3 WIRKSAMKEIT DER DACHABDICHTUNG BERECHNUNG SCHRITT FÜR SCHRITT

Schritt 1 - Dachdaten erfassen

Dachpläne, Spezifikationen zur Abdichtung und Materialdatenblätter beschaffen.

Schritt 2 - Versiegelte Flächen ermitteln

Klassifizieren Sie die Dachbereiche mit wirksamen Membranen, Beschichtungen oder Abdichtungssystemen.

Schritt 3 - Flächen messen und Anteil berechnen

Summiere die abgedichteten Dachflächen, dividiere sie durch die gesamte Dachfläche und multipliziere sie mit 100 %.



A5.2.3 WIRKSAMKEIT DER DACHABDICHTUNG

Datenquellen:

- Dachkonstruktionspläne
- Spezifikationen zur Abdichtung
- Materialdatenblätter
- Bauunterlagen und aktuelle Dachinspektionsberichte.

BEISPIEL

Angaben zu Dachtyp und Fläche:

-Wasserdichte Membran: 2.500 m²

-Bitumenbeschichtung: 500 m²

-Freiliegendes/unversiegeltes Dach: 1.000 m²

Gesamtdachfläche = 4.000 m²

$$I = (A_{\text{versiegelt}} / A_{\text{total}}) \times 100 \%$$

$I = (3.000 / 4.000) \times 100 = 75 \%$ → mäßige Leistung, unterhalb des Optimalwerts



A5.2.4 SCHUTZ DES DACHES

Beschreibung:

Dieses Kriterium bewertet den Schutzgrad empfindlicher Dachkomponenten (z. B. Oberlichter, PV-Module, HLK-Anlagen) vor Hagelschlägen bei starken Niederschlägen.

Ziel

Sicherstellen, dass Dachinstallationen bei Hagelstürmen funktionsfähig und unbeschädigt bleiben, um Reparaturbedarf und Betriebsunterbrechungen zu reduzieren.

Relevanz

Hagel kann zu Rissen, Durchlöcherungen oder Ablösungen von Dachelementen führen, was zu Undichtigkeiten, Geräteausfällen und kostspieligen Schäden führen kann. Die Bewertung des Schutzgrades unterstützt eine widerstandsfähige Dachkonstruktion.



A5.2.4 SCHUTZ DES DACHES

Indikator:

Vorhandensein und Qualitätsniveau von Hagelschutzsystemen auf Dächern (z. B. Schutznetze, Gitter, verstärkte Abdeckungen) [Qualitativ (kategorisch in numerisch umgewandelt)]

Benchmarks: HIB

Optimaler Wert (0): Hochwertiges Schutzsystem installiert (zertifiziertes hagelresistentes Gitter oder gleichwertig)

Kritischer Wert (1): Kein Schutzsystem installiert

Formel (qualitative → numerische Bewertung):

$I = (\text{Schutzstufe} / \text{maximale Schutzstufe})$

Dabei wird die Schutzstufe wie folgt codiert:

- Hoher Schutz = 0
- Mittlerer Schutz = 0,5
- Kein Schutz = 1



A5.2.4 SCHUTZ DES DACHES

BERECHNUNG SCHRITT FÜR SCHRITT

Schritt 1 - Dokumentation sammeln

Überprüfen Sie die Dachpläne, mechanischen Layouts und Spezifikationen des Dachsystems, um anfällige Komponenten zu identifizieren.

Schritt 2 - Identifizieren Sie empfindliche Dachelemente

Lokalisieren Sie Oberlichter, PV-Module, HLK-Anlagen, Leichtdächer, Kabeltrassen usw. und bewerten Sie deren Anfälligkeit für Hagel.

Schritt 3 - Vorhandensein und Qualität von Schutzsystemen überprüfen

Prüfen Sie, ob hagelresistente Netze, Gitter, verstärkte Verglasungen oder zertifizierte Schutzabdeckungen geplant oder installiert sind. Klassifizieren Sie den Schutzgrad (hoch/mittel/keiner).

Schritt 4 - Zuweisung des Indikatorwerts anhand der Formel

Wandeln Sie die qualitative Bewertung in eine numerische Punktzahl (0-1) um.



A5.2.4 SCHUTZ DES DACHES

Datenquellen:

- Architektonische Dachpläne und detaillierte Dachlayouts.
- Pläne für mechanische und elektrische Anlagen (HLK, PV-Anlagen).
- Spezifikationen des Dachsystems und Produktdatenblätter des Herstellers.
- Spezifikationen für Schutzsysteme (hagelbeständiges Netz, zertifizierte Abdeckungen, Verstärkungssysteme) und Wartungsaufzeichnungen.

BEISPIEL

Gegeben:

- Ein Dach mit mehreren empfindlichen Elementen: 12 Dachfenster und 40 m² PV-Module.
- Es ist ein standardmäßiges, nicht verstärktes Netz vorgesehen, das mittleren Schutz bietet (nicht als hagelbeständig zertifiziert).

->Schutzstufe = 0,5

->Maximaler Schutzgrad = 1

$I = (\text{Schutzstufe} / \text{Maximale Schutzstufe})$

$I = 0,5 / 1 = \boxed{0,5}$ → mäßige Leistung, unterhalb des Optimalwerts.



A5.2.5 REGENWASSERNUTZUNG

Beschreibung:

Dieses Kriterium bewertet, wie viel Oberflächenabfluss von Gebäudeflächen durch Regenwassernutzungssysteme aufgefangen und gespeichert wird.

Ziel

Bestimmung der Kapazität des Gebäudes zur Regenwassernutzung und zur Reduzierung von Spitzenabflussmengen.

Relevanz

Eine effektive Regenwassernutzung entlastet die Kanalisation, begrenzt das Hochwasserrisiko und unterstützt die Wiederverwendung von Wasser in Gebäuden.



A5.2.5 REGENWASSERNUTZUNG

Indikator:

Anteil des aufgefangenen Regenwassers im Vergleich zum gesamten potenziellen Abfluss [%]

Benchmarks: HIB

Optimaler Wert (0): 100 %

Kritischer Wert (1): 0 %

Formel:

$$I = (V_{\text{gesammelt}} / V_{\text{abfluss}}) \times 100 \%$$

$V_{\text{gesammelt}}$ = jährliche Regenwasserausbeute (m³)

V_{abfluss} = potenzieller jährlicher Gesamtabfluss von Dachflächen (m³)



A5.2.5 REGENWASSERNUTZUNG

BERECHNUNG SCHRITT FÜR SCHRITT

Schritt 1 - Sammeln Sie Gebäude- und Niederschlagsdaten

Identifizieren Sie Dachflächen und Entwässerungsanlagen.
Ermitteln Sie die durchschnittliche jährliche Niederschlagsmenge und die Abflusskoeffizienten vor Ort.

Schritt 2 - Schätzen Sie den potenziellen Gesamtabfluss

Berechnen Sie das Abflussvolumen anhand der Formel $\text{Niederschlag} \times \text{Dachfläche} \times \text{Abflusskoeffizient}$.

Schritt 3 - Ermittlung der Auffangkapazität

Ermitteln Sie das Volumen des Speichertanks und die Erfassungseffizienz des Systems; berechnen Sie das jährliche Erntevolumen.

Schritt 4 - Berechnen Sie den Indikatorwert

Vergleichen Sie das gesammelte Regenwasser mit dem gesamten Abfluss anhand der obigen Formel.



A5.2.5 REGENWASSERNUTZUNG

Datenquellen:

- Architektonische und bauliche Dachpläne.
- Entwurfsunterlagen für Regenwassernutzungssysteme.
- Lokale hydrologische Datensätze.
- Berichte über Vor-Ort-Inspektionen.

BEISPIEL

Angaben:

- Dachfläche: 2 000 m²
- Lokale jährliche Niederschlagsmenge: 700 mm = 0,7 m
- Abflusskoeffizient: 0,9
- Potentieller Abfluss (berechnet mit den vorherigen Zahlen):
 $V_{\text{runoff}} = 2\,000 \times 0,7 \times 0,9 = 1\,260 \text{ m}^3/\text{Jahr}$
- Speicher- und Systemkapazität: $V_{\text{harv}} = 600 \text{ m}^3/\text{Jahr}$

$$I = (V_{\text{gesammelt}} / V_{\text{abfluss}}) \times 100 \%$$

$$I = (600 / 1\,260) \times 100 = \boxed{47,6 \%} \rightarrow \text{mäßige Leistung (zwischen kritisch und optimal)}$$



GEFAHRENAWAHRSCHEINLICHKEIT

Gefährliches Ereignis		Langsamer Einsetzungsprozess		Gefahrenwert (HV)
Häufig	Tritt wahrscheinlich häufig im Laufe eines Lebens auf (alle 10 Jahre)	Sehr wahrscheinlich	Sehr wahrscheinlich in den nächsten 10 Jahren	1 - 0,9
Wahrscheinlich	Wahrscheinlich mehrmals im Leben (alle 25 Jahre)	Wahrscheinlich	Wahrscheinlich in den nächsten 10 Jahren	0,89 - 0,66
Gelegentlich	Wahrscheinlich tritt es einige Male im Leben auf (alle 50 Jahre)	Genauso wahrscheinlich wie unwahrscheinlich	Ebenso wahrscheinlich wie unwahrscheinlich, dass es in den nächsten 10 Jahren auftritt	0,65 - 0,33
Unwahrscheinlich	Unwahrscheinlich, aber dennoch möglich, dass es im Laufe eines Lebens auftritt (alle 100 Jahre)	Unwahrscheinlich	Unwahrscheinlich, dass es in den nächsten 10 Jahren auftritt	0,32 - 0

Gefährdungswert (HV) = Dieser Wert wird von SECAPs oder durch Expertenschätzungen bereitgestellt.

Beispiel: Gefahrenwert (HV) = 0,8 (wahrscheinlich)

STANDARDISIERUNG

Sobald alle Indikatorwerte für das ausgewählte Kriterium berechnet sind, werden sie durch Standardisierung auf eine gemeinsame Skala von 0 bis 1 umgerechnet. Dadurch wird sichergestellt, dass jeder Indikator unabhängig von seiner ursprünglichen Einheit proportional zur Gesamtbewertung der Resilienz beiträgt. Die Standardisierung ermöglicht eine aussagekräftige Datensynthese, kontextübergreifendes Benchmarking und eine transparentere, objektivere Entscheidungsfindung bei der Bewertung der Resilienz.

BEISPIEL:

Für das Kriterium A5.2.5 „Regenwassernutzung“ mit einem Indikatorwert von **47,6 %**:

Wobei:

$X_i = 47,6 \%$

$X_{\max} = 100 \%$

$X_{\min} = 0 \%$

$$X_{\text{norm}} = \frac{x_{\max} - x_i}{x_{\max} - x_{\min}}$$

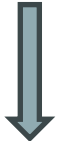
$X_{\text{norm}} = (100 - 47,6) / (100 - 0) = 0,52$ (Dies weist auf eine mäßige Leistung hin, die eher kritisch als optimal ist).

STANDARDISIERUNGSINTERVALL

Normalisation values	Description
0.0-0.2	Optimal (no improvement necessary)
>0.2-0.4	Rather positive
>0.4-0.6	Neutral
>0.6-0.8	Rather negative
>0.8-1.0	Critical (could lead to severe consequences)

GESAMTANFÄLLIGKEIT (VERWUNDBARKEIT - VV)

A5.2 WETTERFESTIGKEIT	Standardisierter Wert	Gewichtung
A5.2.1 Durchflusskapazität	0,29	0,30
A5.2.2 Integrierte Regenwasserableitungssysteme	0,50	0,20
A5.2.3 Wirksamkeit der Dachabdichtung	0,25	0,10
A5.2.4 Schutz des Daches	0,50	0,10
A5.2.5 Regenwassernutzung	0,52	0,3

Standardisierte Punktzahl  Gewichtung 

$$VV = \sum_{i=1}^n (I_i \times W_i)$$

$$VV = 0,29 \times 0,30 + 0,50 \times 0,20 + 0,25 \times 0,10 + 0,50 \times 0,10 + 0,52 \times 0,30 = 0,418 = 0,42$$

Verwundbarkeit (VV) = 0,42

Vulnerabilitätsstufe =
NEUTRAL