

Belegreife – Definition eines weit gefassten Begriffs

36. TKB-Fachtagung

Frank Gahlmann

Ein jedes Ding muss Zeit zum Reifen haben.



William Shakespeare (1564-1616)

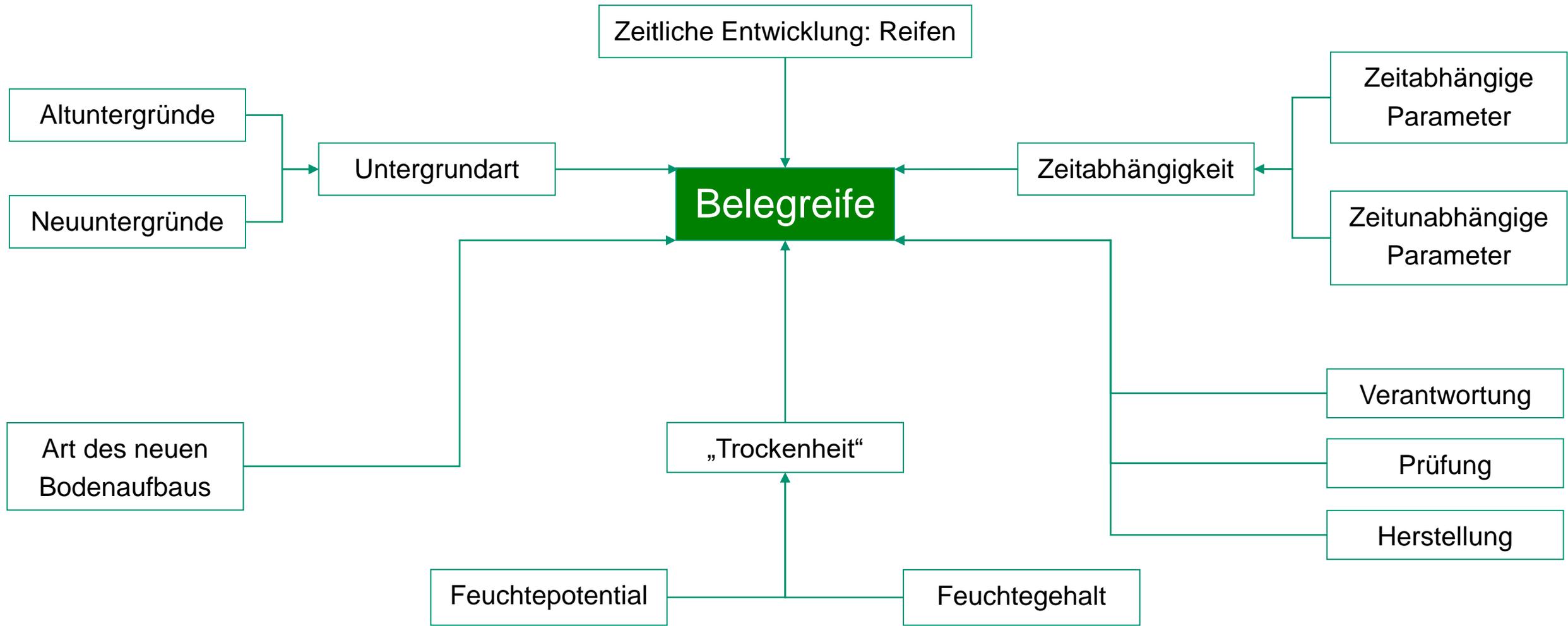
**Reife:
Das ist die taktvolle Umschreibung für
Vorgänge, die gegen unseren Willen
geschehen.**



Walter Fürst (1932-2019): Schweizer Aphoristiker

Die Belegreife ist der Zustand eines Untergrunds, in dem er für die schadens- und mangelfreie, dauerhafte Aufnahme eines Bodenbelags geeignet ist.

(Quelle: TKB-Merkblatt 14: Schnellzementestriche und Zementestriche mit Zusatzmitteln; Stand: November 2022)





Phase	Banane	Untergrund
I	Wachstum	Herstellung
II	Reifen → Nutzung: Verzehr	Reifen → Belegreife
III	Alterung → Eingeschränkte Nutzung	Alterung → Eingeschränkte Nutzung
IV	Überreif → Kompostierung	Rückbau

- Reife - allgemein: Zustand des „reif“-Seins ← reif: (im Wachstum) voll entwickelt
- Bauuntergrund: „reif“ = Weit genug entwickelt zur Belastung / Nutzung / weiteren Bearbeitung
- Phase III: Alterung → Eingeschränkte Nutzung
 - Zeitliche Änderung der Untergrundeigenschaften.
 - Zeitliche Änderung der Eignung zur Aufnahme bestimmter Beläge oder für bestimmte Nutzungen.
 - Verlängerung der Nutzungsphase des Untergrunds durch Ertüchtigungsmaßnahmen.

Zeitunabhängige Eigenschaften:

Werte sind (weitestgehend) unabhängig von der Zeit seit dem Untergrundeinbau.



- Höhenlage
 - Ebenheit
 - Rissfreiheit
 - Rauigkeit
 - Sauberkeit
 - Überstehende Randdämmstreifen
 - Fußbodenheizung:
 - Messstellen
 - Aufheizprotokoll
 - Oberflächentemperatur
- Vgl. Kap. 3.1.1 der DIN 18356 und DIN 18365.

Zeitabhängige Eigenschaften:

Werte sind abhängig von der Zeit seit dem Untergrundeinbau.



Mineralische Estriche:

- Feuchtezustand
- Festigkeit
- Schwindverhalten

Andere Untergründe:

- Bei Holzwerkstoffplatten, Fertigteilestrichen, Gussasphalt, Holzdielen etc. sind einige dieser Parameter auch relevant.
- Festigkeitswerte ändern sich ggf. in der Phase der Alterung.

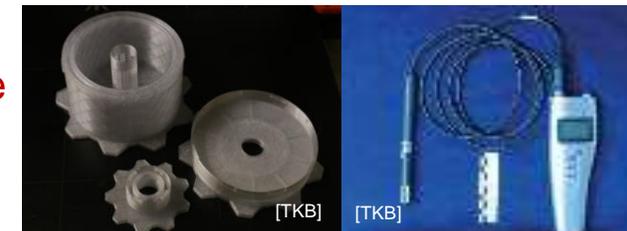
Feuchtegehalt:

- Extensive physikalische Größe
= Abhängig von der Größe des Systems
- Bestimmt wird (im Wesentlichen) ein durch die Prüfvorschrift bestimmter Teil des flüssig vorliegenden Wassers.
- Messmethode:
 - A) Darr-Messung
 - B) CM-Messung



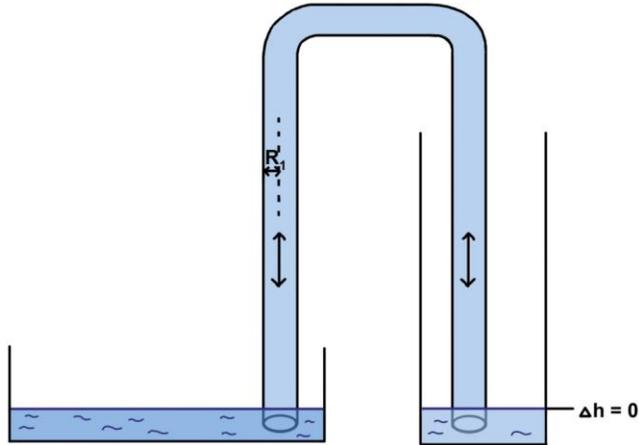
Feuchtepotential:

- Physikalische Zustandsgröße: Wasserdampfpartialdruck
(Sorptionsfeuchtebereich: ≤ 95 % rel. LF)
- Intensive physikalische Größe
= Unabhängig von der Größe des Systems
- Die intensive Größe Druck lässt sich als Quotient der extensiven Größen Masse und Fläche ausdrücken:
$$p = F/A = m \cdot a/A$$
- Bestimmt wird der Wasserdampfpartialdruck in einem kleinen Luftvolumen, das sich im thermodynamischen Gleichgewicht mit der Untergrundprobe befindet.
(Die Sensoren geben statt des Drucks die relative Luftfeuchtigkeit an.)
- Messmethode: KRL-Methode
(→ TKB-Berichte 2 und 3)



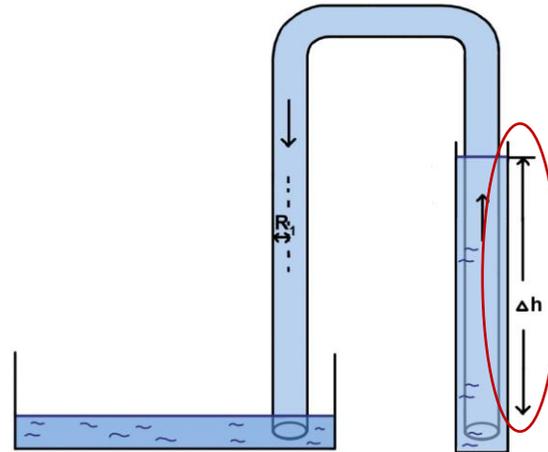
System	Wärme	Elektrisches Feld	Feuchte
Potentialdifferenz	Temperaturdifferenz	Spannung	Partialdruckdifferenz (hydrostatischer Druck)
Transport	Stoßübertragung kinetischer Energie ($E_{\text{trans}} = 1,5 \text{ kT}$)	Elektronen- / Ionenbewegung (Ladungsverschiebung)	Diffusion, Effusion, Strömung (laminar, turbulent)
Reservoir	Wärmemenge	Elektrische Ladung	Feuchtemenge (Wassermenge)
Beziehung	$C = dQ / dT$	$C = dQ / dU$	$C_F = dm / dp$

(1)



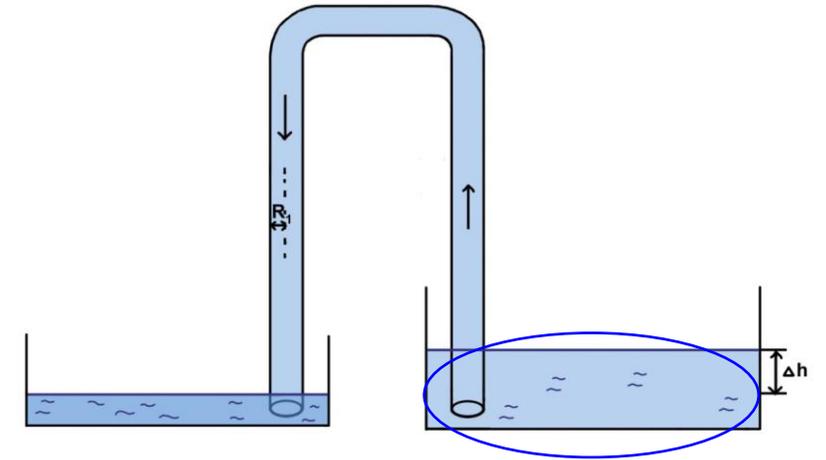
Potentialdifferenz	null
Transportweg	offen
Reservoir	klein

(4)



Potentialdifferenz	hoch
Transportweg	offen
Reservoir	klein

(5)



Potentialdifferenz	gering
Transportweg	offen
Reservoir	mittel

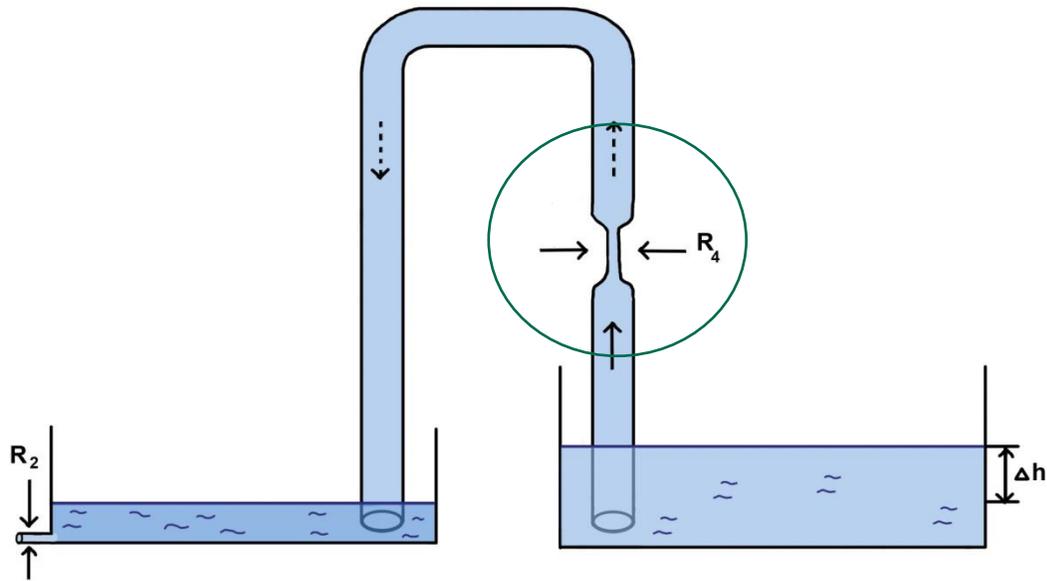
$$p = \rho \times g \times h \text{ [kg} \times \text{m}^{-1} \times \text{s}^{-2}]$$

$$v_m = \frac{\Delta p \times R^2}{8 \times l \times \eta} \text{ [m} \times \text{s}^{-1}]$$

$$V = \frac{\Delta p \times R^4 \times \pi}{8 \times l \times \eta} \text{ [m}^3 \times \text{s}^{-1}]$$

Wasserdampfdiffusionsbremsende Grundierung

(8)



Potentialdifferenz	null
Transportweg	verengt
Reservoir	mittel

$$p = \rho \times g \times h \text{ [kg} \times \text{m}^{-1} \times \text{s}^{-2}\text{]}$$

$$v_m = \frac{\Delta p \times R^2}{8 \times l \times \eta} \text{ [m} \times \text{s}^{-1}\text{]}$$

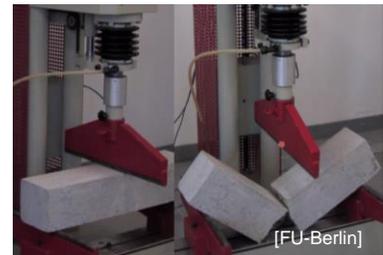
$$\frac{V}{\Delta t} = \frac{\Delta p \times R^4 \times \pi}{8 \times l \times \eta} \text{ [m}^3 \times \text{s}^{-1}\text{]}$$

Feuchte und Belegreife:

- Zusammenhang zwischen dem **Feuchtegehalt** (Wassermenge; extensive Größe) und dem **Feuchtepotential** (korrespondierende relative Luftfeuchte an einer Probe; intensive Größe):
Spezifische Sorptionsisotherme
- Zur vollständigen Beschreibung des Feuchtezustands eines Untergrunds sind mindestens nötig:
 - A) Wassermenge (Feuchtegehalt)
 - B) Relative Luftfeuchte (Feuchtepotential)
 - C) Bindungszustand des Wassers / Struktur des Substrats
- Die Belegreife eines Untergrunds (hinsichtlich der Feuchte) wird bestimmt durch:
 - I. Wassermenge (**Feuchtegehalt**)
 - II. Relative Luftfeuchte (**Feuchtepotential**)
 - III. Feuchte-Transportwege und Transport-Mechanismen
 - IV. Nutzungsklima
 - V. Gleichgewichtsfeuchtegehalt (bei Nutzungsklima)
- I. und II. werden gemessen.
IV. muss bekannt sein.
V. kann nur über die individuelle Sorptionsisotherme des Untergrunds ermittelt werden. (→ Erfahrungswerte)

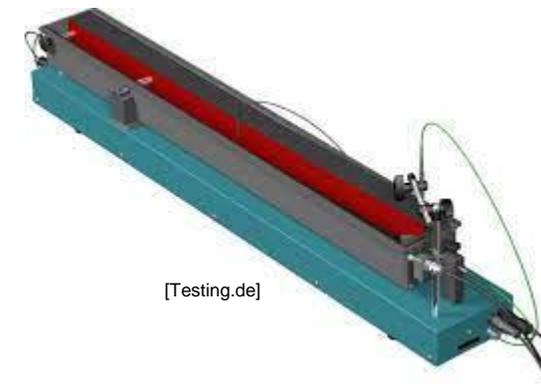
Anmerkungen zu Einflussfaktoren:

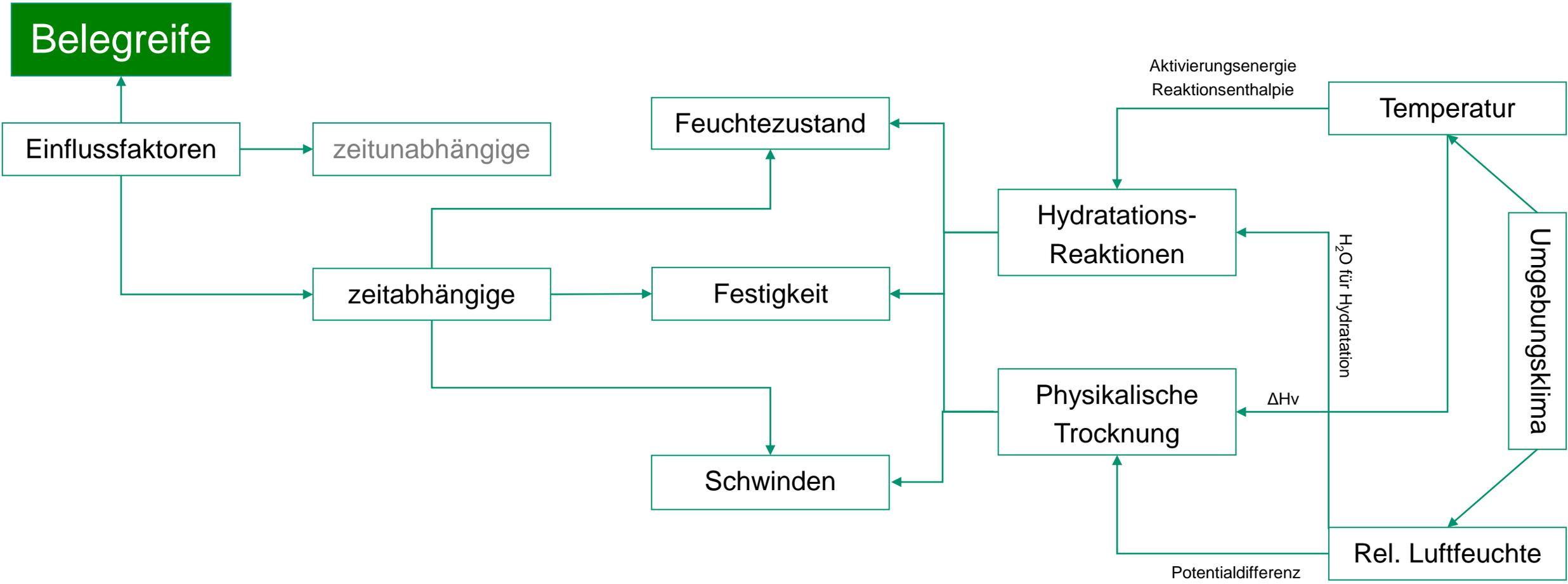
- I. Zementestriche (CT) und Calciumsulfatestriche (CA):
Festigkeitsentwicklung wird bestimmt durch Fortschreiten der Hydratationsreaktionen und die Gefüge-Ausbildung.
- II. Welches Festigkeitsniveau Estriche zum Zeitpunkt des Erreichens eines Belegreiffeuchte-Grenzwerts erreicht haben, kann auf der Baustelle nicht geprüft werden.
(→ Vgl.: DIN 18560-1 / EN 13813 / DIN 13892-2 / DIN 18392-1: Prüfung nach 28 Tagen (unter definierten Lagerbedingungen)).
- III. Ternäre Schnellzemente:
Hohe Reaktionsgeschwindigkeit → schneller Festigkeitsaufbau.
Herstellerangaben zur Belegreife sowohl bezüglich Feuchtezustand, als auch hinsichtlich Festigkeit.
- IV. Calciumsulfatestriche:
Druck- und Biegezugfestigkeit hängen stark vom Feuchtegehalt ab (und somit auch von der Trockenzeit).
- V. Altuntergründe:
Im Laufe der jahrelangen Belastung nimmt die Festigkeit in der Regel ab.
→ Zu bedenken im Renovierungsfall.



Anmerkungen zu Einflussfaktoren:

- I. Das Erhärten und Trocknen von mineralischen Estrichen ist mit Dimensionsänderungen verbunden.
- II. Das Schwinden ist bei CT deutlich ausgeprägter als bei CA: Grobe Orientierungswerte:
 - CA: gesamt: ca. 0,2 mm/m; ab Belegreife: max. 0,1 mm/m
 - CT: gesamt: ca. (0,2 bis) 0,8 mm/m; ab Belegreife: ca. 0,25 mm/m
(→ Vgl. DIN 18560-1:2021-02: Schwindklassen SW0 bis SW3)
- III. Das Schwinden wird bestimmt durch:
 - Fortgang der Hydratationsreaktionen
 - Entwicklung des Gefügebauaufbaus
 - fortschreitende Wasserabgabe an die Umgebung
 - Zusammensetzung (Bindemittelanteil; Mahlfineinheit des Zements; Estrichzusatzmittel etc.)
- IV. Konsequenzen des Schwindens:
 - Rissbildung
 - Hohllagen im Randbereich (Schüsseln)
 - Ggf. spätere sichtbare Randabsenkungen
- V. In der Regel ist davon auszugehen, dass zum Zeitpunkt des Erreichens eines Belegreifeuchte-Grenzwertes das Schwinden noch nicht abgeschlossen ist.





Mechanismen der Estrich-Trocknung:

- A) Abgabe von (gasförmigem) Wasser an die Umgebung.
Triebkraft: Wasserdampfpartialdruckdifferenz (Potentialdifferenz).
- B) Chemische Bindung von Wasser
→ Wasser besitzt keinen signifikanten Dampfdruck mehr.

Einflussfaktoren bei der Estrich-Trocknung

Materialspezifische Faktoren:

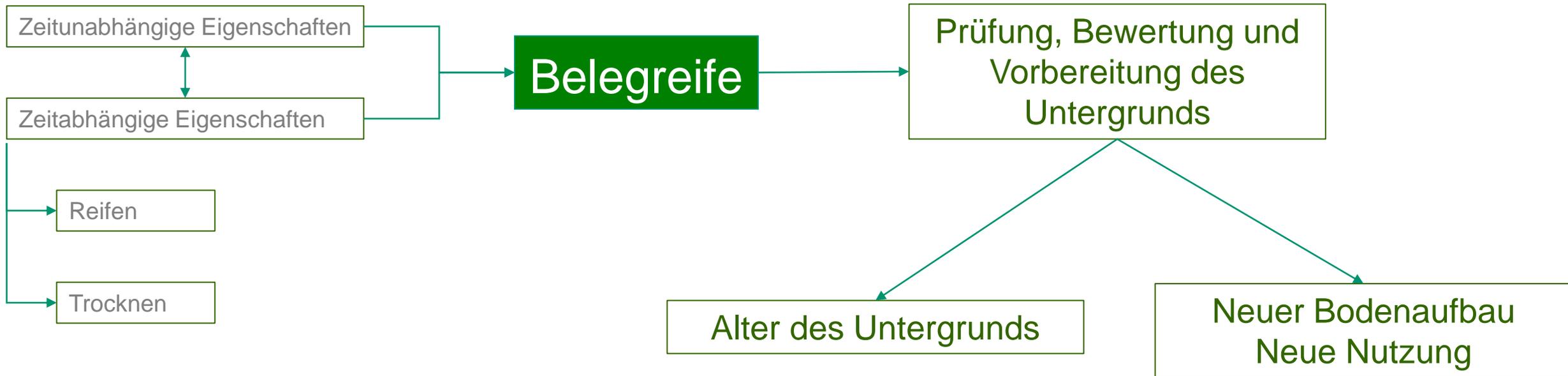
- Transportgeschwindigkeit von Wasser(dampf) im Estrich
- Nachhydratation des Estrichbindemittels
- Hysterese beim Sorptionsverhalten (zwischenzeitliches Auffeuchten)
- Materialdicke (Diffusionswege; ortsdifferenzierter LF-Gradient)

Materialunabhängige Faktoren:

- Wasserdampfpartialdruckgefälle zwischen Estrich und Umgebung
- Einwirken von Feuchtigkeit aus dem Untergrund

Der Feuchtezustand (Feuchtegehalt / Feuchtepotential) der Untergrunds hat direkten Einfluss auf die Auswahl von Verlegewerkstoffen und Bodenbelägen:

- I. Diffusionseigenschaften aufzubringender Verlegewerkstoffe:
Dampfdiffusionsbremsende Grundierung → Belegung bei Werten über den Belegreiffeuchtegrenzwerten.
- II. Feuchteempfindlichkeit aufzubringender Verlegewerkstoffe:
Dispersionsprodukte empfindlicher als Reaktionsharzprodukte.
Materialeigenschaften (insbesondere Mechanik) abhängig von rel. LF ($\geq 80\%$).
- III. Wasserdampfdiffusionswiderstand zu installierender Bodenbeläge / Parkett:
Vgl. z. B.: Gummibelag vs. Massivparkett vs. Textilbelag
- IV. Feuchteempfindlichkeit zu installierender Bodenbeläge / Parkett:
Z. B. Parkett: Feuchteabhängige Dimensionsstabilität bestimmt durch Holzart, Abmessungen, Konstruktion.



	Neuuntergrund	Altuntergrund
Fragestellung	Ist der Untergrund <u>schon</u> belegreif?	Ist der Untergrund <u>noch</u> belegreif?
Zeitpunkt	Zwischen Herstellung und Zeitpunkt der umfassenden Belegreife (in der Regel vor dem Gleichgewichtszustand)	Nach Jahren (unterschiedlicher) Nutzung
Zeitabhängige Einflussfaktoren	Physikalische Trocknung; Fortschritt der Hydratation → Feuchtezustand; Festigkeit; Schwinden	Keine
Zeitunabhängige Einflussfaktoren	→ Kap. 3.1.1 der DIN 18356 / DIN 18365	→ Kap. 3.1.1 der DIN 18356 / DIN 18365 (ohne FBH) → Feuchtezustand; Festigkeit
Alters- / Nutzungs-bedingte Faktoren	Keine	→ siehe nächstes chart



Fragestellung	Relevanz
Aus welchem Material besteht der Untergrund?	Untergrundvorbereitung (Auswahl Grundierung).
Alter des Untergrunds?	Abschätzung der Restnutzungsdauer des Untergrunds.
Vorherige Nutzung / Belastung des Untergrunds?	(i. Abh. v. der neuen Nutzung).
Ist die strukturelle Integrität noch gegeben? (Risse, Absenkungen, Ausbrüche etc.)	Beurteilung der Tragfähigkeit. Prüfung der Eignung für die neue Nutzung. Festlegung der notwendigen Untergrundvorbereitung.
Feuchtesperrende Folien unter dem Untergrund eingebaut? Ist der Untergrund <u>dauerhaft</u> trocken?	Relevant bei Wechsel der Belagsart: diffusionsoffen (z. B. Textil) → diffusionsdicht (Gummi) / feuchteempfindlich (Parkett)
Wie hängen die Eigenschaften der neuen Bodenkonstruktion von der Art des neuen Belags ab (z. B. Wasserdampfdiffusionswiderstände)	Auswahl des neuen Bodenbelags (z. B. Wasserdampfdiffusionswiderstand)
Wärmeisolierende Schichten unter dem Untergrund?	Auswahl des neuen Bodenbelags: Wärmedurchlasswiderstand (z. B. Teppich vs. Laminat)
Welcher Art ist ein vorhandener Nutzboden und wie ist er installiert?	Art und Umfang der Untergrundvorbereitung. (Ggf. Aufbau auf vorhandenem Nutzboden.)

DIN 18356 / DIN 18365:

„3.1.1 Als Bedenken nach §4 Abs. 3 VOB/B **können insbesondere** in Betracht kommen.“ ⇒ Offene Aufzählung

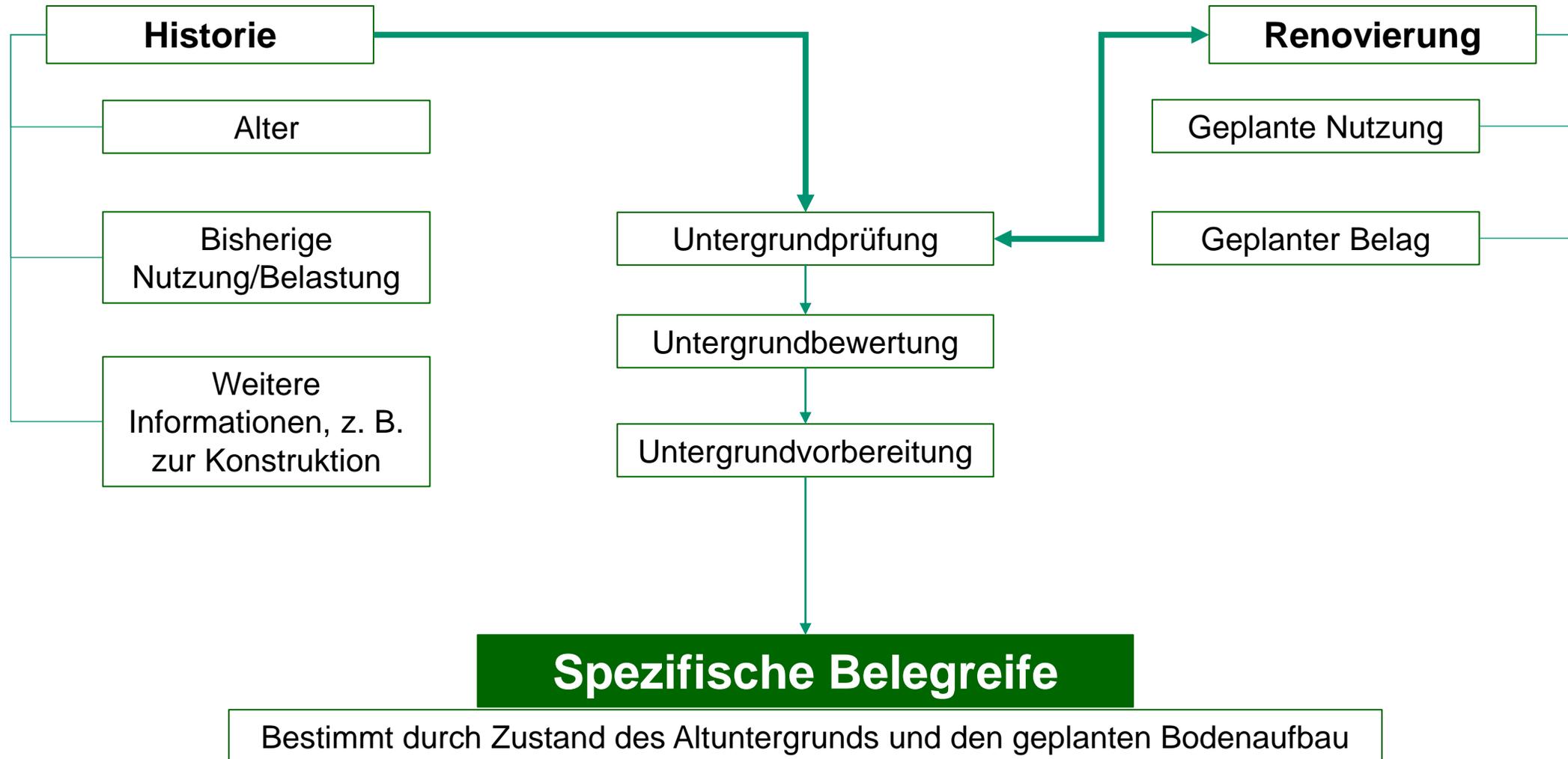
Es sind nicht in jedem Fall alle (Prüf-)Parameter relevant.

Es sind nicht alle ggf. relevanten (Prüf-)Parameter genannt.

Die Prüf- und Beurteilungskriterien für einen (Alt-) Untergrund können abhängig sein vom geplanten Bodenaufbau und der geplanten Nutzung.

Beispiele

- Klebung einer Massivdiele vs. Fixierung eines PVC-Belags.
- Fixierung eines Textilbelags auf einem Fliesenboden.
- Vollflächige Klebung des Holzpflasters.
- Klebung von Stabparkett in einer spärlich beheizten Kirche.



- I. Ein Bodenaufbau auf einem Altuntergrund ist nicht grundsätzlich mangelbehaftet.
- II. Bei Altuntergründen ist es sinnvoll / notwendig, die Prüfungen auf das Einholen von Informationen zur Historie des Untergrunds vom Auftraggeber auszudehnen.
- III. Entscheidender Ausgangspunkt für die Untergrundprüfung und die abgeleitete Untergrundvorbereitung sind:
 - A) Historie des Untergrunds
 - B) die neue geplante Nutzung und der dabei geplante neue Bodenbelag.Die Bewertung der Untergrundeignung erfolgt ebenfalls in Abhängigkeit von diesen beiden Faktoren.

Belegreife

Verantwortung:

§642 BGB: Beck'scher VOB-Kommentar:
Auftraggeber muss dem Auftragnehmer den Untergrund so zur Verfügung stellen, dass der Auftragnehmer seine Werkleistung mangelfrei erbringen kann. Der Untergrund muss belegreif sein.
→ Eine mögliche Herstellung der Belegreife durch den Auftragnehmer muss vertraglich vereinbart werden.

Prüfung und Bewertung:

- Die Prüfung der Belegreife obliegt dem Auftragnehmer.
- Prüfkriterien sind (ggf. nicht erschöpfend) in Kap. 3.1.1 der DIN 18356 / DIN 18365 aufgeführt.
- Die Bewertung der Belegreife kann in Abhängigkeit vom Bodenbelag und der geplanten Nutzung erfolgen.
- Bei Altuntergründen ist deren Alter zu beachten.

Herstellung der Belegreife: Auftragnehmer

Besondere Leistung:

Entfernen alter Schichten; Entfernen stärkerer Verschmutzungen; Anschleifen und Grundieren; Ausgleichen über 1 mm und vollflächiges Spachteln; höhengleiches Anpassen; erhöhte Ebenheit

Nebenleistungen:

- Reinigen
- Ausgleichen bis 1 mm

- I. Belegreife ist mehr als (ausreichende) Trockenheit.
- II. Einflussfaktoren auf die Belegreife können zeitabhängig oder zeitunabhängig sein.
- III. Der Feuchtezustand ist durch mehrere Parameter charakterisiert.
- IV. CM- und KRL-Werte geben unterschiedliche, ergänzende Informationen.
- V. Insbesondere bei Altuntergründen kann die Prüfung und Bewertung der Belegreife von der ehemaligen und der geplanten Nutzung abhängig gemacht werden.
- VI. Die Bewertung der Belegreife für die geplante Nutzung erfolgt idealerweise durch Abstimmung zwischen Auftragnehmer und Auftraggeber.



Antwort des Philosophen:



Manche Leute altern, andere reifen.



Eine Wahrheit kann erst wirken,
wenn der Empfänger für sie reif ist.