

Konsequenzen für die Qualitätskette von der Planung bis zur Ausführung

Rolf Breitenbücher und Udo Wiens



18. September 2019
Mövenpick Hotel
am Anhalter Bahnhof

Fachkolloquium

I/2019

**Ressourcenverfügbarkeit –
Konsequenzen für das Bauen
mit Beton in der Zukunft**

DAfStb



Science-Center Wolfsburg



Langen-Foundation





2

Hauptbahnhof

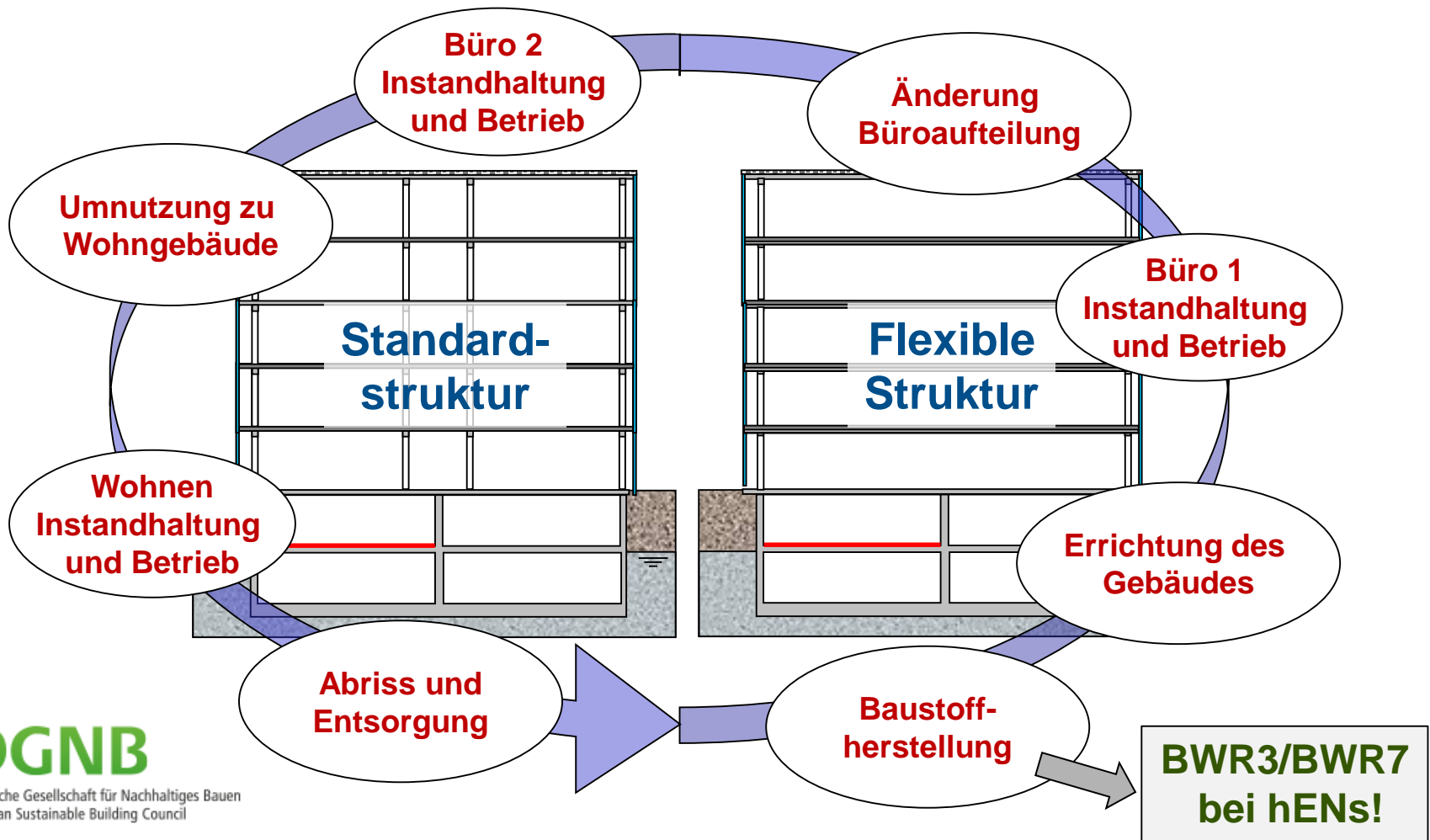
KENNEDY HAUS



RAHEI-BAU

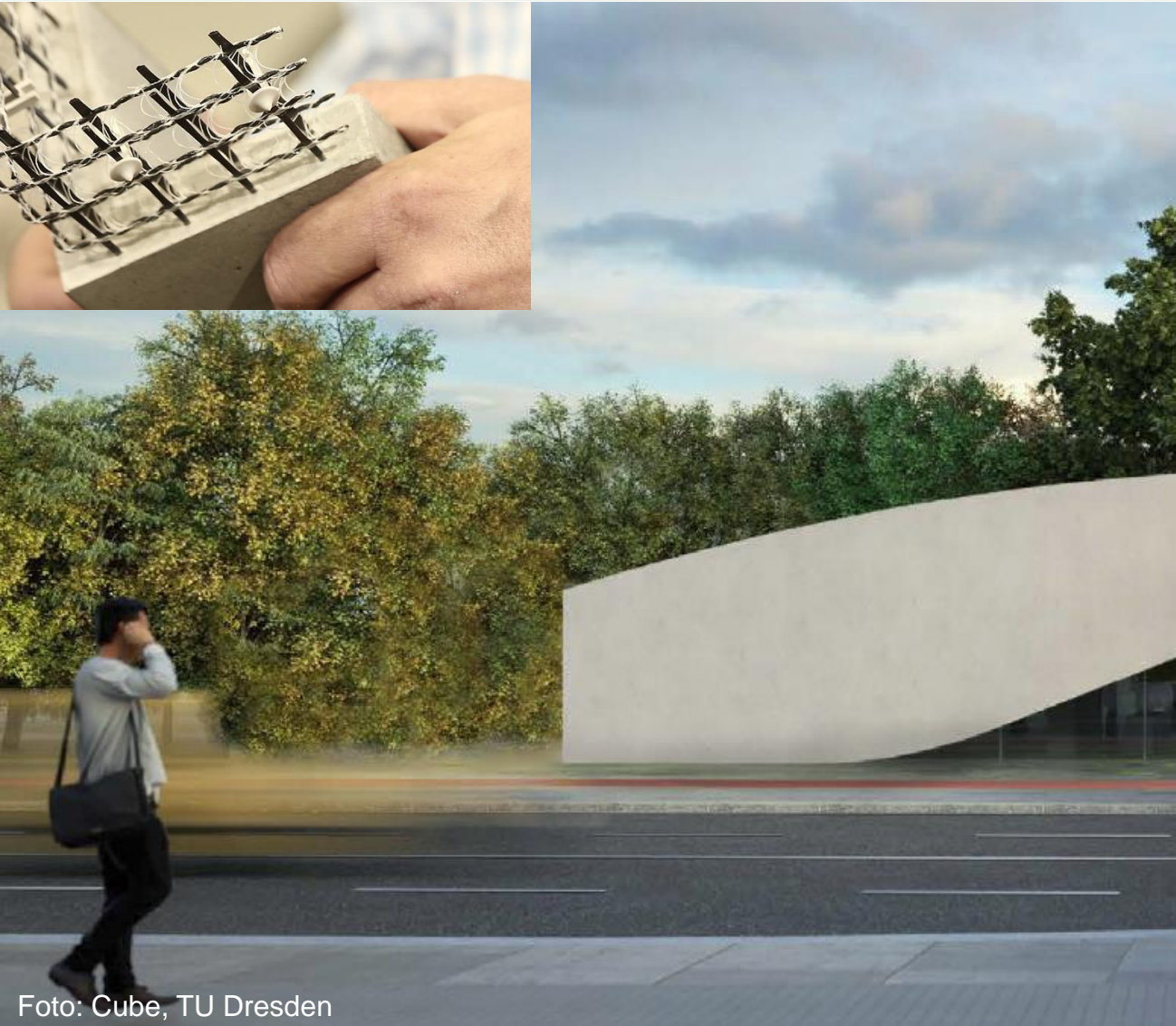
- **Gesellschaftlicher Anspruch/erklärter politischer Wille (EU-weit)**
→ Klimaziele 2030 (Treibhausgase (-40%), erneuerbare Energien ($\geq 32\%$), Energieeffizienz (+32,5%))
- **Gesetze/Verordnungen** (KlimaschutzG?, BImSchG, MBO, EU-BauPVO, KrW-AbfG, WHG, BBodSchG,...)
- **Planung, Herstellung, Ausführung, Nutzung, Rückbau von Betonbauwerken** müssen unter dem Aspekt der Ressourcenschonung und Nachhaltigkeit optimiert werden (Lebenszyklus)
- **Hauptmotivation zur Weiterentwicklung** der Bauweise in den kommenden Jahren

Betrachtung über 100 Jahre



- Ökobilanz**
- Lebenszyklus-kosten
 - Primärenergiebedarf
 - Treibhaus-potential
 - Ozonzerstörungs-potential
 - Bodennahe Ozonbildung
 - Überdüngungs-potential
 - Versauerungs-potential

Rolf Breitenbücher und Udo Wiens



Eigenschaften

- Verbundmaterial aus hochzugfester Bewehrung und Beton als Ergänzung/Teilersatz von Stahlbeton
- Hohe Dauerhaftigkeit, lange Lebensdauer
- Keine Bewehrungskorrosion

Ressourcenschonung/Herausforderungen

- Dünnwandige Bauteile mit geringer Masse
- Instandsetzung und Verstärkung von Tragwerken
- Einsatz neuer klinkerarmer Zemente (z. B. CEM II/C) und klinkerarmer Betonzusammensetzungen
- Technische Vorschriften fehlen (derzeit: abZ, ZiE, vBG → **enge Abstimmung mit Bauaufsicht!**)
- Ausbildung/Schulung des Fachpersonals

Foto: Cube, TU Dresden



Foto: TU Dresden

Transfervorhaben im Rahmen des BMBF-Verbundprojektes (DAfStb-Beteiligung)

- Nachweis- und Prüfkonzeppte für Normen und Zulassungen
- Dauerhaftigkeit von C³ - Bemessungskonzept, Nachweisverfahren, Prüfmethode
- Instandsetzung von Stahlbetonbauwerken durch dünne C³-Schichten
- Studie zu Möglichkeiten der Beschleunigung bauaufsichtlicher Genehmigungsverfahren am Beispiel Carbonbeton (**enge Abstimmung mit Länderbauaufsichten/DIBt**)
- Strategiefortschreibung und konzeptionelle Innovationsförderung von Carbon Concrete Composite

Betonbauqualität – Vernetzung der Wertschöpfungskette von der Planung bis zur Ausführung

Rolf Breitenbücher und Udo Wiens

Anforderungen	normal (N)	erhöht (E)	besonders festzulegen (S)
Planungs-, Beton- oder Ausführungsklasse	PK1 <u>und</u> BK1 <u>und</u> AK1	PK2 <u>oder</u> BK2 <u>oder</u> AK2	PK3 <u>oder</u> BK3 <u>oder</u> AK3
Betonbauqualitätsklasse	BBQ-N	BBQ-E	BBQ-S



DEUTSCHER AUSSCHUSS FÜR STAHLBETON

DAfStb-Richtlinie

Betonbauqualität für Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton – Gesamtheitliche Regelungen für Bemessung und Konstruktion, Beton und Ausführung (BBQ-Richtlinie)

Teil 0: Grundlagen und Betonbauqualitätsklassen (BBQ)

Teil 1: Bemessung und Konstruktion

Teil 2: Beton

Teil 3: Bauausführung

er 65XXX

Entwurf 02. Juli 2019

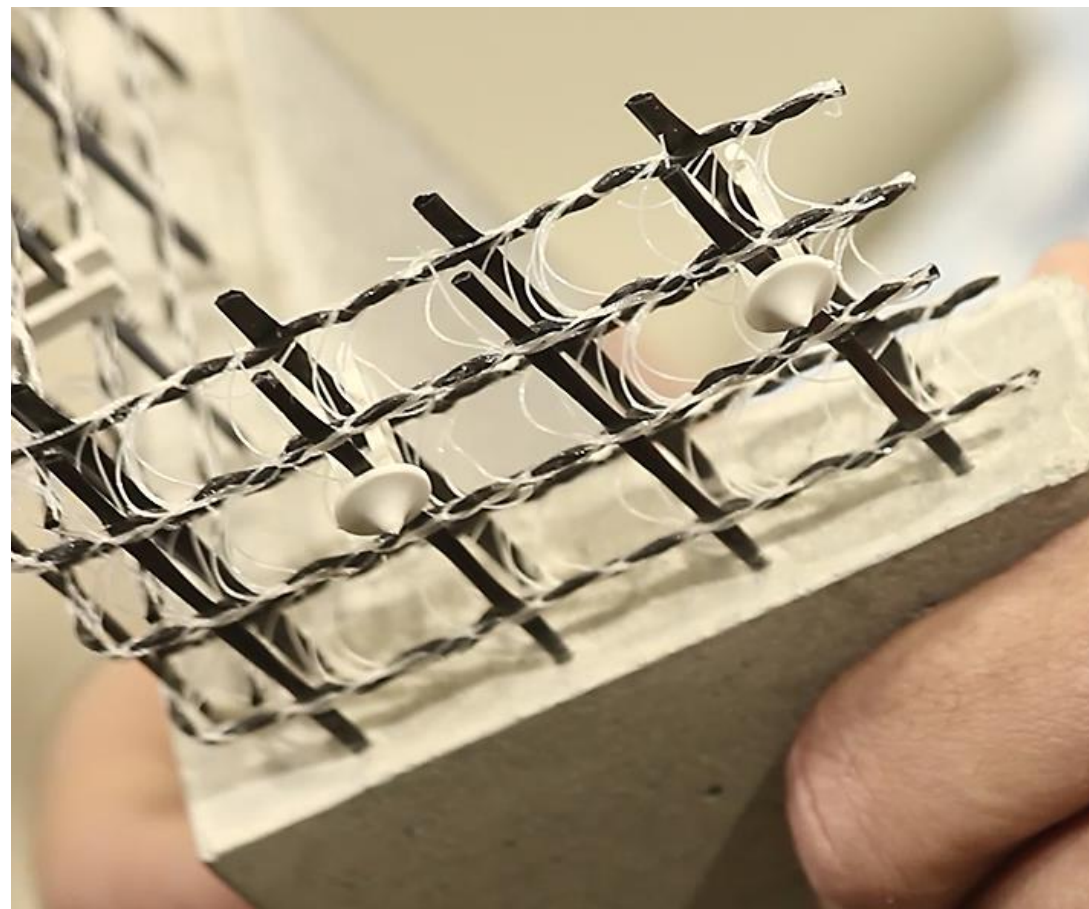
Inhalt der Richtlinie

- Teil 0: Allgemeines und Betonbauqualitätsklassen
- Teil 1: Ergänzende Anforderungen hinsichtlich Bemessung und Konstruktion
- Teil 2: Ergänzende Anforderungen an den Beton
- Teil 3: Ergänzende Anforderungen hinsichtlich Bauausführung

S	1	2	3	4	5	6	7
Z	Bezug	Anwendung	L-Phase (HOAI)	PK	BK	AK	BBQ
1	Bauteil	Bauteile in Expositionsklasse X0	3	1	1	1	N
2	Bauteil	Innenbauteile in Expositionsklasse XC1	3	1	1	1	N
3	Bauteil	Bauteile in Expositionsklasse XC3 oder Außenbauteile in Expositionsklassen XC4, XF1, XA1, XD1, XS1, XM1	3	1	1	1	N
4	Bauteil	Bauteile in den Feuchtigkeitsklassen WO oder WF	3	1	1	1	N
5	Bauteil	Gründungsbauteile in den Expositionsklassen XC1/XC2	3	1	1	1	N
6	Bauteil	Bauteile mit geplanten und auf das Einbauverfahren angepassten Betonieröffnungen und Rüttelgassen	5	1	1	1	N
7	Bauteil	Bauteile mit Ebenheitsanforderungen nach DIN 18202, Zeile 1 bzw. Bauteile ohne Ebenheitsanforderungen	3	1	1	1	N
8	Ausführung	Normalbeton für Ortbeton mit Druckfestigkeitsklasse $\leq C25/30$ (Grenze wird noch diskutiert)	5	1	1	1	N
9	Bauteil	Bauteile in Expositionsklassen XF2, XF3, XD2, XD3, XS2, XS3, XA2, XM2	3	1	2	2	E
10	Planung/ Beton	Betone mit künstlichen Luftporen (LP-Beton), z.B. XF2/XF3/XF4	5	2	2	2	E
11	Bauteil	Sichtbetonklassen SB1, SB2 oder SB3	0	2	2	2	E

Carbonbeton/UHFB etc. integrieren!

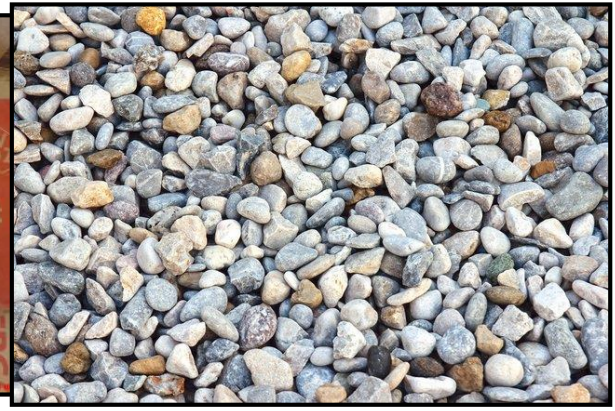
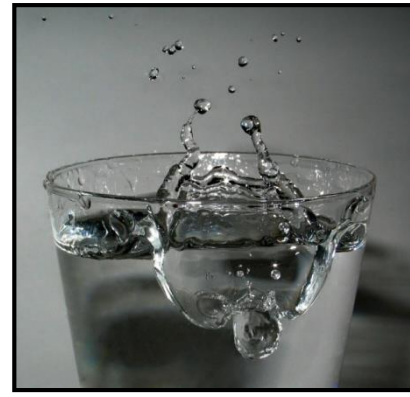
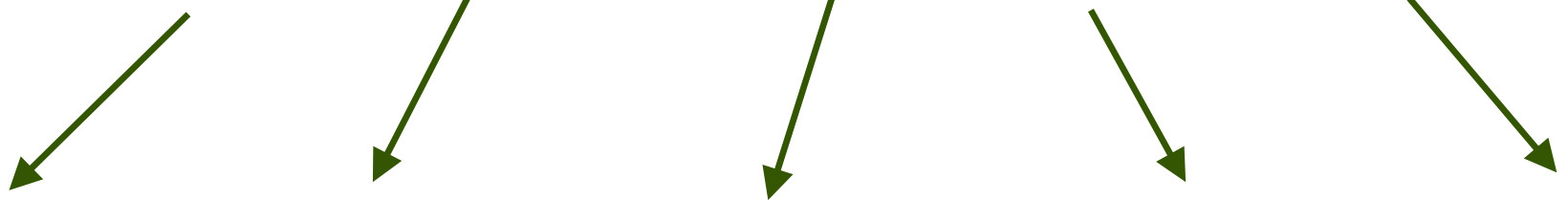
- Insgesamt 60 Fälle beschrieben
- weitere sinngemäß möglich



Ausgangsstoffe für die Herstellung von Beton

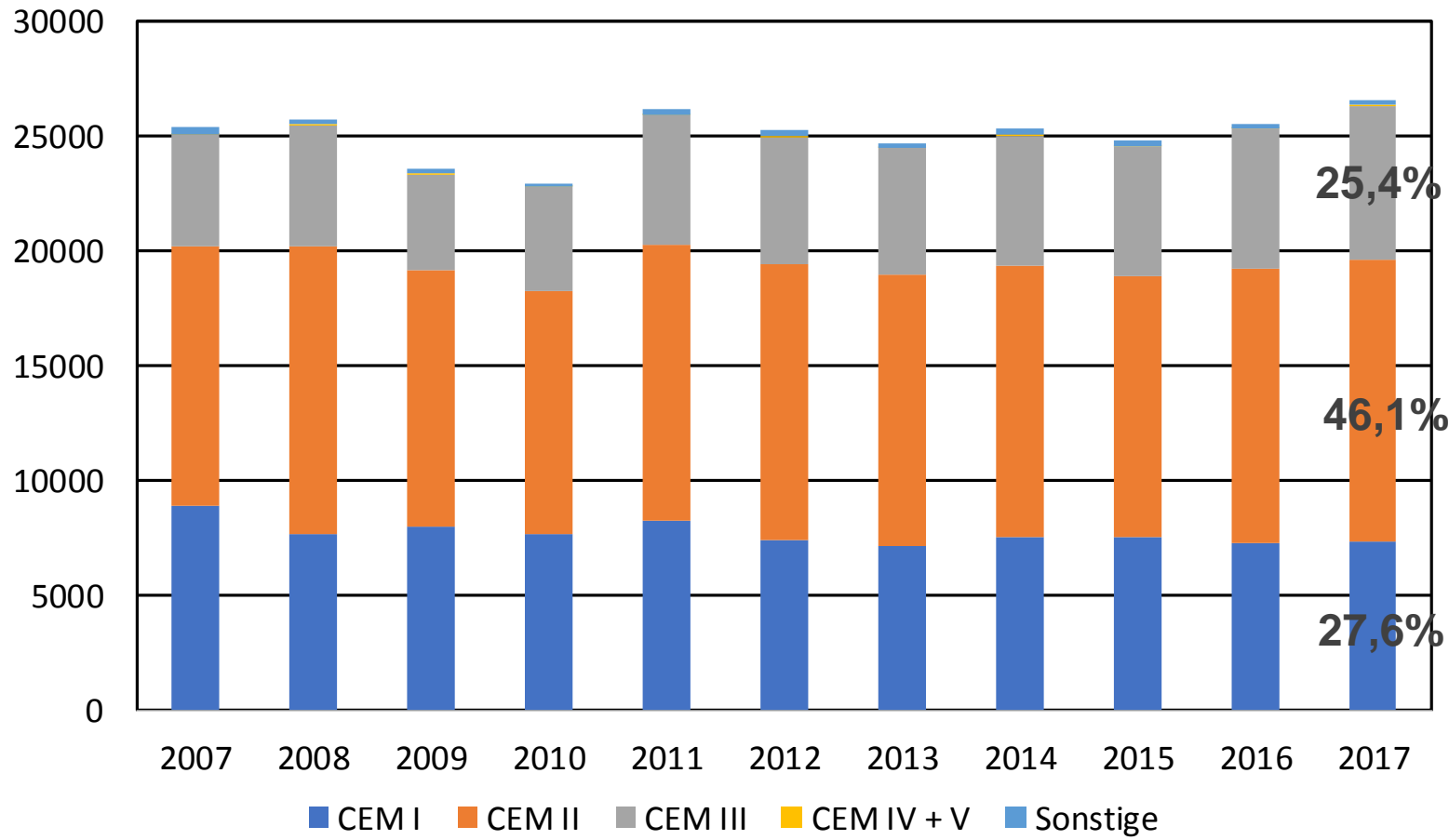
Rolf Breitenbücher und Udo Wiens

Zusatzmittel, Flugasche, Wasser, Zement, Gesteinskörnung

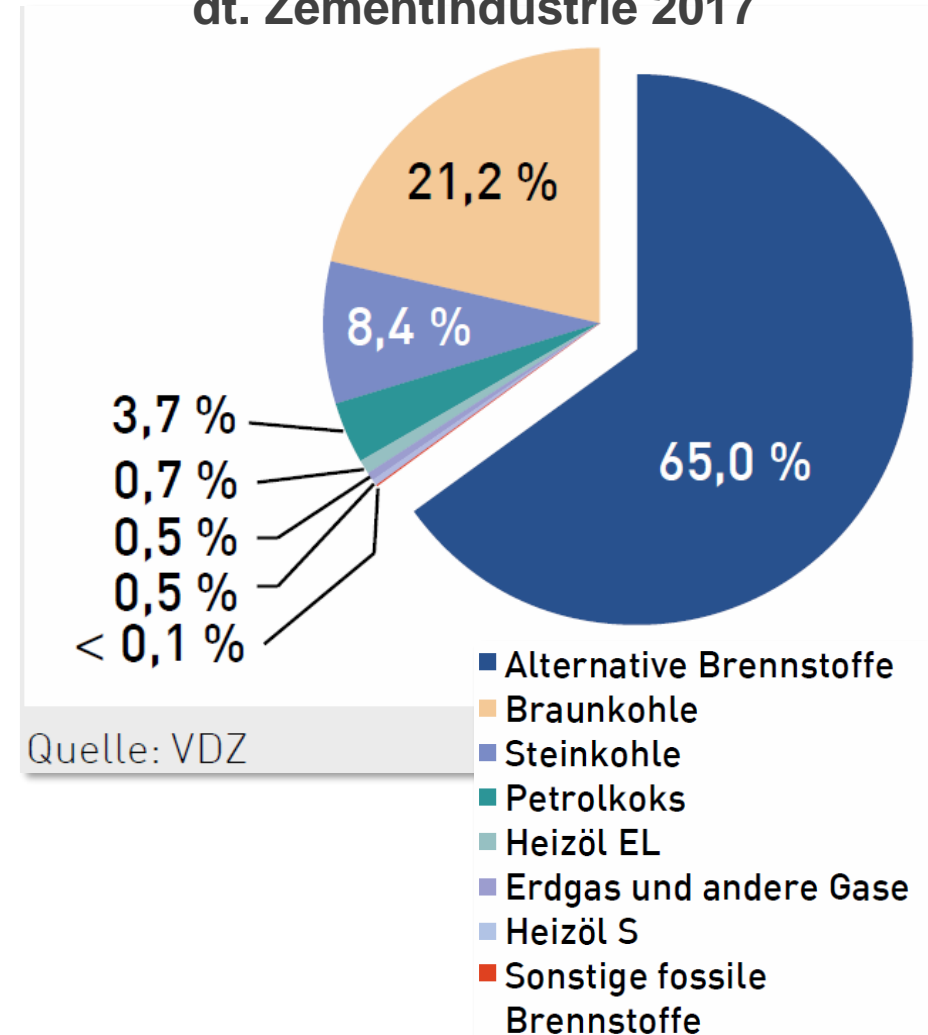


- **Geologisch** auch in Zukunft genügend Gesteinsrohstoffe zur Herstellung von Sand, Kies und Splitt für Beton vorhanden
- **Bedarf** zur Gewinnung auch in Zukunft erheblich, um benötigte Betonmengen bereitzustellen
- **Zwangspunkte:** Landschaftsschutz, Wettbewerb mit Landwirtschaft, Energiewirtschaft, Besiedlungsplänen; Vorkommen durch Überbauung nicht nutzbar → regionale Verfügbarkeitsengpässe (z. B. BW)
- **Hauptforderung:** Planungssicherheit (langfristige Abbaugenehmigungen)
- **Anfall RC-GK zunehmend:** bereits hohe Verwertungsquoten, Mengen reichen bei weitem nicht aus, um den Bedarf für die Betonherstellung alleine zu decken
- **RC-GK:** neben **technischen Anforderungen** auch **Umweltanforderungen**
- **Regelwerke für RC-GK** vorhanden (EN 12620, EN 13055-1, DIN 4226-101/-102)

Zementinlandsversand nach Zementarten (Quelle: VDZ)

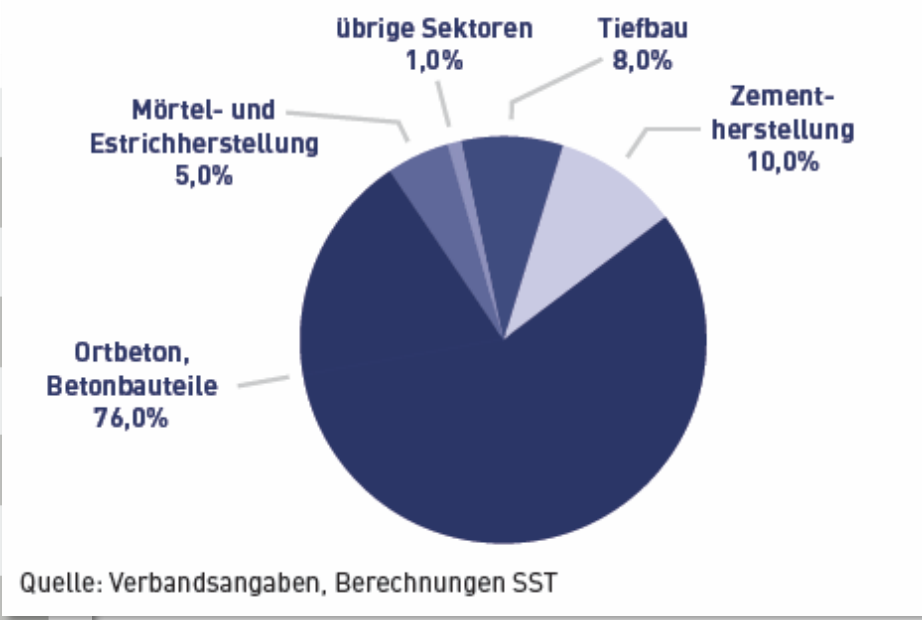
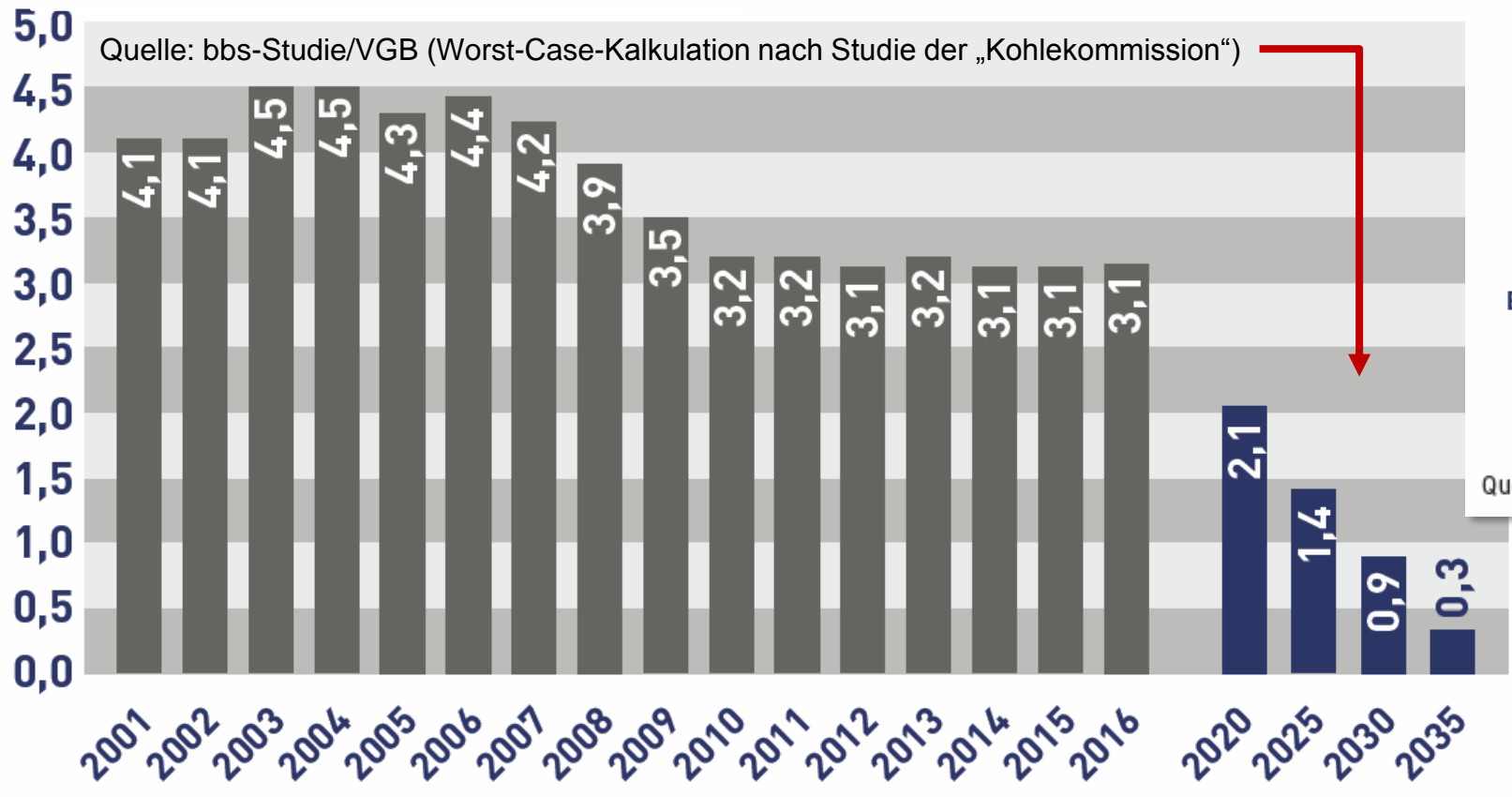


Brennstoffeinsatz in der dt. Zementindustrie 2017

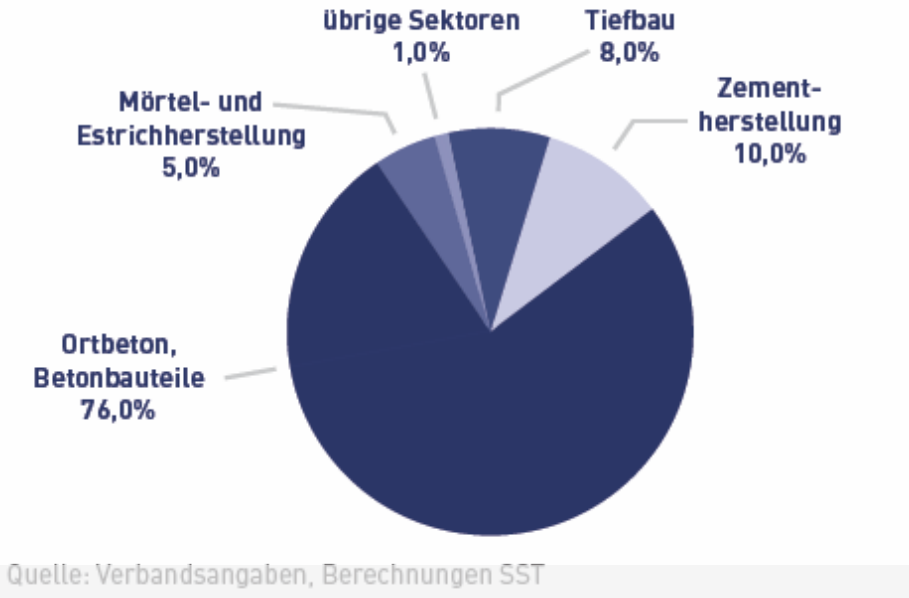
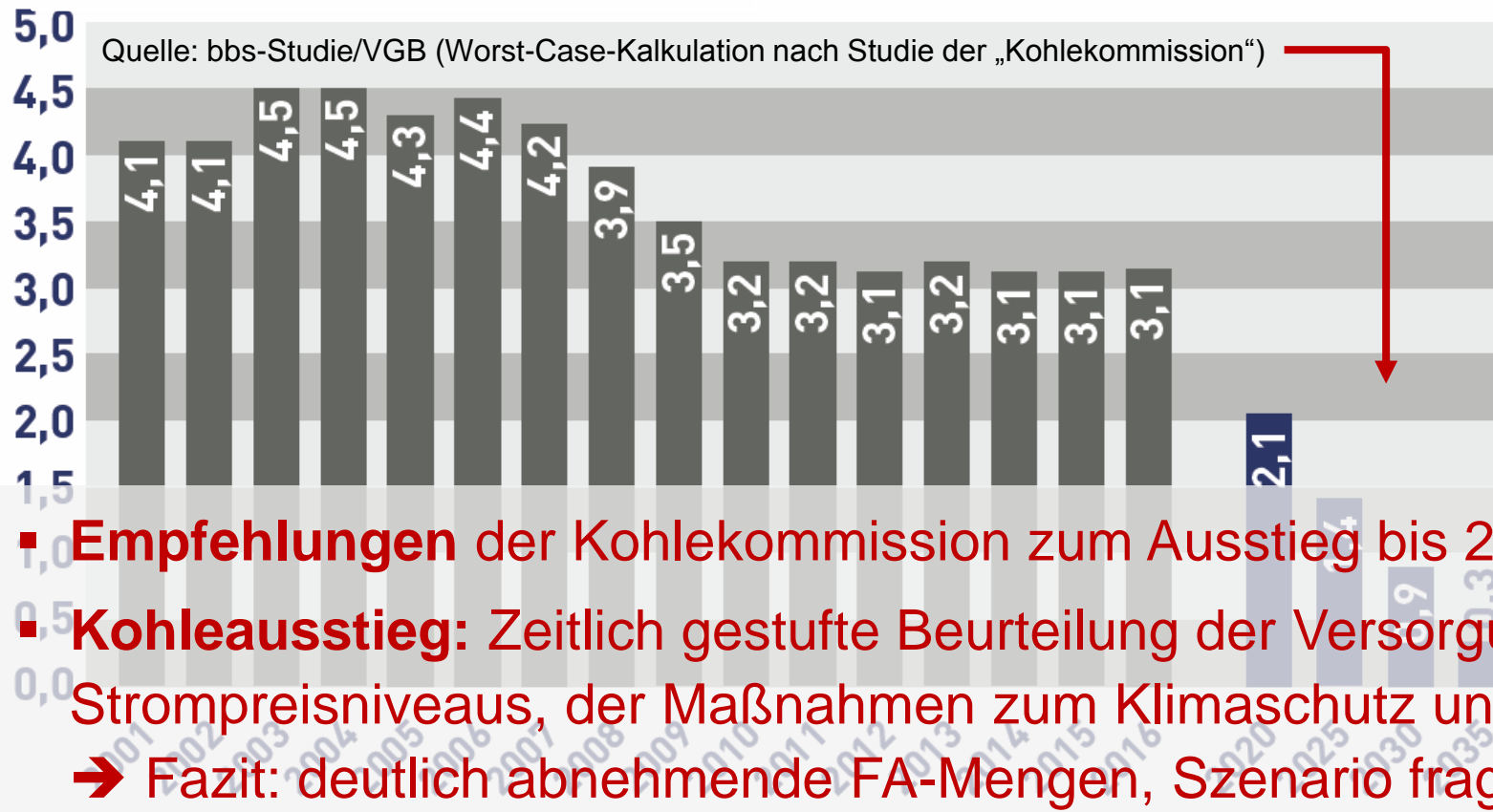


- **Verfahrenstechnische Maßnahmen** in den Werken weitgehend ausgeschöpft (Energieeffizienz, alternative Brennstoffe, Ersatz von CEM I durch CEM II/III)
- **PZ-Klinker** bleibt auf absehbare Zeit wesentlicher Bestandteil von Zement
- **Steigerung der Klinkereffizienz** über die Senkung des Klinker/Zement-Faktors zur weiteren Reduzierung der CO₂-Emissionen ohne die technische Leistungsfähigkeit zu beeinträchtigen
- **Neue Zementart CEM II/C in EN 197-1:202X**: Mindestklinkergehalt = 50 M.-%; max LL = 20 M.-% und max S oder max V = 30 M.-% (erforderliche HÜS-Mengen vorhanden)
- **Anwendung für Innen-(XC1)/übliche Außenbauteile (XF1/XC3/4)** bei angepasster Betonzusammensetzung möglich (geringere w/z-Werte)
→ Aufnahme in DIN 1045-2:2020? → Praxisnachweise?

Flugascheproduktion in Mio. t



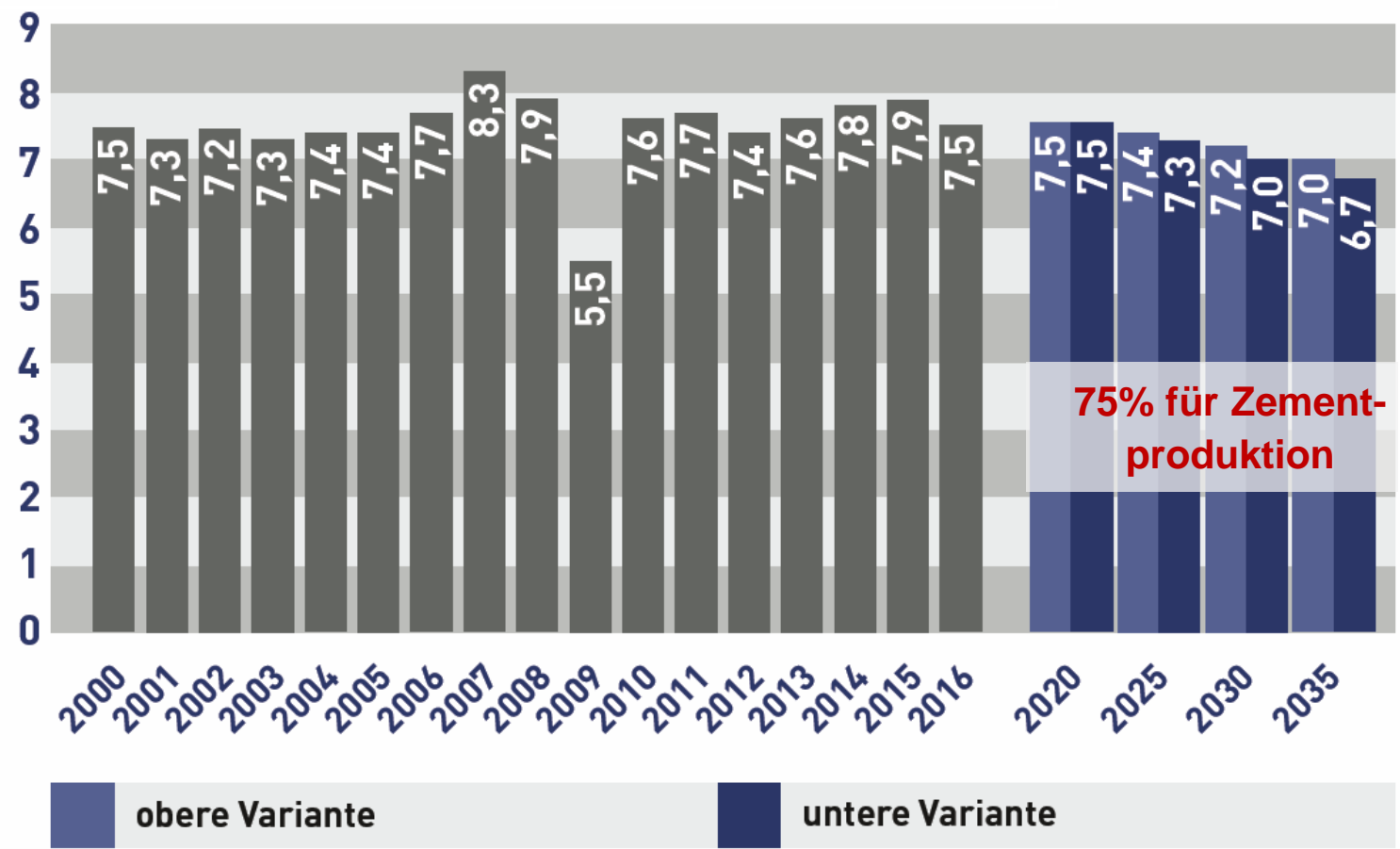
Flugascheproduktion in Mio. t



- **Empfehlungen** der Kohlekommission zum Ausstieg bis 2038 nicht bindend
- **Kohleausstieg:** Zeitlich gestufte Beurteilung der Versorgungssicherheit, des Strompreinsniveaus, der Maßnahmen zum Klimaschutz und zur Strukturentwicklung
 → **Fazit:** deutlich abnehmende FA-Mengen, Szenario fraglich
- **Kompensation** durch Importe von FA aus Ländern mit intensiver Kohleverstromung?
- **Ersatz von FA** durch Zementklinker oder S/LL als weiterem Zementhauptbestandteil

Rolf Breitenbücher und Udo Wiens

Produktion von Hochofenschlacke in Mio. t

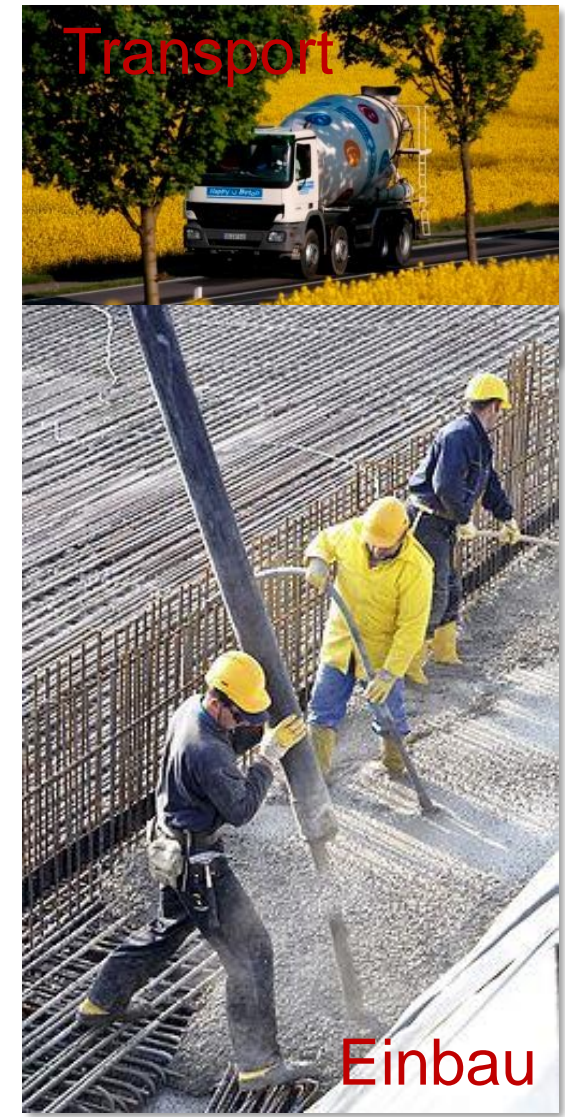
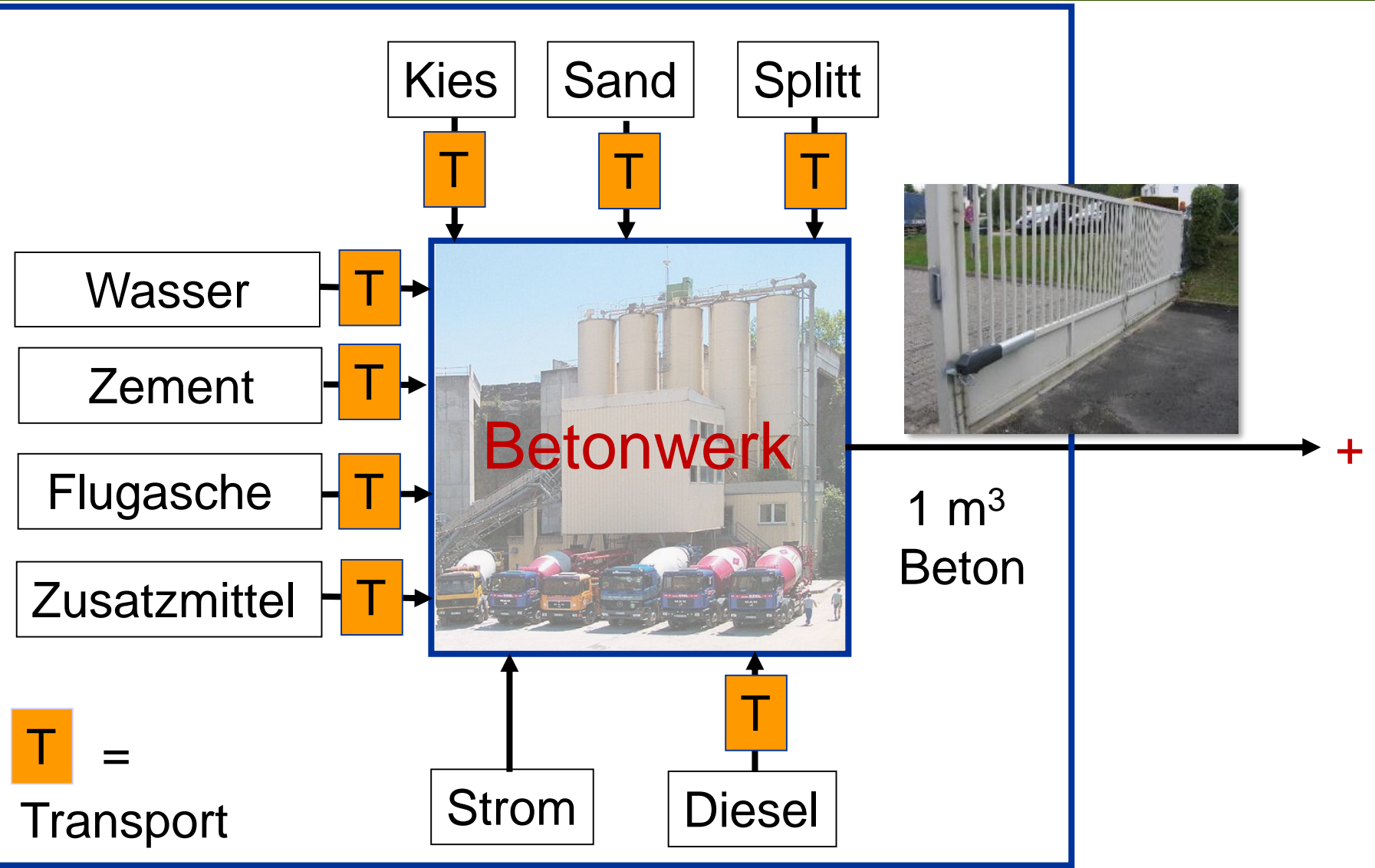


- **Leichter Rückgang** durch strukturelle Veränderungen in der Eisen- und Stahlproduktion
- **Versorgung** der Zementproduktion weitgehend gesichert (auch für neue Zemente, CEM II/C!)

Quelle: Verbandsangaben, Berechnungen SST (aus bbs-Studie)

Transportbeton/Beton für Fertigteile

Rolf Breitenbücher und Udo Wiens



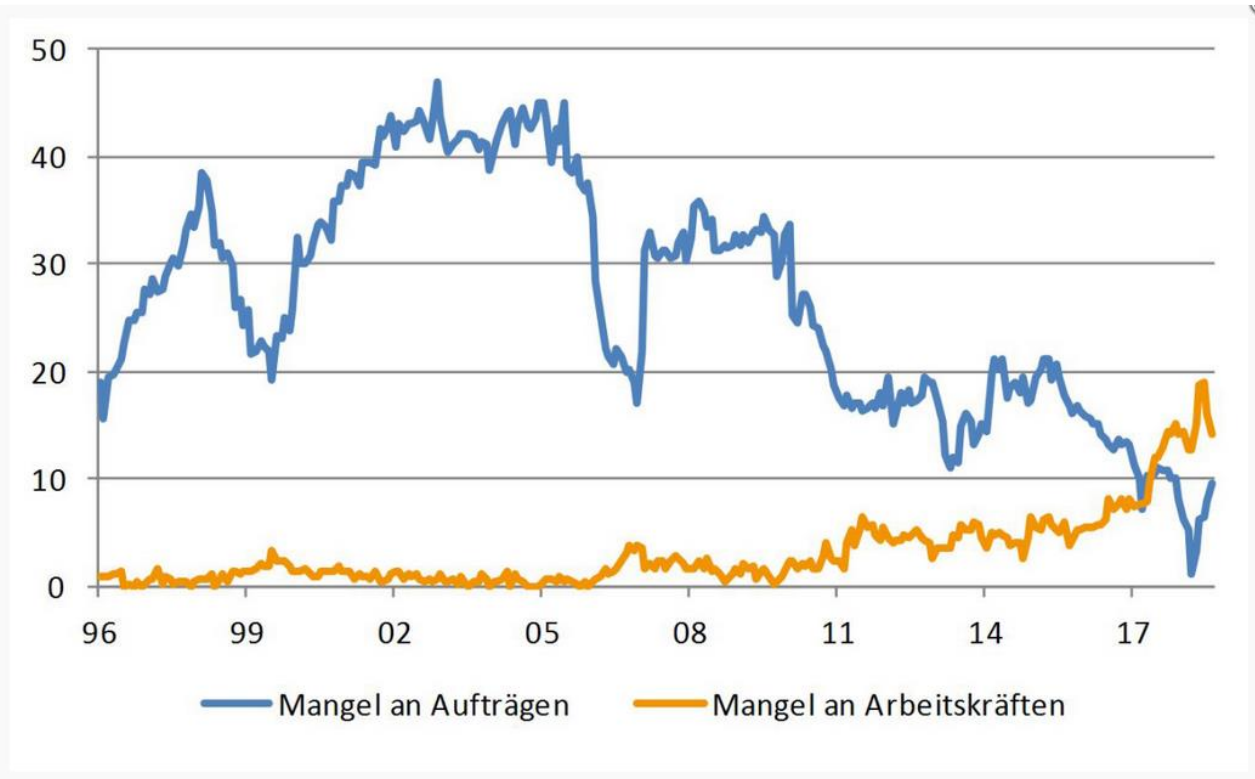
- **Zement, Gesteinskörnung (grob und fein), Zusatzmittel** werden auch zukünftig in ausreichender Menge und Qualität verfügbar sein (regionale Engpässe bei GK)
- **Verfügbarkeit von CEM II und CEM III** abhängig von Verfügbarkeit der Hauptbestandteile dieser Zemente
 - weitgehend gesichert, HÜS tendenziell abnehmend, FA stark abnehmend
 - Zementpalette erweitert um CEM II/C
- **Anteil an Betonen mit Flugasche** wird stark rückläufig sein
 - fokussierter Einsatz von FA in Betonen, bei denen die Leistungsfähigkeit optimal ausgenutzt wird (massige Bauteile, Betone mit hohem Cl-Eindringwiderstand)
- **Performance-Konzepte**, bei denen die Leistungsfähigkeit durch Prüfung ermittelt wird, werden die deskriptiven Ansätze ergänzen (abZ, EN 206:202X)
 - können zur Verringerung der CO₂-Emissionen beitragen

- **Großer Teil der Betone bis C25/30 (Innen- und übliche Außenbauteile) kann mit RC-Gesteinskörnung (Typ 1 und Typ 2) hergestellt werden**
 - ➔ ausreichende Mengen bei gleichbleibender Qualität stehen nicht zur Verfügung
 - ➔ „Urban Mining“ sinnvoll zur Sicherstellung von Mengen und Qualität
- **Verwertung von RC-Gesteinskörnung scheitert nicht an fehlenden Regelwerken**
 - ➔ DIN EN 12620, DIN 4226:101/102, EN 206, DIN 1045-2:2008, DAfStb-RL 2010
 - ➔ hinsichtlich Austauschmengen und zulässigen Anwendungsbereichen besteht Optimierungsbedarf (muss technisch möglich sein, darf nicht zu Lasten der Umwelt gehen); DIN 1045-2:2020 (DAfStb-RL 2020)

- **Neue Betonzusammensetzungen** (neue Zementarten, andere Wasserbindemittelwerte, geringere Zementgehalte) führen zu Veränderungen der Frisch- und Festbetoneigenschaften
 - ➔ erweiterte Erstprüfungen (z. B. Sedimentationsstabilität, Pumpfähigkeit, Cl-Migration etc.) als Entscheidungsgrundlage für die Eignung (Regelwerke)
 - ➔ neue Annahmeprüfungen vor dem Einbau (Regelwerke)
 - ➔ Auswirkungen auf den Bauablauf (Nachbehandlung, Oberflächenbehandlung)
 - ➔ erhöhter Kommunikationsaufwand

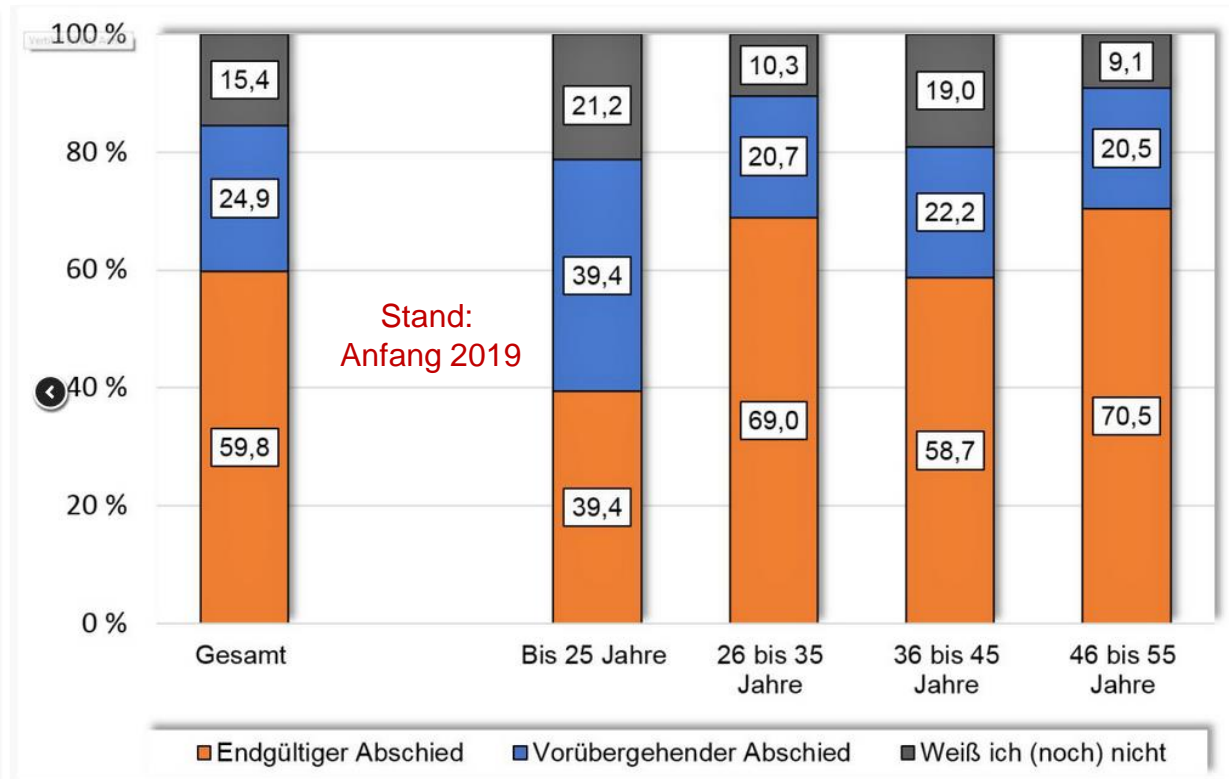
- **Einbindung** in das BBQ-System

Rolf Breitenbücher und Udo Wiens



Bauhauptgewerbe: Produktionsbehinderung durch Mangel an Aufträgen und Arbeitskräften (in Prozent) – Quelle: ifo-Institut / Datastream
Quelle: ifo-Institut / Datastream

Befragung unter 230 abgewanderten AN in NRW (davon 2/3 ausgebildete Fachkräfte)



Abgewanderte Arbeitnehmer aus der Baubranche: endgültiger versus vorübergehender Abschied (in Prozent) – Quelle: Soka-Bau
Quelle: Soka-Bau

Quelle: <https://www.bauhandwerk.de>

- ➔ 1. gesundheitliche Gründe
- ➔ 2. ökonomische Randbedingungen