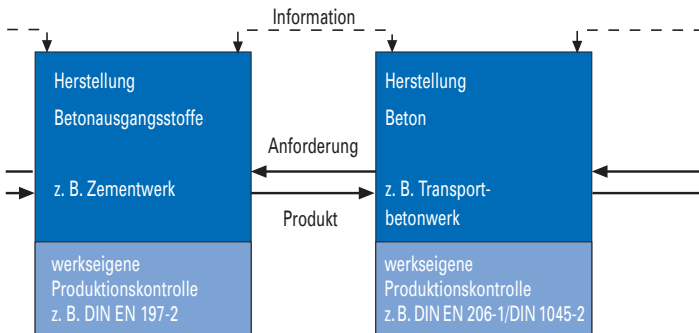


17 Qualitätssicherung im Werk und auf der Baustelle

17.1 Qualitätssicherungsnachweise

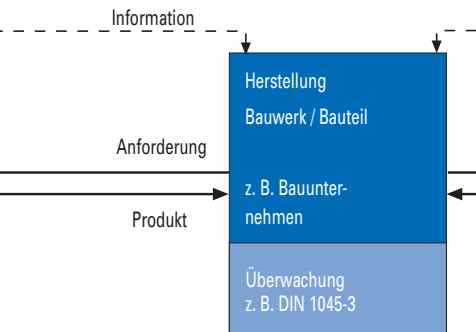
Betonbauwerke und -bauteile werden für vergleichsweise lange Nutzungsdauern errichtet. Der zuverlässigen Erfüllung der an sie gestellten Qualitätsanforderungen kommt daher eine besondere Bedeutung zu. Um dies sicherzustellen, müssen alle Herstellabläufe zielgerichtet und kontrolliert, d. h. *qualitätsgesichert* erfolgen. Das umfasst die Herstellung von Beton mit den geforderten Eigenschaften aus den verschiedenen Ausgangsstoffen sowie dessen Weiterverarbeitung, bestehend aus den Arbeitsschritten Fördern, Einbau, Verdichten und Nachbehandeln zur Herstellung von Betonbauwerken oder -bauteilen. In die Qualitätskette ist auch die Herstellung, Gewinnung und Verarbeitung der Betonausgangsstoffe Zement, Gesteinskörnung, Betonzusatzstoffe und Zusatzmittel aus den jeweiligen Rohstoffen und Zwischenprodukten einzubeziehen (**Bild II.17.1-1**).

An der Leistungserbringung sind verschiedene Partner, wie z. B. Zementwerk, Transportbetonwerk und Bauunternehmen, beteiligt. An der Schnittstelle zwischen Abnehmer und Hersteller müssen daher die jeweils zu erfüllenden Qualitätsanforderungen vereinbart werden [BTB2]. Diese umfassen alle produkt- und leistungsbezogenen Vorgaben, die notwendig sind, ein vereinbartes Qualitätsziel eindeutig zu beschreiben. Die Mindestanforderungen an Baustoffe und deren Herstellung werden traditionell durch bauaufsichtlich eingeführte Normen und Regeln vorgegeben und deren Erfüllung durch entsprechende Übereinstimmungsverfahren nachgewiesen. Ergänzend dazu ist ein ausrei-



chender Informationsfluss in beide Richtungen zwischen Hersteller und Kunde von Bedeutung. Elemente des Informationsaustausches können in Qualitätsgesprächen sowie in der Aufzeichnung und im Austausch von Kennwerten bestehen. In einem Gemeinschaftsprojekt von Zement- und Transportbetonindustrie wurde ein entsprechendes Konzept entwickelt und in einer Pilotphase mit mehreren Werken erprobt [BTB1].

Das Baurecht fordert seit jeher, bauliche Anlagen so zu errichten, dass die öffentliche Sicherheit und Ordnung nicht gefährdet werden. Bauprodukte dürfen nur verwendet werden, wenn die daraus hergestellten baulichen Anlagen standsicher und gebrauchstauglich sind. Öffentliche Sicherheit durch Gefahrenabwehr ist das Schutzziel, zu dessen Erreichung die Landesbauordnungen die Einhaltung von allgemein anerkannten Regeln der Technik und eine bauaufsichtliche Überwachung von Baustoffen fordern und dadurch deren Eignung für die jeweilige Verwendung feststellen. Seit In-Kraft-Treten der Europäischen Bauproduktenrichtlinie [Ri25] und deren nationaler Umsetzung als Bauproduktengesetz sind Festlegungen für das Inverkehr-



**Bild II.17.1-1:
Qualitätskette für
die Herstellung
und Verarbeitung
von Beton**

bringen und den freien Warenverkehr von Bauprodukten hinzugekommen.

Für welche Bauprodukte ein Verwendbarkeitsnachweis gefordert wird, ist in der durch das Deutsche Institut für Bautechnik (DIBt) jährlich herausgegebenen Bauregelliste [Ri20] festgelegt. Darin sind für jedes bauaufsichtlich geregelte Bauprodukt die anzuwendenden „technischen Regeln“ und die Art des zu führenden *Übereinstimmungsnachweises* tabellarisch zusammengestellt. Die Landesbauordnungen sehen als Übereinstimmungsnachweise eine Übereinstimmungserklärung des Herstellers (ÜH), ggf. nach vorheriger Prüfung durch eine anerkannte Prüf stelle (ÜHP), oder ein Übereinstimmungszertifikat durch eine Zertifizierungsstelle (ÜZ) vor. Bei wesentlichen Abweichungen des Bauprodukts von den technischen Regeln wird entweder eine bauaufsichtliche Zulassung oder ein bauaufsichtliches Prüfzeugnis gefordert. Wegen der Bedeutung für die Standsicherheit und Gebrauchstauglichkeit von Betonbauwerken wird derzeit für Betone nach DIN EN 206-1/DIN 1045-2 sowie für Ausgangsstoffe, z. B. Zement nach DIN EN 197-1 bzw.

DIN 1164, eine Zertifizierung der Übereinstimmung bzw. Konformität durch eine Zertifizierungsstelle gefordert. Voraussetzung für die Erteilung eines Übereinstimmungs- bzw. Konformitätszertifikats durch eine Zertifizierungsstelle ist zum einen eine werkseigene Produktionskontrolle durch den Hersteller und zum anderen eine Fremdüberwachung durch eine Überwachungsstelle. Zertifizierungs- und Überwachungsstellen bedürfen der bauaufsichtlichen Anerkennung.

17.2 Verantwortung des Herstellers

17.2.1 Werkseigene Produktionskontrolle

Die Verantwortung, dass das jeweilige Bauprodukt die gestellten Normanforderungen erfüllt, liegt ausschließlich beim Hersteller. Alle Arten des Übereinstimmungsnachweises für Bauprodukte enthalten daher Forderungen an die *werkseigene Produktionskontrolle*, d. h. eine ständige Eigenüberwachung der Produktion durch den Hersteller, um sicherzustellen, dass das Bauprodukt die gestellten Anforderungen erfüllt. Der erforderliche Umfang hängt dabei von den Eigenschaften des Bauprodukts, seiner Zusammensetzung und dem Schwierigkeitsgrad der Produktion ab. Die werkseigene Produktionskontrolle besteht zum einen aus Überwachungsprüfungen des versandbereiten Bauprodukts und zum anderen aus der Qualitätslenkung während der Herstellung des Bauprodukts, wobei produktspezifisch in den entsprechenden Normen der Schwerpunkt entweder mehr auf den Überwachungsprüfungen am Endprodukt oder auf den produktionsbegleitenden Maßnahmen zur Qualitätslenkung liegt. Für Zement ist im **Bild II.17.2-1** exemplarisch der durch die werkseigene Produktionskontrolle gemäß DIN EN 197-2 [Thi5] erfasste Herstellprozess dargestellt (s. Abschnitt I.3.2.4). Dieser Herstellprozess wird durch ein Werkqualitätshandbuch von dem Hersteller als Grundlage seiner werkseigenen Produktionskon-

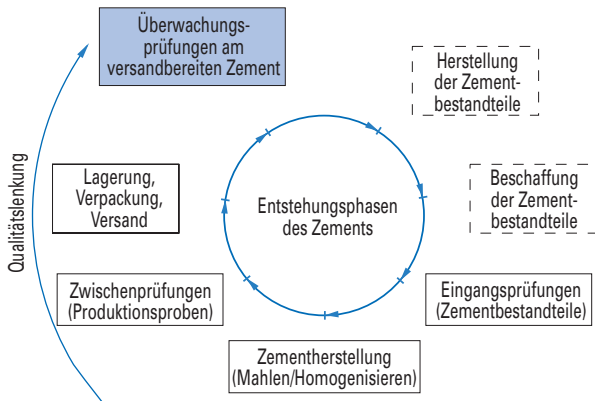


Bild II.17.2-1: Durch die werkseigene Produktionskontrolle des Herstellers gemäß DIN EN 197-2 erfasster Prozess der Zementherstellung

trolle dokumentiert und durch die Überwachungsstelle zur Anerkennung und Bewertung der werkseigenen Produktionskontrolle herangezogen.

17.2.2 Überwachungsprüfungen

Zum Nachweis der Konformität/Übereinstimmung der Eigenschaften und der Zusammensetzung des Bauprodukts mit den Anforderungen und Konformitätskriterien der jeweiligen Produktnorm (s. Tafel II.1.1-1) müssen vom Hersteller regelmäßige *Überwachungsprüfungen* durchgeführt werden. Diese Prüfungen erfolgen am fertig hergestellten, versandbereiten Bauprodukt und damit an der Schnittstelle zum jeweiligen Abnehmer (Bild II.17.2-1). Die zu erfüllenden Anforderungen sind meistens statistisch als Quantile einer angenommenen Verteilung definiert

und demzufolge als charakteristische Werte festgelegt. Besonders wichtige Anforderungswerte, wie die untere Begrenzung der Zement- oder Betondruckfestigkeit, sind meistens als 5%-Quantile, andere als 10%-Quantile definiert.

Bei der bei den meisten Baustoffen üblichen kontinuierlichen oder chargenweisen Produktion homogener Massengüter ist eine vollständige Prüfung der gesamten Produktion weder möglich noch sinnvoll. Zur Beurteilung wird daher eine begrenzte Anzahl an repräsentativen Stichproben herangezogen, die aus der hergestellten Produktionsmenge entnommen wird. Durch die Prüfung von Stichproben verbleibt sowohl ein Risiko für den Abnehmer, dass Teilmengen mit nicht normgerechten Eigenschaften als normkonform erklärt werden (Abnehmerrisiko), als auch ein Risiko für den Hersteller, dass normgerechte Teilmengen beim statistischen Nachweis als nicht normkonform eingestuft werden (Herstellerrisiko) [Bon5]. Dieses Risiko sollte so gering wie technisch sinnvoll und wirtschaftlich verträglich gehalten werden. Dies kann durch die Wahl eines geeigneten Stichprobenumfangs n im Überprüfungszeitraum und einer zulässigen Annahmewahrscheinlichkeit erfolgen. Um mögliche Veränderungen in den Produkteigenschaften statistisch abgesichert erfassen zu können, enthalten die einzelnen Normen Festlegungen zur erforderlichen Probenahme- und Prüfhäufigkeit (für Zement s. Abschnitt I.2.3). Für Beton sind die Einzelheiten in DIN EN 206-1/DIN 1045-2 geregelt. So sind beispielsweise bei stetiger Herstellung von Normalbeton mindestens eine Probe je 400 m^3 bzw. Produktionswoche pro Sorte bzw. Betonfamilie zu entnehmen. Weiterhin werden zur Eingrenzung von Einflüssen auf das Prüfergebnis Art und Ort der Probenahme und die anzuwendenden Prüfverfahren in der Norm vorgegeben.

Für Beton nach Zusammensetzung und Standardbeton ist durch den Hersteller lediglich die Einhaltung der festgelegten Zusam-

mensetzung nachzuweisen (**Bild II.17.2-2**). Für alle wesentlichen Merkmale von Beton nach Eigenschaften, wie Druck- und Zugfestigkeit, Rohdichte, w/z-Wert, Luftgehalt usw. sind in DIN EN 206-1/DIN 1045-2 die einzuhaltenden Konformitätskriterien genannt. Bei den Konformitätskriterien für die Druckfestigkeit (**Tafel II.17.2-1**) wird zwischen Ersterstellung bei neu anlaufender Produktion und stetiger Herstellung unterschieden. Bei stetiger Herstellung muss der Mittelwert f_{cm} aus 15 unmittelbar aufeinander folgenden Prüfergebnissen die geforderte charakteristische Festigkeit f_{ck} um mindestens $1,48 \cdot \sigma$ übersteigen (Kriterium 1). Die Standardabweichung der Produktion wird aus den letzten 35 aufeinander folgenden Prüfergebnissen berechnet; es muss jedoch mindestens mit 3 N/mm^2 gerechnet werden. Der Faktor 1,48 ist die zugehörige Annahmekonstante; der vorzusehende Sicherheitsabstand ist etwas geringer als nach der alten DIN 1045 (Faktor 1,64). Darüber hinaus darf kein Einzelergebnis f_{ci} die geforderte charakteristische Festigkeit um mehr als 4 N/mm^2 unterschreiten (Kriterium 2). Für die hochfesten Betone gelten davon abweichende Konformitätskriterien.

Der Hersteller hat die Möglichkeit, für die Konformitätskontrolle bestimmte Betonsorten zu einer so genannten *Betonfamilie* zusammenzufassen. Voraussetzung ist, dass ein verlässlicher Zusammenhang zwischen den maßgebenden Eigenschaften besteht und dokumentiert ist. Aus diesem Grund dürfen nur Betone zusammengefasst werden, die sich hinsichtlich der Ausgangsstoffe und der Festigkeitsklassen nicht bzw. nicht zu stark unterscheiden. Durch dieses Zusammenfassen kann der Prüfaufwand reduziert und bei selten produzierten Betonsorten frühzeitig eine statistisch belegte Aussage getroffen werden. Als zusätzliche Sicherheit wurde in DIN EN 206-1/DIN 1045-2 für die Druckfestigkeit ein weiteres Bestätigungskriterium (Kriterium 3) festgelegt, das für jedes einzelne „Familienmitglied“ gilt.

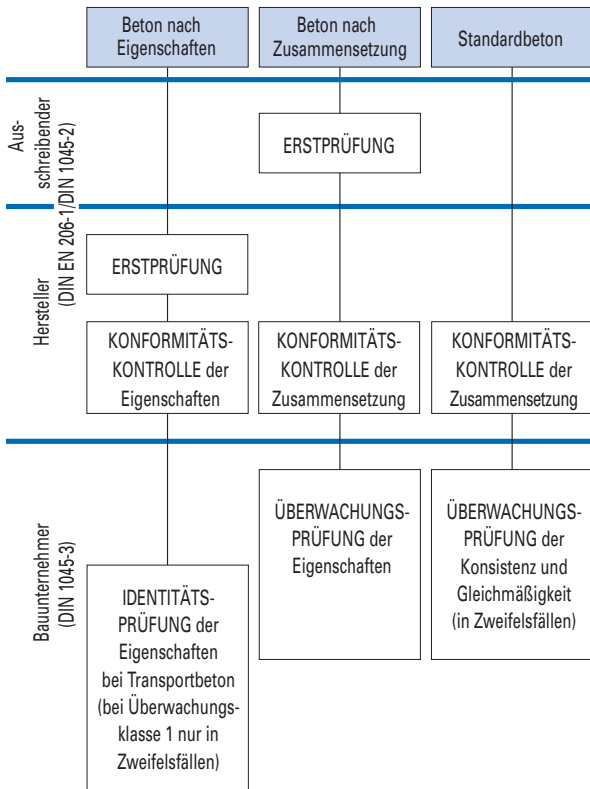


Bild II.17.2-2: Unter der Verantwortung des Ausschreibenden, des Herstellers bzw. des Bauunternehmers durchzuführende Betonprüfungen

Tafel II.17.2-1: Konformitäts- und Annahmekriterien für die Druckfestigkeit in N/mm² für normalfesten Beton

	DIN EN 206-1/DIN 1045-2		DIN 1045-3
Stichprobenumfang	Erstherstellung ¹⁾	stetige Herstellung	Identitätsprüfung
1 (Kriterium 2)	$f_{ci} \geq f_{ck} - 4$	$f_{ci} \geq f_{ck} - 4$	$f_{ci} \geq f_{ck} - 4$
3 (Kriterium 1)	$f_{cm} \geq f_{ck} + 4$	–	$f_{cm} \geq f_{ck} + 1$
5 (Kriterium 1)	–	–	$f_{cm} \geq f_{ck} + 2$
15 (Kriterium 1)	–	$f_{cm} \geq f_{ck} + 1,48 \cdot \sigma^2$	$f_{cm} \geq f_{ck} + 0,97 \cdot \sigma^3$

¹⁾ Bis mindestens 35 Proben geprüft wurden.

²⁾ σ wird aus den letzten 35 Werten berechnet ($\sigma \geq 3$ N/mm²)

³⁾ $f_{cm} \geq f_{ck} + (1,65 - 2,58/\sqrt{n}) \cdot \sigma$ für $n > 6$ (für $6 < n < 35$: $\sigma = 4$ N/mm²)

Vor Verwendung einer neuen Betonsorte muss eine *Erstprüfung* durchgeführt werden, um nachzuweisen, dass mit der vorgesehenen Betonzusammensetzung die festgelegten Eigenschaften mit einem ausreichenden Vorhaltemaß v erreicht werden. Diese Prüfung ist nur bei Beton nach Eigenschaften durch den Hersteller durchzuführen (Bild II.17.2-2). Bei Beton nach Zusammensetzung und Standardbeton ist ein entsprechender Nachweis durch den Ausschreibenden bzw. die Normenorganisation zu erbringen.

17.2.3 Qualitäts- und Produktionslenkung

Die zur Erzielung eines normkonformen Produkts ergriffenen qualitätslenkenden Maßnahmen liegen in der alleinigen Verantwortung des Herstellers. Um jedoch das notwendige Vertrauen in die zuverlässige Herstellung zu schaffen und die Ergebnisse der Überwachungsprüfungen abzusichern, werden ergänzend Anforderungen an die *Qualitäts-* und *Produktionslenkung* gestellt (Bild II.17.2-1). Der Hersteller muss die von ihm angewandten Arbeitstechniken und Tätigkeiten, mit denen sicherge-

stellt wird, dass das Bauprodukt die Anforderungen erfüllt, darlegen und in einem sinnvollen Rahmen dokumentieren. Ein geeignetes Produktionslenkungssystem, qualifiziertes Personal und die notwendigen Produktionseinrichtungen sind nachzuweisen. Für Beton sind die Verfahren für die Baustoffüberwachung, die Produktionssteuerung (Dosieren, Mischen), das Wartungssystem, die Prüfung der Herstellverfahren und Betoneigenschaften, das Vorgehen bei Abweichungen und die Übereinstimmung lenkung zu beschreiben.

Die in den Produktnormen zur werkseigenen Produktionskontrolle festgelegten Anforderungen an die Verfahren zur Qualitäts- und Produktionslenkung, z. B. für Zement in DIN EN 197-2, regeln den zur gezielten Herstellung normgerechter Produkte notwendigen Umfang der Qualitätssicherung. Die aus Sicht der Produktqualität erforderlichen Aspekte sind damit abgedeckt. Qualitätsmanagementsysteme nach ISO 9000 ff haben eine andere Zielausrichtung. Sie sind Führungsinstrumente zur Optimierung von Organisationsstrukturen und Geschäftsprozessen in Hinblick auf Nutzen-, Kosten- und Risikobetrachtungen.

17.3 Aufgaben der anerkannten Stellen

Durch die Einschaltung einer anerkannten Stelle wird zusätzliches Vertrauen in die vom Hersteller ergriffenen qualitätssichernden Maßnahmen geschaffen [Bre6]. Die Fremdüberwachung wird durch eine anerkannte Überwachungsstelle durchgeführt. Hauptaufgabe ist die regelmäßige Überwachung, Beurteilung und Anerkennung der werkseigenen Produktionskontrolle des Herstellers. Darüber hinaus sind je nach Bauprodukt (z. B. Zement) Fremdüberwachungsprüfungen zur Bestätigung der Ergebnisse der Überwachungsprüfungen des Herstellers vorgesehen. Werden Nichtübereinstimmungen festgestellt, so sind besondere Maßnahmen zu ergreifen.

Die anerkannte Zertifizierungsstelle führt eine Beurteilung und abschließende Bewertung der Ergebnisse der Fremdüberwachung durch. Als Bestätigung wird ein Übereinstimmungszertifikat ausgestellt, mit dem die Berechtigung zum Führen des bauaufsichtlich geforderten Übereinstimmungszeichens Ü verliehen wird. Bei Vorliegen von europäisch harmonisierten Regelwerken wird die Konformität durch das CE-Zeichen gekennzeichnet. Die erste europäisch harmonisierte Norm für ein Bauprodukt war die europäische Zementnorm DIN EN 197-1, die zum 1. April 2001 rechtsgültig wurde [Syb2].

17.4 Identitäts-, Annahme- und Kontrollprüfungen

Der Abnehmer des Betons oder Betonausgangsstoffs vergewissert sich jeweils anhand der Lieferdokumente, ob das gelieferte Produkt mit dem bestellten übereinstimmt. Darüber hinaus ist es ihm überlassen, ob er im Einzelfall auf der Grundlage von *Annahmeprüfungen* die Übereinstimmung mit den vereinbarten Qualitätsanforderungen prüft. Bei Baumaßnahmen der öffentlichen Hand, z. B. im Betonstraßenbau, werden zusätzliche Kontrollprüfungen durch den Bauherrn veranlasst. Die für jedes Einzelergebnis festgelegten Anforderungswerte der Normen und Regelwerke können hier als Beurteilungsmaßstab herangezogen werden.

Besondere Verhältnisse liegen bei Transportbeton vor, der als Frischbeton vom Transportbetonhersteller an das weiterverarbeitende Bauunternehmen übergeben wird und dessen Eigenschaften sich durch den Transport verändern können. Auswertungen von Baustellenergebnissen [Kön2] zeigen, dass dies zu einer höheren Standardabweichung der Prüfergebnisse bei etwa gleich bleibendem Mittelwert und damit zu einem Absinken der 5%-Fraktile führen kann (**Bild II.17.4-1**). Um eine Beurteilung der Druckfestigkeit auf der Baustelle zu ermöglichen, sind in

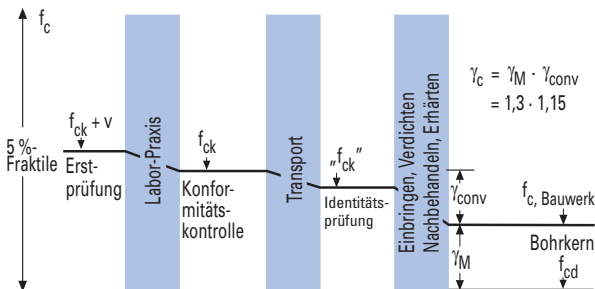


Bild II.17.4-1: Veränderung der Druckfestigkeit vom Mischungsentwurf zum eingebauten Beton (nach [Kön2])

DIN 1045-3 entsprechende Annahmekriterien festgelegt, deren Erfüllung durch Identitätsprüfungen nachzuweisen ist (Bild II.17.2-2, Tafel II.17.2-1). Eine Identitätsprüfung ist nur bei Betonen verpflichtend, die auf Grund der Festigkeit ($\geq C 30/37$), der Umgebungsbedingungen und besonderen Betoneigenschaften in die Überwachungsklassen 2 oder 3 eingestuft werden. Vergleichbar der früheren BII-Überwachung sind bei diesen Betonen die maßgebenden Frisch- und Festbetoneigenschaften regelmäßig zu überprüfen und der Betoneinbau zu überwachen.

Die Auswertungen in [Kön2] zeigten auch, dass die Unterschiede zwischen dem charakteristischen Wert der Druckfestigkeit f_{ck} der Konformitätskontrolle und der Bauwerksdruckfestigkeit $f_{c,Bauwerk}$, die sich durch die Einflüsse von Transport, Einbringen, Verdichten, Nachbehandeln und Erhärten ergeben, durch den in DIN 1045-1 für die Bauwerksbemessungen festgelegten Teilsicherheitsbeiwert γ_{conv} von 1,15 ausreichend abgedeckt sind. Der Faktor γ_M berücksichtigt eine ungünstige Abweichung der Bauwerksfestigkeit von der Bemessungsfestigkeit f_{cd} (s. Bild II.17.4-1).