



**Liebe Leserinnen und Leser!**

Der Qualität verpflichtete Institute bemühen sich darum, dass ihre experimentellen Forschungsergebnisse und Prüfergebnisse den tatsächlichen Gehalt eines beobachteten Ereignisses möglichst genau und sicher abbilden. Die Genauigkeit ergibt sich aus dem verwendeten Messinstrumentarium und den gültigen Vorschriften. Die Sicherheit resultiert aus verschiedensten Randbedingungen, die auf das Ergebnis einwirken, durch messende Person, Zustand des Messgerätes und untersuchtem Objekt. Die ÖVE/ÖNORM EN ISO/IEC 17025 regelt „Allgemeine Anforderungen an die Kompetenz von Prüf- und Kalibrierlaboratorien“ und bildet zusammen mit dem Akkreditierungsgesetz (BGBl.468/1992 i.d.g.F, zuletzt geändert 85/2002) die Voraussetzung der Anerkennung als akkreditiertes, qualitätsorientiertes Institut. Über einen wichtigen Aspekt in diesen Grundlagen möchten wir berichten.

**SCHÄTZUNG DER  
MESSUNSICHERHEIT BEI  
EXPERIMENTELLEN  
FORSCHUNGSERGEBNISSEN**



Bemerkenswert ist in diesem Zusammenhang der Ausdruck „Schätzung“, der bereits ausdrückt, dass eine vollständige Erfassung der Einflussfaktoren nicht realistisch ist. Eine Abschätzung von definierten Einflussfaktoren, wie sie in Kalibrierlaboratorien für Messgeräte sowie großteils in der Lebensmittel- bzw. Chemieanalytik angewendet wird und „good practice“ in diesen Laboratorien ist, kann in selbem Maße bei der experimentellen Forschung im Bauwesen nicht umgesetzt werden.

Die Schwierigkeiten resultieren einerseits aus dem Gegenstand, andererseits aus der Statistik. Im Bauwesen hängen viele Forschungsergebnisse von zerstörenden Versuchen ab, oder es handelt sich um so inhomogene Materialien, dass die Vergleichbarkeit von Messwerten schwer hergestellt werden kann.

Im Rahmen dieser forschungsnews ist es nicht möglich, auf statistische Details einzugehen, jedoch steht fest, dass die für gesicherte Ergebnisse geforderte Ereignisanzahl bei diesen Untersuchungen selten erreicht wird.

Auswege aus diesem Dilemma wurden schon viele diskutiert, Konzepte erarbeitet, ein zum Ziel führender Ansatz ist die statistische Ableitung der Messunsicherheit durch Doppelbestimmungen. Dieser Weg wird in einem Leitfaden „Ermittlung der Messunsicherheit bei analytischen Messungen“ von EURACHEM/CITAC (steht als deutsche Version der 2.Auflage vom Februar 2004 auch im Internet QUAM:2000.P1 zur Verfügung) auf S. 63 für eine Pestizidanalyse aufgezeigt, lässt sich aber auch auf andere Verfahren übertragen.

Der große Vorteil ist bei diesem Verfahren, dass die Messunsicherheit nicht aus ihren einzelnen, schwer einzugrenzenden Einzelfaktoren abgeleitet wird, sondern in der Gesamtheit aus der doppelten Bestimmung einer Messgröße. Die einzelnen Randbedingungen bleiben dabei vorerst unberücksichtigt. Das vorrangige Ziel bei dieser Abschätzung ist nämlich nicht der einzelne Messwert, sondern es wird die Güte und die Beherrschung eines Verfahrens damit validiert, was natürlich Rückschlüsse auf die Streuung einzelner Ergebnisse zulässt.

Vorgegangen wird dabei nach folgender Formel:

$$X = \frac{\Delta(p_1 - p_2)}{MW(p_1, p_2)} / \sqrt{2}$$

$p_1, p_2$ ...Prüfergebnisse,  
 $\Delta$ ...Differenz,  
MW ... Mittelwert

Ein weiterer Vorteil dieses Verfahrens liegt darin, dass auch Prüfergebnisse mit unterschiedlichen Erwartungswerten herangezogen werden können, denn es handelt sich um normierte Werte (auf den Mittelwert bezogen), wobei die Division durch  $\sqrt{2}$  dazu dient, die Standardabweichungen paarweiser Differenzen in Bezug auf die Einzelwerte zu korrigieren.

Die wie oben angegeben transformierten Werte X werden dann statistisch weiter behandelt. Der kleine Schönheitsfehler, dass der Mittelwert durch die sich im Idealfall einer Normalverteilung aufhebenden positiven und negativen Differenzen bei 0 liegt, könnte leicht durch den Absolutbetrag behoben werden, andererseits kann durch das Maß der Abweichung von 0 zusätzliche Erkenntnis gewonnen werden.

Interessanter ist jedoch die Standardabweichung, die als relative Abweichung in % vom Ergebnis gewonnen wird.



**BAUTECHNISCHE VERSUCHS- UND FORSCHUNGSANSTALT SALZBURG**

A-5020 Salzburg, Alpenstraße 157 - Tel (+43)0 662/ 621758\*0, Fax (+43)0 662/ 621758\*199 - e-mail: info@bvfs.at, Internet: [www.bvfs.at](http://www.bvfs.at)

Mit bereits durchgeführten praktischen Beispielen will ich dies jetzt anschaulicher zeigen:



Abbildung 1 - Würfelstrasse in der bvfs

Die Würfeldruckfestigkeit neu entwickelter Beton-Prototypen wird meist an Würfeln mit Seitenlänge 15 cm nach ÖNORM EN 12390-3 auf 0,1 N/mm<sup>2</sup> (bzw. MPa) ermittelt. Da die österreichische Vorschrift für die Betonprüfung ÖNORM B 3303 im Regelfall 3-er-Serien vorsieht, können die ersten beiden Ergebnisse für Doppelbestimmungen herangezogen werden. Dafür wurden in der bvfs im Zeitraum November 2008 bis April 2009 insgesamt 43 Proben ausgewertet.

**bvfs Berechnung der Messunsicherheit (durch Doppelbestimmung)**

Prüfverfahren: Beton-Würfeldruckfestigkeit nach ÖN B 3303

Nr.	Datum (Prüfung)	Randbedingungen	Wert p <sub>1</sub>	Wert p <sub>2</sub>	Mittelwert (p <sub>1</sub> +p <sub>2</sub> )/2	Differenz (p <sub>1</sub> -p <sub>2</sub> )	normierte Differenz	norm. Diff. Einzelwerte
01	28.10.2008	585/08-1	57,6	59,4	58,5	-1,8	-0,03	-0,0218
02	03.11.2008	604/08/00	80,2	76,8	78,5	3,4	0,04	0,0306
03	05.11.2008	567/08/00	59,8	49,2	50,0	1,6	0,03	0,0226
04	06.11.2008	593/08/01	52,0	51,2	51,6	0,8	0,02	0,0110
05	07.11.2008	615/08/01	56,6	54,0	55,3	2,6	0,05	0,0332

Abbildung 2 - Auswertblatt für MU

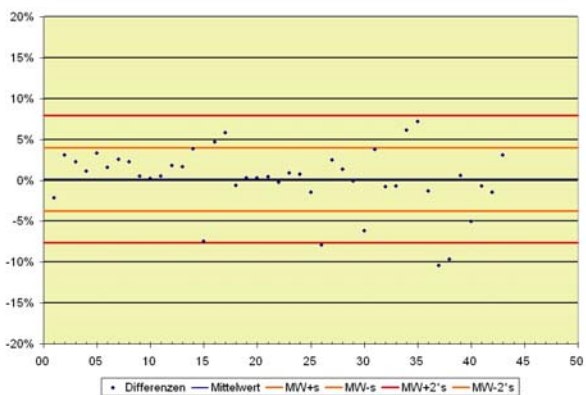


Abbildung 3 - Regelkarte mit Abweichungen in %

Die Ergebnisse dieser experimentellen Betonentwicklung schwanken dabei zwischen 37,6 und 80,2 (N/mm<sup>2</sup>), was eine normale statistische Auswertung

unmöglich macht. Erst die Betrachtung der normierten, auf den Mittelwert bezogenen Differenzen zeigt eine Standardabweichung von 3,9 %. Dieser liegt unter dem in der EN 12390-3 unter dem Titel „9.Präzision“ experimentell nachgewiesenen Wert für Standardabweichung unter Vergleichsbedingungen von 4,7 % und es kann somit die Versuchsabwicklung positiv beurteilt werden.



Etwas differenzierter ist die Auswertung von Siebrückständen nach ÖNORM EN 933-1 (Bestimmung der Korngrößenverteilung - Siebverfahren, siehe Bild 4 nebenan) im Rahmen der Produktentwicklung mineralischer Stoffe für Baustoffhersteller, insbesondere für KMU's zu betrachten.

Es wurden Vergleichssiebungen an einer vorher hergestellten Probe durchgeführt und paarweise verglichen. Während sich bei Betrachtung aller Siebe von 0,063 bis 22,4 mm Durchmesser ein eigentlich inakzeptabler Präzisionswert von etwa 17 % ergibt, verringert sich dieser auf 1,23 %, wenn das größte Sieb nicht berücksichtigt wird. Damit liegt der Wert deutlich unter den Präzisionswerten eines europäischen Vergleichsversuches, der in der EN 933-1 zitiert wird.

Dieser Wert beschränkt sich nur auf die Siebgrößen der Basisreihe (0,063 bis 4 mm) und betrachtet jede Siebgröße extra, was sicherlich zu besseren Präzisionswerten führt.

Kurz zusammengefasst lässt sich sagen, dass die Schätzung der Messunsicherheiten auch mit dem beschriebenen vereinfachten Verfahren keineswegs trivial ist und auf jeden Einzelfall abgestimmt werden muss. In vielen Fällen ist ein erstelltes Modell öfter zu hinterfragen, um empirisch gesicherte Ergebnisse zu erhalten.

In diesem Sinne ist die Auswertung explorativ, und die damit verbundenen Forschungsergebnisse dienen der Verbesserung der Methoden oder auch der Bestätigung bzw. Revidierung der in der Bau-forschung gewählten Vorgangsweisen.

Norbert Philipp  
[www.bvfs.at](http://www.bvfs.at)