

## Gemeinsame Forschungsaktivitäten zeigen: Messkapsel-Wasserzähler sind definitiv fit für Europa

Dr.-Ing. Gudrun Wendt  
Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB) Braunschweig

Der überwiegende Anteil der mehr als 40 Millionen in Deutschland installierten Wasserzähler besteht aus mechanischen Zählern, dabei vorrangig aus Flügelradzählern. Diese blicken auf eine vergleichsweise lange Historie zurück – bereits 1851 wurde das erste Flügelrad, dessen Umläufe über ein Zahnradgetriebe auf ein das durchgeflossene Wasservolumen anzeigende Zählwerk übertrug, von Carl Wilhelm Siemens als Wasserzähler patentiert – und ihr grundlegendes Messprinzip hat sich bis heute behauptet.

Selbstverständlich wurden Material und Konstruktion stets den aktuellen Erfordernissen angepasst, wodurch eine Vielzahl unterschiedlichster Adaptionen entstand. In Abhängigkeit von der Zuführung des Wassers zum Flügelrad wird zum Beispiel zwischen Ein- und Mehrstrahl-Flügelradzählern unterschieden. Neben den Standardausführungen existieren auch mit speziellen Anschlussgehäusen versehene Sonderausführungen wie Ventil-, Mischbatterie- oder Zapfventilzähler, für einen senkrechten Einbau Fall- oder Steigrohrzähler. Bezüglich der Betriebstemperatur erfolgt eine Einteilung in Kalt-, Warm- und Heißwasserzähler mit entsprechenden Temperaturbereichen bis 30 °C, bis 90 °C und über 90 °C, wobei die beiden letztgenannten auch als Volumenmessteile in mechanischen Wärmezählern Verwendung finden.

Nahezu alle aufgeführten Bauformen existieren neben der Standard- auch in der so genannten Messkapselausführung (Bild 1), die seit Ende der 1960er Jahre zunächst in Deutschland, später auch international in großem Umfang Anwendung gefunden hat. Diese Art von Wasserzählern wurde vorrangig für den Einbau in unter Putz liegende Rohrleitungen entwickelt und kommt vorwiegend als Wohnungswasserzähler zum Einsatz. Das Gehäuse ist dabei bleibend in die Haus-

installation integriert, nach Ablauf der Eichfrist wird nur die Messkapsel ausgetauscht.

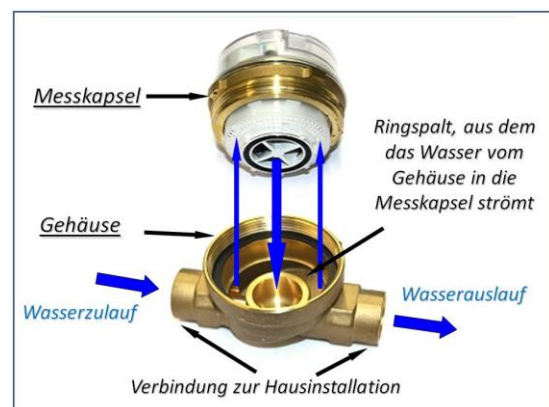


Bild 1: Mehrstrahl-Flügelradzähler in Messkapselausführung

Wie von der Arbeitsgemeinschaft Heiz- und Wasserkostenverteilung e.V. (ARGE HKV) eingeschätzt, sind in Deutschland im Wohnungsbereich derzeit mindestens 65 bis 70 % der Wasser- und Wärmezähler als Messkapselzähler ausgeführt. Auch in Österreich, den Niederlanden, Tschechien, Italien und Spanien ist ihr Anteil relevant hoch.

Mit Einführung der Europäischen Messgeräte Richtlinie 2004/22/EG (MID) im Jahre 2006 entsprach die bis dahin national und EU-weit eichrechtlich zugelassene Messkapsel-Bauform jedoch nicht mehr den Anforderungen an einen Wasserzähler. Das messtechnische „Aus“ für Messkapselzähler hätte dabei nicht nur die deutschen Hersteller mit ihren erheblichen nationalen und internationalen Marktanteilen getroffen. Schwerwiegende finanzielle Folgen wären auch auf die Verwender infolge notwendiger Umbaumaßnahmen bereits existierender Rohrinstallationen, vor allem durch den Wechsel von Unterputz- zu Aufputzverlegung, zugekommen.

PTB, VDDW und ARGE HKV (Bild 2) initiierten daraufhin ein gemeinsames Forschungsvorhaben mit dem Ziel nachzuweisen, dass Wasser- und Wärme-

zähler auch in einer Messkapselausführung den messtechnischen Anforderungen der MID entsprechen.



*Bild 2: Anlässlich der Unterzeichnung der Forschungsvereinbarung am 28.11.2008 in der PTB;  
vlnr: Jürgen Westphal (VDDW), Dr. Amal Lotfi (ARGE HKV),  
Dr. Gudrun Wendt, Prof. Dr. Roman Schwartz (beide PTB),  
Dr. Norbert Burger (VDDW), Christian Sperber (ARGE HKV)*

Um das Endergebnis bereits vorwegzunehmen:

- Mit Hilfe eines umfangreichen Messprogramms und unter Einbeziehung moderner Verfahren zur Diagnose der Strömungsentwicklung vor und im Inneren der Zähler konnte dieser Nachweis sowohl für Mehrstrahl- wie auch für Einstrahl-Messkapselzähler messtechnisch überzeugend erbracht werden.
- Gleichzeitig wurden zur weiteren Verbesserung der Konstruktion und zur Sicherstellung einer einwandfreien Installation/Montage von Messkapselzählern Empfehlungen in Form spezieller Designprinzipien erarbeitet.
- Auf der Grundlage der laufenden Ergebnisse aus dem Forschungsprogramm wurde auch aktiv Einfluss auf die Überarbeitung der Europäischen Norm EN 14154 „Water meters“ genommen, wo u. a. bezüglich der Messkapselzähler die Verbindung von Messkapsel und Rohrinstallation nunmehr unter dem Begriff „mechanische Anschlussschnittstelle“ klar definiert wird und die gleichzeitig sicher stellt, dass

normgerecht gefertigte Messkapselzähler als „MID-Zähler“ auf den Markt gebracht werden können.

Nachfolgend sollen nun die wichtigsten Arbeitsschritte, Resultate und Schlussfolgerungen der gemeinsamen Aktivitäten etwas ausführlicher erläutert werden.

### **1. Die Forschungsvereinbarung PTB-FV 15003**

Unter dem Titel „Untersuchung und Entwicklung strömungsprofilunempfindlicher Wasser- und Wärmehzähler und deren mechanischer Schnittstellen“ haben der Fachbereich „Flüssigkeiten“ der PTB, der VDDW und die ARGE HKV dreieinhalb Jahre intensiv und erfolgreich an dem genannten Ziel, die Messkapselzähler „fit für Europa“ zu machen, gemeinsam diskutiert und geforscht.

Klare Zielorientierung, zeitnahe Abstimmung aller Aktivitäten und insbesondere eine vertrauensvolle Zusammenarbeit der drei Partner – der PTB als nationales Metrologieinstitut mit ihren Kernkompetenzen in der Messtechnik und im gesetzlich geregelten Bereich, dem VDDW als Interessenvertreter der deutschen Hersteller von Wasser- und Wärmehzählern und der ARGE HKV als nationale Interessenvertretung der Abrechnungsunternehmen – waren der Garant für Forschung auf höchstem wissenschaftlichen Niveau, Praxisrelevanz und schnellste Umsetzung der Ergebnisse.

### **2. Wissenschaftlich-technische Voraussetzungen**

Die Nachweisführung, dass Messkapselzähler alle Anforderungen der MID an einen Wasser- bzw. Wärmehzähler erfüllen, stellte sich als äußerst komplexe Aufgabenstellung heraus. Die übliche Aufnahme von Fehlerkurven und eine Betrachtung der zu untersuchenden Zähler als „Black Box“ waren hierfür nicht ausreichend. Die notwendigen Erkenntnisse konnten nur durch detaillierte Analysen der konkreten Strömungsvorgänge in allen relevanten Bereichen der jeweiligen Messanordnungen und auf der Grundlage wiederholbarer Messungen erlangt werden.

Für die strömungstechnischen Untersuchungen kamen insbesondere optische Verfahren mit Laser-Doppler-Anemometern (LDA) in Betracht, mit deren Hilfe berührungslos räumliche Geschwindigkeitsverteilungen erfasst werden können. Die PTB setzt diese Untersuchungsverfahren bereits seit mehreren Jahren sehr erfolgreich zur Strömungsdiagnose im Flüssigkeitsbereich ein, was sich jedoch bisher auf die Ermittlung von Geschwindigkeitsverteilungen in Rohrleitungen nach verschiedenen Störungen wie Krümmer, Drallgeneratoren, Blenden u.ä. beschränkte. Bild 3 zeigt den dafür verwendeten LDA-Aufbau mit der entsprechenden Fensterkammer, Bild 4 beispielhaft zwei typische Darstellungen von Rohrströmungen für die axiale Geschwindigkeitskomponente einer ungestörten Strömung (links) und die Drallkomponente der Strömung nach einem Raumkrümmer (rechts), die sich aus dem kompletten Abscannen des jeweiligen Rohrleitungsquerschnitts ergeben. Aus früheren Messungen lag bereits umfangreiches Datenmaterial über nahezu alle praktisch relevanten Rohrströmungen vor, das entsprechend verwendet wurde.

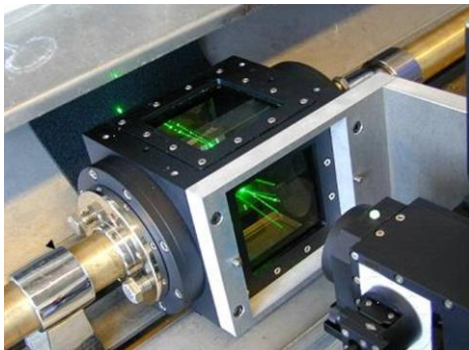


Bild 3: LDA-Anordnung zur Vermessung von Geschwindigkeitsverteilungen in Rohrleitungen mit zugehöriger Fensterkammer, in deren Inneren die ankommende Rohrleitung durch ein Glasrohr gleicher Nennweite ersetzt wird und dadurch den optischen Zugang zum interessierenden Strömungsbereich gewährleistet

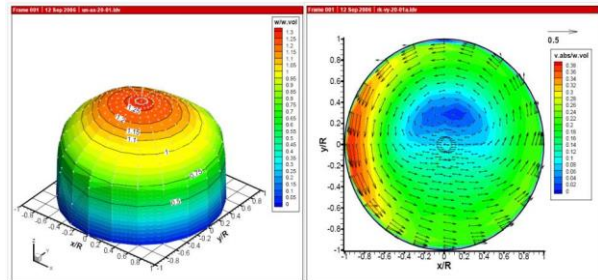


Bild 4: Beispiele für die Darstellung gemessener Geschwindigkeitsverteilungen in einer Rohrleitung mit 301 Rasterpunkten: Links: Axiale Geschwindigkeitskomponente für den ungestörten Fall nach 28 D geradem Einlauf Rechts: Sekundäre Geschwindigkeitsverteilung in der Querschnittsebene bei Drall nach einem Raumkrümmer

Darüber hinaus stand natürlich auch der Wasserzählerprüfstand der PTB mit einer erweiterten Messunsicherheit kleiner 0,05 % für die exakte Bestimmung des jeweiligen Messverhaltens der zu untersuchenden Messkapselzähler zur Verfügung.

### 3. Mehrstrahl-Flügelradzähler

Die konkreten Untersuchungen wurden zunächst mit den Mehrstrahl-Messkapselzählern begonnen. Messtechnisch ist hierbei vor allem der Übergang der Strömung vom zur Hausinstallation gehörenden Gehäuse in die austauschbare Messkapsel relevant. Im Fall der Mehrstrahlzähler ist dies, wie aus Bild 1 leicht zu erkennen, der Ringspalt im Gehäuse, in den das Wasser aus der Versorgungsleitung waagrecht einströmt, um 90° umgelenkt wird und durch das Einlasssieb in die Messkapsel einströmt. Über die strömungstechnischen Bedingungen in diesem Bereich, ihre Beeinflussbarkeit durch die ankommende Strömung und die sich daraus ergebenden möglichen Auswirkungen auf das Messverhalten des Wasserzählers existierten bisher keinerlei konkrete Erkenntnisse.

Um diesen Ringspalt strömungstechnisch mittels LDA-Messtechnik untersuchen zu können, musste zunächst

ein optischer Zugang geschaffen werden. Hierfür wurde die Messkapsel durch entsprechende Glaszylinder ersetzt (siehe Bild 5), die die Strömungsverhältnisse im Ringspalt nachweislich nicht verändern.

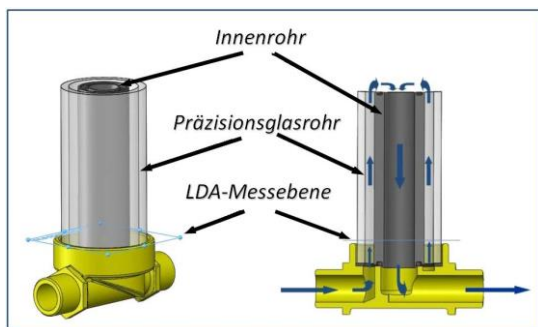


Bild 5: Messaufbau zur Ermittlung der Geschwindigkeitsverteilungen im Ringspalt beim Übergang der Strömung vom Gehäuse zur Messkapsel eines Mehrstrahl-Messkapselzählers

Entsprechend modifiziert werden mussten auch die Fensterkammer, das Messraster und die zugehörige LDA-Steuerungssoftware zum Abscannen des Ringspalts. In Bild 6 ist der entsprechende Messaufbau zu sehen.

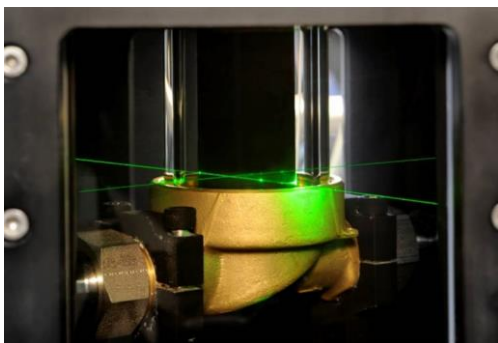


Bild 6: Fensterkammer mit Wasserzähler-Gehäuse gemäß Bild 5 und den sich im Ringspalt kreuzenden Laserlichtstrahlen, die dort das so genannte Messvolumen für die Ermittlung der lokalen Strömungsgeschwindigkeit bilden

Geschwindigkeits- und Turbulenzgradverteilungen im Ringspalt wurden für mehr als 50 verschiedene Messanordnungen ermittelt. Variiert wurden die Zuströmungen zum Gehäuse (ungestört und definierte Vorstörungen wie Drallerzeuger, Raumkrümmer, Blenden) und die Messkapselkonfigurationen (verschiedene Messkapselbauformen, mit und ohne Einlasssieb). Darüber hinaus wurden verschiedene Verschmutzungsgrade der Siebe (durch unterschiedliche Abklebungen der Maschen) und des Gehäuseeinlaufs (durch Reduzierung des Durchmessers) simuliert. Gemessen wurde dabei jeweils bei verschiedenen Durchflüssen und in ausgewählten Fällen auch in unterschiedlichen Höhen über der Gehäuseoberkante.

Bild 7 zeigt beispielhaft die Möglichkeiten, welche Geschwindigkeits- und Turbulenzgradverteilungen für jeden Strömungszustand im Ringspalt mit dem LDA gemessen werden können.

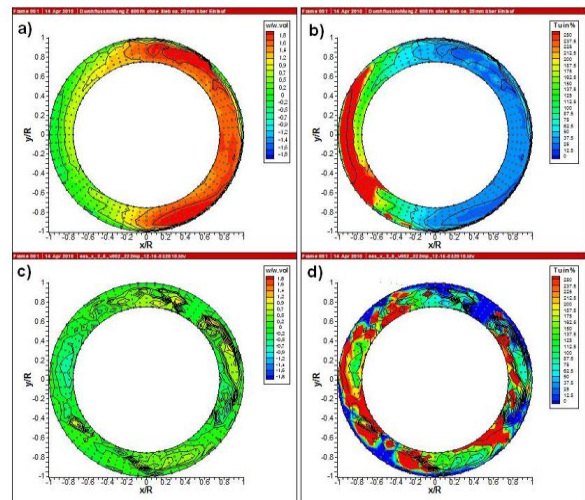
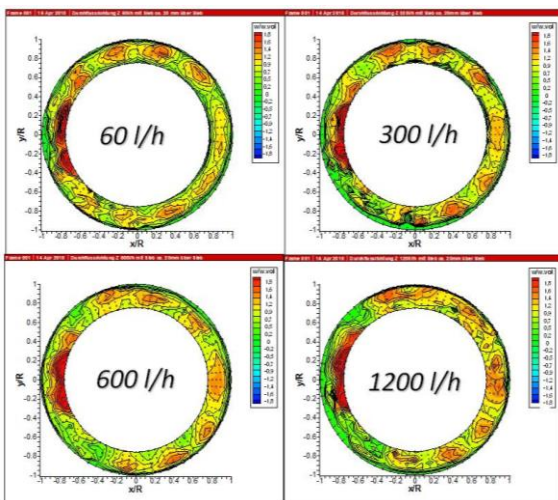


Bild 7: Geschwindigkeits- (a+c) und Turbulenzgradverteilungen (b+d) im Ringspalt eines Mehrstrahl-Messkapselgehäuses für die senkrechten (a+b) und waagerechten (c+d) Geschwindigkeitskomponenten; Anschluss-Nennweite DN 15, Durchfluss von 600 l/h, ungestörte Zuströmung nach 50 D geradem Einlauf von links

In Bild 8 sind die vertikalen Geschwindigkeitsverteilungen im Ringspalt bei verschiedenen Durchflüssen zu sehen, die sich nach einem Originalsieb, das im Realfall den Eingang in die zugehörige Messkapsel bildet, ergeben.



*Bild 8: Vertikale Geschwindigkeitsverteilungen im Ringspalt eines Mehrstrahl-Messkapselzählergehäuses bei unterschiedlichen Durchflüssen nach einem Sieb, das zur Simulation einer realen Messkapsel in den unteren Teil des Gehäuses eingelegt wurde*

Um die Strömungseffekte hinreichend genau aufzulösen, wurde in den nur 6 mm breiten Ringspalt ein Messraster mit insgesamt 432 Messpunkten gelegt (6 konzentrische Kreise mit je 72 Messpunkten in Winkelschritten von jeweils 5°).

Für alle mit dem LDA untersuchten Messanordnungen wurden auch die Fehlerkurven des kompletten Zählers mit eingesetzter Messkapsel aufgenommen. Hierfür wurden die Gehäuse nach Beendigung der jeweiligen LDA-Messung in exakt der gleichen Einbausituation in der Fensterkammer belassen. Die Fensterkammer selbst wurde geleert und geöffnet und die Messkapseln wurden eingeschraubt.

Die Untersuchungsergebnisse an den Mehrstrahl-Messkapselzählern konnten schlussendlich wie folgt zusammengefasst werden:

Mehrstrahl-Messkapselzähler inklusive ihrer Anschlussschnittstelle sind auf Grund ihrer grundsätzlichen Konstruktion wenig anfällig gegenüber der ankommenden Strömung. Die im Falle der durchgeführten Untersuchungen gemessenen Anzeigeänderungen an serienmäßigen Messkapselzählern lagen sämtlich innerhalb von  $\pm 1\%$ , selbst bei im Gebrauch möglichen partiellen Verschlüssen des Einlaufes und des Siebes. Signifikante Abweichungen von mehr als 1% traten nur an massiv manipulierten Messkapselzählern auf, bei denen komplette Elemente (im konkreten Fall die Einlaufsiebe) entfernt worden waren.

Bisherige Vorstörungsuntersuchungen an Mehrstrahl-Flügelradzählern in der „klassischen“ Bauweise (Inline-Zähler) liefern vergleichbare Ergebnisse, d.h. das Prinzip des Messkapselzählers ist diesbezüglich als gleichwertig zum Inline-Zähler zu betrachten.

#### 4. Einstrahl-Flügelradzähler

Einstrahl-Messkapselzähler unterscheiden sich in ihrer Konstruktion grundsätzlich von den Mehrstrahlzählern, so dass für diese Untersuchungen eine vollständig andere Untersuchungsmethodik entwickelt und hardwaremäßig realisiert werden musste.

Zunächst war es notwendig, einen optischen Zugang zum interessierenden Messort zu schaffen und die Ebenen für die Lasermessungen zu definieren. Gemessen werden sollten die Geschwindigkeitsverteilungen im gesamten Bereich des Flügelrades. Folglich mussten die Staurippenplatte und die Kappe des Zählers „transparent gemacht“ werden. Hierfür wurden Teile der jeweiligen Staurippenplatte durch Plexiglas ersetzt, ohne den benetzten Raum im Becher zu verändern oder die Rotation des Flügelrades zu beeinflussen. In Bild 9 ist die Draufsicht auf einen modifizierten Einstrahl-Messkapselzähler im Stillstand dargestellt, in Bild 10 das Raster (216 Messpunkte je Ebene) für die LDA-Messungen im Inneren des Flügelradbeckers.

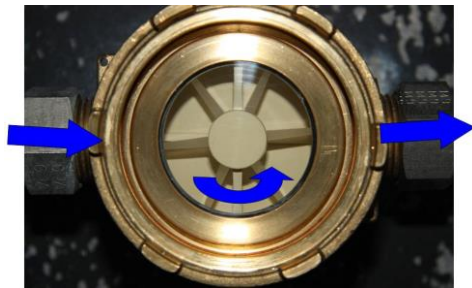


Bild 9: Draufsicht auf einen Einstrahl-Messkapselzähler mit modifizierter Staurippenplatte im Stillstand mit Angabe der Strömungsrichtung des Wassers beim Betrieb

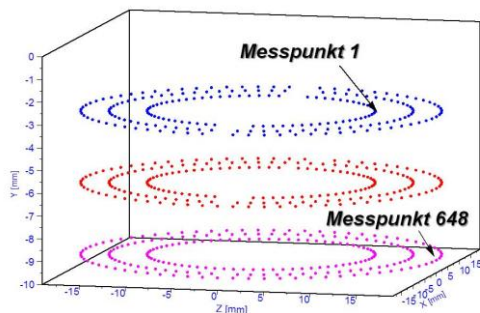


Bild 10: Messraster für die Geschwindigkeitsmessungen im Flügelrad-Messbecher eines Einstrahl-Messkapselzählers

Die drei Grafiken in Bild 11 zeigen die gemessenen Strömungsgeschwindigkeiten im Messraum eines Einstrahl-Messkapselzählers. Sie liegen zwischen 0 m/s (dunkelblau) und 1,9 m/s (rot). Die Länge der Pfeile ist proportional der Geschwindigkeit im Messpunkt, ihre Richtung gibt die horizontale Lage des Geschwindigkeitsvektors an. Die Zuströmung ist ungestört, der Durchfluss beträgt 600 l/h. Deutlich zu erkennen ist die kreisförmige Bewegung des Wassers, das nur zu einem geringen Teil durch den Zähler transportiert wird. Der überwiegende Anteil kreist mit dem Flügelrad im Becher. Das Flügelrad selbst stört die LDA-Messungen nicht.

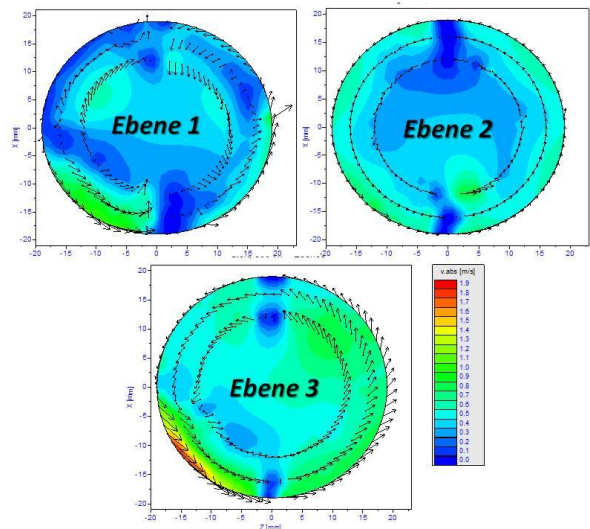


Bild 11: Strömungsgeschwindigkeiten im Inneren des Flügelradbeckers eines Einstrahl-Messkapselzählers für eine ungestörte Zuströmung zum Zähler beim Durchfluss von 600 l/h in den drei Messebenen gemäß Bild 10

Ebenso wie die Mehrstrahlzähler wurden auch die Einstrahl-Messkapselzähler den unterschiedlichsten Zuströmbedingungen ausgesetzt. Parallel zu den LDA-Messungen wurde für jede Konfiguration die zugehörige Fehlerkurve bestimmt.

Auch die Einstrahl-Messkapselzähler inklusive ihrer Anschlussschnittstelle haben sich im Rahmen der durchgeführten Untersuchungen als wenig anfällig gegenüber der ankommenden Strömung erwiesen. Die gemessenen Anzeigeänderungen an serienmäßigen Einstrahl-Messkapselzählern fielen zwar höher als bei den Mehrstrahl-Messkapselzählern aus, lagen aber auch bei starken Vorstörungen (Drallerzeuger, Halbblenden) sämtlich innerhalb der jeweiligen Verkehrsfehlergrenzen. Sie lieferten keine grundsätzlich anderen Ergebnisse als Einstrahl-Flügelradzähler in der „klassischen“ Bauweise (Inline-Zähler).

Über alle Ergebnisse des Forschungsvorhabens wurde ein ausführlicher Bericht als PTB-MA 90 veröffentlicht.