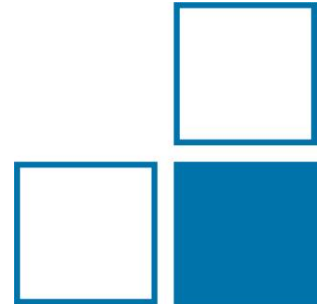

*English version to be found
after the German part*

Metrologie schnellansprechender Messgeräte für thermische Energie

Voruntersuchungen und Felddaten

Markus Kühn, AG 7.52 Volumenstrom



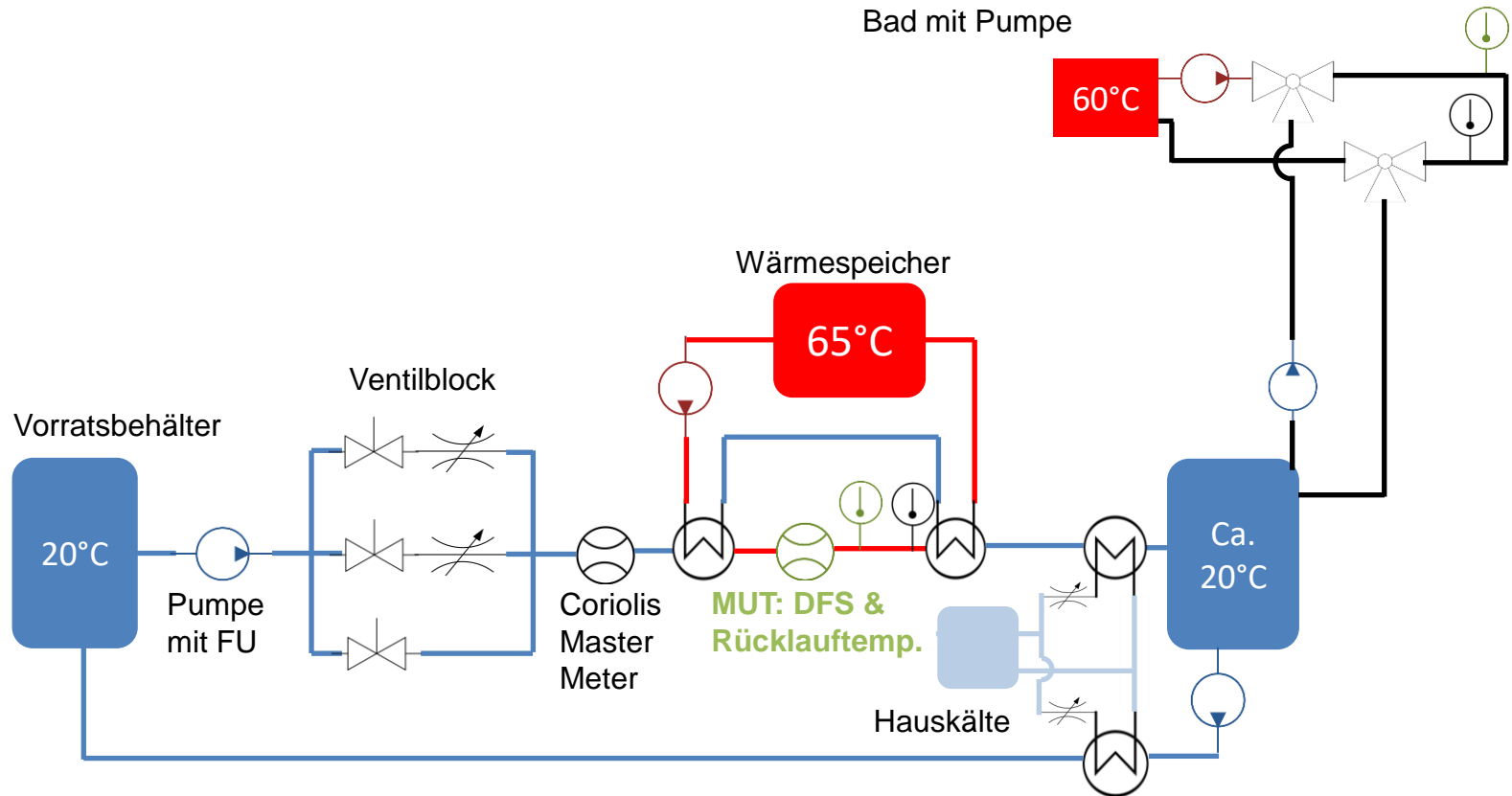
Motivation für Projekt & Prüfstand

- Schnellansprechende Zähler sind nötig bei
 - Warmwassersystemen ohne Speicher
 - Kombinierten Heiz- und Warmwassersystemen ohne Speicher
 - Fernwärme-Übergabestationen ohne Speicher
- Messgeräte für thermische Energie in allen Teilgeräten betroffen
 - Volumensensor (Trägheit, Sampling-Rate)
 - Temperaturfühlerpaar (Trägheit)
 - Rechenwerk (Sampling, Integration, Adaption)
- Fehler in Abrechnung können die Folge sein, aber gesamtes Messgerät für thermische Energie kann bisher noch nicht untersucht werden
- Problem wurde als Work Item in CEN TC 176 WG 2 ernannt



Bildquelle: Fa. Tacanova

Anlagenschema

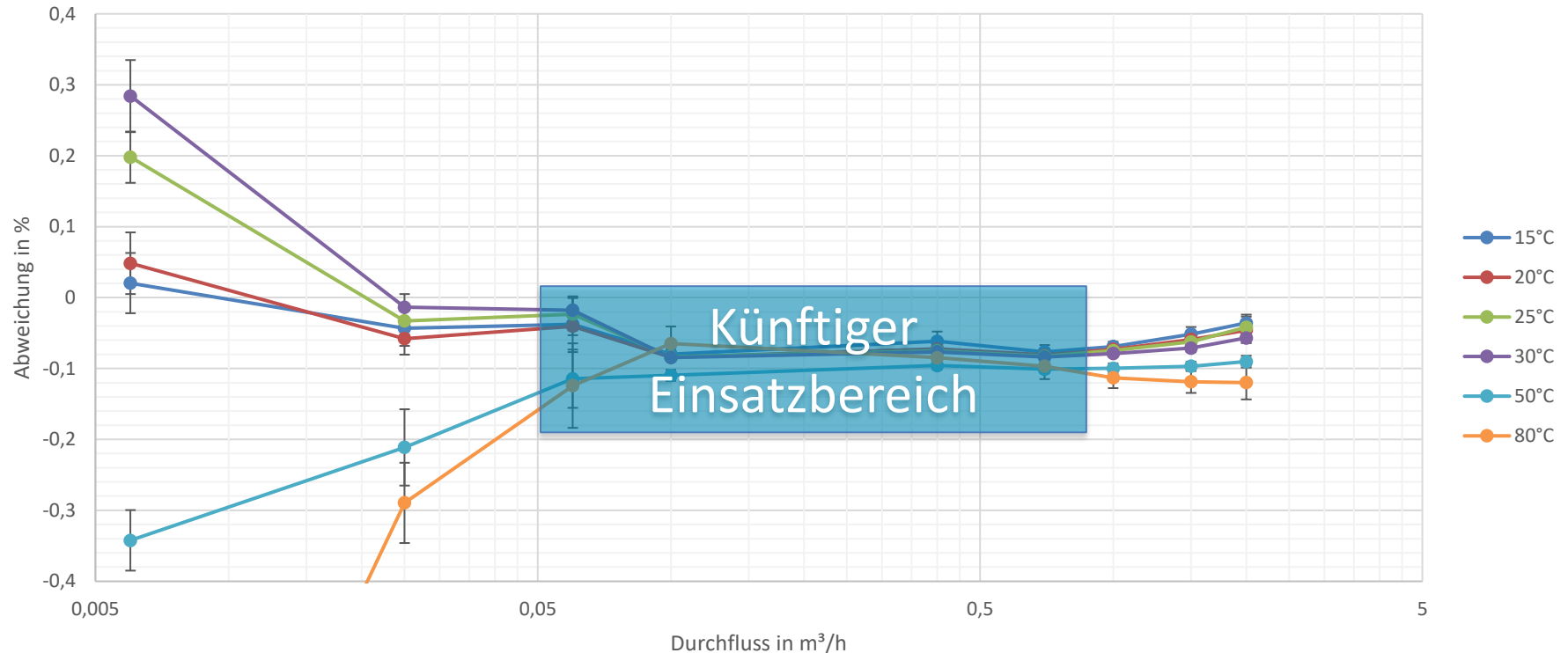


- Mastermeter des Prüfstands: Coriolis-Massenstromsensor
- Zur Auswahl eines geeigneten Mastermeters standen testweise verschiedene Fabrikate verschiedener Hersteller zur Verfügung
- Es wurden Voruntersuchungen zur Messabweichung sowie zum dynamischen Verhalten durchgeführt
- Folgende Folien zeigen exemplarisch das Verhalten eines Messgerätes

- Untersuchung der Messabweichung an einem volumetrischen Prüfstand (Piston Prover)
- Vergleich des Coriolis-Meters hinsichtlich Volumenmesswert (damit Messwerte für Massestrom und Dichte des Coriolis nötig)
- Messabweichung liegt zunächst im erwarteten Bereich

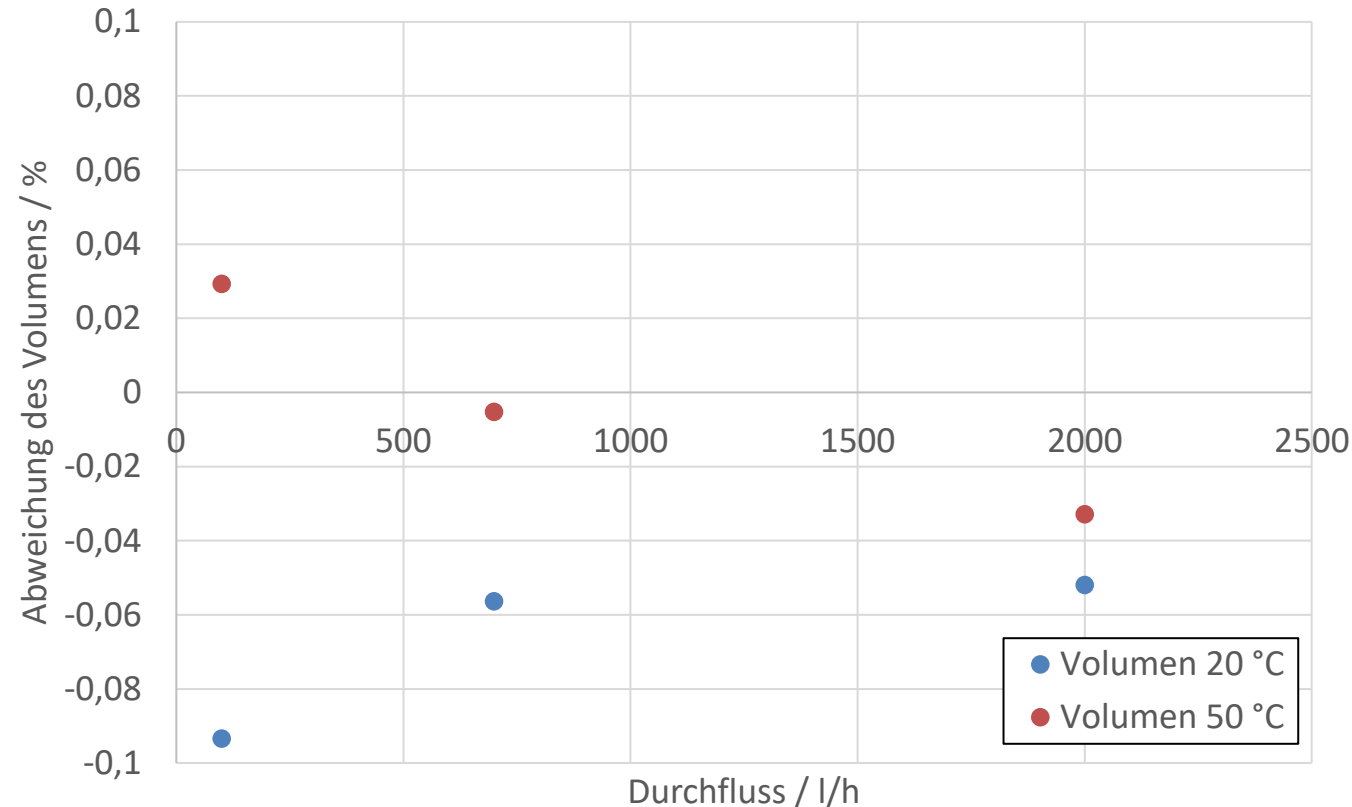
Coriolis - Messabweichung

Abweichung MUT zu VGP (jeweils Mittelwert aus 10 Messungen)



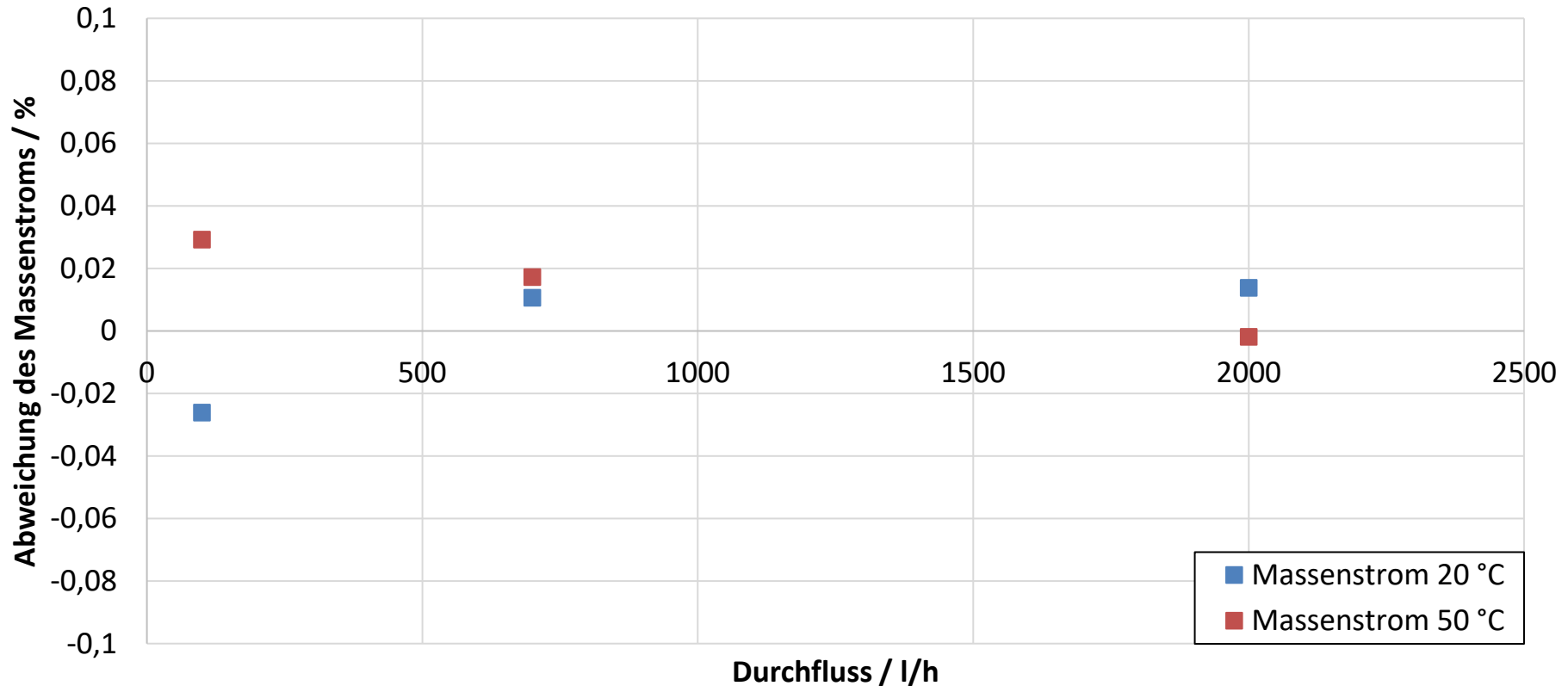
- Diskrepanzen aufgetreten zwischen Prüfstand und Coriolis-Mastermeter des Prover-Prüfstandes auf der einen Seite und untersuchtem Coriolis-Meter andererseits
- Scheinbar haben Einbaulage und/oder Rohrkräfte Einfluss auf Volumenstrommessung (Abweichung fast 0,1 %)
- Zwei Messgrößen zu betrachten: Dichte und Massestrom
- Vermutung: Messung der Dichte (Messprinzip Biegeschwinger/Eigenfrequenz) wird stärker durch veränderte Einbausituation beeinflusst als Messung des Massenstroms (Schwingform/Phasenlage)

Coriolis – Einfluss Einbaulage/Rohrkräfte

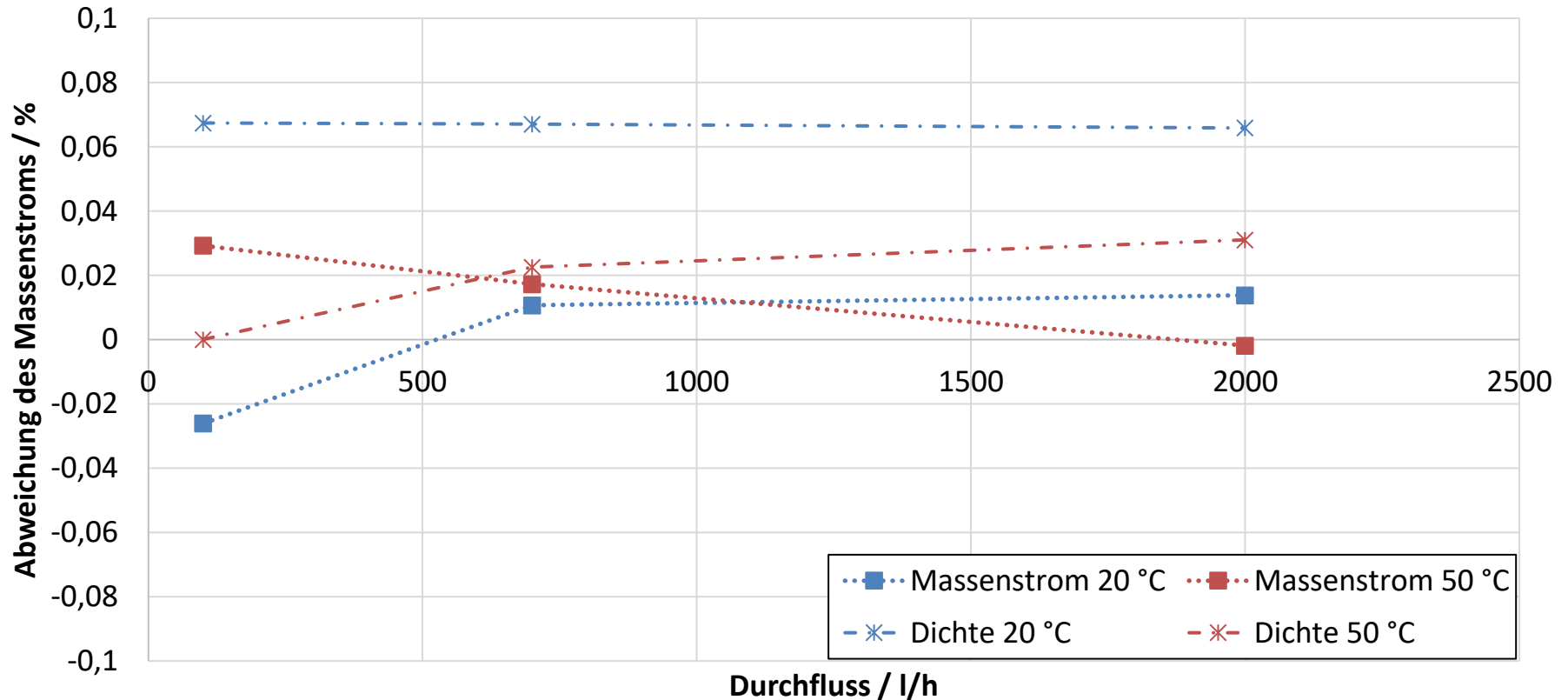


- Abweichung zwischen vertikalem und horizontalem Einbau
- Mittelwert aus fünf Wiederholungen
- Sehr kleine Standardabweichung (nicht dargestellt)

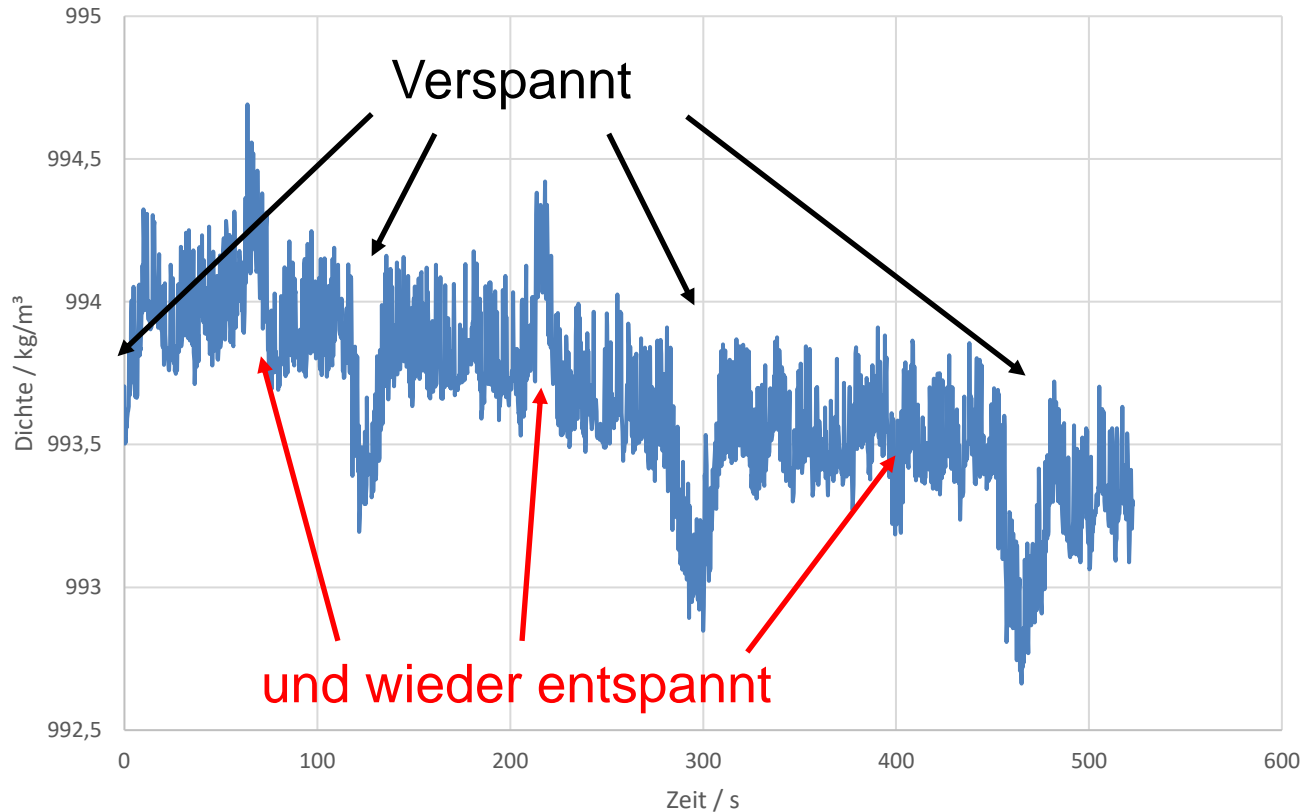
Coriolis – Einfluss Einbaulage/Rohrkräfte



Coriolis – Einfluss Einbaulage/Rohrkräfte



Einfluss Rohrkraft

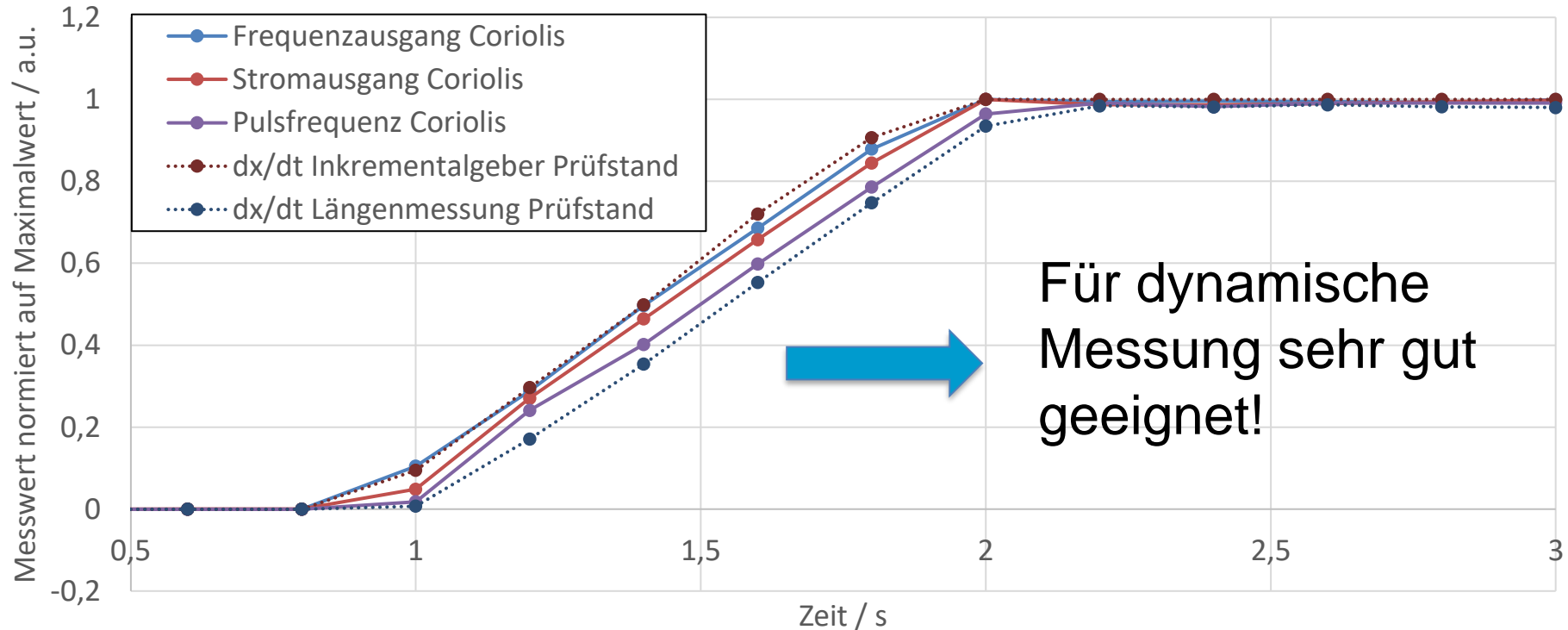


→ Weitere Untersuchungen folgen

- Alle Ausgänge (Impuls, Frequenz, Strom) auf dynamisches Verhalten getestet
- Verglichen mit Längenmesssystem sowie Inkrementalgeber eines volumetrischen Piston Provers
- Alle Ausgänge des Coriolis-Meters zeigen dynamisches Verhalten besser 200 ms (Grenze des für die Voruntersuchungen genutzten Datenerfassungssystems)
- Damit vermutlich eine Größenordnung schneller als zu untersuchende Wärmezähler

Coriolis – dynamisches Verhalten

Zeitliches Verhalten bei Sprung von 0 auf 2000 I/h

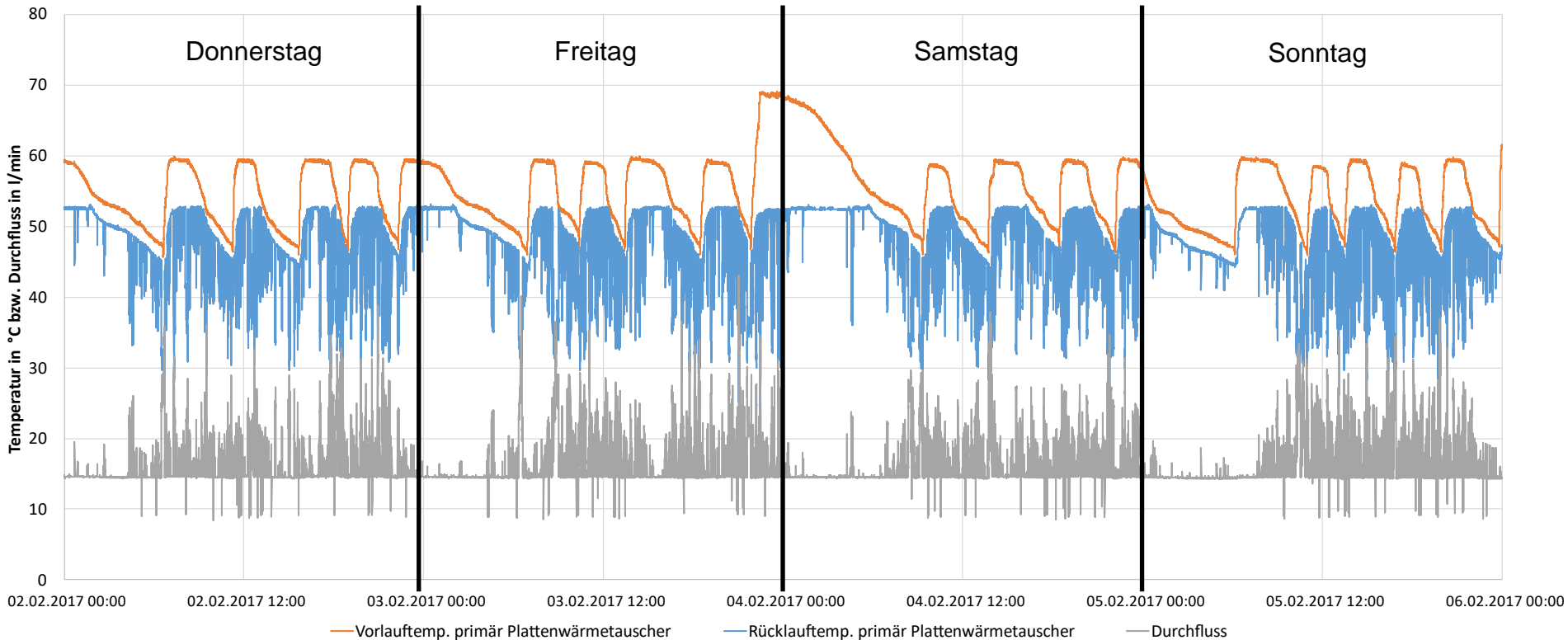


Für dynamische
Messung sehr gut
geeignet!

- Erhalten von Fa. Tacanova (Schweizer Hersteller von u.a. Wohnungsübergabe- und Frischwasserstationen)
- Messdaten für zentrale Stationen von zwei MFH (jeweils 33 WE) sowie einem Krankenhaus, Zeitauflösung 2...10 s
- Stationen teilweise kaskadiert (dreifach parallel)
- Leistungsbereich deutlich größer (bis 200 kW) als bei Kleinwärmezählern
- Datenlage für kleine Stationen leider scheinbar sehr dünn...

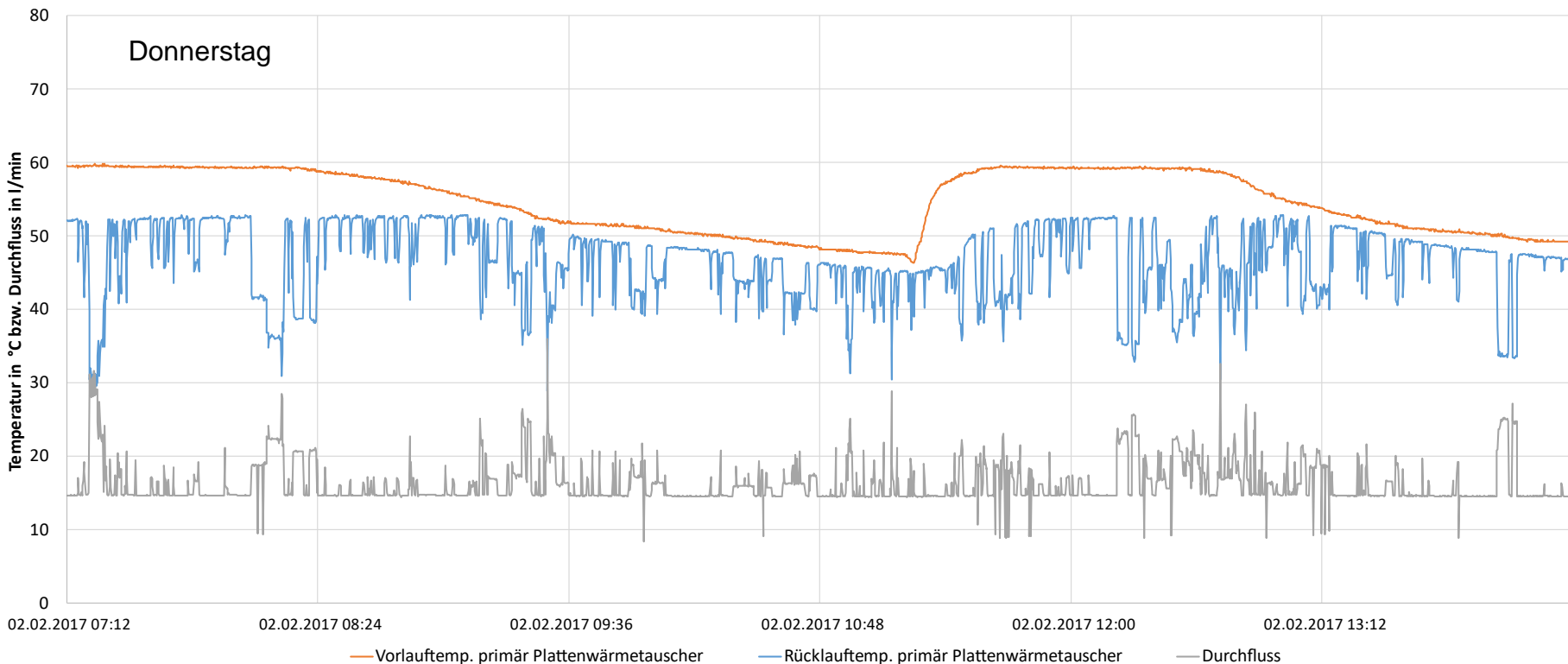
Messdaten aus dem Feld (MFH mit 33 WE)

Temperaturen / Durchfluss Plattenwärmetauscher



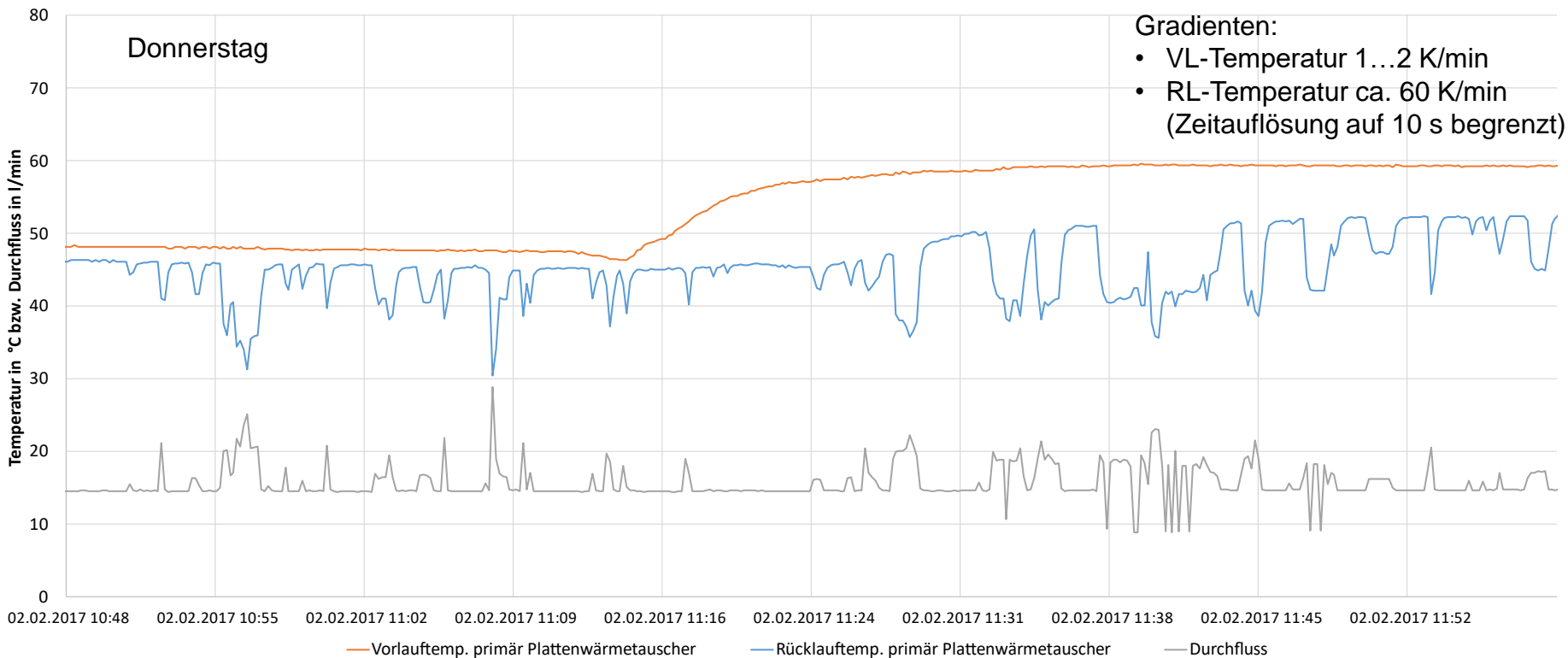
Messdaten aus dem Feld (MFH mit 33 WE)

Detail Temperaturen / Durchfluss Plattenwärmetauscher



Messdaten aus dem Feld (MFH mit 33 WE)

Detail Temperaturen / Durchfluss Plattenwärmetauscher





**Physikalisch-Technische Bundesanstalt
Braunschweig und Berlin**

Abbestr. 2-12

10587 Berlin

Markus Kühn

Telefon: 030 3481-7697

E-Mail: markus.kuehn@ptb.de

www.ptb.de

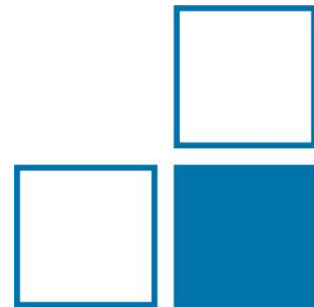


English version

Metrology for fast response thermal energy meters

Preliminary experiments and field data

Markus Kühn, AG 7.52 Volumenstrom



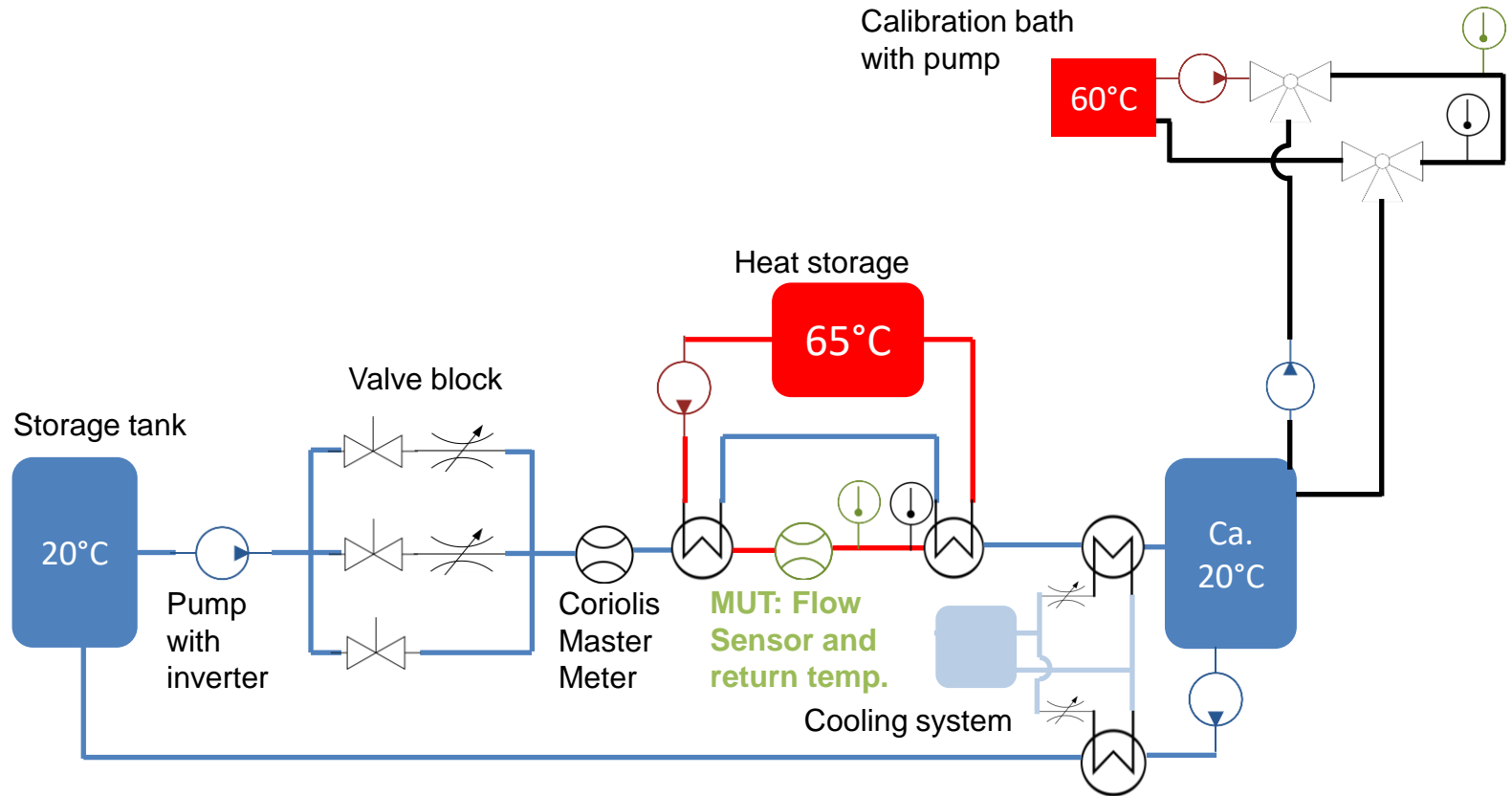
Why the project and why a new test bench?

- Fast response meters are required for
 - Hot water systems without storage tank
 - Combined hot water and heating systems without storage tank
 - District heating sub-station without storage tank
- Fast transients have influence on all sub-components of the heat meter
 - Volumetric flow sensor (delay and responsiveness, sampling rate)
 - Temperature sensor pair (responsiveness)
 - Calculator (sampling, integration, adaption)
- Those influences can lead to unfair billing, but so far no complete metrological evaluation of the combined heat meter is possible
- Problem was identified as a work item in CEN TC 176 WG 2



Image source: Tacanova

Schematic of the test rig



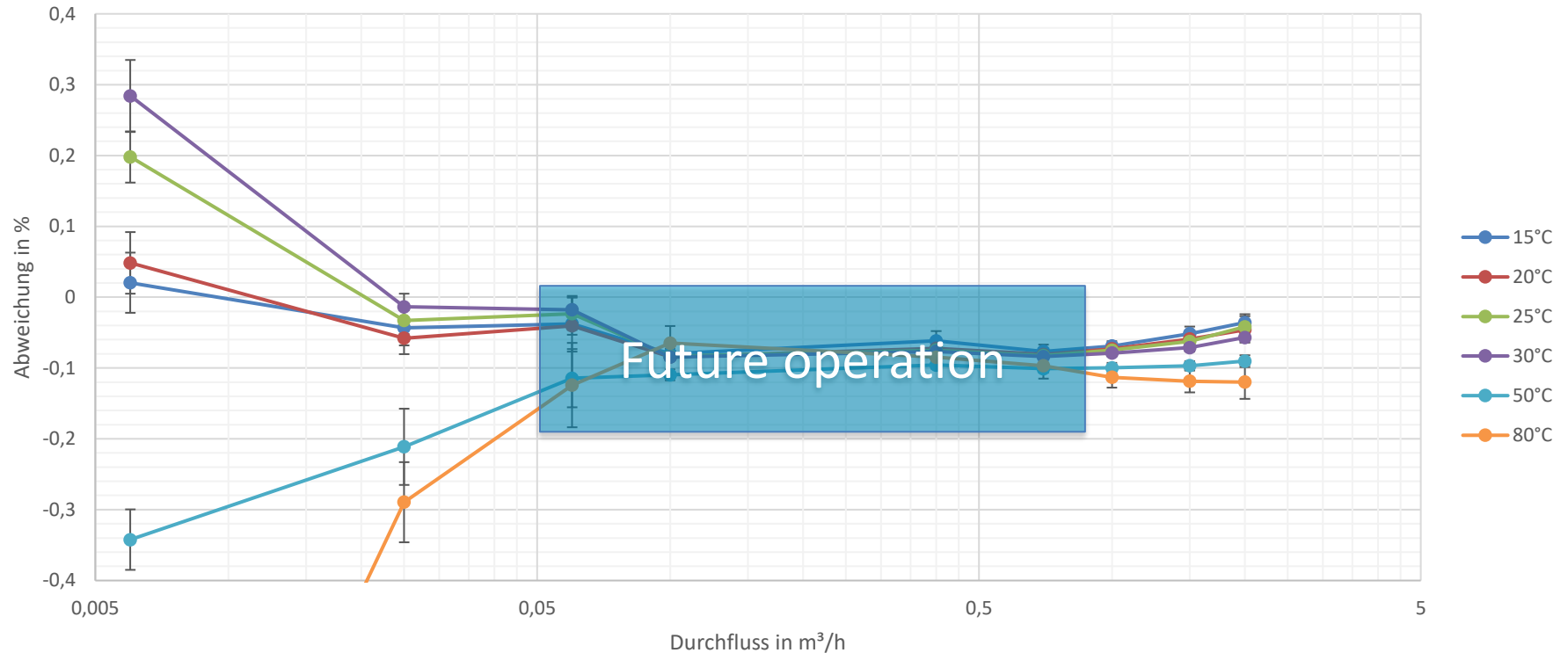
Choosing the master meter

- Preferred principle of measurement: Coriolis mass flow sensor
- Several different products from several manufacturers were available for preliminary experiments to determine stationary and dynamic behaviour of the meter
- The following slides and test results show exemplary behaviour of one specific meter

- Analysis of the stationary deviation of the coriolis meter in comparison to a volumetric piston prover
- Comparison of volumetric results → therefore, mass flow as well as density measurements of the Coriolis meter have to be used
- Deviation in expected region

Coriolis – stationary deviation

Deviation between MUT and piston prover (mean values of 10 measurements)

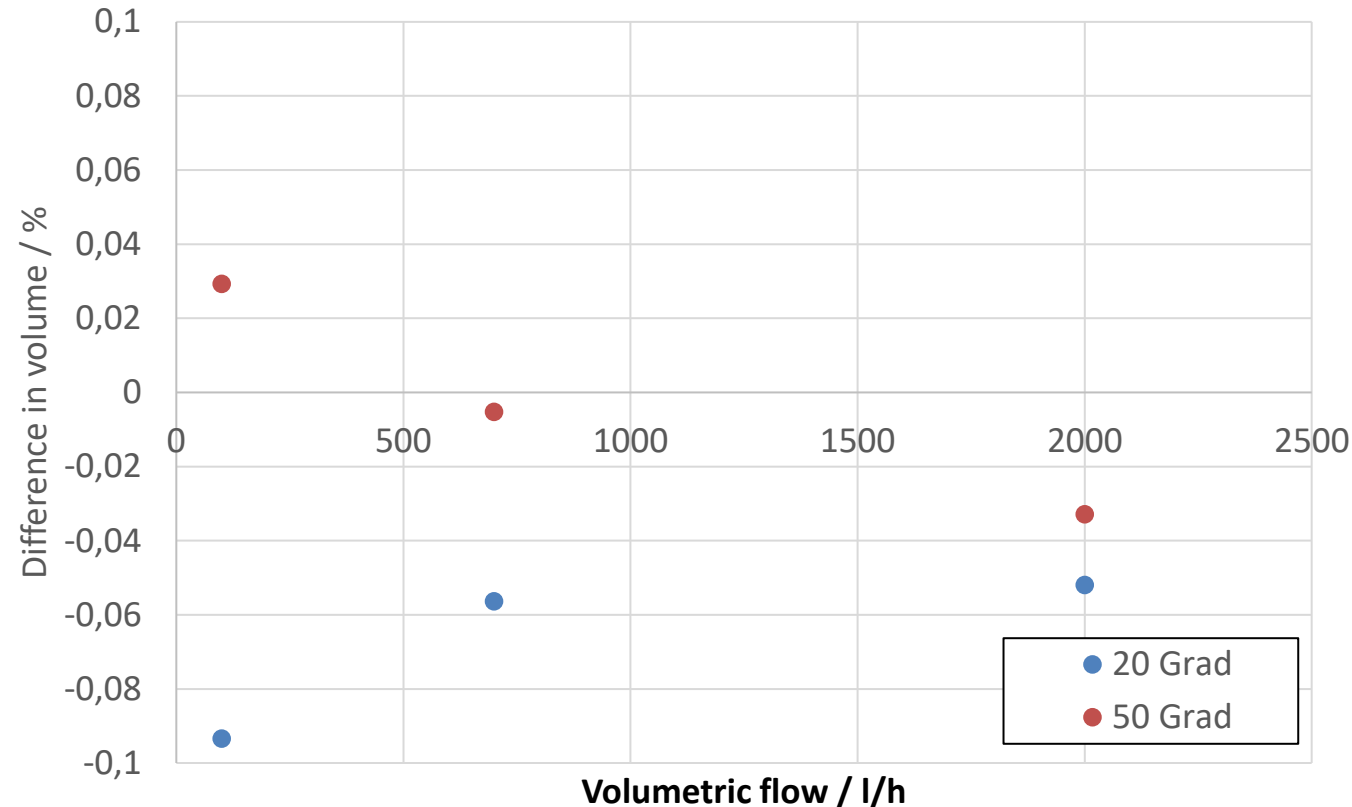


Coriolis – Influence by way of installation



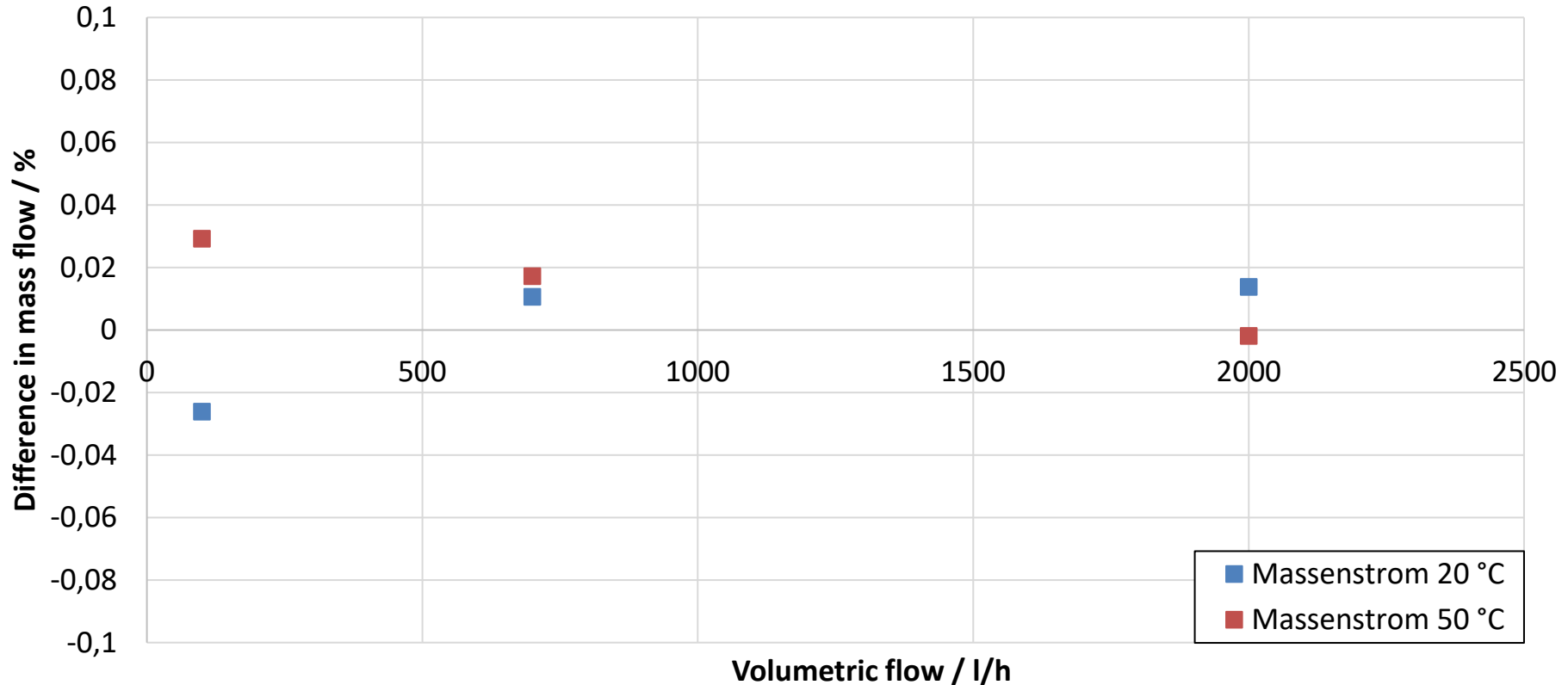
- Deviations were discovered between results from piston prover and its own Coriolis master meter and the Coriolis Meter under Test
- Seemingly the way how the meter is installed and axial forces influence the volumetric measurement (deviation of nearly 0,1%, exceeds specifications)
- Two measured values have to be considered: Mass flow and density
- Working theory: Measuring the density (by principle of flexural resonator) is more susceptible to changes in installation than the measurement of the mass flow (by phase shift of vibration forms)

Coriolis – Influence by way of installation

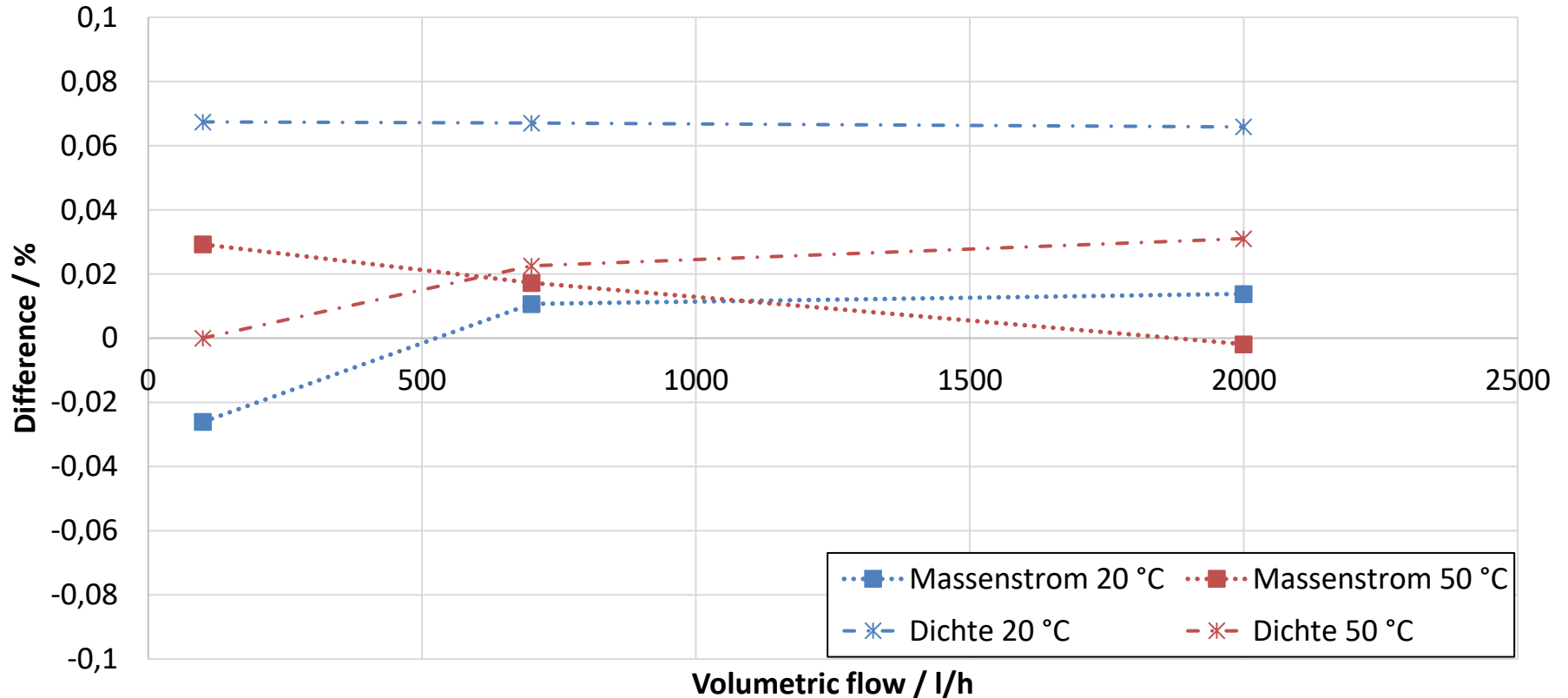


- Deviations between horizontal and vertical installation
- Mean values of five repeated measurements
- Very low standard deviation (not shown as it would not be visible)

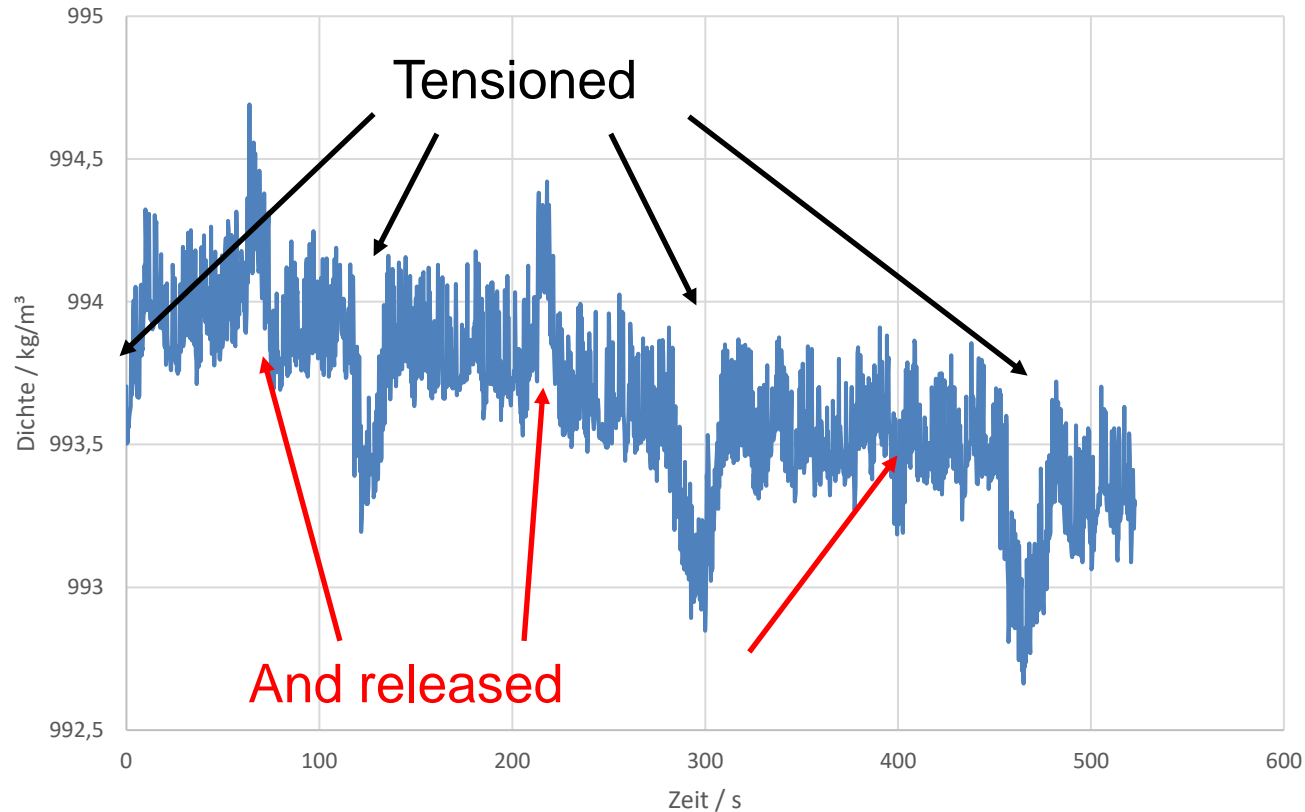
Coriolis – Influence by way of installation



Coriolis – Influence by way of installation



Coriolis – Influence of axial force

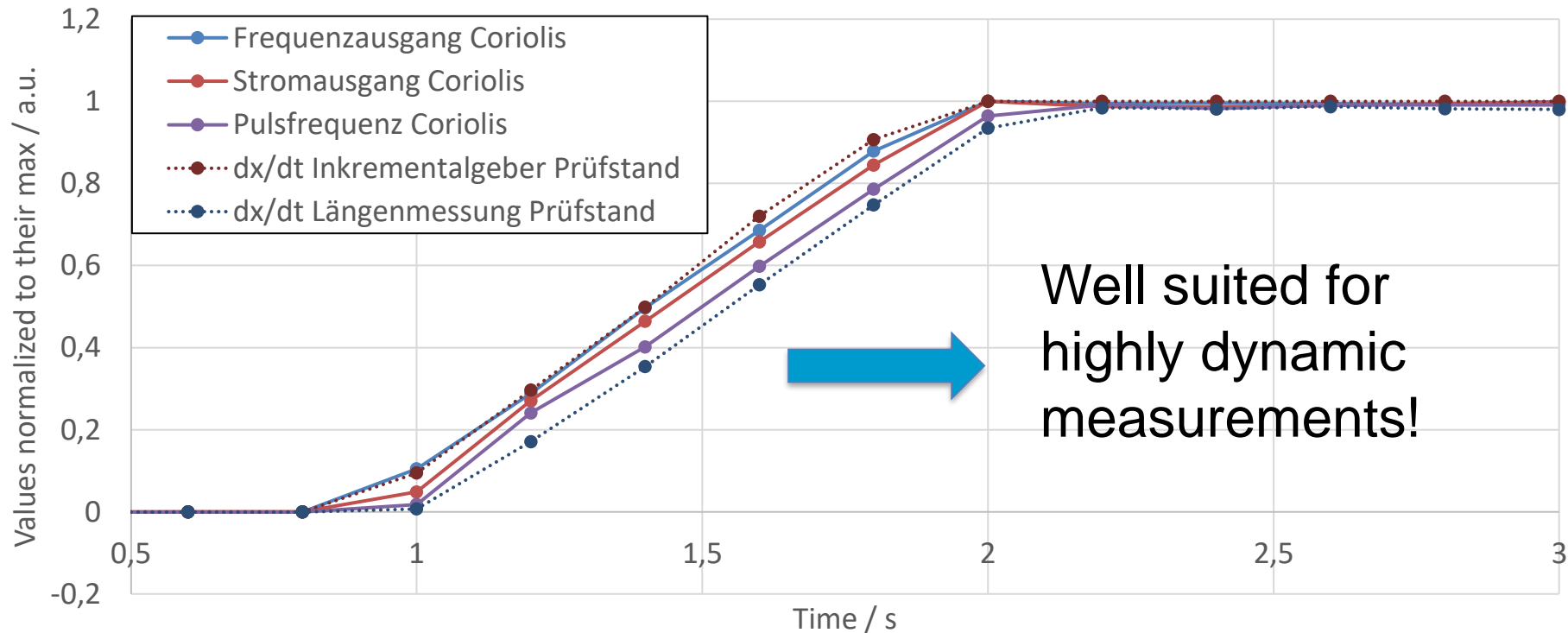


→ More experiments to follow

- All output channels of the meter (impulses, frequency, current) have been tested in regard to their dynamic behaviour
- Comparison with linear scale and incremental signal of the volumetric piston prover
- All outputs of the coriolis meter performed better than 200 ms (the limit of the used measurement system for the preliminary tests)
- Thus, the Coriolis appears to be at least a decade faster than the expected production heat meters to be tested

Coriolis – dynamic behaviour

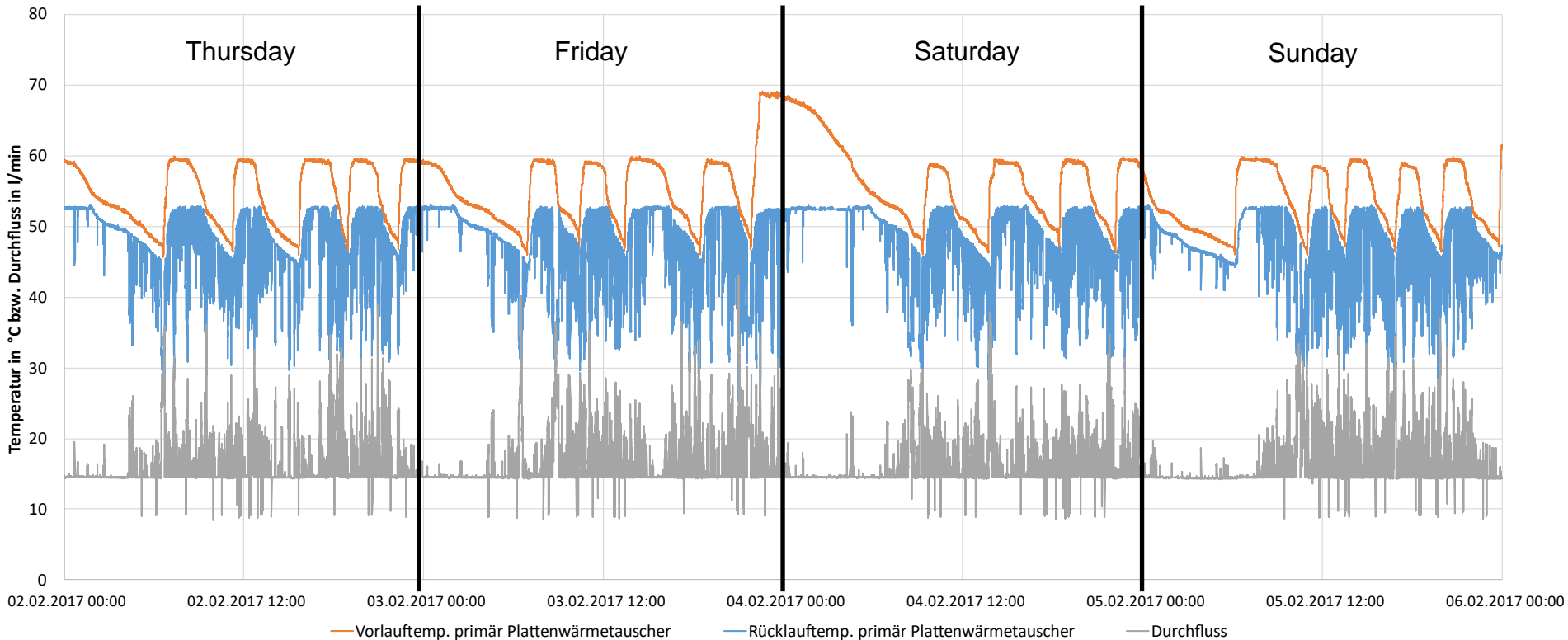
Transient behaviour, flow change from 0 to 2000 l/h



- Received field data from Tacanova (Swiss manufacturer of e.g. centralized and decentralized heat interface units)
- Data of central stations from two apartment buildings and one hospital, time resolution 2...10 s
- Some stations were even cascaded (three parallel)
- Installed in systems with heating power way greater (>200 kW) than for small thermal energy meters
- Obtaining real field data for small thermal energy meters proves to be very difficult...

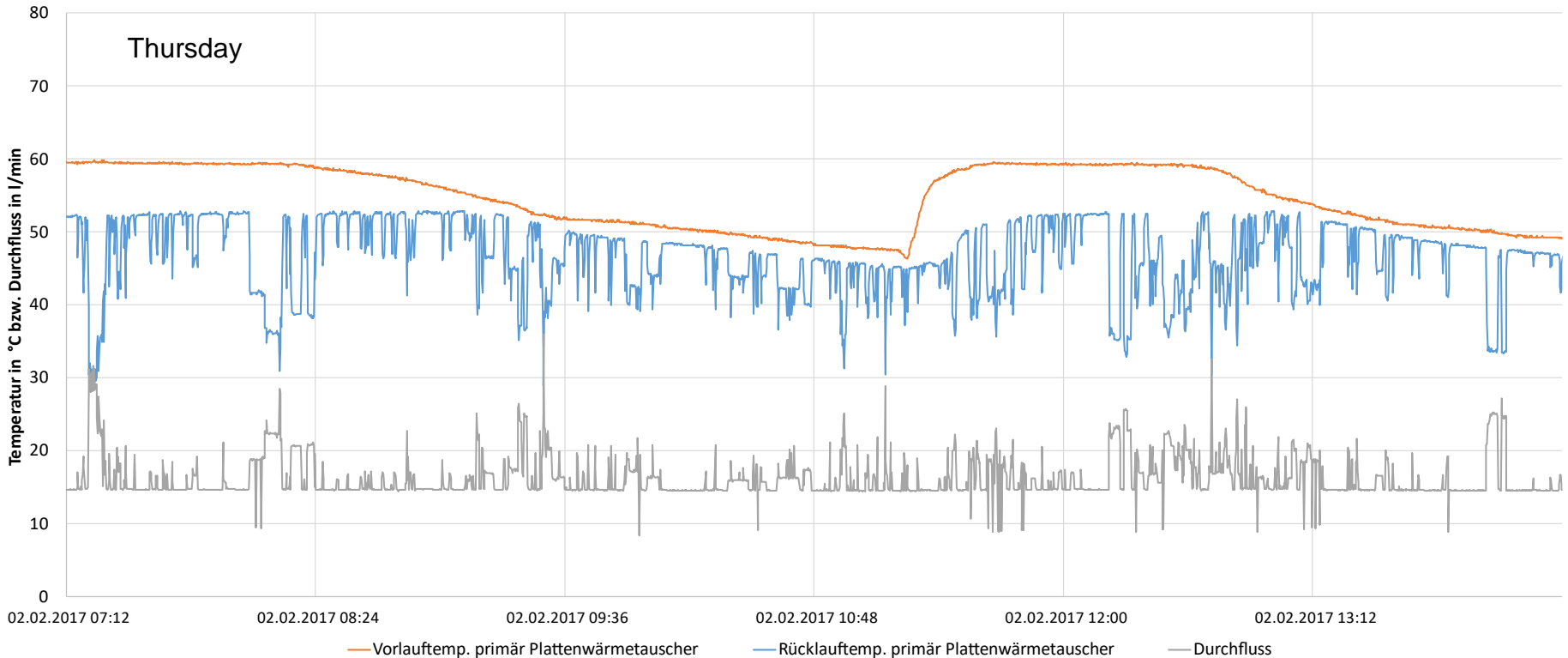
Field data (apartment building, 33 flats)

Temperaturen / Durchfluss Plattenwärmetauscher



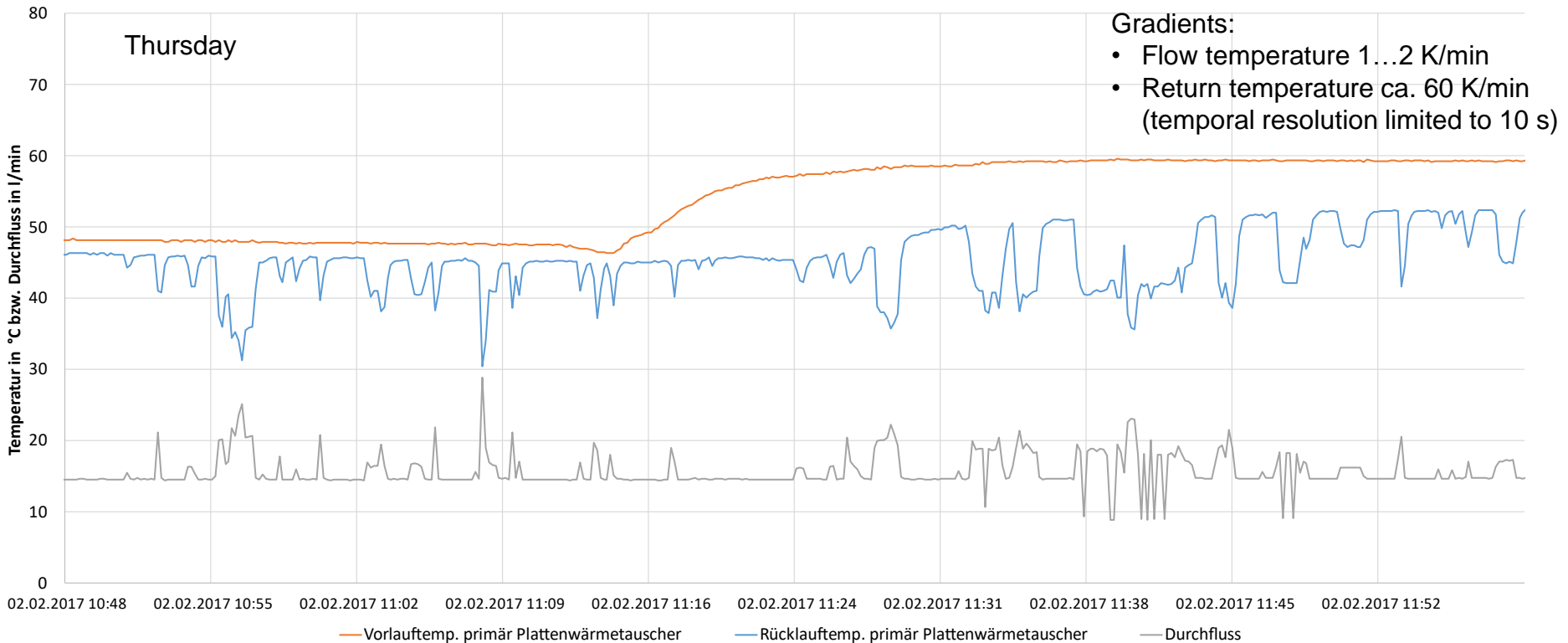
Field data (apartment building, 33 flats)

Detail Temperaturen / Durchfluss Plattenwärmetauscher



Field data (apartment building, 33 flats)

Detail Temperaturen / Durchfluss Plattenwärmetauscher





**Physikalisch-Technische Bundesanstalt
Braunschweig und Berlin**

Abbestr. 2-12

10587 Berlin

Markus Kühn

Telefon: 030 3481-7697

E-Mail: markus.kuehn@ptb.de

www.ptb.de

