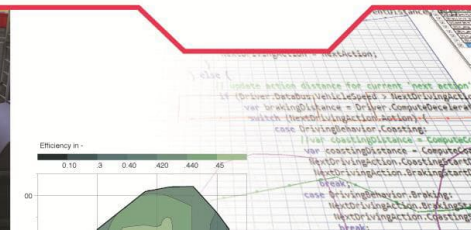


Überprüfung Funktionskette zur Detektion manipulierter oder defekter LKW (Euro VI) anhand von NOx-Schwellwerten mittels Plume-Chasing Methode

Ergebnispräsentation

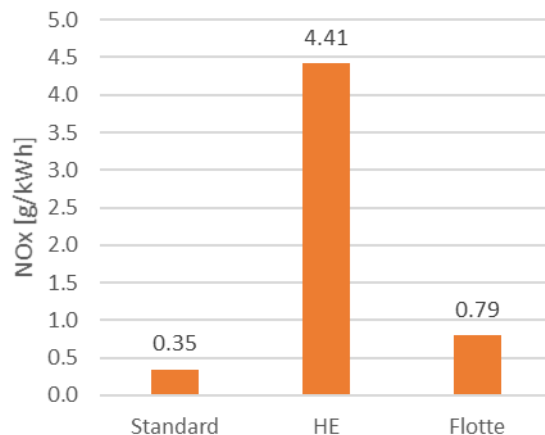
Institut für Thermodynamik und nachhaltige Antriebssysteme

11.09.2025



Hintergrund

1. Studienergebnisse anhand von Messungen mit Plume-Chasing
 - Anteil HE an Euro VI Flotte in AT: 11,0 %^{1,2}
 - Emissionserhöhung durch HE bei Euro VI ABC³: Mehr als Verdoppelung
2. Nachweis von Manipulation auch nach Detektion von HE herausfordernd
 - Früher: oftmals Einsatz von AdBlue Emulatoren → „einfach“ zu erkennen
 - Heute: Einsatz von Softwaremanipulation → herausfordernde Detektion
 - Erkennung von verdächtigen Fahrzeugen mittels Plume-Chasing
 - Kontrolle an Verkehrskontrollpunkten
 - Testdauer mehrere Stunden, oftmals kein Erfolg, großer Personaleinsatz → nicht effizient
3. Alternative Methode zum Nachweis: Emissionsmessung mit Grenzwert (Vorstudie bereits erstellt⁴)
 - Direkte rechtliche Konsequenzen bei Grenzwertüberschreitung (Messung mit Plume-Chasing)
 - Schaffung rechtlicher Grundlagen für mögliche Regulierung durch hier dargestelltes Projekt



HE: Hochemittierende Fahrzeuge – defekt oder manipuliert

¹ [Redacted] Bestimmung von LKW NOx Emissionen (Real Driving Emissions) auf Tiroler Autobahnen und potenziellen Abgasmanipulationen, Im Auftrag von Amt der Tiroler Landesregierung Abteilung Verkehrsrecht, 2018

² [Redacted] Detektion von hochemittierenden LKWs im fließenden Verkehr, Eine Studie in der Steiermark, Österreich 2022 mit der „Plume-Chasing“ Messmethode, Im Auftrag von Land Steiermark, 2024

³ www.hbefa.net

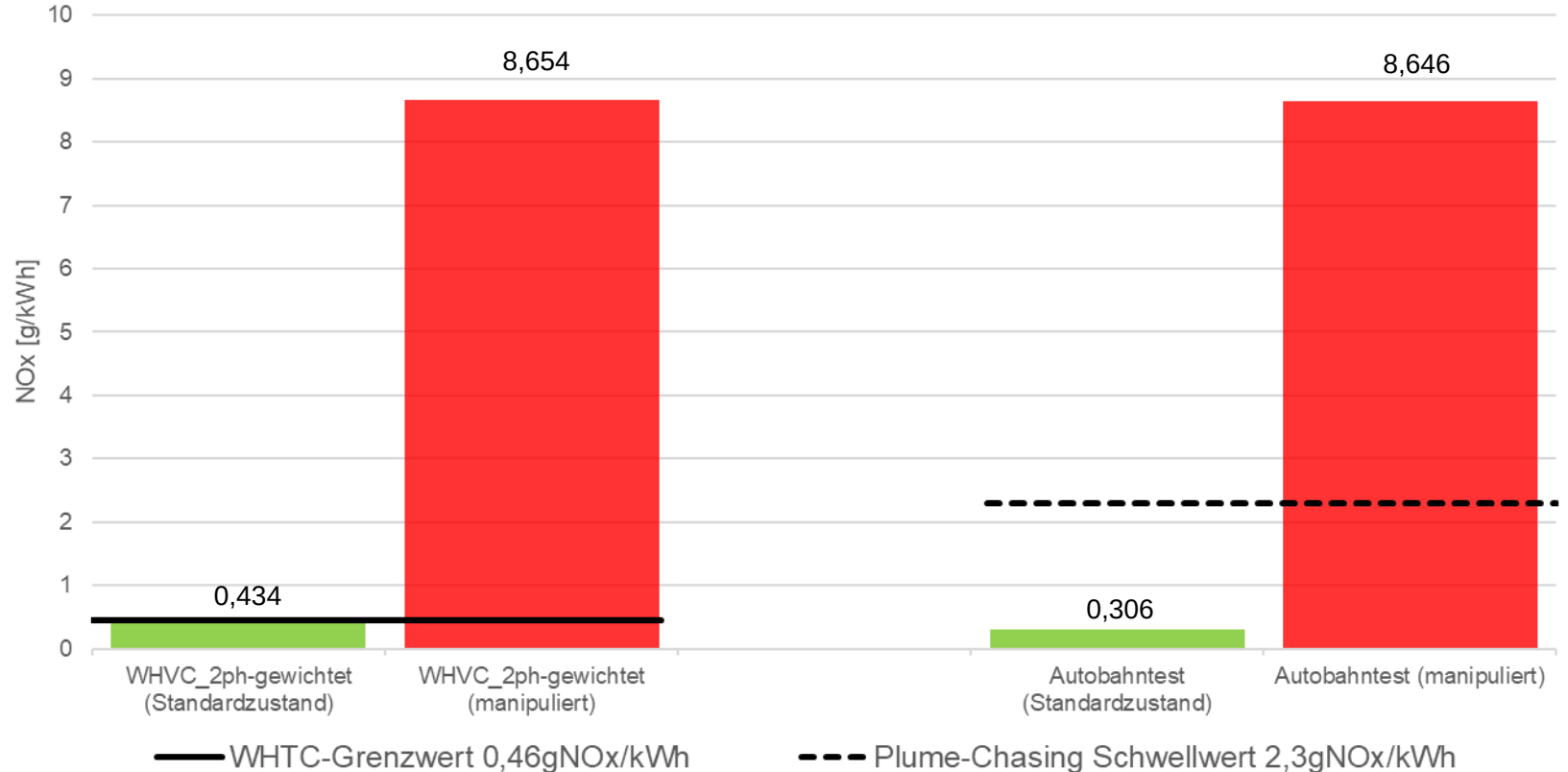
⁴ [Redacted] et al.: Schwellwerte für die Detektion von manipulierten oder defekten LKW – Machbarkeitsstudie, TU Graz im Auftrag des Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie, April 2024

Projektablauf

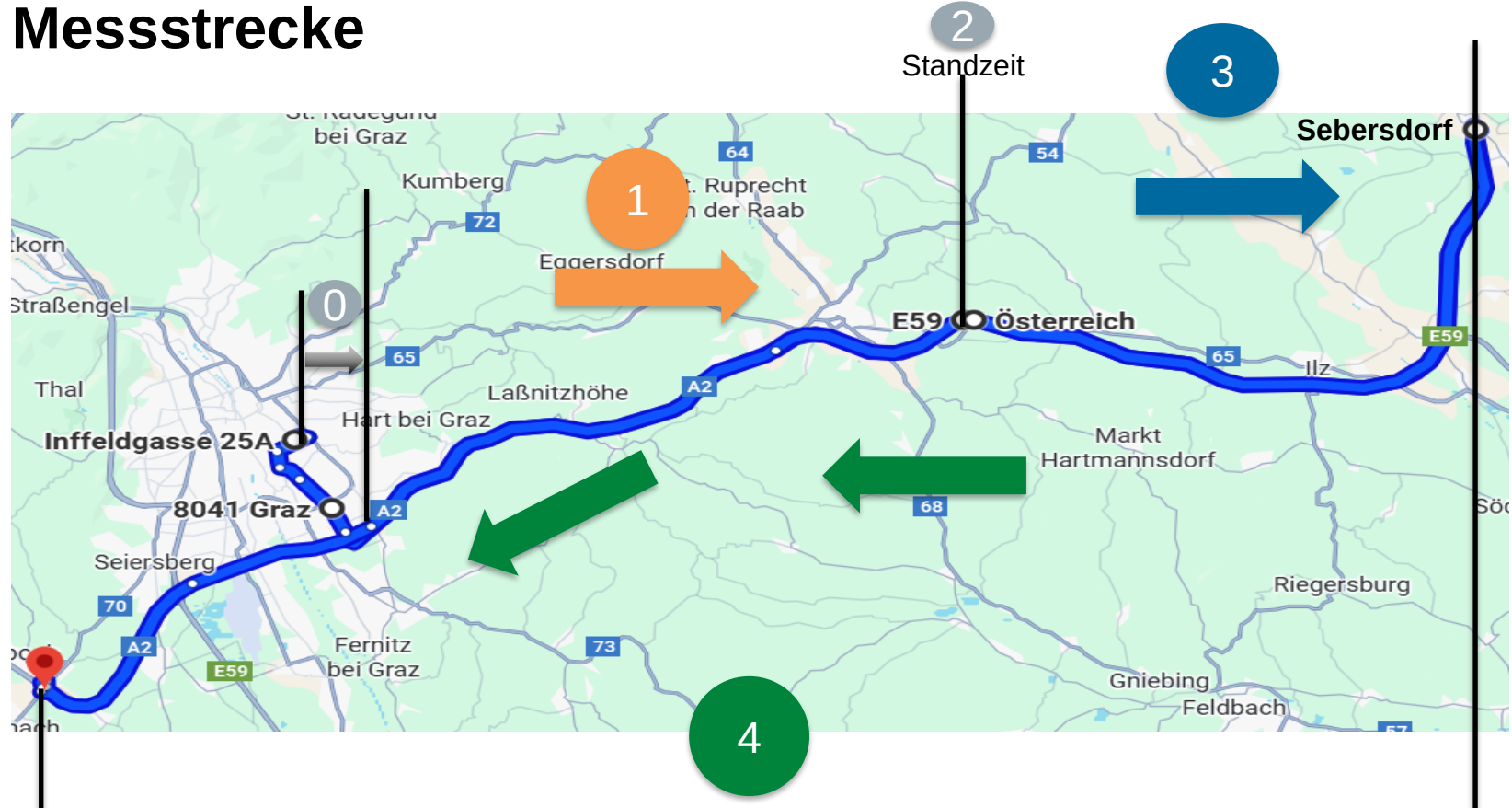
1. Messung Testfahrzeug im Standardzustand am Rollenprüfstand der TU Graz
 - Konformitätsüberprüfung anhand Prüfzyklus
 - Realemissionsverhalten
2. Manipulation des Fahrzeuges durch Einfüllen von Wasser in den AdBlue Tank
 - Überprüfung der Änderung im Emissionsverhalten
3. Messung Testfahrzeug manipuliert am Rollenprüfstand der TU Graz (gleich wie 1)
4. Messung Testfahrzeug manipuliert mittels Plume-Chasing und portabler Emissionsmesstechnik (PEMS)
5. Rückversetzung Testfahrzeug in Standardzustand
 - Überprüfung der Änderung im Emissionsverhalten
6. Messung Testfahrzeug im Standardzustand mittels Plume-Chasing und PEMS
7. Datenauswertung und Analyse
8. Überprüfung gesamte Funktionskette und mögliche Adaption



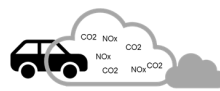
Ergebnisse – Messungen Rollenprüfstand TU Graz



Messstrecke



Berechnungsmethode



46g/mol

0.55kg/kWh

$$BSE_{NO_x} \left[\frac{g_{NO_x}}{kWh} \right] = \underbrace{\frac{\sum_{i=1}^n m_{NO_x} [g]}{\sum_{i=1}^n W_{pos} [kWh]}}_{\text{PEMS}} = \underbrace{\frac{\sum_{i=1}^n EC_{NO_x} [ppm]}{\sum_{i=1}^n EC_{CO_2} [ppm]} \times \frac{M_{NO_x} \left[\frac{g}{mol} \right]}{M_{CO_2} \left[\frac{g}{mol} \right]}}_{\text{Plume-Chasing}} \times BSE_{CO_2} \left[\frac{g_{CO_2}}{kWh} \right]$$

44g/mol

BSE	Brake Specific Emissions / arbeitsbasierte Emissionen
i	jeweiliger Messpunkt
n	Endzeitpunkt der Messung
W_{pos}	positive Motorarbeit
EC	Emission Concentration / Emissionskonzentration
M	Molare Masse

Mittels dieses Verfahrens wurden bei der Auswertung zu jeder Sekunde der Messfahrt eine Messung gestartet, die Emissionsmassen über die Messdauer kumuliert, die arbeitsbasierten Emissionen berechnet und als Messwert mit dem Zeitstempel des Startpunktes abgespeichert.

Bedingungen für eine gültige Messung:

PEMS und Plume-Chasing

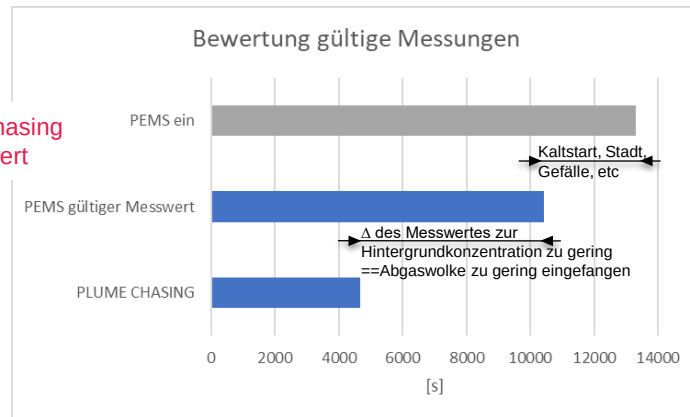
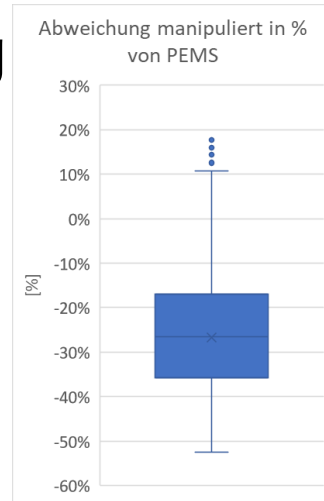
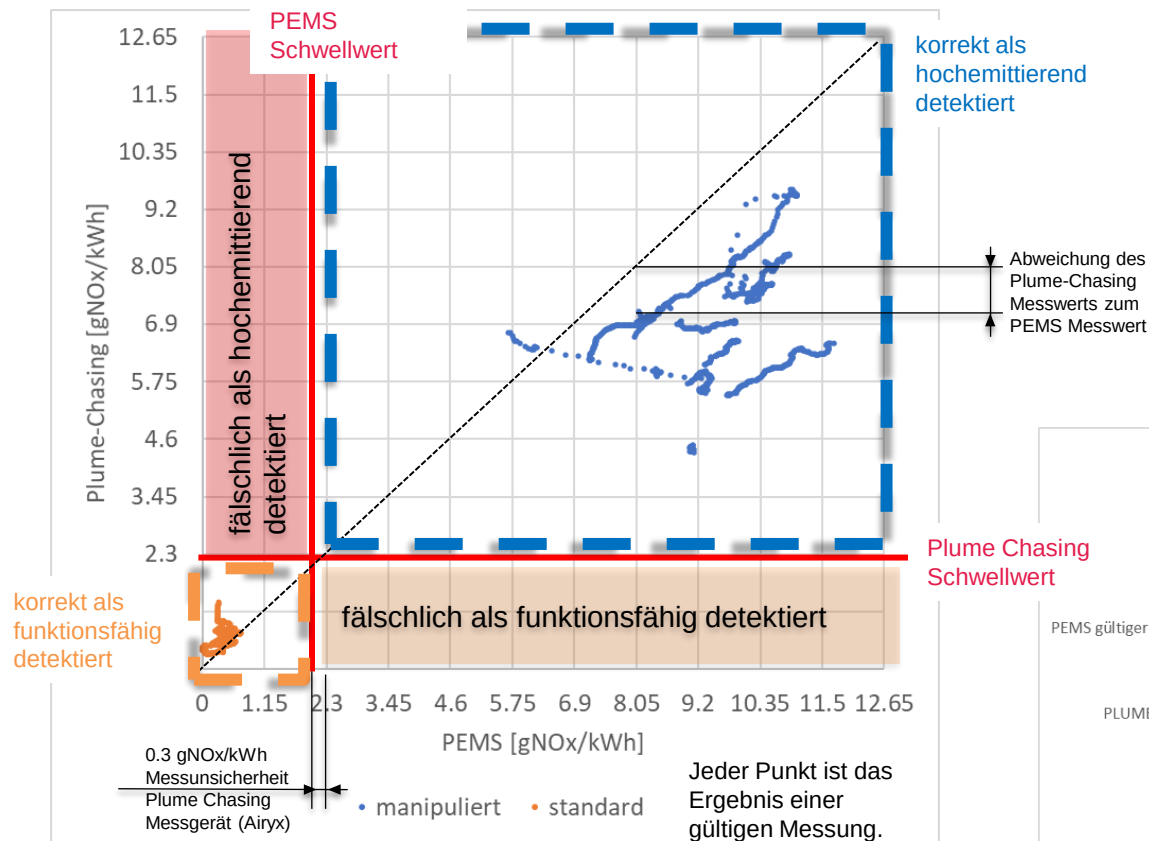
- Mindestens 60km/h für einen gültigen Messpunkt (setzt Messpunkt 0)
- Messdauer 300s (umfasst entsprechende Anzahl von Messpunkten)
- Mittelwert der Steigung über alle Messpunkte 300s vor und während der Messung $\geq -0.5\%$
- Mindestens 40% der Messwerte müssen gültig sein pro Messung

Plume-Chasing

- Mindestens 30ppm CO₂ Delta zur Umgebung (setzt Messpunkt 0)
- Überhohlvorgänge anderer LKW und dichter Kolonnenverkehr müssen ausgeschlossen werden

Mit diesen Randbedingungen ergeben sich keine Fehldetektionen, sowohl im Manipulierten- als auch im Standardzustand.

Ergebnisse – Messung mittels Plume-Chasing

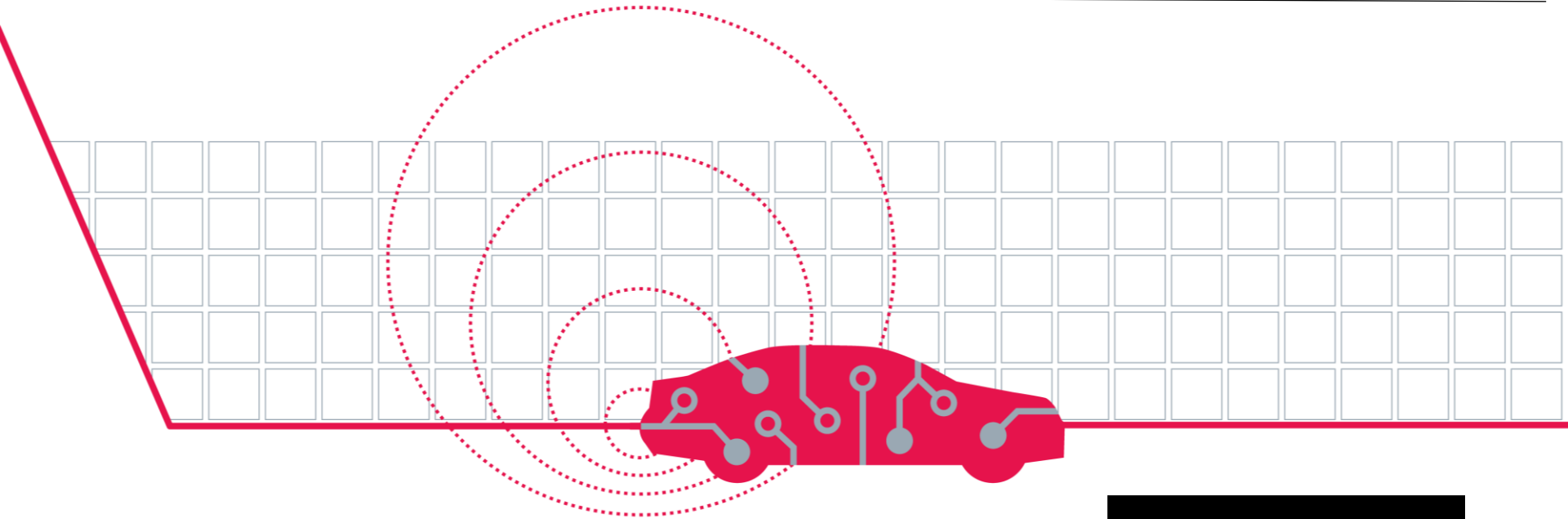


Zusammenfassung

- Randbedingungen für Gültigkeit Messung
 - Ausschluss von Kaltstartphasen
 - Messungen nur auf der Autobahn möglich
 - Messungen im Kolonnenverkehr sehr eingeschränkt möglich
 - Gültigkeit Messung durch Überhohlvorgänge anderer LKW sehr eingeschränkt
 - Erhöhung gültiger Messfenster durch gezielte Streckenauswahl hinsichtlich Topographie
- Ergebnisse
 - Detektion von hochemittierenden Fahrzeugen durch Messung möglich
 - Ausschluss von Fehldetektionen funktionierender Fahrzeuge gegeben

Next steps

- Optional: Messung an einem 2. Testfahrzeug
 - Absicherung der Methode durch gezielte Fahrzeugauswahl im grenzwertnahen Bereich
 - Geringer Abstand zum NOx-Grenzwert (z.B. erhöhte Laufleistung und erste Euro VI Generation)
 - Geringere Roh-Emissionen (Einsatz von Abgasrückführung)
 - Absicherung der Messgenauigkeit
 - Weitere Stichprobe
 - Unterschiedliche Umgebungsbedingungen
- Diskussion der Ergebnisse (falls gewünscht)
- Erstellung des Endberichts



@ivt.tugraz.at

Innfeldgasse 19

8010 Graz

itna.tugraz.at