



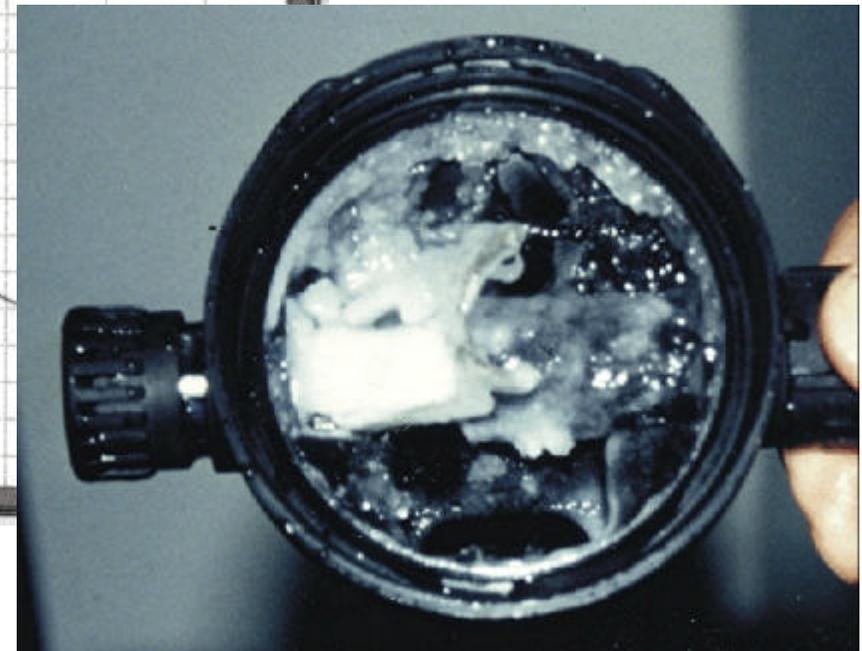
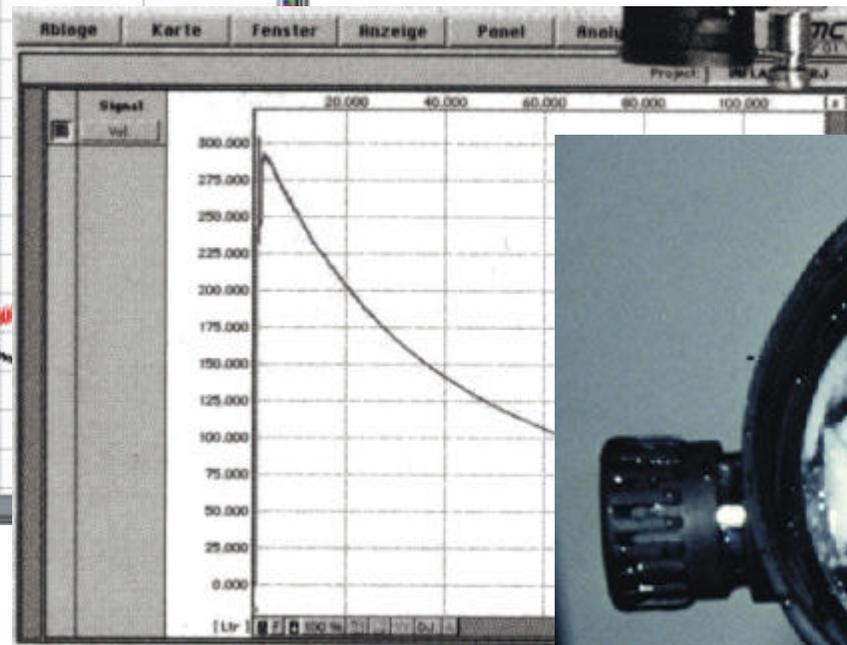
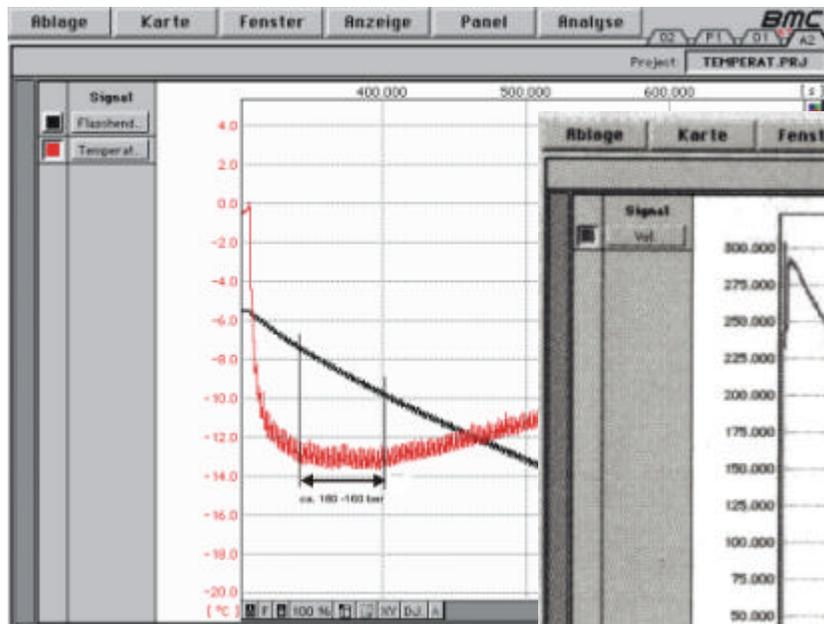
Ausbildertagung

12.10.2014

Bad Kreuznach

Landesverband Sporttauchen Rheinland-Pfalz e.V.

Neueste Messtechnik belegt Grenzen von Atemreglern



Ursache für Tauchunfälle? (!)



Roland Schmidts

Taucher seit 1984

- Erste elektronische Prüfbank 1993
- Druckkammerversion der Prüfbank 1996
- Atemgaskonditionierung, Oktopus-/Inflatormessung 1998
- Kalorimeter zur thermischen Leistungsfähigkeitsmessung von Kälteschutz
- Spezial-Messtechnik - z. B. thermisches Verhalten von Atemreglern, Inflatorleistung, ...

Dr. Dietmar Berndt

Taucher seit 1968/69

- Öffentlich bestellt und vereidigt als Sachverständiger für „Tauchausrüstungen - Unfallursachenermittlung / Technikbewertung“
- Mitglied diverser DIN/CEN-Normenausschüsse
- Autor / Referent „Technik, Physik, Physiologie“ für Fachmedien und -organisationen



Gemeinsam: Geräteuntersuchungen zur Unfallanalyse, externe Labordienstleistungen zur thermischen Leistungsfähigkeitsmessung von Tauch- und Überlebensanzügen für benannten Stellen (TÜV, BG, FTL (GB), ...), Implementierung und Validierung neuer Messtechnik

Persönliche Schutzausrüstung PSA

... sind Vorrichtungen und Mittel, die zur Abwehr und Minderung von Gefahren für Sicherheit und Gesundheit einer Person bestimmt sind ...

Kategorie I ...

Kategorie II ...

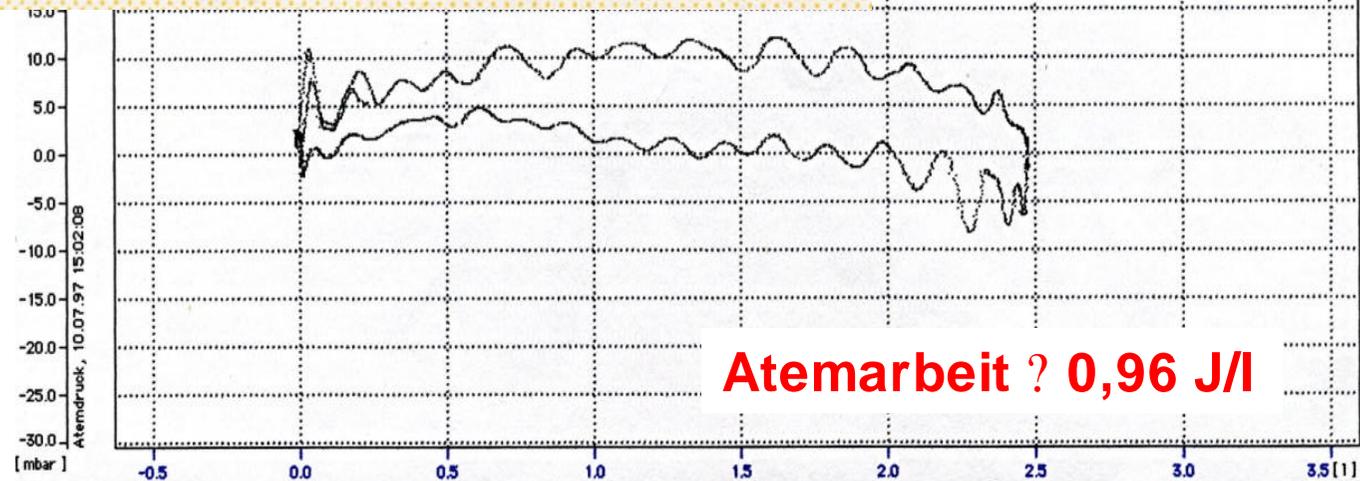
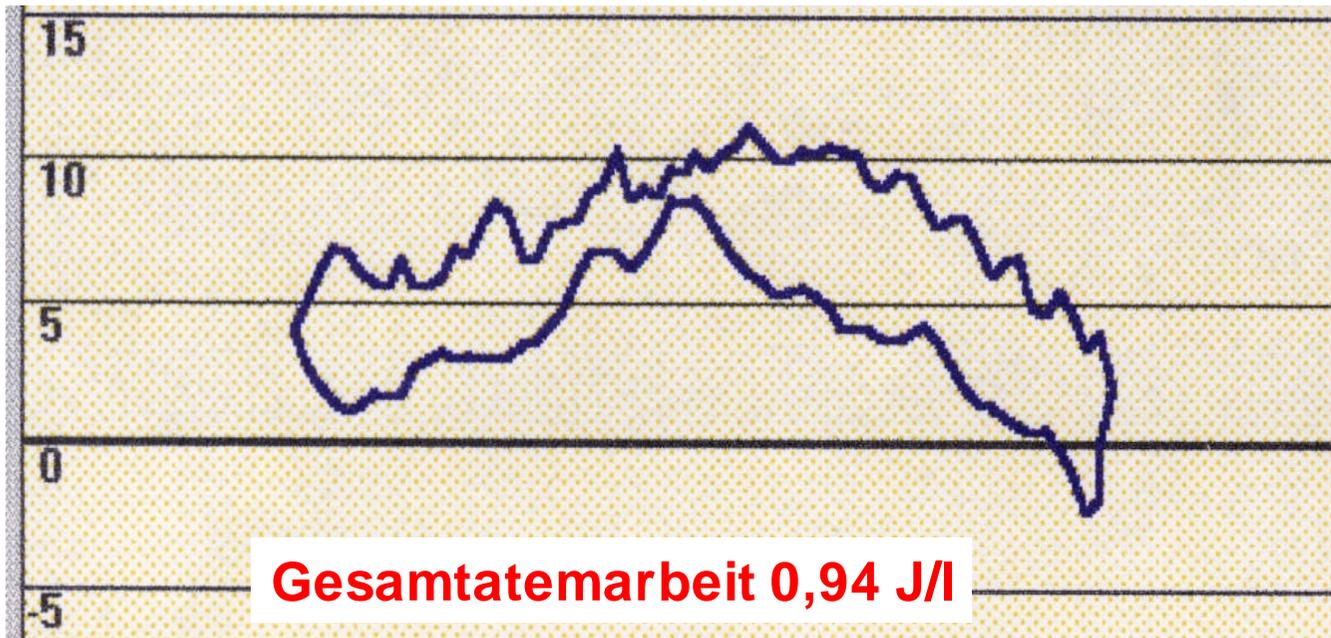
Kategorie III Gegen tödliche Gefahren und ernste Schädigungen

EU-Richtlinie 89/686 EWG

Atemregler als Teil des SCUBA sind PSA III

Seit DIN EN 250:1993 gilt ...

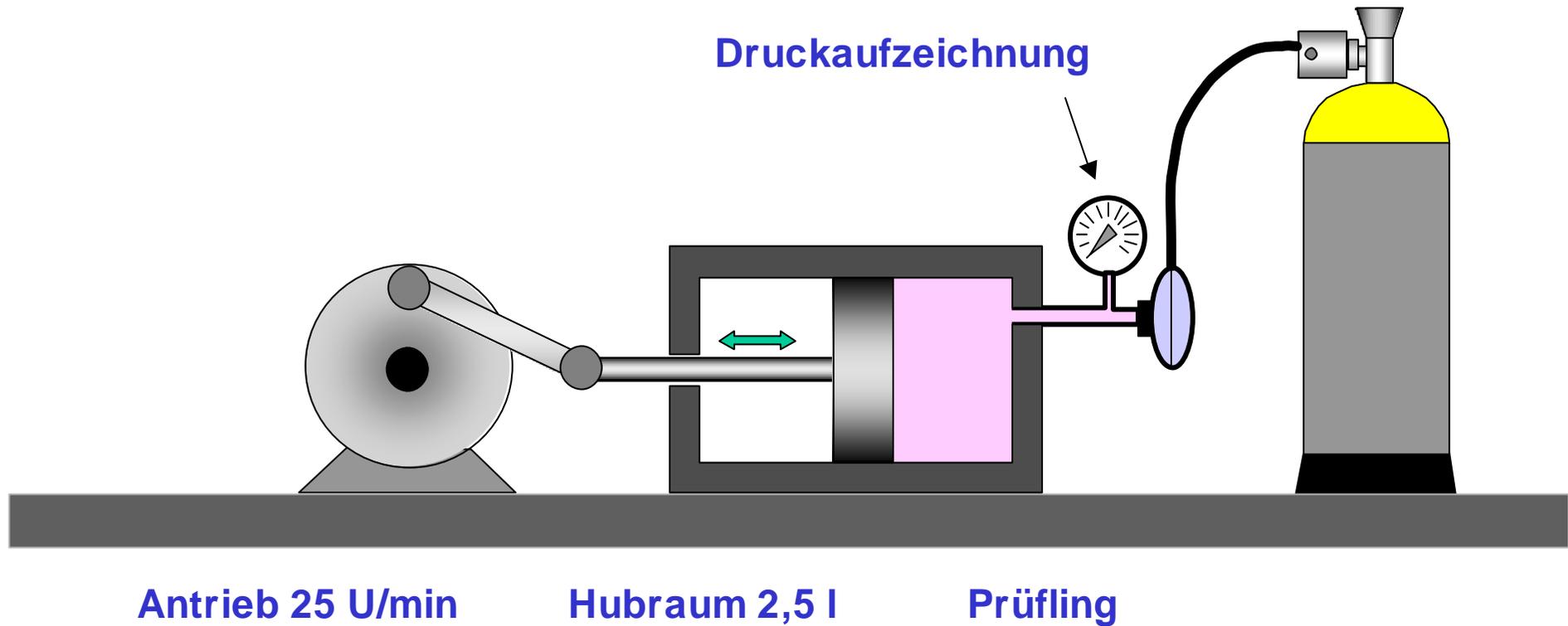
Zentrale Forderung: Atemarbeit!



Messung der Atemarbeit

Druck-Volumen-(p-V)-Diagramm

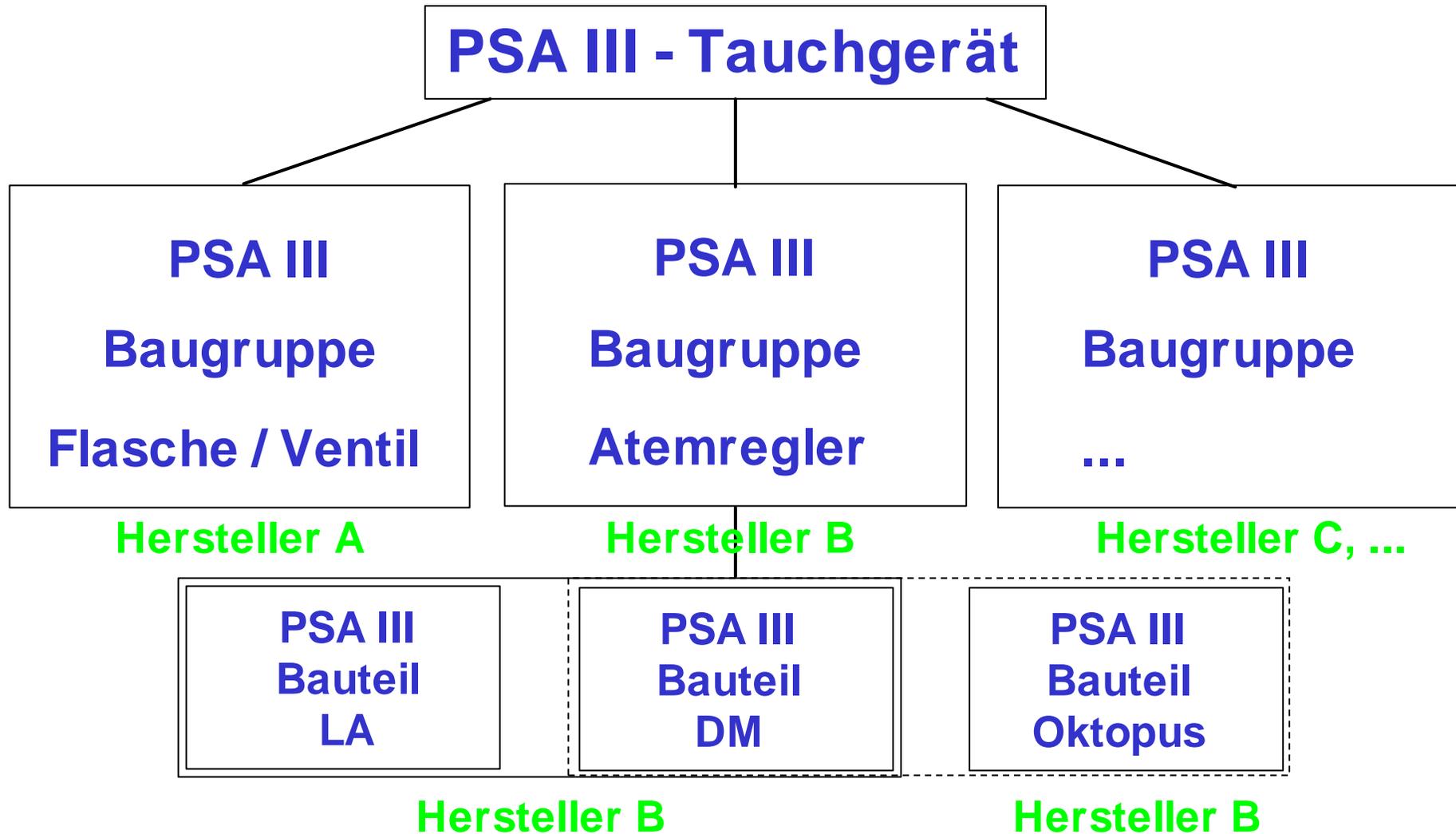
Prinzipaufbau



Leistungsmessung nach DIN EN 250



Systematik Tauchgerät als PSA



Die „Oktopus-Frage“

Kompatibilität von Druckminderer/Oktopus-Kombinationen



Kombinationen, die in der Informationsbroschüre des Herstellers nicht ausdrücklich erwähnt sind, sind nicht zulässig!

Was für den Oktopus gilt ...

gilt natürlich auch für's

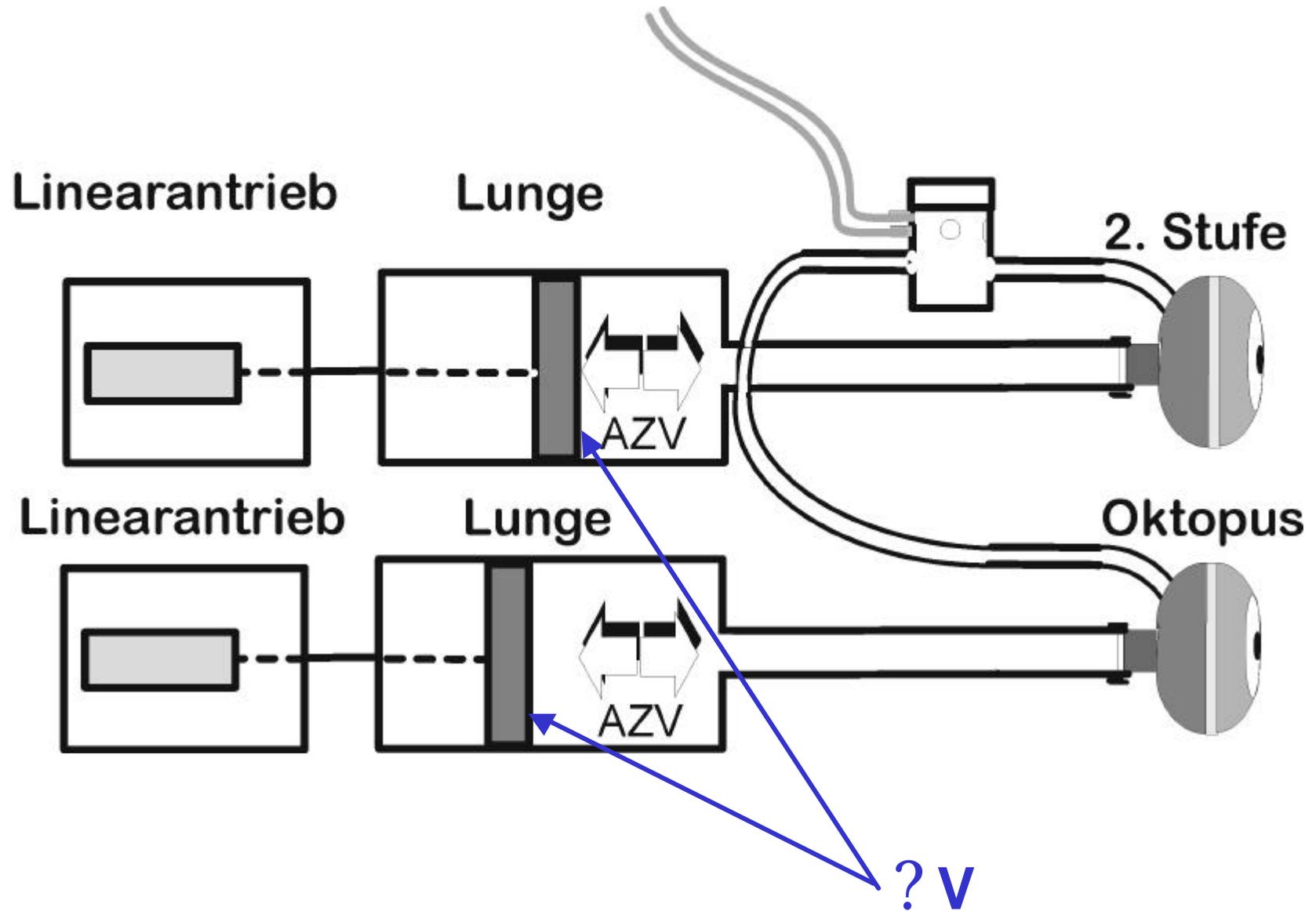
„Schrauben“ und Verändern

Lange Schläuche

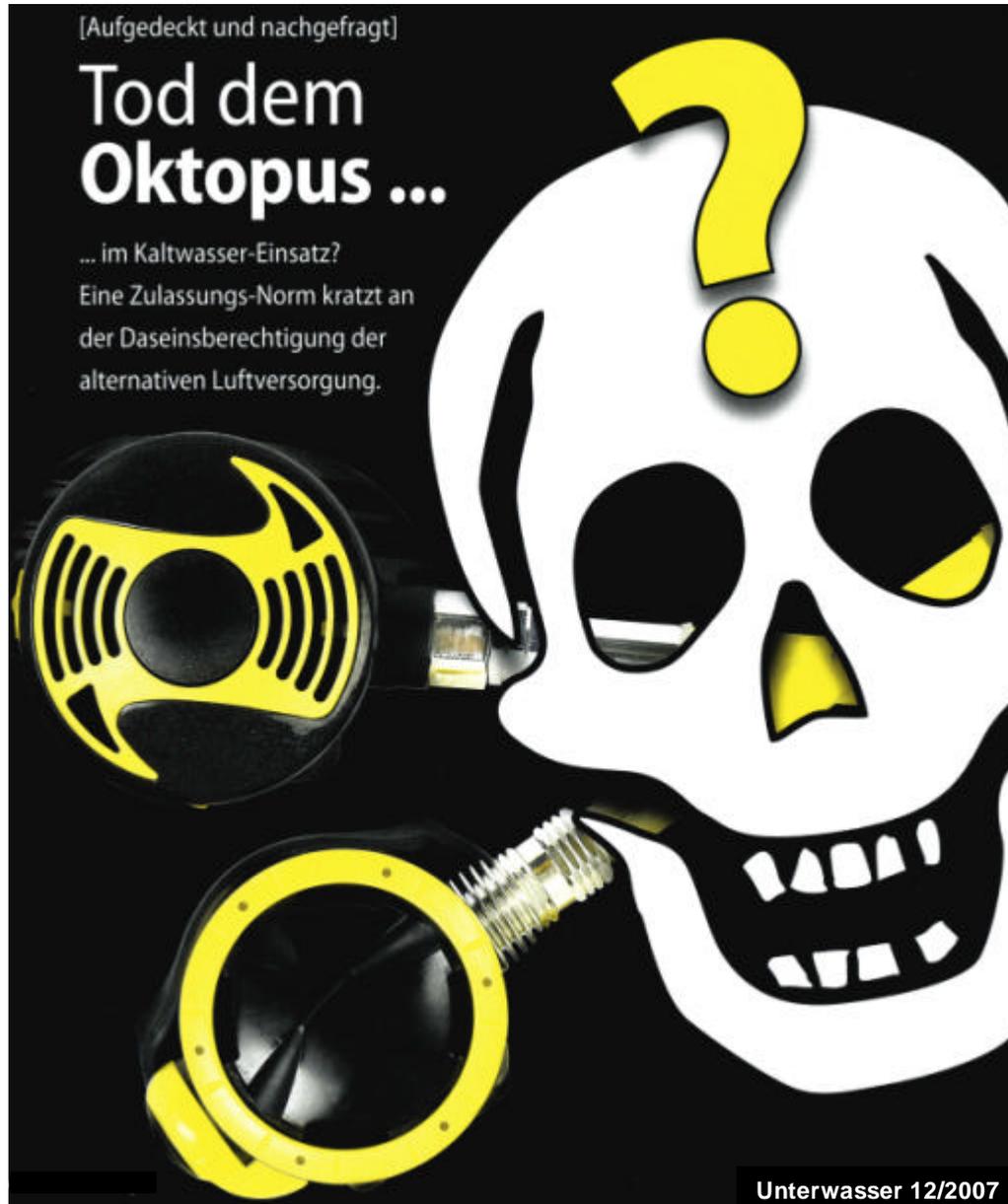
Drehgelenke

...

AR-Messung mit Oktopus seit 1998/99



Die Norm „kannte“ den Oktopus bisher nicht



Hintergrund

Überlastung bekannt

Nach langem Kampf im CEN ist nun (EN 250:2014) Prüfung vorgesehen

Haben wir da nicht etwas übersehen???

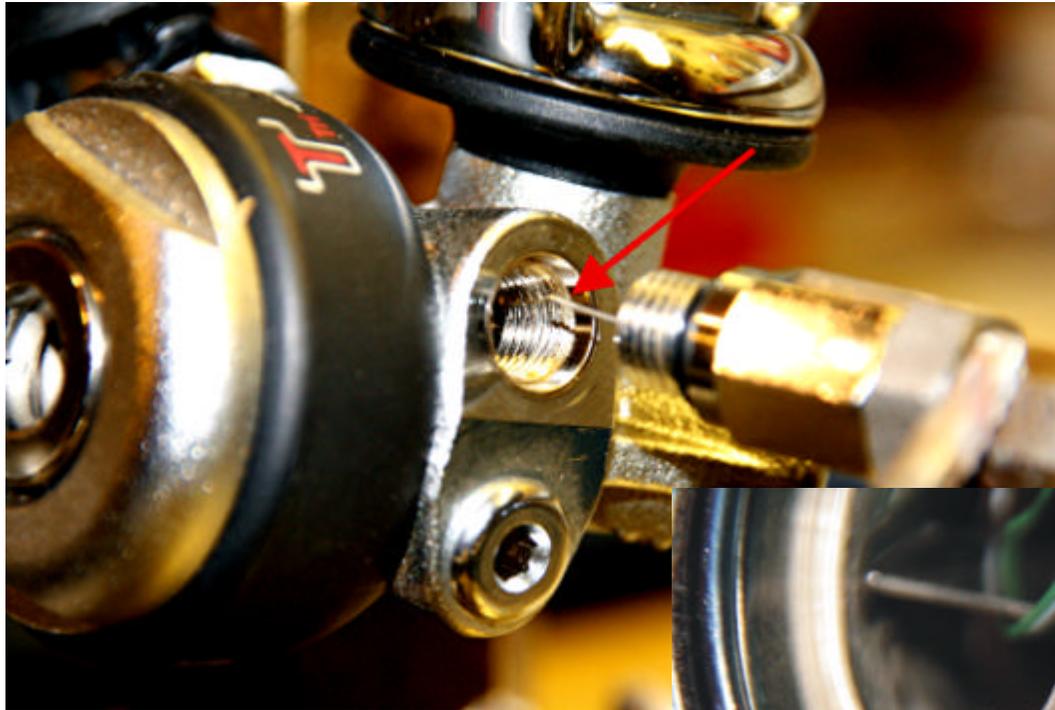
Kältelast



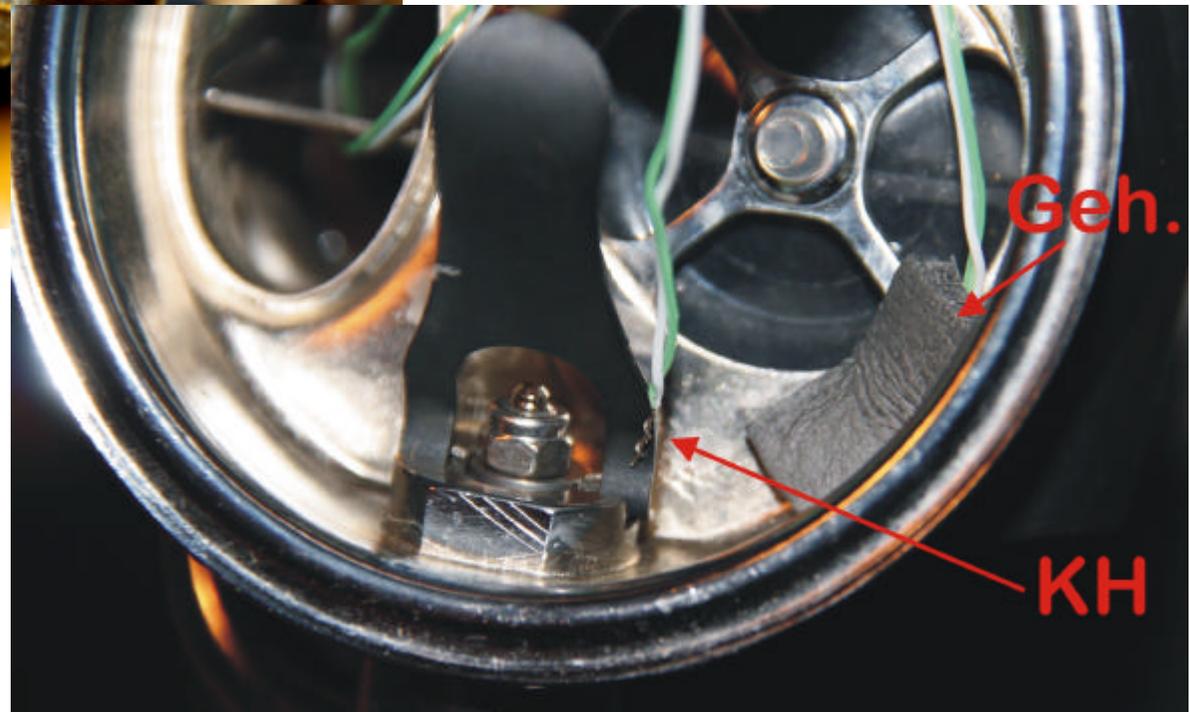
Vereisung!



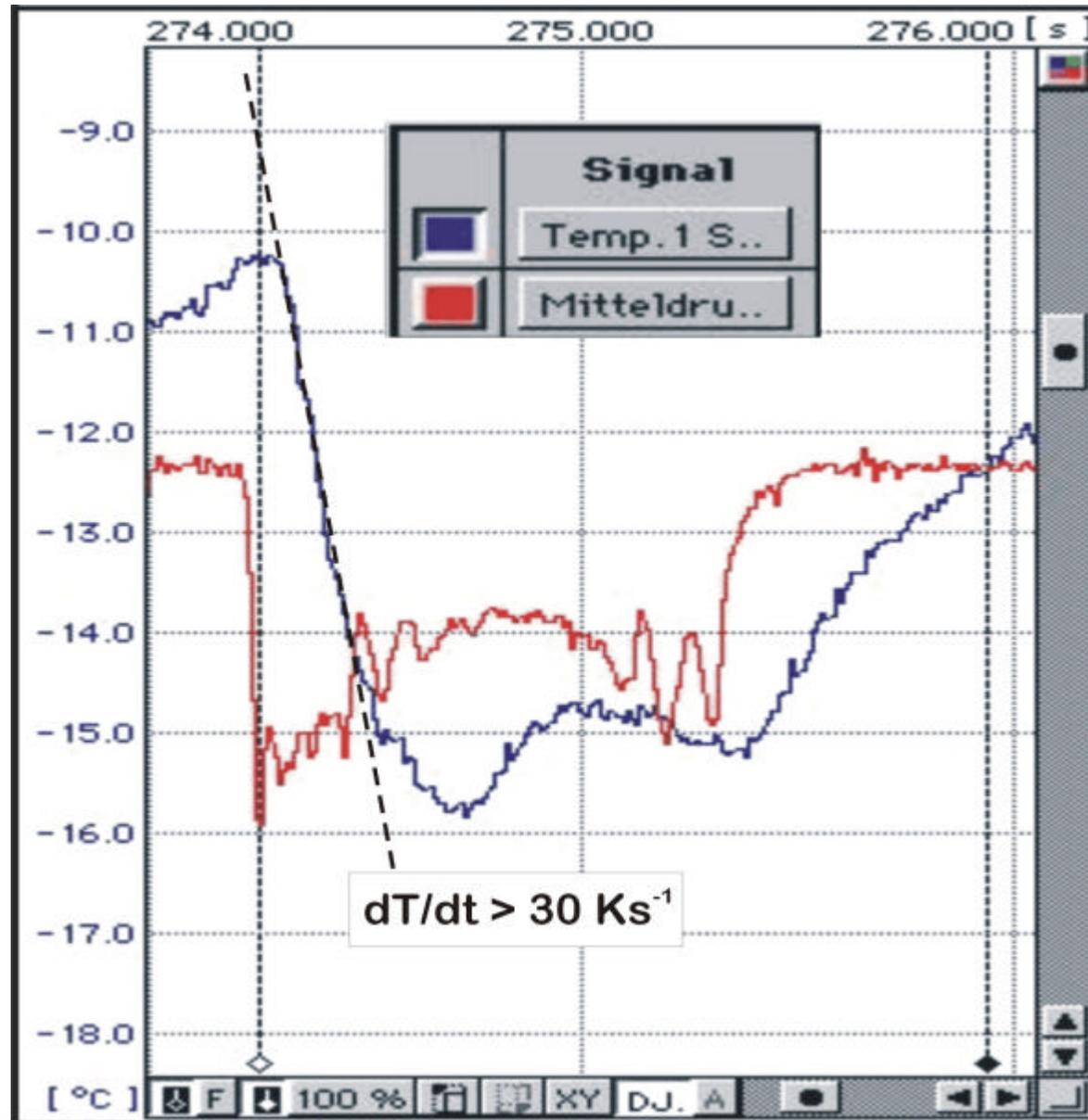
Temperaturmessung in 1. und 2. Stufe



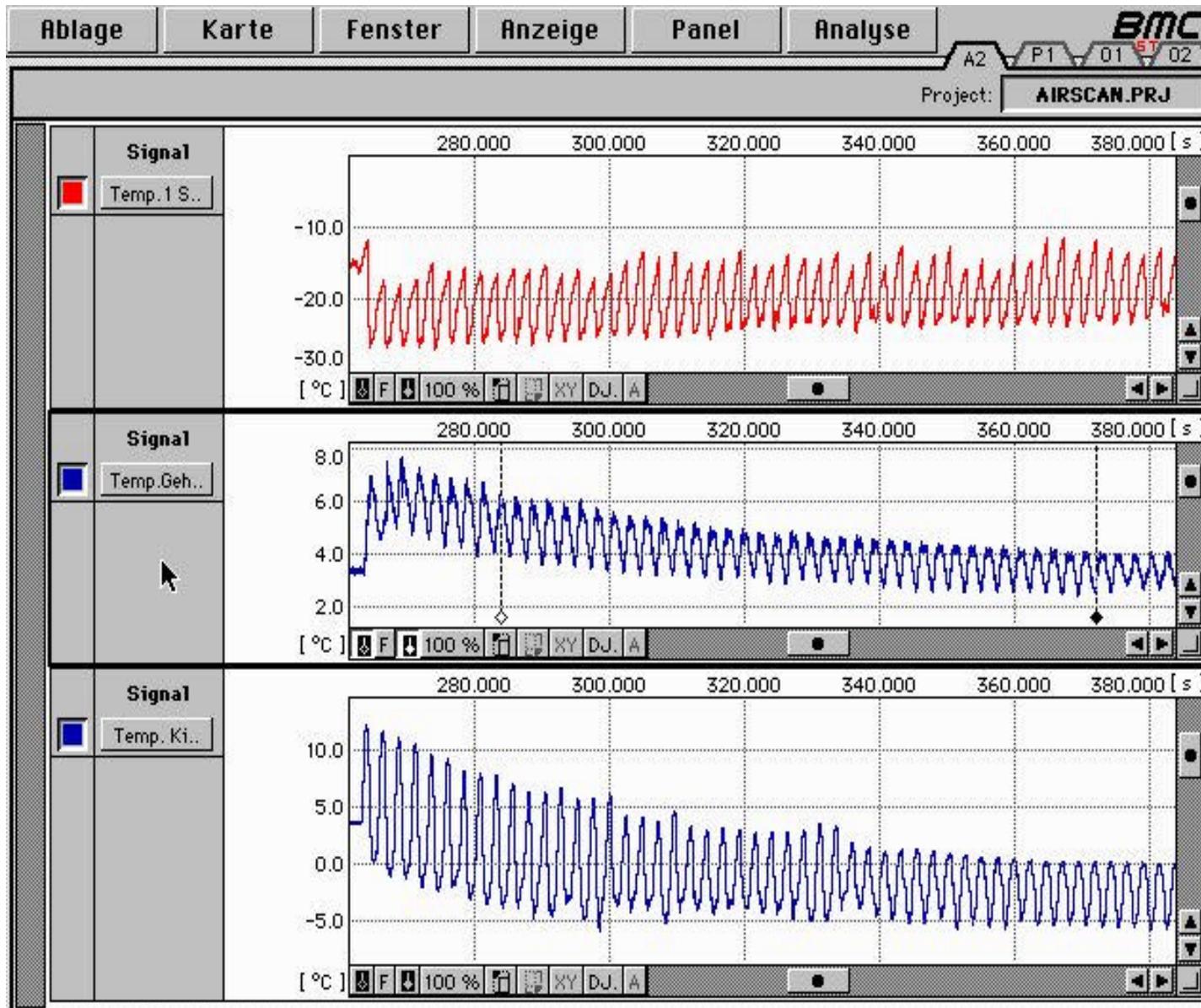
Seit 2009



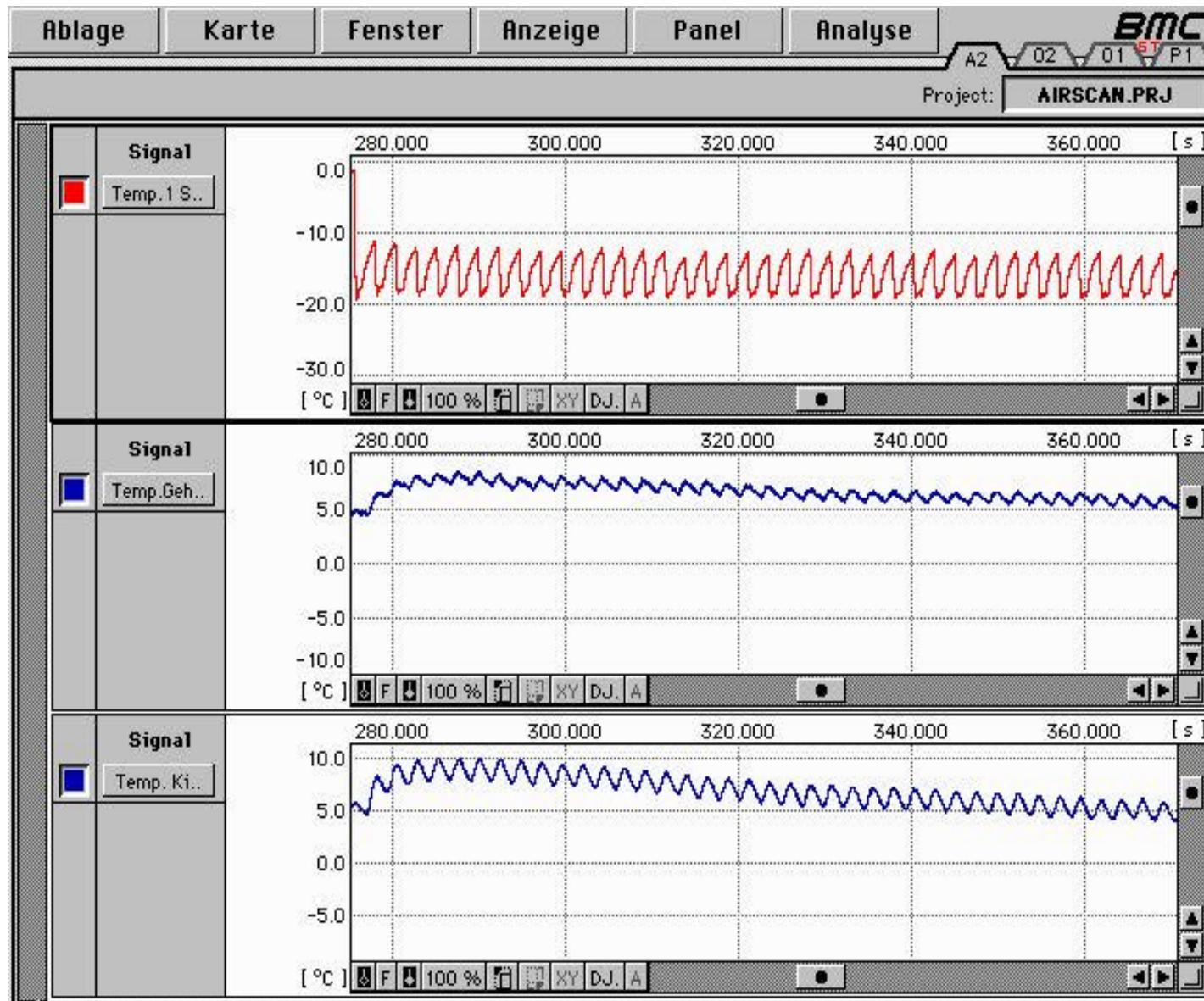
Anspruchsvolle, schnelle Sensorik



Temperaturen im Atemregler (1)



Temperaturen im Atemregler (2)



Gewaltige Unterschiede

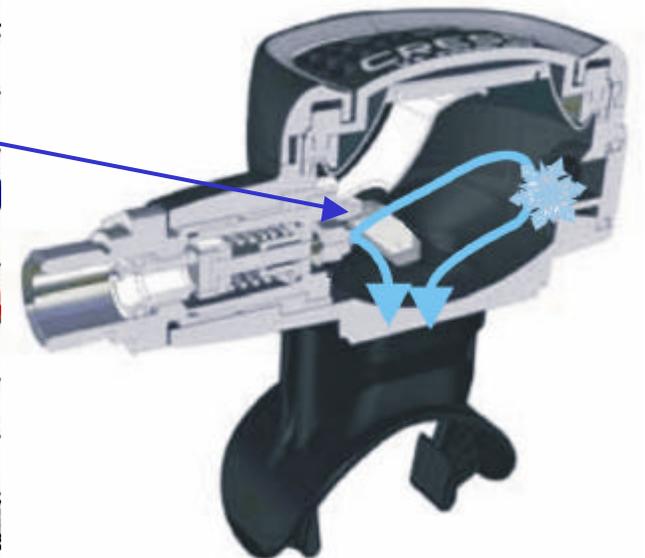
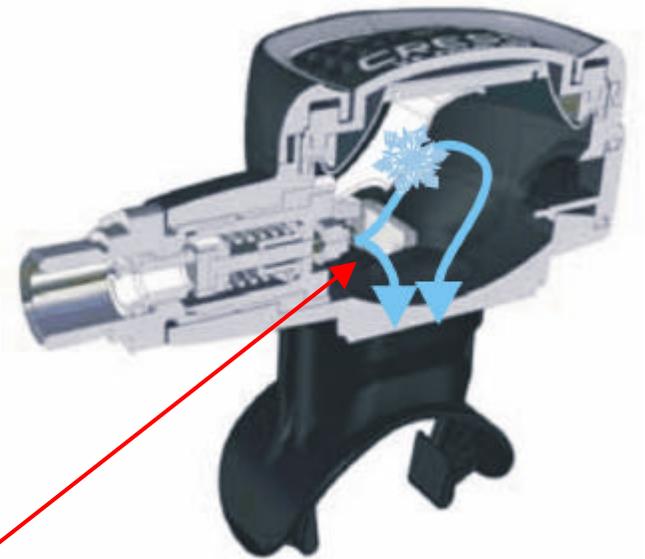
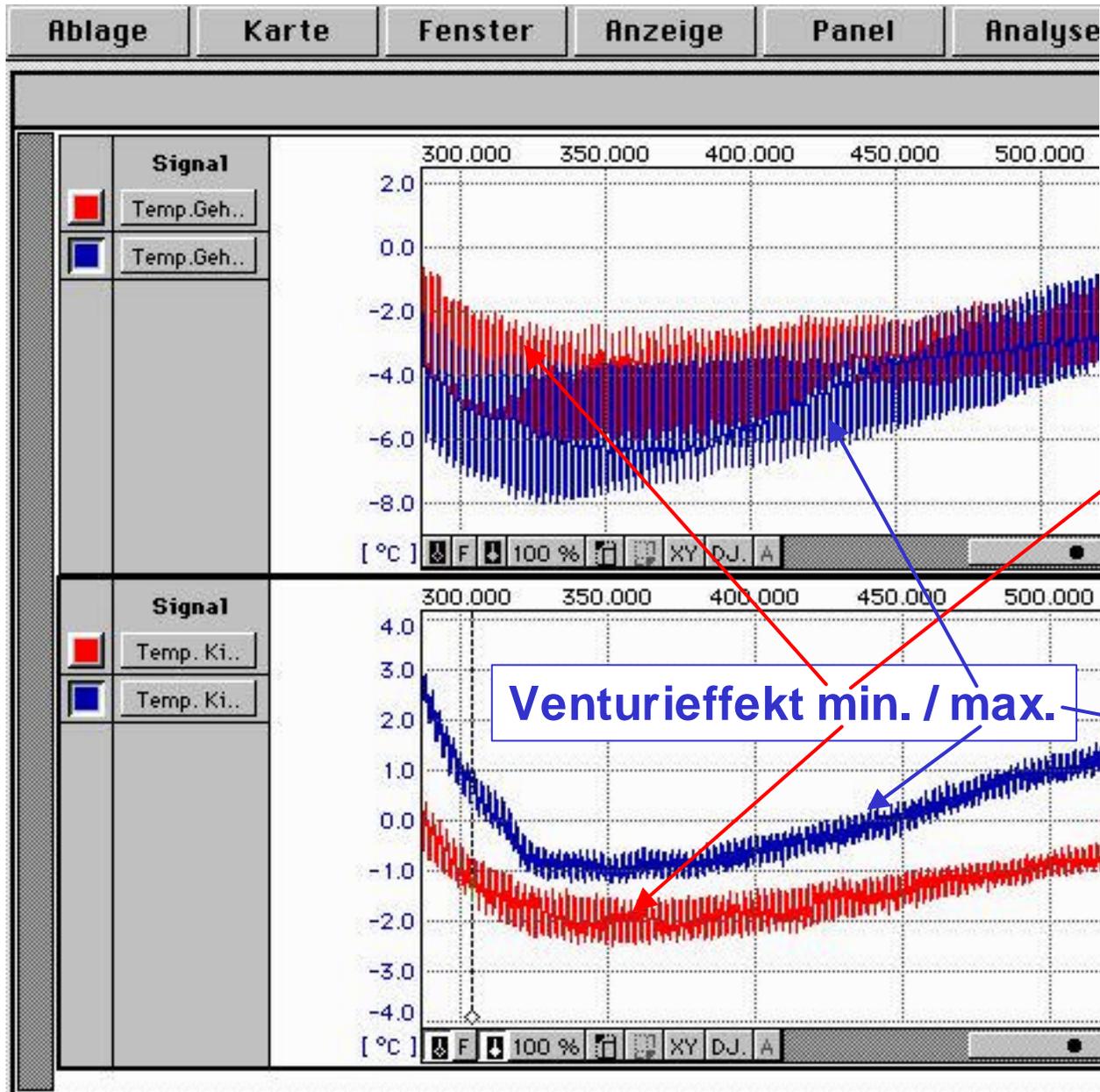
Modellabhängige Temperaturen

T_{\min} 1. Stufe -27 °C \Rightarrow T_{\max} 1. Stufe -13 °C,

T_{\min} Kipphebel -6 °C \Rightarrow T_{\max} Kipphebel +10 °C,

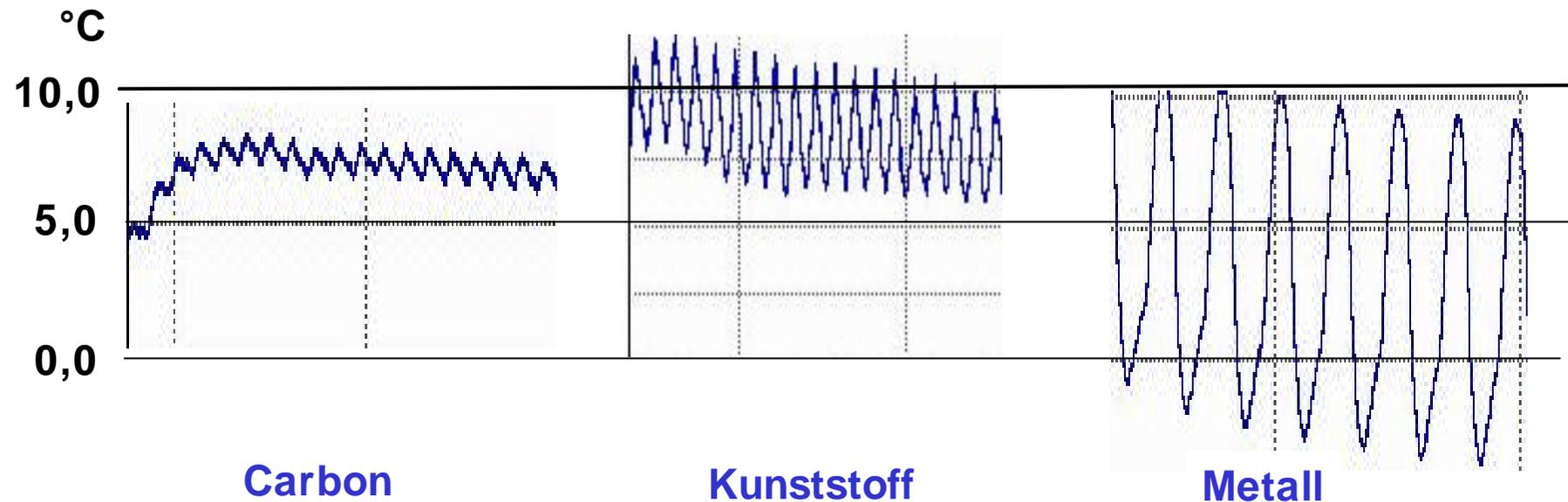
T_{\min} Gehäuse +1 °C \Rightarrow T_{\max} Gehäuse +6 °C

Nur ein kleiner Dreh ...



Weitere interessante Erkenntnisse (1)

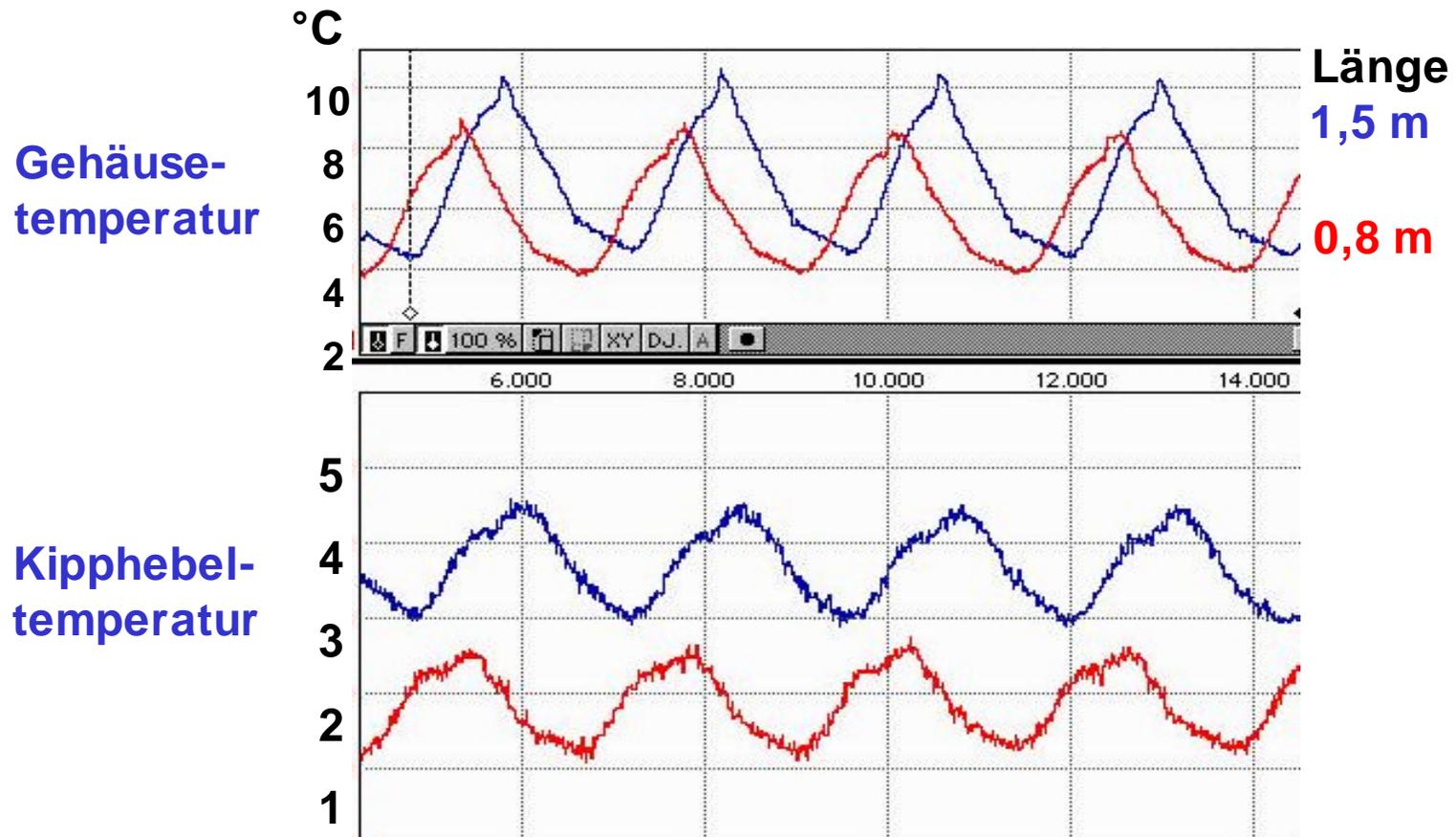
Gehäusetemperatur beim Kaltwassertest



Perspektivische Auswirkung für F&E von Atemreglern

Weitere interessante Erkenntnisse (2)

Einfluss der Schlauchlänge auf die Temperatur der 2. Stufe



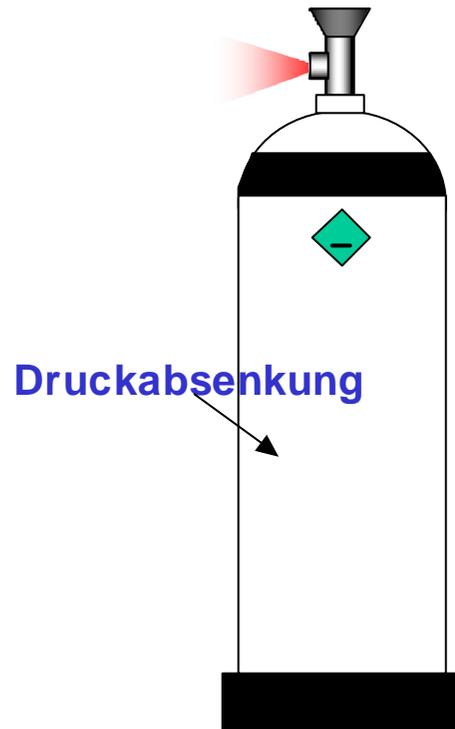
Aus thermischer Sicht Unbedenklichkeit von Schlauchverlängerung

Einflüsse auf die Abkühlung

- 1. Adiabatische Abkühlung der Flasche durch Druckabsenkung**
- 2. Druck und Druckdifferenz an der Drossel**
- 3. Gasart (z.B. Luft, Helium)**
- 4. Zeit der Gasströmung**
- 5. Entspannte Gasmenge**

Adiabatische Abkühlung

Abkühlung der Luft durch Entspannung
ohne Wärmeaustausch



Druckabsenkung

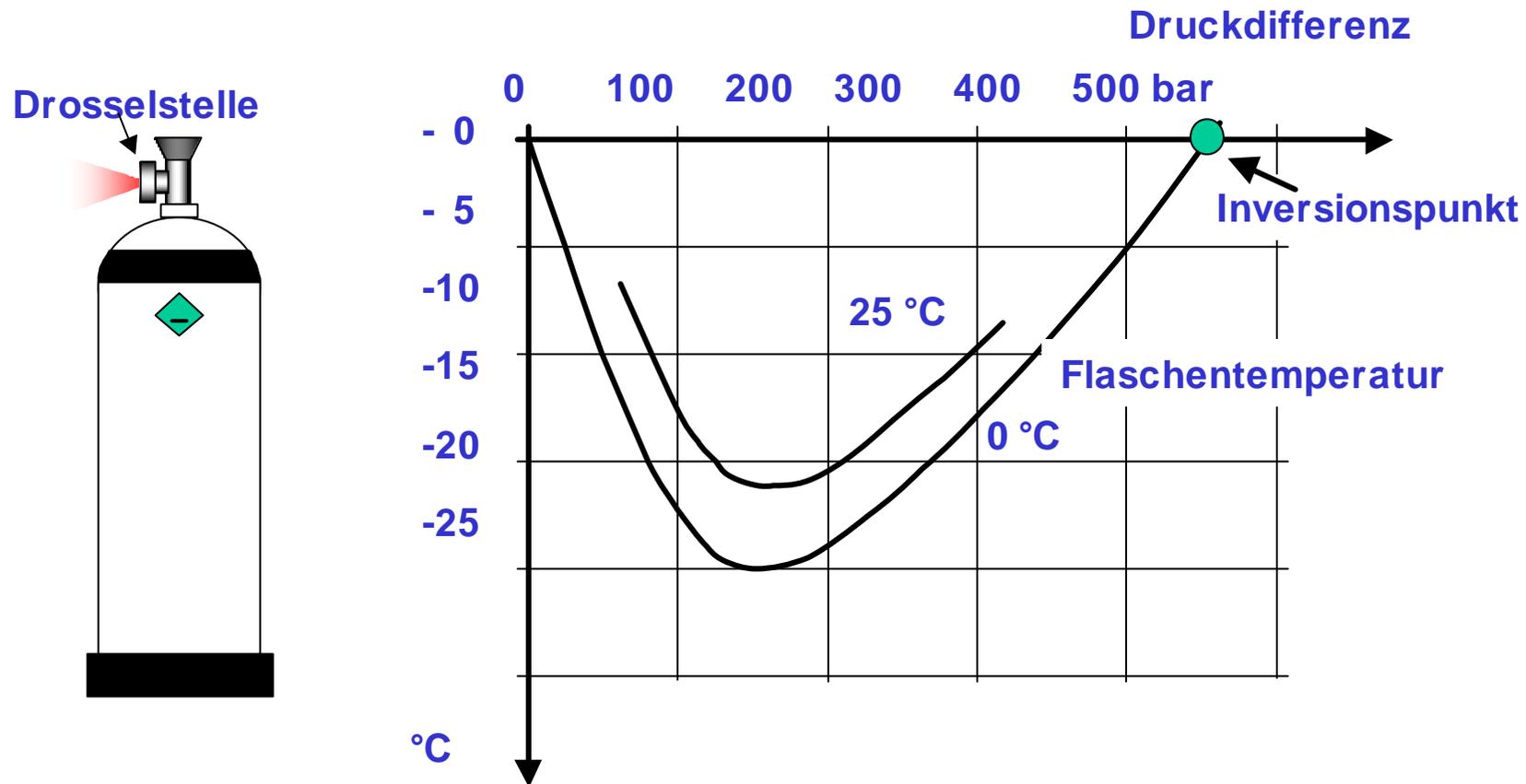
Bei guter thermischer Isolierung
und / oder sehr schnell
ablaufender Expansion

Hier nicht vorrangig

dagegen ...

Abkühlung durch Joule-Thomson-Effekt

Abkühlung der Luft bei Entspannung an einer Drossel

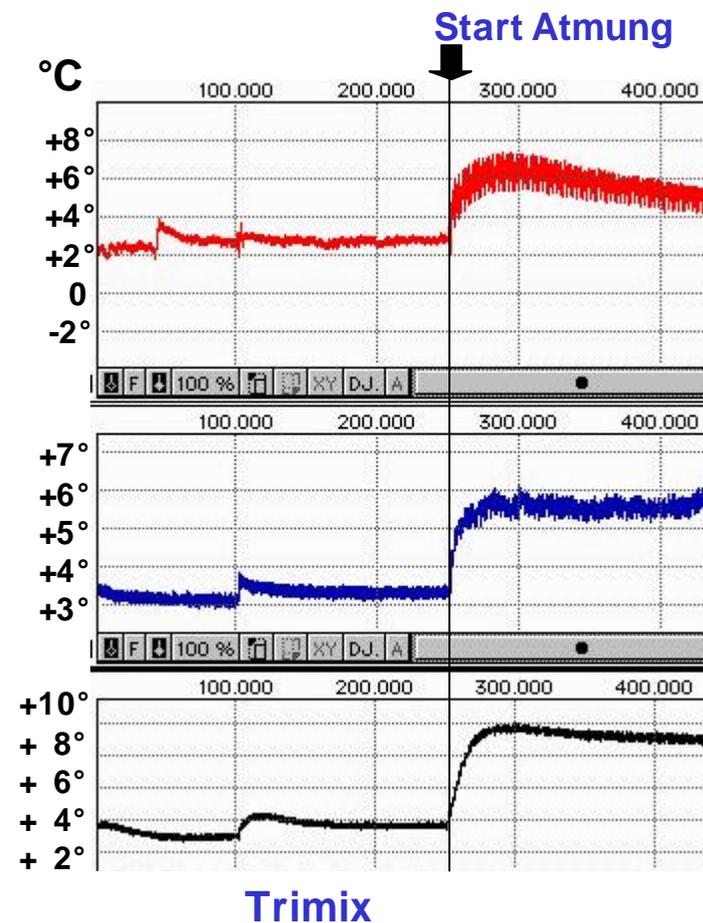
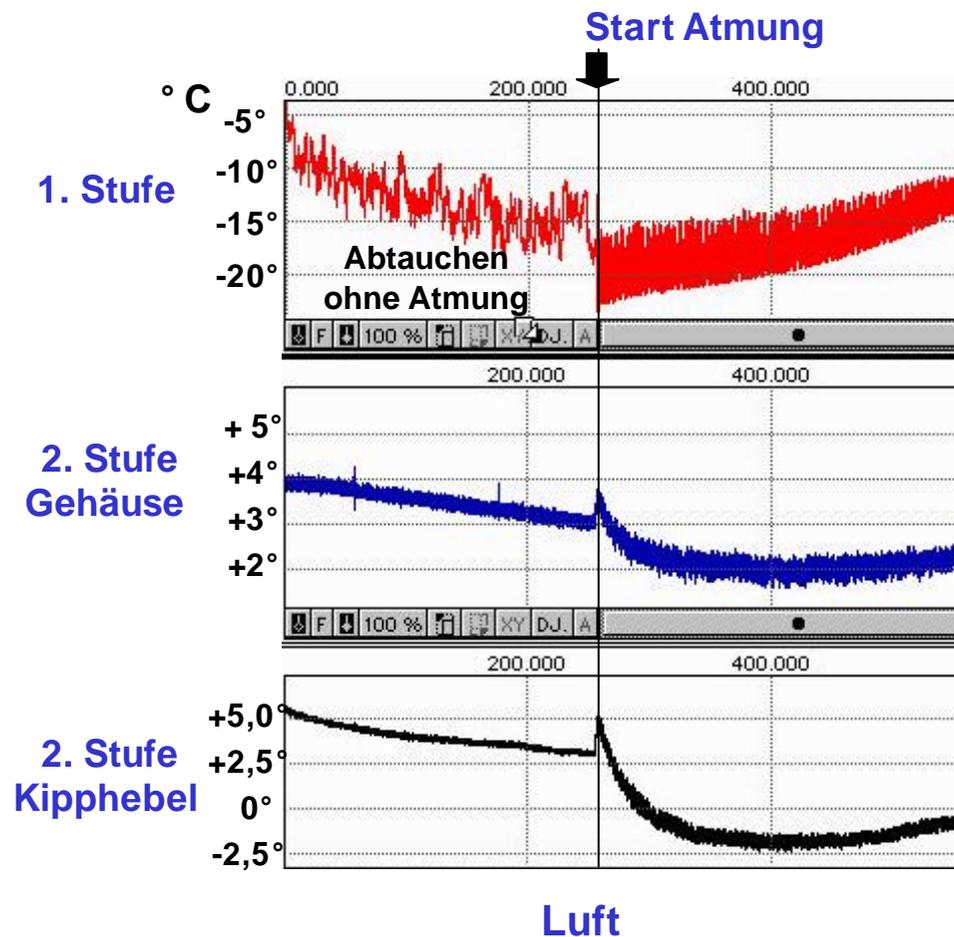


Temperaturabsenkung an der Drossel

Einfluss des Atemgases

Joule-Thomson-Effekt bei Luft und Trimix (58% Helium)

Messbedingungen: 50 m Tiefe, Wasser +4° C



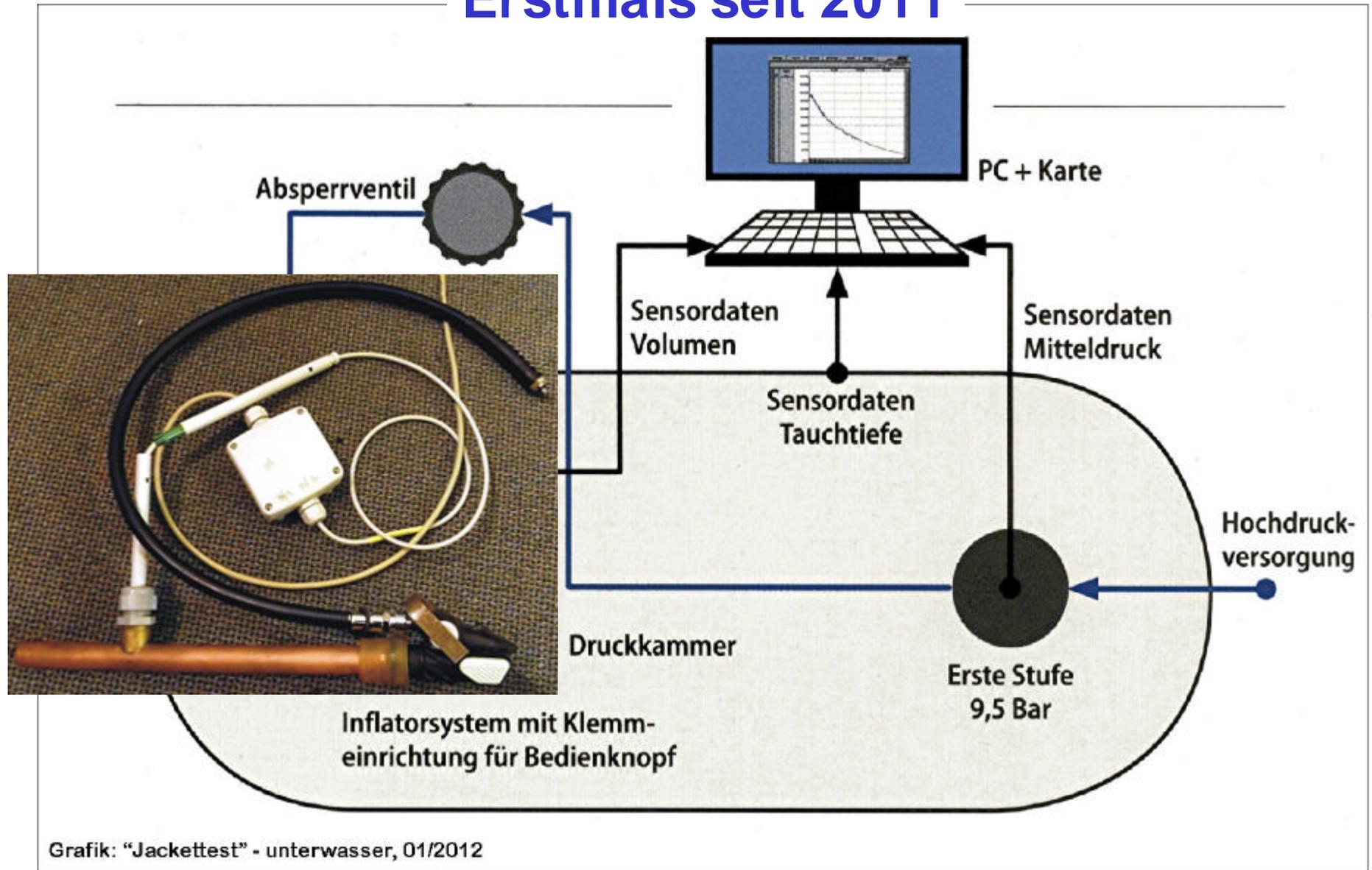
Flusszeit und entspannte Gasmenge

Werden bestimmt durch:

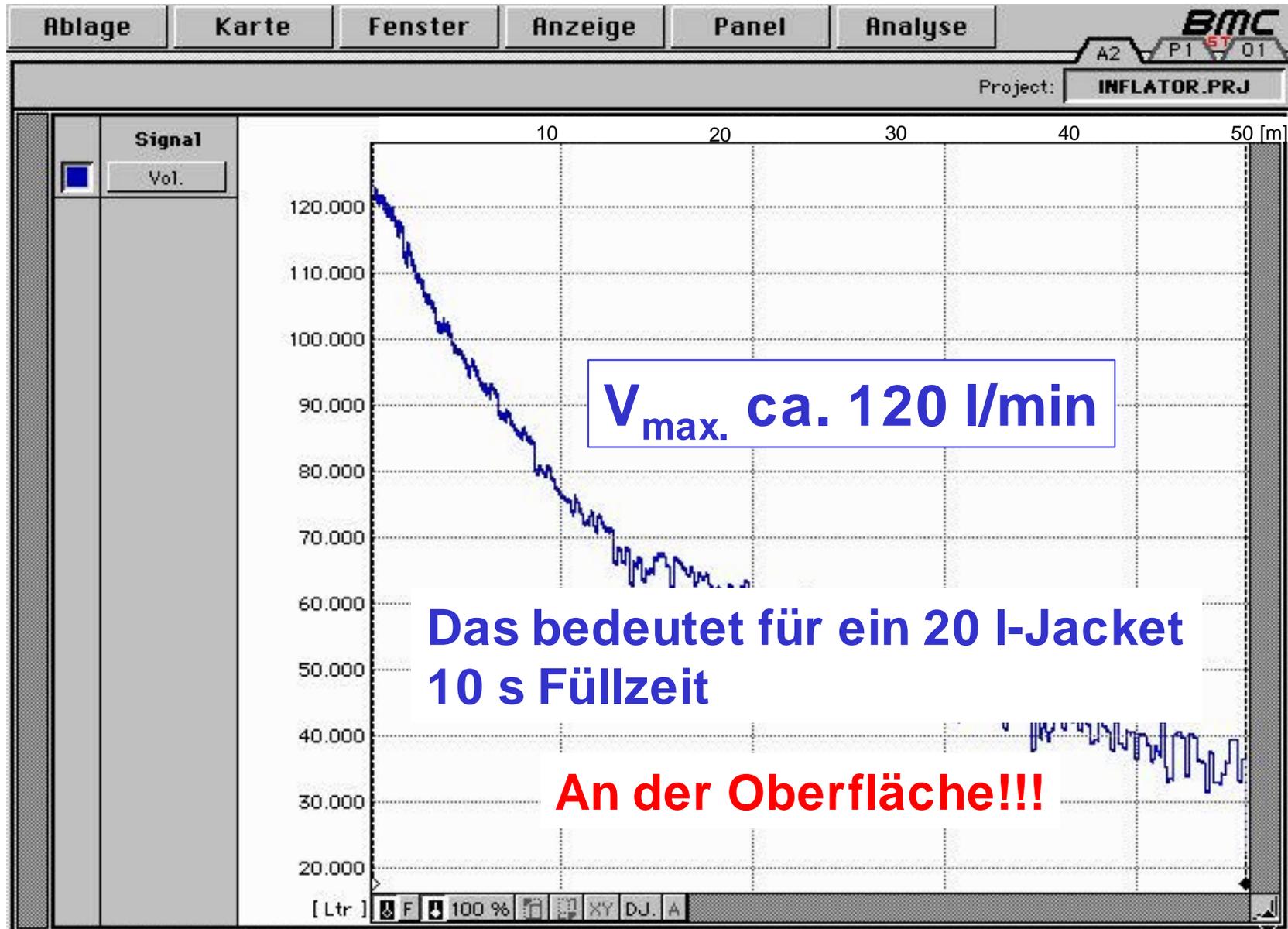
1. Atmung aus dem **Hauptautomaten** (AMV gem. Testbedingungen DIN EN 250: 62,5 l/min bei 6 bar $\hat{=}$ 50 m Tiefe) - kann tatsächlich viel mehr sein
2. Paralleles Atmen aus dem **Oktopus**, AMV ? l/min
3. Tarieren durch **Inflator** betätigung am Jacket, t/V abhängig von der Tiefe, der Ventileinstellung, der Dauer der Inflatorbetätigung und dem Inflatortyp sehr unterschiedlich
4. Tarieren über den **Trockentauchanzug** - dito

Leistungsfähigkeitsmessung an Inflatoren

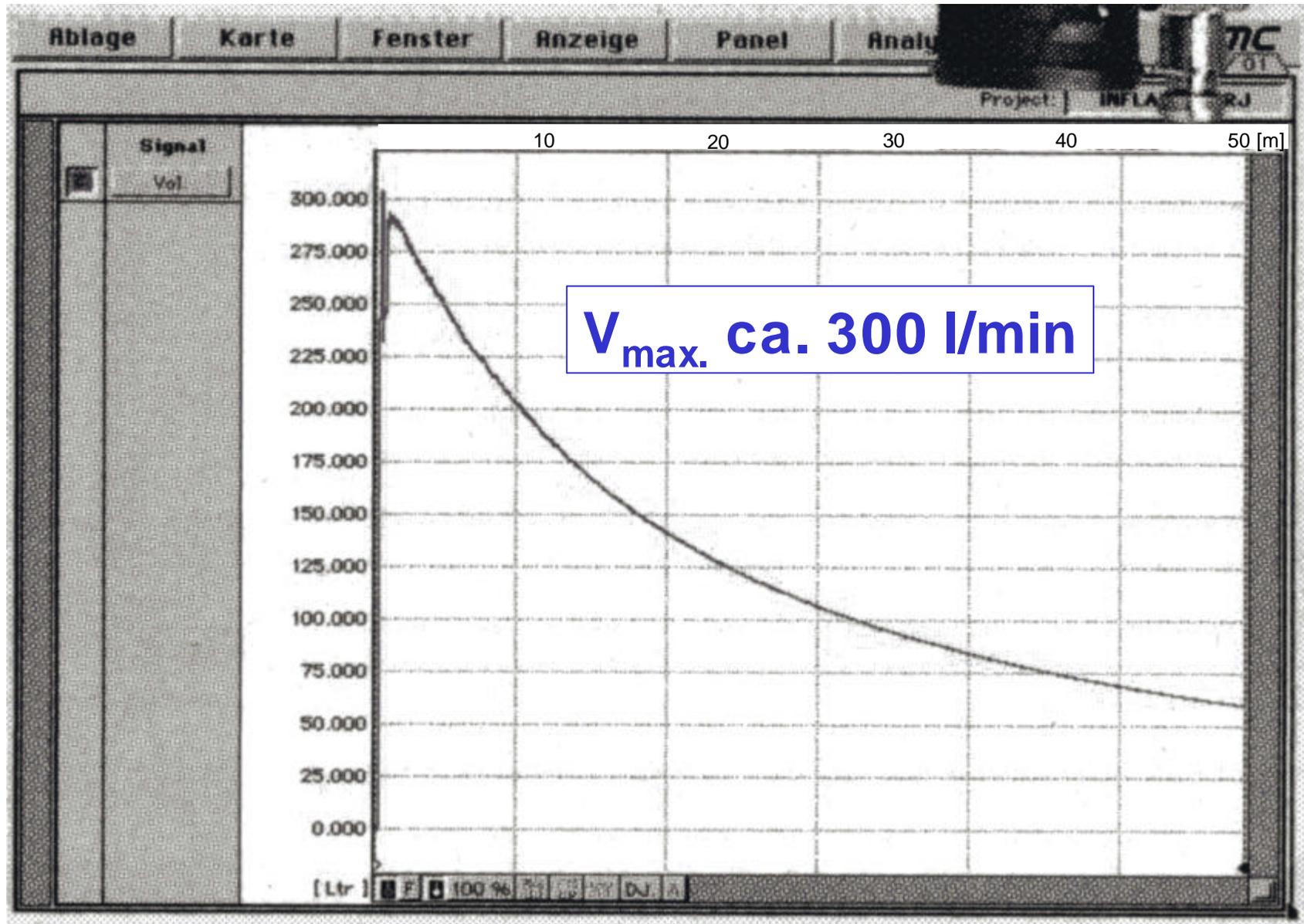
Erstmals seit 2011



Inflatorleistungen von nur ...



bis ...

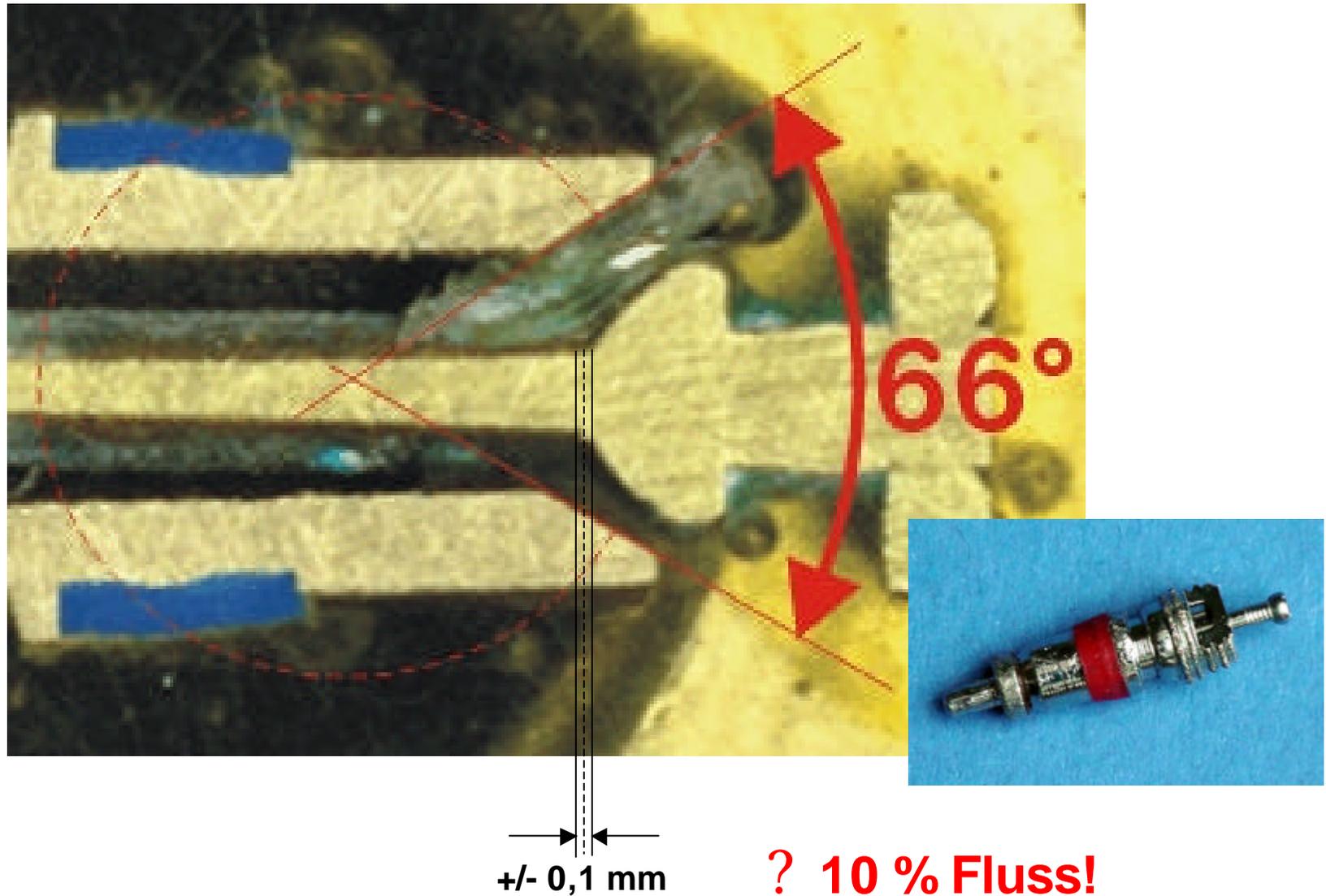


Woher diese Streuung?

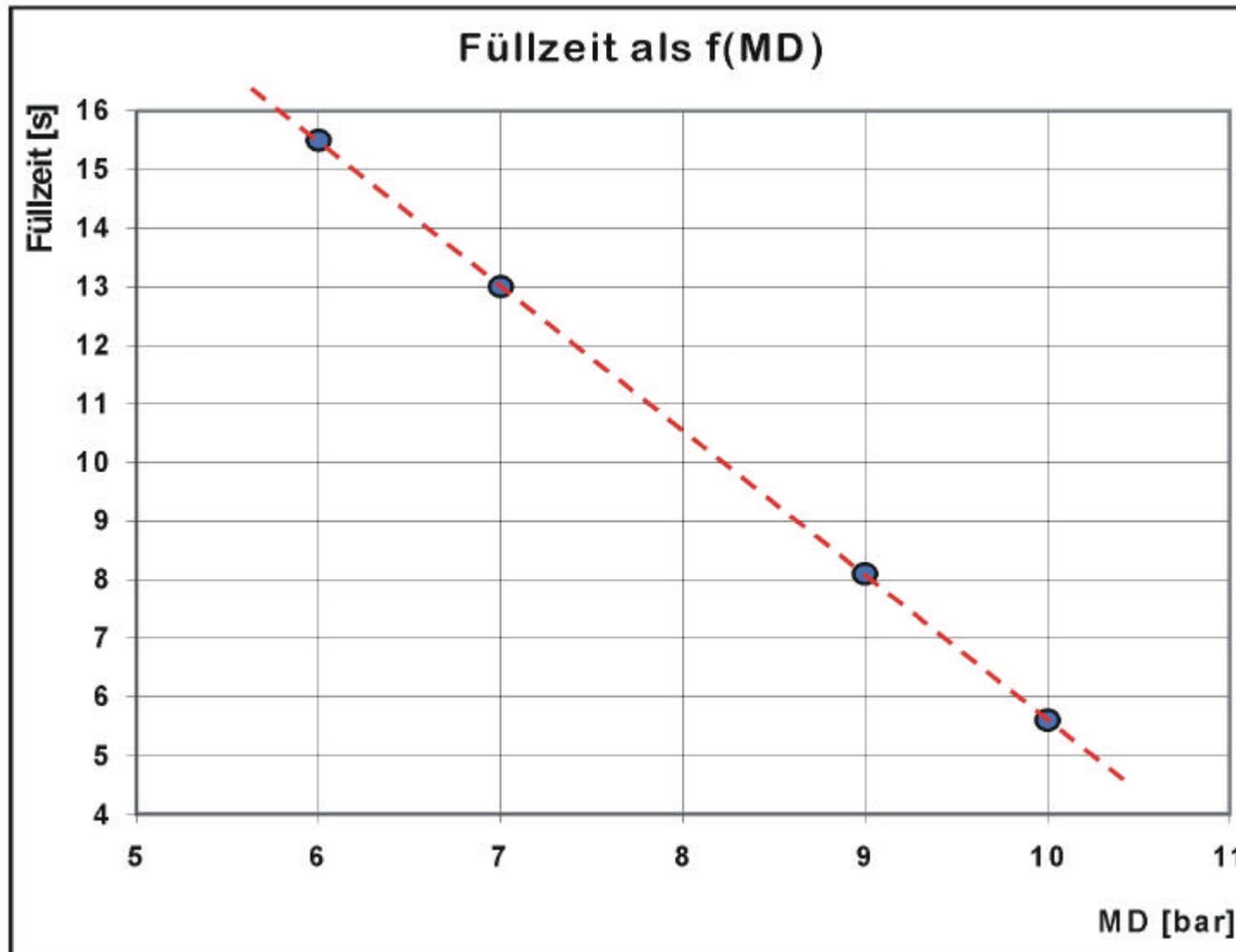


Reproduzierbarkeit ist etwas Anderes...

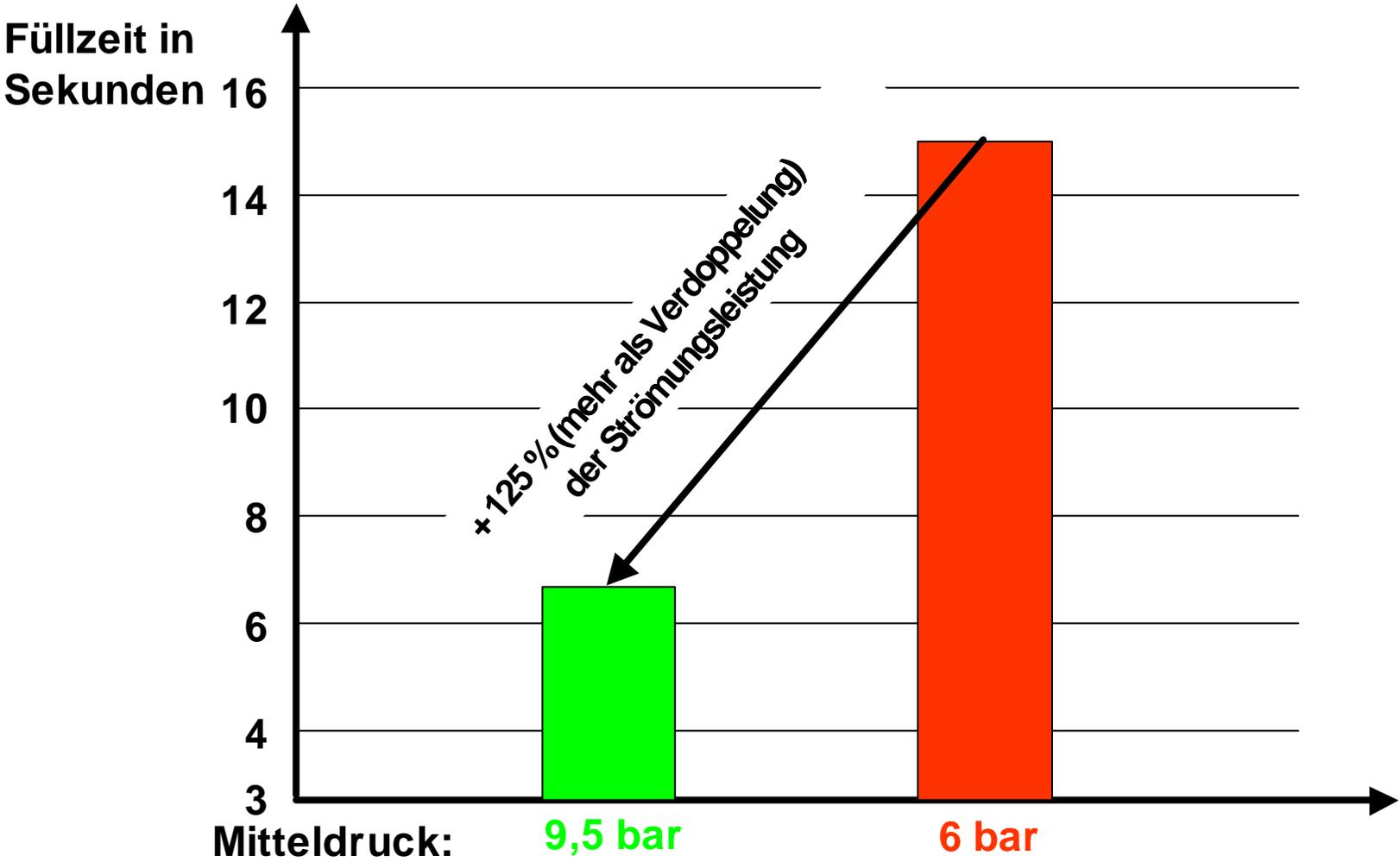
Eingeschraubt in Thermoplast-Sitz



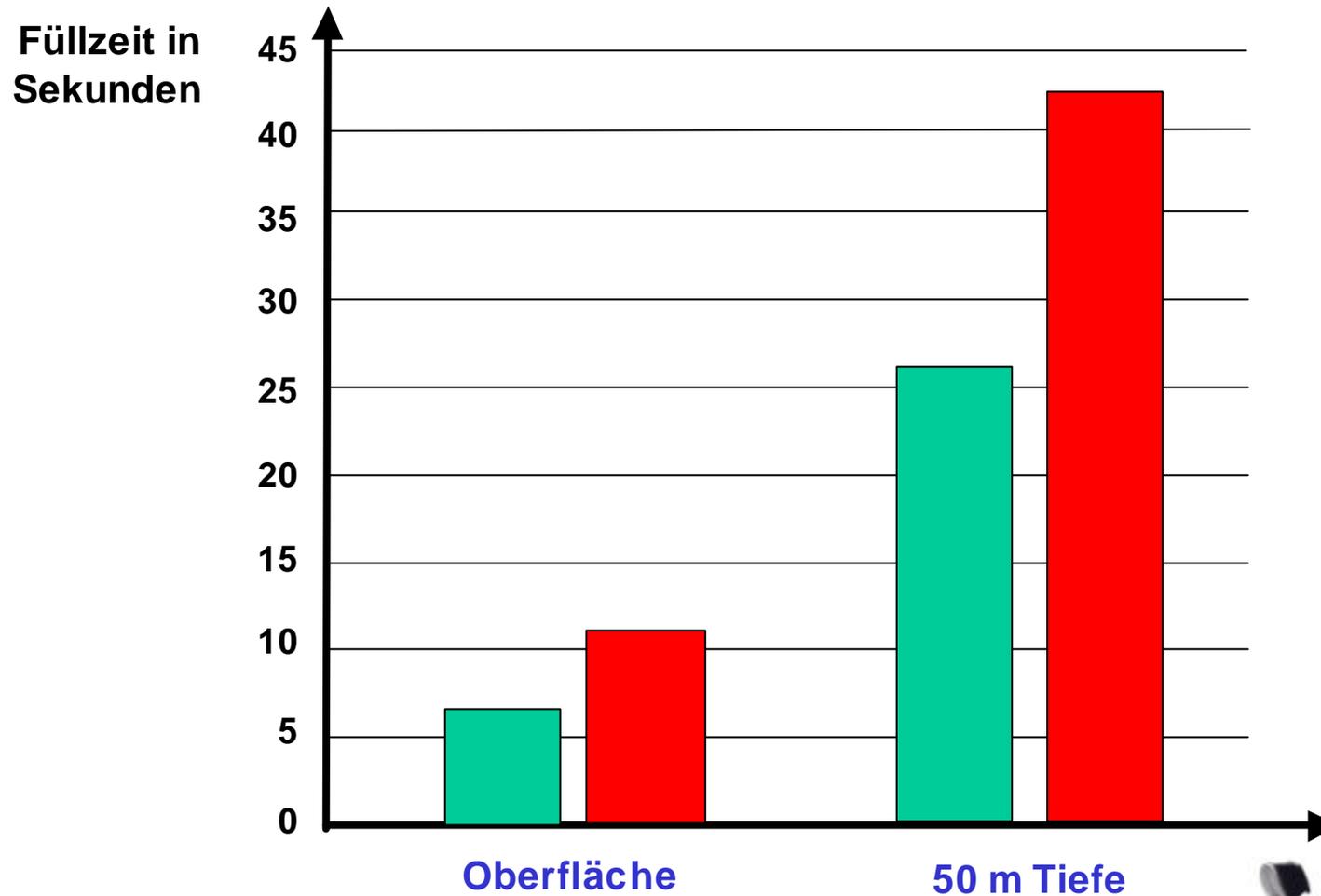
Hinzu kommt Mitteldruck-Abhängigkeit

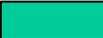


MD-abhängige Jacketfüllzeiten



Füllzeit bei verschiedenen Inflatortypen



 Normaler Inflator  Westenautomat



Für die PSA II „Jacket“ wird u. a. gefordert:

DEUTSCHE NORM	<i>Entwurf</i>	Oktober 2012
DIN EN 1809	NA027-02-08 N 533	DIN

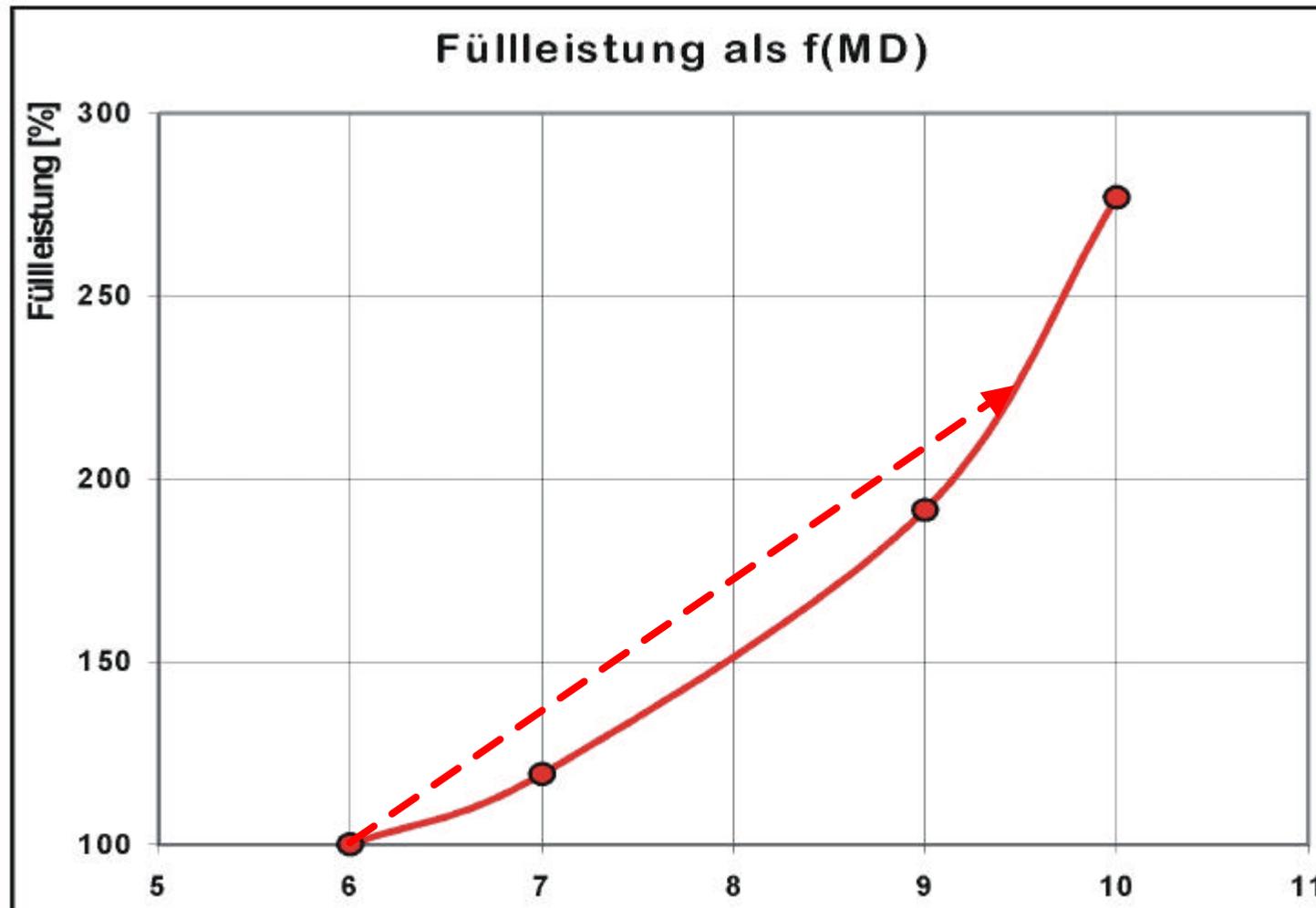
Prüfung nach 5.12.

Der Höchstauftrieb, bestimmt nach 5.5, muss mit mehr als 20 N/s bei minimalem Mitteldruck nach Herstellerangaben, keinesfalls aber über 6 bar, aufgebaut sein.

Schnelles Füllen des Tariermittels ist aus Tauchersicht durchaus wünschenswert!

... Aber es bedeutet beträchtliche thermische und strömungstechnische Zusatzlast für den Atemregler!

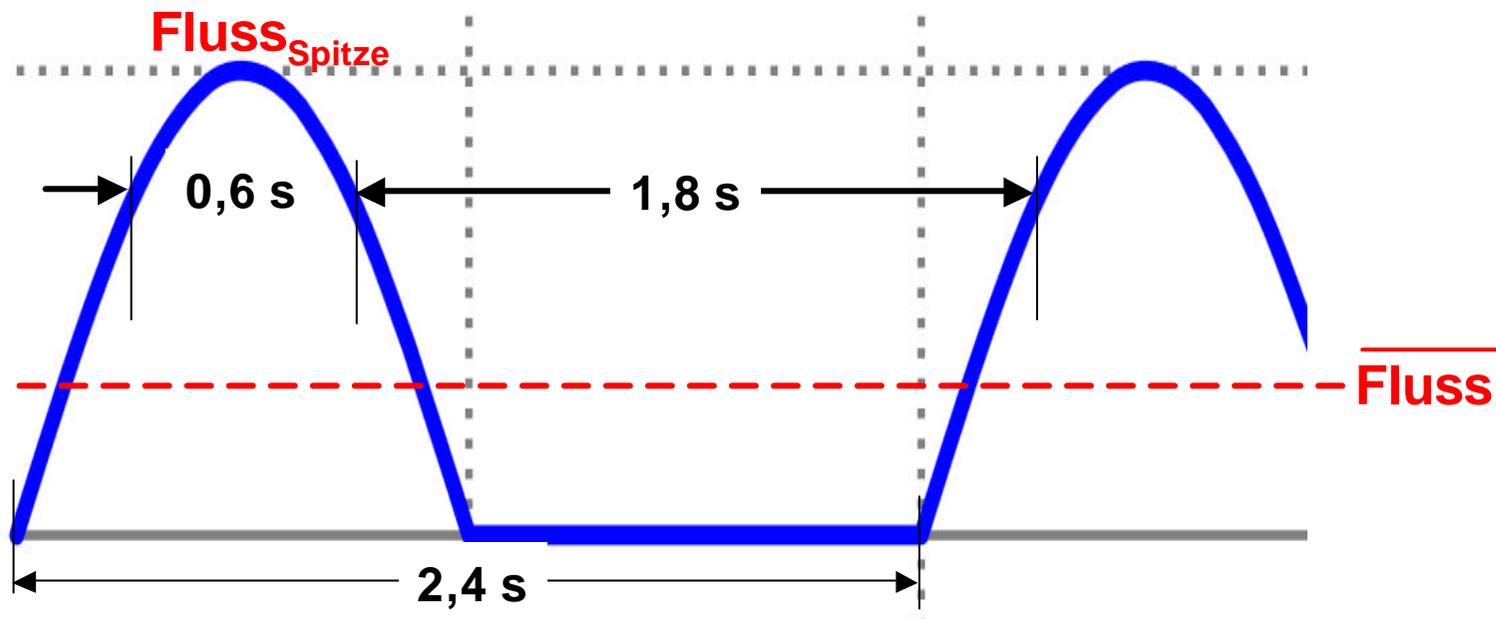
Normforderung bedeutet in Wahrheit Wegen der MD-abhängigen Inflatorleistung



> 2 l/s bei MD \leq 6 bar \Rightarrow bei 9,5 bar \Rightarrow > 4,5 l/s

Was bedeutet das für den Atemregler?

Atemreglertest nach EN 250: bei 62,5 l/min
(= 1,04 l/s / 6,25 l/s auf 50 m)

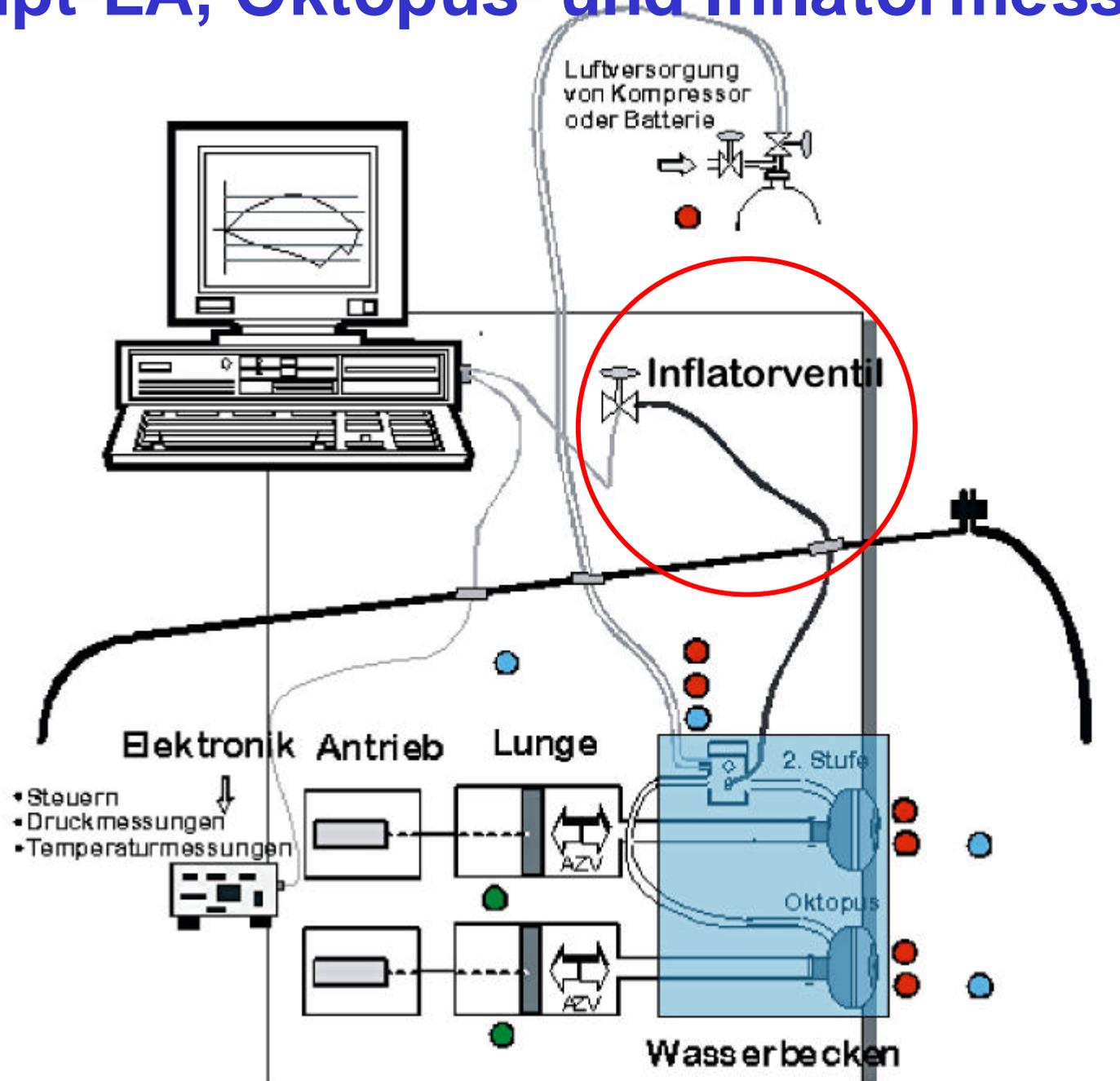


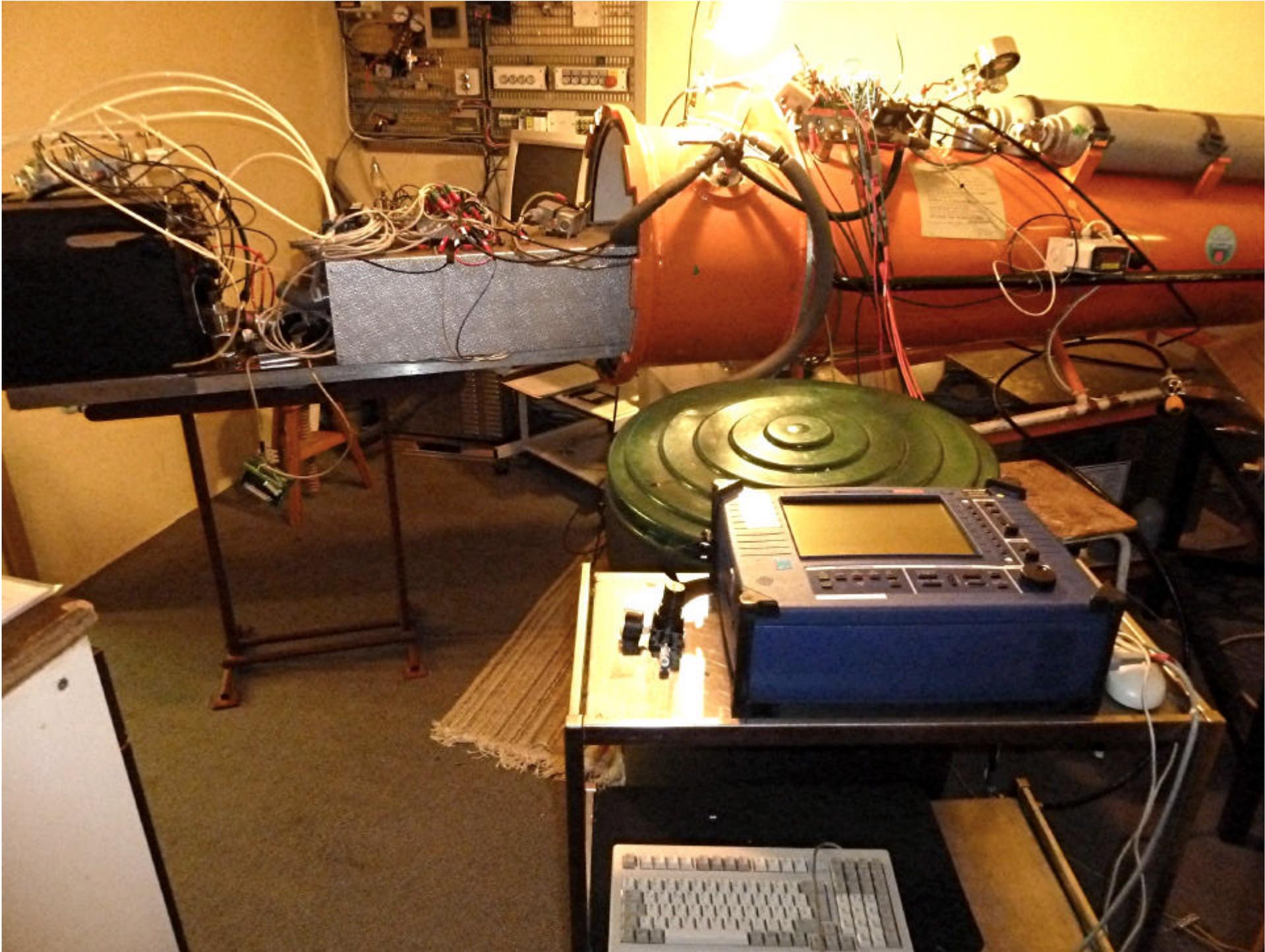
=> $\text{Fluss}_{\text{Spitze}} > 3,2 \text{ l/s}$ bzw. 19,4 l/s (auf 50 m)

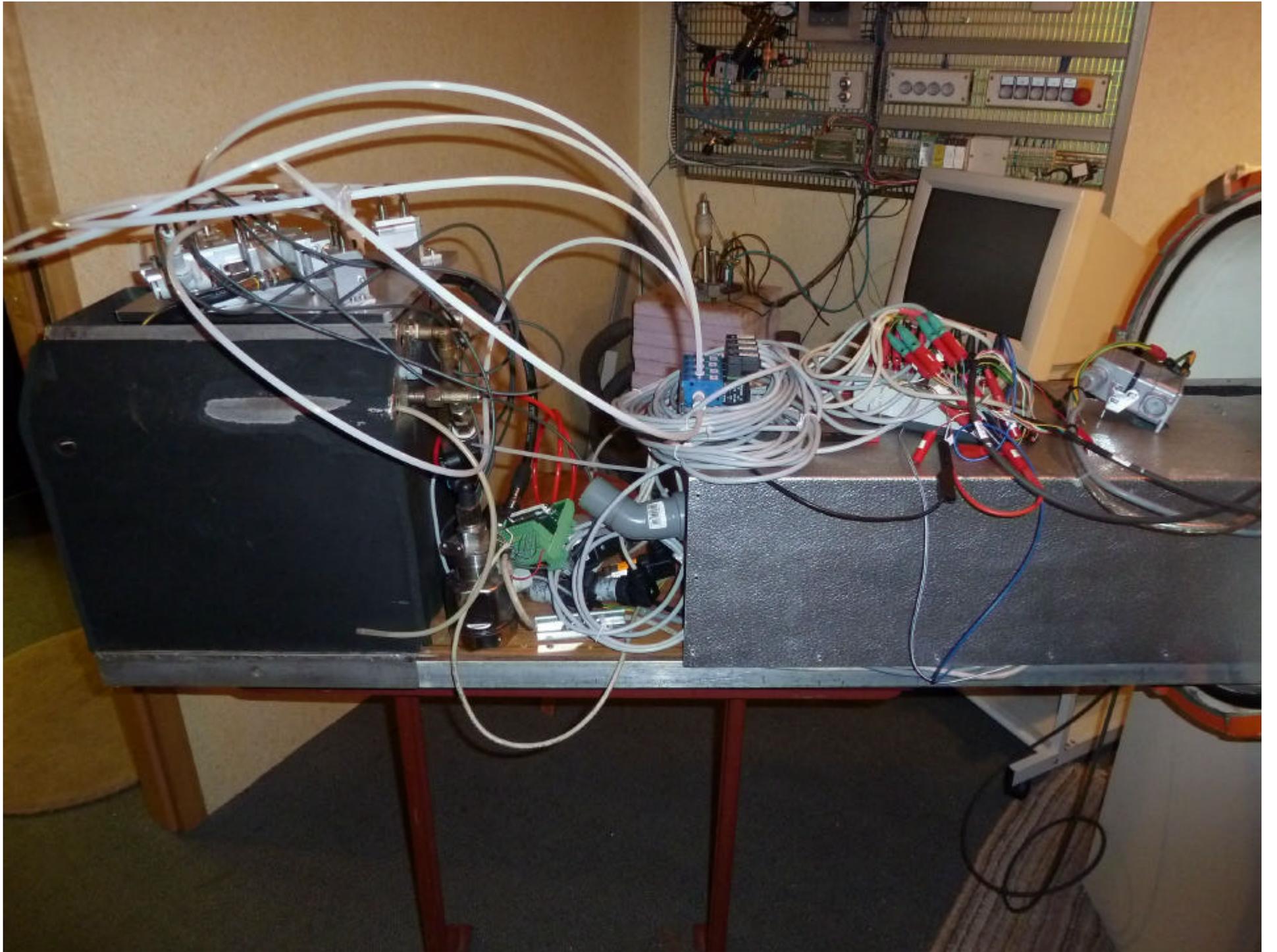
Hinzu kommt Inflatorbedarf mit 4,5 l/s

? > 1400 l/min

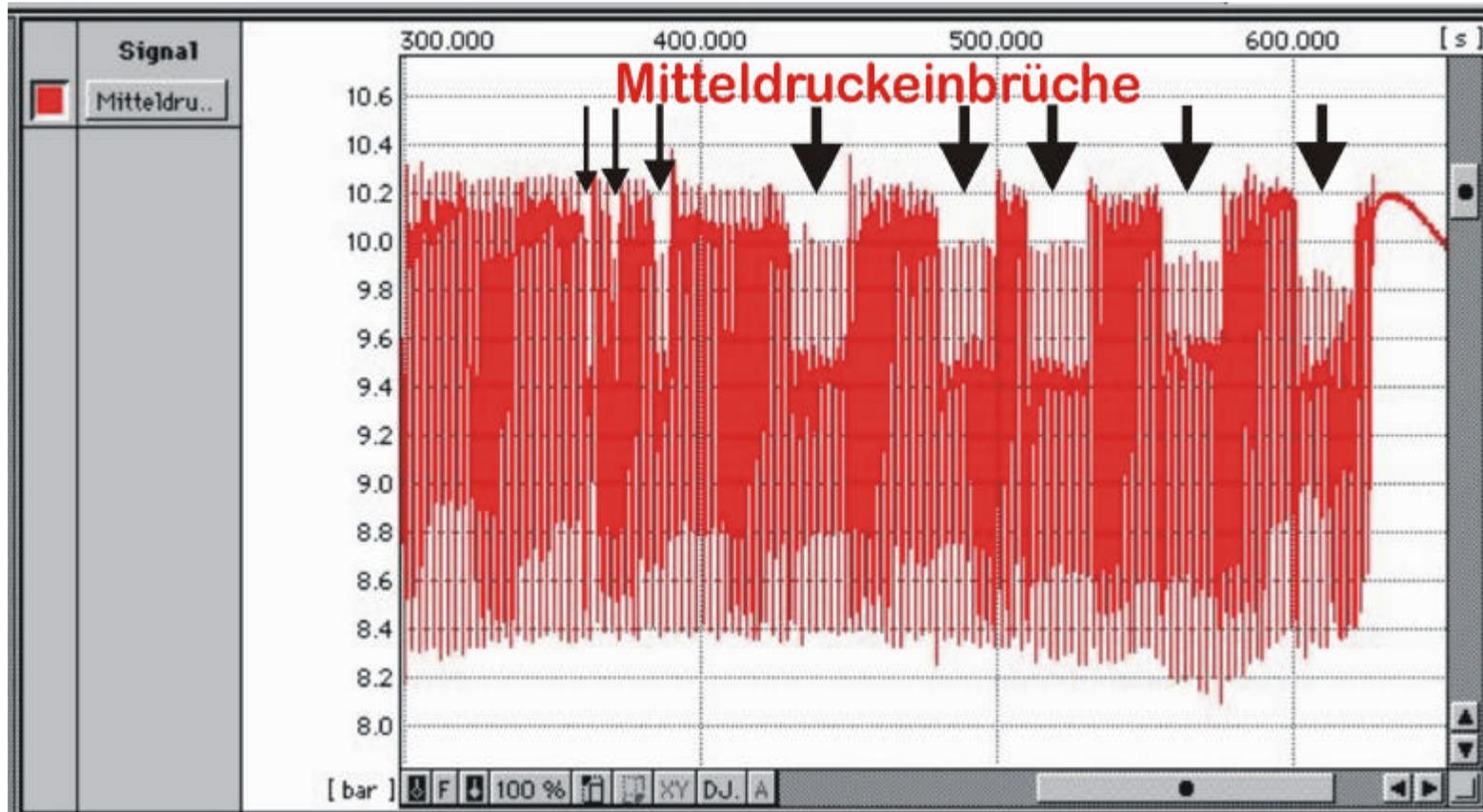
Haupt-LA, Oktopus- und Inflatormessung





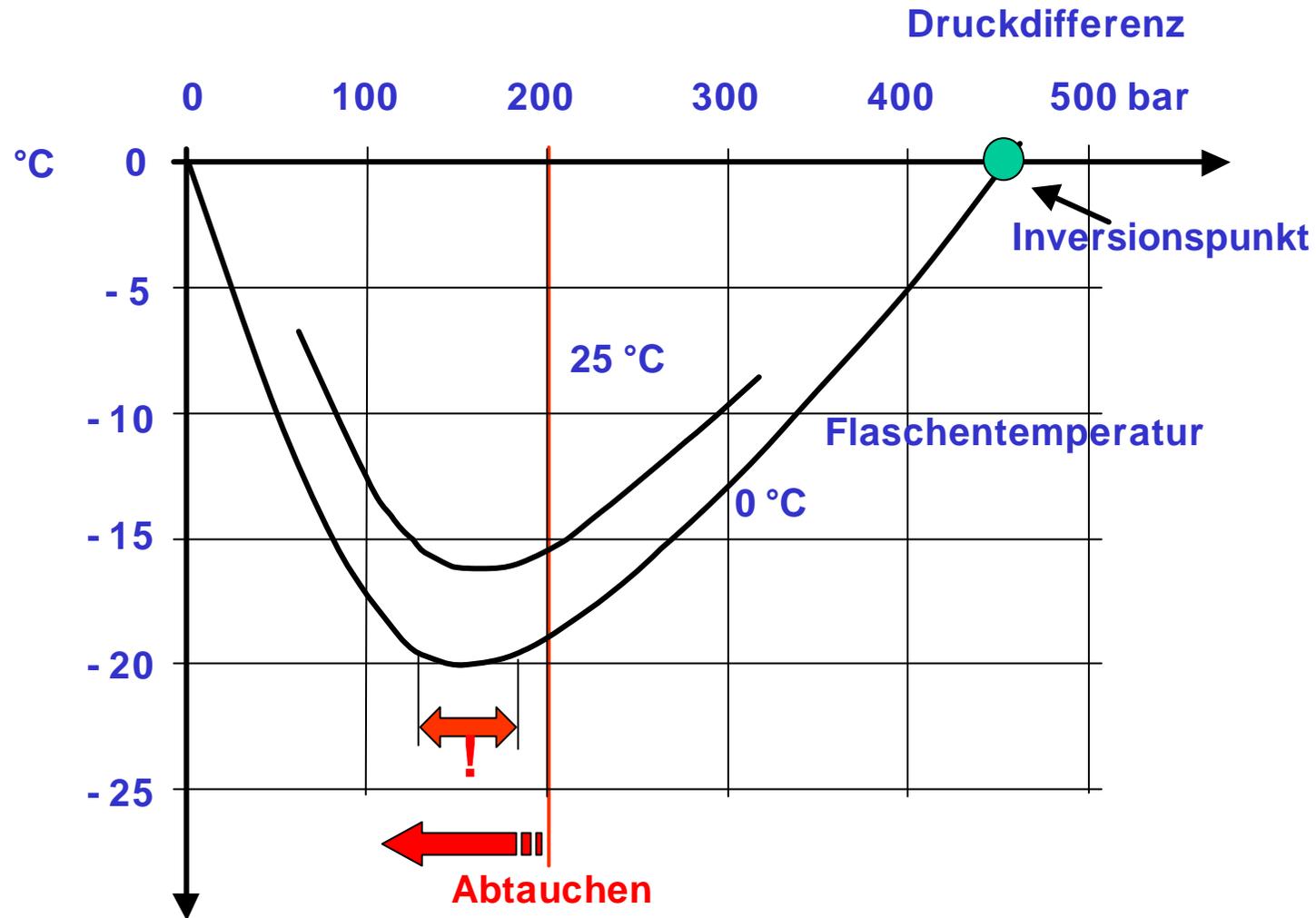


MD-Einbrüche bei Inflatorbetätigung

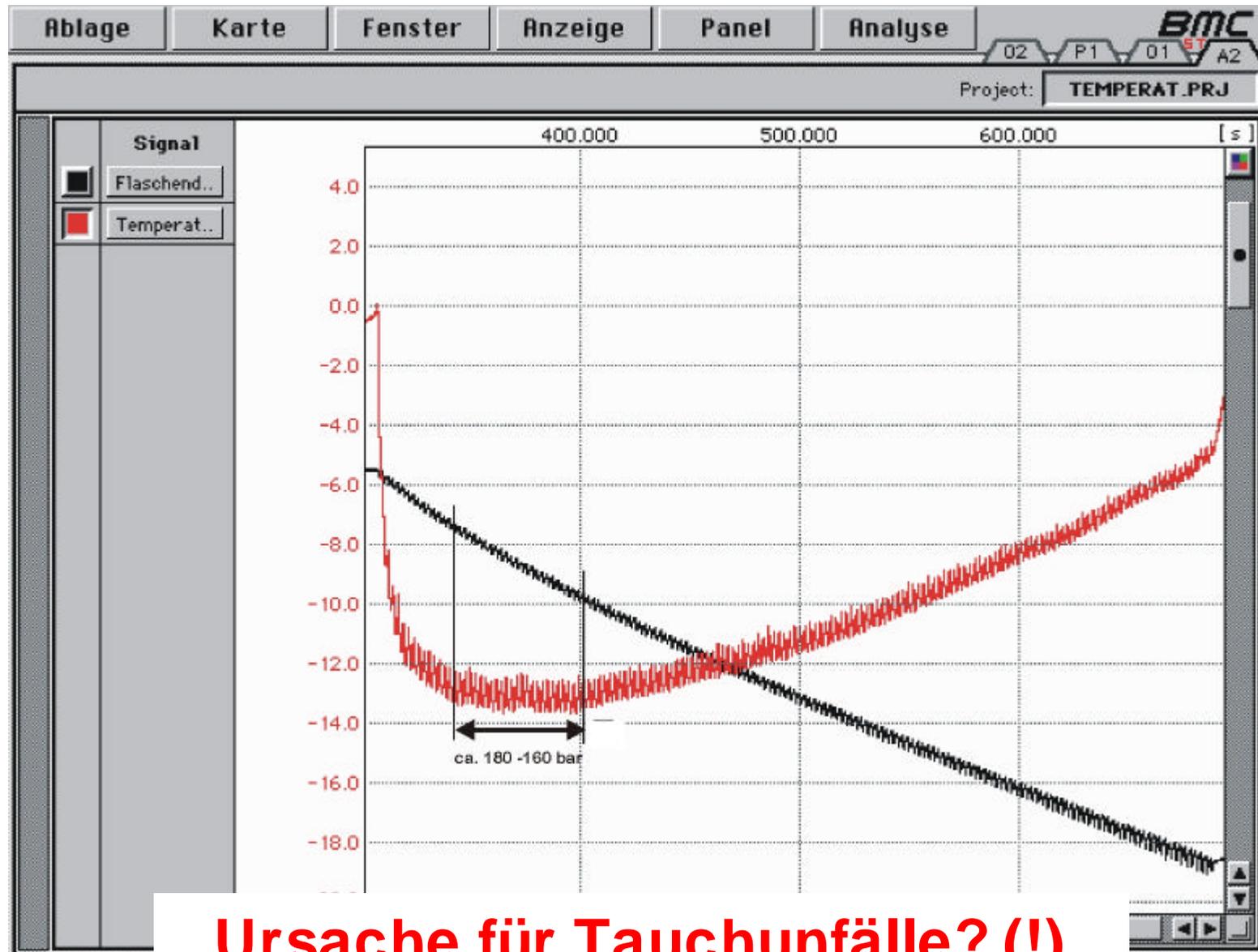


- Zeitpunkt der Inflatorbetätigung für 2 s
- Zeitpunkt der Inflatorbetätigung für 5 s
- Zeitpunkt der Inflatorbetätigung für 20 s

Noch einmal Joule-Thomson

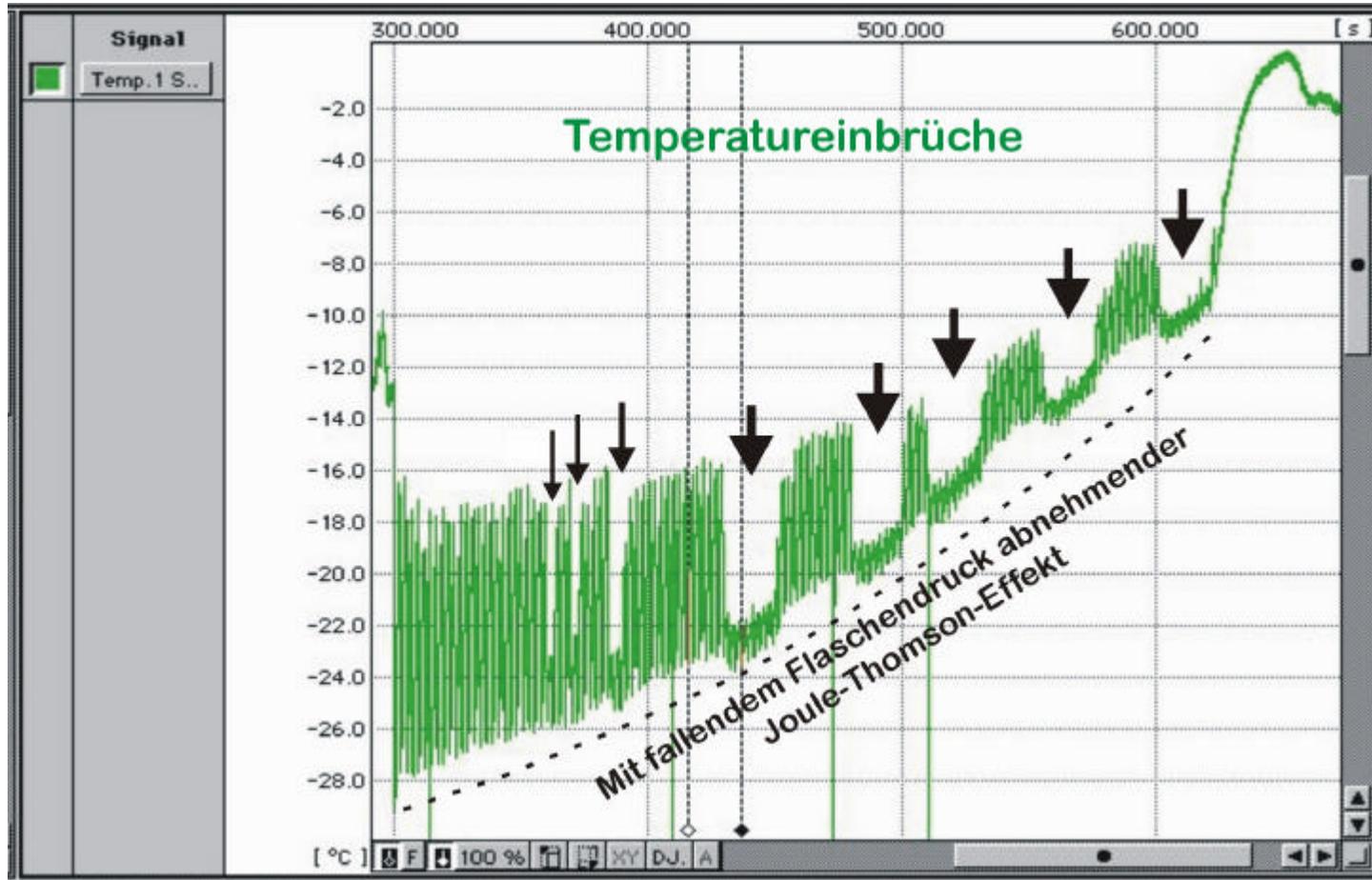


Joule-Thomson-Effekt in 1. Stufe



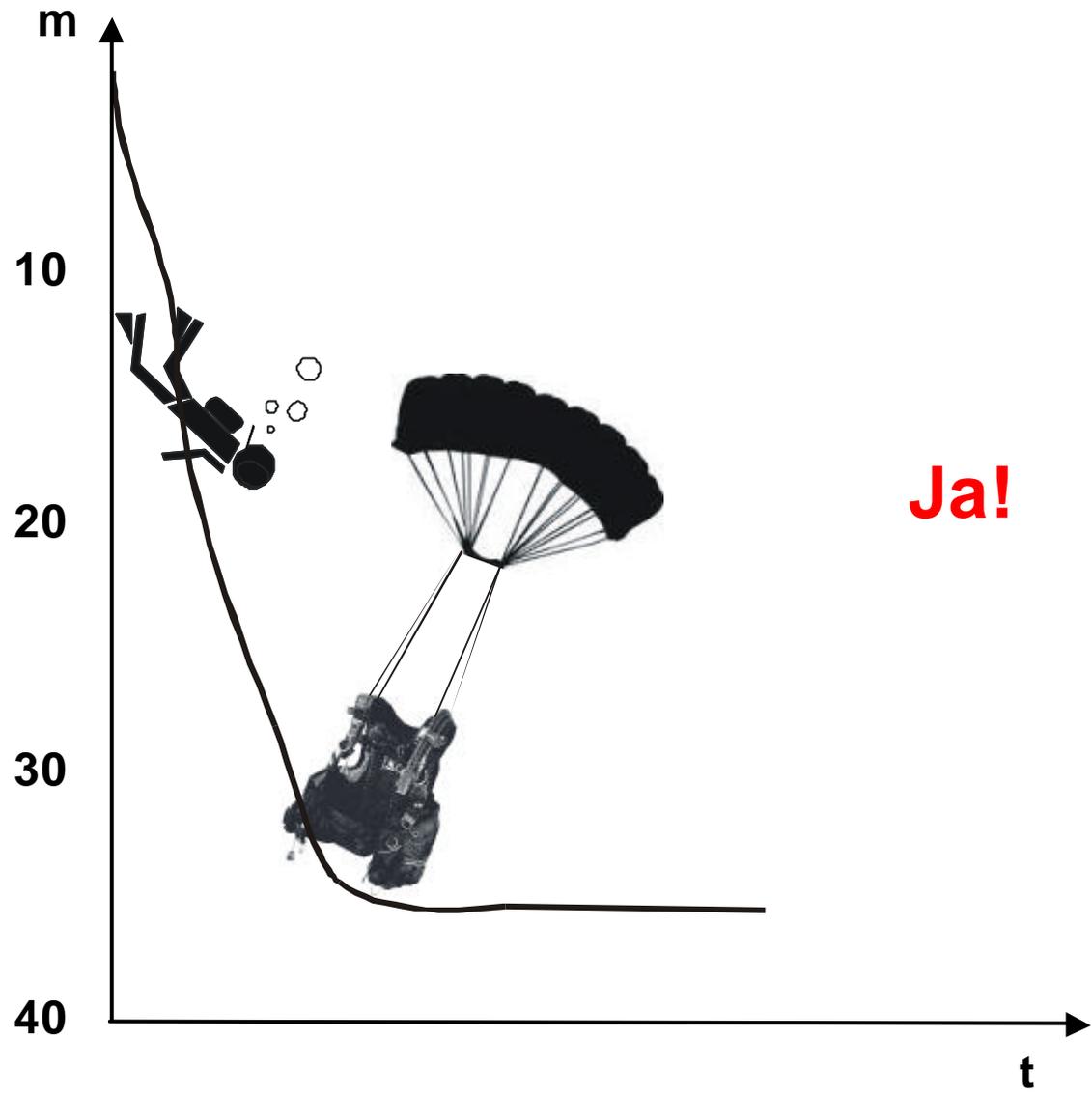
Ursache für Tauchunfälle? (!)

Temperatureinbrüche bei Inflatorbetätigung

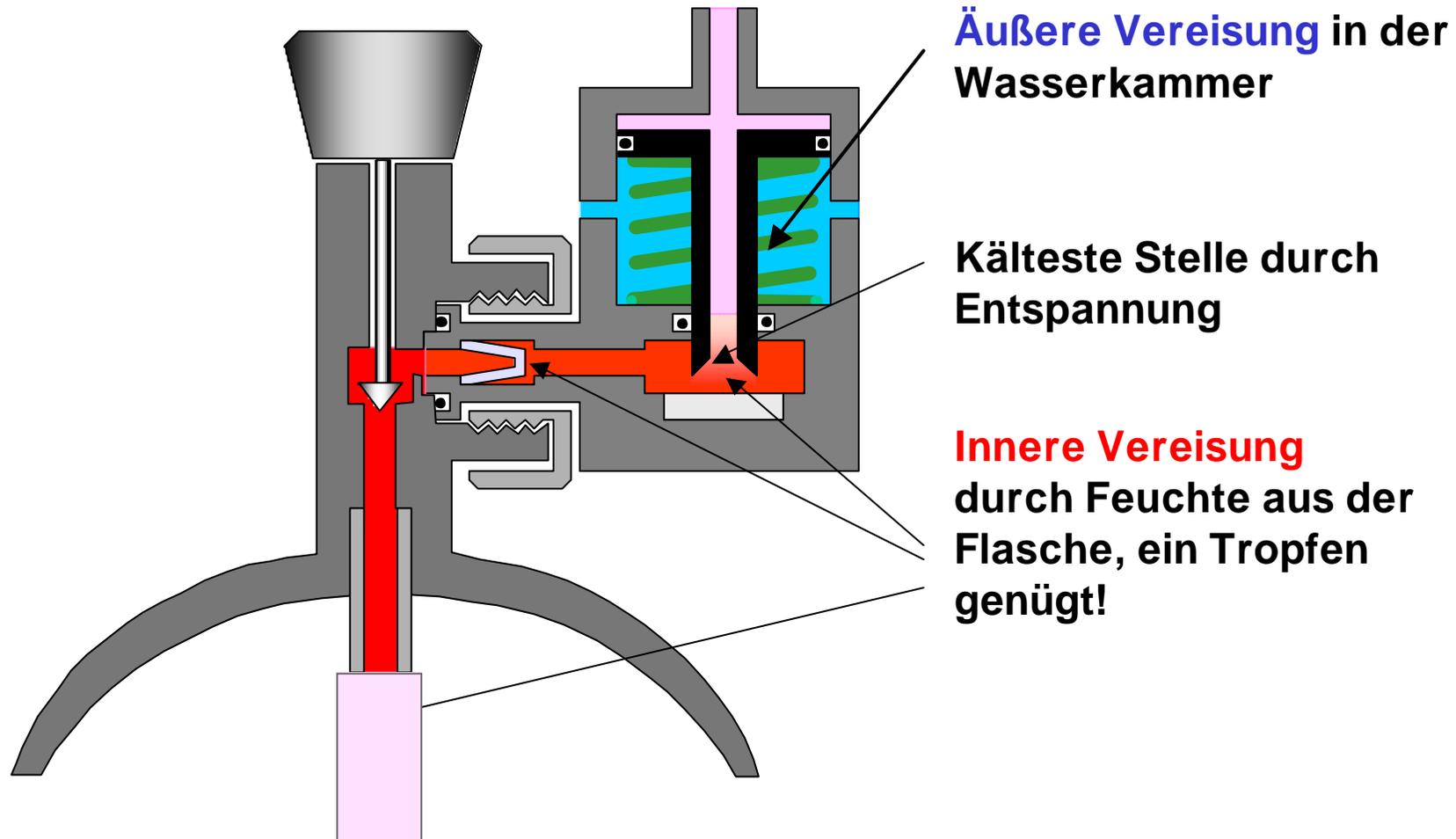


- Zeitpunkt der Inflatorbetätigung für 2 s
- Zeitpunkt der Inflatorbetätigung für 5 s
- ➔ Zeitpunkt der Inflatorbetätigung für 20 s

20 s Inflatorbetätigung - ist das realistisch?

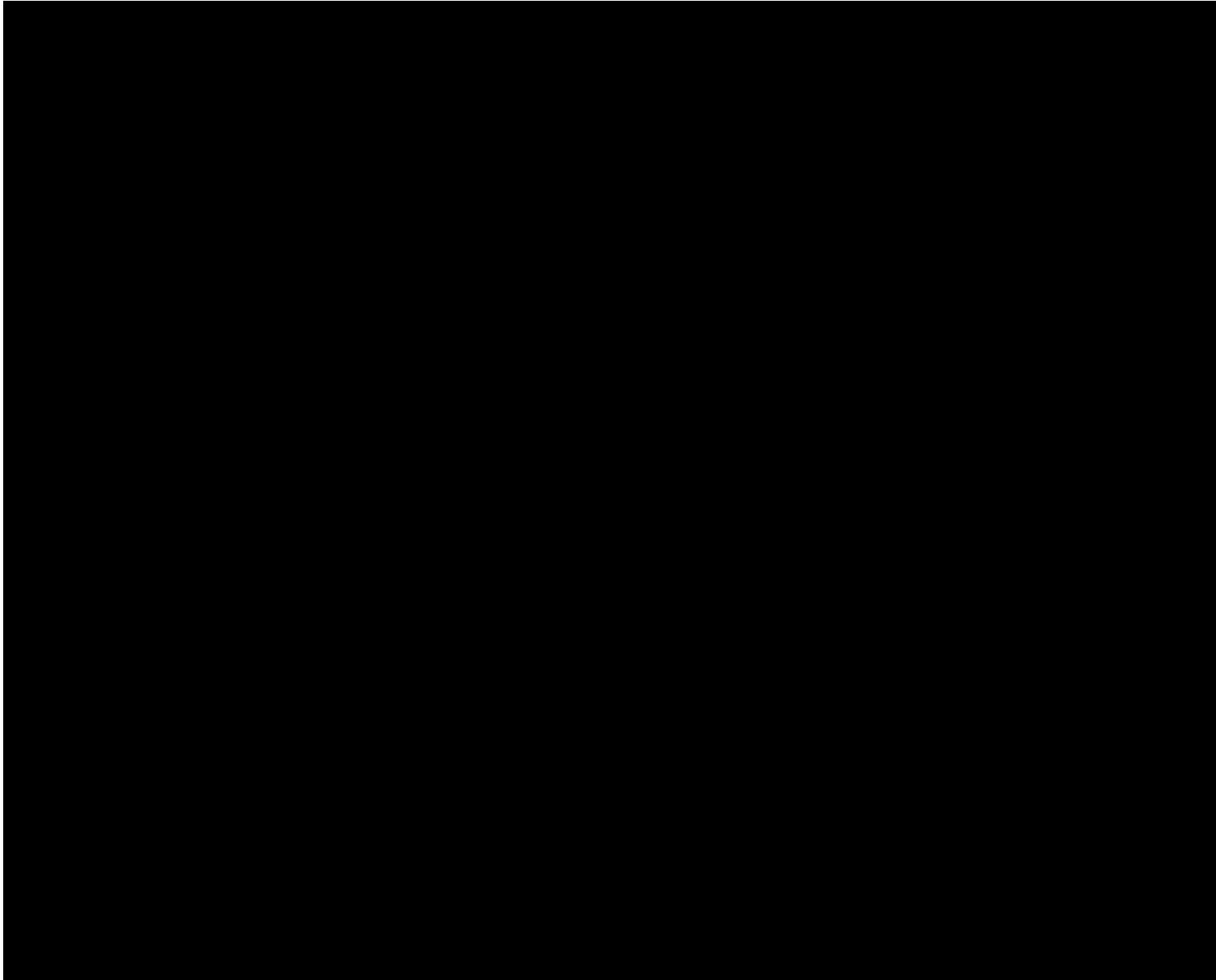


Vereisung in 1. Stufe



In den meisten Fällen genügt ein Eiskristall auf dem Dichtungssitz, der Kolben schließt später, der Mitteldruck steigt an, die 2. Stufe bläst ab.

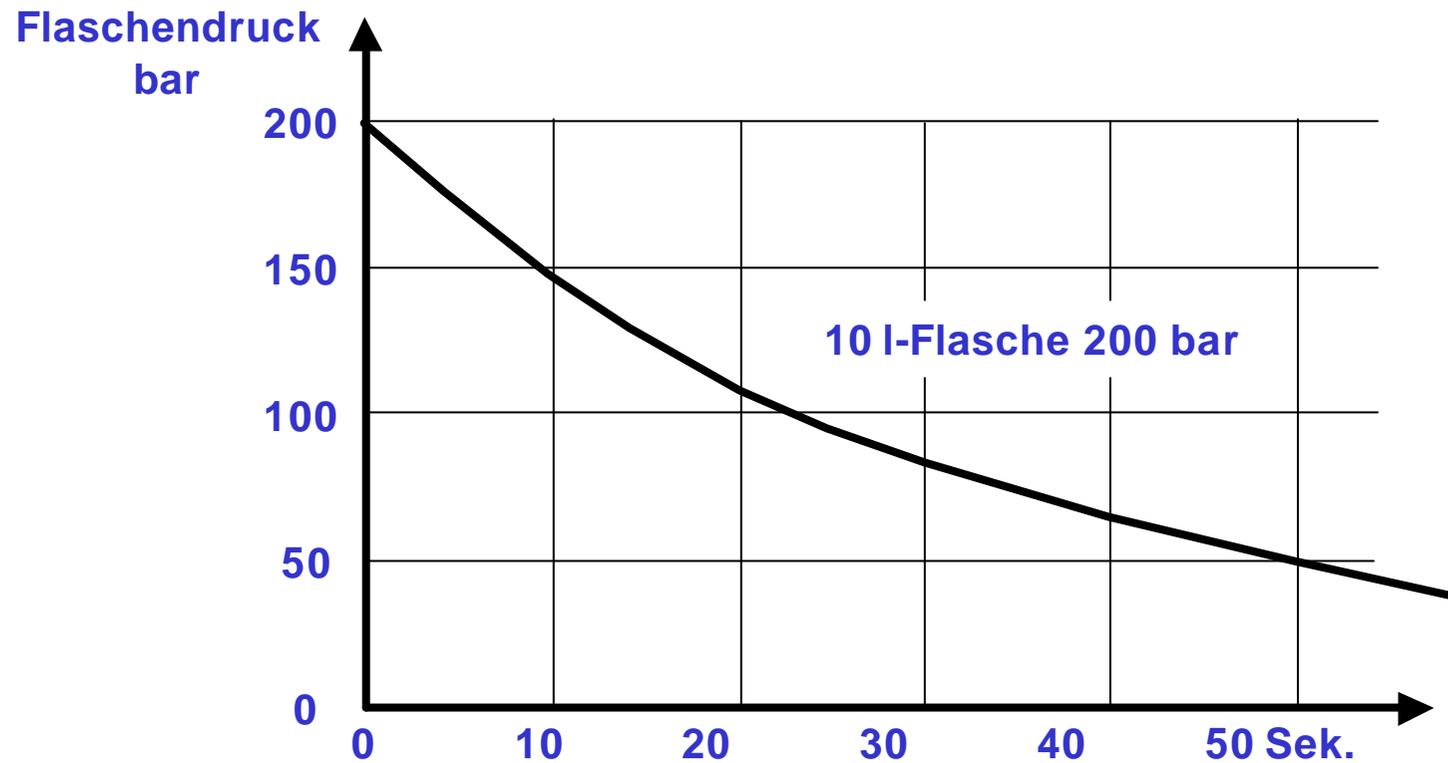
Eisbildung in 1. Stufe bei EN 250-Kammertest



Gefährliche innere Vereisung

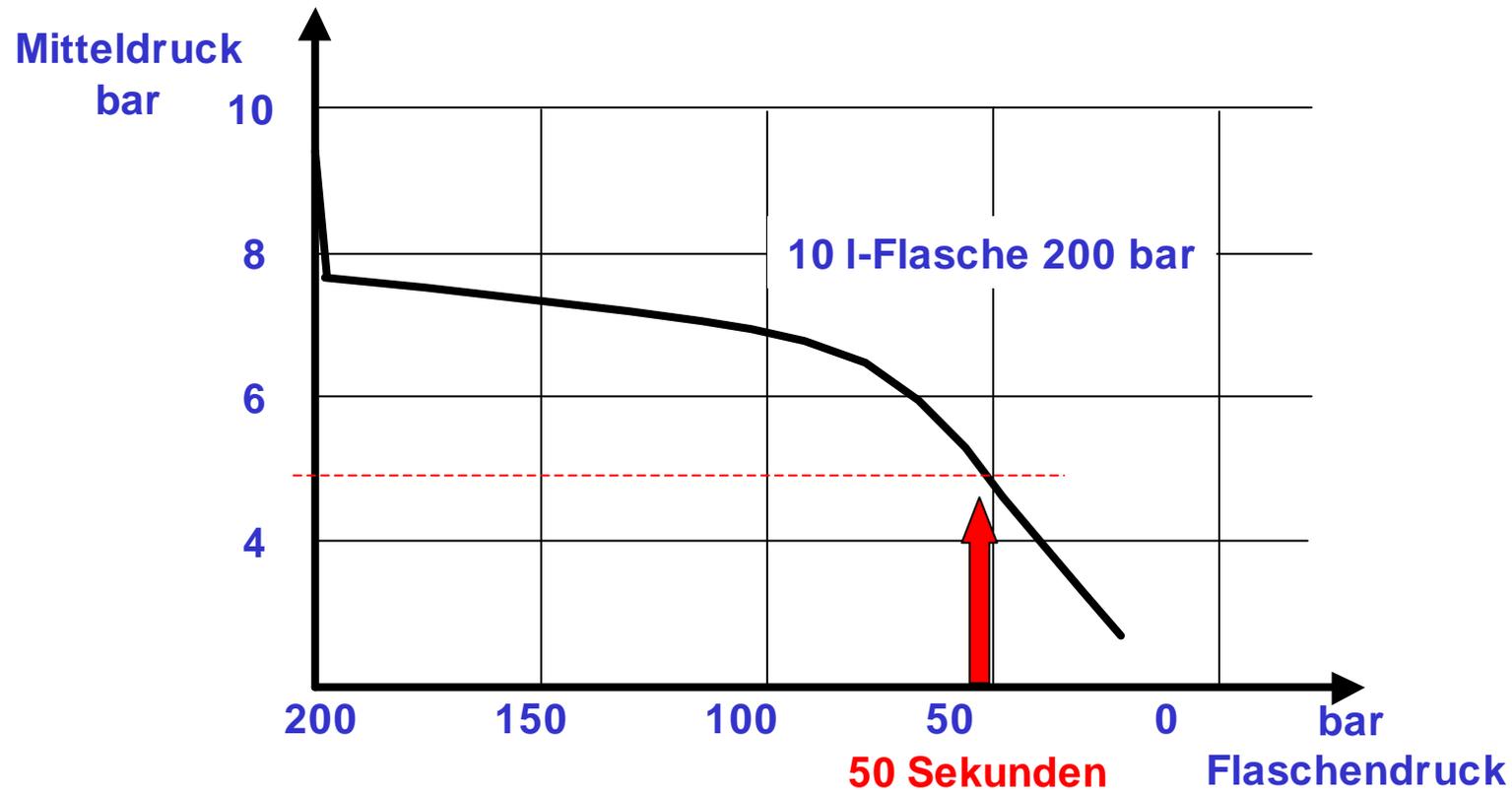
Voll abblasender Atemregler

Die Flasche ist in etwa einer Minute leer!



Gefährliche innere Vereisung

Voll abblasender Atemregler

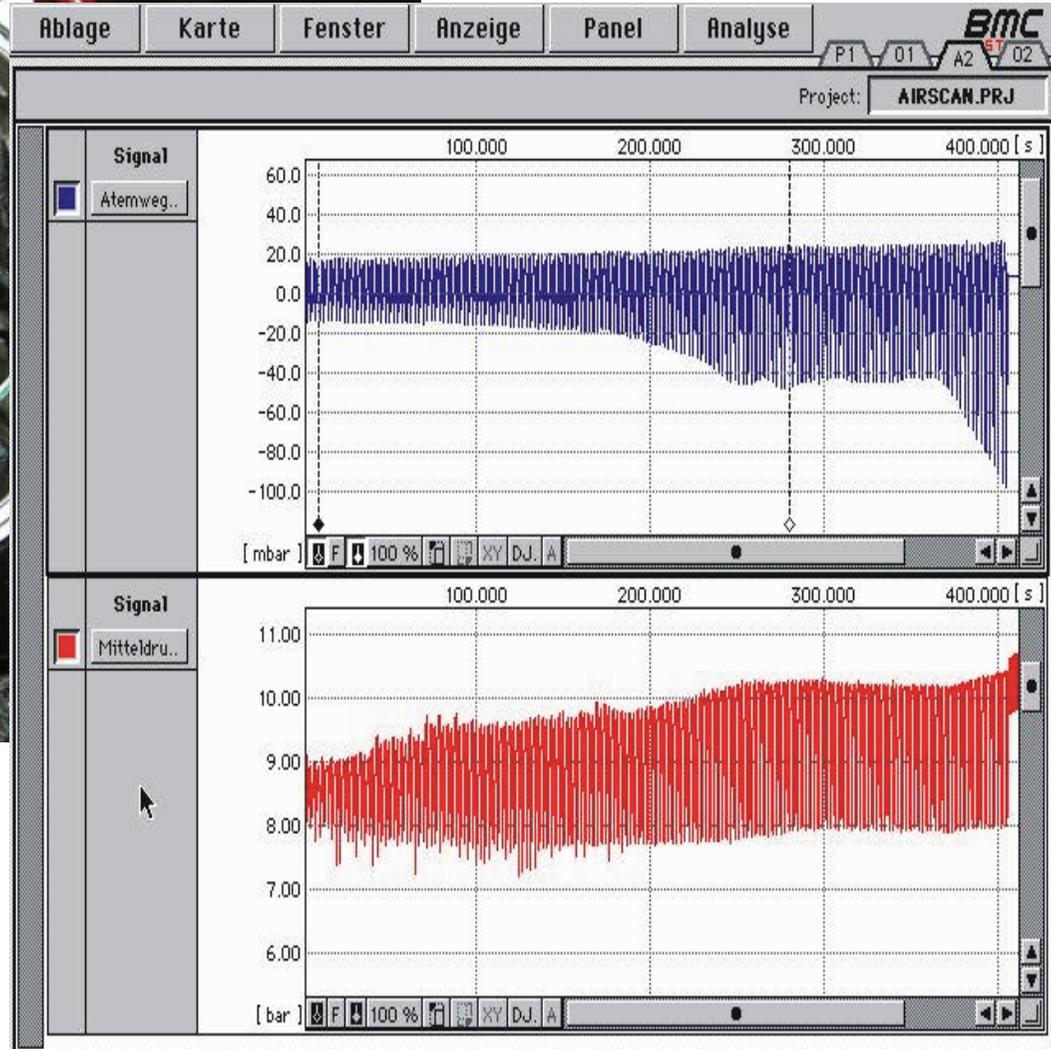


Mit fallendem Flaschendruck bricht der Mitteldruck ein, aus dem Automaten kann aber mit erhöhtem Atemwiderstand noch bis ca. 5 bar Mitteldruck geatmet werden. Auch die Tarierung über den Inflator ist bis zu diesem Druck noch eingeschränkt möglich.

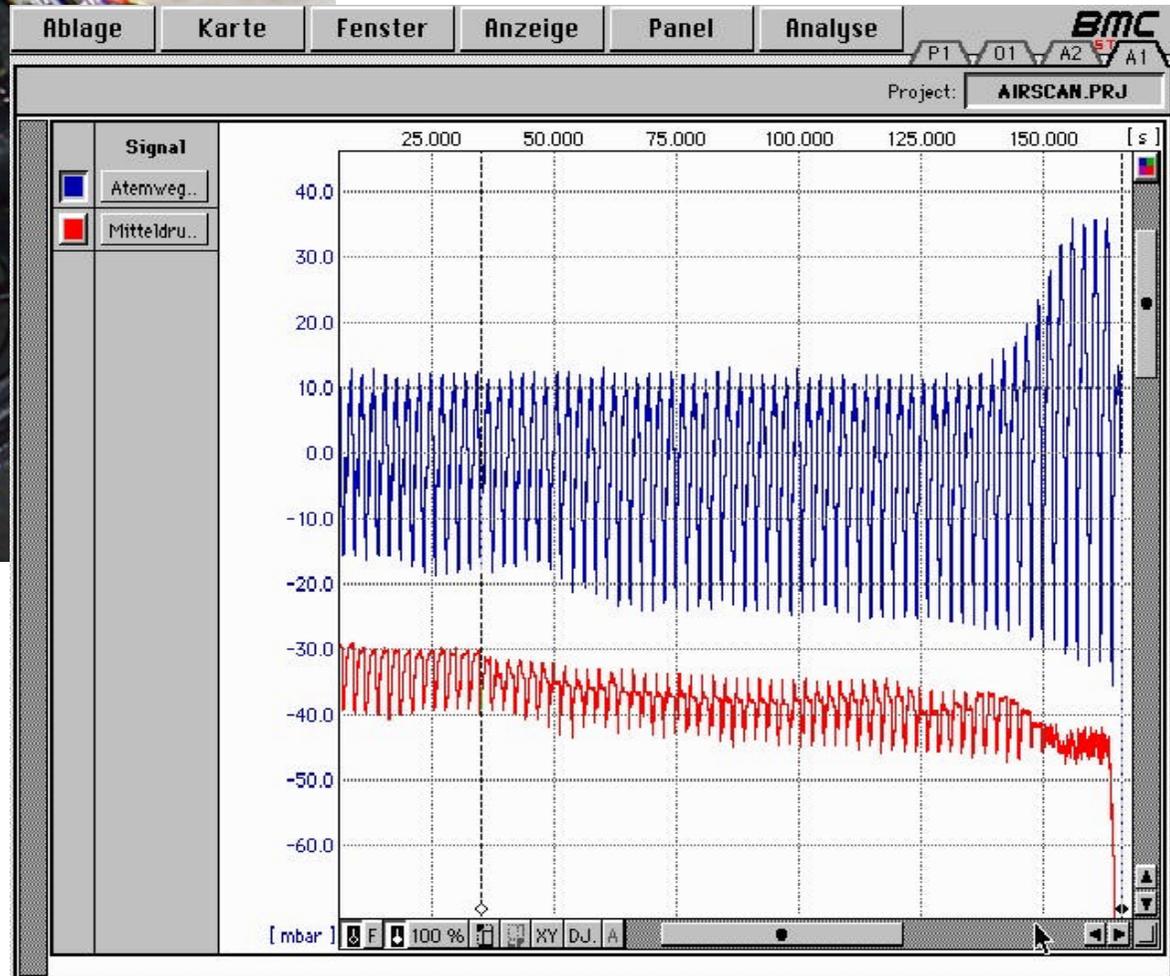
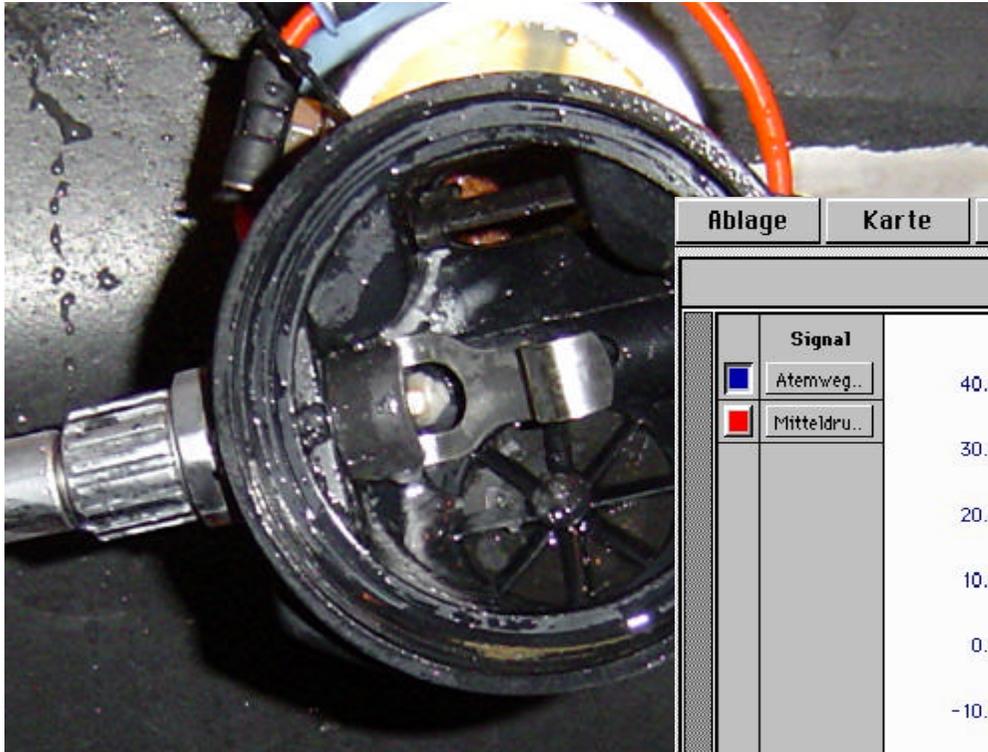
Auch in der 2. Stufe wird es kalt!



Vereisung in 2. Stufe I



Vereisung in 2. Stufe II



Praktische Relevanz der Messungen

Zweifel...

Antwort von Guenter1 **REG** am 16.09.2014 - 11:55

...

Messpunkte im Regler und Versuchsaufbau etc:
ja, ich hab mir den Aufbau und die Werte sehr genau angesehen.
Dass eine belastete Stufe kaelter wird ist jetzt wirklich nix
Neues, je mehr Last desto kaelter. Dass ein Trokieinlass
grundsaeztlich nur stossweise und ein Winginflator immer volle
Power betaetigt wird, ist in meinen Augen eine Annahme, die
lediglich dazu dient die gewuenschten Testergebniss zu erhalten.

...

Ich muss nur lang genug messen, irgendwann krieg ich dann schon
die Zahlen, welche die von mir gewuenschten Aussage untermauern.

...

Ich hab schon genug wissenschaftliche Studien gesehen, gelesen, belacht
und beweint ... und stelle da jetzt mal die Frage: wo sind die Untersuchungen
darueber, in wie weit der Messaufbau, die Platzierung der Sonden die
Ergebnisse nicht massiv verfaelschen ? Gute wissenschaftliche Praxis
sagt zu dem Thema ein paar Satze.

Und außerdem gilt ja auch ...

Antwort von tauchender Kakadu **REG** am 19.09.2014 - 10:01

@LJS

seit nicht zu Erfürchtig vor sogenannten Sachverständigen.

Bin im Handwerk (erfolgreich) tätig und jeder erfolglose "Meister" und "Bauingenieur"/ und oder "Architekt" der mit normaler Arbeit nicht in der Lage ist Betriebe zu führen oder Bauprojekte erfolgreich durchzuführen wird Gutachter/ Sachverständiger. Ist ja einfach anderen auf die Finger zu schauen als selbst etwas richtig zu können.

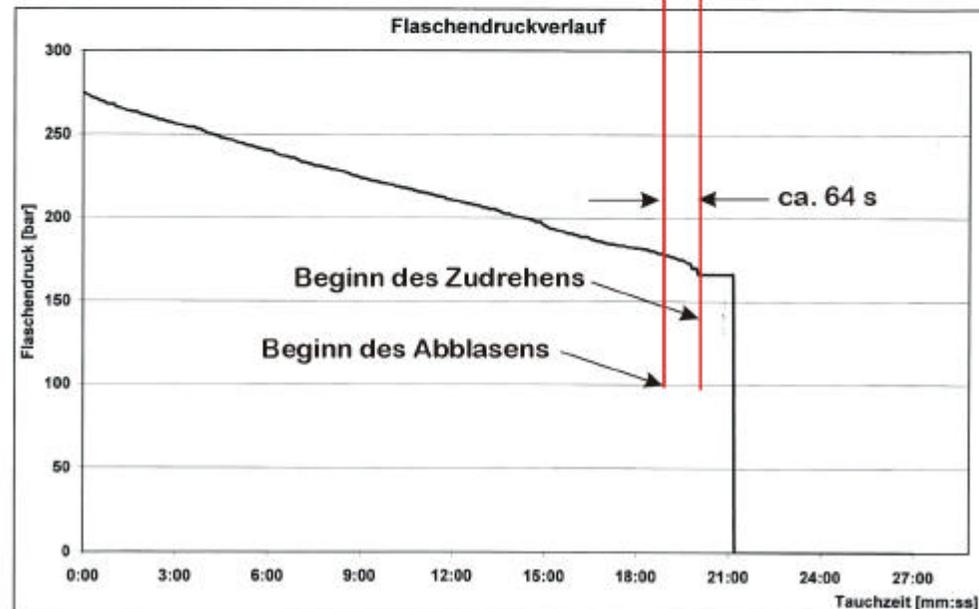
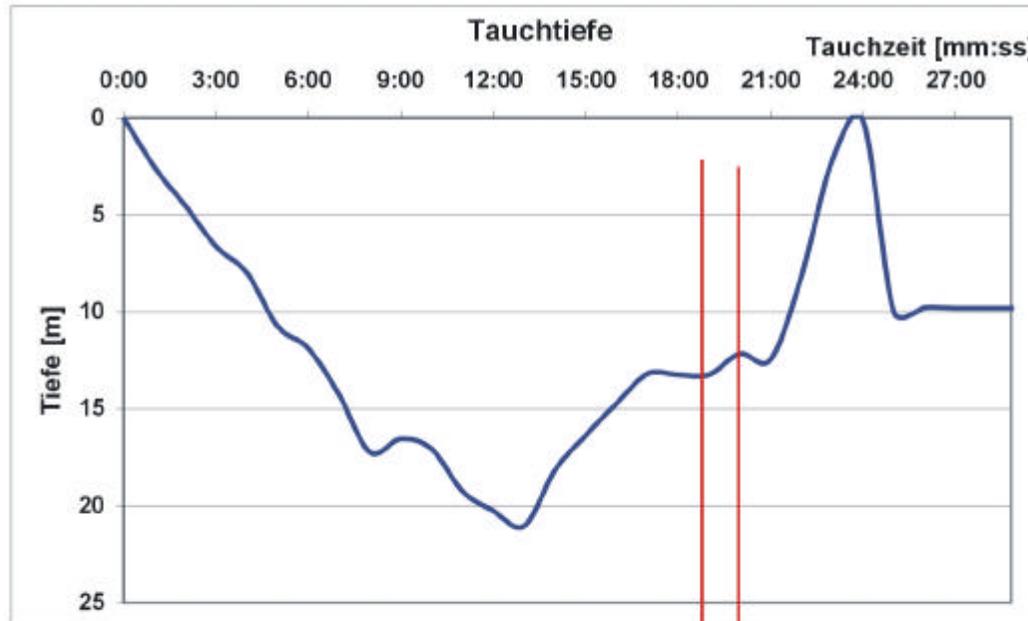
Just my 2 Cents....

Gruß vom Kakadu 😊

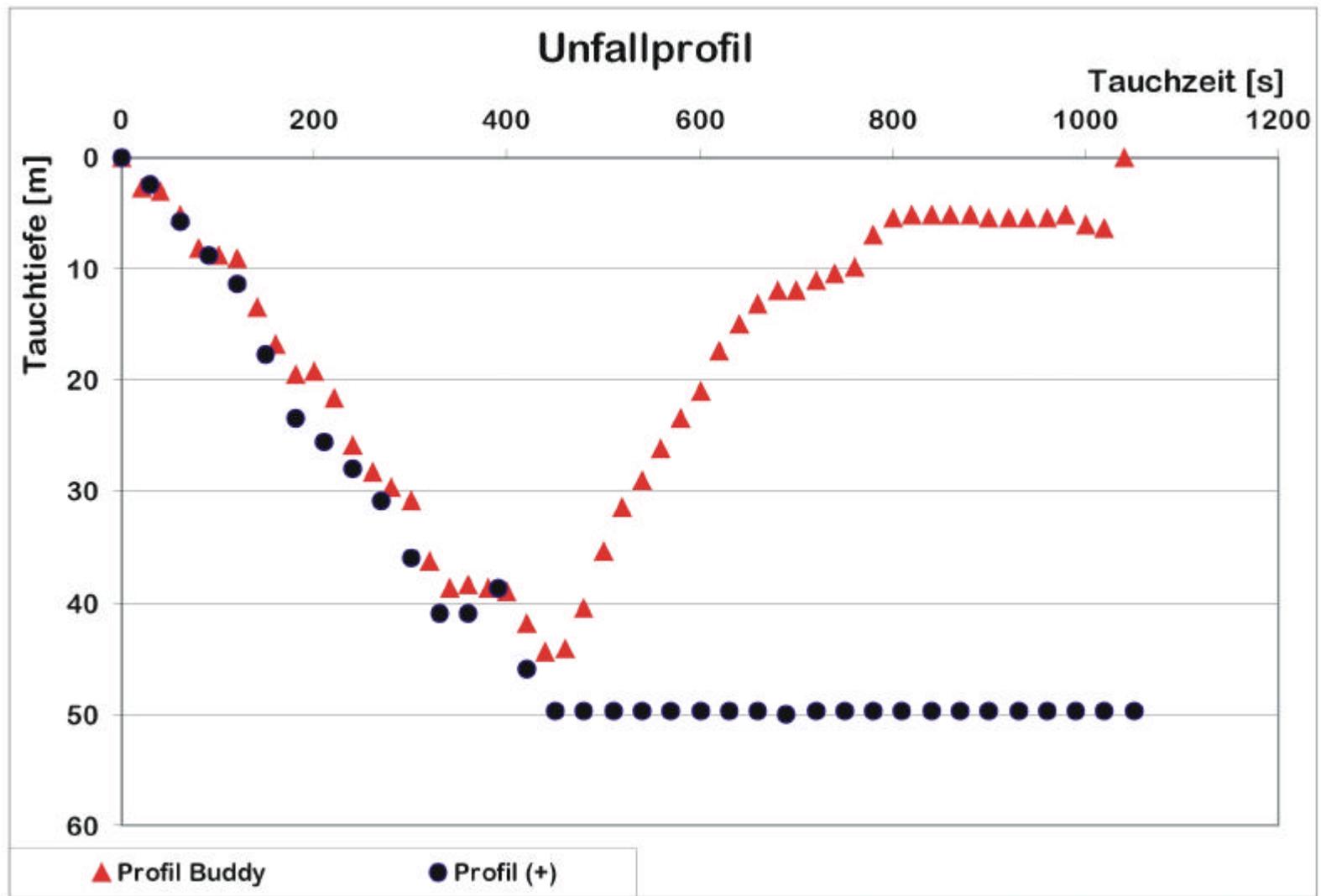
TAUCHER  **NET** FORUM
TAUCHAUSRÜSTUNG

Sehen wir auf die Fakten

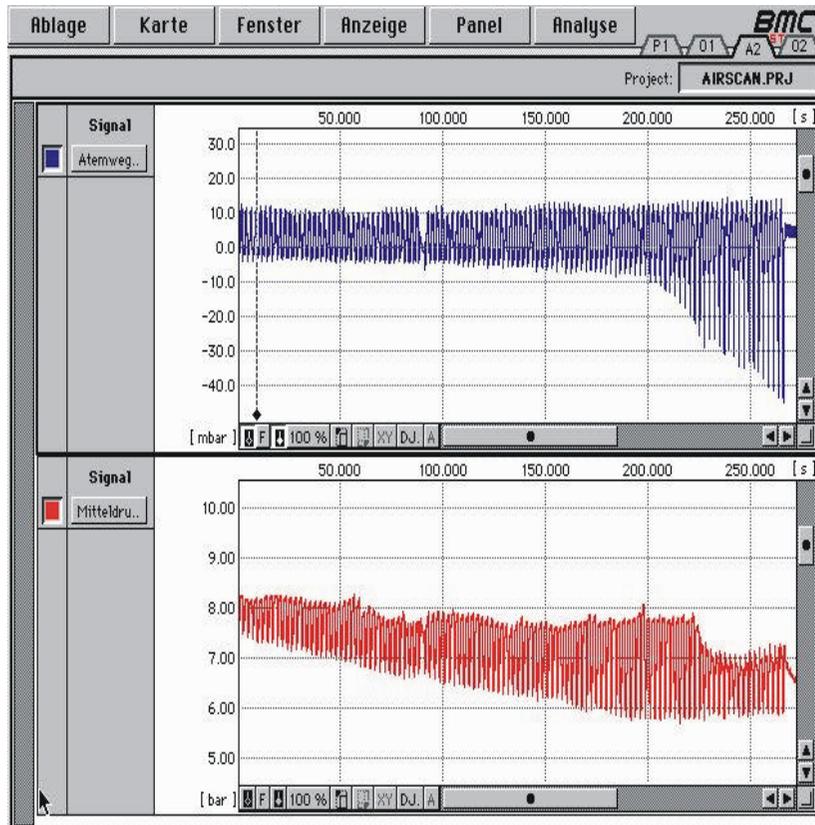
Kaltwasser-TU bei 180 - 160 bar (1)



Kaltwasser-TU bei 180 - 160 bar (2)

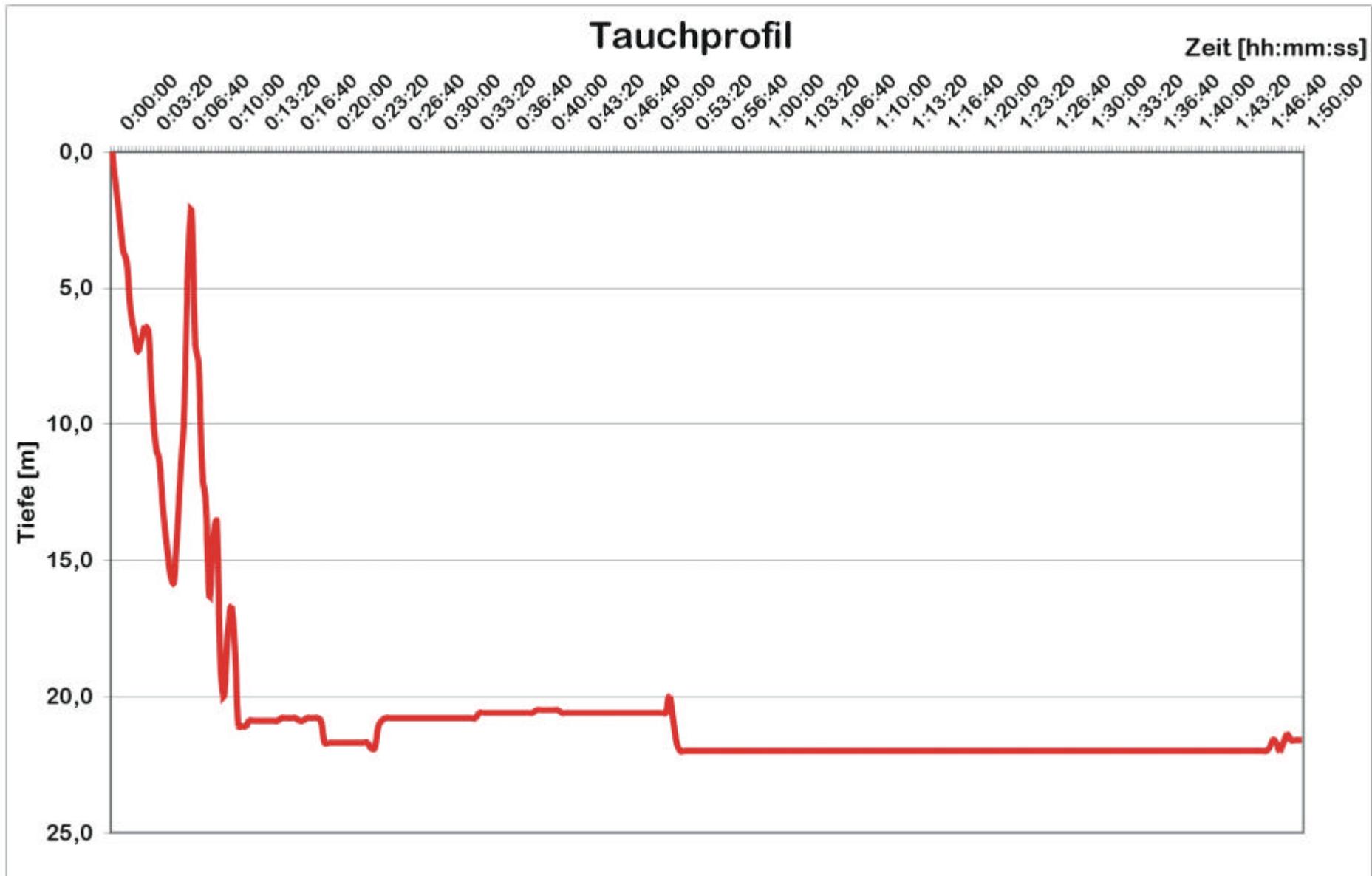


Kammertest (ohne Inflatorbetätigung)

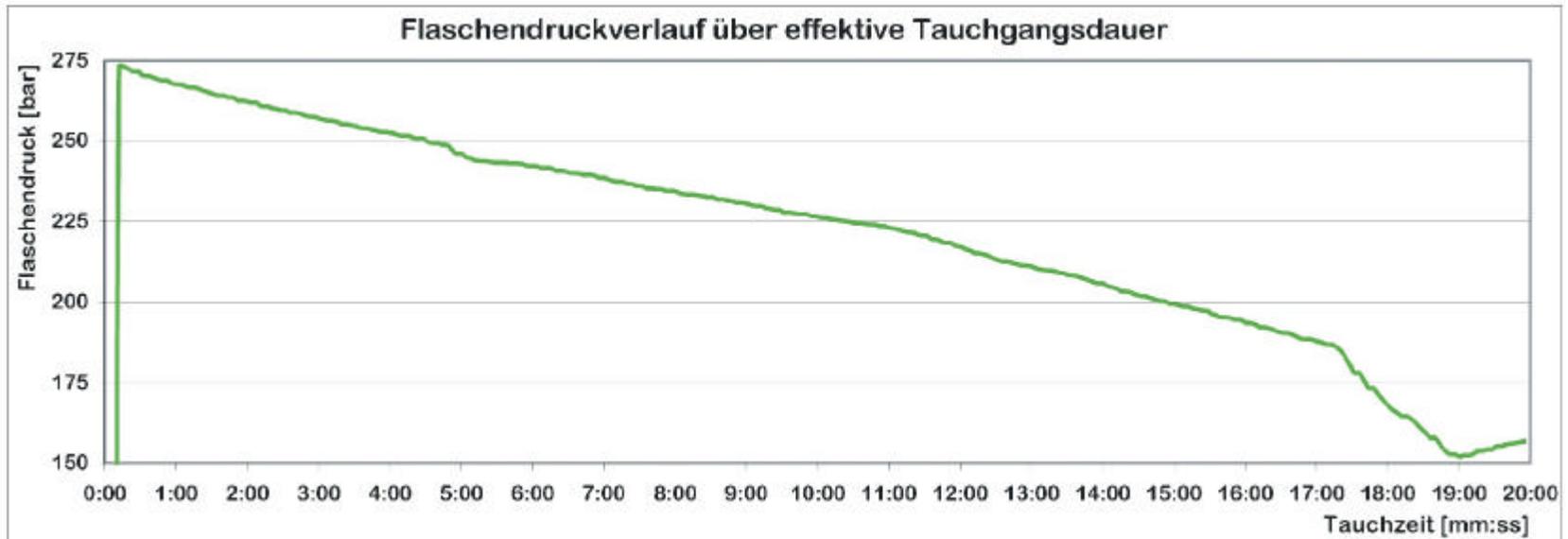
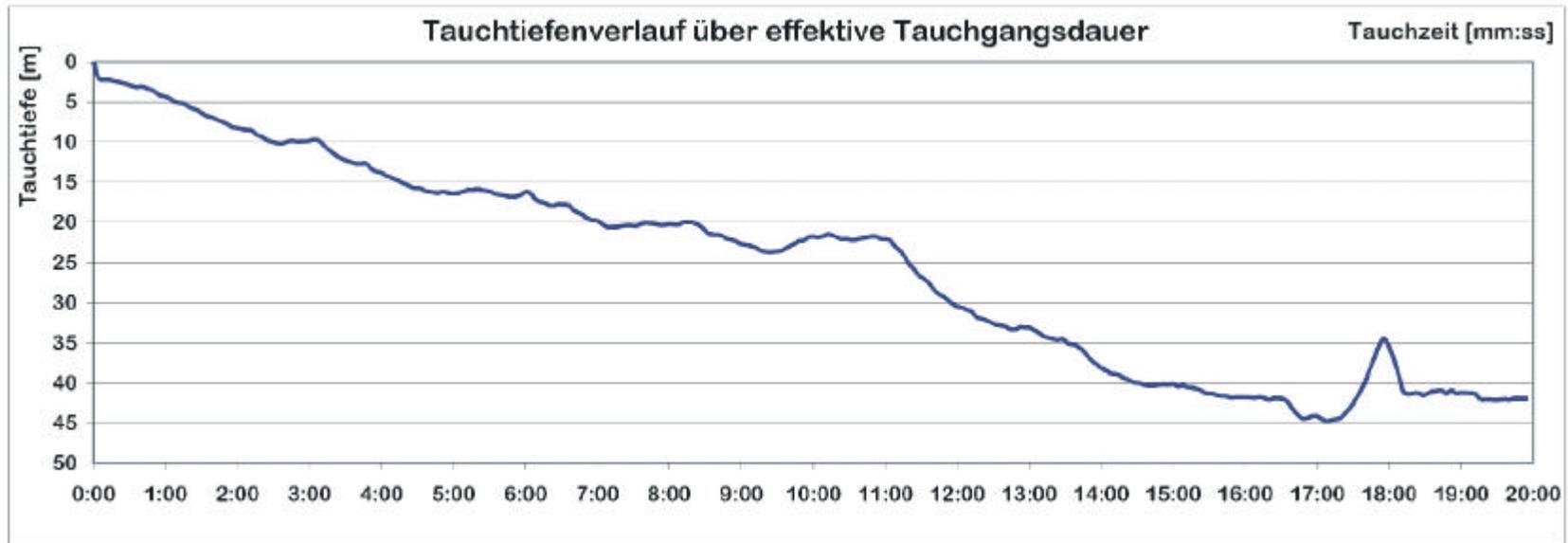


Der Atemregler vereist unter Testbedingungen wie Unfalltauchgang, also ca. 44 m und ca. 3 °C Wassertemperatur dramatisch!

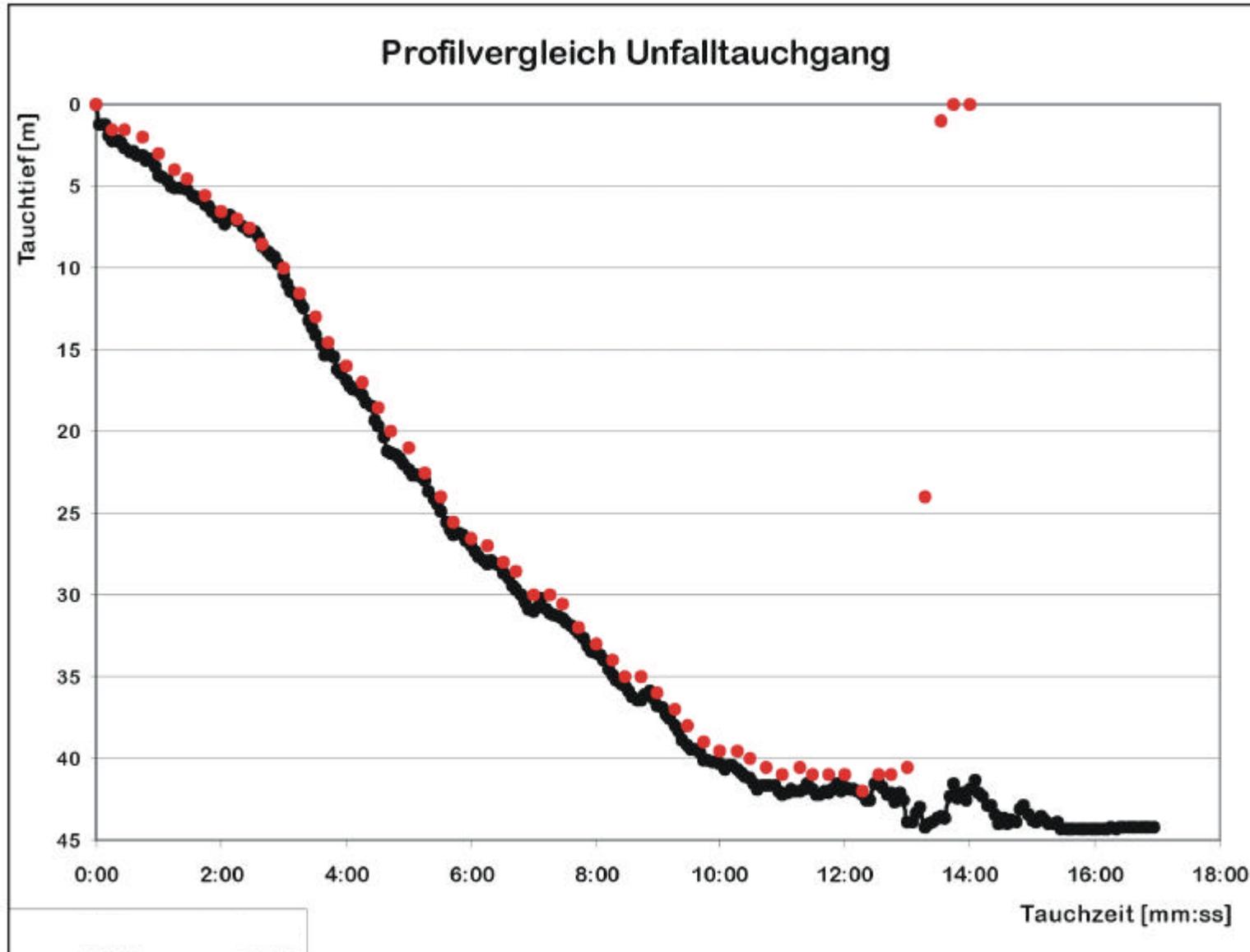
Kaltwasser-TU bei 180 - 160 bar (3)



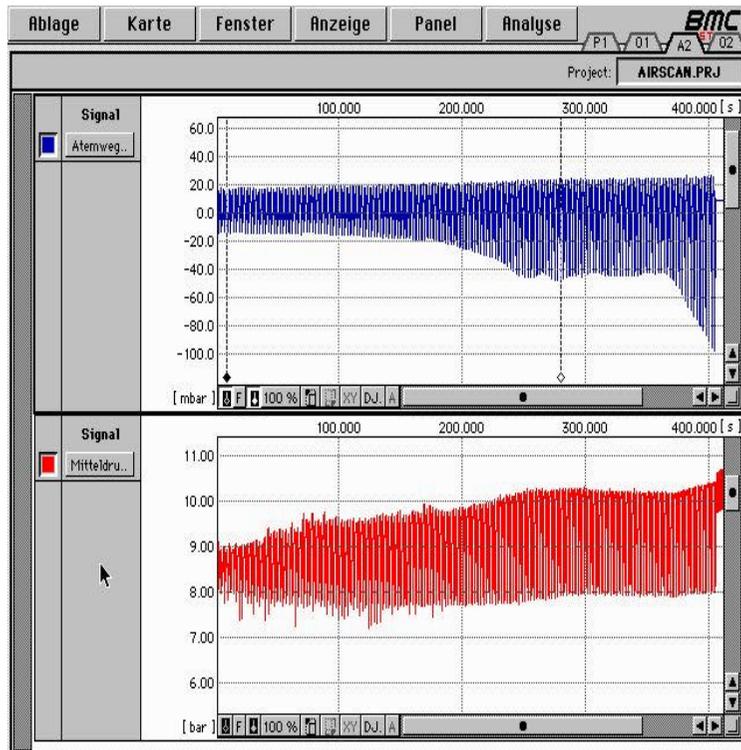
Kaltwasser-TU bei 180 - 160 bar (4)



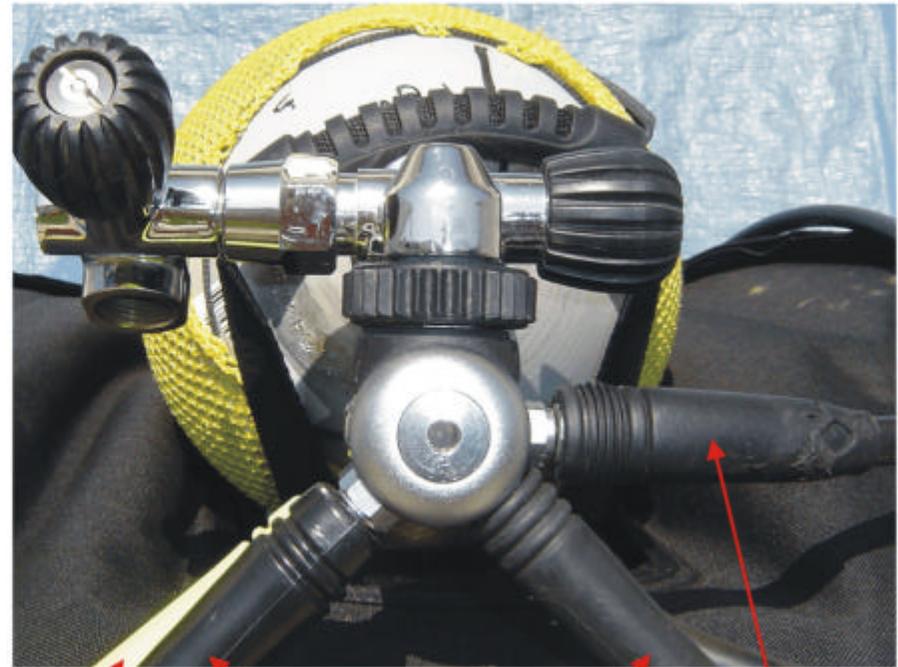
Kaltwasser-TU bei 180 - 160 bar (5)



Kammertest (ohne Inflatorbetätigung)

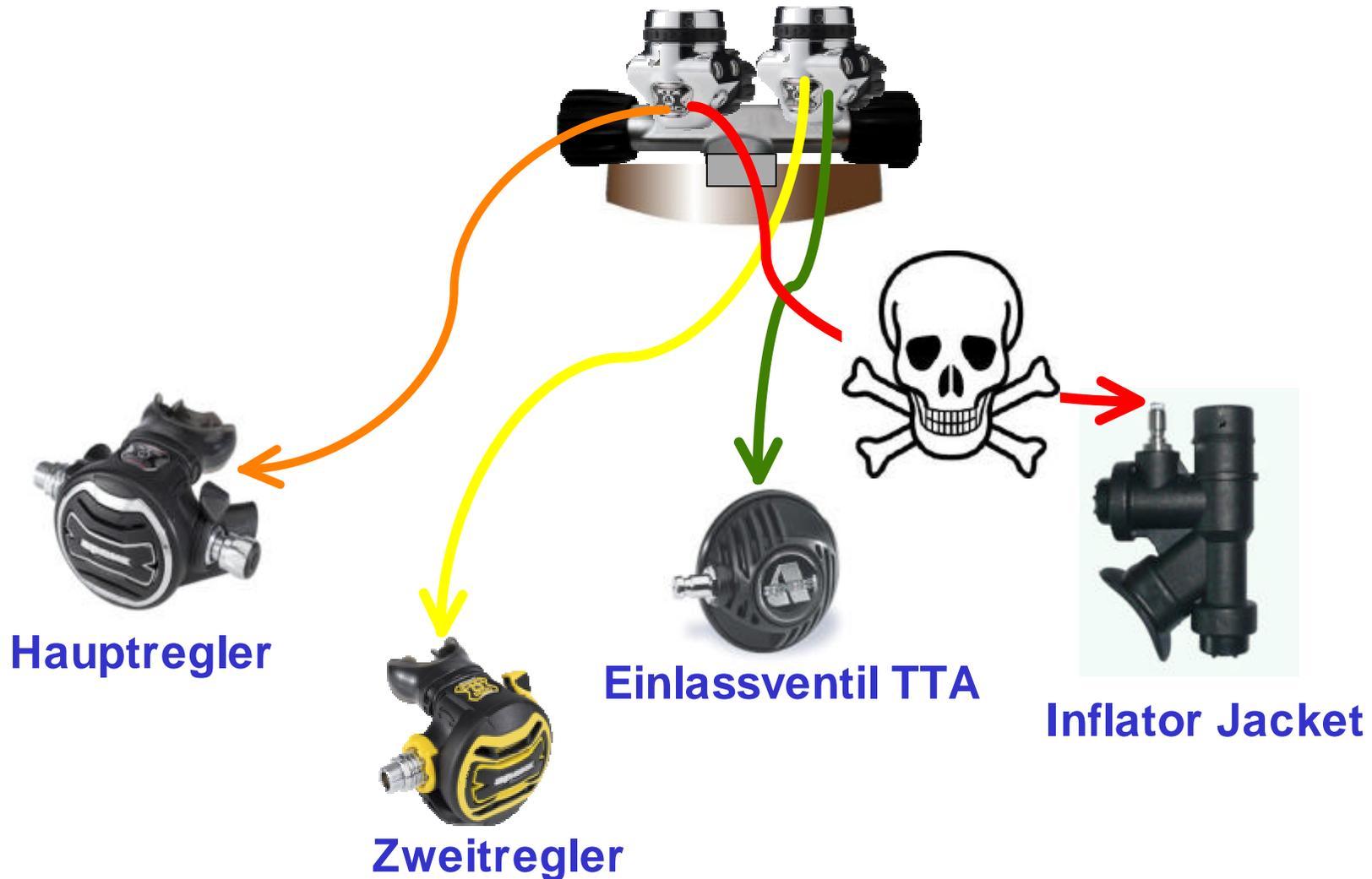


Optimal konfiguriert?



Octo Haupt-LA TTA Jacket

Nicht empfohlene Konfigurationsvariante Trockentauchanzug - Füllgas aus Tauchgerät



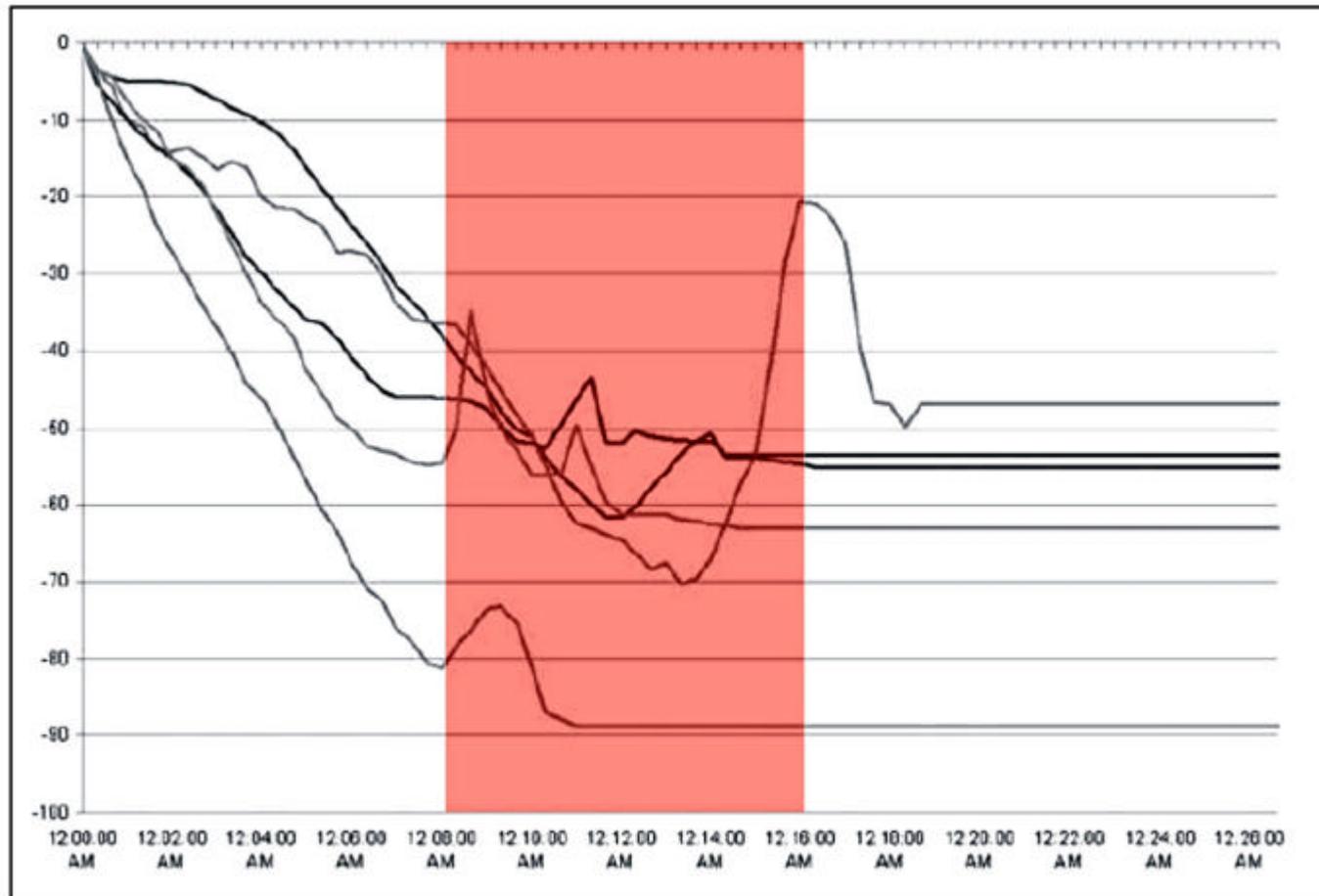
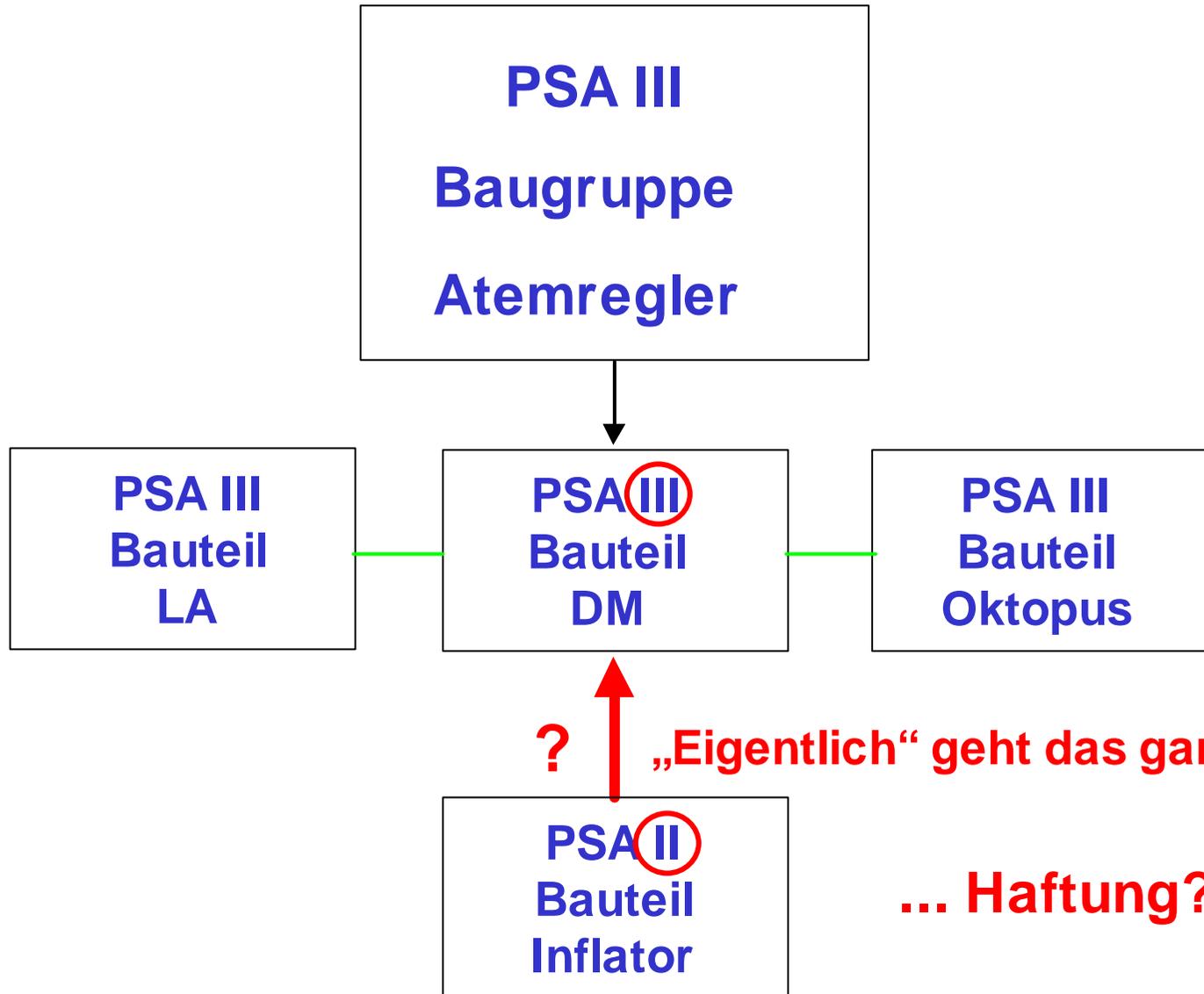


Abb. 1: *Typische Profile von vier, voneinander unabhängigen, tödlich verlaufenen Tauchunfällen. Gut zu erkennen ist ein jeweils erfolgloser früher Aufstiegsversuch.*

Formale Klippe



Lösung?

Perspektivisch

Technisch: DIN EN 250:2014

Der Regler der ersten Stufe muss mit einem konstanten Druck von 50 bar versorgt werden.

Wenn in der Prüfkammer der Prüfdruck anliegt, lautet die Prüfsequenz wie folgt:

- a) eine konstante Durchflussrate von 560 l/min STP^{*)} ist am Durchflussmesser einzustellen;
- b) die künstliche Lunge, die am zu prüfenden Lungenautomaten angeschlossen ist, ist zu starten;
- c) während der Atmungssimulation fällt die Durchflussrate ab und darf nicht justiert werden;
- d) der Atemdruck bei Einatmung und Ausatmung ist aufzuzeichnen und die Atemarbeit zu berechnen;
- e) nach 2 min ist die künstliche Lunge auszuschalten;
- f) der konstante Volumenstrom ist anzuhalten

Bei der Prüfung darf kein freies Abströmen erkennbar sein.

^{*)} aus Engl.: Standardtemperatur und -druck -> 0 °C, 1013,25 mbar

Lösung?

Perspektivisch

Technisch: Auf gegebenen Ansätzen aufbauen

Formal:

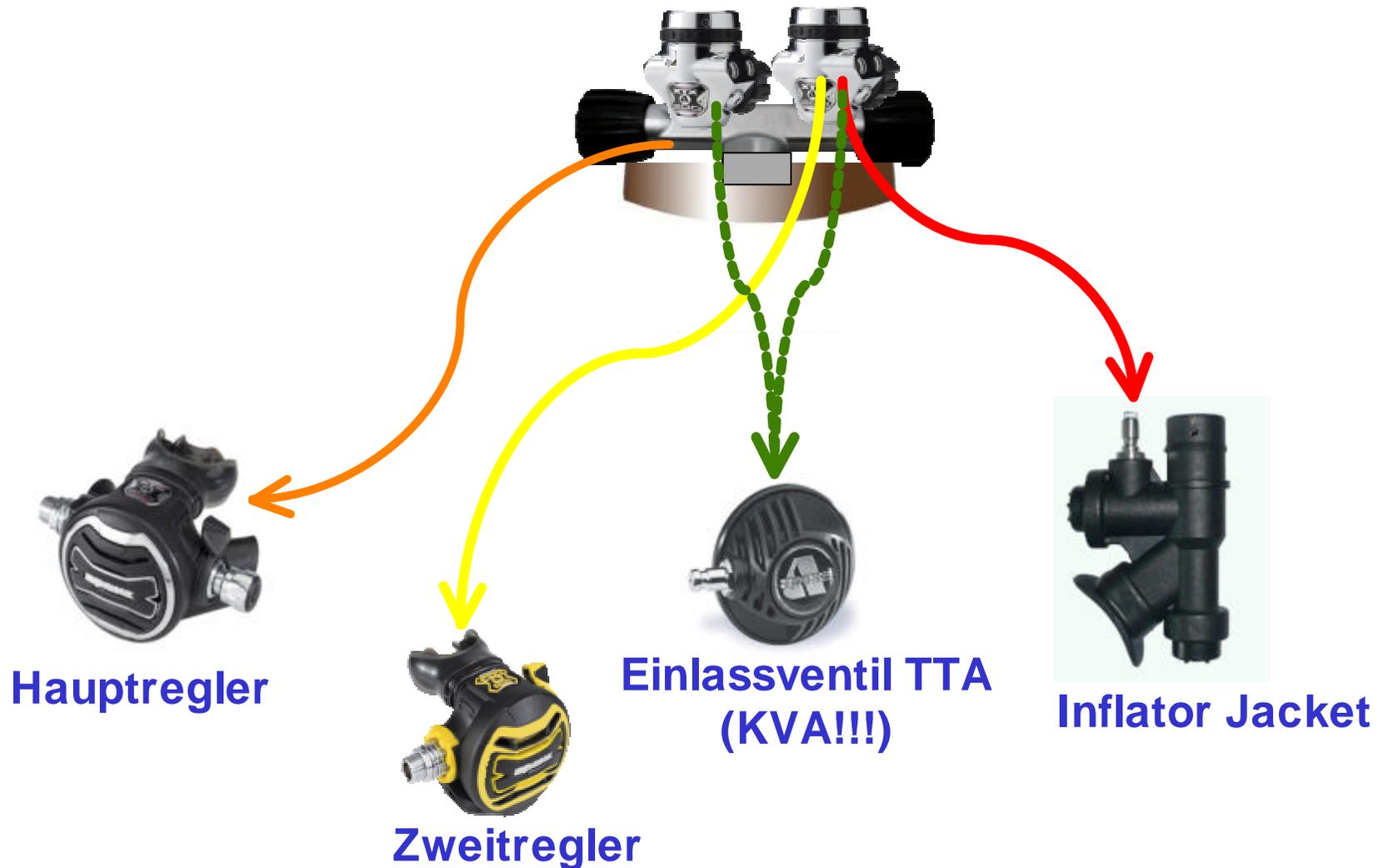
- ? -

Bis dahin

**Geeignete Gerätekonfiguration, Ausbildung
und Problembewusstsein**

Empfohlene Konfigurationsvariante

Trockentauchanzug - Füllgas aus Tauchgerät



Empfohlene Konfigurationsvariante

Unsicherheit

Verständnisfrage Konfiguration Atemregler und Inflator

Abgesandt von Olli1991 **REG** am 15.09.2014 - 21:02:

Hallo Leute,
ich bin gerade dabei meinen Bronze Schein zu machen,

am WE war ich mit meinem Tauchlehrer im See und er meinte ich solle den Inflator an den Backup Regler machen wegen der Gefahr dass der erste Atemregler so schneller gefrieren könnte.

Ich tauche eine Doppel 7 bisher hatte ich einen Backup an einer ersten Stufe und an der anderen ersten hatte ich Fini, Inflator und Hauptregler.

Nun lese ich aber gerade das nach DIR der Inflator an den Hauptregler kommt. Was nun?

Danke vorab

Empfohlene Konfigurationsvariante(n)

Religion - Glaube? - Argumente!!!

Antwort von EXIL - VFLer **REG** am 16.09.2014 - 00:52

Es gibt mehrere Gründe, die dafür sprechen, das Wing am Hauptregler anzuschließen und nicht ab Backup.

...

Ich frage mich gerade, warum praktisch alle Tek-Verbände ein Anschluss des Wings an der primären 1. Stufe vorsehen? Haben die alle keine Ahnung und der VDST hat plötzlich den heiligen Gral gefunden?

...

Das gerne genommene Argument der Lastenverteilung ist an den Haaren herbei gezogen. Wenn man ruhig und langsam Abtaucht und nicht erst auf Tiefe das Wing mit einem langen Luftstoß aufbläst, stelle der kombinierte Luftdurchsatz von Atmung und Wingbefüllung für keine guten Regler eine echte Belastung dar. Davon abgesehen wird der Inflator ohnehin nicht mehr betätigt, wenn man erst mal auf Tiefe angekommen und austariert ist. Die Belastung ist minimal und beschränkt sich auf ein paar kurze Luftstöße während der Abtauchphase.

Ich sehe, meine Redezeit ist am Ende ...

Besten Dank für die Aufmerksamkeit



Aus: VDI EKV Jahrbuch 93