

ATEMREGLER 1965



http://www.poseidon-archiv.de/poseidon_1965_43.jpg

2016

Rekonstruktion und Re-Design

Des in Poseidon 7/1965 von Eckart Richter vorgestellten
einstufigen Zweislauchreglers

von André Frank Nikisch

Inhalt

MOTIVATION	2
ORIGINALER ARTIKEL	3
REVISION DER ORIGINALEN KONSTRUKTION	7
Klassifizierung und Verwendungseigenschaften.....	7
Ventilmechanismus	7
Hebelsystem.....	8
Druckfestigkeit.....	10
Nachbau in 3D CAD.....	11
RE-DESIGN.....	13
Verbesserungswünsche	13
Überführung in normgerechtes Konstruktionsprojekt.....	14
Änderungen an der originalen Konstruktion.....	1
Fertigung – Toleranzen und Verfahren	2
Ergebnis.....	3
AUSBLICK	6
ANHANG	7

Atemregler 1965

REKONSTRUKTION UND RE-DESIGN

MOTIVATION

Vintage Diving, das Tauchen mit historischer Ausrüstung, erfreut sich immer größerer Beliebtheit¹. Besonders die unkomplizierte und minimalistische Ausrüstung ermöglicht ein freies Taucherlebnis und stellt en Spaß am Hobby im Vordergrund. Damit grenzt sich das Vintage Diving vom Technical Diving, dem Tauchen in extreme Tiefen unter der Verwendung von Mischgas stark ab. Beim Technical Diving steht das Streben nach extremeren Tauchgängen und wissenschaftlichem Nutzen im Vordergrund².

Der Markt des Vintage Diving besteht zum Großteil aus dem Handel mit historischen Tauchgeräten und Ersatzteilen. Nur sehr wenige Hersteller bringen entsprechende Nachbauten auf den Markt. Ein Beispiel ist der Atemregler „Argonaut Kraken“ von Vintage Double Hose, welcher eine moderne Neukonstruktion eines Zweischlauchreglers darstellt³. Der „Argonaut Kraken“ verzeichnet einen hohen Absatz, ist selbst aber in der Stückzahl stark limitiert.

Durch die Nutzung einer Eigenentwicklung eines Lungenautomaten im Jahre 1965 durch einen deutschen Bastler soll ein Atemregler entwickelt werden, welcher einfach zu fertigen ist und den Ansprüchen eines einstufigen Atemreglers im historischen Kontext genügt. Dieser Atemregler wird als „**Atemregler 1965**“ im Folgenden bezeichnet.

¹ <http://vintagedoublehose.com/>

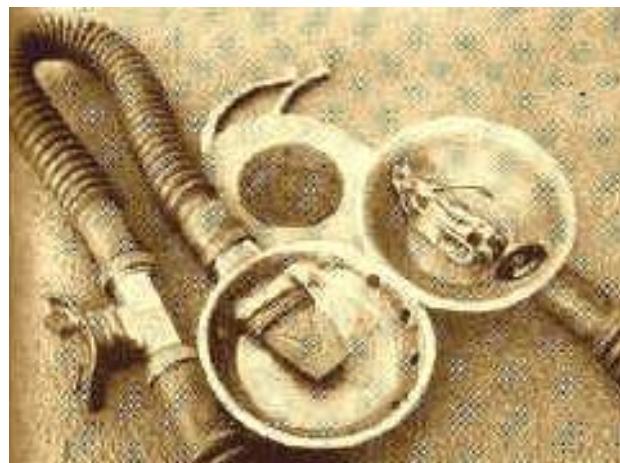
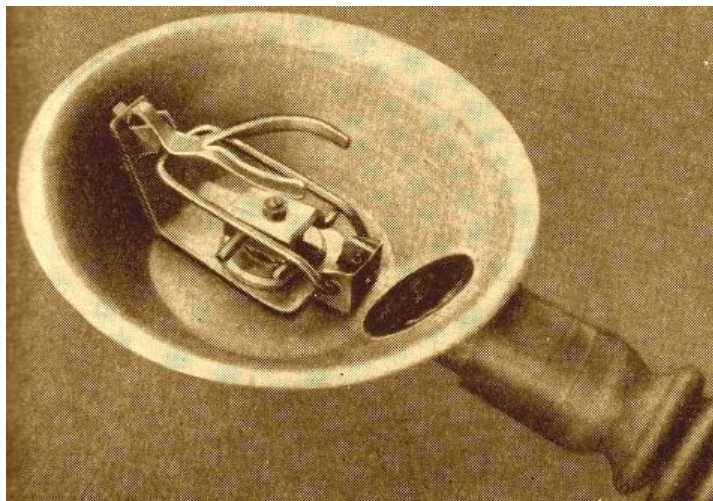
² https://de.wikipedia.org/wiki/Technisches_Tauchen

³ <http://vintagedoublehose.com/store/#!/Argonaut-Information-Click-Here/p/32116993/category=8222661>

ORIGINALER ARTIKEL

POSEIDON TAUCHSPORTMAGAZIN 7/1965, ECKART RICHTER

Dieser einstufige Regler - seine Hauptmaße sind aus den Zeichnungen ersichtlich - lässt sich leicht atmen, sein Durchsatz ist sicher ausreichend.



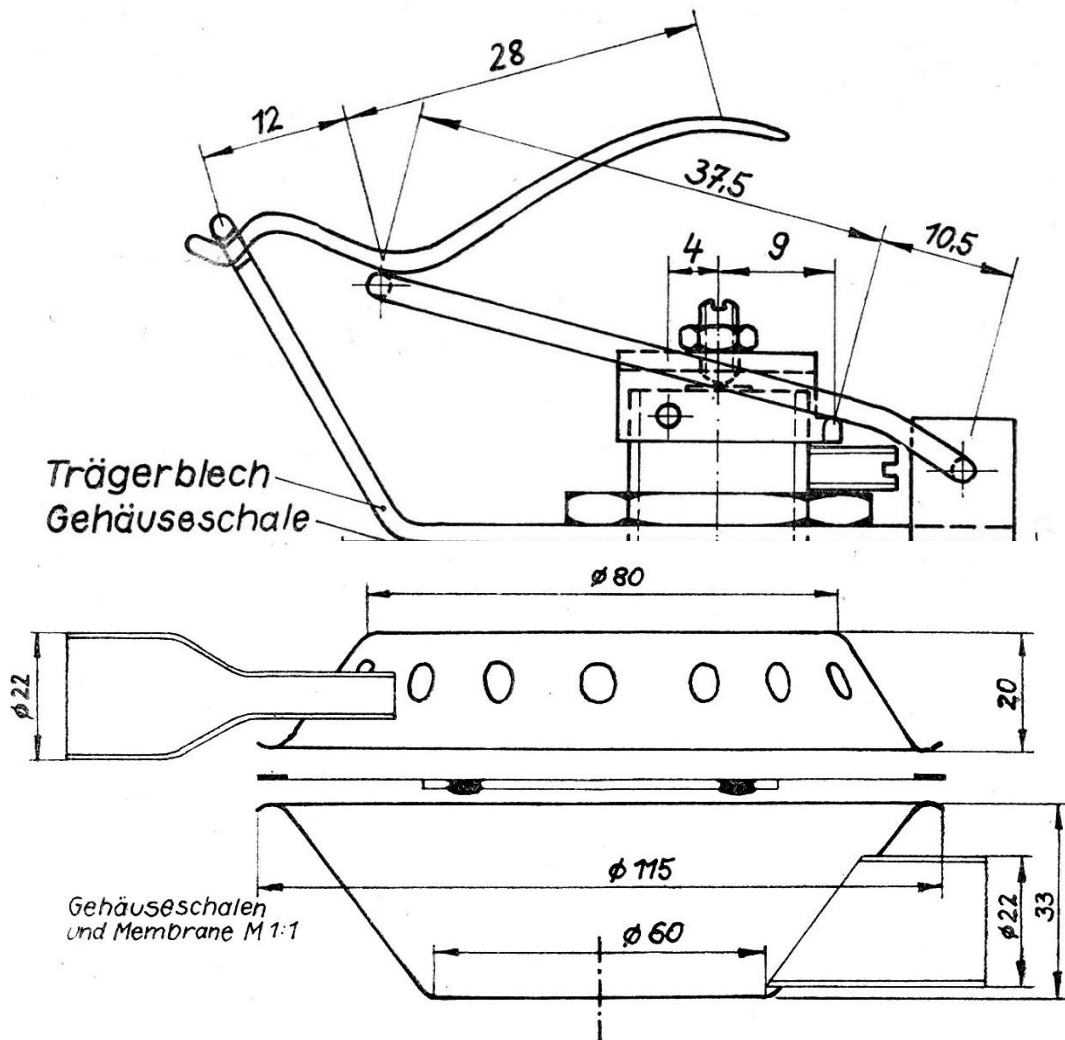
Beim Bau ließ ich mich von folgenden Forderungen leiten:

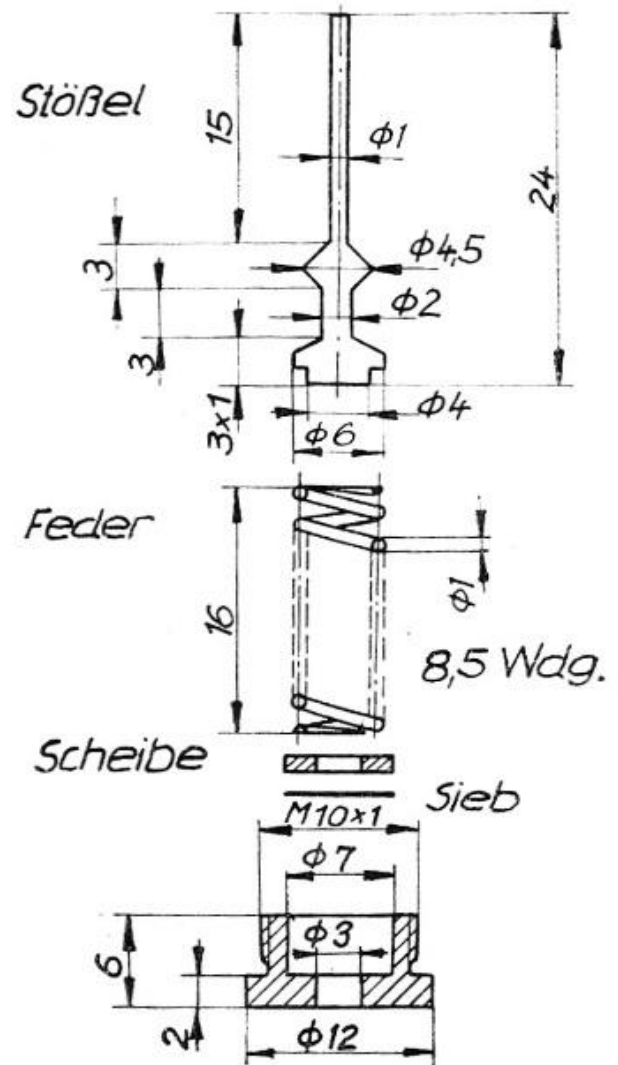
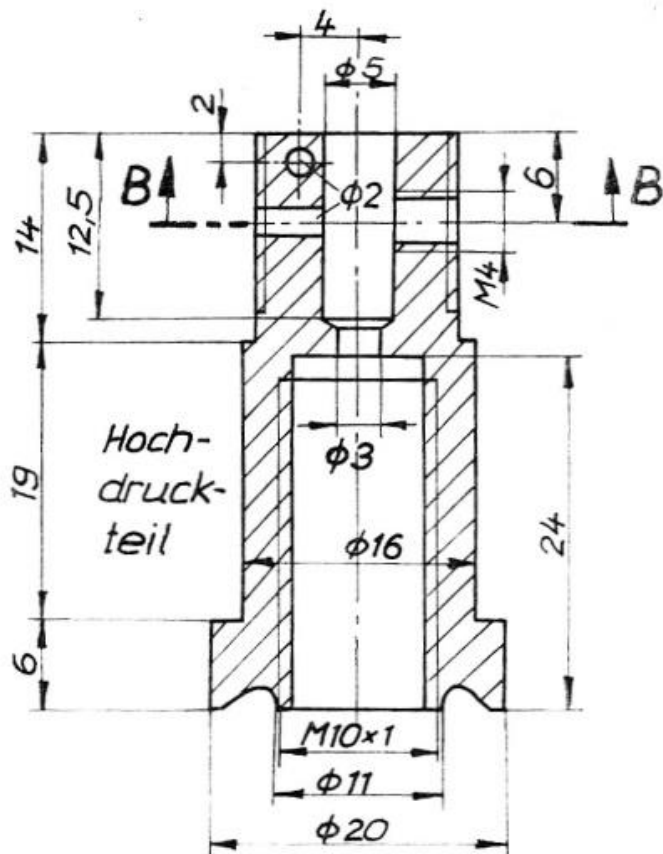
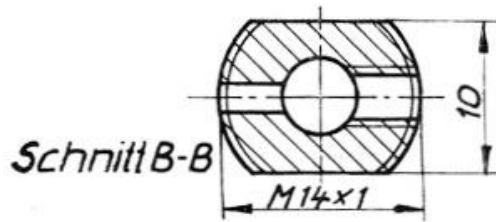
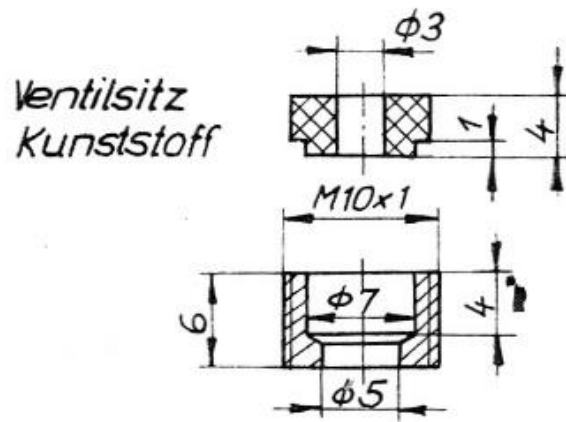
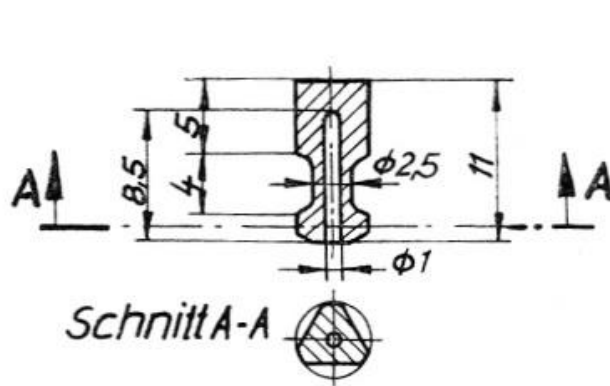
- 1) Durch mechanische Beanspruchung darf sich das Reglergehäuse unter Druck nicht am Hochdruckventil verdrehen.
- 2) Sämtliche Hebellagerungen sind zentral anzuordnen.
- 3) Die Injektorwirkung muss leicht zu beeinflussen sein.
- 4) Der Regler muß einfach aufgebaut sein.

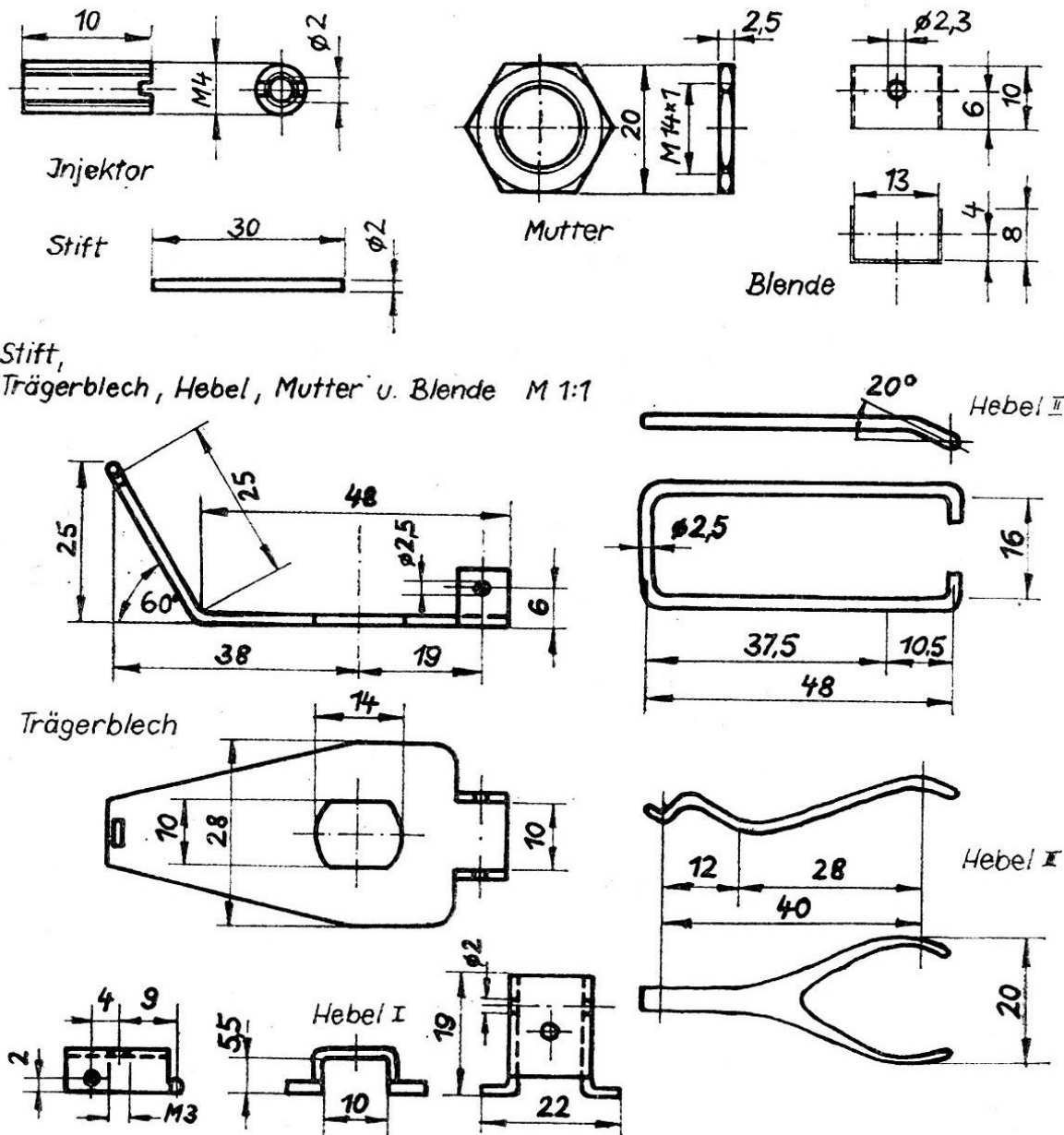
zu (1) Die Nullringlagerung ist nicht lösbar. Das Hochdruckteil insgesamt kann sich nicht verdrehen, weil seine Form (Schnitt B-B) in eine entsprechende Aussparung des Reglergehäuses passt.

zu (2) Das Hebelsystem ist mechanisch vom Gehäuse getrennt. Der erste Hebel wird am Hochdruckteil gelagert, die beiden anderen am zentral fixierten Trägerblech. Das Hebelverhältnis beträgt 1:50, der bewegliche Teil der Membrane hat einen Durchmesser von 110 mm.

zu (3) Einer der beiden Luftaustritte aus dem Hochdruckteil ist eine Gewindebohrung. Ihre Achse zeigt auf den Einatemstutzen. Der "Injektor" ist eine 10-mm-lange Schraube mit einer axialen Bohrung (Durchm. 2 mm). In Richtung dieser Bohrung liegt zwischen Luftaustritt und Stutzen eine Blende aus dünnem Messingblech. Sie wird am Bock für den zweiten Hebel durch den Hebel selbst gehalten. Die Größe der Bohrung richtet sich nach dem Durchmesser der Schläuche und der Größe der im Mundstück verwendeten Ventile. Bei mir ergab sich als günstige Lösung ein Durchmesser von 2,3 mm.







REVISION DER ORIGINALEN KONSTRUKTION

Klassifizierung und Verwendungseigenschaften

Der Atemregler 1965 ist wie folgt einzuordnen:

- Zweischlauchautomat
- Einstufenautomat
- Upstream-Ventil (gegen den Druck öffnendes Ventil)
- (nicht kompensiert)
- mit Venturi-Injektor
- 200bar DIN Anschluss
- Metallgehäuse

Daraus ergeben sich folgende Eigenschaften bei der Verwendung:

- Atemwiderstand ist vom Flaschendruck abhängig. Je geringer der Druck in der Tauchflasche, desto geringer ist auch der Einatemwiderstand. Bei leerer Flasche muss nur der Druck der Feder überwunden werden
- Bei Federbruch dichtet der Atemregler.
- Bei Vereisung bläst der Atemregler ab, da Vereisung nur beim Einatmen auftreten kann. Bauartbedingt (großes Metallgehäuse, nur Metallteile) ist eine Vereisung sehr unwahrscheinlich, da der Temperatenausgleich mit der Umgebung rasch von statten geht. Auch taut eine Vereisung schnell auf, wenn das Flaschenventil geschlossen wurde.
- Durch die Kombination von Upstream-Ventil und Venturi-Injektor ist der Einatemwiderstand während des Ansaugens von Luft geringer als der Notwendige Ansaug-Unterdruck zum Öffnen des Ventils. Der Venturi-Injektor muss individuell justiert werden.
- Der 200bar DIN Anschluss ist platz- und gewichtssparend, jedoch ist das Gewinde anfällig. Ein einfacher DIN-INT-Bügeladapter kann einfach montiert werden.

Ventilmechanismus

Der Ventilmechanismus erlaubt ein Öffnen des Ventils bei einem Atemzug. Ein Atemzug bewirkt im ersten Moment einen Unterdruck von maximal 20mmHg im Reglergehäuse. Ein physiologisch realistisch bei Einatmung erzeugter Unterdruck beträgt 5mmHg. Durch diese Druckdifferenz bewegt sich die Membran (Durchmesser 110mm) in den Reglertopf hinein und bewegt den Hebelmechanismus. Letzterer verstärkt die Kraft der Membran, sodass das Ventil geöffnet werden kann.

Die Kraft auf das Ventil entspricht der Andruckkraft F_{Feder} durch die Druckfeder (und dem Innendruck der Tauchflasche $F_{Flaschendruck}$. Dabei beträgt der Durchmesser der Ventilöffnung 3mm. Der Flaschendruck, in dem Atmung möglich ist, liegt zwischen 230bar und 10bar. Dabei wirkt folgende maximale Kraft $F_{Stößel,max}$ auf die Ventildichtung, welche auf den Stößel und das Stößellager weitergeleitet wird:

$$F_{Stößel,max} = F_{Feder} + F_{Flaschendruck,max}$$

$$F_{Feder} = \frac{G}{8} \cdot \frac{d^4 s}{D^3 w} = \frac{68500 \text{ N/mm}}{8} \cdot \frac{(1\text{mm})^4 \cdot 3\text{mm}}{(5\text{mm})^3 \cdot 8,5\text{mm}} \cong 36\text{N}$$

$$F_{Flaschendruck,max} = p_{Flasche} \cdot A_{Membran} = 23000000 \text{ N/m}^2 \cdot \pi(0,0015\text{m})^2 \cong 163\text{N}$$

André Frank Nikisch

$$F_{St\ddot{o}bel,max} = 199N$$

Analog ergibt sich die minimale auf den Stößel wirkende Kraft bei einem Restdruck von 10bar in der Tauchflasche:

$$F_{St\ddot{o}bel,min} = 32N$$

Der durch die Einatmung erzeugte Unterdruck $p_{Inspiration}$ (normal 5mmHg, maximal 20mmHg) im Reglertopf bewirkt folgende Kraft $F_{Membran}$ auf die Membran:

$$F_{Membran} = p_{Inspiration} \cdot A_{Membran} = p_{Inspiration} \cdot \pi \frac{d^2}{4} = 0,0095 \cdot p_{Inspiration}$$

$$F_{Membran}(1mmHg) = 1,3N \quad F_{Membran}(5mmHg) = 6,3N \quad F_{Membran}(10mmHg) = 12,7N$$

$$F_{Membran}(15mmHg) = 19,0N \quad F_{Membran}(20mmHg) = 25,3N$$

Aus dem Ergebnissen geht hervor, dass ein Hebel zur Verstärkung der Kraft notwendig ist, um ein Öffnen des Ventils zu ermöglichen. Aus dem Artikel geht hervor, dass das konzipierte Hebelsystem die auf die Membran wirkende Kraft um das 50-fache verstärkt auf den Stößel weiterleitet:

$$F_{Membran}(1mmHg) = 65N \quad F_{Membran}(5mmHg) = 315N$$

$$F_{Membran}(20mmHg) = 1265N$$

Dadurch ist nur noch ein geringer Ansaug-Unterdruck zum Öffnen des Ventils notwendig und eine möglichst physiologische Einatmung gewährleistet. Natürlich ist der Atemkomfort im Vergleich zu modernen Atemreglern eingeschränkter.

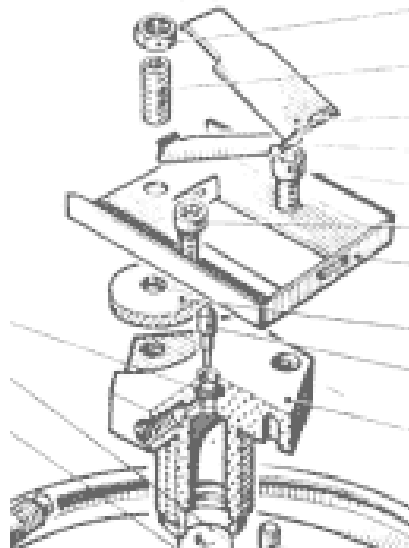
Um den Atemkomfort zu verbessern, ist ein selbst einstellbarer Venturi-Injektor vorhanden. Mittels dieser Düse ist der Atemwiderstand nach dem Beginn der Einatmung herabgesetzt. Ursächlich dafür ist der Venturi-Effekt⁴. Ein schneller Luftstrom aus einem Injektorrohr in Richtung Einatemstutzen bewirkt einen Unterdruck (Venturi-Effekt) auf die Membran, sodass ein Einatmen mit geringerem Kraftaufwand möglich ist. Die Blende bewirkt eine Verlängerung des schnellen Luftstromes, indem Verwirbelungen gefiltert werden. Die Dimensionierung des Injektors erfolgte empirisch und ist u.a. von der Anordnung des Einatemstutzens des Reglertopfes im Verhältnis zur Injektor Düse und der Beschaffenheit des Schlauches abhängig.

Die Revision der Ventilmechanismus weist auf Konstruktionsübereinstimmung hin.

Hebelsystem

Das Hebelsystem ist ein konstruktiv sehr wichtiger Teil, da hiervon der Wartungsaufwand und die Robustheit wesentlich abhängig sind. Grundsätzliches Ziel ist ein vom Gehäuse unabhängiges Hebelsystem, welches mit möglichst wenig Werkzeug demontiert werden kann und dennoch auch bei Stößen und allen möglichen Lageveränderungen seine Funktion beibehält. Zusätzlich ist höchste Leichtgängigkeit, geringste Abnutzung und Seewasserbeständigkeit gefordert. Der beim Atemregler 1965 umgesetzte Mechanismus orientiert sich am von Cousteau und Gagnan konzipierten Hebelwerk:

⁴ <https://de.wikipedia.org/wiki/Venturi-D%C3%BCse>



http://www.sealifececenter.com/cliparts/article_mistral_111300.gif

Analog ist die Aufhängung eines Hebelarms in einem Schlitz im Trägerblech. Diese Lagerung ist sicher gegen ein Verrutschen und Verkanten und gewährleistet dennoch eine leichtgängige Lagerung. Jedoch sind im Vergleich zum Atemregler von Cousteau und Gagnan wesentliche Vereinfachungen getroffen worden:

- Die Auslenkung in Ruhe des Hebels 3 ist über den Einschraubdorn im Hebel 1 unkompliziert einstellbar. Mittels Kontermutter wird die Einstellung fixiert.
- Die Lagerung von Hebel 2 ermöglicht die Anbringung eines Drosselbleches an der Ausströmöffnung des Injektors
- Hebel 2 ist ein gebogenes Rundzeug. Dadurch ist die Kontaktfläche zu den beiden anderen Hebeln möglichst gering.
- Hebel 3 weist zwei Kontaktpunkte zur Membran auf, welche eine geringe Kontaktfläche und einen großen räumlichen Abstand aufweisen (Gabelung). Dadurch liegt die Membran stabiler auf dem Hebel auf und die Kraftübertragung ist besser als bei nur einem Kontaktpunkt. Bei letzterem kann die Membran deutlich verkippen. Die Gabelung ermöglicht dabei eine geringe Kontaktfläche zu Hebel 2.
- Hebel 1 und 2 weisen eine eindeutige zweifache Lagerung auf, wodurch die Robustheit erhöht wird.
- Die Hebel beim Atemregler 1965 haben größere Abmessungen und bedürfen größere Fertigungstoleranzen als bei Cousteau und Gagnan. Dadurch ist die Fertigung wesentlich einfacher und kostengünstiger.

Die Übersetzung des Hebelsystems beträgt nach dem Hebelgesetz⁵:

$$u = u_3 \cdot u_2 \cdot u_1 = \frac{40\text{mm}}{12\text{mm}} \cdot \frac{48\text{mm}}{10,5\text{mm}} \cdot \frac{13\text{mm}}{4\text{mm}} = 49,46$$

Durch die Toleranzen bei der Fertigung des Hebelsystems ist die Rundung auf $u = 50$ sinnvoll.

Die Revision des Hebelsystems weist auf Konstruktionsübereinstimmung hin.

⁵ [https://de.wikipedia.org/wiki/Hebel_\(Physik\)](https://de.wikipedia.org/wiki/Hebel_(Physik))

Druckfestigkeit

Die Druckfestigkeit des Hochdruckteils lässt sich in zwei Bereiche einteilen. Zum einen die Zylinderwand des Hochdruckteils. Die Mindestdicke s lässt sich nach der Kesselformel⁶ bestimmen. Dabei sei ein Sicherheitsfaktor von $S_F = 3$ angenommen, um mögliche Druckstöße zu berücksichtigen. Der Wanddickenaufschlag für Korrosion sei bei Messing $s_{Korrosion} = 0,1mm$ und für die Toleranzen $s_{Toleranzen} = 0,05mm$. Die Biegefestigkeit von Messing entspricht $\sigma_{bF} = 250 N/mm^2$. Also folgt für die Mindestdicke bei dem kleinsten Durchmesser von 11mm (Gewinde!, mittlerer Durchmesser $d_m = 13,5mm$) bei einem maximalen Druck von 230bar ($p_{Flasche} = 23N/mm^2$):

$$s = \frac{p_{Flasche} \cdot d_m}{2 \cdot \sigma_{bF}} \cdot S_F + s_{Korrosion} + s_{Toleranzen} = \frac{23N}{mm^2} \cdot 13,5mm}{2 \cdot \frac{250N}{mm^2}} \cdot 3 + 0,15mm = 2,01mm \cong \mathbf{2mm}$$

Der zweite Bereich ist die Wand, auf der das dichtende Ventil drückt. Hierbei drückt der Ventilsitz mit $F_{Feder} = 36N$ auf eine Fläche von

$$A = \pi \cdot r^2 = \pi \cdot (5mm)^2 \cong 79mm^2$$

Dies entspricht einem Druck von

$$p_{Wand} = \frac{F}{A} + p_{Flasche} = \frac{36N}{79mm^2} + 23N/mm^2 \cong 23,5N/mm^2$$

Damit ergibt sich die Dicke w der flachen Zylinderwand⁷ von

$$w = S_F \cdot r \cdot \sqrt{\frac{p_{Wand}}{\sigma_{bF}}} = 3 \cdot 5mm \cdot \sqrt{\frac{23,5N}{mm^2}}{\frac{250N}{mm^2}} \cong \mathbf{4,6mm}$$

Aufgrund der Konstruktion wird die notwendige Wanddicke durch Ableitung der Kräfte reduziert. Die Wanddicke beträgt 2mm an der dünnsten Stelle, was einem Sicherheitsfaktor von 1,3 entspricht.

Die Revision der Druckfestigkeit weist auf Konstruktionsübereinstimmung hin.

⁶ <https://de.wikipedia.org/wiki/Kesselformel>

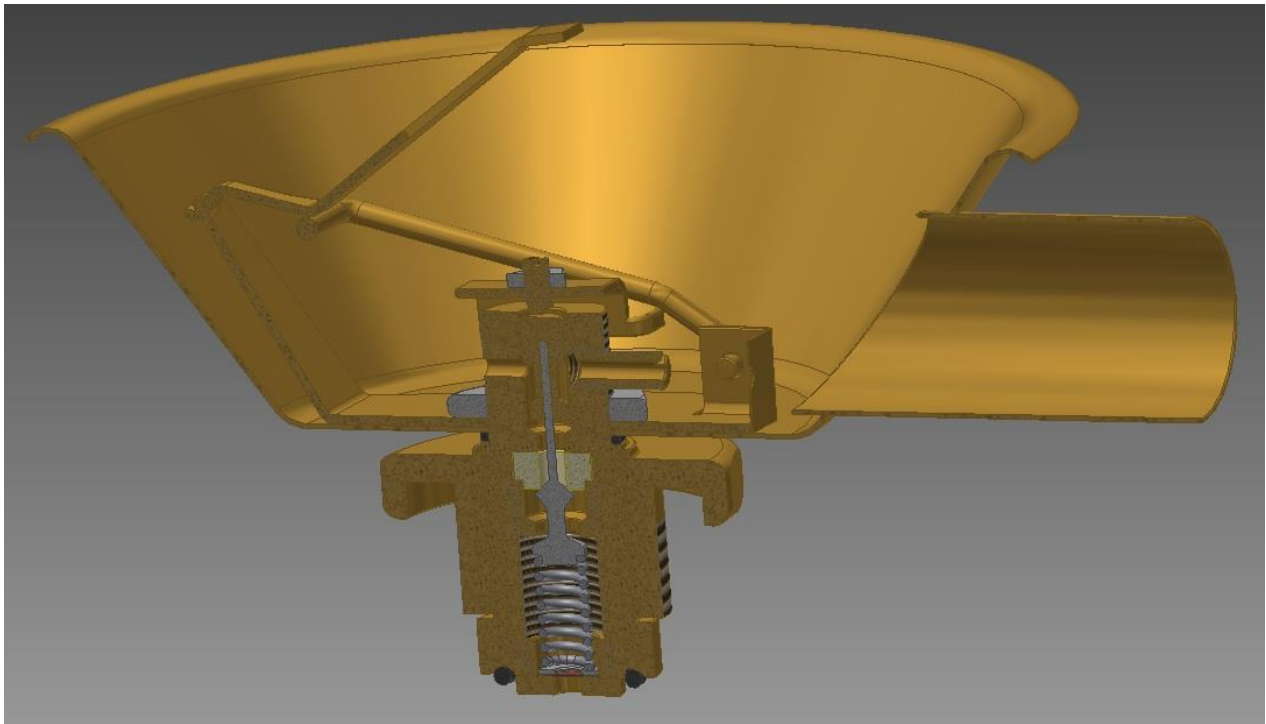
⁷ <http://www.zeno.org/Lueger-1904/A/Dampfzylinder>

André Frank Nikisch

Nachbau in 3D CAD

Der Nachbau im CAD System „Autodesk Inventor Professional“ gestaltete sich unkompliziert, was auch auf eine unkomplizierte Fertigung hinweist. Durch den Nachbau anhand der originalen Zeichnungen konnten diese validiert werden. Aus wurden alle konstruktiven Details deutlich und die Konstruktion des Atemreglers 1965 bis ins Detail aufgeklärt. Das Resultat ist ein Modell, welches als Basis für ein Re-Design dient.





RE-DESIGN

Verbesserungswünsche

- a) Anpassung des DIN Anschlusses an die aktuelle Norm
- b) Anpassung der Faltenschlauchanschlüsse an den gängigeren Durchmesser von 25mm (Mistral, Dräger, Medi, ...).
- c) Lagerung von Hebel 1 ist eine Presspassung eines Stiftes im Hochdruckteil. Dadurch ist die De-/Montage erschwert. Hier muss eine bessere Lösung gefunden werden.
- d) Hebel 2 kann von Hebel 1 rutschen und verkanten. Deshalb sollte die Breite von Hebel 2 verkleinert werden. Trägerblech und Blende müssen einhergehend geometrisch angepasst werden. Es darf nichts verkanten oder klemmen!
- e) Die Verschraubungen des ,Atemreglers 1965 sollen mit einem Engländer und einem breiten Schlitzschraubendreher lösbar sein.
- f) Der Reglertopf sollte, von Oben betrachtet, nicht über den Rand einer 80cuft Tauchflasche stehen. So darf der Abstand von der Außenseite des Handrades zur Gehäusevorderseite nicht mehr als 70mm betragen.
- g) Anstelle eines Spannringes soll das Gehäuse mit „Box Clips“, welche einfacher herzustellen und kostengünstiger sind, geschlossen werden:



<http://vintagescuba.proboards.com/thread/1153/box-clip-suggestions>

- h) Um die Seewasserbeständigkeit zu verbessern, sollen optional alle Außenflächen verchromt werden.

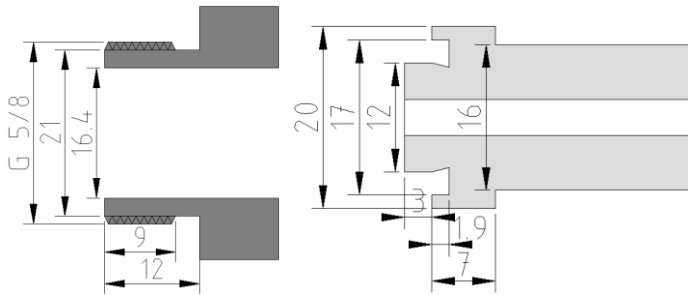
Überführung in normgerechtes Konstruktionsprojekt

Für die Überführung in ein normgerechtes Konstruktionsprojekt wird dem „Atemregler 1965“ die Produkt-ID AR1965 vergeben und den Bauteilen neben deren Namen eindeutige Nummern zugewiesen. Auf eine Gliederung in die Baugruppen wird verzichtet, um das Projekt bewusst flach zu halten. Als mit *Kaufteil* markierte Teile können optional aus Katalogbeständen bezogen werden. Jedoch sind für diese Teile alle Informationen vorhanden, um diese selbst herstellen zu können (ausgenommen T-Stück und Faltenschlauch).

Bauteil	Bauteilnummer	Hebel 3	AR1965.17
Atemregler gesamt	AR1965.00	Dorn	AR1965.18
Hochdruckteil	AR1965.01	Dornmutter Kaufteil	AR1965.19
Ventilsitz	AR1965.02	Blende	AR1965.20
Ventilsitzfixierung	AR1965.03	Stift	AR1965.21
Stößel	AR1965.04	Injektor	AR1965.22
Stößellager	AR1965.05	Unterschale	AR1965.23
Druckfeder	AR1965.06	Oberschale	AR1965.24
Sieb	AR1965.07	Box Clip	AR1965.25
Unterlegscheibe	AR1965.08	Einatemstutzen	AR1965.26
Verschluss	AR1965.09	Ausatemstutzen	AR1965.27
Handrad Kaufteil	AR1965.10	Ausatemventil Kaufteil	AR1965.28
Dichtung Kaufteil	AR1965.11	Membran Kaufteil	AR1965.29
Nullring Kaufteil	AR1965.12	Membranversteifung	AR1965.30
Trägerblech	AR1965.13	T-Stück	AR1965.31
Mutter Kaufteil	AR1965.14	Faltenschlauch Kaufteil	AR1965.32
Hebel 1	AR1965.15		
Hebel 2	AR1965.16		

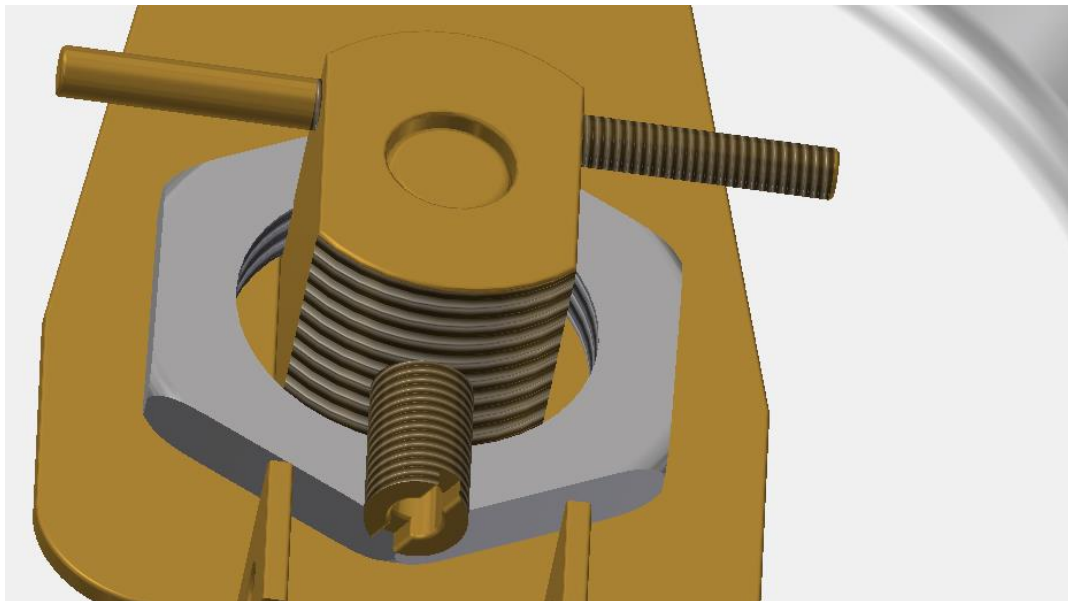
Änderungen an der originalen Konstruktion

- zu (a) Die Maße des DIN Anschlusses wurden gemäß der Norm für einen 200bar DIN Anschluss angepasst:



<http://www.seveke.de/tauchen/technik/2wrt-nitrox-norm.htm>

- zu (b) Die Faltenschlauchanschlüsse wurden auf den Durchmesser von 25mm erweitert.
 zu (c) Der Stift und die Bohrung zur Aufnahme des Stiftes im Hochdruckteil erhalten ein Gewinde, sodass der Stift eingeschraubt wird. Da die Verschraubung nur leicht handfest angezogen werden soll, wird auf eine weitere geometrische Anpassung des Stiftes zum Ansatz eines Werkzeugs verzichtet.



- zu (d) Die Breite von Hebel 2 wurde verkleinert. Trägerblech und Blende wurden geometrisch angepasst werden. Die Blende wird nun auf der Innenseite der Laschen des Trägerbleches montiert.
 zu (e) In den Verschluss (AR1965.09) und in die Ventilsitzfixierung (AR1965.03) wurden je ein Schlitz für einen Schraubendreher hinzugefügt.
 zu (f) Der Abstand von der Außenseite des Handrades zur Gehäusevorderseite beträgt mit 61mm deutlich weniger als 70mm.
 zu (g) Die Geometrie der Gehäuseschalen wurde für Box Clips angepasst und die Box Clips entsprechend konzipiert:



zu (h) Die entsprechenden Chrome-Schichten wurden dem 3D Modell hinzugefügt. Jedoch bleibt diese Beschichtung optional. Das Handrad wird aus Aluminium gefertigt. Alle anderen Teile mit Ausnahme der Muttern, sind aus Messing. Anstelle von Messing und Chrombeschichtung ist eine Fertigung in Edelstahl möglich.

Fertigung – Toleranzen und Verfahren

Der Atemregler wurde von Eckart Richter als Selbstbauprojekt konzipiert. So sind keine besonders engen Toleranzen notwendig. Es sind nur Spielpassungen vorhanden, sodass bei ungenügenden Spiel manuell nachgearbeitet werden kann. So konnte die Allgemeintoleranz DIN ISO 2768 –mK festgelegt werden. Wichtig ist die Oberflächenbearbeitung der Reglermechanik. Hier müssen alle Oberflächen poliert sein. Dies gewährleistet nicht nur reibungsarme Bewegungen und damit eine geringere Atemarbeit, sondern auch geringen Abrieb. Abrieb kann bei Aspiration gesundheitsgefährdend sein und die Reglermechanik blockieren. Dazu sind auch alle Kanten abzurunden.

Für die Fertigung der meisten Teile sind eine Drehbank und eine Abkantbank für kleine Bleche notwendig. Die Silikonteile können in selbst gefertigten Formen gegossen werden. Das Ausatemventil kann behelfsmäßig aus einem Fahrradschlauch hergestellt werden. Für diese speziellen Teile können auch Kaufteile verwendet werden. Problematisch ist die Fertigung der Gehäuseschalen. Hier kann entweder gedengelt, eine Formpresse oder ein ähnliches Kaufteil verwendet werden. Die Atemstutzen sind an den Gehäuseschalen hart angelötet werden.



Montageanimation.
wmv

Die Montage erfolgt analog zur Montageanimation:

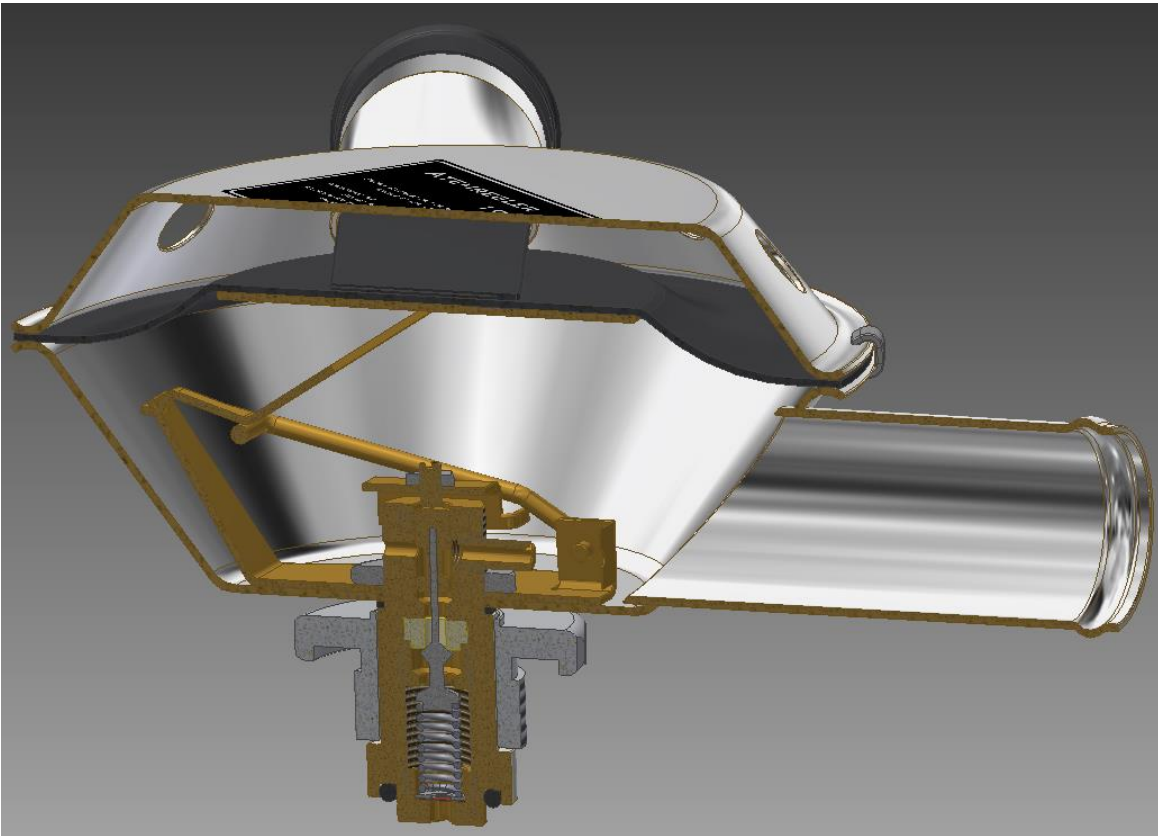
André Frank Nikisch

Ergebnis

Der Atemregler 1965 stellt eine optimierte Version des originalen Entwurfes von Eckart Richter dar. Damit ist der Atemregler 1965 auch in heutiger Zeit einsetzbar, wobei der historische Kontext gewahrt wurde. Der hier konzipierte Atemregler ist sehr einfach, robust und weitgehend unkompliziert herstellbar. Im Vergleich zu modernen Atemreglersystemen ist eine größere Atemarbeit notwendig, die Luftlieferleistung geringer und damit auch die Einsatztiefe begrenzt. Empfohlen werden 20m als Tiefengrenze. Da der Atemregler 1965 eine Neuanfertigung eines historischen Tauchgerätes ist, sind weitere Forderungen an den modernen Taucher gestellt. So kann weder ein Finimeter, noch eine alternative Luftversorgung angeschlossen werden. Hierfür ist unbedingt für den Gebrauch die Weiterbildung anhand von historischen Handbüchern notwendig.







AUSBlick

Nach der theoretischen Aufarbeitung des Projektes von Eckart Richter ist eine praktische Realisierung grundsätzlich möglich. Der Atemregler 1965 kann aufgrund der Fertigungsunterlagen auch in eine Serienfertigung überführt werden. Ein interessanter Umstand ist die Tatsache, dass der Atemregler 1965 besonders langlebig und umweltschonend herzustellen ist. Damit ist dieser im Vergleich zu modernen Atemreglern deutlich umweltfreundlicher.

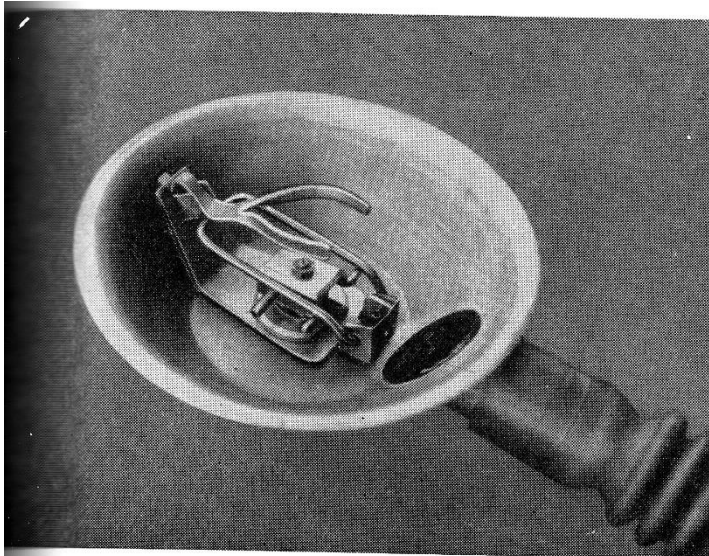
Weiter sind ergänzende Produkte denkbar, um eine komplette Tauchausrüstung anbieten zu können:

- Tauchflasche Doppel 7
- Flaschenventile mit tiefen Abgang in der Brückenmitte und Reserveschaltung
- Begurtung direkt am Flaschenpaket
- ABC Austrüstung
- Neoprenshorty (glatthaut, schwarz)
- Tauchermesser
- Kompass, Tiefenmesser, Uhr
- Unterwasserlampe
- Kompressor

So kann um den Atemregler eine komplette, abgestimmte Produktlinien geschaffen werden. Jedoch lässt sich der Atemregler 1965 in eine moderne Tauchausrüstung integrieren. Die Bereitstellung einer kompletten, abgestimmten Tauchausrüstung im historischen Kontext ermöglicht einen deutlich einfacheren Einstieg in das Vintage Diving. So können mehr Kunden für das Vintage Diving gewonnen werden.

ANHANG

Originalartikel – Kopie

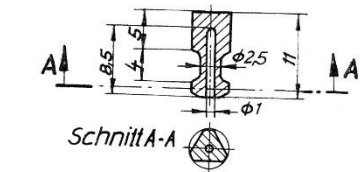
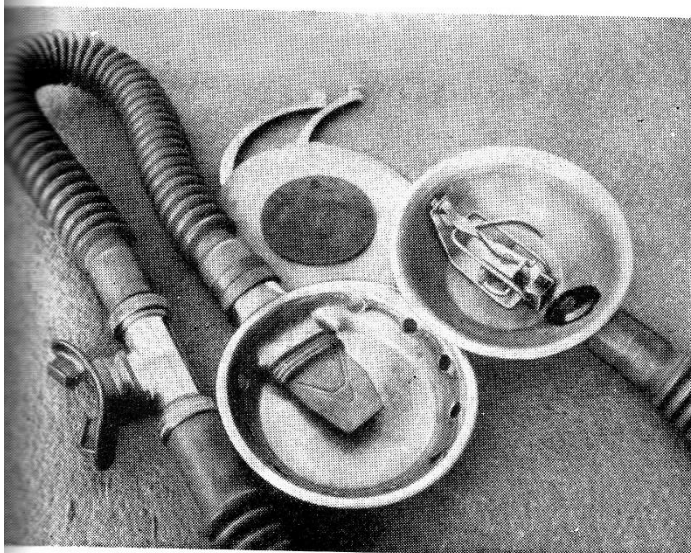


OBEN: Blick auf das
fertigmontierte Hebel-
system

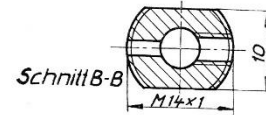
ECKART RICHTER

Mein Lungenautomat

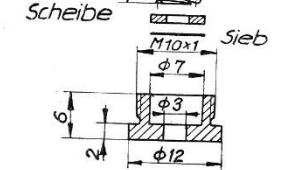
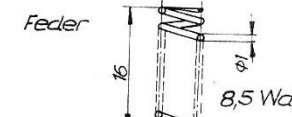
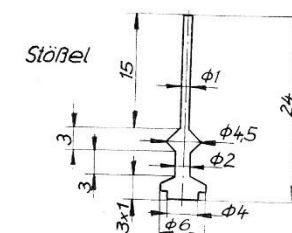
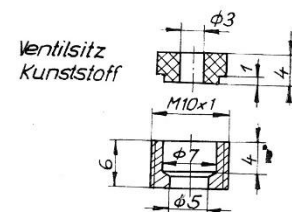
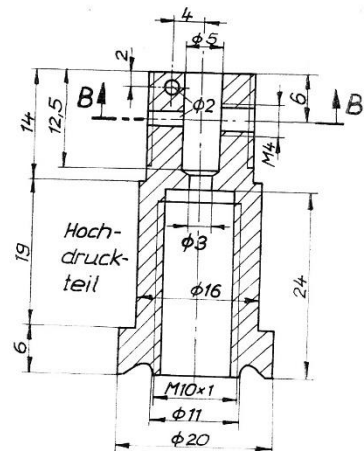
UNTEN: . . . und das ist
alles
Fotos und Zeichnungen:
Autor

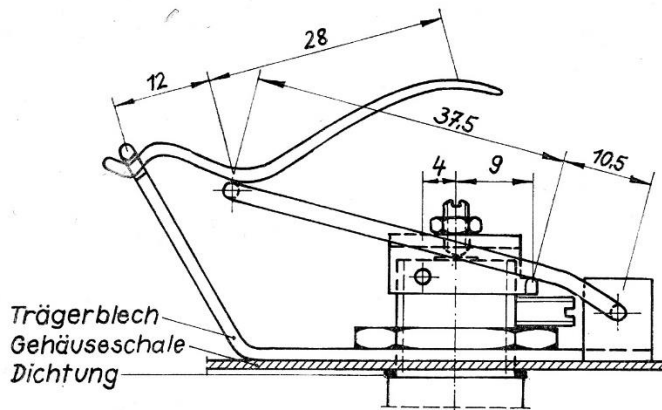


Schnitt A-A



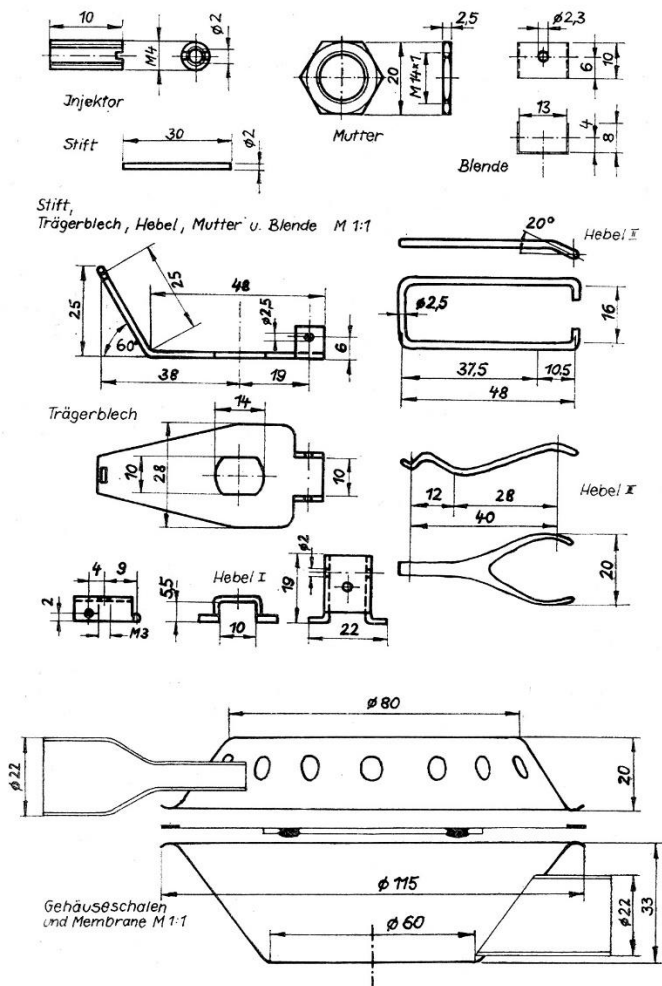
Schnitt B-B





1 OBEN: Schematische Darstellung des Hebel-systems

2 UNTEN: Die wichtigsten Einzelteile des Automaten



Einstufiger Lungenautomat

Alle Teile, die nicht anders bezeichnet sind: M 2:1

Dieser einstufige Regler – seine Hauptmaße sind aus den Zeichnungen ersichtlich – läßt sich leicht atmen, sein Durchsatz ist sicher ausreichend. Beim Bau ließ ich mich von folgenden Forderungen leiten:

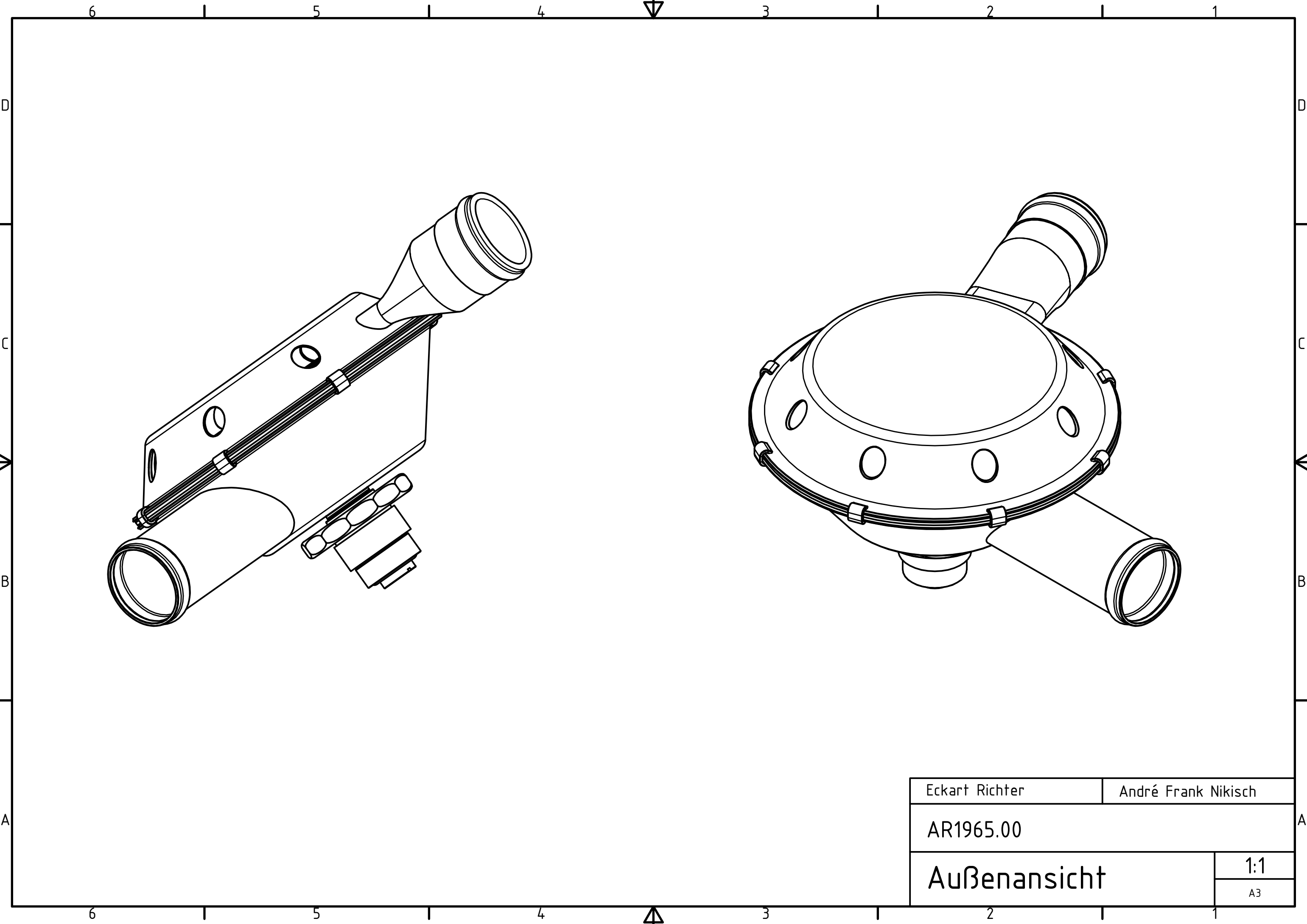
1. Durch mechanische Beanspruchung darf sich das Reglergehäuse unter Druck nicht am Hochdruckventil verdrehen.
2. Sämtliche Hebellagerungen sind zentral anzuordnen.
3. Die Injektorwirkung muß leicht zu beeinflussen sein.
4. Der Regler muß einfach aufgebaut sein.

Zu 1: Die Nullringlagerung ist nicht lösbar. Das Hochdruckteil insgesamt kann sich nicht verdrehen, weil seine Form (Schnitt B-B) in eine entsprechende Aussparung des Reglergehäuses paßt.

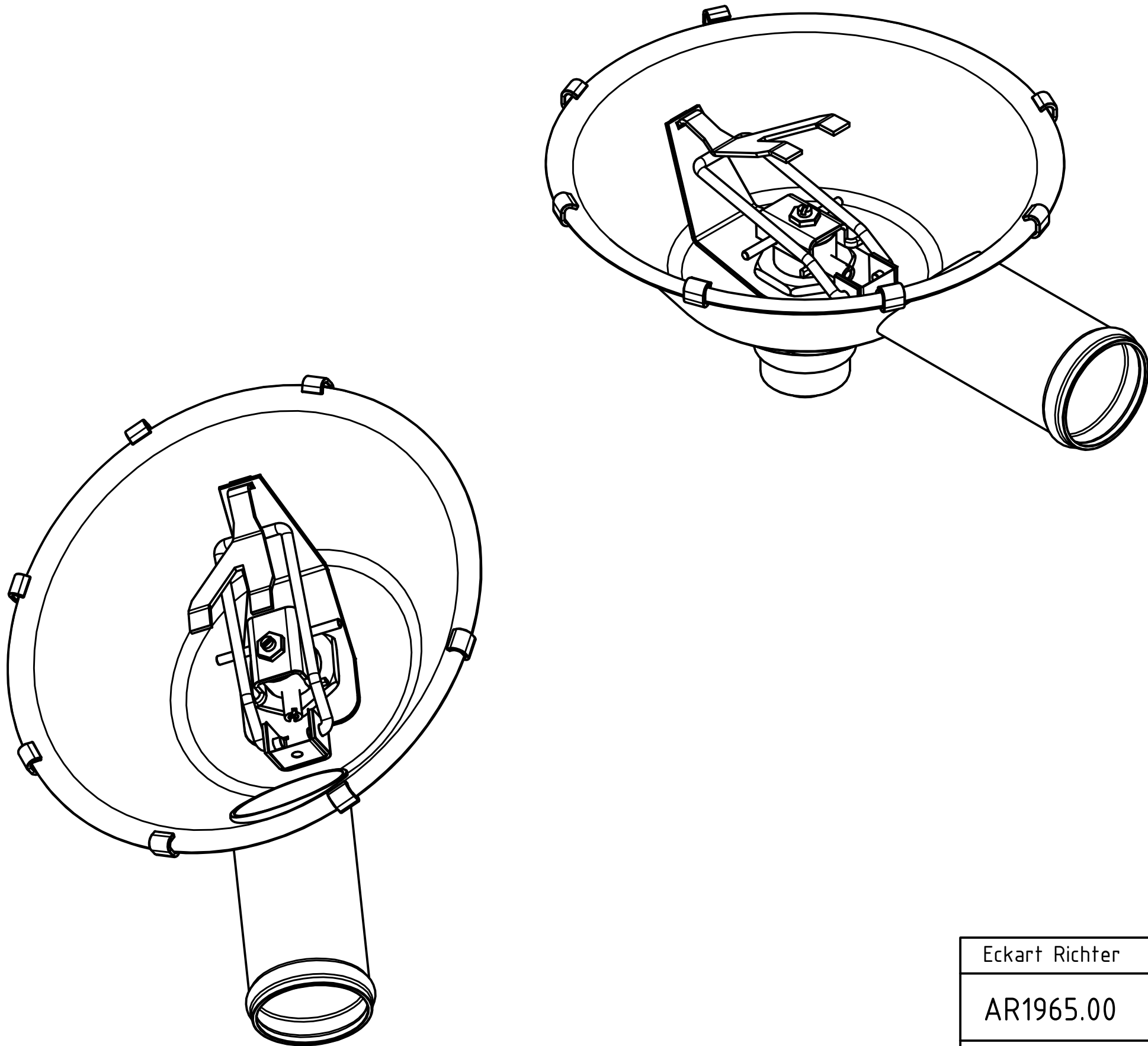
Zu 2: Das Hebelsystem ist mechanisch vom Gehäuse getrennt. Der erste Hebel wird am Hochdruckteil gelagert, die beiden anderen am zentral fixierten Trägerblech. Das Hebelverhältnis beträgt 1:50, der bewegliche Teil der Membrane hat einen Durchmesser von 110 mm. Zu 3: Einer der beiden Luftaustritte aus dem Hochdruckteil ist eine Gewindebohrung. Ihre Achse zeigt auf den Einatemstutzen. Der „Injektor“ ist eine 10 mm lange Schraube mit einer axialen Bohrung ($\varnothing 2$ mm). In Richtung dieser Bohrung liegt zwischen Luftaustritt und Stutzen eine Blende aus dünnem Messingblech. Sie wird am Bock für den zweiten Hebel durch den Hebel selbst gehalten. Die Größe der Bohrung richtet sich nach dem Durchmesser der Schläuche und der Größe der im Mundstück verwendeten Ventile. Bei mir ergab sich als günstige Lösung ein Durchmesser von 2,3 mm. (Injektor, Mutter zum Befestigen des Hochdruckteils, Blech zur Führung des dritten Hebels, Gehäuse, Spanning, Membrane und Blende sind nicht dargestellt.)

Zeichnungssatz

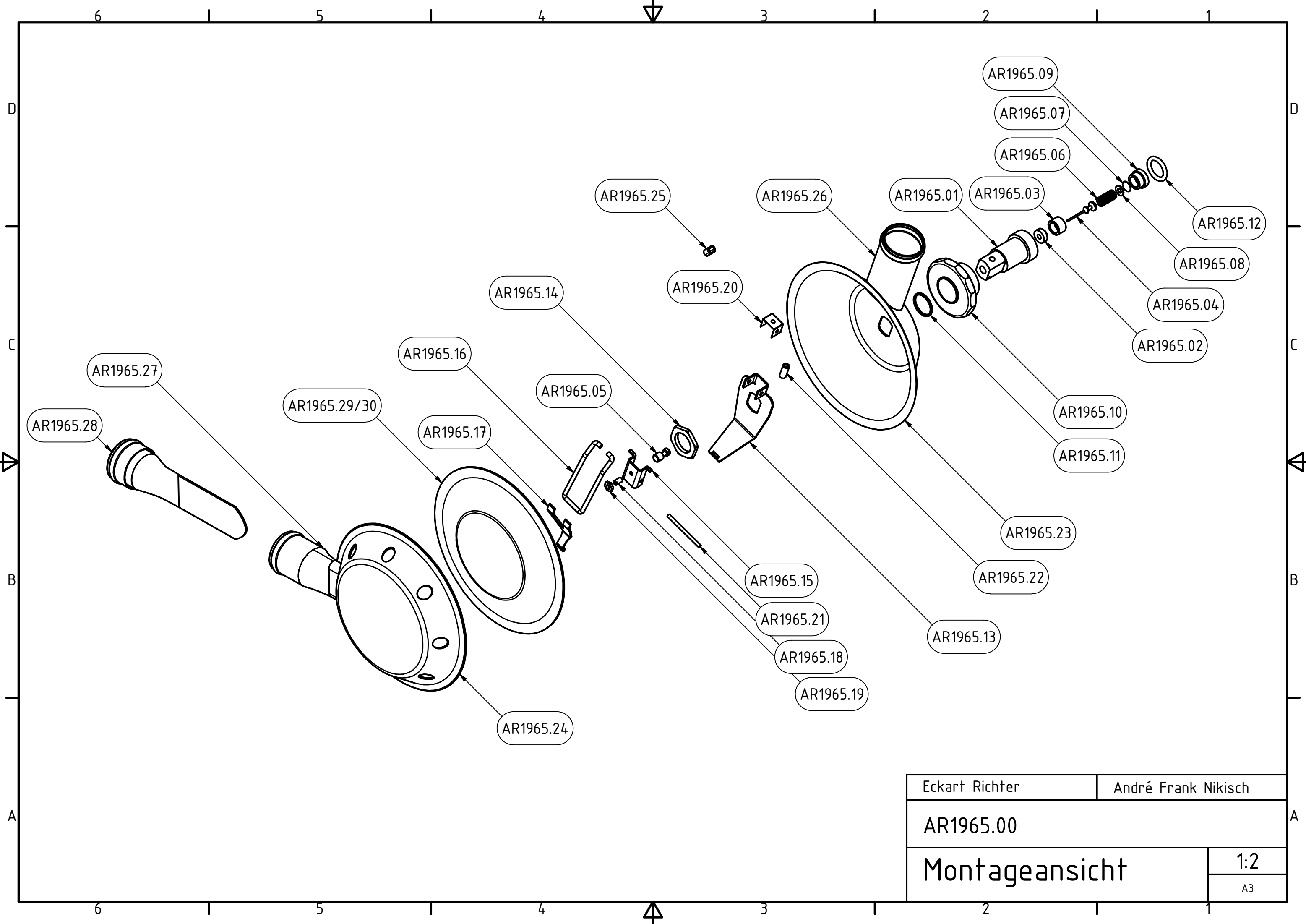
Im Folgenden ist der Zeichnungssatz des Atemreglers 1965 enthalten. Damit ist das Dokument abgeschlossen.



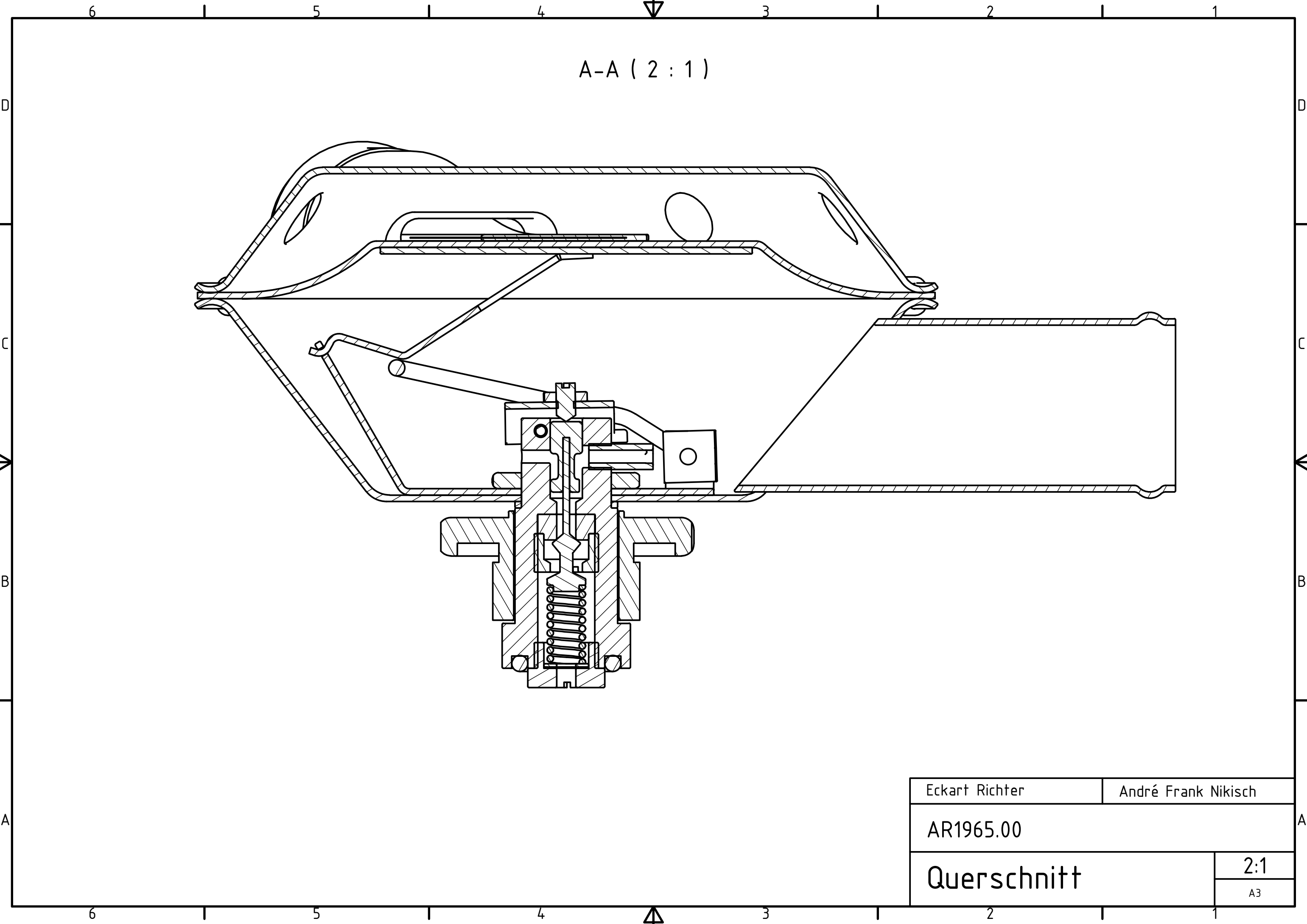
Eckart Richter	André Frank Nikisch
AR1965.00	
Außenansicht	1:1
	A3



Eckart Richter	André Frank Nikisch	
AR1965.00		
Innenansicht	1:1	
	A3	

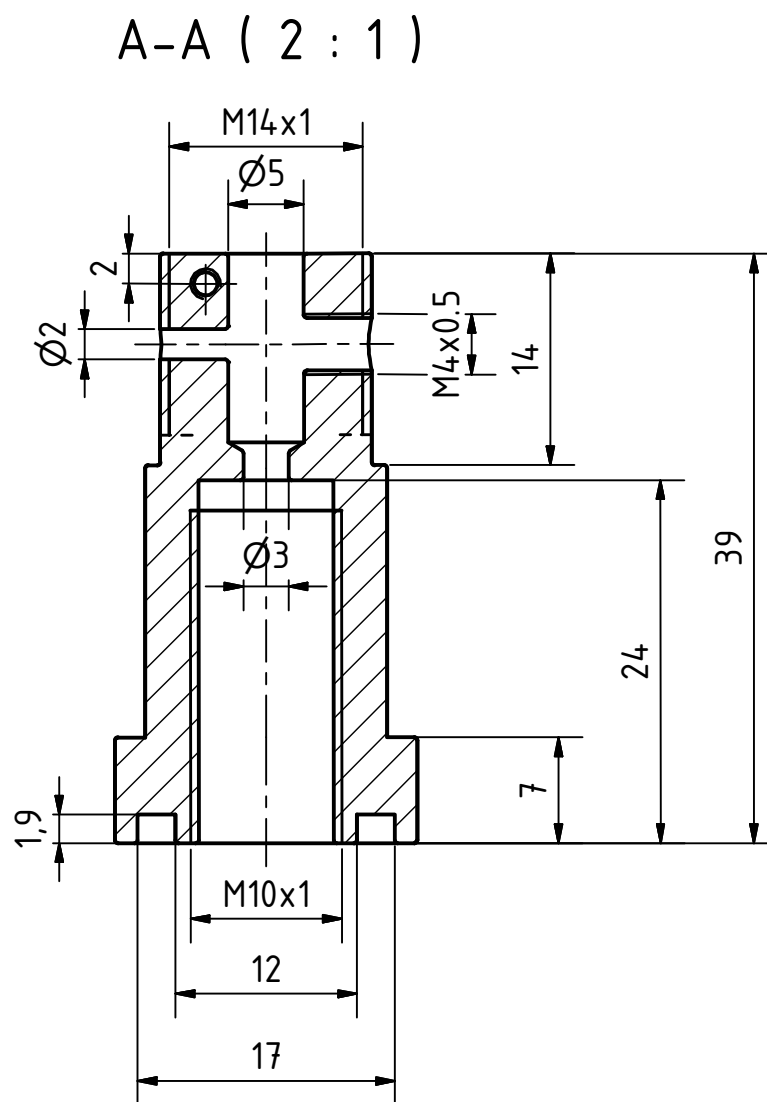


Eckart Richter	André Frank Nikisch		
AR1965.00			
Montageansicht			1:2
			A3



A-A (2 : 1)

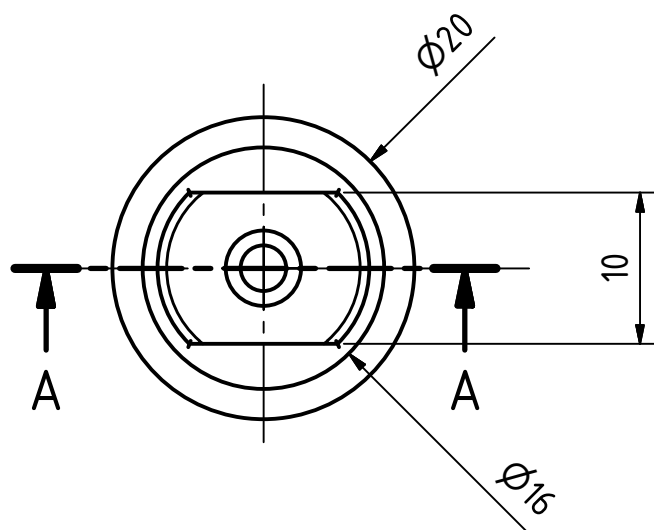
Eckart Richter	André Frank Nikisch	
AR1965.00		
Querschnitt	2:1	
	A3	



Abrundungen ca. $\varnothing 0,4$

DIN ISO
2768 -mK

poliert
(✓)



Messing oder
Edelstahl

Eckart Richter

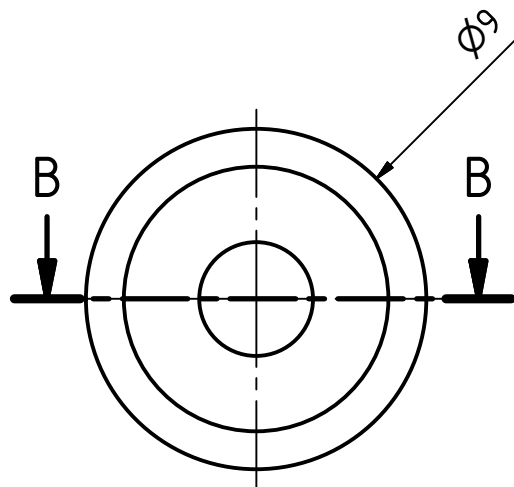
André Frank Nikisch

AR1965.01

Hochdruckteil

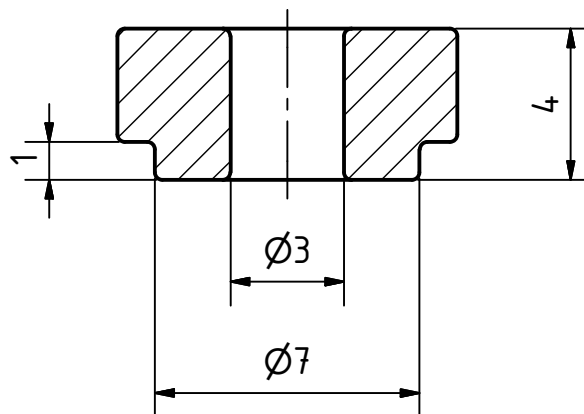
2:1

A4

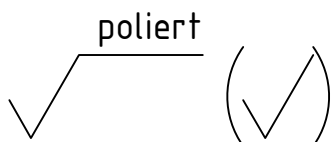


Abrundungen ca. $\phi 0,4$

B-B (5 : 1)



DIN ISO
2768 -mK



Nylon 6/6

Eckart Richter

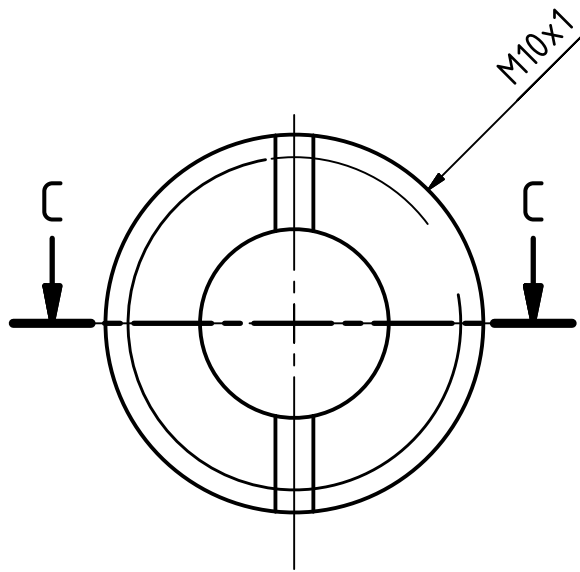
André Frank Nikisch

AR1965.02

Ventilsitz

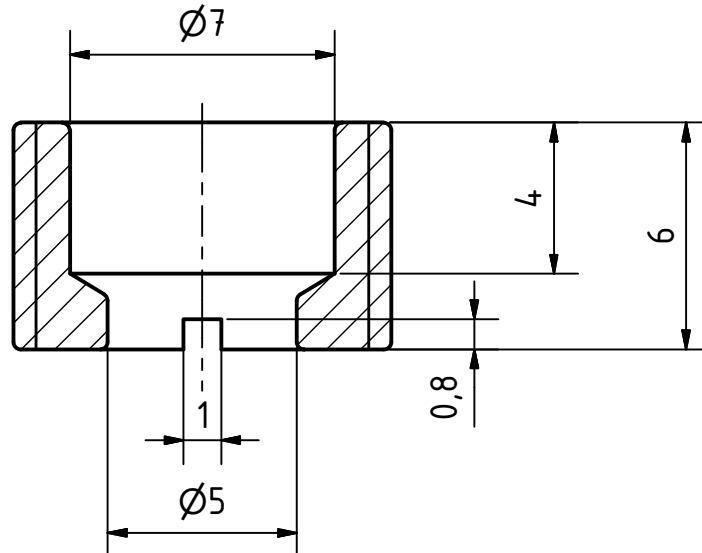
5:1

A4

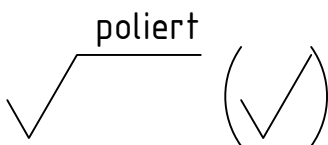


Abrundungen ca. $\varnothing 0,4$

C-C (5 : 1)



DIN ISO
2768 -mK



Messing oder
Edelstahl

Eckart Richter

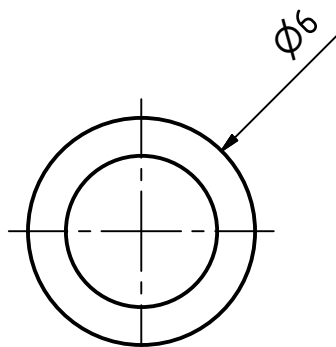
André Frank Nikisch

AR1965.03

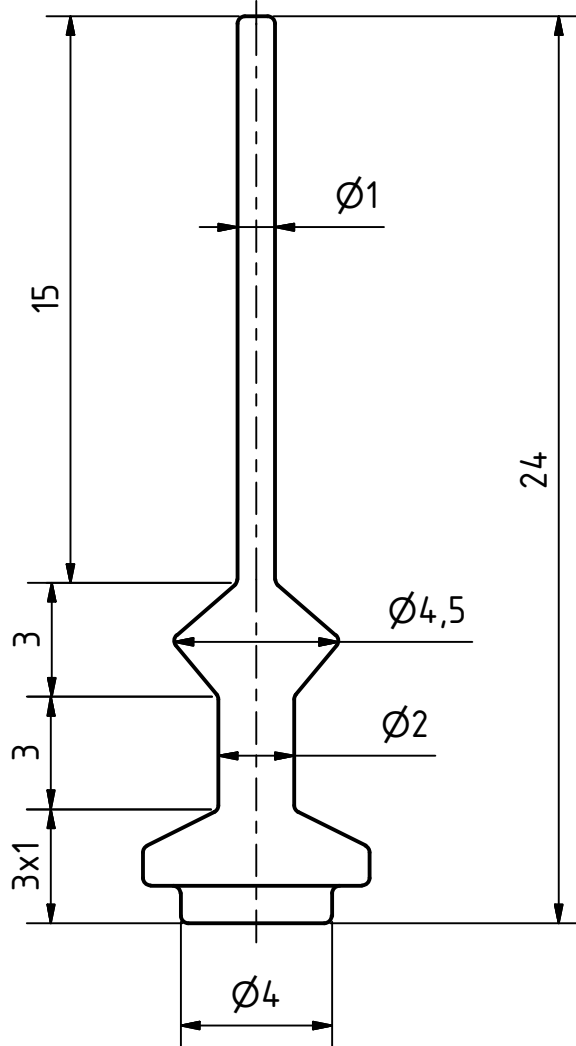
Ventilsitzfixierung

5:1

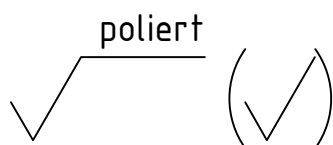
A4



Abrundungen ca. $\varnothing 0,4$



DIN ISO
2768 -mK



Edelstahl

Eckart Richter

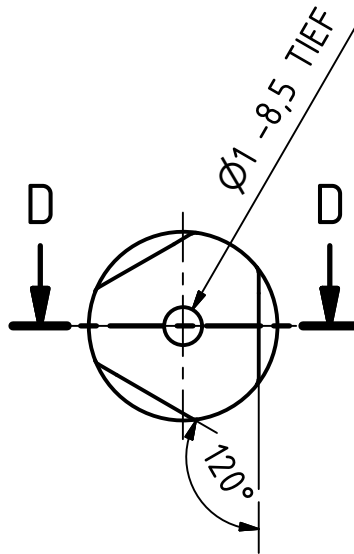
André Frank Nikisch

AR1965.04

Stößel

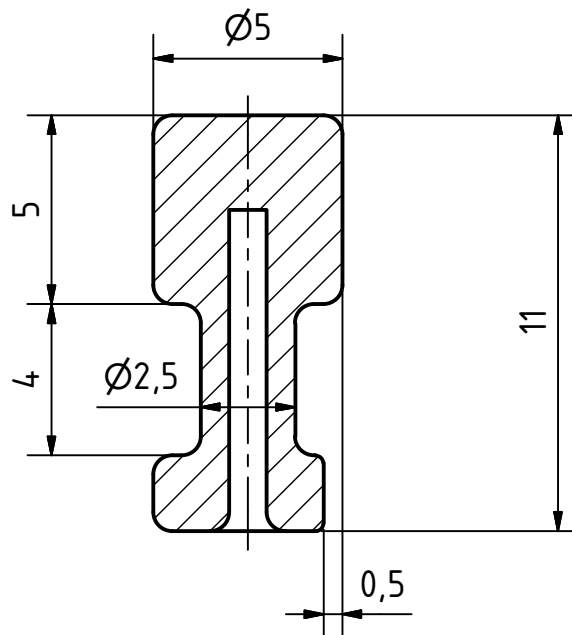
5:1

A4

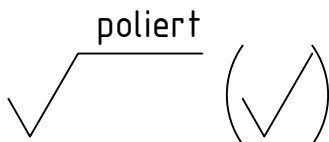


Abrundungen ca. $\varnothing 0,4$

D-D (5 : 1)



DIN ISO
2768 -mK



Messing oder
Edelstahl

Eckart Richter

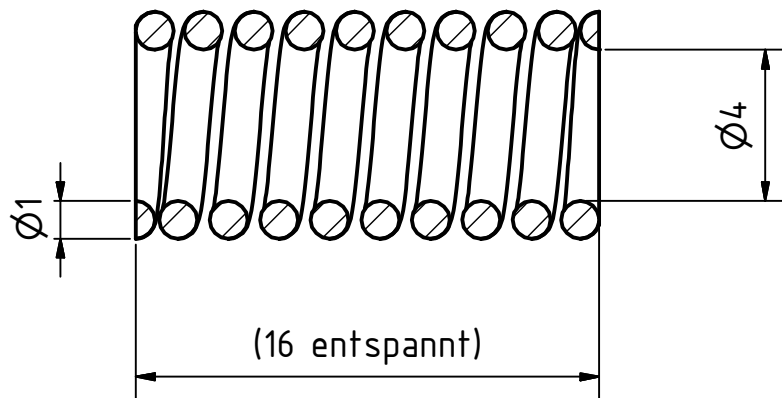
André Frank Nikisch

AR1965.05

Stößellager

5:1

A4



8,5 aktive Windungen
 0,5 geschlossene Endwindungen
 0,25 Übergangswindungen
 0,5 fixierte Windungen

Gezogener Draht - Cr-Ni-Edelstahl (ISO 17 242)

DIN ISO
 2768 -mK

Eckart Richter

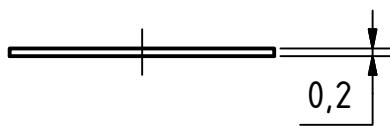
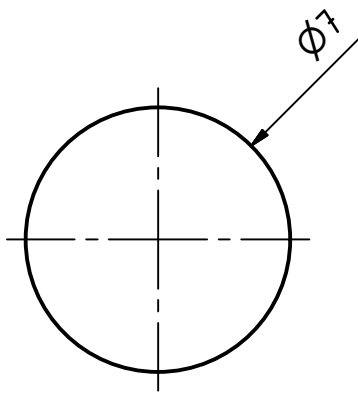
André Frank Nikisch

AR1965.06

Druckfeder

5:1

A4



DIN ISO
2768 -mK

Sintermaterial
oder Gitter

Eckart Richter

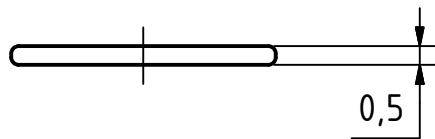
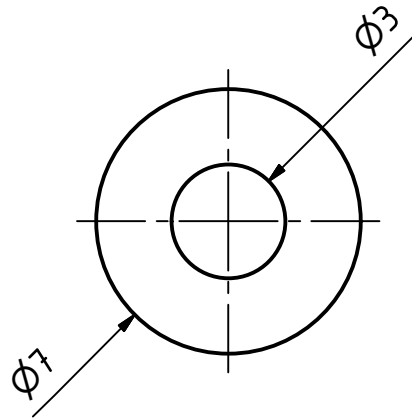
André Frank Nikisch

AR1965.07

Sieb

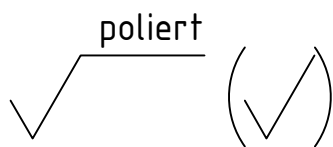
5:1

A4



Abrundungen ca. $\varnothing 0,4$

DIN ISO
2768 -mK



Einsatzstahl
oder Edelstahl

Eckart Richter

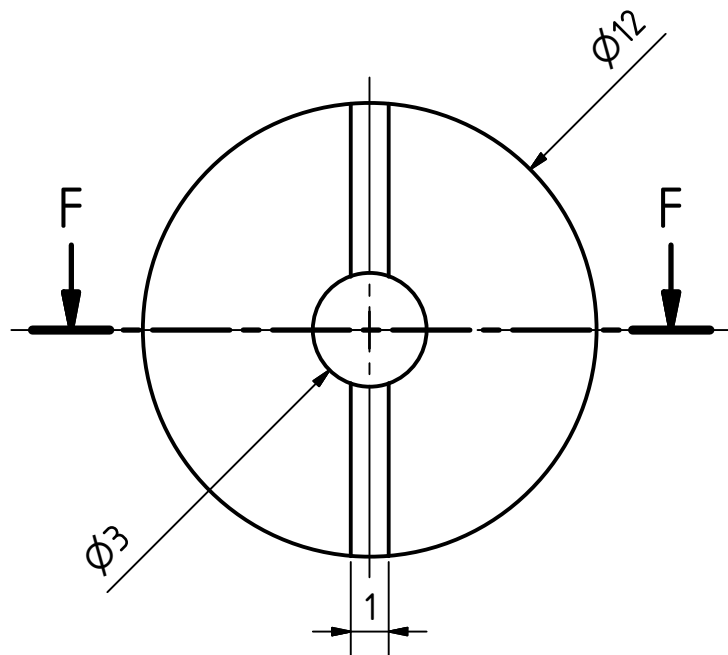
André Frank Nikisch

AR1965.08

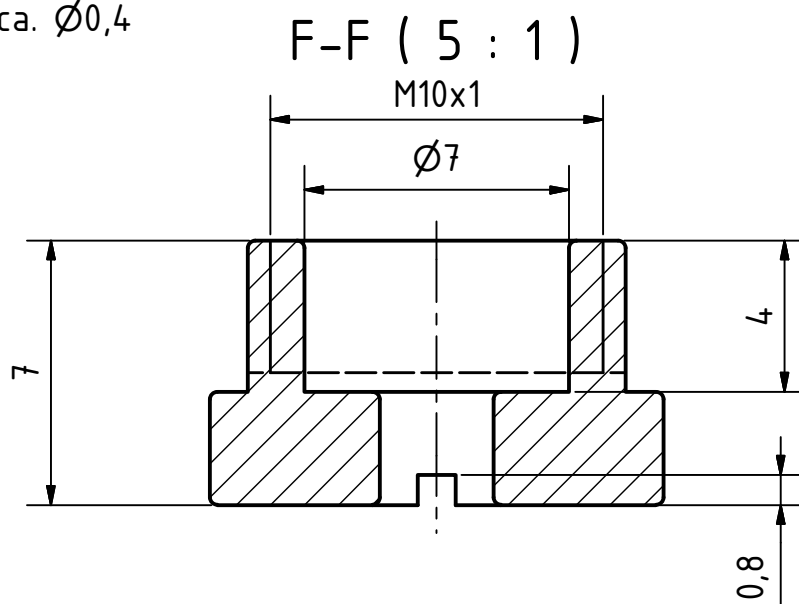
Unterlegscheibe

5:1

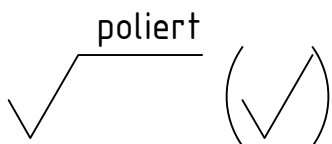
A4



Abrundungen ca. $\text{Ø}0,4$



DIN ISO
2768 -mK



Messing oder
Edelstahl

Eckart Richter

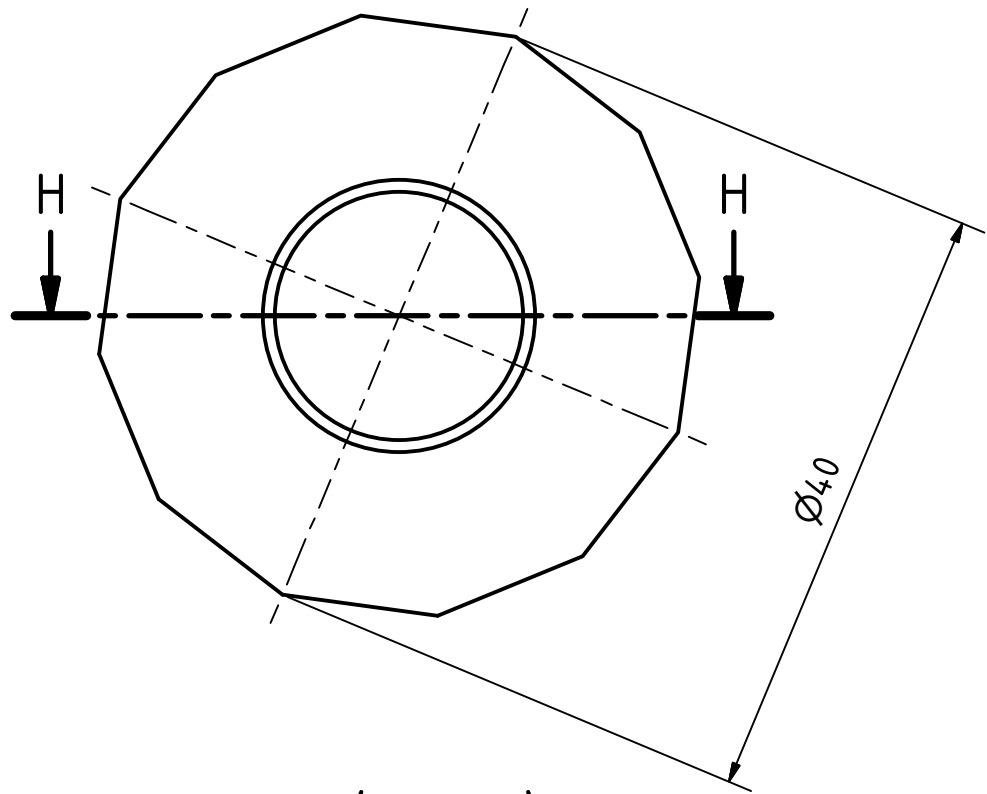
André Frank Nikisch

AR1965.09

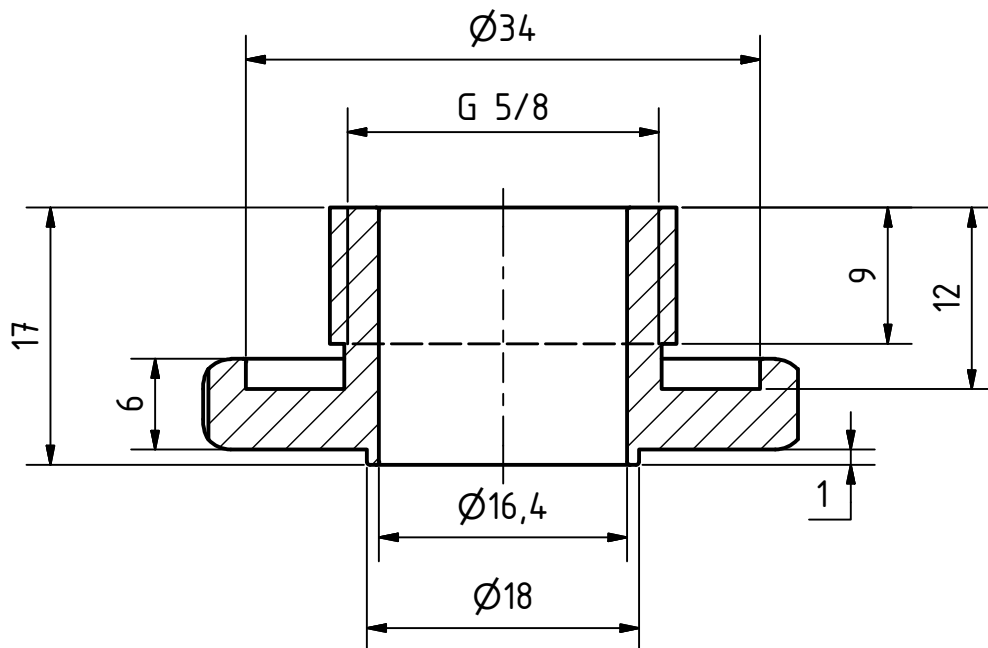
Verschluss

5:1

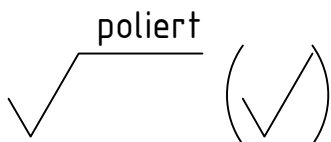
A4



H-H (2 : 1)



DIN ISO
2768 -mK



Edelstahl,
Messing oder
Aluminium

Eckart Richter

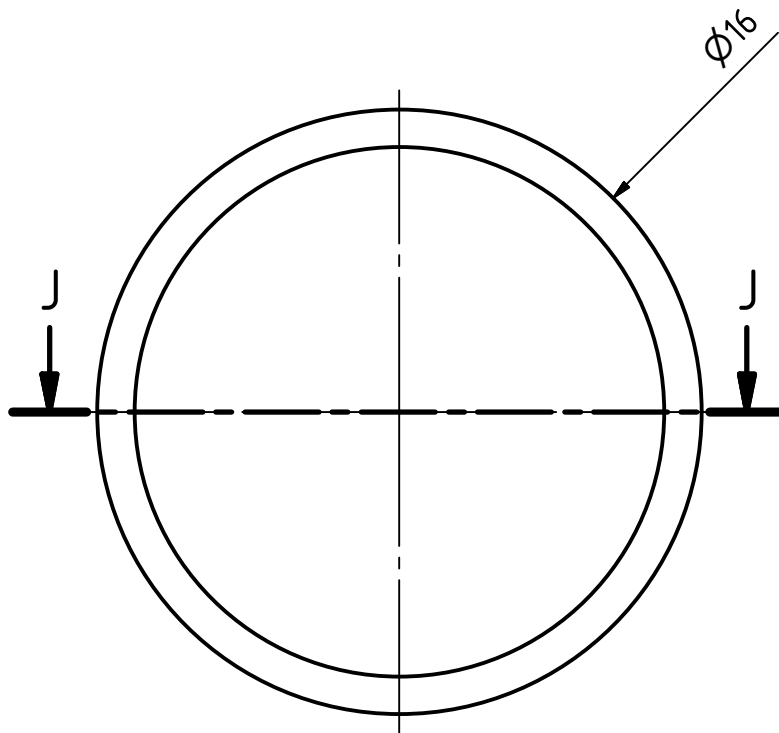
André Frank Nikisch

AR1965.10

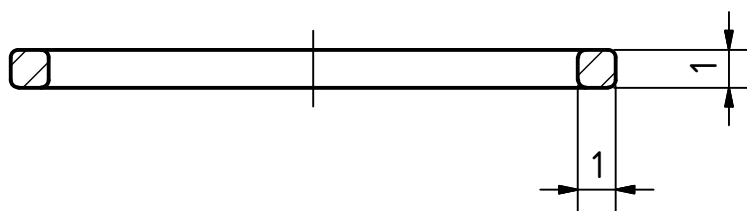
Handrad

2:1

A4



J-J (5 : 1)



Abrundungen ca. $\varnothing 0,4$

Silikongummi

Eckart Richter

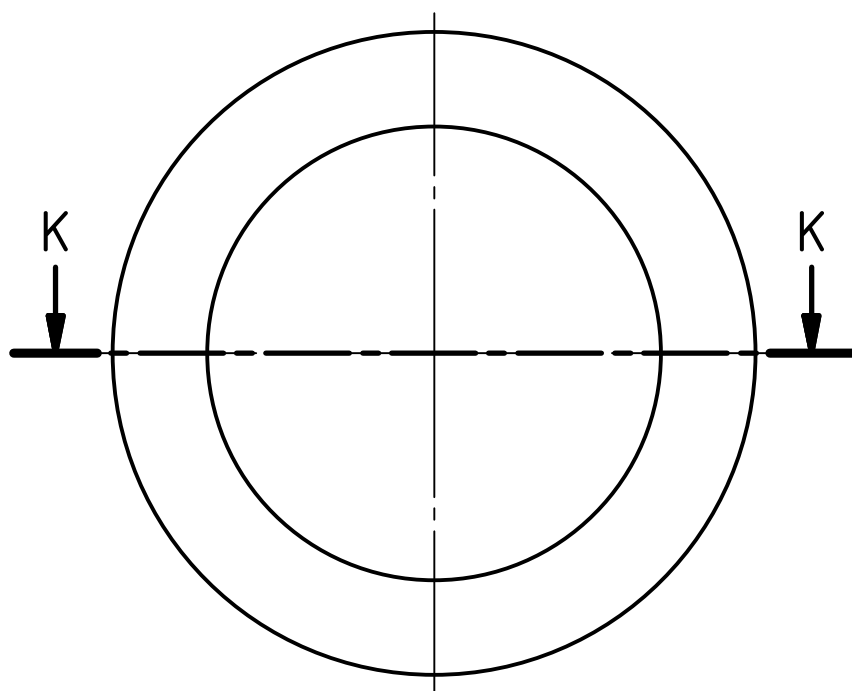
André Frank Nikisch

AR1965.11

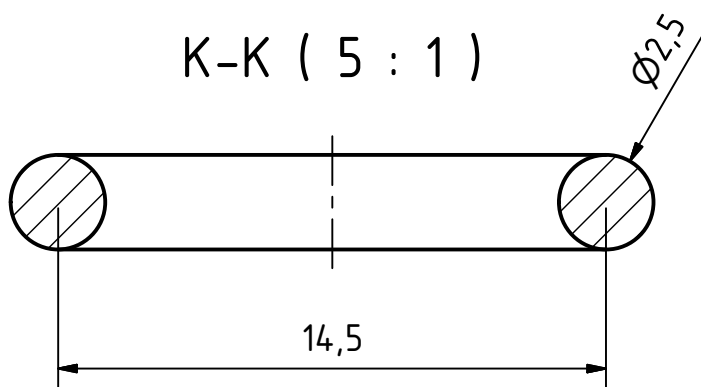
Dichtung

5:1

A4



K-K (5 : 1)



Silikongummi

Eckart Richter

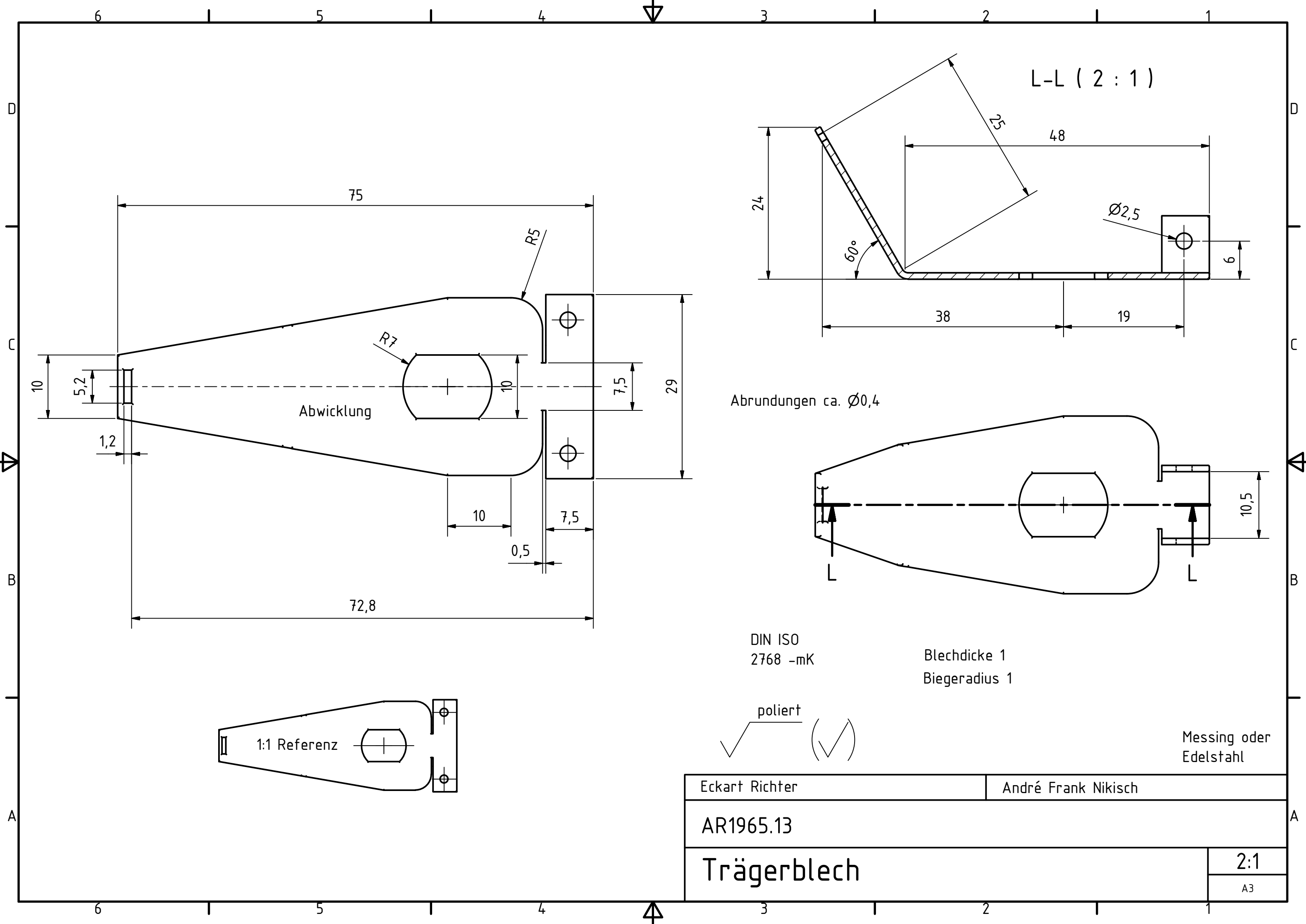
André Frank Nikisch

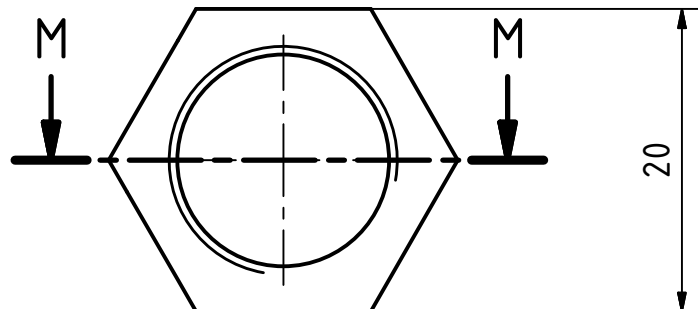
AR1965.12

Nullring

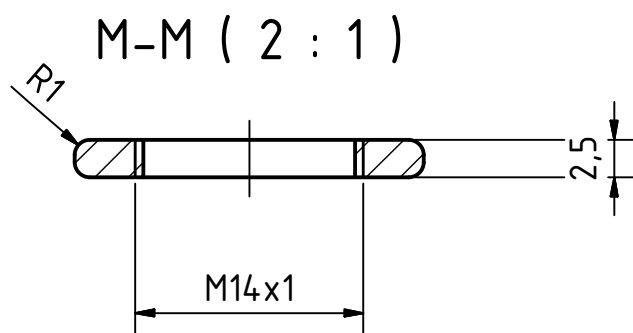
5:1

A4

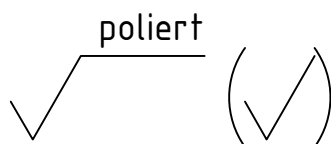




Abrundungen ca. $\varnothing 0,4$



DIN ISO
2768 -mK



Eckart Richter

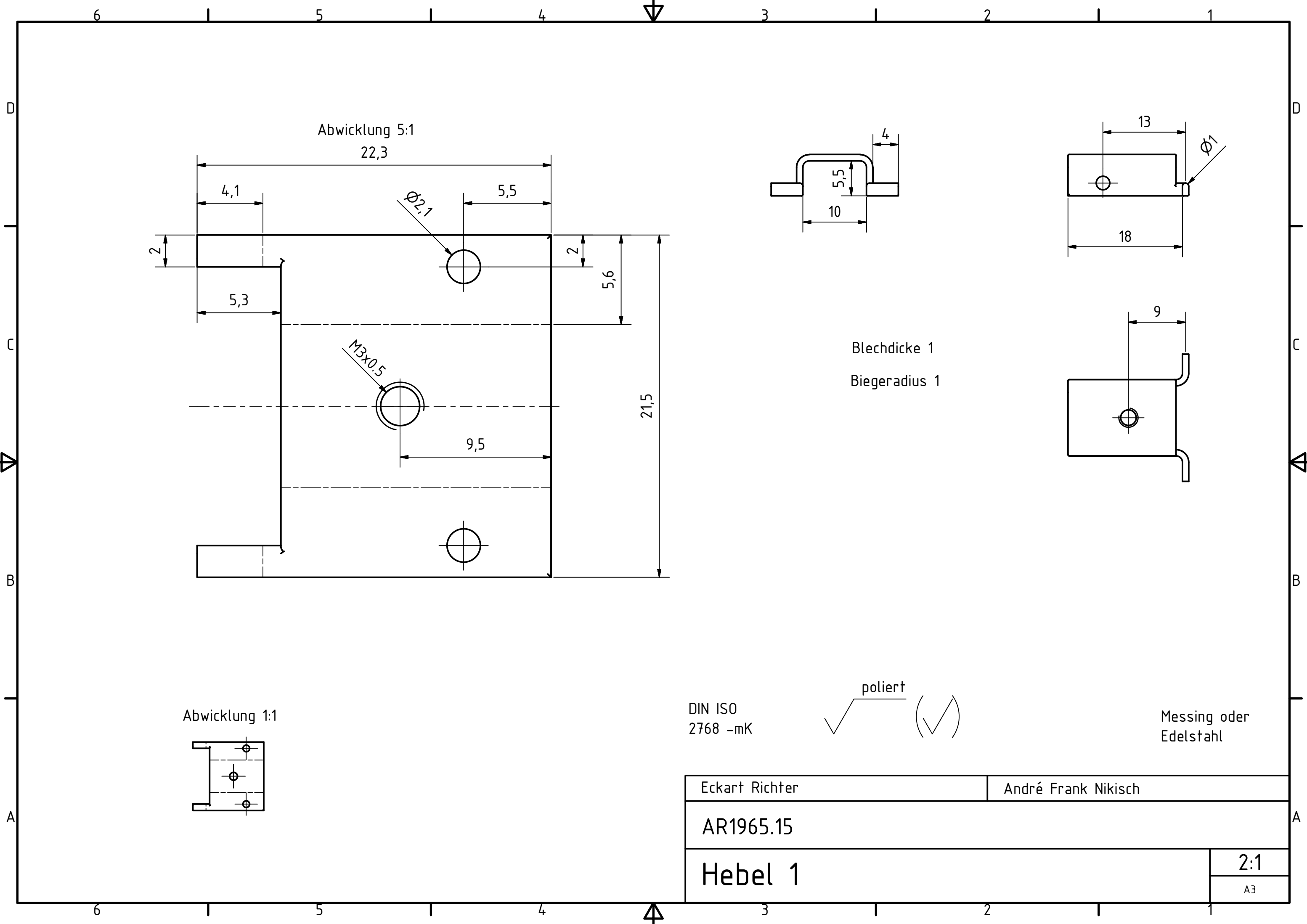
André Frank Nikisch

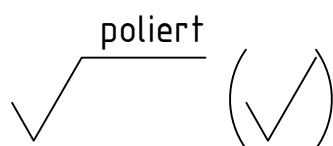
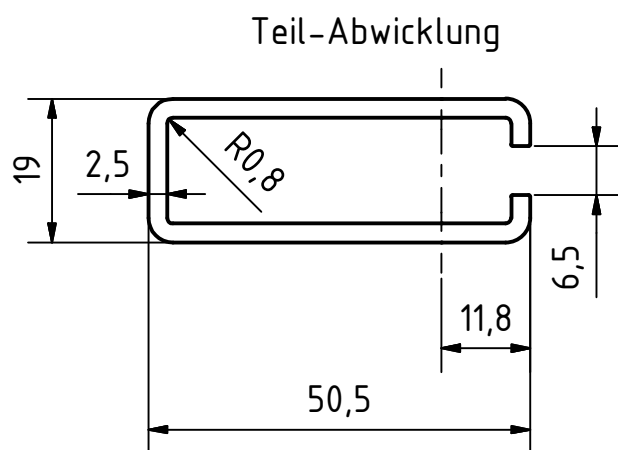
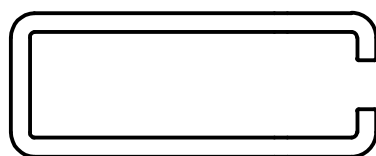
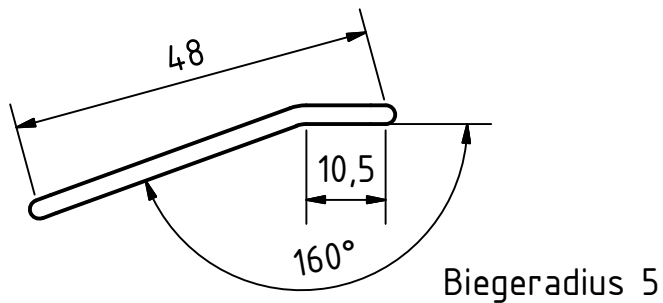
AR1965.14

Mutter

2:1

A4





DIN ISO
2768 -mK

Messing oder
Edelstahl

Eckart Richter

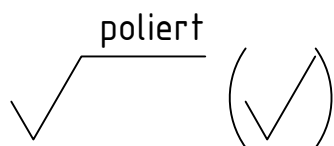
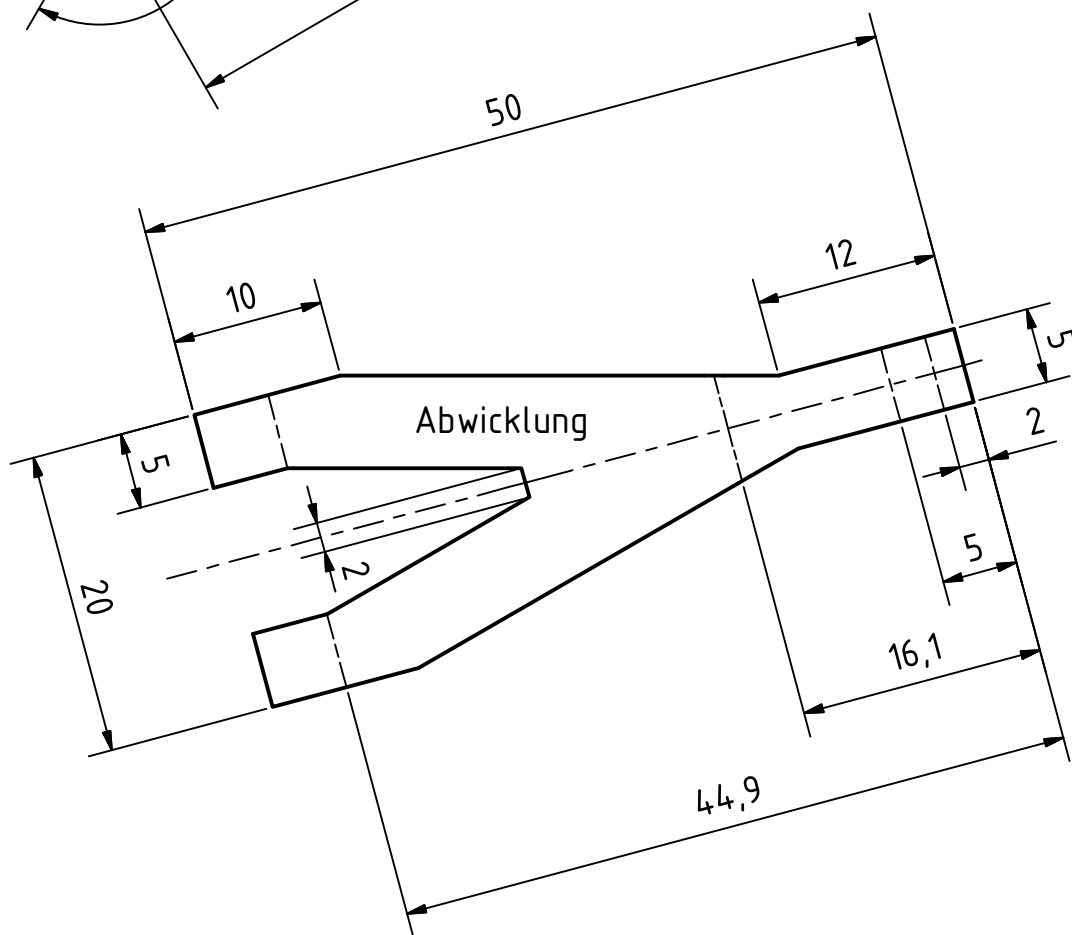
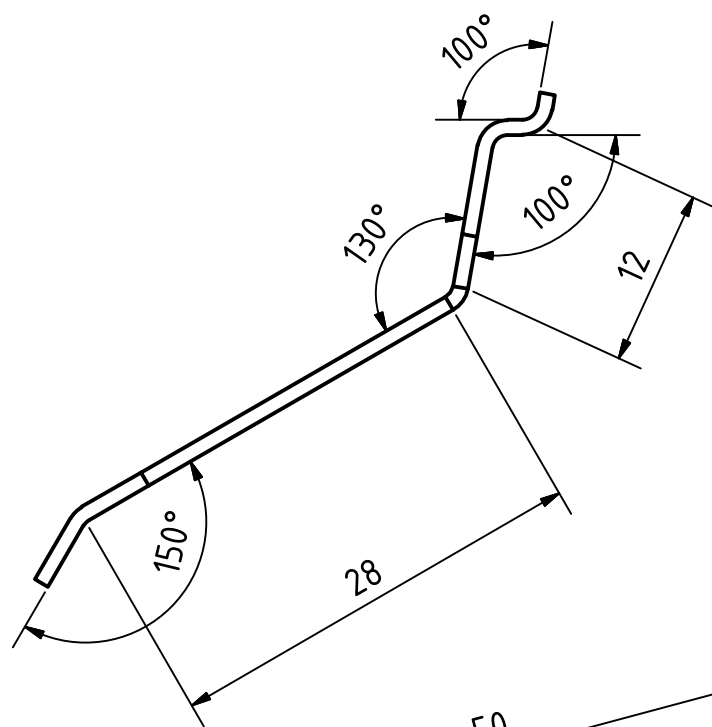
André Frank Nikisch

AR1965.16

Hebel 2

1:1

A4



DIN ISO
2768 -mK

Messing oder
Edelstahl

Eckart Richter

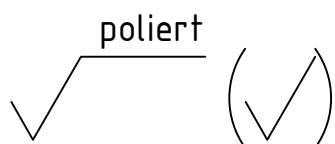
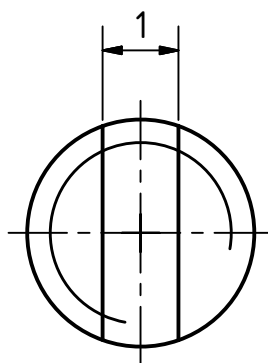
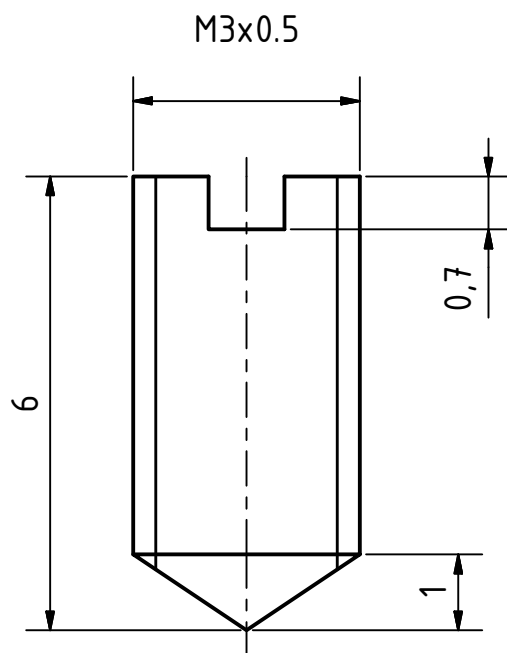
André Frank Nikisch

AR1965.17

Hebel 3

2:1

A4



DIN ISO
2768 -mK

Messing oder
Edelstahl

Eckart Richter

André Frank Nikisch

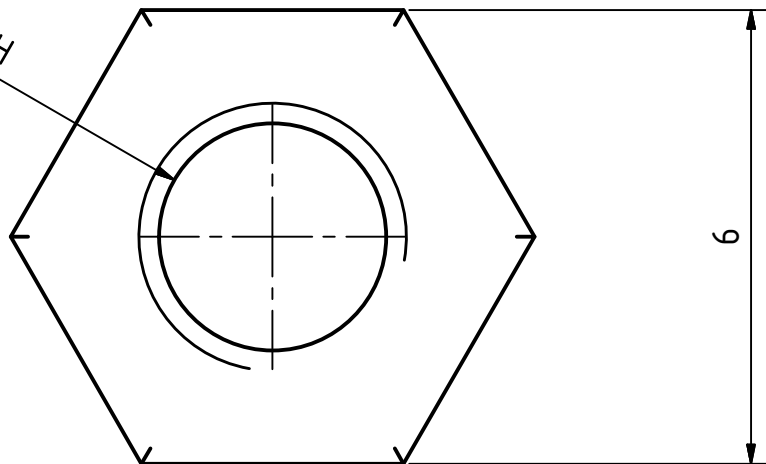
AR1965.18

Dorn

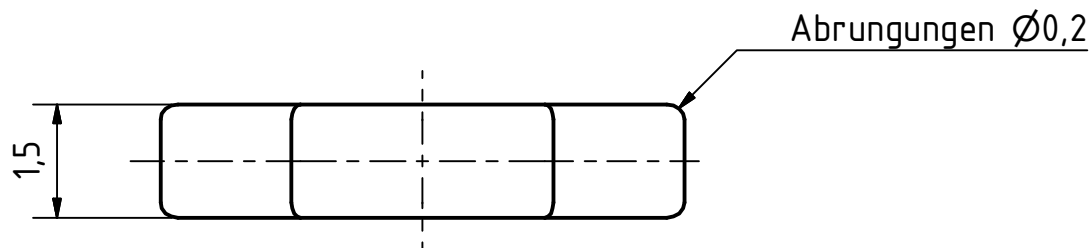
10:1

A4

M3x0.5 DURCH

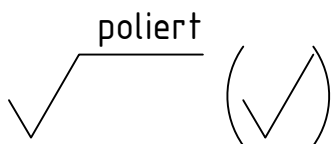


6



1,5

Abrungungen Ø0,2



DIN ISO
2768 -mK

Messing oder
Edelstahl

Eckart Richter

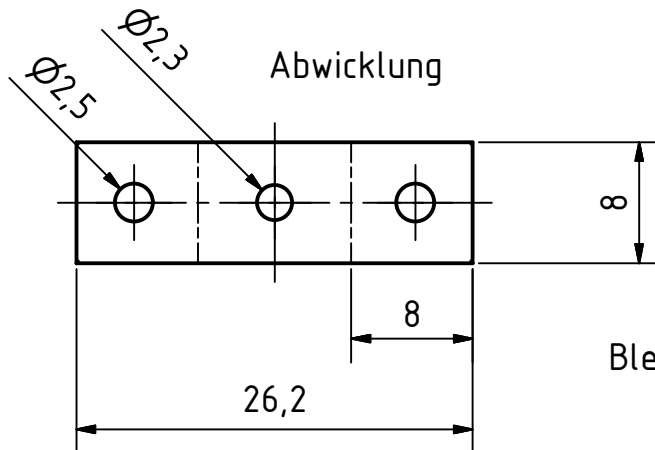
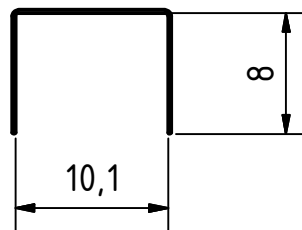
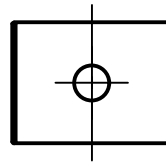
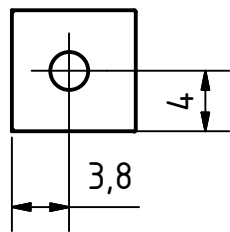
André Frank Nikisch

AR1965.19

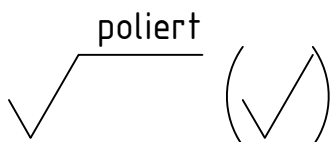
Dornmutter

10:1

A4



Blechdicke 0,2



DIN ISO
2768 -mK

Messing oder
Edelstahl

Eckart Richter

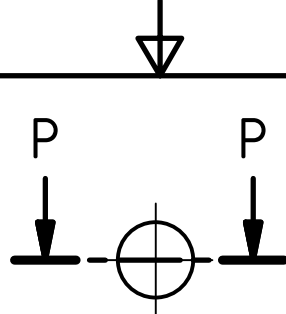
André Frank Nikisch

AR1965.20

Blende

2:1

A4



M2x0.4

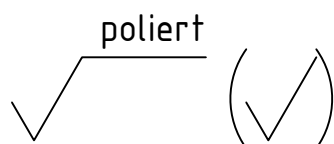
P-P (5 : 1)

20,2

30

Abrundungen $\varnothing 0,2$

DIN ISO
2768 -mK



2

Messing oder
Edelstahl

Eckart Richter

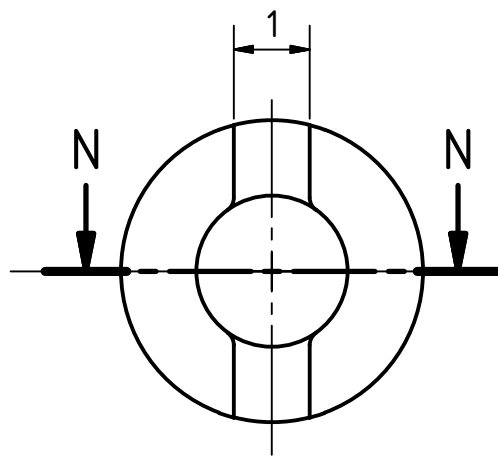
André Frank Nikisch

AR1965.21

Stift

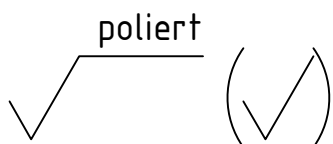
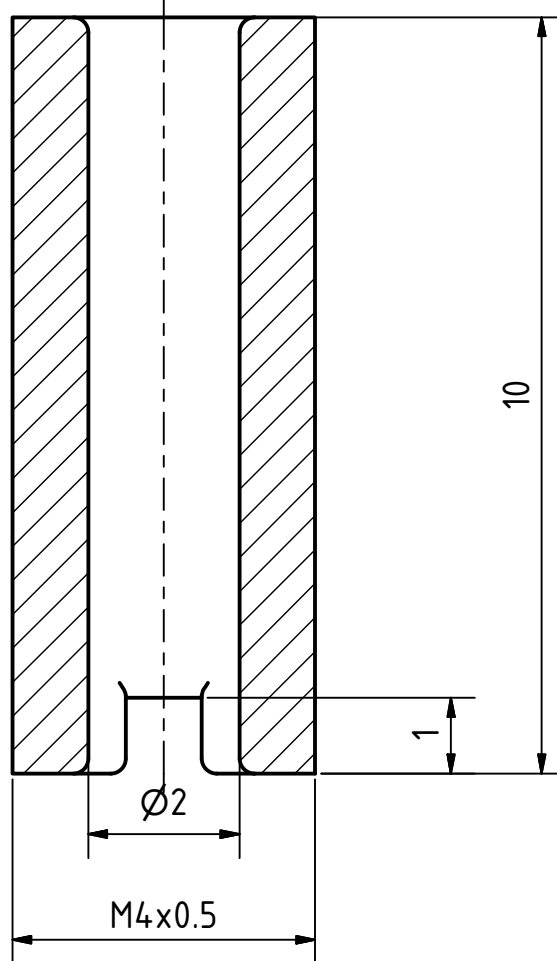
5:1

A4



N-N (10 : 1)

Abrundungen $\varnothing 0,2$



DIN ISO
2768 -mK

Messing oder
Edelstahl

Eckart Richter

André Frank Nikisch

AR1965.21

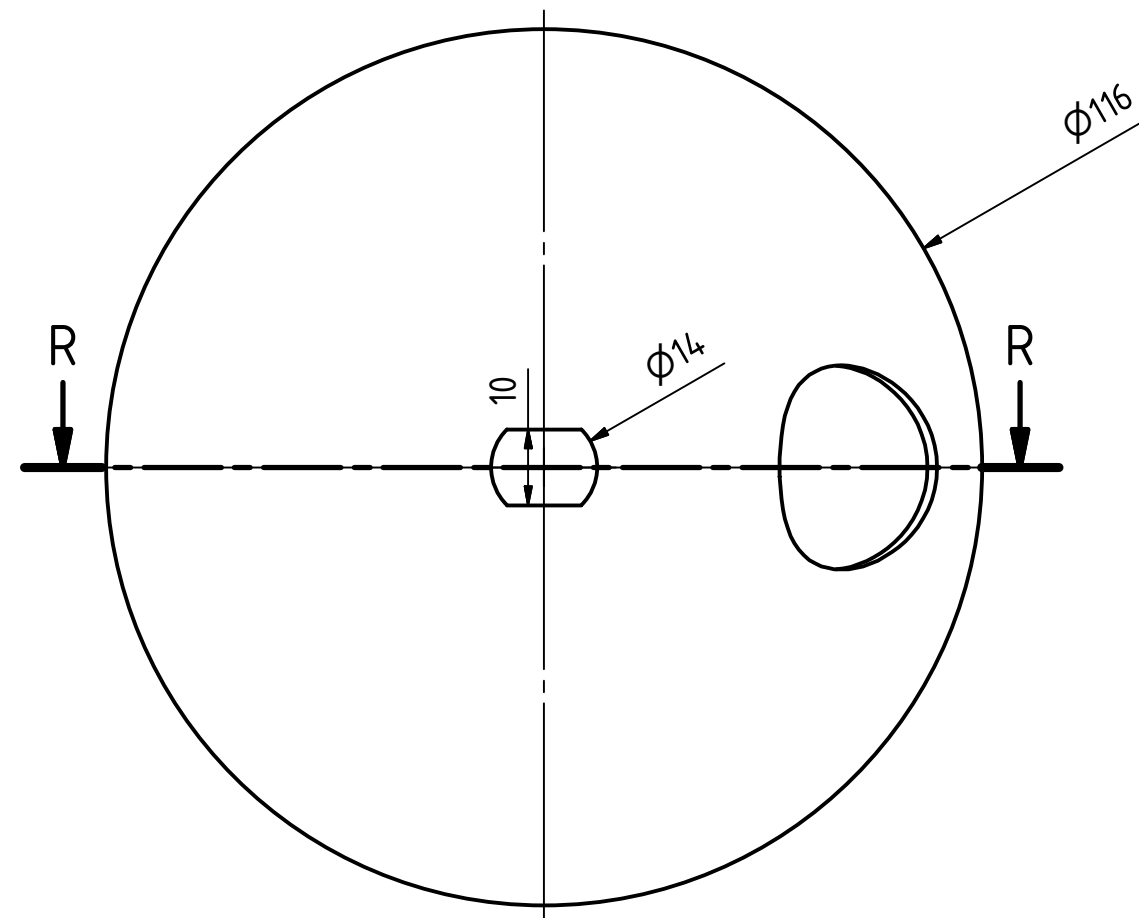
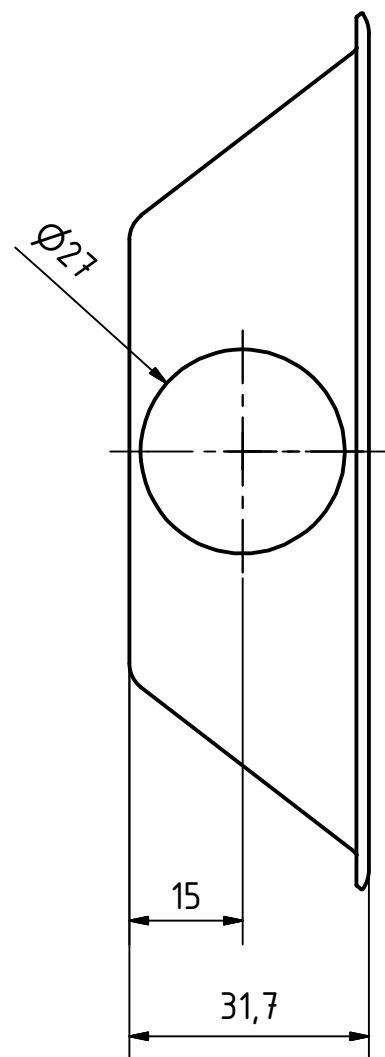
Injektor

10:1

A4

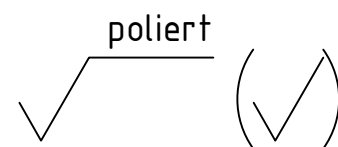
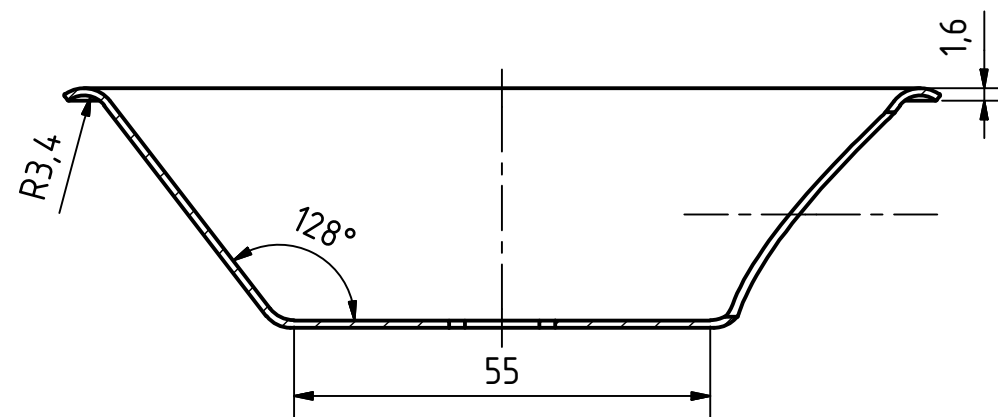
D
C
B
A

6 5 4 3 2 1



Blechdicke 1

R-R (1 : 1)



DIN ISO
2768 -mK

Messing oder
Edelstahl

Eckart Richter

André Frank Nikisch

AR1965.23

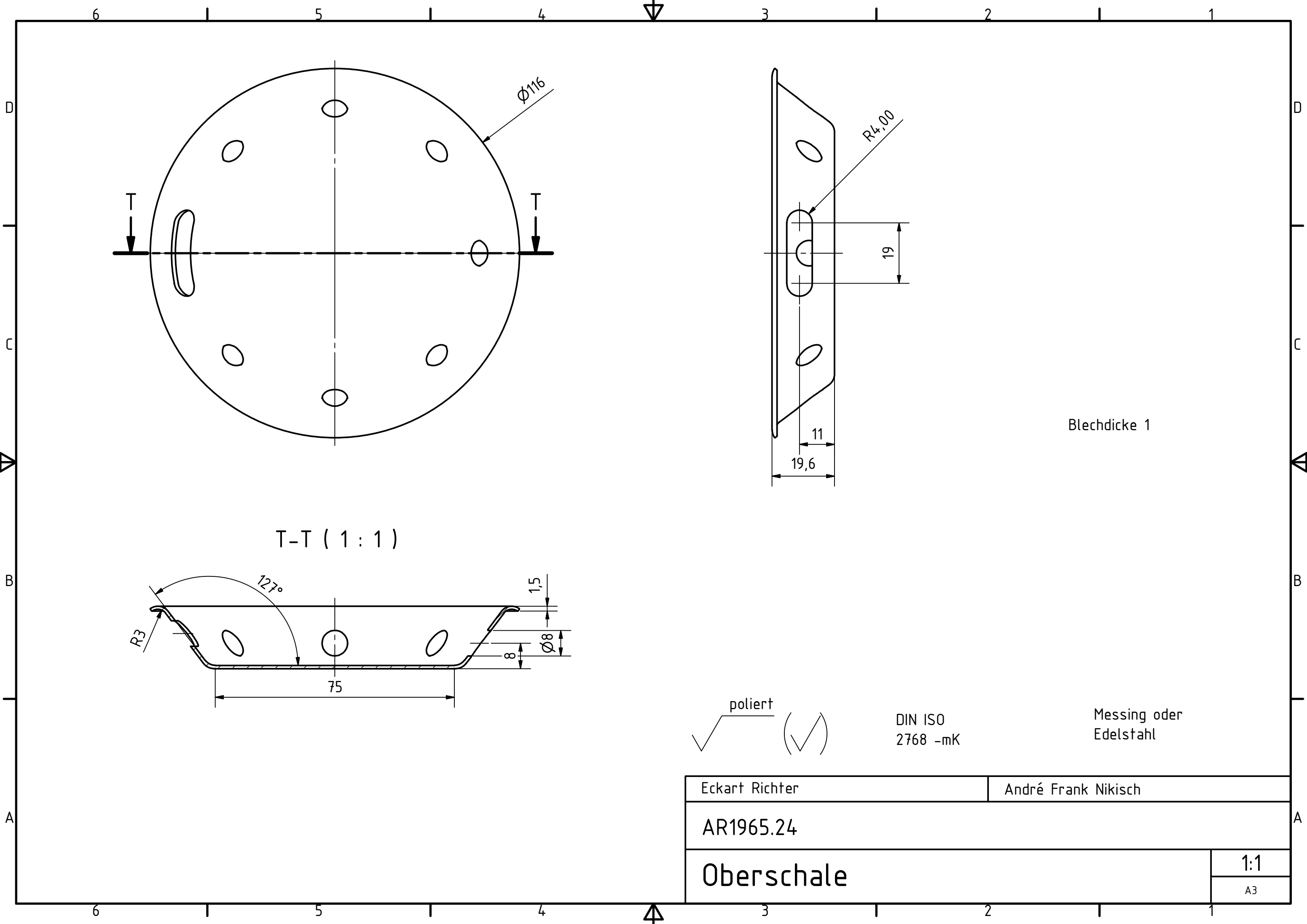
Unterschale

1:1

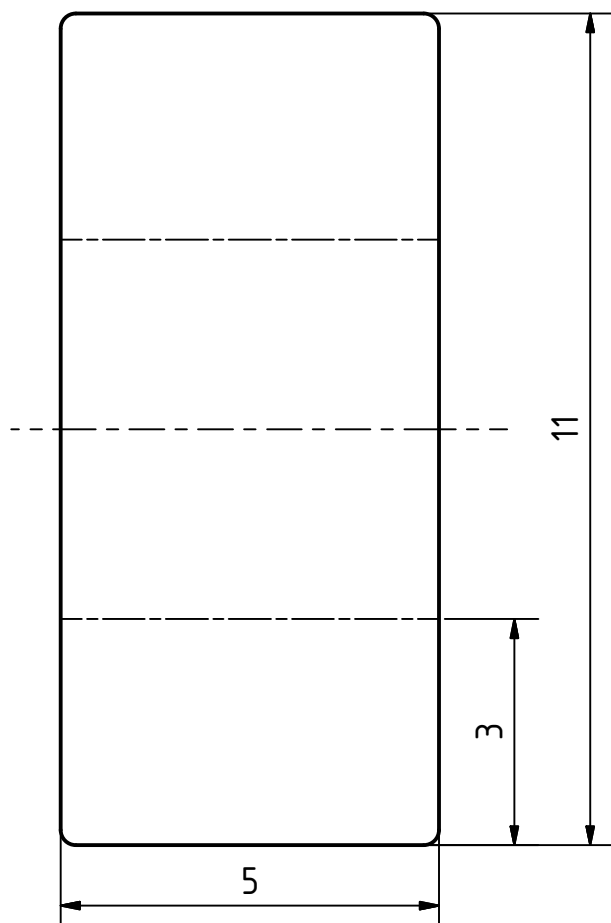
A3

6 5 4 3 2 1

D
C
B
A

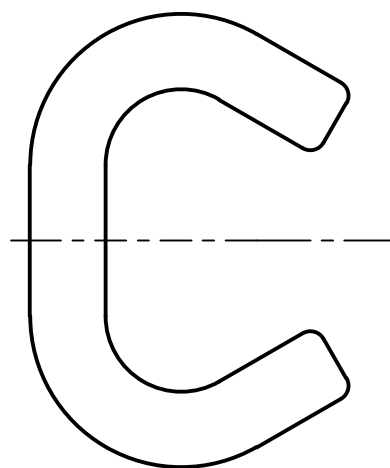


Abwicklung

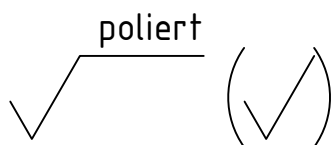


Blechdicke 1

Produktion: 90° Biegungen
Montage: Biegung bis Klammerung



Abrundungen ca. $\varnothing 0,4$



DIN ISO
2768 -mK

Edelstahl

Eckart Richter

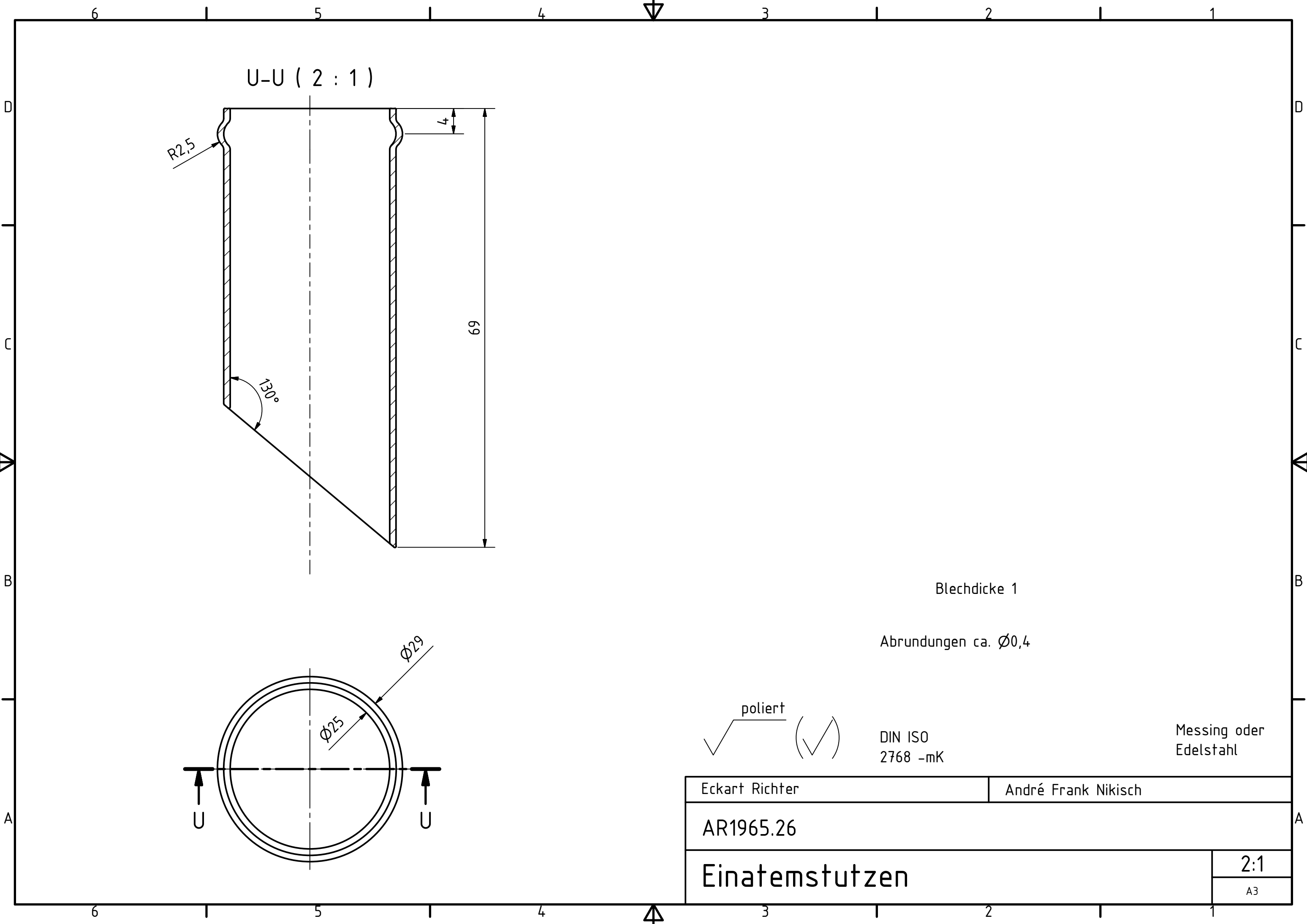
André Frank Nikisch

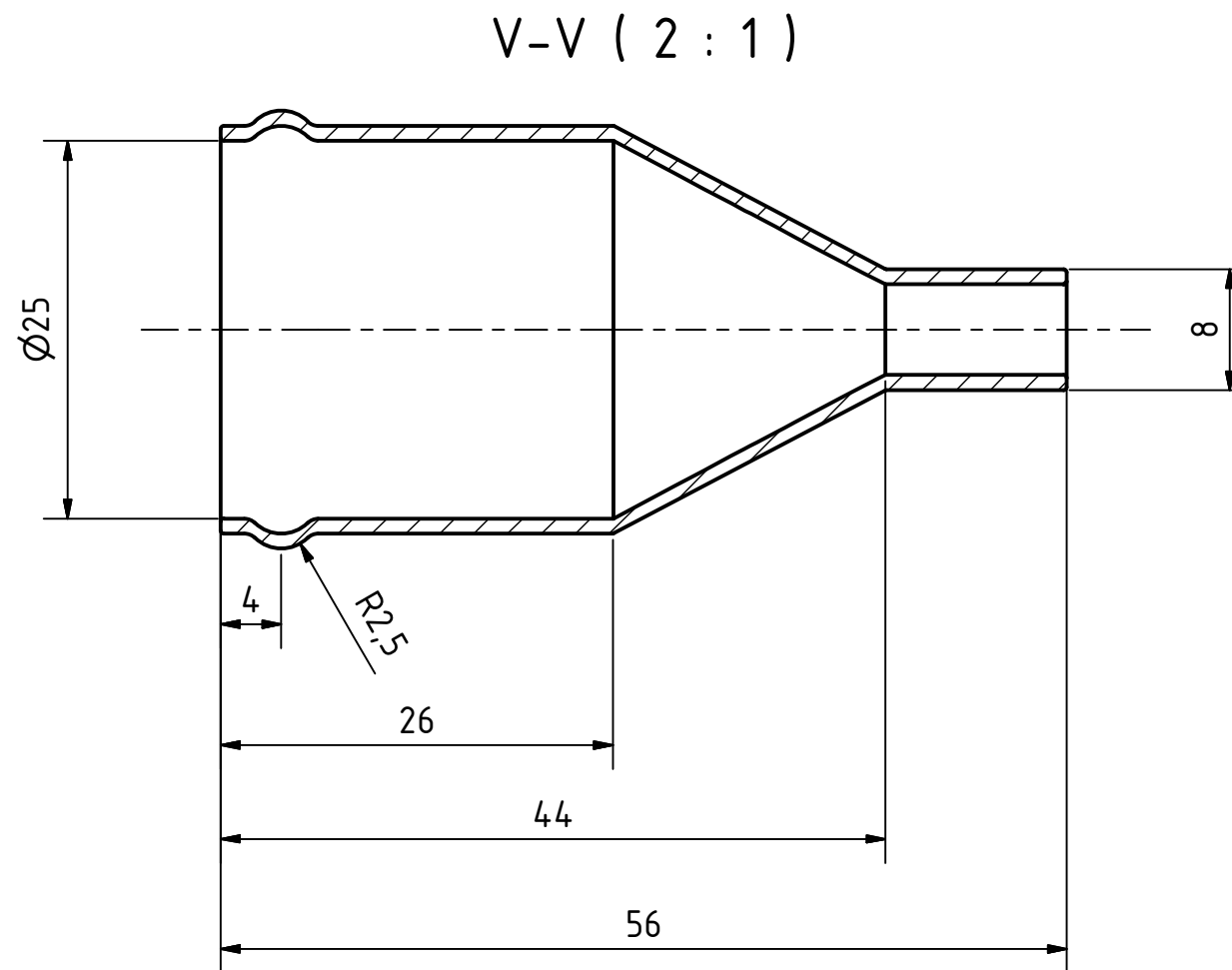
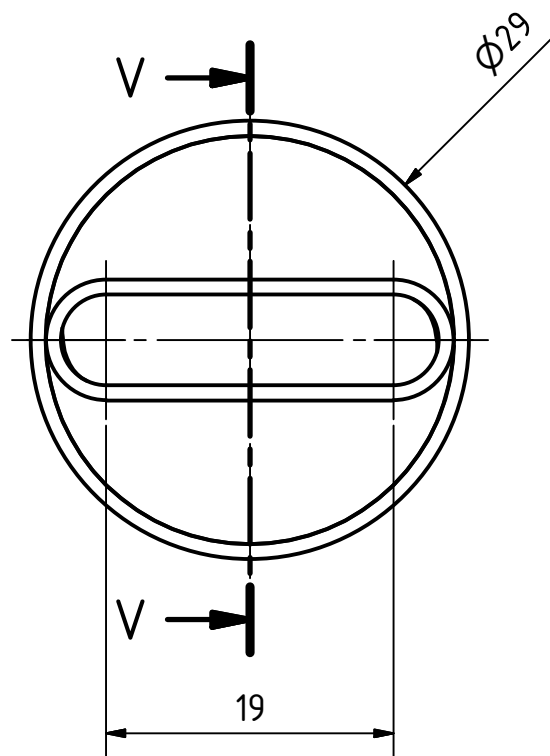
AR1965.25

Box Clip

10:1

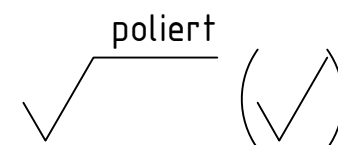
A4





Blechdicke 1

Abrundungen ca. Ø0,4



DIN ISO
2768 -mK

Messing oder
Edelstahl

Eckart Richter

André Frank Nikisch

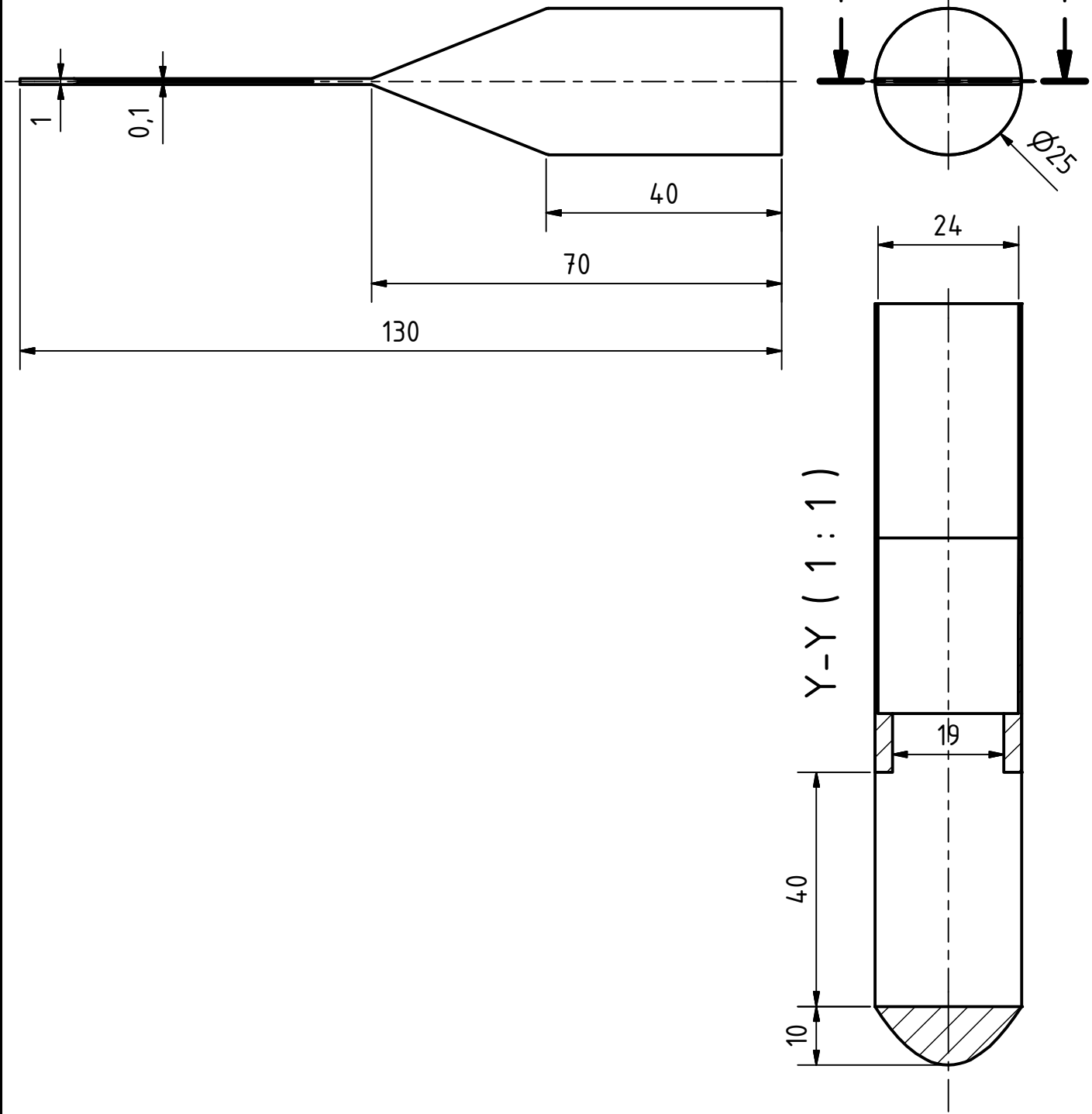
AR1965.27

Ausatemstutzen

2:1

A3

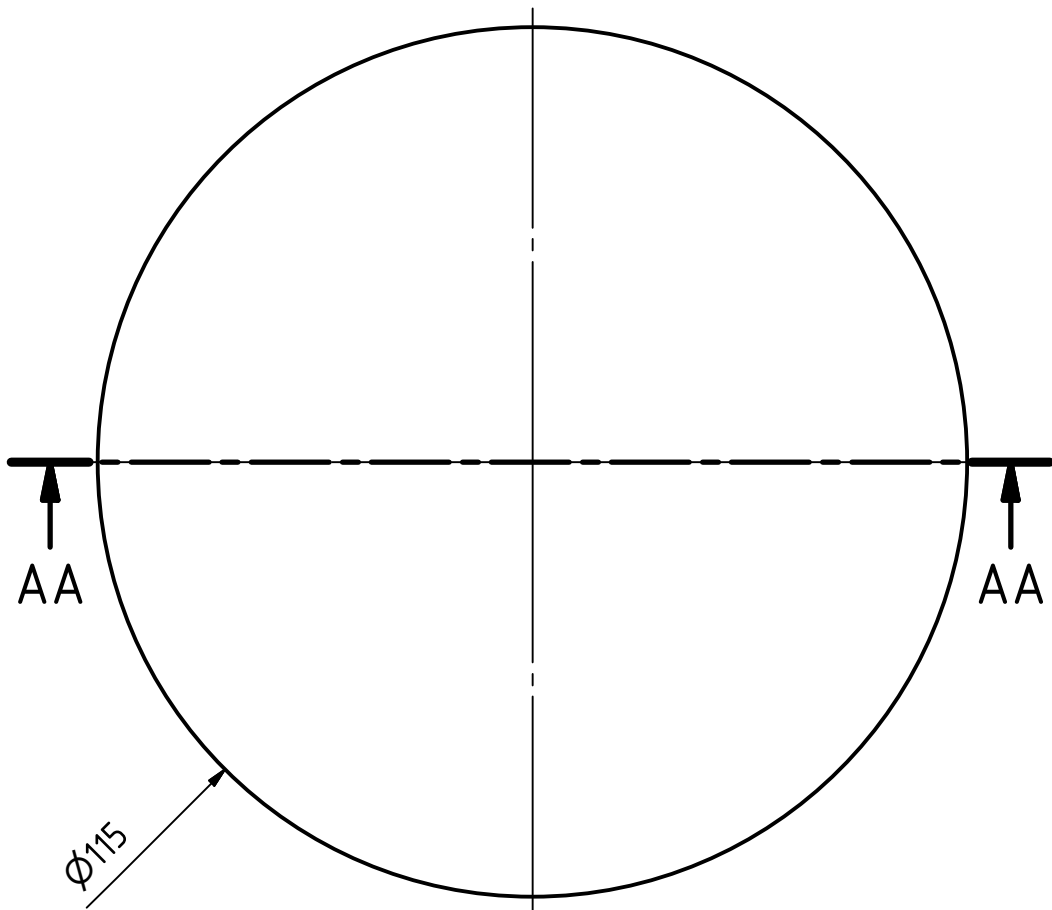
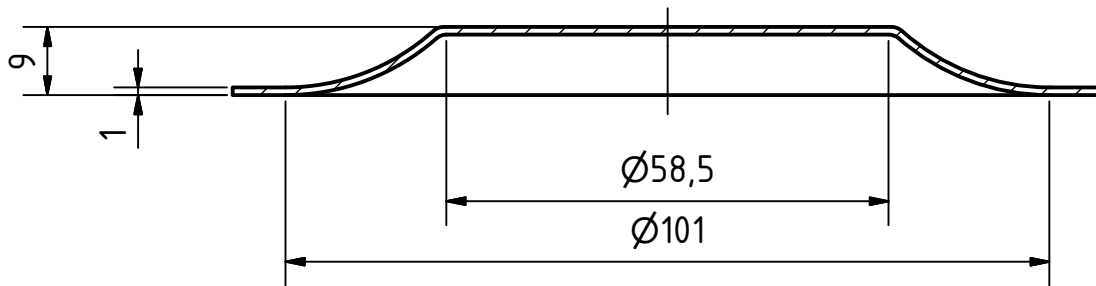
Entenschnabelventil



Silikongummi

Eckart Richter	André Frank Nikisch
AR1965.28	
Ausatemventil	1:1
	A4

AA-AA (1 : 1)



Silikongummi

Eckart Richter

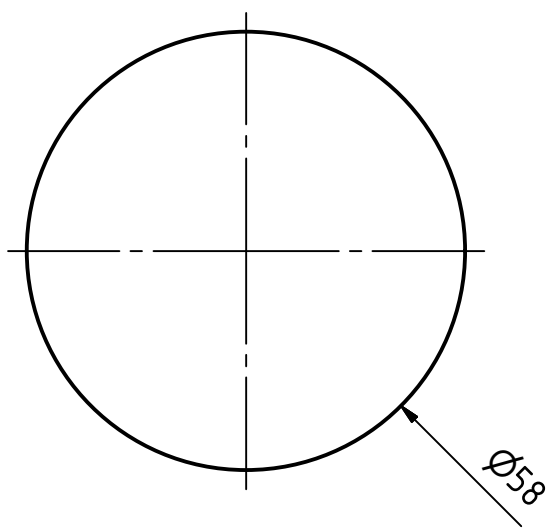
André Frank Nikisch

AR1965.29

Membran

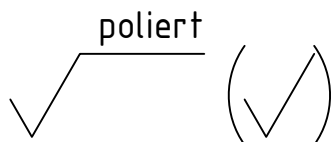
1:1

A4



Blechdicke 1

Verklebung an Membran



DIN ISO
2768 -mK

Messing oder
Edelstahl

Eckart Richter

André Frank Nikisch

AR1965.30

Membranversteifung

1:1

A4