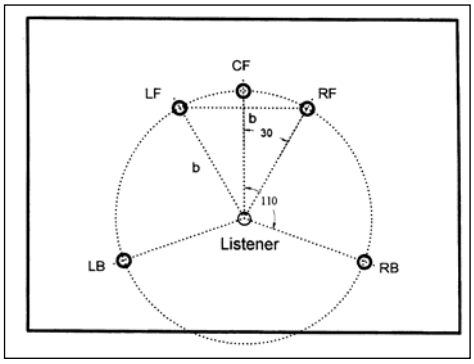
FLOATSOUND
Jürg Jecklin
CH 7603 Vicosoprano
floatsound@bluewin.ch

Mai 2003

OSIS 321



1. Rahmenbedingungen und Möglichkeiten
2. Kriterien für die Beurteilung von Aufnahmen
3. Aufnahmetechnik OSIS 321
4. Die OSIS-Mikrofonanordnungen

Abstract

Die Surround-Aufnahmetechnik OSIS 321 ist für die Aufnahme von natürlich klingenden Instrumenten mit der zugehörigen, adäquaten akustischen Umgebung gedacht.
Das Paper beginnt mit einer Zusammenstellung der Rahmenbedingungen und der zur Verfügung stehenden technischen Möglichkeiten.
Als Grundlage für die Entwicklung und die Beurteilung der Ergebnisse dient eine Systematik der Merkmale von Musikaufnahmen (Kriterien für die Beurteilung von Aufnahmen). Mit den Parametern *Image*, *Space*, *Einheit von Image und Space*, sowie *Sound* lassen sich die wichtigsten Merkmale von Musikaufnahmen hinlänglich beschreiben.

Im Zentrum der Entwicklung von OSIS 321 stand der Faktor *Space*, die Räumlichkeit. Vorgeschlagen wird eine binaurale Halbraum-Mikrofonierung des Raumschalls, mit der Doppelortungen vermieden werden können. Spezielle Beachtung die Problematik der Kombination von Image und Space, von Direktschall (Abbildung des Klangkörpers) und Diffusschall (Räumlichkeit).
Abschliessend werden mit der Space-Scheibe und der Image-Scheibe zwei praktikable Mikrofonanordnungen beschrieben.
Die Eigenheiten der Aufnahmetechnik werden anhand von Aufnahmebeispielen (Demo-CD, dts-Format) illustriert. Die Demo-CD ist bei www.derton.at erhältlich.

1. Rahmenbedingungen und Möglichkeiten

1.1 Vorgaben

Art der Aufnahme

Gesucht wird eine Mikrofonierung für die Aufnahme von Musik, die von natürlich klingenden Instrumenten in der zugehörigen akustischen Umgebung aufgeführt wird.
Beispiele: Orgel in einer Kirche, Sinfonieorchester in einem Konzertsaal oder einem entsprechenden Aufnahmestudio.

Zur Verfügung stehende Uebertragungsmittel

5 Full Range Kanäle und ein Low Frequency Effect Kanal (LFE).
Die wiedergabeseitige Lautsprecheraufstellung ist vorgegeben (Bild 2).

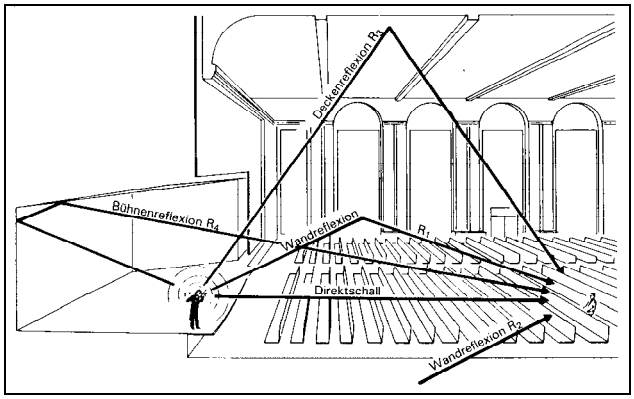


Bild 1 Dreidimensionale Situation bei der Aufnahme

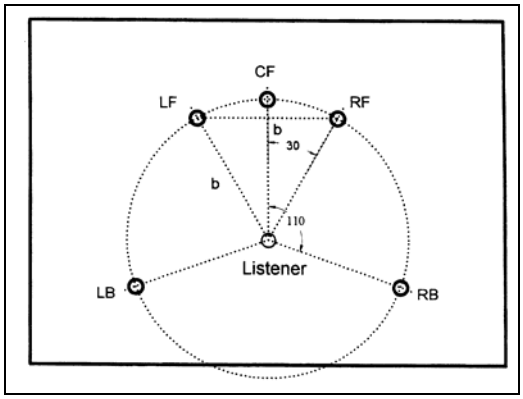


Bild 2 zweidimensionale Wiedergabe

1.2 Prinzipielle Möglichkeiten einer fünfkanaligen Technik

reproduzierend

Mit *reproduzierend* ist eine Aufnahmetechnik gemeint, bei der im Wiedergaberaum ein Ausschnitt aus dem Schallfeld des Aufführungsraumes reproduziert wird, der der Grösse des Wiedergaberaumes entspricht.

- Wenn man die akustischen Situationen von Bild 1 und Bild 2 vergleicht wird offensichtlich, dass dies mit nur 5 Wiedergabekanälen und einer nur einer zweidimensionalen Lautsprecheranordnung schlicht und einfach nicht möglich ist. Bei einer wave field synthesis – Wiedergabe zum Beispiel wird der Wiedergaberaum üblicherweise mit 100 und mehr Lautsprechern beschallt.

simulierend

Mit fünf Kanälen und den in einer Ebene angeordneten Wiedergabelautsprechern hat man nur die Möglichkeit, den *akustischen Eindruck*, den ein Zuhörer im Aufführungsraum hat, im Wiedergaberaum zu simulieren.

- Die fünfkanalige Surround-Technik bietet also nur zusätzliche, nicht aber prinzipiell andere Möglichkeiten als die bisherige Stereotechnik.

1.3 Verwendung der Kanäle

Film- und Videoton

Im Bereich des Film- und Video-Tones ist die Surround-Technik etabliert und akzeptiert. Die 5.1 Kanäle werden folgendermassen eingesetzt:

- Center für den Dialog,
- LF (Left Front) und RF (Right Front) für den Off-Ton,
- LB Left Back) und RB (Right Back) für die akustische Umgebung.
- LFE (Low Frequency Effect) für akustische Effekte im Tieftonbereich

Dieses im Zusammenhang mit Film und Video erfolgreiche Modell kann für die bildlose Aufnahme und Wiedergabe von Musik nicht direkt übernommen werden:

- Ein Solist lässt sich aber nicht einfach mit dem bildbezogenen Dialog, und ein mitspielendes Orchester mit dem Off-Ton gleichsetzen.
- Bei reinen Orchesterwerken gibt es keine einem Dialog entsprechende prominente akustische Mitte. In der Praxis wird sich bei diesem Model die Frage nach der „Einbettung“ des Center-Kanals stellen.
- Von nur eingeschränktem Nutzen ist der LFE-Kanal, den man im Zusammenhang mit der Aufnahme von konventioneller Musik wohl am besten als „obligaten Effekt-Kanal“ betrachtet.
- Auch in diesem Fall sinnvoll ist die Wiedergabe der akustischen Umgebung mit den Rear-Kanälen.

Musikaufnahmen mit „gleichberechtigten“ Kanälen

Die 5 Kanäle einer diskreten Surround-Technik können im Sinne einer erweiterten Stereophonie als „Abbildungseinheit“ eingesetzt werden. Die Stereo-Abbildungsbasis wird so durch einen Abbildungskreis ersetzt. Das ist nicht unproblematisch, denn die Gesetzmässigkeiten für die simulierte Abbildung mit Hilfe von Intensitäts-, Laufzeit- und Frequenzgangunterschieden gelten nur für die Beschallung eines Zuhörers von vorn. Sie lassen sich nicht auf die back-Kanäle einer Surround-Wiedergabe übertragen. Eine entsprechend simulierte Rund-Um-Beschallung lässt sich nicht so einfach wie die Frontabbildung bei der Stereophonie realisieren. Man muss sich auch fragen, ob eine Rund-um-Abbildung im Zusammenhang mit konventioneller abendländischer Musik sinnvoll ist. Bei der konzertsaalüblichen Situation werden die Zuhörer praktisch immer von vorn beschallt. Musik, die im ganzen Raum stattfindet (Beispiele: Marienvesper von Monteverdi, Missa Salisburgiensis, Requiem von Berlioz, Kompositionen von Xenakis, etc.) sind in der abendländischen Musik eine Ausnahmen.

Musikaufnahmen mit 3 + 2 Kanälen

Eine dreikanalige Aufnahme (Frontkanäle)für die Abbildung des aufzunehmenden Klangkörpers wird mit einer zweikanaligen Aufnahme (Rear-Kanäle) für die Räumlichkeit kombiniert. Es handelt sich hier um etwas, das man mit „Kombination einer dreikanaligen Abbildungsaufnahme mit ergänzendem Raumeindruck“ bezeichnen könnte.

1.4 Mikrofonierungsmöglichkeiten

abbildend Mikrofonierung

Aufgenommen wird mit einer abbildenden Mikrofonanordnung, zum Beispiel mit der stereo-bekannten ORTF-Anordnung, oder den Trennkörper-Anordnungen *Jecklin Scheibe* oder der *KF102-Kugel* von Schoeps. Diese Mikrofonanordnungen erfassen sowohl die klanglichen Eigenheiten, wie auch die Platzierung der Instrumente und den Raumschall.

trennende Mikrofonierung

Den einzelnen Musikschallquellen werden Mikrofone zugeordnet, die nur die jeweiligen klanglichen Eigenheiten, nicht aber die Platzierung der Instrumente aufnehmen. Die Abbildung eines Klangkörpers und die Räumlichkeit einer Aufnahme müssen am Mischpult hergestellt werden.
Diese Polymikrofonie setzt voraus, dass sich die einzelnen Instrumente und Instrumentengruppen akustisch trennen lassen. Das ist bei natürlich klingenden Instrumenten, die sich in der zugehörigen akustischen Umgebung befinden, nicht sauber realisierbar.

vermischend Mikrofonierung

Die Mikrofone werden so aufgestellt, dass einerseits einzelne Instrumente und Instrumentengruppen bevorzugt aufgenommen werden, das Mikrofon-Setup aber andrerseits auch eine sinnvolle Abbildung des Ganzen ergibt. Ein Beispiel für diese Art der Mikrofonierung ist die A/B-Technik.

Haupt-Stütz-Mikrofonierung

In der Praxis findet man selten eine der beschriebenen Mikrofonierung in Reinkultur. Ueblich ist das Arbeiten mit einer Hauptmikrofonanordnung (abbildend oder vermischend) kombiniert mit „trennenden“ Stützmikrofonen.

2. Kriterien für die Beurteilung von Aufnahmen

In Folgenden werden die vom Tonmeister zu beachtenden Eigenheiten und Merkmale von Musikaufnahmen anhand von vier Faktoren beschrieben.
Es handelt sich um die Faktoren

- *Image*,
- *Space*,
- *Einheit von Image und Space*
- *Sound*.

Diese Systematik erleichtert das Erarbeiten einer neuen Aufnahmetechnik, und ermöglich eine klare Beurteilung der Ergebnisse von Versuchen.

Image

Dieser Faktor betrifft den Direktschalleindruck den eine Aufnahme vermittelt, also um den *Stage Sound* oder *Podium Sound*.
Image-bestimmend ist einerseits (als Voraussetzung) die Art der Uebertragungstechnik (Mono, Stereo, Surround), andrerseits die Eigenheiten der jeweiligen Direktschall-Mikrofonierung.

Surround-relevant ist folgendes:

- Der Faktor Image hat die gleiche Bedeutung wie bei Stereoaufnahmen. Die entsprechenden Mikrofonierungsmöglichkeiten sind bekannt und können im Prinzip von der Stereoaufnahmetechnik übernommen werden.

Space

Der Faktor Space betrifft die Wiedergabe einer akustischen Umgebung, also die *Räumlichkeit* einer Aufnahme ohne spezifische Lokalisierung von Einzelschallquellen.
Bei Stereoaufnahmen kann der Faktor Space nur ungenügend realisiert werden. Vermittelt werden kann nur ein *Front Space Eindruck.*
Die fünfkanalige Surround-Technik bietet dank der zusätzlichen Kanäle und der Platzierung der Wiedergabelautsprecher die prinzipielle Möglichkeit, einen Full Space – Eindruck zu vermitteln.

Folgendes ist surround-relevant:

- Der Räumlichkeitseindruck muss als *natürlich* empfunden werden.
- Beim Realisieren dieser zusätzlichen, neuen Möglichkeit kann man nicht auf Erfahrungen aus der Stereozeit zurückgreifen.

Einheit Image - Space

Die Kombination von Image und Space muss eine einheitliche Aufnahme ergeben.

Folgendes ist Surround-relevant:

- Isoliert betrachtet kann sowohl das Image-, wie auch das Space-Signal einer Aufnahme optimal sein.
- Ob sie sich die zwei Signale dann zu einer Einheit vermischen, sich gegenseitig stören oder als getrennt nebeneinander stehend wahrgenommen werden, hängt von der *Kompatibilität von Image- und Space-Signal* ab.

3. Aufnahmetechnik OSIS 321

OSIS: **O**ptimal **S**ound, **I**mage, **S**pace

Vorgaben

- Volle Berücksichtigung des Faktors Sound.
- Getrennte Aufnahme und Wiedergabe von Space und Image.
- Optimale Kombination von Space und Image.

Prioritäten

Im Zentrum der Aufnahmetechnik OSIS 321 steht die neue, zusätzliche Möglichkeit der Faktor Space. Angestrebt wird ein realistisch-natürlicher Räumlichkeitseindruck.

Das Problem der Kombination von Space und Image ist ebenfalls prioritär. Die Berücksichtigung dieses Faktors legt fest, welche Anforderungen das Image-Signal erfüllen muss.

3.1 Space

Space-Signal

Ein Eindruck von realistisch-natürlicher Räumlichkeit lässt sich optimal mit der Kopfhörerwiedergabe einer binauralen Aufnahme vermitteln. Gesucht ist also ein entsprechendes Signal, das sich aber für die Wiedergabe mit Lautsprechern eignen muss.
Die Kopfhörerbeschallungs-Situation lässt sich einigermassen mit zwei seitlich vom Zuhörer aufgestellten Lautsprechern nachbilden. Unter Umständen muss zusätzlich das „Uebersprechen“ zwischen den Kopfseiten mit einem auf der Head Related Transfer Funktion (HRTF) basierenden Korrektursignal auskompensiert werden.

- Ausführliche Versuche haben gezeigt, dass sich entsprechende binaurale Space-Signale eignen sich für die Wiedergabe mit den beiden Rear-Lautsprechern einer üblichen Surround-Wiedergabeanordnung eignen.

Räumlichkeitseindruck und Direktschallproblem

Der Diffus-Schall eines „leeren“ Raumes kann binaural mit zwei diffusfeldentzerrten Schalldruckempfängern in einer entsprechenden Trennkörperanordnung aufgenommen werden. Nun befindet sich aber auch der aufzunehmende Klangkörper im Raum. Die Space-Mikrofonanordnung nimmt also immer auch Direktschallanteile auf. Die Forderung, dass das Space-Signal keine ortbaren Schallquellen enthalten darf, ist also nicht erfüllt. Gegen die Tatsache, dass der Direktschall vom Klangkörper immer deutlich vor den ersten Reflexionen und dem Diffusschall bei den Space-Mikrofonen eintrifft, ist kein Kraut gewachsen.

In der Praxis wirkt sich das folgendermassen aus:

- Die Deutlichkeit der Wahrnehmung von unerwünschten Imageinformationen im Space-Signal hängt kritisch von dessen Relativ-Pegel ab. Der grösste noch tolerierbare Space-Anteil ist aber oft zu klein, um den gewünschten Räumlichkeitseindruck zu realisieren.

Die Lösung:
Aufnahme des hinteren Teilraums mit Nierenmikrofonen

Es muss unbedingt darauf geachtet werden, dass die Raummikrofone keine, oder möglichst geringe Direktschallanteile aufnehmen. Möglich ist das nur mit Nierenmikrofonen die so aufgestellt werden, dass sich das Podium voll im Auslöschbereich befindet. Aufgenommen wird dann nicht der volle Raum, sondern nur der hintere Teil- oder Halb-Raum.
Im Bezug auf den Räumlichkeitseindruck geht man mit dieser Lösung keine Kompromisse ein, denn der vordere Teilraum wird akustisch vom Image dominiert.

Space-Scheibe (siehe 5. Die OSIS-Mikrofonanordnungen)

Ein binaurales Halbraum- Space-Signal lässt sich mit einer Trennkörperanordnung mit zwei Nierenmikrofonen realisieren. Um die Direktschallanteile zu minimieren, müssen die Mikrofone parallel ausgerichtet sein (deshalb die Notwendigkeit eines Trennkörpers), und der Klangkörper muss sich im Bereich der grössten Auslöschung der Nierenmikrofone befinden.
Die Mikrofone müssten die Forderung nach einer Diffusfeldentzerrung des Frequenzgangs erfüllen. Derart entzerrte Nierenmikrofone gibt es aber nicht.
Mikrofonvergleiche haben gezeigt, dass sich Kleinmembrannieren mit seitlicher Einsprache am besten eignen.

Eine Bemerkung zum Faktor Sound:
Bezüglich Klangneutralität sind Druckgradientenempfänger nur zweite Wahl. Zum Glück ist aber die Sensibilität für leichte Verfärbungen des Räumlichkeitssignals viel geringer als beim Klang von Musikinstrumenten.

Korrektur der Head Related Transfer Funktion (HRTF)

Die Praxis hat gezeigt, dass eine Kompensation des Uebersprechens zwischen den Kopfhälften eines Zuhörers ist nicht zwingend ist. Sie würde sich auch nur unter „Laborbedingungen“ sauber realisieren lassen. Das Beimischen eines auf der HRTF-Idee basierenden HRTF-Effektsignals kann aber die Realität des Räumlichkeitsempfindens deutlich verbessern.

3.2 Kombination von Image und Space

In erster Linie muss auf das geachtet werden, was man Kompatibilität von Space- und Image-Signal nennen könnte.
Weiter muss unter allen Umständen der folgende Grundsatz kompromisslos beachtet werden:

- **No Image in Space, no Space in Image**

Nur die volle Beachtung dieses Grundsatzes gibt dem Tonmeister die Freiheit, die Räumlichkeit einer Aufnahme zu gestalten.
Gleichzeitig ist damit auch ein gängiges konsumentenseitiges Problem gelöst:
Man muss davon ausgehen, dass Konsumentenanlagen nie richtig eingepegelt sind, denn mit der Fernsteuerung eines AV-Verstärkers kann der Surroundanteil nach Belieben vom Sofa aus verändert werden. Man kann getrost von der Annahme ausgehen, dass dabei eher ein zu grosser, und nicht ein zu geringer Space-Anteil einstellt wird.
Bei Beachtung des obigen Grundsatzes wirkt sich das nur auf das „Ausmass“ der Räumlichkeit aus. Beim Faktor Image ändert sich aber nichts.

Kompatibilität des Space-Signals

Das Space-Signal stand im Zentrum der Entwicklung der Aufnahmetechnik OSIS 321. Es erfüllt deshalb die Anforderungen bezüglich Kombinierbarkeit mit dem Image-Signal

Kompatibilität des Image-Signals

Bei der Image-Mikrofonierung kann man sich auf Stereoerfahrungen stützen.
Dabei muss aber folgendes unbedingt beachtet werden:

- Das Image-Signal darf keine Raumanteile enthalten, die sich mit dem Space-Signal irgendwie verkoppeln können. Jede „Störung“ des Space-Signals durch zusätzliche Räumlichkeiten zerstört die Realität des binauralen Räumlichkeitseindrucks.

Laufzeitsituation

Die Space-Scheibe muss nicht (wie bei anderen Space-Mikrofonierungen üblich) im hinteren Saaldrittel aufgestellt werden. Es kann (und soll) eine Platzierung nahe beim Klangkörper gewählt werden. Ein Aufnahmezuhörer hat dann nicht den Eindruck, gleichzeitig in der ersten und der dreissigsten Sitzreihe zu sitzen.

- Das Image sollte zeitlich in der Ebene der Space-Scheibe zu platziert werden.

3.3 Image

Verwendung der Frontkanäle

Die oft praktizierte Lösung einer „Doppel-Stereofonie, bei der eine Mitte/Links- und eine Mitte/Rechts-Abbildung realisiert wird, wurde als Möglichkeit nicht in Betracht gezogen.
Grund:

- Der Center-Kanal engt die Abbildungsbasis ein, und die Breite des Klangbildes ist empfindlich abhängig vom Pegelanteil dieses Kanals.

Ebenfalls verworfen wurde eine A/M/B-Mikrofonierung wegen der unerwünschten Verkoppelung der Front- und Back-Kanäle.

Mikrofonanordnung für Left Front und Right Front

Da beim Faktor Sound keine Kompromisse möglich sind, müssen klangbestimmend Schalldruckempfänger eingesetzt werden. Gewählt wurde eine auf der Jecklin-Scheibe basierende Trennkörperanordnung.

Mikrofone für LF und RF

Es müssen diffusfeldentzerrte Schalldruckempfänger verwendet werden.
Bei den Versuchen wurde ausschliesslich der Typ 4006 von DDA mit dem schwarzen Diffusfeldaufsatz verwendet

Centerkanal

Eine genügende Trennung von LF und Center, sowie RF und ist nur möglich, wenn als Center-Mikrofon ein Typ mit enger Richtcharakteristik eingesetzt wird. Verwendet man Kugeln und Nieren, kommt es zu deutlichen Vermischungen.
Versuche mit, Achtermikrofonen und Supernieren brachten bessere Ergebnisse. Die Basisbreite und die Abbildung verändern sich aber immer noch in Abhängigkeit vom Pegelanteil des Center-Kanals. Betroffen war in erster Linie der Frequenzbereich oberhalb von etwa 1500 Hz. Weitere Versuche führten dann mit einer Superniere mit kurzem Interferenzrohr (Short Gun) zum gewünschten Ergebnis.
Der Grund:

- Die Richtcharakteristik einer Short Gun ist massiv frequenzabhängig. Bereits ab 1000 Hz wird der Aufnahmewinkel zunehmend enger und keulenförmiger.

Short Gun-Klangprägung

Eine Short Gun-Klangprägung (Faktor *Sound*) wird folgendermassen vermieden:
Das Mikrofon befindet sich näher bei der Orchestermitte als die beiden Schalldruckempfänger für den LF- und den RF-Kanal. Sein Pegel liegt 10 dB – 15 dB unter dem der Schalldruckempfänger. Die Stabilisierung der Orchestermitte und eine nur die Klangkörpermitte betreffende „kleine“ mitte/links- und mitte/rechts-Stereoabbildung geschieht deshalb nicht über den Pegel, sondern über Laufzeiten.

Center-Mikrofon

Bei den Versuchen wurde das MKH60 von Sennheiser eingesetzt.

Image-Scheibe (siehe 5. Die OSIS-Mikrofonanordnungen)

Als Image-Mikrofonanordnung dient die Image-Scheibe. Das Centermikrofon ist in den Trennkörper integriert.

3.4 Sound

Der Faktor *Sound* betrifft die klanglichen Eigenheiten einer Aufnahme, die von der Auswahl der Mikrofone nach klanglichen Gesichtspunkten vorbestimmt werden.
Der Faktor Sound ist weitgehend unabhängig von der Art der Uebertragungstechnik (Mono, Stereo, Surround).

Im Zusammenhang mit einer Surround-Technik ist der Stellenwert der Faktoren Image, Space und Verkoppelung von Image und Space unbestritten. Die drei Faktoren stehen im Zentrum aller Surround-Papers, und sie werden bei allen Vorschlägen für eine Surround-Aufnahmetechnik entsprechend berücksichtigt. Erstaunlicherweise wird dem Faktor Sound oft nicht die genügende Beachtung geschenkt.

Dabei ist gerade der *Klang* von zentraler musikalischer Bedeutung:
Ein Pianist gibt viel Geld aus, um sich einen grossen Steinway oder Bösendorfer zu kaufen, und ein Geiger verschuldet sich mit dem Kauf seiner Stradivari oder Amati für den Rest seines Lebens. Beide tun das im Hinblick auf ihren Wunsch-Sound.
Beim Anhören einer Musikaufnahme ist der Klang das zuerst auffallende Merkmal. Die klangliche Qualität ist entscheidend dafür, ob man sich eine Aufnahme überhaupt ganz und konzentriert anhört. Und wenn eine Probeaufnahme die Musiker und den Produzenten klanglich nicht überzeugt, wird die Aufnahme mühsam verlaufen.
Kurz gesagt, eine Aufnahme wird sowohl den Musikern, wie auch den Produzenten, Kritikern und Konsumenten in erster Linie via Sound „verkauft“.

Relevant (und nicht nur surround-relevant) ist folgendes

- Beim *Klang* dürfen keine Kompromisse eingegangen werden. Hauptmikrofonanordnungen zum Beispiel, bei denen Supernieren den Klang bestimmen, sind (Qualität der Abbildung hin oder her) in der Praxis unbrauchbar.

4. Demo-CD

dts-Format

Musikbeispiel

Hidalgo: „Fisica“
Orchester der Musikhochschule Zürich-Winterthur

Aufnahmeort

Grosser Saal der Tonhalle Zürich:
Mittelgrosser, konventioneller Rechtecksaal mit flachem Boden, schmalen Seitenbalkonen und in den Saal hineingebautem Rückbalkon. Erbaut 1895
Wände Holz unter den Balkonen, obere Saalhälfte Gips, Decke Gips
Boden Holz, kein Hohlraum

Gilt allgemein als Saal mit guter Akustik, geeignet für Werke der Klassik, aber als zu klein für ganz grosse Orchesterwerke (Zitat Beranek)

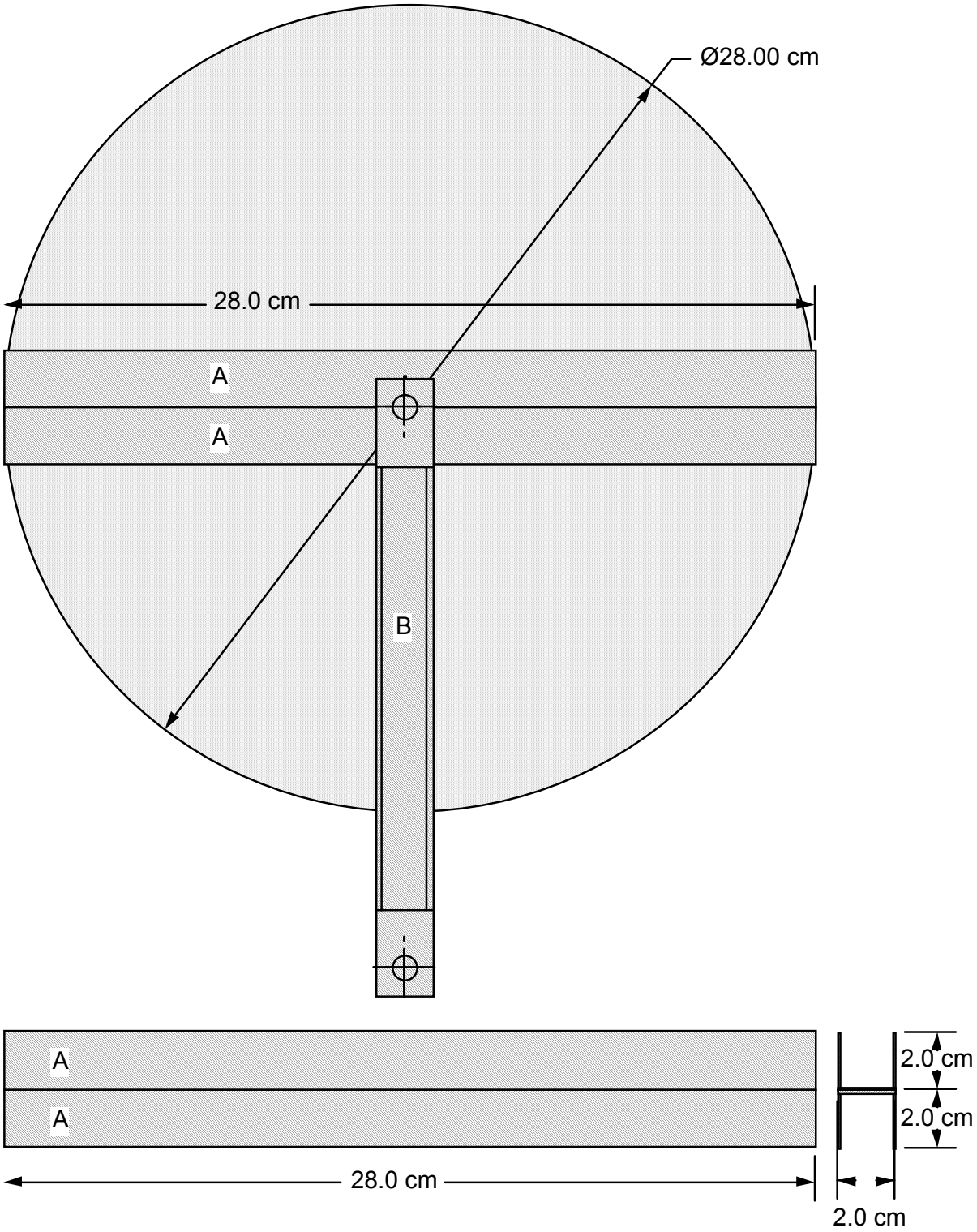
Bemerkungen zu den Beispielen

Mit den Beispielen sollen die Möglichkeiten von OSIS 321 gezeigt werden. Deshalb wurden die Aufnahmen ausschliesslich mit der Image- und der Space-Scheibe, und ohne zusätzliche Stützmikrofone gemacht. Es handelt sich also nicht um eine ultimative Aufnahme.

(1) Image, dreikanalig
(2) Image, zweikanalig mit Phantommitte
(3) Space
(4) HRTF-Effektsignal
(5) Surroundaufnahme, Kombination von (1), (3) und (4)

5. Die OSIS-Mikrofonanordnungen

Space-Scheibe, Blatt 1/2



Space-Scheibe, Blatt 2/2

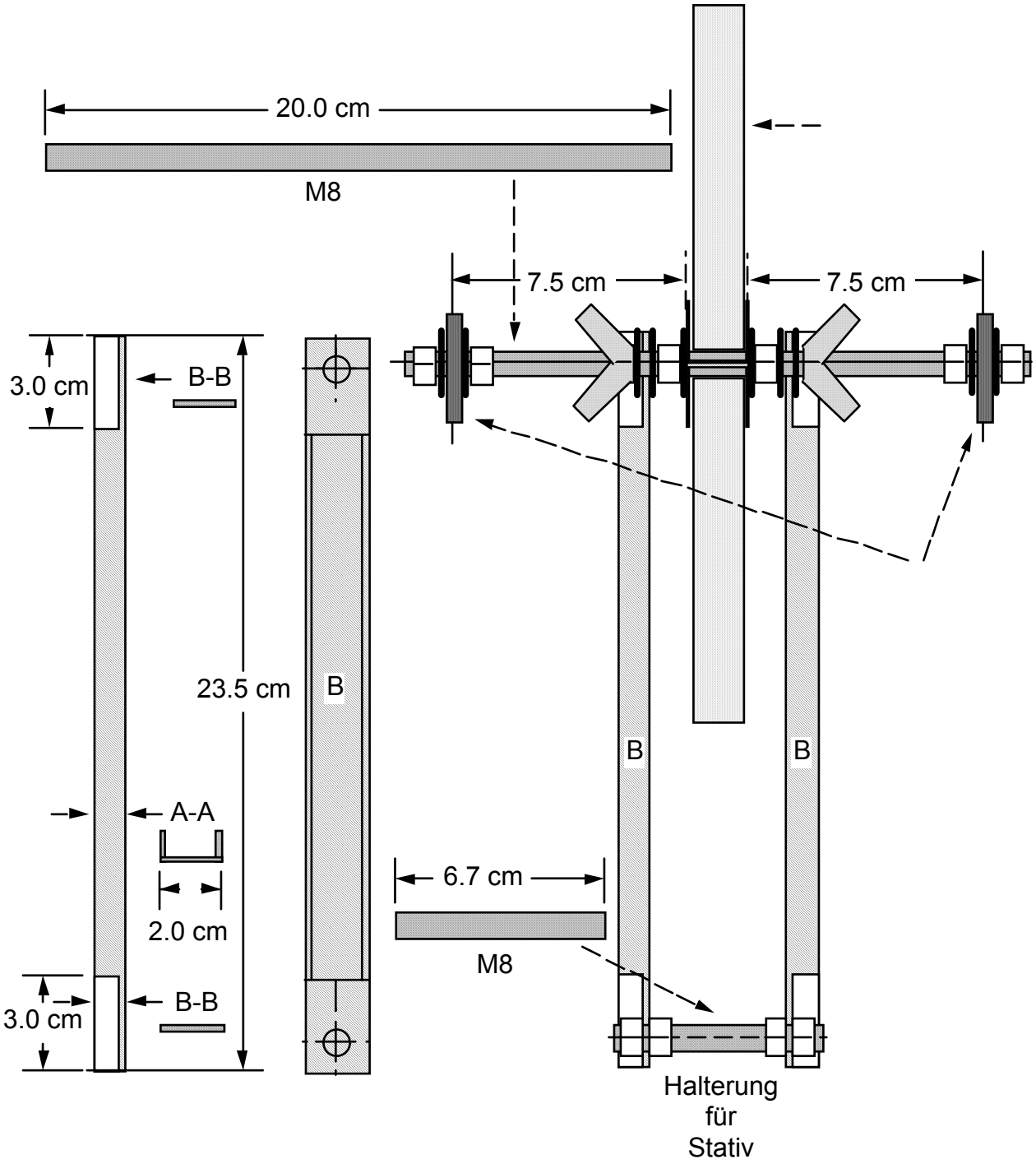


Image-Scheibe, Blatt 1/2

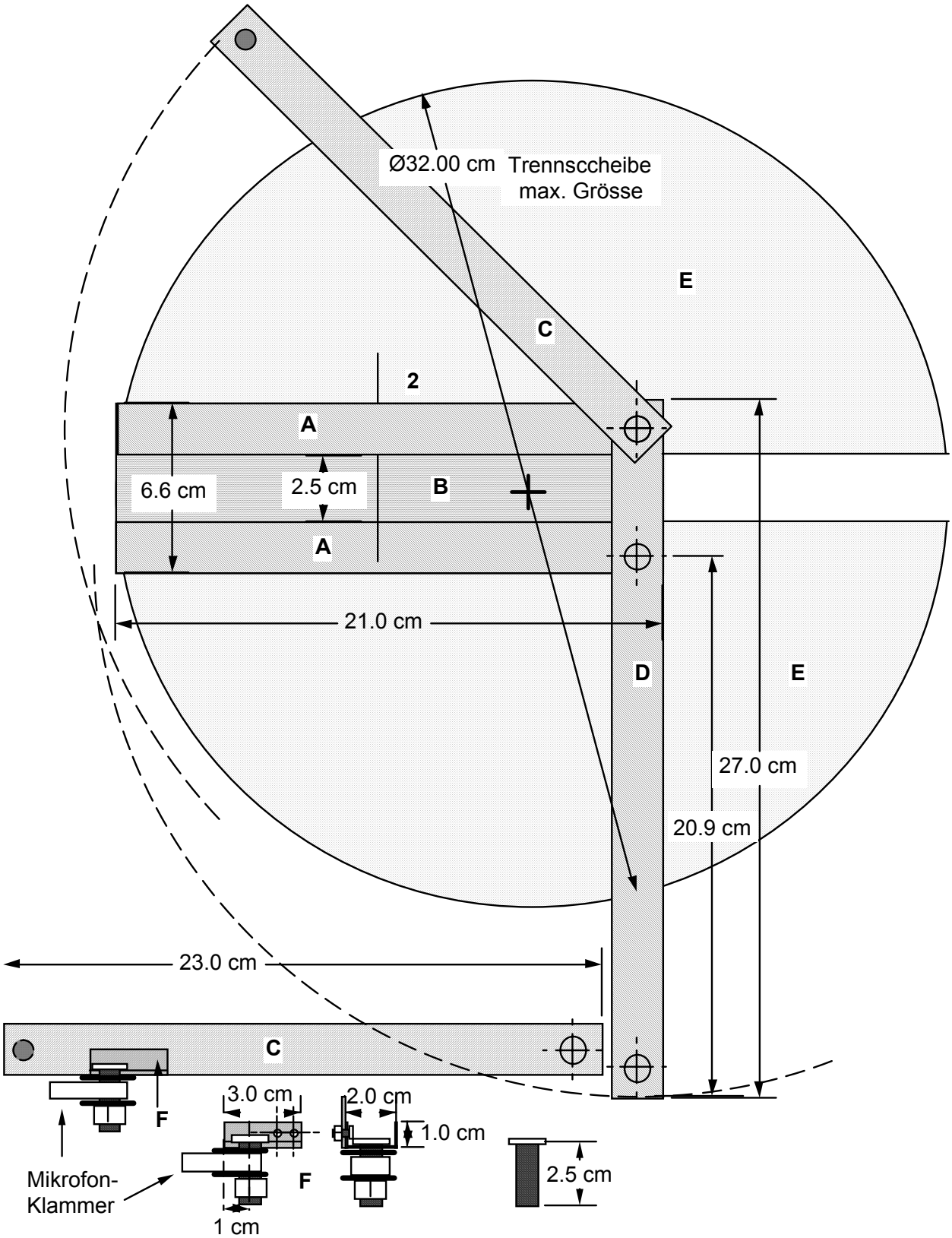
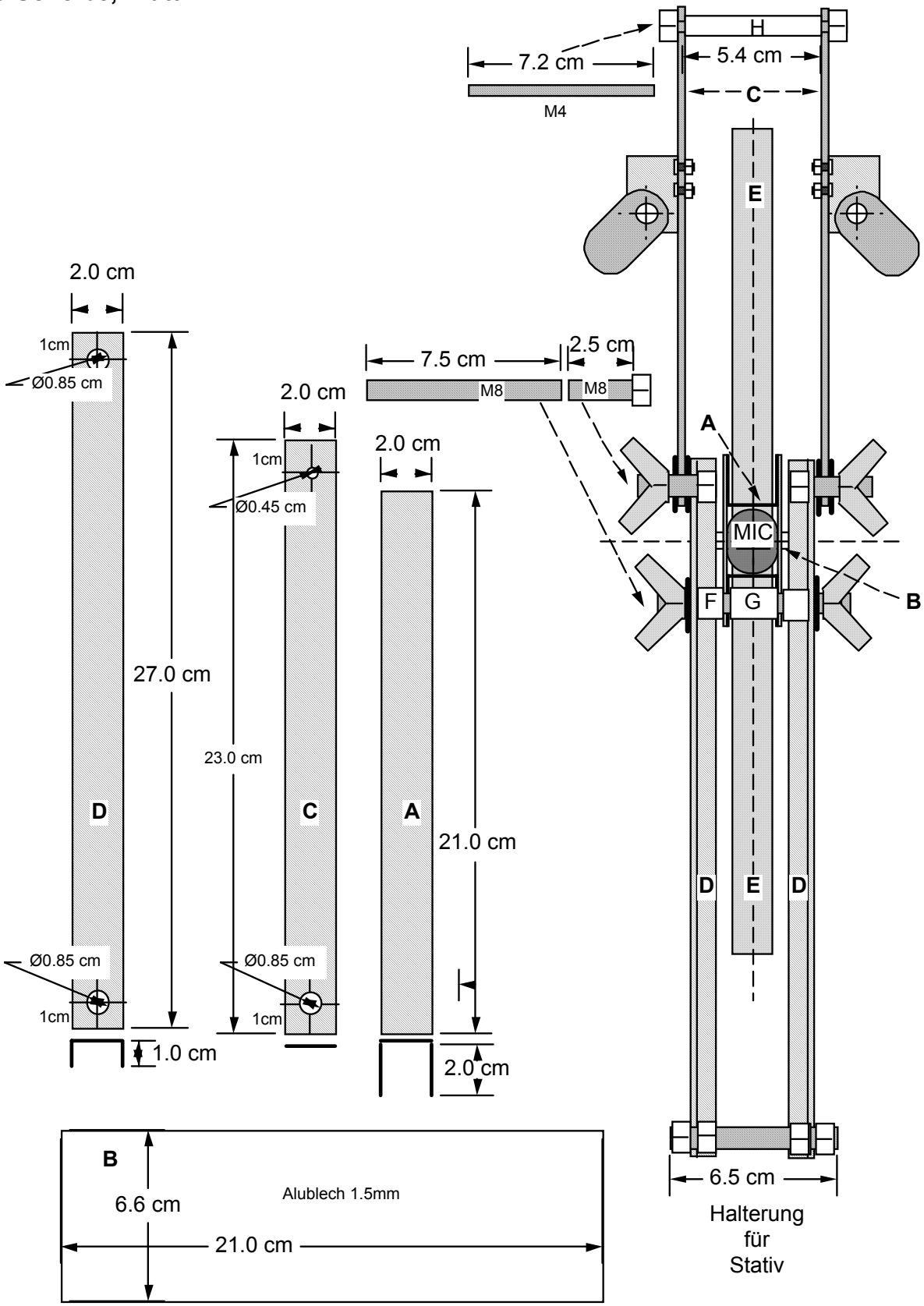



Image-Scheibe, Blatt 2/2