

Saiten in der historischen Aufführungspraxis – Akustische Aspekte

Eberhard Meinel

Zwischen Aufführungspraxis, Spieltechniken und dem konstruktiven Potenzial der Instrumente bestand und besteht stets eine Wechselbeziehung. Einerseits versuchten die Instrumentenbauer den Anforderungen der Musiker und Musikpraxis immer besser gerecht zu werden. Andererseits ermöglichten erst bestimmte konstruktive Neuerungen, erweiterter Tonumfang, veränderter Zeitgeschmack mit stärkerer Bassbetonung, alternative Materialien u. ä. neue Spieltechniken und klangliche Perspektiven. Beispielhaft ist dies anhand der Saiten zu verfolgen, deren Eigenschaften die Entwicklung der Zupf- und Streichinstrumente seit Beginn an maßgeblich mitbestimmt hat. In den nachfolgenden Ausführungen seien deshalb einige Fragen zur Akustik der Saiten, speziell der Darmsaiten, unter dem Gesichtspunkt ihrer historischen Entwicklung und der Erzeugung eines historischen Vorbildern nahekommenden Klangbildes diskutiert.

Geschichtliches

Der Ursprung der ersten Saiteninstrumente verliert sich im Dunkel der Geschichte. Mindestens in der Altsteinzeit (30.000 bis 10.000 v. Chr.) war der Jagdbogen bereits bekannt, möglicherweise schon viel früher. Jagdszenen in rituellen Handlungen finden bei einigen Ethnien bis heute statt. Wahrscheinlich war es dabei das sirrende Geräusch der Bogensehne, das am Anfang der Entwicklung der Saiteninstrumente stand und durch die Kopplung mit einem einfachen Resonanzkörper viel lauter gemacht werden konnte. Mögen zunächst Tiersehnen als Saiten für die ersten primitiven Zupfinstrumente gedient haben, finden sich in den frühen Hochkulturen bereits Rosshaar, Seide, Leder, Naturfasern und Darm als Material.

Die ältesten Nachweise von Saiteninstrumenten stammen aus Mesopotamien. Im 3. Jahrtausend vor Beginn der christlichen Zeitrechnung hatten bereits Harfen und Lyren einen hohen Stand erreicht.

Die ältesten chinesischen Saiteninstrumente wurden offenbar mit Seidensaiten bespannt. Immerhin ist die Seidenherstellung auch seit fast 5000 Jahren bekannt.

Metalldrähte sind seit mindestens 3000 Jahren in Gebrauch. Die durch Hämmern gefertigten Gold-, Silber- und Bronzedrähte dürften sich jedoch auf Grund ihrer geringen Reißfestigkeit und Ungleichmäßigkeit kaum als Saiten geeignet haben. Dafür bedarf es gezogener Drähte. Das Drahtziehen kann auf eine mehr als tausendjährige Tradition zurückblicken, war aber erst im 12. Jahrhundert als Handwerk etabliert. Metallsaiten aus Bronze, Messing oder Eisen finden deshalb seit dieser Zeit verstärkte Verbreitung. Die Herstellung von Stahl, einer Eisen-Kohlenstofflegierung mit einem Kohlenstoffgehalt von unter 2 %, ist bereits für die Zeit vor 3500 Jahren nachgewiesen. Die heute üblichen Saiten aus Federstahl unterscheiden sich jedoch in den elastomechanischen und damit akustischen Eigenschaften ganz erheblich von den frühen Eisensaiten.¹

Das bis in die jüngste Zeit bedeutendste Saitenmaterial ist jedoch der Darm bestimmter Huftiere, vorzugsweise von Schafen und Rindern. Die Geschichte der Saiten ist deshalb nicht zuletzt eine Geschichte der Darmsaiten.

Die Darmverarbeitung zu Saiten erforderte bereits ein hohes technisches Wissen, das erst bei den sesshaften frühen Hochkulturen vorausgesetzt werden kann. Im alten Ägypten und Vorderasien war die Herstellung von Darmsaiten jedenfalls bekannt. So fand man im Grab des ägyptischen Musikers Harmosis – er lebte zur Zeit der Königin Hatschepsut (1520-1484 v. Chr.) – eine noch mit den Original-Darmsaiten bespannte Laute.

Im Mittelalter war Italien in der Herstellung von Darmsaiten führend und hatte eine gewisse Monopolstellung. Rom, Neapel, Padua und Verona galten als die bedeutendsten Zentren. Darmsaitenmacher in Deutschland werden erst Anfang des 17. Jahrhunderts erwähnt.² Um 1720 begann in Markneukirchen die Saitenherstellung und sollte sich schon bald als ernsthafte Konkurrenz zu den italienischen Herstellern entwickeln.

Die Eigenschaften der Darmsaiten sind stark von der Qualität der Därme und ihrer Verarbeitung abhängig. Es kommen schon wegen der erforderlichen Länge praktisch nur Pflanzenfresser in Frage und auch nur solche, die unter bestimmten Bedingungen aufgewachsen sind. Der Darm von in den Bergen der Apenninen unter karglichen Bedingungen lebenden Schafen erwies sich wegen der geringen Fettanteile und größeren Festigkeit als besonders geeignet, was einen Vorteil italienischer Saiten darstellte. Hingegen sind die Därme von

¹ Moderne Musiksaitenstahldrähte sind beispielsweise bei deutlich geringerer Bruchdehnung mehr als doppelt so reißfest, elastischer, härter und rostfrei.

² Jähnel 1986.

Fleischfressern wie etwa von Katzen ungeeignet. Die englische Bezeichnung „Catgut“ ist deshalb irreführend. Einige Autoren vermuten eine Herleitung von „Catline“, einem für die erforderliche Flexibilität auf besondere Weise geflochtenen Ankertau von Schiffen. Eine andere Hypothese besagt, dass italienische Saitenmacher mit dem Hinweis auf Katzendärme Konkurrenten über die wahre Herkunft des Materials irreführen wollten.

Erste umspinnene Saiten lassen sich ab Mitte des 17. Jahrhunderts nachweisen, waren aber zunächst wenig in Gebrauch. Die Technik des Umwickelns von Zierschnüren war seit längerem bekannt und diente vermutlich als Inspiration. Erst einhundert Jahre später fanden umspinnene Darmsaiten eine größere Verbreitung. So erregte der „Teufelsgeiger“ Paganini³ durch sein charismatisches Spiel großes Aufsehen, wozu der große Ton seiner silberumspinnenen g-Saite beigetragen haben mag. Die typische Besaitung für Instrumente in der Renaissance und im Barock waren jedoch blanke Saiten, also ohne Umspinnung, und meist Darmsaiten.

Akustisches

Darmsaiten gelten bis heute für viele Musiker als unersetzlich zur Realisierung eines historisch-orientierten Klangbildes.

In historischen Quellen finden sich allerdings auch Klagen über die unbefriedigende Qualität der Darmsaiten. Probleme hinsichtlich der Reißfestigkeit (Haltbarkeit), Gleichmäßigkeit (Stimmungsreinheit), Nachlängen (Stimmungsstabilität), Steifigkeit und Feuchteempfindlichkeit standen im Vordergrund und veranlassten die Saitenhersteller nach besseren Lösungen zu suchen. Als besonders kritisch erwiesen sich dabei Bass-Saiten wegen zu großer Biegesteifigkeit und hohe Saiten mit Problemen bezüglich der Reißfestigkeit.

In den nachfolgenden Ausführungen sollen die Ursachen etwas näher erläutert und der Frage nachgegangen werden, welche Eigenschaften Saiten haben müssen, um überhaupt die Funktion als schwingende Saite zu erfüllen. Im Übrigen sollten Saiten natürlich passend zu Instrument und Spieltechnik gewählt werden.

Die wesentlichen Verhältnisse lassen sich am einfachsten anhand der sogenannten TAYLOR'schen Saitenformel⁴ erklären, die den Zusammenhang zwischen Tonhöhe, schwingender Saitenlänge, Durchmesser, Saitenzugkraft

³ Niccolò Paganini (1782-1840) war italienischer Geiger, Gitarrist und Komponist und galt als der führende und berühmteste Geigenvirtuose seiner Zeit.

⁴ Nach dem englischen Mathematiker Brook Taylor (1685-1731).

bzw. Saitenspannung und Material beschreibt und hier in verschiedenen Umrechnungsformen dargestellt ist:

$$f = \frac{1}{2L} \sqrt{\frac{F}{m_L}} = \frac{1}{2L} \sqrt{\frac{F}{\rho A}} = \frac{1}{2L} \sqrt{\frac{S}{\rho}}$$

f Frequenz des Grundtones, L Schwingende Saitenlänge, F Saitenzugkraft, m_L Masse pro Längeneinheit, A Saitenquerschnittsfläche, ρ Dichte des Saitenmaterials, S Saitenspannung.

Die Saitenformel stellt eine Vereinfachung des komplexen Saitenschwingungsverhaltens dar, was aber für unsere weiteren Betrachtungen zunächst vernachlässigt werden kann.

Die Frequenzen der Obertöne ergeben sich durch Multiplikation mit einem ganzzahligen Vielfachen der Grundtonfrequenz. Der erste Oberton, respektive der 2. Teilton, hat dann die doppelte Frequenz und entspricht der Oktave. In Abb. 1 sind die Schwingungsformen der ersten vier Teiltöne dargestellt.

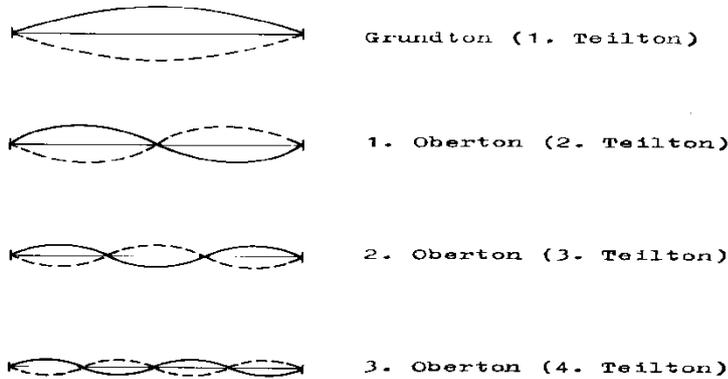


Abb. 1: Eigenschwingungen der idealen Saite.

Beim Anzupfen, Anstreichen oder Anschlagen der Saite werden dann stets eine bestimmte Anzahl der Teiltöne gleichzeitig angeregt, die sich zu einer komplexen Schwingungsform überlagern.

Es lassen sich folgende Aussagen ableiten:

1. Die Frequenz des Grundtones entspricht der gewählten Tonhöhe. Beim Greifen der Saiten lässt sich die Tonhöhe in gewissen Grenzen variieren, in-

dem die schwingende Saitenlänge entsprechend verkürzt wird. Da die Tonhöhe der schwingenden Saitenlänge indirekt proportional ist, bewirkt z.B. eine Halbierung die doppelte Frequenz, was intervallmäßig einer Oktave entspricht.

Um jedoch einen ausreichenden Tonumfang zu erhalten, sind in der Regel mehrere Saiten in abgestufter Grundstimmung erforderlich.

2. Die Tonhöhe ist der Wurzel der Saitenspannung proportional. Für eine Frequenzverdopplung muss die Spannung vervierfacht werden. Allerdings hat der Variationsbereich der Saitenspannung relativ enge Grenzen. Gleiches gilt für die Saitenzugkraft.

3. Es besteht eine Abhängigkeit der Tonhöhe von der Dichte des Saitenmaterials. Die Tonhöhe sinkt bei ansonsten gleichen Bedingungen (Mensur, Saitenspannung), wenn Saitenmaterial mit einer höheren Dichte verwendet wird, z.B. Metall statt Darm. Hingegen ändert sich die Saitenspannung nicht, wenn bei vorgegebener Tonhöhe der Durchmesser der Saite verändert wird. Der Durchmesser und damit die Masse der Saite pro Längeneinheit (Massebelegung) beeinflussen allerdings die Saitenzugkraft.

Hohe Töne ließen sich laut Saitenformel im Prinzip folgendermaßen erreichen:

- kurze Saitenlänge (kleine Mensur)
- Saitenzugkraft bzw. -spannung hoch
- geringe Dichte und/oder kleiner Durchmesser

Für tiefe Töne wären die Forderungen genau umgekehrt:

- große Mensur
- geringe Saitenzugkraft und -spannung
- hohe Dichte und/oder großer Durchmesser

Der Saitenhersteller hat somit einige Möglichkeiten, wie er den Saitenbezug für ein Instrument mit blanken Darmsaiten dimensionieren kann. Wie wir jedoch sehen werden, sind die Grenzen doch relativ eng. In der Praxis ergeben sich nämlich einige z.T. schwerwiegende Einschränkungen.

Die Dichte ist eine Materialkonstante und beträgt für Darmsaiten etwa $1,3 \text{ g/cm}^3$. Sie schwankt nur unwesentlich und bietet demzufolge kaum Möglichkeiten zu Variationen.⁵ Es bleiben deshalb nur Variationen an Saitenlänge (bei

⁵ Eine Alternative bieten Metallsaiten mit einer deutlich höheren Dichte, z.B. Eisen oder Stahl mit $7,8 \text{ g/cm}^3$, die jedoch für die folgenden Ausführungen unberücksichtigt bleiben sollen.

festgelegter Mensur auch nicht veränderbar), Zugkraft und Spannung und damit am Durchmesser bzw. der Masse zur Auswahl.

Für das Verständnis ist es weiterhin wichtig zu wissen, dass zwischen Saitenzugkraft mit der Maßeinheit Kilopond⁶ (kp) und Saitenspannung (Maßeinheit Kilopond pro Quadratmillimeter) unterschieden werden muss. Die Saitenspannung ist der Quotient aus Saitenzugkraft und Saitenquerschnittsfläche, also

$$S = \frac{F}{A}$$

und bei runden Saiten mit dem Durchmesser d :

$$S = \frac{4F}{\pi d^2}$$

Die Saitenspannung ist damit eine Größe, die die Belastung der Saite selbst beschreibt, während die Saitenzugkraft ein Maß für die Belastung der Einspannung (also des Instruments) darstellt. Neben der statischen Belastung des Instrumentes durch den Saitenzug findet dabei beim Spiel auch eine mehr oder weniger kraftvolle Anregung des Korpus statt, was die Lautstärke mitbestimmt.

Die maximale Saitenspannung und damit die maximale Tonhöhe sind jedoch durch die Reißspannung des Saitenmaterials begrenzt. In der Technik wird dafür meist der Begriff „Reiß- oder Zugfestigkeit“ gebraucht.

Erfahrungsgemäß sollte die Saitenspannung wenigstens 20-30 % der Reißfestigkeit betragen. Ansonsten wirkt die Saite zu schlaff. Oberhalb etwa 70-80 % wird der Ton bereits schrill, und die Saite kann schon bei der geringsten Beschädigung reißen, was deshalb zulasten der Haltbarkeit geht. Die maximal mögliche Tonhöhe einer Saite ist also in der Tat durch die Reißfestigkeit begrenzt und damit auch die Stimmhöhe insgesamt.

Als ein Problem erwies sich das, wenn mit mehreren Instrumenten zusammen gespielt wurde wie beispielsweise in einem Streichquartett. Das Einstimmen geschah dann in der Regel so, indem die bekannt reißschwächste Saite, meist vom Cello, gestimmt wurde bis sie noch nicht zu reißen drohte.

⁶ Die gesetzliche Maßeinheit für Kraft ist Newton (N), wobei $1 \text{ N} \approx 0,1 \text{ kp}$ ist. Häufig erfolgen Herstellerangaben für die Saitenzugkraft in kg, was der Einheit der Masse entspricht. Zudem wird die Saitenzugkraft als Spannung (engl. *tension*) bezeichnet. Beides ist physikalisch nicht korrekt.

Die anderen Instrumente mussten sich dann in der Stimmhöhe nach dieser reißschwächsten Saite richten.⁷

Analog zur Saitenspannung ist auch eine Mindestzugkraft zu fordern, da sonst keine ausreichende Schwingungsübertragung von der Saite auf den Korpus stattfindet. Wie groß diese sein muss, hängt von den Eigenschaften des Korpus ab, z.B. von der Deckenstärke. Es muss deshalb eine Balance zwischen Saite und Korpus angestrebt werden, um unter Beachtung der Statik auch gute Klangergebnisse zu erreichen und vor allem eine ausreichende Lautstärke. Zu dünne Saiten können den Korpus nicht genügend anregen. Andererseits hält eine dünne Decke eine Besaitung mit großen Saitenstärken und demzufolge hohem Saitenzug nicht ausreichend stand und wird deformiert.

Ein Beispiel

Die Problematik der Saitenspannung S bzw. der Reißfestigkeit S_R soll anhand eines praktischen Besaitungsbeispiels verdeutlicht werden. Die in der nachfolgenden Tabelle aufgeführten Berechnungen für eine Laute mit einer angenommenen Mensur von 63 cm basieren auf Durchmesserangaben von Mersenne.⁸ Die Durchmesser d sind auf annähernd gleiche Zugkräfte F ausgelegt, wie das heute bei den meisten handelsüblichen Saitenbezügen angestrebt wird. Für die Spielpraxis können natürlich auch abweichende Saitenstärken angenommen werden. Das war früher sicher öfters der Fall, was hier aber ohne Belang ist.

⁷ Überlieferte Untersuchungsergebnisse besagen, dass Anfang des 17. Jahrhunderts die Stimmtonhöhe um etwa eine Quinte (!) in Europa streute. Die Schwierigkeit, genügend reißfeste Saiten herzustellen, mag dabei neben anderen Ursachen ebenfalls eine Rolle gespielt haben. Erst 1834 wurde auf dem Stuttgarter Kongress mit $a^1 = 440$ Hz eine Normierung der Stimmhöhe versucht. Da dies ohne einheitliche Resonanz blieb, bestimmte die LISSAJOUS-HALEVY-Kommission 1859 435 Hz für das a^1 bei 18°C. Ausgangspunkt für diese Festlegung waren Messungen an Stimmgabeln, die der Kommission von den wichtigsten Städten Europas zugesandt wurden. Verwunderlich ist die Festlegung, offenbar aus Rücksicht auf die Sänger, insofern, als der Mittelwert der Stimmgabeln schon damals bei 445 Hz lag. Spätere Normierungsbestrebungen des Kammertones ergaben gewöhnlich eine Einigung auf $a^1 = 440$ Hz oder wie 1885 auf dem Internationalen Kongress in Wien auf $a^1 = 435$ Hz. Unterschiede in den Orchesterstimmungen finden wir jedoch bis heute, meist liegen sie zwischen 440 und 445 Hz. Für die historische Aufführungspraxis wird häufig 415 Hz verwendet, was allerdings nicht unbedingt als authentisch angesehen werden kann. (Vgl. Meinel 1982)

⁸ Marin Mersenne (1588-1648) war französischer Theologe, Mathematiker und Musiktheoretiker.

Stimmhöhe a¹ = 435 Hz					
Ton	d in mm	F in kp	S in kp/mm²	S/S_R in %	
				S_R 30 kp/mm²	S_R 50 kp/mm²
A	1,40	3,9	2,5	8 (!)	5 (!)
d	1,00	3,5	4,4	15 (!)	9 (!)
g	0,76	3,6	7,9	26	16 (!)
b	0,60	3,2	11,2	37	22
e¹	0,46	3,7	22,3	74	45
a¹	0,35	3,8	39,8	133 (!)	80
Stimmhöhe a¹ = 420 Hz					
A	1,40	3,6	2,3	7,7 (!)	4,6 (!)
a¹	0,35	3,5	36,4	121 (!)	73

Wie man erkennen kann, erweisen sich insbesondere die hohen und tiefen Saiten als problematisch, wenn man eine Arbeitsspannung von 20-80% der Reißfestigkeit anstrebt. Daran ändert auch eine tiefere Stimmung nicht wirklich viel. Die Saiten sind entweder zu schlaff oder reißen schon beim Einstimmen. Abgesehen davon, dass sich Bass-Saiten ohnehin nicht mit der gleichen Reißfestigkeit fertigen lassen wie die hohen Saiten, dürften die heute möglichen Maximalwerte um ca. 50 kp/mm² vor dem 19. Jahrhundert kaum erreicht worden sein.

Einzigster Ausweg sind unterschiedliche Saitenlängen innerhalb eines Bezuges. Nun wird klar, weshalb manche historischen Instrumente wie beispielsweise Chitarrone und Theorben extrem lange Bass-Saiten von bis zu 120 cm haben.

Zum Problem blanker Bass-Saiten

Aus der Saitenformel geht nicht hervor, welche sonstigen Eigenschaften eine Saite haben sollte, um gut zu klingen. Eine nicht unwesentliche Vereinfachung ist die Vernachlässigung der Eigensteifigkeit, die mit zunehmendem Durchmesser erheblichen Einfluss nehmen kann.

Nach den bisherigen Ausführungen könnte für tiefe Töne die Saitenlänge entsprechend vergrößert werden, was bei gleichen Saitenlängen innerhalb eines Bezuges ja nicht möglich ist. Eine geringe Zugkraft macht keinen Sinn, da für eine ausreichende Lautstärke eine Mindestzugkraft erforderlich ist. Die

Dichte ist konstant. Deshalb muss die nötige Masse durch dickere Saiten erzeugt werden, die allerdings zwangsläufig weniger flexibel sind als dünne Saiten.

Aufgrund der geringeren Flexibilität dicker Saiten bilden sich Obertöne schlechter aus oder fehlen ganz, da die engen Biegungen der Saite beim Schwingen nicht mehr möglich sind (vgl. Abb. 1). Außerdem kommt es zu Mensurverschiebungen, indem die Saite eine Verkürzung der schwingenden Länge aufweist (vgl. Abb. 2). Grundton und Obertöne liegen in jedem Falle nicht mehr harmonisch, also in einem ganzzahligen Verhältnis 1 : 2 : 3 usw. zum Grundton. Es kommt zu einer Spreizung der Obertonintervalle, die mit steigender Ordnungszahl zunimmt. Die hohen Obertöne sind also stärker gespreizt. Inharmonizität sowie das Fehlen hoher Obertöne beeinflussen den Klang negativ. Ihm fehlt Klarheit und Brillanz. Die Modulationsfähigkeit, d.h. die Formbarkeit des Klanges, verschlechtert sich ebenfalls.

Wichtig für den Steifigkeitseinfluss ist jedoch nicht der absolute Durchmesserwert, sondern das Verhältnis von Durchmesser zur Gesamtlänge der schwingenden Saite bzw. des Saitenabschnitts. Eine Saitenstärke von 1 mm ist bei 1 m schwingender Saitenlänge noch nicht sehr kritisch, schon eher bei 30 cm. Dies erklärt, weshalb bei den Bass-Saiten die oberen Lagen besonders problematisch sind.

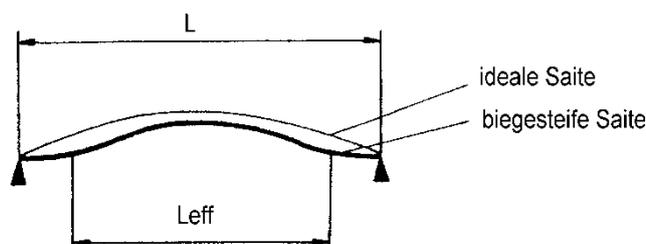


Abb. 2: Mensurverkürzung biegesteifer Saiten im Vergleich zu idealen Saiten (Grundton bei fester Randeinspannung). L : freischwingende Saitenlänge, L_{eff} : wirksame Länge der biegesteifen Saite.

Infolge der mehr oder weniger deutlich ausgeprägten Unterschiede in der tatsächlichen Schwingungslänge dicker und dünner Saiten ergeben sich natürlich auch Konsequenzen für die Mensurierung von Instrumenten mit festen Bündeln. Bei bundlosen Instrumenten lassen sich diese Probleme, wenn auch mit Mühe, noch beherrschen. Zumindest können im Prinzip die erforderlichen Korrekturen durch verändertes Greifen vorgenommen werden. Die Darmbünde von Lauten lassen sich verschieben und können somit auch weit-

gehend angepasst werden. Klagen von Musikern über schlecht stimmende Bundinstrumente finden sich jedoch bereits in frühen Quellen, und eigentlich sind sie bis heute nicht verstummt. Entsprechend lassen sich auch Bemühungen von Instrumentenbauern für besser stimmende Instrumente nachweisen. So ist bereits aus dem Ende des 18. Jahrhunderts eine Gitarre mit verschiebbaren Messingbünden bekannt. Eine verstärkte Erfindertätigkeit mit Vorschlägen und Patentanmeldungen für eine Mensurkompensation finden wir jedoch erst ab Mitte des 19. Jahrhunderts.

Stimmungsreinheit

Dass die Steifigkeit eine Inharmonizität zur Folge hat, wurde schon als Spreizung der Obertonintervalle erwähnt. Ein viel größeres Problem entsteht jedoch durch Ungleichmäßigkeiten im Durchmesserlauf oder auch Dichteunterschieden in der Saite. Die Obertöne weichen dann frequenzmäßig mehr oder weniger unregelmäßig vom ganzzahligen Verhältnis ab. Wir sprechen von stimmungs- oder quintenunreinen Saiten, was sich bei Instrumenten mit festen Bündeln natürlich besonders negativ auswirkt.

Einen exakten zylindrischen Verlauf und damit hohe Gleichmäßigkeit garantiert eigentlich erst in jüngster Zeit die sogenannte Centreless-Schleiftechnik. Saiten wurden früher von Hand, meist mit einem Bimsstein, abgerieben, bis eine einigermaßen akzeptable Zylinderform entstand. Absolut stimmungs- oder quintenreine Saiten waren deshalb wohl eher die Ausnahme. Bestenfalls mussten die stimmungsreinen Teile aus einem längeren Saitenstrang herausgeschnitten werden. Der Rest konnte nur für preisgünstigere, aber qualitativ minderwertige Saiten Verwendung finden, für andere Zwecke eingesetzt werden oder war einfach Abfall.

Beim Abreiben war natürlich auch darauf zu achten, dass die einzelnen Darmstreifen möglichst gleichmäßig erfasst wurden, was ansonsten zulasten der Reißfestigkeit ging. Der Saitenmacher musste deshalb schon bei der Auswahl der Darmstreifen die angestrebte Saitenstärke im Blick haben, um möglichst wenig abreiben zu müssen.

Fortschritte in der Saitenherstellung

Obwohl noch vereinzelt Originalbesetzungen historischer Instrumente vorgefunden worden sind, lassen sich die für die Spielpraxis relevanten Eigenschaften nur schwerlich rekonstruieren. Grund ist in erster Linie die Alterung, die die elastomechanischen Eigenschaften stark verändert hat.

In der Herstellung der Darmsaiten hat sich im Laufe der Jahrhunderte zwar einiges verbessert, jedoch nicht soviel Grundsätzliches, wie man annehmen könnte. Nach wie vor müssen die Därme chemisch und mechanisch gereinigt und aufbereitet werden. Abschabungen und alkalische Bäder dienen dem Entfernen aller nicht-collagenen Gewebeschichten.

Ein wesentlicher Fortschritt war sicher das in Markneukirchen um 1785 entwickelte Spalten der Därme. Dadurch konnten die qualitativ besseren und festeren außen liegende Teile des Darms separiert werden, was der Festigkeit der dünnen hohen Saiten zugute kam.

Eine nicht unerhebliche Rolle für die spätere Qualität spielt auch die Art der Konservierung während des Transportes. Während die italienischen Saitenmacher besonders geeignetes Rohmaterial gewissermaßen vor der Haustür hatten und praktisch keine Konservierungsmittel brauchten, mussten die deutschen Hersteller lange Transportwege, z.B. aus den Steppen Russlands, in Kauf nehmen. Dazu konnten die Därme gesalzen werden. Aus Gewichtsgründen wurde jedoch meist eine Trocknung bevorzugt. Beides ist der Qualität nicht zuträglich.

Neben dem Spalten der Därme konnten auch Verbesserungen in der Technik des Verdrillens erreicht werden, vor allem bezüglich der Reißfestigkeit und Elastizität. Saiten lassen sich am besten durch Zusammendrehen einer bestimmten Anzahl von dünnen Därmen oder Darmbändern zu einem dickeren Strang herstellen. In besonderem Maße war das natürlich für die massereichen dicken Bass-Saiten erforderlich. Außerdem wurde durch das Verdrillen die Flexibilität verbessert. Das „Wie“ ist dabei entscheidend, wobei das bei diesem Prozess erforderliche abwechselnde Nachspannen, Trocknen und Verdrillen große handwerkliche Kunst voraussetzte.

Eine weitere Verringerung der Steifigkeit bietet die so genannte Catline-Technik (vgl. Abb. 3a), auf die schon hingewiesen wurde. Hierbei handelt es sich um eine besondere Flechttechnik mit mehreren dünnen Saiten, wengleich man hier nicht von einer Flechttechnik im heutigen Sinne sprechen kann. Moderne Seilflechttechniken haben erst im letzten Jahrhundert für Stahlsaitenkerne Bedeutung erlangt.

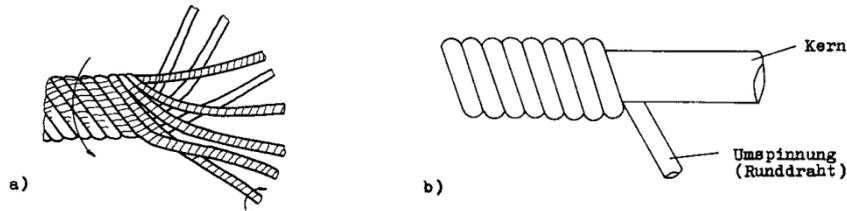


Abb. 3: a) Catline, b) umspinnene Saite.

Verdrillte oder verseilte Saiten besitzen zwar bei den erforderlichen Zugkräften eine viel größere Flexibilität, die kritische Saitenspannung wird damit aber nicht verändert. Dieses Problem wird erst durch das Umspinnen eines dünnen Kerns mit einem massereichen Metalldraht gelöst (vgl. Abb. 3b), wenn sehr viel Masse erforderlich ist, sogar mehrlagig. Der Kern kann vergleichsweise dünn gehalten werden und ist damit sehr flexibel. Die notwendige Masse liefert die Umspinnung, ohne dass die Steifigkeit dabei nennenswert ansteigt. Verwendung fanden insbesondere Drähte aus Silber und Kupferlegierungen.

Der gesamte Saitenzug wird vom Kern getragen, der dadurch eine hohe Spannung erhält. So kann der Saitenmacher durch geschickte Wahl der Durchmesser von Kern und Umspinnendraht sowie auch des Uspinnungsmaterials (Dichte) in relativ weiten Grenzen die Saitenspannung festlegen. Der Ton wird lauter, offener und brillanter.

Dass nicht alle Saiten umspinnen werden, hat seine Ursache in den bestehenden Grenzen des Materials. Für Diskantsaiten wären mitunter sehr dünne Umspinnungsdrähte erforderlich, was die Haltbarkeit zu sehr begrenzt. Klanglich wäre es jedoch von Vorteil, da die Verwendung von umspinnenen und blanken Saiten in einem Bezug klangliche Übergangsprobleme mit sich bringt.

Als Alternative zur Umspinnung gibt es weitere Möglichkeiten zum Beschweren von Bass-Saiten, wobei der Durchmesser klein gehalten werden kann:

- Einflechten von Metalldrähten zwischen die Darmstreifen
- Imprägnieren von Darm mit Metallsalz-Lösungen oder Kupferpulver

Diese Möglichkeiten fanden jedoch wenig Verbreitung. Je nach Verfahren werden die Saiteneigenschaften mehr oder weniger beeinflusst. Probleme können insbesondere bezüglich der Haltbarkeit auftreten.

Moderne Alternativen

Ein weiterer prinzipieller Nachteil von Darmsaiten ist neben Problemen der Reißfestigkeit und Stimmungsreinheit ihre große Hygroskopie. Bei Feuchtigkeitsaufnahme verschlechtern sich die akustischen Eigenschaften merklich, leider auch der Klang und die Stimmungsstabilität. Metallsaiten sind da praktisch unempfindlich, klingen aber anders als Darm. Mit diversen Oberflächenbehandlungen lässt sich eine Besserung erreichen, wie etwa durch Ölen oder Lackieren.

Die chemische Industrie bietet mittlerweile eine Reihe von Kunststoffen in Form von Drähten (Monofilen) oder Fasern (Multifilen), die als Alternative für Darmsaiten mehr oder weniger gut geeignet sind und vielfach Verwendung finden. Sie sind deutlich weniger feuchtigkeitsempfindlich, reißfest und kommen auch klanglich den Darmsaiten relativ nahe. Jedenfalls stellen sie klanglich eine bessere Lösung dar als Metallsaiten, müssen aber nach der Aufspannung noch relativ oft nachgestimmt werden. Typisches Material sind spezielle Polyamide (PA), vor allem PA 6.6 (Handelsname Nylon) und PA 6.12 (Handelsname Tynex). Als weitere Alternativen gelten Polyvinylidenfluorid (PVDF, Carbon) und Nylgut, über dessen chemische Struktur sich der Hersteller bedeckt hält. Konzertgitarren werden heute fast ausschließlich mit Polyamid- oder Carbonsaiten gespielt.

Im Hinblick auf klangliche Darmähnlichkeit schneidet Nylgut mit am besten ab. Dafür spricht nicht zuletzt eine Dichte von ca. $1,4 \text{ g/cm}^3$, die relativ nahe am Darm ($1,3 \text{ g/cm}^3$) liegt. Nylon ($1,14 \text{ g/cm}^3$) sowie Tynex ($1,06 \text{ g/cm}^3$) sind etwas zu leicht und Carbonsaiten ($1,8 \text{ g/cm}^3$) eher zu schwer, was sich in entsprechenden Durchmesserabweichungen nach oben und unten bei gleicher Zugkraft und Tonhöhe bemerkbar macht. Man darf gespannt sein, welche Fortschritte die rasante Entwicklung auf dem Kunststoffsektor für Saitenanwendungen künftig noch bereithält. Saiten mit den Vorteilen der Darmsaiten ohne deren angesprochene Nachteile werden aber wohl noch einige Zeit auf sich warten lassen.

Fazit

Rohmaterial, Konservierung, Herstellungsverfahren und chemische Behandlung haben, wie aus den bisherigen Ausführungen hervorgeht, großen Einfluss auf die Qualität der Darmsaiten. So überrascht es nicht, dass die Qualitätsunterschiede verschiedener Hersteller und Regionen enorm waren. Das trifft

gleichermaßen auf die Instrumente mit ihren vielen Bauformen selbst zu. Neben großen Schwankungen in der Stimmhöhe verzeichnen wir auch eine gewisse Vielfalt in der Besaitung der Instrumente, also den Stimmungen der einzelnen Saiten. Es hat weder eine einheitliche Stimmung noch einen annähernd gleichen Kammerton gegeben. Die heute gerne verwendete 415 Hz-Stimmung kann eigentlich auch nur als eine von vielen Kompromissen gelten. Ob es deshalb „den“ typischen und damit authentischen Klang einer bestimmten Epoche überhaupt gegeben hat, wird wohl stets ein Diskussionspunkt bleiben. „Historisch-orientiert“ trifft den Sachverhalt jedenfalls besser als „authentisch“, wenn es um die Aufführungspraxis geht.

Es erübrigt sich damit anscheinend die Frage, welche besonderen Eigenschaften historische Darmsaiten im Vergleich zu modernen haben sollen. Für Renaissance- und Barockinstrumente sind natürlich blanke Darmsaiten gewissermaßen ein Muss, für die klassische Periode dann auch umspinnene. Ansonsten bestehen nach Auffassung des Autors einige Freiheiten. Eine allgemein gültige Antwort gibt es nicht. Die heute übliche gute Stimmungsreinheit, Haltbarkeit und möglichst auch geringe Feuchtigkeitsempfindlichkeit stellen kein Hindernis für eine historisch-orientierte Aufführung dar. Darauf wird auch niemand mehr verzichten wollen. Moderne Kunststoffsaiten kommen klanglich den Darmsaiten teilweise schon recht nahe, bleiben aber ein diskutabler Kompromiss. Es sei jedoch daran erinnert, dass die primäre Tonbildung zwischen Spieler und Saite erfolgt. Das Instrument wirkt als Filter und Verstärker für die Saitenschwingungen, da die Saite selbst nur wenig Schall abstrahlen in der Lage ist. Dem Spieler obliegt es dann, den Klang nach seinen Vorstellungen zu formen. Das wird immer auch eine Frage des persönlichen Geschmacks sein. Aus zahlreichen Instrumententests ist zudem bekannt, dass die meisten Hörer im Gegensatz zum Spieler klangliche Nuancen, wie sie beispielsweise bei Darmsaiten unterschiedlicher Hersteller oder Saitenstärken entstehen, kaum signifikant zuordnen können.

Der Handel stellt mittlerweile ein breites Angebot an Saiten für historische Instrumente zur Auswahl. Zur historisch-orientierten Aufführungspraxis gehört mehr als eine möglichst authentische Besaitung, aber sie ist ein wichtiger Teil.

Literatur

Abbot, Djilda/Segerman, Ephraim (1974): Strings in the 16th and 17th Centuries. In: The Galpin Society Journal 27 (1974), S. 48-73

- Abbot, Djilda/Seegerman, Ephraim (1976): Gut Strings. In: *Early Music* 10 (1976), S. 430-437
- Jahnel, Franz (1986): *Die Gitarre und ihr Bau*. 5. Aufl., Frankfurt/M. 1986
- Kürschner, Bernd (1991): Darmsaiten – früher und heute. In: Thom, Eitelfriedrich [Hg.] *Saiten und ihre Herstellung in Vergangenheit und Gegenwart. Bericht über das 9. Symposium zu Fragen des Musikinstrumentenbaus*. Michaelstein/Blankenburg 1991, S. 124 -131
- Liersch, Peter (1982): Zu Fragen der Herstellung historisch authentischen Saitenmaterials aus Darm. In: Thom, Eitelfriedrich [Hg.]: *Beiheft zu den Studien zur Aufführungspraxis und Interpretation von Instrumentalmusik des 18. Jahrhunderts. Bericht über das 3. Symposium zu Fragen der Streichinstrumente, Saiten und Stimmungen*. Michaelstein/Blankenburg 1982, S. 32-40
- Meinel, Eberhard (1982): Zum Problem der Stimmton-Normierung. In: *Musik und Gesellschaft* 32/4 (1982), S. 225-229
- Meinel, Eberhard (1987): Historisch getreue Aufführungsbedingungen – eine Utopie? In: *musik international, Instrumentenbau-Zeitschrift* 41/5 (1987), S. 348-354
- Meinel, Eberhard (1991): Betrachtungen zur Klangerzeugung historischer und moderner Saiten. In: Thom, Eitelfriedrich [Hg.]: *Saiten und ihre Herstellung in Vergangenheit und Gegenwart. Bericht über das 9. Symposium zu Fragen des Musikinstrumentenbaus*. Michaelstein/Blankenburg 1991, S. 7-15

Abbildungsnachweis bzw. Bildquellenverzeichnis

- Meinel, Eberhard (1993 und 2012): *Lehrbrief Musikalische Akustik. Teil II. Akustik der Zupf und Streichinstrumente*. Internes Lehrmaterial am Studiengang Musikinstrumentenbau der Westsächsischen Hochschule Zwickau

