

# VOKALTRAKTMODELLE IM 18. JAHRHUNDERT: KEMPELEN VS. KRATZENSTEIN

*Fabian Brackhane*

*Institut für Deutsche Sprache, Mannheim  
brackhane@ids-mannheim.de*

**Kurzfassung:** Das 18. Jahrhundert war wissenschaftlich von großen Umbrüchen geprägt, auch im Bereich der Anatomie und Physiologie des Menschen. Die hieraus erwachsende lebhafte Diskussion erstreckte sich auch auf das noch sehr junge Gebiet der (mechanischen) Sprachsynthese und ihrer Grundlagen. Das Sprachsynthesekonzept WOLFGANG VON KEMPELENS (1734–1804) ist hierbei ein besonders eindrückliches Beispiel dafür, dass eine grundlegende wissenschaftliche Erkenntnis womöglich durch technologische Limitationen nicht notwendigerweise auch praktisch umgesetzt werden kann. Grundsätzlich waren KEMPELENS Erkenntnisse zur Anatomie und Physiologie des Menschen und damit auch zur Spracherzeugung weitestgehend zutreffend. Die praktische Umsetzung hingegen wirkt aus heutiger Sicht recht kurios. KEMPELENS Vokaltrakt-Konzept soll exemplarisch dem nur wenig früher entstandenen Prototypen zur Sprachsynthese CHRISTIAN GOTTLIEB KRATZENSTEINS (1723–1795) gegenübergestellt werden. Dessen „Erkenntnisse“ müssen heute vielfach als falsch bezeichnet werden; sein Modell zur Vokalsynthese weist einerseits auffällige Parallelen zu demjenigen KEMPELENS auf, geht hinsichtlich der Physiologie jedoch von vielfach irrigen Annahmen aus.

## 1 Einleitung

Das 18. Jahrhundert war in vielerlei Hinsicht ein Zeitalter großer Umbrüche. Dies gilt auch für den Bereich der Anatomie und Physiologie des Menschen. Während zu dieser Zeit einerseits viele auch heute noch gültige Erkenntnisse gewonnen wurden, erfreuten sich doch gleichzeitig auch noch zahlreiche althergebrachte, heute mehr oder weniger abwegig erscheinende Theorien großer Resonanz. Die aus diesem Widerstreit erwachsende lebhafte Diskussion umfasste auch das gerade erst entstehende Gebiet der (mechanischen) Sprachsynthese mit ihren theoretischen Grundlagen. Die damaligen Entwicklungen auf diesem Gebiet dokumentieren zudem neben den enormen Fortschritten auch die Limitationen, die damaligen Forschern durch die beschränkten technologischen Möglichkeiten auferlegt waren.

Das auch heute noch – zumindest in seinen Grundzügen – recht bekannte Sprachsynthesekonzept des austro-ungarischen Universalgelehrten WOLFGANG VON KEMPELEN (1734–1804) ist ein besonders eindrückliches Beispiel dafür, wie grundlegende wissenschaftliche Erkenntnis und ihre praktische Umsetzung in „alltagstaugliche“ Technologie miteinander im Widerstreit liegen können: Zentrale Defizite seiner *Sprachmaschine* sind schlicht der Tatsache geschuldet, dass mit den damaligen technischen Möglichkeiten keine bessere Lösung möglich war. Exemplarisch soll KEMPELENS Vokaltrakt-Konzept einem weiteren, wenig früher entstandenen Prototypen zur Sprachsynthese gegenübergestellt werden, der ebenfalls einigermaßen bekannten *Vokalorgel* CHRISTIAN GOTTLIEB KRATZENSTEINS (1723–1795).

Beide, KEMPELEN und KRATZENSTEIN, entwickelten ihre mechanische Vokaltraktmodelle über einen längeren Zeitraum hinweg und mit dem Anspruch einer praxistauglichen Verwendbarkeit. Beide publizierten Abhandlungen über ihre Konstruktionen und die zugrundeliegenden Theorien. In Umfang, Methodik und „Detailschärfe“ sind diese Offenlegungen jedoch höchst unterschiedlich. Vollends konträr schließlich sind die jeweiligen theoretischen Grundlagen. Wiederum beiden gemeinsam ist, dass das Kernstück ihrer Modelle aus dem Orgelbau entlehnten *Lingual-* oder *Zungenpfeifen* bestand. Der Begriff *Vokaltrakt* ist hierbei als weit gefasst zu verstehen und umfasst den gesamten Bereich zwischen Glottis und Lippen resp. Nase.

## 2 Wolfgang von Kempelen

### 2.1 Einleitung

WOLFGANG VON KEMPELEN trat als jüngstes Kind eines k. k. österreichisch-ungarischen Zollbeamten selbst in den Staatsdienst ein und machte sich in 43 Dienstjahren einen Namen als vielseitig einsetzbarer Verwaltungsbeamter in der Administration der ungarischen Reichshälfte. Seine offenbar weitestgehend autodidaktisch erworbenen technischen Fähigkeiten setzte er für eine Vielzahl verschiedener frühindustrieller Konstruktionen ein, vor allem Wasserhebemaschinen und Dampfmaschinen.

Das Bild KEMPELENS ist heute jedoch geprägt von einer Anzahl lange tradierter, aber ebenso mangelhaft recherchierter wie sensationsheischender „Fakten“, die aus einer beständigen unkritischen Fortschreibung von Kolportagen und journalistischen Zuspitzungen resultieren. Insbesondere die längst widerlegte Behauptung, es habe sich bei seinem *Mechanischem Schachspieler* um die betrügerische Konstruktion eines Aufschneiders gehandelt, taucht bis heute selbst in seriösen Medien immer wieder auf. Zur Vertiefung hierzu vgl. [1, 2].

Vor diesem Hintergrund werden oft KEMPELENS erhebliche Leistungen auf dem (begrifflich weit zu fassenden) Gebiet der Naturwissenschaft nicht erkannt. Dass ihm bei dieser Arbeit auch substanzielle Fehler unterliefen, darf nicht darüber hinwegtäuschen, dass seine wissenschaftliche Gesamtleistung – nicht zuletzt für einen Autodidakten, der wohl nie eine Universität besucht hatte – mehr als beachtlich ist.

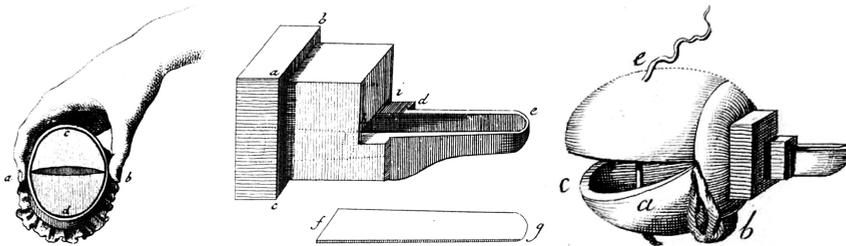
Dies wird insbesondere bei der Lektüre von KEMPELENS Buch „Mechanismus der menschlichen Sprache“ von 1791 ([1]) deutlich, das methodisch wie inhaltlich zur fachlichen Avantgarde seiner Zeit zählte und bis heute in weiten Teilen Gültigkeit beanspruchen darf. Zur Entstehung dieses Werkes vgl. [2].

### 2.2 Der Vokaltrakt der *Sprachmaschine*

Das gesamte fünfte Kapitel des „Mechanismus“ widmete KEMPELEN der Darstellung seiner *Sprachmaschine*.<sup>1</sup> Sie besteht aus mehreren Einzelteilen, die verschiedene Bereiche der menschlichen Anatomie nachahmen sollen: Ein Blasebalg als Lunge, eine Windlade als Thorax, eine *Zungenpfeife* als Glottis, eine durchbohrte Holzscheibe als Nasenkavität und ein Gummित्रichter als Mundraum. Repräsentationen von Lippen, Zähnen, Zunge und Velum samt Uvula, also wesentliche Bestandteile des Vokaltraktes, fehlen jedoch gänzlich. Aufgrund dieser Desiderate verfügt die Maschine über ein recht schmales Lautrepertoire, das sich seinerseits jedoch ziemlich überzeugend darstellen lässt.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Der durch den geringen Umfang des Kapitels und nicht zuletzt durch den Buchtitel suggerierte Eindruck, es handele sich hier um eine Art optionalen Appendix des Buches, täuscht grundlegend. Faktisch wurde der gesamte „Mechanismus“ von der „V. Abtheilung“ aus konzipiert und kulminiert in ihm. Vgl. [2].

<sup>2</sup>Durch zahlreiche „Tricks“ bei der Bedienung wie verschiedene Formen von Ersatzartikulation lässt sich das Äußerungsrepertoire merklich erweitern.



**Abbildung 1** – Zwei Anregungskonzepte KEMPELENS: *Membranöse Pfeife* (links) und *aufschlagende Lingualpfeife* (Mitte und rechts); nach [1, Tab. II, XVII und XVIII].

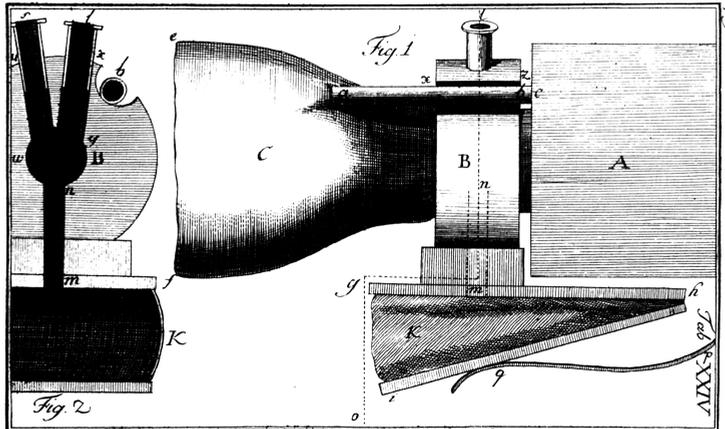
KEMPELENS Beschreibung seiner Konstruktion erscheint zunächst – nicht zuletzt durch die zehn flankierenden Tableaus – als ausgesprochen detailliert und präzise. Bei kritischem Lesen und spätestens beim Versuch, diese mechanische Sprachsynthese anhand der Beschreibung nachzubauen, werden jedoch bald erhebliche Lücken offenkundig. Dies betrifft insbesondere die präzisen Abmessungen der einzelnen Bauteile. Explizit angegeben sind nur wenige, eher nebensächliche Maße. Andere lassen sich von den – laut KEMPELEN maßstabsgetreuen – Tableaus abnehmen (Tab. 1). Für anatomisch-phonetisch höchst relevante Parameter wie die effektive Länge des Vokaltraktes, Innendurchmesser an verschiedenen Stellen u. a. fehlen schließlich sämtliche Anhaltspunkte.

Aus den Angaben in Tab. 1 ergeben sich näherungsweise Maße für den „Vokaltrakt“ von ca. 120x4 mm. POMPINO-MARSCHALL nennt für den menschlichen Vokaltrakt Abmessungen von etwa 170x45 mm [3, 106]; hier besteht also sowohl hinsichtlich der absoluten wie der proportionalen Werte ein erheblicher Unterschied.

**Tabelle 1** – Maße für Bauteile der *Sprachmaschine* WOLFGANG VON KEMPELENS in [1].

Legende: B: Breite, Bg: Bohrung, D: Durchmesser, H: Höhe, L: Länge. Die Maße der Spalte „Maß“ sind in Millimetern angegeben. In der Spalte „Quelle“ bezeichnen römische Zahlen die jeweiligen Tableaus, arabische Zahlen die Seitenzahl im Text.

Element	Maß	Quelle
Zungenpfeife L gesamt	58	XVIII, Fig. 1
Zungenpfeife, L Nuss	25	XVIII, Fig. 1
Zungenpfeife, L Kehle	33	XVIII, Fig. 1
Zungenpfeife, B Kehle innen	~4	rechnerisch
Zungenpfeife, Bg	6	XVIII, Fig. 1
Zungenblatt L gesamt	42	XVIII, Fig. 1
Zungenblatt L frei	33	XVIII, Fig. 1
Zungenblatt B	6	XVIII, Fig. 1
Windlade H außen	51	XXIII, Fig. 1, XXI, Fig. 1
Windlade LxBxH innen	92x66x40	415
Mundtrichter L	55	XVIII, Fig 3; XXIV, Fig. 1
Mundtrichter D vorne/hinten	50/25	XVIII, Fig 3; XXIV, Fig. 1
Nasenscheibe Dx B	44x18	XVIII, Fig. 2; XXIV, Fig. 1
Nasenstutzen H	7	XXIV, Fig. 1
Nasenstutzen D innen	5	XXIV, Fig. 2



**Abbildung 2** – Der Vokaltrakt der *Sprachmaschine* in Schnitt und Seitenansicht [1, Tab. XXIV].  
 Legende: A: "Thorax" mit darinsteckender Zungenpfeife, B: Nasenkavität, C: Mund, K: Plosivbalg.

Als Analogon der menschlichen Stimmlippen hatte KEMPELEN zunächst zwei Konzepte verworfen, die zwar beide einigermaßen anatomienah gewesen wären, sich jedoch nicht mit seiner Konstruktion in die Praxis umsetzen ließen: Eine *membranöse Pfeife* (Abb. 1 links) und ein *Doppelrohrblatt*, wie es beispielsweise in Oboen vorkommt (vgl. hierzu [4, 180]). Stattdessen wählte er eine *aufschlagende Zungenpfeife* (Abb. 1 Mitte), die sich zugespitzt als Analogon einer einseitig gelähmten Glottis bezeichnen ließe, da bei ihr nur ein Element schwingt und nicht zwei wie in der menschlichen Glottis. Als Material für das *Zungenblatt* der ansonsten sehr eng am vorbildgebenden Orgelbau orientierten Pfeife wählte KEMPELEN „ungefähr bis zur Dicke einer Spielkarte [ca. 0,3 mm] geschabenes Blättchen Elfenbein“ [1, 411]. Einen Grund für die Wahl dieses sehr ungewöhnlichen Materials nennt er nicht.<sup>3</sup>

Bevor KEMPELEN zu seinem endgültigen *Sprachmaschinen*-Design gelangte, versuchte er zunächst, mithilfe seines Anregungskonzeptes isolierte Vokale zu erzeugen. Hierfür stattete er Zungenpfeifen mit Resonatoren aus, die dem menschlichen Mund nachempfunden waren (Abb. 1 rechts). Erst als diese Versuche wenig befriedigend verliefen, wandte er sich einem einzelnen, dafür aber variablen Vokaltrakt zu.

Oberflächlich ahmte KEMPELEN die Anordnung der zur Spracherzeugung wesentlichen menschlichen Organe nach. Doch fehlen wesentliche Teile des Vokaltraktes, insbesondere die Zunge. Deren zentrale Bedeutung für die Artikulation hatte KEMPELEN zwar erkannt, sah aber keinerlei Möglichkeit, ihre Funktionalität mechanisch befriedigend nachzubilden [1, 443 ff.]. Abgesehen vom Fehlen ganzer Artikulatoren weicht die *Sprachmaschine* auch in an weiteren wesentlichen Punkten vom anatomischen Vorbild ab: Die Nasenkavität ist mitnichten ein separates Volumen außerhalb des primären Vokaltraktes, sondern ist quasi zwischen Rachen- und Mundraum zwischengeschaltet (Abb. 2, Fig. 1+2, B). Ihr Resonanzraum ist auch nicht abkoppelbar wie beim Menschen. Stattdessen können lediglich sozusagen die Nasenlöcher zugehalten werden, wenn eine nasale Artikulationskomponente nicht erforderlich ist. Es muss offen bleiben, ob KEMPELEN keine andere Möglichkeit der Ansteuerung sah oder ob ihm der akustische Unterschied zwischen einem Verschluss am unteren und am oberen Ende der Kavität nicht klar war.

<sup>3</sup>Elfenbein wird im gesamten Instrumentenbau nur zu dekorativen Zwecken eingesetzt; im Orgelbau werden *Zungenblätter* grundsätzlich aus Messingblech hergestellt. Allerdings wählte auch KRATZENSTEIN Elfenbein als Zungenmaterial; er schreibt ihm besonders menschenähnliche Klangeigenschaften zu [5, 81].

Unterhalb der Nasenkavität und an sie angeschlossen findet sich ein weiterer, wesentlich kleiner Blasebalg (K). Er wird im Ruhezustand durch eine Feder (q) zusammengedrückt. Nur, wenn – bei der Bildung eines Plosivlautes – Mund- und Nasenöffnungen verschlossen werden, bläht er sich auf, um sich bei Lösung des artikulatorischen Verschlusses schlagartig wieder zu entleeren. Nach KEMPELEN soll dieser Balg dazu dienen „die Explosion bey den stummen Mitlautern [stl. Plosive] zu verstärken“ [1, 437]. Sein tatsächlicher Effekt ist jedoch ausweislich der Erfahrungen des Autors mit seinen Nachbauten ein anderer: Phonation erfordert ausreichend unterschiedliche Druckverhältnisse beiderseits der Glottis. Bei stimmhaften Plosiven scheint hierbei das elastische Wangengewebe eine Rolle zu spielen [6, 89]. Die zusätzliche Volumenkapazität des kleinen Balges sorgt analog dafür, dass die „Stimmlippe“ der Sprachmaschine auch bei verschlossener Mund- und Nasenöffnung länger weiterschwingen kann, da die Nivellierung der Druckdifferenz durch die Volumenzunahme langsamer verläuft.

Ebenfalls ohne direktes anatomisches Vorbild ist das „Bypassröhrchen“ (Abb. 2, Fig. 1+2, a-b). Mit ihm trug KEMPELEN der Tatsache Rechnung, dass seine Sprachmaschine über keine Möglichkeit verfügt, die „Stimmlippe“ zu abduzieren. Mit Hilfe des Röhrchens ist es möglich, trotzdem zumindest stimmlose Plosive zu erzeugen: Wird bei Verschlussbildung zunächst der Balg K mit Luft gefüllt, ohne dass die „Stimmlippen“ ansprechen können, kann danach durch den Bypass im Mundraum (C) ein hoher Druck erzeugt werden, der bei Verschlusslösung die Wirkung eines stimmlosen Plosiven hervorruft.

Mit KEMPELENS schlussendlicher Konstruktion sind Einzellaute, Silben und einfache Wörter recht überzeugend darstellbar. Das von ihm selbst als möglich angegebene Äußerungsrepertoire erscheint heute allerdings etwas ambitioniert.

### 3 Christian Gottlieb Kratzenstein

#### 3.1 Einleitung

Der Naturforscher KRATZENSTEIN verkörpert einen außergewöhnlichen Fall von fachübergreifender wissenschaftlicher Kompetenz. Seine nachmalig populären Forschungen zur Sprachsynthese führten zwar auf diesem Gebiet in die Irre und damit auch in eine technologische Sackgasse, jedoch legten sie durch ihr anatomisch fehlerhaftes Konzept im Orgelbau den Grundstein für die das gesamte 19. Jahrhundert andauernde Erfolgsgeschichte der sog. *durchschlagenden Zungen*.

Nach seiner Promotion zum Dr. med. 1746 an der Universität Halle (Saale) folgte KRATZENSTEIN 1748 auf Vermittlung von LEONHARD EULER (1707–1783) einem Ruf als Professor für Mathematik und Mechanik an die Russische Akademie der Wissenschaften in St. Petersburg und war seit demselben Jahr auch Mitglied der Deutschen Akademie der Naturforscher (Leopoldina). 1753 wechselte er schließlich auf eine Professur für Experimentalphysik in Kopenhagen. Nicht zuletzt durch seine umfangreiche Korrespondenz mit Wissenschaftskollegen besaß KRATZENSTEIN einen ebenso verbreiteten wie außerordentlichen Ruf als Naturforscher im Allgemeinen und „Mechanikus“ im Besonderen.

Sein Beitrag zur Sprachsyntheseforschung mutet vor dem Hintergrund der weit gefächerten Forschungsinteressen – Alchemie, Astronomie, Meteorologie, Navigation, Wirkung von Elektrizität auf den menschlichen Körper – als eine eher nachrangige Episode an.

#### 3.2 Die Vokalorgel

Die Umstände der Entstehung dieser im Wortsinne eigenartigen Apparatur sind nur unzureichend geklärt. Festzustehen scheint, dass es ähnlich wie bei WOLFGANG VON KEMPELEN eine sich über mehrere Jahre hinziehende, nie aber den Hauptteil der Arbeitskraft einnehmende

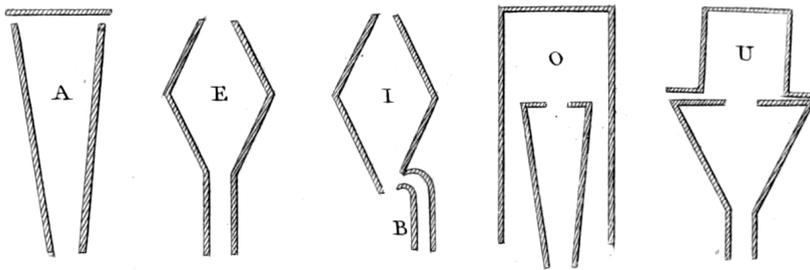


Abbildung 3 – Die Vokalresonatoren Kratzensteins [7, Tab. XXVI].

Entwicklung war [5, 31 und 87]. Das Licht der (Fach-)Öffentlichkeit erblickte die Maschine schließlich 1780, als KRATZENSTEIN mit ihr den jährlichen Wissenschaftspreis der Petersburger Akademie gewann, für den folgende Doppelfrage zu beantworten war: Worin unterscheiden sich die Vokale A E I O U und ist es möglich, sie synthetisch nachzuahmen? [5, 11] Gefordert war hierbei explizit, sich zur Synthetisierung linguale Orgelpfeifen der Bauart *Vox humana* (!) zu bedienen.<sup>4</sup> Obwohl es neben KRATZENSTEIN eine weitere Einreichung zu diesem Wettbewerb gab, besteht doch der starke Verdacht, die Preisfrage könne auf ihn und seine ohnehin existierende Arbeit zugeschnitten worden sein (vgl. hierzu [4, 32 ff.]).

Flankierend zur „Vokalorgel“ selbst reichte KRATZENSTEIN eine knappe Abhandlung ein, in der er zum einen die erste Teilfrage der Akademie beantwortete und zum anderen eine (kurzgefasste) Beschreibung seiner *Vokalorgel* lieferte [8]. Konzeption und Argumentation des „Tentamen“ sind über weite Strecken problematisch und schwer nachvollziehbar, was neben einem teils verwirrenden Terminologiegebrauch auch einer eher nachlässigen Kompilierung aus mehreren Textfragmenten geschuldet sein dürfte [5, 102]. Von der Konstruktion der *Vokalorgel* lässt sich jedoch ein grobes Bild zeichnen.

Die *Vokalorgel* bestand aus fünf Orgelpfeifen, für jeden der geforderten fünf Vokale eine. Jede dieser Pfeifen bestand aus einer Schallquelle und einem individuell geformten Resonator. Für die Repräsentation der Glottis wählte KRATZENSTEIN ebenso wie KEMPELEN dem Orgelbau entlehnte *Zungenpfeifen*, die er jedoch aufgrund eines fundamentalen Irrtums hinsichtlich der menschlichen Physiologie modifizierte: Traditionell besteht das Anregungsprinzip von *Zungenpfeifen* aus einem dünnen Metallblatt, das auf einem hohlen Rohrsegment vibriert – sogenannte *aufschlagende Zungenpfeifen*. KRATZENSTEIN gelangte während seiner Arbeit nun zu der Ansicht, beim Menschen könne die Epiglottis horizontal im Rachen schwingen und spiele dadurch eine essentielle Rolle bei der Vokalbildung, während er der – weitgehend zutreffend beschriebenen – Glottis eine eher mindere Bedeutung zumisst [5, 17]. Für seine *Vokalorgel* modifizierte er die Funktionsweise der *Zungenpfeifen* derart, dass das *Zungenblatt* nun horizontal frei schwingen konnte, die Geburtsstunde der späterhin im Orgelbau sehr populären *durchschlagenden Zungenpfeifen*. Allerdings ist aus dem „Tentamen“ nicht ablesbar, ob diese Modifizierung tatsächlich aufgrund einer fehlerhaften Theorie über die Rolle der Epiglottis geschah oder ob nicht die Theorie nachträglich dem bereits existierenden Modell der *Vokalorgel* angepasst wurde [5, 133].

Hier interessanter dürfte die Modellierung des Vokaltraktes sein bzw. der Vokaltrakte, da es für die geforderten fünf Vokale auch fünf separate Vokaltrakte gibt.<sup>5</sup> Grundsätzlich ist festzustellen, dass für KRATZENSTEIN lediglich der Mundraum bis zum Uvula von Relevanz war. Die Fortsetzung des Vokaltraktes in Richtung der Glottis ignorierte er völlig.

<sup>4</sup>Zur vielfältigen Wechselwirkung zwischen Orgelbau und Sprachsynthese vgl. [4].

<sup>5</sup>Anders als KEMPELEN war sich KRATZENSTEIN offenkundig des essentiellen Phänomens der Koartikulation nicht bewusst.

Bei der Konzeption seiner Resonatoren stützte sich KRATZENSTEIN auf die ebenso verlockende wie irri- ge Annahme, Schallwellen verhielten sich analog zu Lichtstrahlen, seien also durch spezifische Brechungen charakterisiert. Als Grundform des Mundes und damit auch aller Resonatoren nahm er eine idealisierte Kegelform an (Abb. 3). Eine direkte Analogie zur menschlichen Anatomie und Artikulation ist jedoch bei keinem der Resonatoren zu erkennen. Insbesondere für A und E sind gewisse grundsätzliche Ähnlichkeiten jedoch unstrittig.<sup>6</sup> KRATZENSTEIN hatte die Querschnitte seiner Resonatoren rein experimentell aufgrund des akustischen Ergebnisses entwickelt.

Auch in diesen „Vokaltrakten“ fehlen wie bei der *Sprachmaschine* KEMPELENS jegliche Repräsentationen von Artikulatoren. Diese sind jedoch für den intendierten Zweck auch nicht notwendig, da ohnehin nur isolierte Vokalqualitäten erzeugt werden sollten. In KRATZENSTEINS Darstellung fehlen jedoch auch jegliche konkrete Maßangaben. Stattdessen finden sich lediglich einige einigermaßen vage Proportionsangaben, deren exakte Ausprägung jeweils fallweise experimentell zu ermitteln ist [5, 83 ff.].

## 4 Diskussion

Ein Vergleich der Vokaltraktmodelle WOLFGANG VON KEMPELENS und CHRISTIAN GOTTLIEB KRATZENSTEINS zeigt ebenso große Unterschiede wie erstaunliche Gemeinsamkeiten. Auf den ersten Blick scheint KEMPELEN hinsichtlich Methode und Erkenntnis den deutlichen Sieg davonzutragen. Zu verworren und abseitig erscheinen KRATZENSTEINS Überlegungen teilweise. Es wäre allerdings mit Sicherheit zu einfach, dessen Arbeit zur Vokalartikulation als grundsätzlich verfehlt abzuqualifizieren. Vielmehr sollte in Betracht gezogen werden, dass es sich zum einen um eine offenbar sehr eilig und dadurch wenig sorgfältige Zusammenstellung älterer, heterogener Textfragmente handelt, die zudem auf Latein verfasst wurden. Eine ganze Reihe insbesondere terminologischer Probleme dürfte dieser sprachlichen Komponente geschuldet sein. KEMPELEN hingegen investierte mehrere Jahre auf die Erstellung eines inhaltlich wie umfänglich vollkommen anders dimensionierten Opus, an das – anders als bei KRATZENSTEIN – in erheblichem Maße seine Reputation geknüpft war [2].

So unterschiedlich schließlich die Ergebnisse auch waren, so sind doch in der Entwicklung der Vokaltrakte KEMPELENS und KRATZENSTEINS erhebliche Parallelen augenfällig: Beide entwickelten zunächst eine eng am Instrumentenbau orientierte Form von *Vokalorgel*, die bei höchstens gradueller Anlehnung an die menschliche Physiologie zur Synthese (bzw. eher: Simulation) von einigen wenigen Vokalqualitäten in der Lage war. Beide wählten als Glottis-analogon dem Orgelbau entlehnte *Zungenpfeifen* und bezogen sich auf deren spezielle Bauform als *Vox humana*. Im Kontrast zum Orgelbau wählten beide jedoch Elfenbein als Material für das *Zungenblatt*. Während KEMPELEN hierfür keinerlei Gründe anführt, begründet KRATZENSTEIN die Wahl mit der größten Ähnlichkeit zur menschlichen Stimme, bleibt aber eine Begründung hierfür ebenfalls schuldig. Repräsentationen für Artikulatoren und Artikulationsstellen fehlen bei beiden Modellen völlig, wenn auch aus unterschiedlichen Gründen. Schließlich ignorieren beide Autoren die um 90 Grad abgewinkelte Fortsetzung des menschlichen Vokaltrakts völlig. Weder begegnet er in ihren Beschreibungen, noch findet er sich in ihren Vokaltraktmodellen.

Hiermit jedoch enden die Gemeinsamkeiten. Während KRATZENSTEIN seine theoretische "Fundierung" wenigstens in Teilen so gestaltete, dass sie zur bereits existierenden praktischen Umsetzung passte, ist die Entwicklung bei KEMPELEN andersherum. Nach mehreren erfolglosen Prototypen verlegte er sich darauf, zunächst die physiologisch-artikulatorischen Voraussetzungen grundlegend zu erarbeiten, um dann die menschliche Anatomie möglichst vorbildgetreu

---

<sup>6</sup>Der E-Resonator wurde bereits im „Tentamen“ und in der Folge auch in [7] versehentlich verkehrt herum abgebildet. Tatsächlich muss sich der zylindrische Teil am oberen Ende des Doppelkonus befinden [5, 149].

nachzubilden. Hierin ist auch ein grundsätzlicher konzeptioneller Unterschied in den Vokaltraktmodellen KRATZENSTEINS und Kempelens zu erkennen: Während ersterer die anatomischen Gegebenheiten grundsätzlich als nachrangig und stattdessen das akustische Endergebnis als essentiell betrachtete, bildete letzterer den menschlichen Vokaltrakt einigermaßen anatomiegetreu nach, um dadurch erst mittelbar zu einer erfolgreichen Sprachsynthese zu gelangen. Hierbei ist auch zu betonen, dass KEMPELEN ganz anders als KRATZENSTEIN die Koartikulation als einen unabdingbaren Bestandteil der Sprachproduktion erkannte.

Von beiden Synthesekonzepten existieren Nachbauten, so dass ein Nachvollziehen ihrer Konzeption und Syntheseleistung auch heute gut möglich ist.<sup>7</sup>

## Literatur

- [1] KEMPELEN, W.: *Wolfgangs von Kempelen Mechanismus der menschlichen Sprache nebst der Beschreibung seiner sprechenden Maschine*. Degen, Wien, 1791.
- [2] BRACKHANE, F.: *Vorwort*. In F. BRACKHANE, R. SPROAT, und J. TROUVAIN (Hrsg.), *Wolfgangs von Kempelen Mechanismus der menschlichen Sprache nebst der Beschreibung seiner sprechenden Maschine. Transliterierte und kommentierte Neuausgabe und Übersetzung ins Englische*. TUDpress, Dresden, in Vorb.
- [3] POMPINO-MARSCHALL, B.: *Einführung in die Phonetik*. deGruyter, Berlin, 3 edn., 2009.
- [4] BRACKHANE, F.: *"Kann was natürlicher, was Vox humana, klingen? - Ein Beitrag zur Geschichte der mechanischen Sprachsynthese*. Ph.D. thesis, Universität des Saarlandes, Institut für Phonetik, 2015.
- [5] KRATZENSTEIN, C.: *Tentamen resolvendi problema. Petersburg 1781. Übersetzt und kommentiert von Christian Korpiun*. TUDpress, Dresden, 2016.
- [6] OHALA, J. und C. J. RIORDAN: *Passive vocal tract enlargement during voiced stops*. *Speech Communication Papers*, 1979.
- [7] YOUNG, T.: *A course of lectures on natural philosophy and the mechanical arts*, Bd. 2. Taylor and Walton, London, 1845.
- [8] KRATZENSTEIN, C.: *Tentamen resolvendi problema ab academia scientiarum imperiali Petropolitana ad annum 1780 publice propositum*. Typis Academiae Scientiarum, Petersburg, 1781.

---

<sup>7</sup>Ein von CHRISTIAN KORPIUN angefertigter Satz Vokalresonatoren nach KRATZENSTEIN befindet sich in der *Historischen akustisch-phonetischen Sammlung (HAPS)* der TU Dresden. Von der *Sprachmaschine* KEMPELENS wurden seit 1791 und bis heute eine ganze Reihe von Nachbauten angefertigt. So entstanden auch durch den Autor zwischen 2007 und 2017 insgesamt vier Repliken.