

Kapitel 1

Der VokalJäger – Eine Übersicht

Zusammenfassung: Der VOKALJÄGER ist eine algorithmische Prozesskette zur automatisierten Klassifikation phonetischer Merkmale in monophthongischen Vokalen. Algorithmische Methoden aus der robusten Messphonetik und der mathematischen Klassifikationsalgorithmik bzw. dem Machine-Learning kommen zum Einsatz. Der VOKALJÄGER wird auf eine hochdeutsche Referenz von zehntausend Vokalproben ‚trainiert‘. Dann schätzt er automatisiert und ohne menschliche Intervention die statistische Verteilung des sogenannten *gleitenden phonetischen Merkmals* in Tonaufnahmen. So können phonetisch-phonologische Hypothesen quantitativ getestet werden, insbesondere ob Laute qualitativ zusammenfallen (Merger) oder getrennt bleiben. Damit ist der VOKALJÄGER ein statistisches Werkzeug der historischen Dialektphonologie.

Im phonologischen Teil der Arbeit werden die vokalischen Kernphänomene des einstigen Frankfurter Stadtdialekts dargestellt – mit Schwerpunkt auf den A-Lauten. Die Untersuchung basiert zum einen auf bisher ungedruckten Quellen aus dem Frankfurter Institut für Stadtgeschichte. Dabei handelt es sich um die handschriftlichen Lautbelege Joseph Oppels und Ludwig Rauhs aus dem Fundus des Frankfurter Wörterbuchs. Zum anderen werden schwerpunktmäßig ausgewählte historische Tondokumente des Frankfurterischen mit dem VOKALJÄGER untersucht, insbesondere die Frankfurter Aufnahme aus dem *Lautdenkmal reichsdeutscher Mundarten* von 1937 und neuere Aufnahmen aus dem Projekt *Regionalsprache.de (REDE)*. Mit diesen einmaligen Daten ist es zum ersten Mal möglich, den Sprachwandel des Frankfurter Stadtdialekts über *zweihundert Jahre* in *Real-Time* phonetisch-phonologisch zu untersuchen.

Es zeigt sich, dass gerade Merger-Phänomene wesentlich sind: Einerseits fiel das altlange *Â* klanglich mit dem Dehnungs-A: in einem dunklen A zusammen – ganz unterschiedlich zum Zentralhessisch der Umgebung, das zwei getrennte Laute bewahrte. Andererseits ist das dunkle A im Neu-Frankfurterischen nicht mehr nachweisbar – es ist mit dem neutralen A verschmolzen. Abschließend zeigt sich ein Split bei den Vorderzungenvokalen, die nun als runde und ungerundete Laute die dialekttypische Entrundung auflösen. Abbildung 117 auf S. 407 fasst abschließend alle Erkenntnisse zusammen.

1.1 Einführung

Der Ausgangspunkt dieser Abhandlung war 2004 eine Untersuchung der Vokale des ehemaligen Frankfurter Stadtdialekts – ursprünglich rein aus Sicht der historischen Dialektphonologie unter Nutzung neuer Schriftquellen. 2013 entstand daraus ein Dissertationsprojekt am Deutschen Sprachatlas in Marburg. Zum Frankfurter Stadtdialekt, ebenso wie für andere Dialekte des Deutschen, existieren jedoch überdies historische Tondokumente, die bisher kaum ausgewertet wurden, wie z. B. die Frankfurter Aufnahme aus dem *Lautdenkmal reichsdeutscher Mundarten* von 1937. Auch im Projekt *Regionalsprache.de (REDE)* entstanden zahlreiche Frankfurt zugeordnete Sprachaufnahmen.

So lag es nahe, den Frankfurter Vokalwandel ebenfalls anhand dieser Tondokumente zu untersuchen. Dazu war es nötig, ein Werkzeug zu schaffen: den VOKALJÄGER. Der VOKALJÄGER ist eine allgemein nutzbare algorithmische Prozesskette zur automatisierten Merkmalsklassifikation und bildet seit 2014 den Schwerpunkt dieser Arbeit¹. Die Klassifikation erfolgt implizit und quantitativ: Es werden mess- und klassifikationsphonetische statistische Modelle genutzt, die auf einem hochdeutschen Referenzdatensatz von zehntausend Vokalproben aus dem Kiel-Korpus ‚trainiert‘ wurden. So wird der Frankfurter Vokalismus mit Werkzeugen dreier Fachbereiche transdisziplinär angegangen: der robusten Messphonetik, der algorithmischen Klassifikation bzw. dem Machine-Learning und der historischen Dialektphonologie bzw. der Germanistik.

Mit diesem Ansatz kommt eine Herausforderung für die hier vorliegende Darstellung: Das Werkzeug – als algorithmische und statistische Software – ist prinzipiell erst einmal der klassischen Germanistik wesensfremd. Und das Werkzeug ist neu. Folglich ist ein großer Teil der Arbeit den technischen Konzepten der algorithmischen Messphonetik (Statistik akustischer Größen) und Klassifikationsphonetik (Machine-Learning) gewidmet. Auch muss erst anhand von Testdaten und Experimenten umfänglich gezeigt werden, dass dieser Apparat auch ‚funktioniert‘, bevor er mit Dialektproben zum gewünschten Nutzeinsatz kommen kann.

¹Der VOKALJÄGER ist in der Phonetiksoftware PRAAT, der Statistiksoftware R und der Scriptsprache Perl programmiert (Boersma/Weenink [2015], R Development Core Team [2015] und Wall [1987–2012]). Auf der Webseite VokalJaeger.org finden sich ergänzende Informationen zum VOKALJÄGER-Projekt. Der Autor ist unter ckeil@VokalJaeger.org zu erreichen.

Inhalt	Fachbereich	Typus	Sprache
Teil I. Messphonetik			
2	Phonetik, Phonologie und der VokalJäger	Theorie	allgemein
3	Algorithmische Messphonetik	Theorie	allgemein
4	Messphonetische Ergebnisse	Ergebnisse	Hochdeutsch
Teil II. Klassifikationsphonetik			
5	Algorithmische Klassifikationsphonetik	Theorie	allgemein
6	Klassifikationsphonetische Ergebnisse	Ergebnisse	Hochdeutsch
Teil III. Frankfurterisch			
7	Der Frankfurter Stadtdialekt	Theorie	Frankfurterisch
8	Frankfurter Tondokumente	Ergebnisse	Frankfurterisch
9	Frankfurter Vokale im Wandel	Ergebnisse	Frankfurterisch

Tabelle 1: Übersicht über die drei Teile und die acht inhaltlichen Hauptkapitel der Arbeit (Kapitelnummern 2–9). Die Kapitel sind entsprechenden Fachbereichen zugewiesen, wobei Klassifikationsphonetik die Anwendung von Techniken des Machine-Learnings im Bereich der Phonetik umfasst.

1.2 Gliederung und Zusammenfassungen der Kapitel

Tabelle 1 auf S.3 liefert eine Übersicht über die vorliegende Arbeit und eine Zuordnung der Teile und Kapitel zu den Fachbereichen. Die Arbeit ist grob in drei Teile und die Anhänge geteilt. Im Einzelnen besteht die Arbeit in den drei Hauptteilen aus den acht Kapiteln mit den Nummern 2 bis 9, die im Folgenden kurz zusammengefasst werden. Dazu kommen Einleitung (dieses Kapitel) sowie Schluss und Ausblick (Kapitel 10 ab S.427).

- **Teil I. Messphonetik, S. 15 f.:** Der erste Teil enthält eine Einführung (Kapitel 2), den theoretischen Hintergrund und die Beschreibung der messphonetischen Algorithmik des VOKALJÄGERS (Kapitel 3) als auch Ergebnisse für das Hochdeutsche (Kapitel 4). Die folgenden Kapitel richten sich an den messphonetisch und algorithmisch interessierten Leser.
- **Kapitel 2. Phonetik, Phonologie und der VokalJäger, S. 15 f.:** Dieses Kapitel ist eine einführende Verortung des VOKALJÄGERS in der Begriffswelt der Phonetik, Phonologie und Signaltechnik. Für den VOKALJÄGER bietet es sich insbesondere an, Phonetik mit den zwei Unterklassen *Klassifikationsphonetik* und *Messphonetik* anzusetzen, deren Trennlinie entlang des eingesetzten mathematischen Instrumentariums verläuft. Die Messphonetik nutzt den Apparat der Statistik kontinuierlicher Werte, den physikalischen Lautsignalen, wie z. B. den Formanten. Klassifikationsphonetik verwendet mathematische Klassifikationsalgorithmik, *Machine-Learning*, um aus messphonetischen Größen Wahrscheinlichkeitswerte für das Vorliegen ordinaler Werte abzuleiten. Vor allem betrifft dies die Beurteilung, wie wahrscheinlich es ist, dass in einem messphonetischen Signal ein bestimmtes klassifikationsphonetisches Merkmal vorliegt (Abschnitt 2.1 ab S.16). Die Vokalsystematik der *International Phonetic Association (IPA)* mit ihren phonetischen Merkmalen wird vorgestellt. Sie bildet den Bezugsrahmen für die Algorithmik des VOKALJÄGERS (Abschnitt 2.2 ab S.20). Es folgt ein kurzer Abriss des hochdeutschen Vokalsystems, der um Abschnitte zu Einzellauten und den deutschen Dialekten ergänzt wird (Abschnitt 2.3 ab S.30).
- **Kapitel 3: Algorithmische Messphonetik, S. 35 f.:** Die für den VOKALJÄGER entwickelte robuste Messphonetik ist die erste Säule der vorliegenden Arbeit. Dieses Kapitel führt die messphonetischen Begriffe und Methoden ein, welche im VOKALJÄGER zur Anwendung kommen. Der Schwerpunkt liegt auf Algorithmen zur hochgradig automatisierten phonetischen Auswertung digitaler Sprachdaten, was hier als *algorithmische Messphonetik* bezeichnet werden soll. Das Kapitel beschreibt sowohl die üblichen

messphonetischen Größen (wie die Formanten) als auch die Verfahren, die zu ihrer Messung entwickelt wurden. Bei der Darstellung wurde Wert darauf gelegt, die einzelnen Schritte und Verfahren mit dem Instrumentarium des VOKALJÄGERS nachzuvollziehen und zu dokumentieren.

Es werden neue Varianten vorgestellt, die sowohl robust gegenüber Messfehlern als auch gegenüber systematischen Unterschieden zwischen Vokalsystemen sind. Damit eignen sie sich besonders für die Verarbeitung alter Tonaufnahmen über nicht normierte Sprachkorpora hinweg. Im Einzelnen ist dies ein Algorithmus zur Bestimmung der optimalen Formantbahn (Abschnitt 3.3.4 ab S. 64), ein Mechanismus zur robusten Sprechernormalisierung (Abschnitt 3.6.7 ab S. 91) und die Methode der *Rückfaltung* zur Erkennung und Korrektur von Ausreißern (Abschnitt 3.6.9 ab S. 93). Damit ist ein vollautomatisches Analysieren von vorsegmentierten Lautsignalen in einer Prozesskette möglich (Abschnitt 3.7 ab S. 103).

- **Kapitel 4. Messphonetische Ergebnisse, S. 111 f.:** Dieses Kapitel präsentiert die Ergebnisse der Anwendung der messphonetischen Algorithmen des VOKALJÄGERS auf das Hochdeutsche. Dazu wird das *Kiel-Korpus of Read Speech* exemplarisch mit dem VOKALJÄGER messphonetisch untersucht und dokumentiert. Die Ergebnisse für die ersten beiden Formanten sind in Abbildung 56 auf S. 151 dargestellt und entsprechen dem für das Hochdeutsche Erwarteten. Die akustischen Größen des Hochdeutschen werden auch mit einer Referenzaufnahme der Kardinalvokale verglichen. Die mit dem VOKALJÄGER gemessenen Muster für das Hochdeutsche decken sich mit denen von Vergleichsmessungen (Abschnitt 4.6.4 ab S. 159). Im Ergebnis ist somit der VOKALJÄGER phonetisch auf das Hochdeutsche kalibriert, was eine Voraussetzung für die nachfolgenden Klassifikationsschritte ist. Die hier gewonnenen Statistiken, insbesondere für die Formanten, sind der hochdeutsche Eichpunkt für die Untersuchung von dialektalen Tondokumenten und deswegen ausführlich in Tabellen und Diagrammen dokumentiert (Abschnitt 4.6.1 ab S. 150).
- **Teil II. Klassifikationsphonetik, S. 169 f.:** Der folgende Teil beschreibt die *Machine-Learning* Algorithmik des VOKALJÄGERS (Kapitel 5) und die klassifikationsphonetische Kalibrierung auf das Hochdeutsche (Kapitel 6). Die Zielgruppe sind Leser, die an Klassifikationsphonetik mittels Machine-Learning interessiert sind.
- **Kapitel 5. Algorithmische Klassifikationsphonetik, S. 169 f.:** Die für den VOKALJÄGER entwickelte klassifikationsphonetische Algorithmik ist die zweite Säule der vorliegenden Arbeit. Es wird das neue Konzept des *gleitenden phonetischen Merkmals* eingeführt. Dies ermöglicht es, den Erwartungswert eines phonetischen Merkmals, wie z. B. der Öffnungsstufe der Hinterzungenvokale, zu errechnen: Es ergibt sich der zentrale *Merkmalswert*.

malswert Zeta ζ (Abschnitt 5.1 ab S. 170). Mit den Merkmalswerten können nun *Merkmalsdifferenzen* zwischen Lautgruppen, den sogenannten *Kontrastgruppen*, bestimmt werden. Die Analyse der Differenz hinsichtlich ihrer Signifikanz erlaubt Schlüsse über das Vorliegen bestimmter Dialektmuster. Eine typische Frage wäre z. B.: Unterscheidet sich das Dehnungs-A qualitativ vom neutralen A? Das wäre ein Muster des Frankfurter Stadtdialekts (Abschnitt 5.2 ab S. 182). Technisch werden die Merkmalswerte bzw. die zugrundeliegenden Merkmalswahrscheinlichkeiten mit dem Instrumentarium des *Machine-Learnings* bestimmt. Dabei kommen moderne Verfahren wie die Support-Vector-Machine (SVM) oder die Mixture-Discriminant-Analysis (MDA) zum Einsatz (Abschnitt 5.3 ab S. 192). Dazu müssen die Algorithmen bzw. die sogenannten *Binärklassifikatoren* auf ausgewählte *Binärmerkmale* des Hochdeutschen ‚trainiert‘ werden (Abschnitt 5.4 ab S. 206).

- **Kapitel 6. Klassifikationsphonetische Ergebnisse, S. 215 f.:** Dieses Kapitel dokumentiert die Kalibrierung der Klassifikationsalgorithmen auf das Hochdeutsche. Es zeigt sich, dass mit der Methode der Mixture-Discriminant-Analysis als Schätzermodell und den ersten drei Formanten als Prädiktorvariablen sehr gute Ergebnisse erzielt werden können (Abschnitt 6.1 ab S. 216). Die Merkmalswerte, die der VOKALJÄGER für die Öffnungsstufe der Hinterzungenvokale und den Rundungsgrad auf hochdeutschen Daten und dem REDE-Material errechnet, entsprechen statistisch den Erwartungen voll (Abschnitt 6.2 ab S. 226). Dies ist in Abbildung 85 auf S. 228 zusammengefasst. Im Ergebnis ist der VOKALJÄGER vollumfänglich als Werkzeug auf das Hochdeutsche kalibriert. Dies schafft die Grundlage für die Untersuchung historischer Tondokumente des Frankfurterischen.
- **Teil III. Frankfurterisch, S. 233 f.:** Der letzte Teil beschreibt den Frankfurter Stadtdialekt allgemein und führt in die genutzten Quellen ein (Kapitel 7), insbesondere in die für das Frankfurterische untersuchten Tondokumente (Kapitel 8). Der Teil schließt mit einer Diskussion der wichtigsten Sprachwandelphänomene des Frankfurter Vokalismus unter expliziter Nutzung des VOKALJÄGERS (Kapitel 9). Dieser Teil richtet sich an den am Frankfurterischen interessierten Leser.
- **Kapitel 7. Der Frankfurter Stadtdialekt, S. 233 f.:** Es ist ein glücklicher Zustand, dass zum Frankfurter Stadtdialekt zwei wesentliche und unabhängige Bestandsaufnahmen existieren, die bisher noch nie komparativ phonetisch-phonologisch untersucht worden sind. Dabei handelt es sich um die handschriftlichen Aufzeichnungen Joseph Oppels zwischen 1839 und 1894 und Ludwig Rauhs zwischen 1920 bis 1945. Dieses Material ist weitgehend noch nie in voller Präzision gedruckt worden, geht über das Frankfurter Wörterbuch hinaus und wird in Auswahl in dieser Arbeit zum ersten Mal der Öffentlichkeit vorgestellt. Ergänzt wird Ooppel und Rauh um die

kurze, aber relevante Beobachtung von Wülcker aus dem Jahr 1877. Dazu kommt eine Vielzahl weiterer Belege, unter anderem aus der Mundartdichtung. Das Belegmaterial bildet die dritte Säule dieser Arbeit und wird in Kapitel 9 ab S. 283 in Auszügen gedruckt.

Dieses Kapitel definiert den Begriff *Frankfurterisch* als die rheinfränkische Mundart, die sich von den zentralhessischen Dialekten der Umgebung unterscheidet *und* mit dem Gebiet der Stadt zusammenfällt. In dieser Definition stirbt der Dialekt um 1945 aus (Abschnitt 7.1 ab S. 234). Weitere Abschnitte stellen schon vorliegende Untersuchungen zum Frankfurter Stadtdialekt kritisch vor (Abschnitt 7.2 ab S. 242), teilen den Untersuchungszeitraum in sogenannte Hauptperioden (Abschnitt 7.3 ab S. 259) und umreißen die Umgebungsdiaklekte (Abschnitt 7.4 ab S. 262). Abschließend werden alle benutzten Quellen und die verwendeten phonetischen Transkriptionsregeln dokumentiert (Abschnitt 7.5 ab S. 264).

- **Kapitel 8. Frankfurter Tondokumente, S. 273 f.:** Die mit dem VOKALJÄGER untersuchten Tondokumente zum Frankfurter Stadtdialekt und den Umgebungsdiaklekten werden vorgestellt. Das wichtigste Tondokument ist die Frankfurter Aufnahme aus dem Lautdenkmal reichsdeutscher Mundarten von 1937, das *Frankfurter Lautdenkmal*, und damit ein Zeugnis des originalen Frankfurter Stadtdialekts kurz vor seinem Untergang 1945. Weiteres Audiomaterial ergänzt die Untersuchung zum Frankfurterischen. Dazu gehören Lautdenkmal-Aufnahmen aus der Frankfurter Umgebung und Frankfurter Tonaufnahmen der Wenkersätze aus dem REDE-Projekt aus den 2000er-Jahren.
- **Kapitel 9. Frankfurter Vokale im Wandel, S. 283 f.:** In diesem Kapitel wird der VOKALJÄGER als phonetisch-phonologisches Werkzeug zur Untersuchung ausgewählter vokalischer Phänomene des Frankfurter Stadtdialekts verwendet. Der VOKALJÄGER ergänzt somit die Schriftbelege Oepels und Rauhs um algorithmisch gewonnene Daten aus jüngerer Zeit – mit dieser Kombination ist es möglich, den Sprachwandel des Frankfurterischen *in Real-Time über zweihundert Jahre*, von etwa 1800 bis in die frühen 2000er, zu beschreiben. Die Abschnitte dieses Kapitels dokumentieren jeweils den Vokalismus des Frankfurterischen und analysieren, ob sich ein in Real-Time beobachtbarer Lautwandel aus den Schriftbelegen oder der VOKALJÄGER-Untersuchung des Frankfurter Lautdenkmals von 1937 und der REDE-Aufnahmen aus den 2000ern ergibt. Untersucht werden unter anderem das dunkle Frankfurter A im altlangen \hat{A} (Abschnitt 9.4 ab S. 306), das Dehnungs-A: (Abschnitt 9.5 ab S. 319), das gekürzte A (Abschnitt 9.7 ab S. 336) sowie das Monophthongierungs-A (Abschnitt 9.8 ab S. 351) und die Entrundung (Abschnitt 9.10 ab S. 385). Eine Zusammenfassung findet sich in Abschnitt 9.11 ab S. 398, welche mit einer vollumfänglichen Referenz aller Frankfurter Vokale in Abschnitt 9.12 ab S. 409 abgerundet wird.

Es zeigt sich insbesondere, dass das Frankfurterische sein markantes dunkles A verlor. Das kurze dunkle A war schon zu Rauhs Zeiten im Verschwinden begriffen und ist weder im Frankfurter Lautdenkmal noch in den jüngeren Aufnahmen zu finden. Das lange dunkle A hingegen existiert noch im Lautdenkmal, aber nicht mehr im REDE-Material. Dieser *Merger* mit dem neutralen A ist Zeichen für den Untergang des Frankfurterischen nach dem Zweiten Weltkrieg. Die mit dem VOKALJÄGER gemessenen Phänomene sind in Abbildung 116 auf S. 405 in einer Auswahl zusammengefasst. Die wichtigsten Lautwandelvorgänge des Frankfurter Stadtdialekts sind dann in Abbildung 117 auf S. 407 abschließend dokumentiert. Tabelle 58 auf S. 412 ergänzt eine phonetisch-phonologische Gesamtübersicht über den Frankfurter Vokalismus.

- **Anhänge, S. 435 f.:** In den Anhängen werden allgemeine statistische Methoden beschrieben sowie spezielle mathematische, messphonetische oder klassifikationsphonetische Ergänzungen, die eher technischer Natur sind, beigelegt. Ebenso sind hier zusätzliche Messergebnisse dokumentiert.
- **Akronyme:** Ein Verzeichnis der technischen Abkürzungen und Variablen des VOKALJÄGERS sowie Laut- und Schriftzeichen als auch Belegsiglen, jeweils mit kurzer Erläuterung und Querverweis.
- **Belegverzeichnis:** Dieses Verzeichnis führt die Wortstämme auf, zu denen in Kapitel 9, Frankfurter Vokale im Wandel, Schriftbelege aus den Originalquellen gedruckt und untersucht werden. Die erschlossene frankfurterische Form ist ebenfalls beigegeben, so dass dieser Index ein kleines *historisches Aussprachewörterbuch des Frankfurter Stadtdialekts* darstellt.
- **Index:** Eine übergreifende Stichwortreferenz.

1.3 Übersicht über die Prozessschritte des Vokaljägers

In diesem Abschnitt folgt eine kurze Übersicht über die einzelnen Prozessschritte des VOKALJÄGERS im Kontext der Lauterzeugung und Laut- bzw. Merkmalerkennung. Abbildung 1 auf S. 10 stellt den Ablauf in einem Blockdiagramm dar.

- **Phonologische Regel (Block 1):** Am Anfang steht das phonologische Regelwerk. Dieses legt fest, welche Laute bzw. Merkmale in der vorliegenden Sprache oder dem vorliegenden Dialekt vorkommen und welche bedeutungsunterscheidend sind. Das Regelwerk hat eine historische Komponente. In einem Dialekt kommen eine regionale und eine soziologische hinzu. Das Erschließen bzw. Rückerschließen dieses Regelwerks für einen Dialekt, wie z. B. für das Frankfurterische, ist eine Zielsetzung der historischen Dialektphonologie.
- **Ausgehender Laut (Block 2):** Der Sprecher formt einen abstrakten Code aus den Bausteinen, die ihm das phonologische Regelwerk vorschreibt. Damit wird die Information codiert, die der Sprecher dem Empfänger zukommen lassen möchte. Der Einzelbaustein des Codes ist der *Laut*, die abstrakte motorische ‚Steueranweisung‘ an den Sprechapparat. In seiner abstrakten Form ist der Laut sprecher- und insbesondere geschlechtsunabhängig.
- **Sprechapparat und Lautschall (Block 3–4):** Der physische Artikulationsapparat des Sprechers exekutiert die Steueranweisung des abstrakten Lauts und erzeugt den physikalischen Lautschall. Dabei wird dem Laut eine physiologische Sprechercharakteristik aufgeprägt. So tendieren z. B. Frauen im Gegensatz zu Männern zu tendenziell höheren Frequenzen bei der Realisation desselben abstrakten Lauts, was physikalisch durch den vergleichsweise kürzeren Vokaltrakt bedingt ist. Der Lautschall ist der Ausgangspunkt des hörenden Verstehens beim menschlichen Empfänger der Lautbotschaft.
- **Hörapparat (Block 5):** Der Lautschall wird vom physischen auditorischen Apparat des Empfängers der Sprachnachricht aufgenommen.
- **Empfangener Laut (Block 6):** Der kognitive Prozess der menschlichen Lauterkennung decodiert den Lautschall klassifikationsphonetisch. Ist der Empfänger ein Phonetiker, kann er den gehörten (empfangenen) Laut nach seinem geschulten Gehör ohrenphonetisch in eine Lautschrift transkribieren und so klassifizieren. Für den VOKALJÄGER dient dies als Referenz bzw. Test, denn mit dem Laut und seinen Eigenschaften sind auch die den Laut auszeichnenden Merkmale festgelegt.

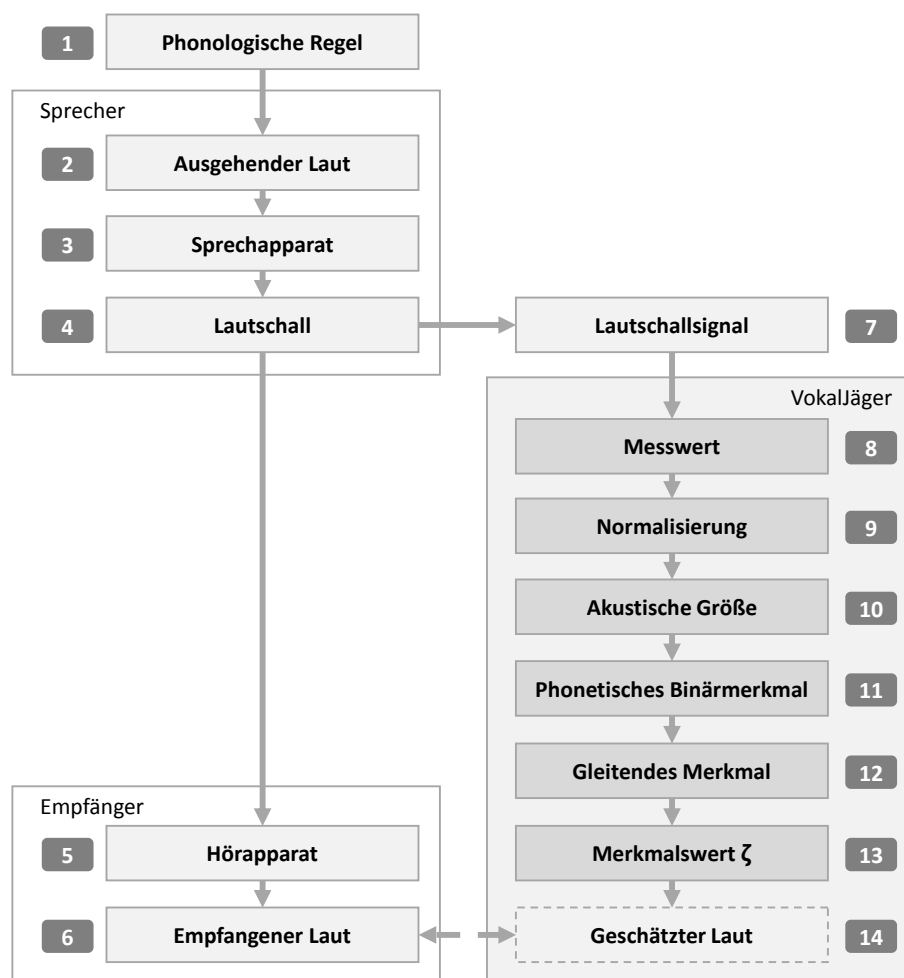


Abbildung 1: Die Prozesskette des VOKALJÄGERS: Der linke Ast beschreibt die menschliche Lauterzeugung und das menschliche Lautverstehen. Der rechte Ast stellt die algorithmische Prozesskette des VOKALJÄGERS dar.

- **Lautschallsignal (Block 7):** Das Lautschallsignal ist das physikalische Manifest des Lauts als Datensatz (z. B. als Schallplatte). Hier sind alle technischen Fragestellungen, wie etwa die Aufnahmequalität und -art, von maßgeblicher Bedeutung.
- **Messwert und Lautsignal (Block 8):** Die messphonetischen Methoden des VOKALJÄGERS greifen auf das Lautschallsignal in digitaler Form zu. Aus diesem wird ein Lautsignal akustischer Messwerte bestimmt, die für den im Lautschallsignal übertragenen Laut aufschlussreich und im Idealfall eindeutig repräsentativ sind. Für den VOKALJÄGER werden z. B. mit der Phonetiksoftware PRAAT Formanten in Rohform gemessen. Diese Messwerte eignen sich jedoch in der Regel nicht unmittelbar direkt zur Klassifikation von Lauten und müssen nachprozessiert werden.
- **Normalisierung (Block 9):** In dem Bearbeitungsschritt der Normalisierung bzw. Bereinigung werden für die Lautklassifikation irrelevante und störende Informationen aus dem akustischen Messwert eliminiert. Die wichtige Sprecher-normalisierung ist das Herausrechnen von Spezifika, die nur durch den physiologischen Artikulationsapparat des Sprechers bedingt sind. Diese Spezifika haben nichts mit dem Laut in seiner abstrakten Reinform zu tun und verhindern ein sprecherübergreifendes Vergleichen der Messwerte. Die Verfahren müssen zwingend robust gegenüber statistischen Störungen und systematischen Verzerrungen konstruiert werden. Der Messwert wird damit zum Lautsignal der akustischen Größe.
- **Akustische Größe (Block 10):** Die akustischen Größen sind die messphonetischen statistischen Variablen im VOKALJÄGER und dienen der Klassifikation von Lauten nach Mustergruppen mit bestimmten Merkmalen, den binären phonetischen Einzelmerkmalen. Das Lautsignal der akustischen Größe soll insbesondere sprecherunabhängig sein und entsteht aus dem Lautsignal des akustischen Messwerts durch mathematische Transformationen, die Bereinigung und Normalisierung zum Ziel haben. Die Prozesskette der Lautsignaltransformationen, Messwert → Normalisierung → akustische Größe, kann zyklisch sein. So mögen z. B. Ergebnisse der Normalisierung zur Identifikation und gegebenenfalls Eliminierung von extremen Messwerten verwendet werden. Auch kann eine akustische Größe selbst abermals einer Normalisierung oder Transformation unterworfen werden und eine neue akustische Größe formen. Die Normalisierung des VOKALJÄGERS ist robust gegenüber Messfehlern und dem Wechsel von Sprachkorpora.
- **Phonetisches Binärmerkmal (Block 11):** Das sogenannte phonetische *Binärmerkmal* des VOKALJÄGERS zeigt an, ob ein Laut, repräsentiert durch das Lautsignal der akustischen Größen, einer bestimmten Mustergruppe zugehört oder nicht. Die Mustergruppe wiederum ist durch bestimmte, sie repräsentie-

rende Laute, die sogenannten *Stützlaute*, definiert. Ein Beispiel ist das Binärmerkmal, das anzeigt, ob ein Laut ‚rund‘ ist oder nicht – wobei ‚rund‘ hier durch Ähnlichkeit mit den Stützlauten [y:/ø:/œ] repräsentiert wird. Mittels algorithmischer Klassifikationsmethodik schätzt der VOKALJÄGER die Wahrscheinlichkeit, dass ein Binärmerkmal in einem Lautsignal vorliegt. Dazu verwendet der VOKALJÄGER sogenannte *Binärklassifikatoren* aus dem Repertoire des *Machine-Learnings*.

- **Gleitendes Merkmal (Block 12):** Verschiedene Binärmerkmale bilden in Kombination ein *Ensemble*, welches für ein phonetisches Merkmal steht, das näher untersucht werden soll, z. B. die Öffnungsstufe der Hinterzungenvokale. In diesem Ensemble ist jedem Binärmerkmal eine sogenannte numerische *Elementarausprägung* zugewiesen. Als Beispiel nehme man die Binärmerkmale ‚offen‘, ‚halboffen‘, ‚halbgeschlossen‘ und ‚geschlossen‘, die die Elementarausprägungen 4, 3, 2 und 1 aufweisen. Die Kernidee ist nun, dass das dem Ensemble zugeordnete Merkmal zwischen den Elementarausprägungen *gleitet* und numerisch kontinuierliche Zwischenwerte annehmen kann, die sonst z. B. mit Diakritika notiert werden. Das Merkmal ist somit nicht mehr klassisch binär bzw. diskret, wie etwa bei Jakobson u. a. (1965), sondern ein *gleitendes phonetisches Merkmal*.
- **Merkmalswert ζ (Block 13):** Mathematisch-technisch wird nun der Erwartungswert der Elementarausprägungen im Ensemble errechnet und als *Merkmalswert* ζ (Zeta) bezeichnet. Der Merkmalswert ist eine kontinuierliche Größe und die neue, zentrale Maßzahl des VOKALJÄGERS. Der Merkmalswert ζ wird so errechnet, dass der quantalen Struktur der Laute Rechnung getragen wird: Nur signifikante und deutliche Abweichungen von einer Elementarausprägung führen zu einem Ergebnis, was numerisch vom Wert der Elementarausprägung differiert. Das gleitende phonetische Merkmal ist ein statistisches Maß. Mit diesem Konzept ist es möglich, wahrscheinlichkeitsgewichtete Merkmalsdifferenzen zu bestimmen und so z. B. zu testen, ob in in einem Dialekt ein bestimmtes Muster vorliegt oder nicht.
- **Geschätzter Laut (Block 14):** Theoretisch möglich wäre es, alle Informationen zu kombinieren und den abstrakten klassifikationsphonetischen Laut zu benennen, der am wahrscheinlichsten gesprochen wurde. Doch im Rahmen des VOKALJÄGERS, der auf Merkmale fokussiert, ist dies nachrangig und wird nicht durchgeführt.

Mit dem VOKALJÄGER kann man so Hypothesen der historischen Dialektphonologie quantitativ testen (etwa prüfen, ob das Dehnungs-A im Frankfurterischen noch verdunkelt ist). Phonetische Dialektalitätsmessung und quantitative phonetische Wörterbucheinträge sind damit möglich. Die Schaffung und Messbarmachung einer statistisch definierten Lautklangeigenschaft mit dem VOKALJÄGER ist das wesentliche neue Element.