

jeweils tatsächlich langsamer, schneller oder gleich schnell war, hängt von der authentischen Papiergeschwindigkeitsentwicklung ab.)

Die beiden mittleren Passagen zum Maßstab zu nehmen, kann dadurch begründet werden, daß in der Mitte eines Formteils am ehesten ein nur von der Eigenart dieses Formteils und nicht von großformalen Gestaltungsmomenten wie Anfangsgestaltung und Schlußgestaltung beeinflusstes Tempo erwartet werden kann. 19,1% entspricht dem Mittelwert aus den Werten für die beiden Passagen.

Höchste sinnvolle Interpretation: 82%.

Begründung: Die Wahl der Anfangspassagen kann dadurch begründet werden, daß dort am meisten die Marschbewegung über die expressiven Elemente des Notentextes dominiert.

Plausibelste Interpretation: 52,9%.

Begründung: Der Mittelwert aus allen sechs Werten lautet 52,9%.

Wirksame Umfangsvergrößerung: 9,6%.

Einheitlichkeitsfaktor: 0,87.

Individueller Faktor: 0,5.

Begründung: Die Versetzung der linken Hand in eine extrem tiefe Lage (vgl. „Auswahl der Meßstellen“) könnte gut ein geändertes Tempo provozieren, da der daraus entstehende düstere Klang eine Charakteränderung bewirkt und auch die geänderten Resonanzverhältnisse des Instruments ein geändertes Tempo fordern könnten. Dieses könnte sich (besonders im letztgenannten Fall) ausschließlich in den Takten mit versetzter linker Hand oder (besonders im Falle einer Charakteränderung) im ganzen Formteil auswirken. Würde sich die Tempoänderung punktuell in den Takten auswirken, die von der Versetzung betroffen sind (Takt 1-14, 21-22 und 29-30), müßte ein entsprechender Unterschied nachweisbar sein. Dies gilt tatsächlich für die Takte 1-10 und in abgeschwächtem Maße für die letztgenannten Zweitakter, da diese im Da Capo relativ zur Tempogestaltung beim ersten Mal langsam gespielt wurden; es gilt jedoch nicht für die Takte 11-14, so daß die Interpretation unsicher bleibt. Auch könnte das Tempo zusätzlich durch die Charakteränderung beeinflusst sein. Die Auswirkung dieses Faktors kann also nicht überprüft werden, wodurch die Ergebnisse wesentlich weniger signifikant werden.

Gewichtungskoeffizient: 0,435.

Hinweis auf Nichtlinearität: Durch die stark schwankenden Werte ist keine Bewertung möglich.

IV Endauswertung der Meßergebnisse

1. Qualitative Auswertung

In der folgenden Tabelle sind die Noten der qualitativen Einzelauswertungen dargestellt.

Nr.	Rolle	Interpret	Stück	Noten:	
				Papier	Walze
1	891	Stibbe-Duo	Schubert Fantasie f-Moll	5	1
2	1471	Bloomfield	Schubert-Tausig Marsch	3	3
3	4182	Serkin	Schubert Sonate c-Moll 1. Satz	4	2
"	"	Serkin	Schubert Sonate c-Moll 2. Satz	5	5
"	4183	Serkin	Schubert Sonate c-Moll 3. Satz	4	3
"	"	Serkin	Schubert Sonate c-Moll 4. Satz	5	2
4	3315	László	Schubert Unvollendete	5	2
(5)	3822	Gieseking	Bach Partita B (ausgeschlossen)		
6	2968	d'Albert	Beethoven Sonate op. 2,3 1. Satz	3	4
"	"	d'Albert	Beethoven Sonate op. 2,3 2. Satz	5	5
7	383	Schnabel	Schubert Impromptu op. 90,4	5	2
8	372	Carreño	Beethoven Sonate op. 53 1. Satz	5	2
9	185	Grünfeld	Beethoven Andante WoO 57	5	5
10	326	Reisenauer	Beethoven Capriccio op. 129	5	5
11	560	Lamond	Beethoven Sonate op. 13 1. Satz	4	3
"	562	Lamond	Beethoven Sonate op. 13 3. Satz	5	5
12	1837	Fischer	Beethoven Sonate op. 13 1. Satz	2	5
"	1838	Fischer	Beethoven Sonate op. 13 3. Satz	3	5
13	1840	Fischer	Beethoven Sonate op. 10,3 1. Satz	5	2
"	1839	Fischer	Beethoven Sonate op. 10,3 2. Satz	4	4
"	"	Fischer	Beethoven Sonate op. 10,3 3. Satz	5	5
"	"	Fischer	Beethoven Sonate op. 10,3 4. Satz	5	5
14	1761	Buhlig	Schubert Sonate B-Dur 1. Satz	5	1
"	1763	Buhlig	Schubert Sonate B-Dur 3. Satz	4	3
"	"	Buhlig	Schubert Sonate B-Dur 4. Satz	4	3
15	567	Lamond	Chopin Trauermarsch	4	4
16	1670	Margolies	Chopin Trauermarsch	4	4

Tabelle 1: Qualitative Auswertung

Daraus ergibt sich folgender Notenspiegel, der die Häufigkeit der einzelnen Noten für die beiden Hypothesen angibt:

Note	Papiergeschw.	Walzengeschw.
1	0	2
2	1	6
3	3	5
4	8	4
5	14	9
Gesamt	26	26

Tabelle 2: Notenspiegel

Die Häufigkeit der Note 5 erklärt sich daraus, daß sie nicht nur vergeben wurde, wenn die Ergebnisse der jeweiligen Hypothese deutlich widersprachen, sondern auch dann, wenn sie nicht dazu taugten, einen Beleg für die Hypothese zu geben (vgl. S. 59). Daher wurden Aufnahmen mit starken Temposchwankungen oder mit in eine ganz andere Richtung weisender Gestaltung für beide Hypothesen mit 5 bewertet – häufig insbesondere bei kurzen Sätzen, bei denen der Grad der Umfangsvergrößerung deutlich hinter den allgemeinen Temposchwankungen zurückblieb.

Der Notenspiegel zeigt eine eindeutige Präferenz für die Walzengeschwindigkeitshypothese. Note 1 wurde für die Papiergeschwindigkeitshypothese überhaupt nicht vergeben, und die Noten 2 und 3 wurden deutlich seltener vergeben als die Noten 1 und 2 für die Walzengeschwindigkeitshypothese. Die Note 5 wurde für die Walzengeschwindigkeitshypothese nur in zwei Fällen gleichzeitig mit einer besseren Note für die Papiergeschwindigkeitshypothese vergeben, in den anderen sieben Fällen wurden beide Hypothesen mit 5 bewertet. Das bedeutet, daß es nur zwei Fälle gab, in denen die Quotiententabelle ein unglaubliches Bild gab, die cm-Tabelle aber deutlich besser war. Umgekehrt trat dieser Fall sieben Mal auf. In acht Fällen wurde die Walzengeschwindigkeitshypothese wenigstens zwei Noten besser bewertet als die Papiergeschwindigkeitshypothese, während der umgekehrte Fall nur zweimal eintrat. Diese Fälle kamen bemerkenswerterweise beide in zwei Sätzen der *Pathétique*, gespielt von Edwin Fischer, vor.

Da bei der Notenvergabe (die erst erfolgte, nachdem die Tendenz des Ergebnisses im Groben bekannt war) bewußt darauf geachtet wurde, daß das Ergebnis nicht zuungunsten der Papiergeschwindigkeitshypothese verzerrt würde, so daß in Zweifelsfällen eher zugunsten dieser entschieden wurde, kann eine starke tendenzielle Beeinflussung ausgeschlossen werden. Auch wenn bei der Interpretation der Meßwerte aufgrund der zahlreichen zu berücksichtigenden Faktoren eine mögliche unbewußte Tendenz, ein eindeutiges Ergebnis zu bevorzugen, nicht vollständig kontrolliert werden kann, ist es daher sehr unwahrscheinlich, daß eine so starke Präferenz für die Walzengeschwindigkeitshypothese nur aufgrund unbewußter Beeinflussung und zufälliger Faktoren zustande kommen könnte. Die Papiergeschwindigkeitshypothese kann somit als widerlegt gelten. Die Walzengeschwindigkeitshypothese ist damit natürlich nicht bewiesen, da es noch zahlreiche andere denkbare Möglichkeiten gibt, die bei dieser Betrachtung ausgeklammert wurden.

Lediglich kann gesagt werden, daß die authentische Rollenwiedergabe sich vermutlich wesentlich weniger von der gleichmäßigen Walzengeschwindigkeit als von der gleichmäßigen Papiergeschwindigkeit entfernt. Unmittelbar anschaulich wird dies übrigens beim vergleichenden Anhören der Hörbeispiele 47, 49 und 50 auf der beigelegten CD.

Die Notentabelle gibt noch zu einigen zusätzlichen Überlegungen Anlaß. Obwohl mehr Beispiele von Beethoven als von Schubert ausgewählt wurden, sind die meisten hochsignifikanten Ergebnisse zugunsten der Walzengeschwindigkeitshypothese bei Werken von Schubert zu verzeichnen. Nur in zwei Sätzen von Beethoven (Nr. 8 und Nr. 13 1. Satz) konnte für die Walzengeschwindigkeitshypothese die Note 2 vergeben werden, alle anderen Beispiele sind von Schubert. Hingegen sind alle drei Beispiele, bei denen die Papiergeschwindigkeitshypothese die bessere Note erhielt, von Beethoven. Würde sich die Auswertung nur auf die Werke von Beethoven stützen, wäre der Unterschied zwischen den beiden Hypothesen sogar zu gering gewesen, um eine Entscheidung zu ermöglichen. Da außerdem die beiden Chopin-Rollen keine Präferenz für eine der beiden Hypothesen zeigen, sind es ausschließlich die Werke von Schubert, die den Ausschlag für die Walzengeschwindigkeitshypothese gaben. Es stellt sich daher die Frage, ob es eventuell in der Musik von Schubert (bzw. in der für die Zeit zwischen 1905 und 1928 geltenden Auffassung von derselben) liegende Gründe geben könnte, die eine allmähliche Verlangsamung des Tempos verursachen könnten. Dann wäre unsere Entscheidung zugunsten der Walzengeschwindigkeitshypothese natürlich hinfällig.

Es gibt jedoch mehrere Gründe, die bei genauer Betrachtung der Struktur des Ergebnisses dafür sprechen, daß die Aussagekraft der Analyseergebnisse an Schubertschen Werken tatsächlich größer ist als bei Beethoven. (Vgl. dazu auch Tabelle 3, S. 127.) Zunächst einmal ist es die Tatsache, daß fast alle extrem langen Sätze aus Schubertschen Werken stammen. Von den Werken mit 12 Prozent oder mehr wirksamer Umfangsvergrößerung sind fünf von Schubert und zwei von Beethoven, und von den zwei Beethovenschen ist eines (Nr. 9) nicht aussagekräftig, während das Ergebnis des anderen (Nr. 11, 1. Satz) in der Tendenz den Schubertschen Beispielen entspricht. Ein weiterer Grund besteht darin, daß die Tendenz der aussagekräftigen Schubertschen Beispiele ziemlich einheitlich ist, während die Beethovenschen Beispiele extreme Differenzen zeigen. Es scheint somit im Wesen der Beethovenschen Musik bzw. ihrer Behandlung in der *Welt-Mignon-Zeit* zu liegen, daß häufig starke Temposchwankungen auftreten und eigenwillige Gestaltungskonzepte angewendet werden. Daß es mehrfach vorkam, daß die cm-Werte ein einigermaßen ausgewogenes Bild zeigen (was im Rahmen des Gesamtergebnisses so interpretiert werden muß, daß sich das Tempo allmählich beschleunigt, da sich die Papiergeschwindigkeit ja allmählich erhöht), ist vermutlich ein Ausdruck der starken Stringenz der Beethovenschen Musik, also einer absichtlichen „Unausgewogenheit“, die daraus resultiert, daß die Musik etwas in Bewegung bringt, was nicht wieder in seinen Anfangszustand zurückkehren will und soll. Daß bestimmte Sätze (op. 10,3, 1. Satz, op. 53, 1. Satz) dieser

Stringenz weniger unterliegen als andere (op. 13, 1. Satz), läßt sich am Charakter dieser Sätze nachvollziehen.⁹⁷

2. Quantitative Auswertung

Die Tabelle auf der nächsten Seite gibt einen Überblick über die Ergebnisse der quantitativen Einzelauswertungen. Unter der Tabelle sind die Durchschnittswerte für die niedrigste, höchste und plausibelste Interpretation angegeben. Es wurden dabei zwei verschiedene Verfahren der Mittelwertbildung und neben der ungewichteten Rechnung zwei Gewichtungsarten angewandt. Das arithmetische Mittel minimiert die Summe der quadratischen Abweichungen der Einzelwerte vom Mittelwert, während der Median die Summe der Abweichungsbeträge minimiert.⁹⁸ Das hat zur Folge, daß Einzelwerte mit großer Abweichung vom Mittelwert durch das arithmetische Mittel stärker berücksichtigt werden als durch den Median. Statistisch gesehen hat das arithmetische Mittel den Vorteil, weniger von der zufälligen Stichprobensammensetzung abzuhängen. Hier spricht jedoch einiges für die Verwendung des Median, weil bei weit abliegenden Werten zu vermuten ist, daß sie durch eine eigenwillige musikalische Konzeption zustande kommen, so daß eine verstärkte Berücksichtigung zu einer Verfälschung des Ergebnisses führen würde. Der Median zählt nur, wieviele Werte oberhalb bzw. unterhalb liegen, ohne zu berücksichtigen, wie weit diese entfernt sind. Die ungewichtete bzw. nur mit dem Einheitlichkeitsfaktor (ohne den relativ stark subjektiv bestimmten Individuellen Faktor) gewichtete Mittelwertbildung geschah vor allem, um eine gewisse Kontrolle über die Auswirkung der subjektiven Bewertung zu haben. Daß die ungewichtete Rechnung bei der niedrigsten und höchsten Interpretation zu stark abweichenden Resultaten führt, ist selbstverständlich, weil der Einheitlichkeitsfaktor, der hauptsächlich bzw. vollständig die Gewichtung bestimmt, sich zum großen Teil umgekehrt proportional zu der Diskrepanz zwischen niedrigster und höchster Interpretation verhält, sodaß eine starke Tendenz besteht, niedrige Werte der niedrigsten Interpretation gering und hohe Werte stark zu gewichten, während es bei der höchsten Interpretation umgekehrt ist. Daß die Werte des Median für die Extreminterpretationen weniger auseinanderdriften als die arithmetischen Mittel, erklärt sich durch die schiefe Verteilungsform, die

97 Adolf Bernhard Marx beispielsweise, der die Taktfreiheit als eine der wichtigsten Voraussetzungen zum Vortrag Beethovens begreift und Taktfestigkeit mehr für Märsche und Tänze reserviert wissen will, nennt ausdrücklich die Sonate op. 53 als Beispiel für ein Stück Beethovens, das es »vorzugsweis' auf Tonspiel abgesehen« habe, dessen »Inhalt und Zweck den tiefern Gemüthsbewegungen fern« bleibe und bei dem infolgedessen auch die Taktfestigkeit »mehr oder weniger« am Platze sein möge. (Ders., *Anleitung zum Vortrag Beethovenscher Klavierwerke*, Berlin 1863, S. 8 und 66.)

98 Zur Theorie der Mittelwertbildung vgl. Jürgen Bortz, *Lehrbuch der Statistik*, Berlin, Heidelberg und New York 1979, S. 43 ff. Der gewichtete Median ist derjenige Wert, bei dem die Summe der Gewichte aller oberhalb des Werts gelegenen Einzelwerte genau der Summe der Gewichte aller unterhalb dieses Werts gelegenen Einzelwerte entspricht.

Erläuterung

In der Tabelle werden folgende Abkürzungen verwendet:

NsI = Niedrigste sinnvolle Interpretation
 HsI = Höchste sinnvolle Interpretation
 PI = Plausibelste Interpretation
 WUv = Wirksame Umfangsvergrößerung

IF = Individueller Faktor
 EF = Einheitlichkeitsfaktor
 GK = Gewichtungskoeffizient
 AM = Arithmetisches Mittel

Bei den in Prozent angegebenen Zahlen (Spalte NsI, HsI, PI, WUv) ist das Prozentzeichen (%) weggelassen. Auch auf die Angabe der Stücke wurde aus Platzgründen verzichtet. Die Reihenfolge entspricht Tabelle 1 (S. 123)

* in der Spalte WUv (Wirksame Umfangsvergrößerung) bedeutet, daß das Stück nicht am Anfang der Rolle beginnt.

Nr	Rolle	Interpret	NsI	HsI	PI	WUv	EF	IF	GK
1	891	Stibbe-Duo	76	113,4	94,7	22	1,66	0,8	1,328
2	1471	Bloomfield	-8	125	58,5	10	0,55	0,5	0,275
3	4182	Serkin	69,5	156,5	111	8	0,67	1	0,67
"	"	Serkin	-25	178	76,5	9,3*	0,39	0,5	0,195
"	4183	Serkin	100	170	135	4,35	0,54	0,8	0,432
"	"	Serkin	83	99	89	13,5*	1,89	0,8	1,512
4	3315	László	62	87	71,5	23,5	2,16	0,6	1,296
5	3822	Gieseking	(ausgeschlossen)						
6	2968	d'Albert	40	57	47	10,7	1,57	0,5	0,785
"	"	d'Albert	-46	352	90	6,6*	0,21	0,25	0,0525
7	383	Schnabel	62	98	86	14,9	1,44	1	1,44
8	372	Carreño	131	172	141	10,1	1,1	1	1,1
9	185	Grünfeld	-137	159	11	20	0,31	0,5	0,155
10	326	Reisenauer	0	206	103	10,5	0,39	0,5	0,195
11	560	Lamond	68	68	68	12	2,4	0,8	1,92
"	562	Lamond	-28	225	71,5	9,4	0,33	1	0,33
12	1837	Fischer	-44,3	49,5	18,2	10	0,7	1	0,7
"	1838	Fischer	-93	34	21	5,8*	0,41	1	0,41
13	1840	Fischer	66,6	143	111	11,7	0,84	1,5	1,26
"	1839	Fischer	0	100	25	10	0,67	0,8	0,536
"	"	Fischer	(ausgeschlossen)						
"	"	Fischer	(ausgeschlossen)						
14	1761	Buhlig	78	95,1	83,7	20,3	2,4	1	2,4
"	1763	Buhlig	66	123,7	92	5	0,63	1	0,63
"	"	Buhlig	52,3	106	93,8	6,5*	0,77	1,2	0,924
15	567	Lamond	29,6	82,9	56,2	13,7	1,11	1	1,11
16	1670	Margolies	19,1	82	52,9	9,6	0,87	0,5	0,435
		AM (gewichtet)	54,0	106,4	80,6				
		AM (ungewichtet)	25,9	128,4	75,3				
		(nur mit EF gew.)	50,3	106,0	77,6				
		Median (gewichtet)	66,6	98,0	83,7				
		Median (ungewichtet)	46,2	109,7	80,1				
		(nur mit EF gew.)	66,0	98,0	83,7				

Tabelle 3: Quantitative Auswertung

dadurch zustandekommt, daß bei der niedrigsten Interpretation relativ häufig extrem niedrige Werte vorkommen (wenn nämlich die Extreminterpretationen weit auseinanderklaffen), aber nur sehr selten hohe Werte (und umgekehrt für die höchste Interpretation). Da das arithmetische Mittel die großen Abweichungen stärker gewichtet, fällt es für die niedrigsten Interpretationen kleiner und für die höchsten Interpretationen größer aus. Man sieht daran auch, daß der Median gegen eine systematische subjektive Beeinflussung der Meßwerte (wie sie bei den Extreminterpretationen bewußt versucht wurde) weniger empfindlich ist, als das arithmetische Mittel.

Daß alle sechs Durchschnittswerte für die plausibelsten Interpretationen dicht beieinander liegen, zeigt, daß die plausibelsten Interpretationen und Gewichtungskoeffizienten sich in etwa symmetrisch verteilen. Der größte Unterschied besteht zwischen dem gewichteten Median (83,7%) und dem ungewichteten arithmetischen Mittel (75,3%). Dieser Unterschied hätte bei einer sehr langen Rolle (30% Umfangsvergrößerung) am Schluß eine Tempodifferenz von 2% zur Folge. Für einen großen Teil der Rollen bleibt die Differenz unter 1%.

Unter bestimmten Voraussetzungen können für Durchschnittswerte (arithmetische Mittel und Mediane) Vertrauensintervalle angegeben werden. Vertrauensintervalle sind nach unten und oben abgegrenzte Bereiche, in denen der wirkliche, für die Grundgesamtheit geltende Durchschnittswert mit einer explizit angebbaren Wahrscheinlichkeit tatsächlich liegt. Die Grundgesamtheit ist dabei die Menge, aus der die Teilmenge („Stichprobe“) ausgewählt wurde, die die Grundlage für die Berechnung des Durchschnittswerts und des Vertrauensintervalls gibt. Das Ziel einer statistischen (und unserer, nur teilweise statistischen Methoden folgenden) Untersuchung ist nicht, Informationen über die untersuchte Stichprobe zu bekommen, sondern über die zugehörige Grundgesamtheit. Daher interessiert nicht der genaue Mittelwert für die Stichprobe (der von vielen zufälligen Faktoren der Stichprobenermittlung und Messung abhängt), sondern die Frage, eine wie genaue Aussage aus den Meßergebnissen an der Stichprobe über die Grundgesamtheit gemacht werden kann. In unserem Fall ist die Grundgesamtheit eine virtuell unendlich große Menge, nämlich die Menge der möglichen Welte-Mignon-Aufnahmen, aus der die Menge der tatsächlich gemachten Aufnahmen bereits eine Zufallsauswahl ist. Aus der Menge der tatsächlich gemachten Aufnahmen wurde für unsere Untersuchung wiederum eine Stichprobe nach Kriterien ausgewählt, die nach Möglichkeit sicherstellen sollten, daß die untersuchten Rollen sich einerseits in ihrer Grundtendenz in bezug auf das untersuchte Merkmal (die Tempoveränderung in Abhängigkeit von der Umfangsvergrößerung) wie die Grundgesamtheit verhalten, andererseits aber möglichst wenig von Störfaktoren betroffen sind, die die Grundtendenz verunklaren können. Die Annahme einer virtuell unendlich großen Grundgesamtheit ist notwendig, weil nicht der Durchschnittswert interessiert, der sich für alle existierenden Welte-Mignon-Aufnahmen gerade ergibt⁹⁹, sondern

derjenige Wert, zu dem der Durchschnittswert aller existierenden Aufnahmen konvergieren würde, wenn man die Welte-Aufnahmen unter gleichbleibenden Bedingungen unendlich lange fortsetzen würde.

Daß die Abweichungen des Durchschnittswerts vom für die Grundgesamtheit geltenden Wert nur durch zufällige Faktoren zustande kommt, ist unabdingbare Voraussetzung für die Richtigkeit des Vertrauensintervalls. Zufällig heißen dabei alle Faktoren, die sich nicht in einer Weise auf die Auswahl der Stichprobe oder die Ermittlung der Meßwerte auswirken, die zur Folge hat, daß der Erwartungswert für den Durchschnittswert der Stichprobe (also derjenige Wert, um den die Untersuchungsergebnisse streuen würden, wenn viele Untersuchungen an ebenso vielen, unabhängig voneinander aus der Grundgesamtheit ermittelten Stichproben gemacht würden¹⁰⁰) vom Durchschnittswert der Grundgesamtheit abweicht. Da in dieser Untersuchung für die Auswahl der Stichprobe (Rollen und Meßstellen) aus genannten Gründen (S. 54 f.) kein Zufallsverfahren oder statistischen Anforderungen genügendes Verfahren der repräsentativen Auswahl angewendet werden konnte, haben die Vertrauensintervalle nur Gültigkeit im Rahmen der Annahme, daß unsere Auswahl die Durchschnittswerte nicht systematisch verfälscht hat.

Unter dieser Voraussetzung kann man sagen, daß *das ungewichtete arithmetische Mittel der Grundgesamtheit mit 99% Wahrscheinlichkeit zwischen 57,0% und 93,0% Auswirkung der Umfangsvergrößerung liegt.*¹⁰¹

Um ein Vertrauensintervall auch für das gewichtete arithmetische Mittel zu bekommen, sind weitere Voraussetzungen notwendig. Insbesondere muß die Beziehung zwischen Gewichtungskoeffizient und durchschnittlicher Abweichung vom Mittelwert bekannt sein. Es ist zwar sicher, daß ein geringerer Gewichtungsfaktor im Durchschnitt eine höhere Abweichung vom Mittelwert erwarten läßt, da er ja so konzipiert wurde, daß er diejenigen Analyseergebnisse abwertet, die starke Schwankungstendenzen zeigen und diejenigen aufwertet, die sich sehr einheitlich und somit auch höchstwahrscheinlich „normal“ verhalten. Wie diese Beziehung jedoch im einzelnen genau aussieht, ist wegen des hohen subjektiven Anteils bei der Bewertung kaum festzustellen. Am sinnvollsten ist es jedoch anzunehmen, daß die zu erwartende Abweichung vom Mittelwert umgekehrt proportional zur Wurzel aus dem Gewichtungskoeffizienten ist, da das gewichtete arithmetische Mittel die Summe der Produkte aus quadrierter Abweichung und Gewichtungskoeffizient minimiert.¹⁰² Nimmt man diese Voraussetzung als gegeben, ergibt sich *als*

hinzu, ändert sich in der Regel der Durchschnittswert, ohne daß das zu untersuchende Phänomen eine Änderung erfahren würde.

100 Das ist hier nur als Gedankenexperiment möglich, da die Vorauswahl der Stichprobe, die dadurch bestimmt ist, welche Aufnahmen tatsächlich gemacht wurden, nicht wiederholt werden kann.

101 Zur Berechnung des Vertrauensintervalls für eine bestimmte, vorgegebene Wahrscheinlichkeit vgl. Bortz, a. a. O., S. 129 ff. Formal ist die Normalverteilung der Mittelwertverteilung Voraussetzung, die jedoch bei einer Stichprobengröße von 24 und in grober Näherung normalverteilter Grundgesamtheit als mit hinreichender Genauigkeit gegeben betrachtet werden kann. (Ebd. S. 119.)

102 In einer Formel: Das gewichtete arithmetische Mittel ist die Zahl x , die den Ausdruck

99 Die Zusammensetzung der Gesamtheit der existierenden Welte-Mignon-Aufnahmen ist durch zahlreiche historische Zufälle bedingt. Nimmt man eine beliebige Aufnahme heraus oder fügt eine

Vertrauensintervall mit 99% Wahrscheinlichkeit für das gewichtete arithmetische Mittel der Bereich zwischen 64,9% und 96,2%.

Für Medianwerte sind Vertrauensintervalle schwieriger anzugeben. Im allgemeinen sind die Vertrauensintervalle beim Medianwert etwas breiter als beim arithmetischen Mittel, ihre Breite hängt jedoch von der Werteverteilung in der Grundgesamtheit weit stärker als beim arithmetischen Mittel ab. Da diese Verteilung unbekannt ist, wird hier auf eine Angabe des Vertrauensintervalls verzichtet. Der enge Spielraum, den die gewichteten Medianwerte von niedrigster und höchster Interpretation lassen, spricht jedoch dafür, daß der richtige Wert zwischen 66% und 98% liegt. Dieser Spielraum beschreibt im Gegensatz zum oben genannten Vertrauensintervall nicht die durch die zufällige Zusammensetzung der Stichprobe entstehende Unschärfe des Ergebnisses, sondern die Breite des subjektiven Interpretationsspielraums im Rahmen der gegebenen Meßwerte.

Ein prinzipielles Problem jedes quantitativen Ergebnisses besteht darin, daß es keinen Aufschluß mehr über den Grund für die Tendenz geben kann, die es aufweist. Daher wird das Ergebnis der qualitativen Auswertung, daß die Papiergeschwindigkeitshypothese unplausibel, die Walzengeschwindigkeitshypothese aber akzeptabel ist, nicht unbedingt durch die Tatsache widerlegt, daß der Wert von 100% Auswirkung der Umfangsvergrößerung, dem die Walzengeschwindigkeitshypothese entspricht, aus den Vertrauensintervallen herausfällt. Statt einer geringen Verlangsamung der Walzengeschwindigkeit könnte sich in dem errechneten Ergebnis eine allgemeine Tendenz der Interpreten, Reprisen und Da Capos etwas flüssiger als Expositionen zu spielen, ausdrücken. Läge der für die Grundgesamtheit gültige Wert bei 80% und wäre die Walzengeschwindigkeitshypothese richtig, würde die durchschnittliche Beschleunigung des authentischen Tempos für eine Rolle mit 20% Umfangsvergrößerung von Anfang bis Ende 3,4% betragen, was nicht so viel ist, als daß es nicht auf ein den Interpreten vielleicht unbewußtes musikpsychologisches Phänomen zurückgehen könnte. Ebensogut ist es aber denkbar, daß bei der Aufnahme wie bei der Wiedergabe ein pneumatischer Motor für den Rollenantrieb verantwortlich war, der wegen des bei zunehmender Walzenverdickung ungünstiger werdenden Hebels, über den der mechanische Widerstand wirkt (vgl. Abbildung S. 43), eine geringfügige Verlangsamung des Motors zum Ende hin bewirkte, die etwa einer linearen Papiergeschwindigkeitsentwicklung mit 80% Auswirkung der Umfangsvergrößerung entspricht.

$$\sum_{i=1}^n (x - x_i)^2 \cdot g_i$$

minimiert, wobei x_i die Einzelwerte, g_i die Gewichtungskoeffizienten sind und n die Anzahl der Werte angibt, über die gemittelt wird. Diese Eigenschaft des gewichteten arithmetischen Mittels könnte man sogar als seine Definition verwenden. Daher wird es am besten dann angewendet, wenn die vom Gewichtungskoeffizienten abhängige Varianz umgekehrt proportional zum Gewichtungskoeffizienten ist. Die häufigste Anwendung des gewichteten arithmetischen Mittels besteht in der Ermittlung eines Gesamtmittelwertes aus Einzelmittelwerten, welche aus unabhängig voneinander aus derselben Grundgesamtheit ermittelten Zufallsstichproben verschiedener Größe ermittelt wurden. Die Gewichtungskoeffizienten sind dann mit den Stichprobengrößen identisch. In diesem Fall folgt die oben genannte Proportionalitätsbeziehung aus einer statistischen Gesetzmäßigkeit.

Für heutige Überspielungen von Welte-Mignon-Aufnahmen auf moderne Tonträger, bei denen angesichts der großen Bedeutung der Tondokumente an technischem Aufwand nicht gespart werden sollte, scheint es günstig, (solange eine vollkommene Wiedergabe auf einem modernen Computerflügel noch nicht möglich ist) den pneumatischen Motor durch einen elektronisch kontrollierten Elektromotor zu ersetzen, der entweder (was die einfachste Lösung ist) die Walzengeschwindigkeit konstant hält oder – bei gleichzeitiger Messung der Papiergeschwindigkeit – durch einen Computer kontrolliert wird, womit sich letzte Gleichlaufschwankungen beseitigen ließen und ohne Schwierigkeiten auch eine lineare Papiergeschwindigkeitsentwicklung mit 80% Auswirkung der Umfangsvergrößerung erreicht werden könnte.

3. Weitere Prüfverfahren

Zunächst sei die Frage gestellt, ob sich aus den Meßwerten Rückschlüsse über ein eventuelles nichtlineares Verhalten der Meßwerte ziehen lassen. Wie Tabelle 4 zeigt, gibt es unter den in der Rubrik „Hinweis auf Nichtlinearität“ versammelten Einzelbewertungen keine eindeutige Tendenz. Die weitaus größte Zahl der Beispiele läßt überhaupt keine Rückschlüsse auf Nichtlinearität zu. Bei den Aufnahmen, die eine Tendenz erkennen lassen, ist diese meist so undeutlich ausgeprägt, daß andere Ursachen zur Erklärung der Unregelmäßigkeiten besser taugen. Unter den Aufnahmen mit deutlicher Tendenz zur Nichtlinearität befindet sich das Andante in F-Dur von Beethoven, gespielt von Grünfeld, das wegen der starken Parallelstellenvariation wenig aussagekräftig ist. Die einzigen Beispiele mit deutlicher Tendenz, die noch übrig bleiben, sind zwei Sätze aus der Beethovenschen Pathétique, gespielt von Lamond, deren Tendenz in unterschiedliche Richtung weist.

	Anzahl Aufnahmen	
1. Hinweis auf zunehmende Auswirkung der Umfangsvergrößerung	a) klare Tendenz:	1
	b) schwache Tendenz:	1
2. Hinweis auf abnehmende Auswirkung der Umfangsvergrößerung	a) klare Tendenz:	2
	b) schwache Tendenz:	4
3. Hinweis auf Linearität:		2
4. Keine Aussage möglich:		14

Tabelle 4: Nichtlinearitäten

Natürlich ist das kein Beweis für die Linearität, da die meisten Aufnahmen sich schon wegen der Anordnung der Vergleichsstellen nicht für den Nachweis einer möglichen Nichtlinearität eignen. Die Vergleichsstellen wurden ausschließlich nach dem Kriterium der Aussagekraft in bezug auf Tempounterschiede zwischen Anfang und Ende der Rolle ausgewählt, so daß möglichst weit auseinanderliegende Passagen bevorzugt wurden.

Beim Abspielvorgang ist nicht nur die Dicke der aufnehmenden Walze, sondern auch die Dicke der sich abwickelnden Rolle ein Faktor, der für die Auswirkung der Umfangsverdickung eine Rolle spielt. Daher kann selbst bei gleicher Anfangsgeschwindigkeit, gegebener Einstellung und Ausschaltung aller Unregelmäßigkeiten die Papiergeschwindigkeit nach 5 Minuten Spieldauer leicht variieren, je nachdem, ob es sich um eine 5-Minuten-Rolle oder eine 15-Minuten-Rolle handelt. Falls die Abstandsverhältnisse auf der Aufnahmerolle dieselben wie auf der Mutterrolle sind, was aus praktischen Gründen wahrscheinlich ist (vgl. S. 45), kann dieser Unterschied jedoch kaum bereits bei der Aufnahme aufgetreten sein; mit Sicherheit wurde das Papier bei der Aufnahme von einer größeren Rolle abgewickelt, um Zeitprobleme am Ende der Rolle zu vermeiden, falls der Interpret einmal etwas langsamer spielen sollte, beziehungsweise um ein vorheriges Abstoppen der Zeit überflüssig zu machen. Daher ist es sinnvoll anzunehmen, daß der Unterschied zwischen der *authentischen* Papiergeschwindigkeit am Anfang und nach 5 Minuten nicht von der Gesamtlänge der Rolle abhängt. Wäre dem so, müßte sich eine Nichtlinearität darin auswirken, daß der Erwartungswert für die plausibelste Interpretation von der wirksamen Umfangsvergrößerung bei der Auswertung abhinge.¹⁰³ Um dieses zu testen, wurden die gewichteten arithmetischen Mittel jeweils für Untergruppen der untersuchten Rollen gebildet, die jeweils ähnliche Umfangsvergrößerungen haben. Die Aufnahmen, die nicht am Anfang der Rolle beginnen, wurden als besondere Gruppe behandelt. Es ergaben sich folgende Werte:

	<u>gew. Mittel</u>
Gruppe 1: Wirksame Umfangsvergrößerung 4,35%-8% (3 Aufnahmen, Gesamtgewicht 1,732)	110,1%
Gruppe 2: Wirksame Umfangsvergrößerung 9,4%-10,7% (8 Aufnahmen, Gesamtgewicht 4,356)	69,1%
Gruppe 3: Wirksame Umfangsvergrößerung 11,7%-14,9% (4 Aufnahmen, Gesamtgewicht 5,73)	79,7%
Gruppe 4: Wirksame Umfangsvergrößerung 20%-23,5% (4 Aufnahmen, Gesamtgewicht 5,179)	81,3%
Gruppe 5: Nicht am Rollenanfang beginnende Stücke (5 Aufnahmen, Gesamtgewicht 3,094)	80,7%

Tabelle 5: Plausibelste Interpretation in Abhängigkeit von der Umfangsvergrößerung

Man könnte einen statistischen Test machen, ob sich die Mittelwerte signifikant voneinander unterscheiden. Dieser Test ist jedoch nicht einmal notwendig, da eine

¹⁰³ Wäre beispielsweise die Auswirkung der Umfangsvergrößerung auf die Papiergeschwindigkeit am Anfang größer als später, müßte sich bei kurzen Rollen im Durchschnitt eine (relativ) starke Verlangsamung der cm-Tempi feststellen lassen, während diese Verlangsamung bei langen Rollen geringer ausfiele, weil dort nur die durchschnittliche, also eine mittlere Verlangsamung wirksam würde.

genauere Betrachtung der Werte zeigt, daß sie sehr homogen sind: Der erste, am stärksten herausfallende Wert wurde aufgrund von nur drei relativ gering gewichteten Aufnahmen errechnet, so daß eine größere Abweichung nicht unwahrscheinlich ist. Zudem ließe sich die Hypothese, daß zu Anfang eine deutlich stärkere Auswirkung der Umfangsvergrößerung notwendig sei, nicht durch weitere Werte stützen, da die letzten drei Werte, die dann deutlich kleiner als der Gesamtmittelwert (80,6) sein müßten, sich von diesem kaum unterscheiden. Auch beträgt das gewichtete Mittel für die ersten beiden Gruppen zusammen (also alle Aufnahmen bis 10,7% wirksamer Umfangsvergrößerung) 80,7%, was ebenfalls dem Gesamtmittelwert fast exakt entspricht. Der Mittelwert der zweiten Gruppe liegt bereits innerhalb des Vertrauensintervalls des Gesamtmittelwerts, so daß es gut möglich ist, daß die Abweichung zufällig zustande kommt.

Somit sprechen die Meßwerte dafür, daß die Papiergeschwindigkeitsentwicklung wenigstens näherungsweise linear verlaufen soll. Eine starke Nichtlinearität im Papiergeschwindigkeitsverlauf, die bei der Umrechnung der Werte in Zeitwerte berücksichtigt werden müßte bzw. beim Abspielvorgang zur Erzielung des authentischen Tempos reproduziert werden müßte, scheint nicht vorzuliegen.

Anhand der Meßwerte läßt sich auch überprüfen, ob es signifikante Unterschiede in Abhängigkeit vom Aufnahmedatum gibt. Dazu wurden die gewichteten arithmetischen Mittelwerte der plausibelsten Interpretationen für drei Gruppen gebildet:

	<u>gew. Mittel</u>
Gruppe 1: Nr. 185-891, Aufnahmedatum 1905 (8 Aufnahmen, Gesamtgewicht 7,578)	84,9%
Gruppe 2: Nr. 1471-2968, Aufnahmedatum 1908-1913 (11 Aufnahmen, Gesamtgewicht 8,408)	71,5%
Gruppe 3: Nr. 3315 und 4182/3, Aufnahmedatum unbekannt (nach 1913) bzw. ca. 1928 (5 Aufnahmen, Gesamtgewicht 4,105)	91,3%

Tabelle 6: Plausibelste Interpretation in Abhängigkeit vom Aufnahmedatum

Mittels der einfaktoriellen Varianzanalyse kann überprüft werden, ob sich die Mittelwerte signifikant voneinander unterscheiden. Der Test ergibt, daß der Unterschied deutlich geringer ist, als der Grenzwert für das 75%-Niveau ($F = 0,13$; der Grenzwert beträgt hier $F = 1,48$).¹⁰⁴ Die Meßwerte geben also keinen signifikanten Hinweis auf eine Abhängigkeit der authentischen Papiergeschwindigkeitsentwicklung vom Aufnahmedatum.

¹⁰⁴ Zu dieser Methode vgl. Bortz, a. a. O., S. 299 ff. Da hier mit gewichteten Werten gerechnet wird, muß der Rechenweg leicht modifiziert werden. Als Ergebnis erhält man einen sogenannten F-Wert, der mit den in einer Tabelle aufgelisteten Grenzwerten für verschiedene Stichprobengrößen und Fehlerwahrscheinlichkeiten verglichen werden kann. Daß der Unterschied zwischen den Mittelwerten auf dem 75%-Niveau nicht signifikant ist, drückt, angewendet auf den gegebenen Fall, folgen-

4. Zusammenfassung der Auswertungsergebnisse zum Abspieltempo

Die Auswertung zeigt, daß die Papiergeschwindigkeit sich im Verlauf der Rolle allmählich beschleunigen muß. Diese Beschleunigung muß in (mindestens näherungsweise) linearer Abhängigkeit vom Umfang der aufnehmenden Walze geschehen. Eine etwaige Abhängigkeit des Grades der notwendigen Beschleunigung vom Aufnahmedatum, wie es durch eine Änderung der Aufnahmeapparatur denkbar wäre, konnte nicht festgestellt werden. Der Wert, der zum ausgeglichensten Tempoverhältnis zwischen Expositionen und Reprisen führt, ergibt sich, wenn sich die Papiergeschwindigkeit von der Anfangsgeschwindigkeit gerechnet um etwa $\frac{4}{5}$ des Prozentsatzes erhöht, den sich der Umfang der aufwickelnden Walze gerechnet vom Anfangsumfang erhöht („Lineare Papiergeschwindigkeitsentwicklung mit 80% Auswirkung der Umfangsvergrößerung“). Eine Richtigkeit der Walzengeschwindigkeitshypothese, die besagt, daß die Umdrehungsgeschwindigkeit der Walze konstant bleiben soll, so daß sich die Papiergeschwindigkeit mit demselben Prozentsatz wie der Walzenumfang vergrößert, hätte somit eine leichte Beschleunigung der Reprisentempi im Verhältnis zu den Expositionstempi zur Folge. Diese Beschleunigungstendenz ist auf dem 1%-Niveau signifikant, so daß es sehr unwahrscheinlich ist, daß sie nur aufgrund der zufälligen Zusammensetzung des Untersuchungsmaterials zustande kam. Dennoch muß die Walzengeschwindigkeitshypothese nicht unbedingt verworfen werden, da nicht auszuschließen ist, daß die leichte Beschleunigung (nach 10 Minuten Spieldauer knapp 5% schneller als bei 80% Auswirkung der Umfangsvergrößerung) auf eine Tendenz der Interpreten selber zurückgeht. Für die Analysen in dieser Arbeit wird grundsätzlich die Gültigkeit der Walzengeschwindigkeitshypothese angenommen, auf ihrer Basis wurden die Tempowerte errechnet.

den Sachverhalt aus: Gesetzt den Fall, die plausibelste Interpretation wäre nicht vom Aufnahmedatum abhängig. Wenn man dann an einer Stichprobe des gleichen Umfangs wie hier die gleiche Untersuchung durchführen würde, träten mit mindestens 25% Wahrscheinlichkeit größere Unterschiede zwischen den gewichteten Mittelwerten der drei Gruppen auf als im gegebenen Fall. Somit gibt es keine Grundlage, für den Unterschied andere als zufällige Ursachen verantwortlich zu machen.

V Umrechnung von auf der Rolle gemessenen cm-Werten in Sekundenwerte

Oben (S. 53, Fußn. 79 und S. 60, Fußn. 84) wurde bereits beschrieben, wie die Sekundenwerte für eine gegebene lineare Papiergeschwindigkeitsentwicklung errechnet werden können, wenn cm-Wert und Umfangswert bekannt sind. Für punktuelle Analysen und Vergleiche zwischen Einzelpassagen ist dieser Rechenweg am bequemsten. Wenn jedoch längere zusammenhängende Passagen analysiert werden sollen, bei denen sich der Umfang ja laufend ändert, ist es günstiger, statt der Interpolation zwischen mehreren gemessenen Umfangswerten aufgrund der Anfangsumfangs und der Papierdicke die korrekten Werte ohne Interpolation zu errechnen. Diese Rechenoperation kann bequem von einem Computerprogramm erledigt werden, dem dann nur cm-Werte, Anfangsumfang und Papierdicke eingegeben werden müssen.

Die Papierdicke ist zwar je nach Papiersorte und besonders in Abhängigkeit von der Witterung leichten Schwankungen ausgesetzt. Man kann bei der Umrechnung jedoch von einem Standardwert ausgehen, da die Schwankungen als Ungenauigkeiten zu bewerten sind.¹⁰⁵ Bei einigen Messungen wurde festgestellt, daß sich der Umfang pro Umdrehung der aufwickelnden Walze durchschnittlich um 0,047 cm vergrößert, was einer Lagendicke von 0,0075 cm entspricht.

Geht man von der Walzengeschwindigkeitshypothese aus, ist die Papiergeschwindigkeit zum Umfang der Walze und somit zu der Wurzel aus ihrem Querschnitt proportional. Da man davon ausgehen kann, daß die Lagen des Papiers annähernd gleich dick liegen, wächst der Querschnitt linear mit dem Papierdurchlauf. 1 cm Papierdurchlauf vergrößert den Querschnitt der Walze um $1\text{cm} \cdot 0,0075\text{cm} = 0,0075\text{cm}^2$. Da für Querschnitt (Q) und Umfang (U) die Beziehung $Q = U^2/4\pi$ gilt, kann der Anfangsquerschnitt (Q_0) aus dem Anfangsumfang (U_0) leicht errechnet werden. Die Papiergeschwindigkeit in cm/s sei für diese Stelle mit v_0 bezeichnet. Zwischen zwei Punkten x_0 (an der Stelle mit Umfang U_0) und x_1 , die mit cm-Werten bezeichnet seien, so daß $x_1 - x_0$ der Abstand zwischen diesen Punkten ist, vergrößert sich der Querschnitt um $0,0075 \cdot (x_1 - x_0)$. Für die Papiergeschwindigkeit v_1 an der Stelle x_1 gilt somit

$$v_1 = v_0 \cdot \left[\frac{Q_0 + 0,0075 \cdot (x_1 - x_0)}{Q_0} \right]^{\frac{1}{2}}$$

¹⁰⁵ Für dieselben Aufnahmen wurden bei Kopien zu verschiedener Zeit verschiedene Papiersorten verwendet. Zudem sind die Schwankungen durch Witterungseinflüsse, die nur sehr begrenzt (durch entsprechende Lagerung) kontrollierbar sind, von größerer Bedeutung (vgl. S. 48).

und die Zeit t_1 , die zwischen den Punkten x_0 und x_1 vergeht, beträgt

$$\begin{aligned}
 t_1 &= \int_{x_0}^{x_1} \frac{1}{v_0} \cdot \left[\frac{Q_0 + 0,0075 \cdot (x - x_0)}{Q_0} \right]^{-\frac{1}{2}} dx \\
 &= Q_0^{\frac{1}{2}} \cdot \frac{1}{v_0} \cdot \int_0^{(x_1 - x_0)} (Q_0 + 0,0075x)^{-\frac{1}{2}} dx \\
 &= 0,0075^{-\frac{1}{2}} \cdot Q_0^{\frac{1}{2}} \cdot \frac{1}{v_0} \cdot \int_0^{(x_1 - x_0)} \left[\frac{Q_0}{0,0075} + x \right]^{-\frac{1}{2}} dx \\
 &= \left(\frac{Q_0}{0,0075} \right)^{\frac{1}{2}} \cdot \frac{1}{v_0} \cdot 2 \left[\left(\frac{Q_0}{0,0075} + x_1 - x_0 \right)^{\frac{1}{2}} - \left(\frac{Q_0}{0,0075} \right)^{\frac{1}{2}} \right]
 \end{aligned}$$

(Die Einheiten sind bei den Formeln weggelassen. Die Längeneinheit ist immer cm, die Zeiteinheit s.)

Diese Formel für die Berechnung der Zeitabschnitte ist exakt richtig, wenn die Walzengeschwindigkeitshypothese als gültig vorausgesetzt wird und die Dicke der einzelnen Papierlagen konstant 0,0075 cm beträgt. Daß sie etwas unbequem aussieht, spielt keine Rolle, wenn die Berechnung mittels eines Computerprogramms erfolgt. Eingegeben werden muß dann nur der Anfangsumfang (aus dem der Querschnitt vom Programm errechnet wird) und eine Reihe von cm-Werten.¹⁰⁶ Die Anfangsgeschwindigkeit v_0 kann der Computer ebenfalls aus dem Anfangsumfang errechnen, wenn die Standardvorgaben bekannt sind. Die Standardvorgabe beträgt 145-150 cm in 30 Sekunden für den Anfang der Rolle (vgl. S. 42 f.). Ich habe den niedrigsten Wert angesetzt, weil nach dem Untersuchungsergebnis damit zu rechnen ist, daß die Papiergeschwindigkeitsbeschleunigung bei konstanter Walzengeschwindigkeit eher etwas zu groß als zu klein ist, so daß die Tempo-

¹⁰⁶ Das von mir für die Berechnung der Sekudentabellen von hier an verwendete Computerprogramm ist so konzipiert, daß man eine zusammenhängende Reihe von cm-Werten (z. B. die Länge der einzelnen Takte eines Stücks) in Form einer Textdatei eingibt. Als Zusatzangaben sind beim Programmaufruf der Anfangsumfang und die Umfangsvergrößerung pro Windung (in der Regel also 0,047 cm) einzugeben. Das Programm gibt dann eine Textdatei aus, die die fortlaufenden Sekundenwerte enthält. Der Standardwert von 145cm/30s für die Anfangsgeschwindigkeit wird vom Programm eingesetzt.

werte zum Schluß hin möglicherweise etwas zu schnell werden. Dies wird teilweise kompensiert, wenn man den Anfangswert an der unteren Grenze ansetzt. Geht man von einem Anfangsumfang von 22,25 cm aus, beträgt der durchschnittliche Umfang für den Durchlauf der ersten 1,45 m der Rolle etwa 22,4 cm.¹⁰⁷ Nimmt man an, daß bei 22,4 cm Walzenumfang die durchschnittliche Papiergeschwindigkeit für die ersten 1,45 m von 145cm/30s = 4,83 cm/s gerade erreicht ist, braucht eine Walzenumdrehung $22,4/4,83 = 4,64$ Sekunden. Somit gilt

$$v_0 = \frac{U_0}{4,64} \text{ cm s}^{-1}$$

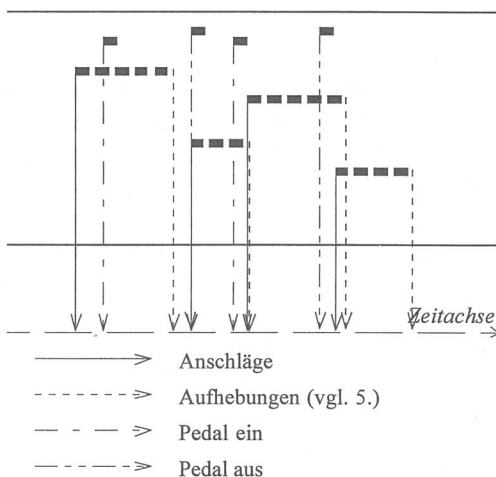
Die angegebenen Formeln können in modifizierter Form auch für eine näherungsweise Berechnung der Zeitwerte für eine lineare Papiergeschwindigkeitsentwicklung mit a% Auswirkung der Umfangsvergrößerung verwendet werden. (In der vorliegenden Arbeit wurde allerdings immer von der Richtigkeit der Walzengeschwindigkeitshypothese ausgegangen.) Der „Trick“ besteht darin, daß sich die Papiergeschwindigkeit nach dieser Rechnung dann in einem anderen Grade erhöht, wenn man einen „falschen“ Wert für die Papierdicke einsetzt. Setzt man beispielsweise 0,0060 statt 0,0075 ein, vergrößert sich der errechnete Umfang nur um 80% des tatsächlichen Wertes, so daß sich eine lineare Papiergeschwindigkeitsentwicklung mit 80% Auswirkung der Umfangsvergrößerung ergibt. Der Fehler dieser Näherung besteht darin, daß sich die Papiergeschwindigkeit nach dieser Rechnung in der Zeit linear verändert, während sie sich nach unserer Definition der linearen Papiergeschwindigkeitsentwicklung linear mit dem Umfang verändern muß, was nur dann gleichzeitig eine Linearität in der Zeit bedeutet, wenn die Umfangsvergrößerung ebenfalls linear in der Zeit verläuft oder wenn ihre Auswirkung 0 ist, also wenn entweder die Walzen- oder die Papiergeschwindigkeitshypothese zutrifft. Der Fehler bleibt jedoch minimal, insbesondere dann, wenn sich die Auswirkung der Umfangsvergrößerung nicht allzu weit von 100% entfernt oder wenn es sich um eine Rolle kurzer bis mittlerer Länge handelt.

¹⁰⁷ Da der Anfangsumfang je nach Länge des Vorlaufbandes schwankt, reicht diese ungefähre Annahme. In den meisten Fällen beträgt der Anfangsumfang von Abspielrollen zwischen 22,25 und 22,35 cm. In Einzelfällen beträgt er 22,2 cm, in seltenen Fällen bei langem Vorlaufband über 22,35 cm. Bei der Skalarolle aus dem Bestand des Freiburger Augustiner Museums ist das Vorlaufband abgerissen, so daß nicht mehr feststellbar ist, wie groß der Anfangsumfang an der Stelle der Tempomessung war.

Zusammenfassung der Ergebnisse des 1. und 2. Kapitels: Die Rollenleseregeln

In den folgenden Regeln ist zusammengefaßt, was zum Lesen der Rolle notwendig ist. Nicht berücksichtigt ist die Dynamik, da diese ohne weitere Untersuchungen noch nicht vollständig entschlüsselt werden kann.

1. Die Zeitabstände zwischen dem Beginn von Tönen auf der Rolle werden gemessen, indem die Abstände zwischen den senkrecht auf der Längsachse der Rolle stehenden, durch den Perforationsbeginn gehenden Linien gemessen werden, wie schematisch im nebenstehenden Bild dargestellt. In derselben Weise kann der Zeitpunkt des Befehls „Pedal ein“ und „Pedal aus“ jeweils für das rechte und linke Pedal bestimmt werden. Die Spurbelegung für das 100er-System (vgl. S. 26) lautet (von links nach rechts):



- Spur 1-6: Dynamik für die Töne C₁ bis fis¹
- Spur 7-8: linkes Pedal aus/ein
- Spur 9-10: Widerstand aus/ein
- Spur 11-90: Töne C₁-g⁴
- Spur 91: Rücklauf
- Spur 92: nicht belegt
- Spur 93-94: rechtes Pedal ein/aus
- Spur 95-100: Dynamik für die Töne g¹-g⁴.¹⁰⁸

¹⁰⁸ Die sechs Dynamikspuren haben folgende Funktion (von außen nach innen): Mezzofortearretierung aus – Mezzofortearretierung ein – langsames crescendo aus (d. h. langsames decrescendo) – langsames crescendo ein – plötzliches decrescendo – plötzliches crescendo. Im Gegensatz zu den ersten beiden Spurpaaren, die jeweils eine Funktion ab- oder anschalten, handelt es sich bei dem letzten Spurpaar um zwei verschiedene Funktionen, die auch gleichzeitig wirken können. Dementsprechend war es möglich, für das spätere System (98er, vgl. S. 26, Fußn. 23) die Dynamik auf vier Spuren und die beiden Pedale auf je eine zu reduzieren. (Eine Tonspur vereinigt ebenfalls die Funktionen „Ton ein“ und „Ton aus“ auf einer Spur.)

2. Die gemessenen Abstände in cm werden umgerechnet, indem entweder (für einzelne Messungen) die Papiergeschwindigkeit v aus dem für die betreffende Stelle gemessenen Walzenumfang nach der Formel $v = U/4,64$ cm/s berechnet wird, oder indem der Abstand jedes Punktes x_1 zum Anfang der Rolle oder zu einem beliebigen Anfangspunkt x_0 mit bekanntem Umfang U_0 gemessen und daraus der Zeitabstand t_1 in Sekunden nach der Formel

$$t_1 = \left(\frac{Q_0}{0,0075} \right)^{\frac{1}{2}} \cdot \frac{1}{v_0} \cdot 2 \left[\left(\frac{Q_0}{0,0075} + x_1 - x_0 \right)^{\frac{1}{2}} - \left(\frac{Q_0}{0,0075} \right)^{\frac{1}{2}} \right]$$

mit $Q_0 = \frac{U_0^2}{4\pi}$ und $v_0 = \frac{U_0}{4,64}$

errechnet wird. Die erste Rechenweise ist für Messungen kürzerer Passagen geeignet, wird aber bei längeren Passagen ungenau, da sich der zu berücksichtigende Umfang laufend ändert. Die zweite Rechnung ist bequem, wenn für eine ganze Rolle durchgehende Messungen (beispielsweise die Länge in cm für alle Takte) vorliegen. Diese müssen dann nur aufsummiert werden, so daß für jeden Meßpunkt der Abstand zum Rollenanfang bekannt ist, und dann können die Zeitwerte ohne eine einzige Umfangsmessung ermittelt werden. (Für den Anfangsumfang kann der Standardwert 22,25 eingesetzt werden.)

3. Für jeden Meßpunkt ist eine Ungenauigkeit von ± 1 mm und gelegentlich darüber vorauszusetzen. Für Abstände gilt somit eine Ungenauigkeit von ± 2 mm, da sich die Ungenauigkeiten zweier Einzelstanzungen summieren können. Diese Angaben sind lediglich ungefähre Richtwerte, da systematische Messungen dazu noch ausstehen.

4. Bei der Wiedergabe verzögern sich *pp*-Töne etwas stärker als *ff*-Töne. Wie weit dies bei der Rollenherstellung berücksichtigt wurde, ist unbekannt.

5. Die Zeitwerte für die Tastenaufhebung sind entsprechend den Anschlagswerten zu messen. Durch die Länge des Lochs im Gleitblock wirkt der Aufhebungsbefehl jedoch erst 1,3 mm (ca. 0,026 s) später als der Anschlagsbefehl. (Der Stanzungsbeginn wirkt sich in dem Augenblick aus, in dem er über das Loch im Gleitblock zu streifen beginnt, das Stanzungsende jedoch erst dann, wenn die Stanzung das Loch im Gleitblock verläßt. Diese Verschiebung kann bei der Übertragung der gemessenen cm-Werte in Zeitwerte am besten dadurch eingerechnet werden, daß die Länge jeder Perforation nach hinten um 1,3 mm verlängert wird.)