MATEMATICKÝ ROZBOR VERŠE

METRIK UND INFORMATIONSTHEORIE

HELMUT LÜDTKE (Freiburg im Br.)

Der Grundgedanke meiner Ausführungen ist das Problem einer *universalen Verslehre,* das auch formuliert werden kann als die Frage, ob eine universale Verslehre überhaupt möglich ist oder nicht.[1] Bei dieser Überlegung liegen folgende zwei zueinander im Widerspruch stehende Feststellungen zugrunde: a) Es gibt eine universale, d.h. zumindest allen Kulturvölkern eigene Unterscheidung zwischen Prosa und Versdichtung,[2] b) die Traktate über Verslehre sind nicht universal, sondern spezifisch gehalten, d.h. sie behandeln die metrischen Systeme einer bestimmten (unter Umständen auch zweier) Sprache(n), ohne vergleichenden Bezug auf andere; eine universale Theorie vom Versbau gibt es in der traditionellen Literaturwissenschaft nicht.

Ein solcher Befund läßt nur zwei Deutungen als möglich zu: entweder ist es falsch, die Begriffe ‚Prosa' und ‚Versdichtung' in allgemeinem Sinne zu verwenden (weil für jede Sprache etwas anderes gemeint ist), oder aber es müssen sich Kriterien finden lassen, die eine vergleichende Versbautheorie ermöglichen, indem sie universal anwendbar sind.

Da die bisherigen Abhandlungen über Versbau auch nicht den leisesten Hinweis auf derartige Kriterien zu bieten scheinen, liegt es nahe, diese dort zu suchen, wo sie früher niemand vermutet hat: wenn überhaupt eine vergleichende Verslehre möglich ist, dann kann man legitimerweise annehmen, daß die Kriterien, auf die sie sich gründen muß, mathematischer Natur seien; die Mathematik ist ja ihrem Wesen nach universal.

Es gibt eine mathematische Disziplin, die sich mit sprachlichen Gegebenheiten befaßt: die Informationstheorie. Diese liefert mit dem Begriff der *Redundanz* ein Kriterium, welches sinnvoll auf metrische Schemata angewandt werden kann; wie das geschieht, sei im Folgenden erläutert.

Jede beliebige Sprache oder Mundart ist im Sinne der Informationstheorie ein Code; jede sinnvolle sprachliche Äußerung enthält codierte Information. Alle sprachlichen Systeme sind so gebaut, daß die nach ihnen codierten Äußerungen einen gewissen Betrag an Redundanz enthalten, der auf durchschnittlich ca. 50 % geschätzt wird und dazu dient, die Störanfälligkeit sprachlicher Kommunikation zu vermindern.

---

[1] Helmut Lüdtke, *Der Vergleich metrischer Schemata hinsichtlich ihrer Redundanz,* in: *Mathematik und Dichtung,* hrsg. von H. Kreuzer und R. Gunzenhäuser, München, Nymphenburger Verlagshandlung, 1965, S. 233—242.

[2] Eine bewußt simple und komisch wirkende Definition dieses Faktums finden wir bei Molière (*Le Bourgeois Gentilhomme,* II/4); dort sagt der Maître de philosophie zu Monsieur Jourdain: „Tout ce qui n'est point prose vers; et tout ce qui n'est point vers est prose."

Ursache der Redundanz ist die unterschiedliche Häufigkeit der einzelnen Elemente und die Einschänkung der Möglichkeiten ihrer Kombination in der linearen Abfolge auf Grund der grammatischen und phonologischen Strukturregeln. Zu diesen normalen Einschränkungen, die für Prosa und Versdichtung im allgemeinen in gleicher Weise gelten, kommen für die Versdichtung noch weitere hinzu, die sich aus dem Zwang zur Einhaltung eines bestimmten metrischen Schemas ergeben. Diese zusätzliche Einschränkung, d.h. die Formgebundenheit der Versdichtung, ist also in informationstheoretischer Sicht nichts anderes als *zusätzliche Redundanz* und müßte folglich als solche meßbar sein. Da nun Redundanz ein mathematischer und somit universaler Begriff ist, ergibt sich aus der Meßbarkeit der Redundanz die Möglichkeit, metrische Schemata unterschiedlicher Art aus verschiedenen Sprachen kommensurabel zu machen, um auf diese Weise zu einer universalen Metriktheorie zu gelangen. Die folgenden Darlegungen sind als erster Schritt auf diesem Wege gedacht.

Metrische Redundanz

Als Maßeinheit für metrische Redundanz dient das Elementarquantum der Informationstheorie, d.h. diejenige Informationsmenge, die nicht mehr in kleinere Informationsmengen unterteilt werden kann. Diese, als *bit* (< engl. *binary digit*) bezeichnete Einheit entspricht dem Entscheidungsgehalt einer Ja/Nein-Frage.

Die Anwendung dieser Maßeinheit auf metrische Schemata sei hier an einem Beispiel erläutert:

Nehmen wir an, ich will ein lateinisches Gedicht machen, und zwar in Hexametern. Zunächst steht es mir natürlich frei, Gedichte zu machen oder nicht; ebenso steht mir die Wahl des Versmaßes frei. Aber wenn ich mich einmal für den Hexameter entschieden habe, bin ich an diese metrische Form gebunden.

Das beginnt schon beim ersten Wort, ja bei der ersten Silbe. In Prosa hätte ich zwei Möglichkeiten anzufangen: mit einer langen oder mit einer kurzen Silbe; der Hexameter jedoch schreibt mir vor, daß ich mit einer langen Silbe anzufangen habe. Damit reduziert sich meine Entscheidungsfreileit von 2 auf 1, d.h. die in der ersten Silbe des Hexameters enthaltene metrische Redundanz beträgt genau 1 bit.

Die Berechnung der metrischen Redundanz erfolgt also nach einem leicht durchschaubaren Verfahren. Reduziert sich die Zahl der gegebenen Möglichkeiten auf die Hälfte (also z.B. von 2 auf 1 oder von 6 auf 3 oder von 10 auf 5), so beträgt die Redundanz 1 bit; reduziert sich die Zahl der Möglichkeiten auf ein Viertel (also z.B. von 4 auf 1 oder von 8 auf 2) so beträgt die Redundanz 2 bit; bei einem Achtel 3 bit, bei einem Sechzehntel 4 bit usw. in der Progression der Zweierpotenzen. Auch bei Zahlen, die nicht ganze Vielfache von 2 enthalten, ist die Redundanzberechnung mit Hilfe einer einfachen logarithmischen Formel möglich:

$$R_m = {}_2\log x$$

Anstelle von ${}_2\log x$ schreibt man auch ld x (logarithmus dualis). Die Ermittlung des Duallogarithmus erfolgt entweder direkt durch Nachschlagen in einer entsprechenden Tabelle oder, falls man nicht über eine solche verfügt, durch Nachschlagen in einer gewöhnlichen Zehnerlogarithmentafel. Im letzteren Falle dividiert man den gefundenen log x durch log 2 (= 0,3010) oder aber man multipliziert ihn mit dem Faktor 3,3219.[3]

Wenn z.B. die Zahl der in Prosa gegebenen Möglichkeiten sich durch metrischen Zwang von 3 auf 2 reduziert, so gestaltet sich die Redundanzberechnung folgendermaßen:

$$
\begin{aligned}
3 : 2 &= x : 1 \\
x &= 1{,}5 \\
\hline
\log 1{,}5 &= 0{,}1761 \\
\mathrm{ld}\ 1{,}5 &= 0{,}1761 : 0{,}3010 = 0{,}585
\end{aligned}
$$

oder

$$\mathrm{ld}\ 1{,}5 = 0{,}1761 : 3{,}3219 = 0{,}585$$

Die Redundanz beläuft sich auf 0,585 bit.

Anwendungen

Als ersten Anwendungsfall wollen wir die metrische Redundanz des lateinischen daktylischen Hexameters berechnen. Dieses Versmaß besteht, wie der Name besagt, aus sechs „Metra"; die ersten fünf Metra gliedern sich wiederum in je vier „Moren" (1 lange Silbe = 2 Moren; 1 kurze Silbe = 1 More). Die Strukturregel (der metrische Zwang) läßt sich in einem Satz definieren: Jedes Metrum beginnt mit einer langen Silbe. Das Strukturschema der ersten fünf Moren sieht demnach folgendermaßen aus (⏑ = kurze Silbe; — = lange Silbe):

/ — ⏕ / — ⏕ / — ⏕ / — ⏕ / — ⏕ /

Beispiel: / Ar-ma vi/rum-que ca/no Tro/iae qui / pri-mus ab /[4]

/ — ⏑ ⏑ / — ⏑ ⏑ / — — / — — / — ⏑ ⏑ /

Der Redundanzbetrag dieses Schemas ergibt sich aus nachstehender Berechnung:

Zunächst ist fünfmal die Möglichkeit der Wahl zwischen langer oder kurzer Silbe aufgehoben; das bedeutet zusammen 5 bit Redundanz für die beiden ersten Moren aller Metra. Die dritte More, die überall beliebig mit einer langen oder kurzen Silbe ausgefüllt werden kann, liefert keine Redundanz. Die vierte More ist teilweise von der dritten abhängig und muß deshalb mit dieser zusammen untersucht werden; als mögliche Schemata für die 3. und 4. More kämen in Frage: — oder ⏑⏑ oder ⏑—; das letztere, das ein Übergreifen in das nächste Metrum implizieren würde, ist nicht gestattet; d.h. es sind von 3 Möglichkeiten nur 2 zugelassen, oder 1 von 1,5. Die Redundanz beträgt also nach der oben durchgeführten Berechnung ld 1,5 = 0,585 bit. Das Ergebnis muß mit 5 multipliziert werden, weil der Redundanzbetrag von 0,585 bit ja in jedem der fünf Metra anfällt; man erhält also 0,585 : 5 = ca. 2,9 bit.

---

[3] Osgood und Sebeok, *Psycholinguistics* ^{2}1965, S. 39, Anm. 13.

[4] Anfang von Vergils *Aeneis*.

Damit ergeben sich für die ersten fünf Metra $5 + 2{,}9 = 7{,}9$ bit. Das sechste Metrum ist sehr einfach gebaut: es besteht aus zwei Silben, von denen die erste obligatorisch lang, die zweite „anceps“, d.h. beliebig (lang oder kurz) ist. Das ergibt für die erste Silbe 1 bit, für die letzte 0 bit; diese Zahlen sind zu den oben ermittelten 7,9 bit für die ersten fünf Metra zu addieren. Die Gesamtredundanz einer Hexameter-Verszeile beträgt also 8,9 bit.

Mit dieser Zahl haben wir ein Ergebnis ermittelt, das auf Grund seiner arithmetischen Natur den Vergleich mit den entsprechenden Zahlen anderer metrischer Schemata ermöglichen müßte. Da jedoch die Verszeilenlänge verschieden ist, empfiehlt es sich wohl, den Redundanzbetrag pro Silbe zu errechnen, um einen besseren Vergleichsmodus zu erhalten.

Der daktylische Hexameter hat mindestens 12, höchstens 17 Silben, also einen Durchschnitt, der bei ca. 14,5 liegen dürfte. Die Redundanz pro Silbe beträgt demnach $8{,}9 \text{ bit} : 14{,}5 = \text{ca. } 0{,}6$ bit.

Als zweiten Anwendungsfall wollen wir die metrische Redundanz des Versschemas berechnen, das im Rolandslied sowie in anderen altfranzösischen Epen der ersten Hälfte des 12. Jahrhunderts verwandt wird. Hier besteht die Gebundenheit der Form in *vokalischem Endreim,* d.h. in einer besonderen Spielart des Endreims, die auch als *Assonanz* bezeichnet wird.

Die am häufigsten verwendete Verszeile ist der sogenannte epische Zehnsilber, der aus zwei durch Diärese geteilten ungleichen Hälften besteht, von denen die erste vier oder fünf, die zweite sechs oder sieben Silben umfaßt, so daß sich die Silbenzahl der gesamten Verszeile auf 10 bis 12 beläuft. Als Beispiel für dieses Schema seien zwei Abschnitte aus dem *Rolandslied* angeführt:

Rollant reguárdet	Oliver al viság**e**,	12
Teint fut e pérs,	desculuret et p**á**le;	11
Li sancs tuz clérs	parmi le cors li r**á**iet,	11
Encuntre tére	en cheent les escl**á**ces.	11[5]
Li quens Rollánt	se jut desuz un pín,	10
Envers Espáigne	en ad turnet sun vís,	10
De plusurs chóses	a remembrer li príst:	11[6]

Der Redundanzbetrag dieses metrischen Schemas setzt sich aus mehreren Teilbeträgen zusammen, die aus folgenden Strukturregeln des epischen Zehnsilbers entspringen:

1. Jede vierte Silbe der ersten und jede sechste Silbe der zweiten Halbzeile muß betont sein.
2. Ob auf die betonte sechste Silbe der zweiten Halbzeile noch eine unbetonte Silbe (mit dem Vokal *e*) folgt oder nicht, ist festgelegt.
3. Die Vokale der betonten sechsten Silbe der zweiten Halbzeile sind in jeweils vielen aufeinander folgenden Verszeilen identisch (Assonanz).

Aus diesen drei Strukturregeln ergeben sich drei Redundanzbeträge, nämlich:

1. zweimalige Aufhebung der Wahlfreiheit *betont : unbetont* (in der vierten Silbe der ersten und in der sechsten der zweiten Halbzeile) ergibt 2 bit.

---

[5] *Das altfranzösische Rolandslied nach der Oxforder Handschrift.* Hrsg. von A. Hilka, 6. verbesserte Auflage besorgt von G. Rohlfs, Tübingen 1965, Laisse 147.

[6] *ibid.,* Laisse 175.

2. Da auf eine betonte Silbe nur *eine* oder *keine* unbetonte Endsilbe folgen kann, ergibt die einmalige Aufhebung dieser Wahlfreiheit (am Ende der Verszeile) 1 bit.

3. Assonanz bedeutet im Altfranzösischen der ersten Hälfte des 12. Jahrhunderts Aufhebung der Wahlfreiheit zwischen 13 Vokalen und Diphthongen, nämlich /i/ẽ/ẹ/ę/a/o/u/ü/ẽ/ã/ei/ie/ue/. Die daraus erwachsende Redundanz beträgt ld 13 bit = 3,7 bit. Durch Addition der drei Teilbeträge ergibt sich für den epischen Zehnsilber eine Gesamtredundanz von (2 + 1 + 3,7) bit = 6,7 bit.

Bei der obigen Aufstellung sind wir von der Fiktion ausgegangen, als wären die Abfolgen von Verszeilen mit identischem Assonanzvokal unendlich lang. Das stimmt freilich nicht, denn ein altfranzösisches Epos gliedert sich in unregelmäßig lange Tiraden (oder Laissen), an deren Anfang der Assonanzvokal jeweils wechselt, also keine Redundanz aufweist. Dasselbe gilt auch für die Festlegung, ob der assonierenden Tonsilbe eine oder keine unbetonte Endsilbe folgt.

Aus diesen Gegebenheiten resultiert eine Verminderung des errechneten Redundanzbetrages, die um so stärker ist, je kürzer die Laissen sind. Bei einer angenommenen Durchschnittslänge von 10 Verszeilen pro Laisse ergibt sich eine Verminderung der Endsilben- und der Assonanzvokalredundanz um 10 %, d.h. um 0,1 bzw. 0,4 bit, insgesamt also um 0,5 bit. Der Gesamtbetrag beläuft sich dann also nicht auf 6,7 bit, sondern auf 6,2 bit.

Die durchschnittliche Silbenzahl des sogenannten epischen Zehnsilbers beträgt etwas weniger als 11. Als Redundanz pro Silbe ergibt sich daraus (6,2 : 11) bit = ca. 0,6 bit, was ziemlich genau dem für den lateinischen Hexameter errechneten Wert von 0,6 bit entspricht.

Nach dem hier dargestellten Prinzip lassen sich alle metrischen Schemata aus verschiedenen Sprachen und verschiedenen Epochen redundanziell berechnen. Auffällig ist dabei die Ähnlichkeit der Resultate. So ergab sich bei einer Überschlagsrechnung für altgermanische epische Alliterationsverse ein Redundanzbetrag pro Silbe von ca. 0,65 bit, der den für die entsprechenden lateinischen und altfranzösischen Versschemata ermittelten Werten sehr nahe kommt. Man könnte geradezu von einer Redundanznorm in der westeuropäischen Epik sprechen, die von Sprachstruktur und metrischem System unabhängig ist, einer Art zeitlosen Konstante.

Der soeben gezogene Schluß ist keineswegs endgültig, sondern es drängt sich die geographische Erweiterung des Untersuchungsfeldes geradezu auf. Ein erster Schritt in dieser Richtung, die Redundanzberechnung des Epos von Herakleios in der Suahilisprache in Ostafrika,[7] ergab einen Überschlagswert von 0,67 bit pro Silbe.

Als vorläufiges Ergebnis (auf dessen provisorischen Charakter wir gleich noch zu sprechen kommen) können wir die zwingende Vermutung buchen, daß die metrische Redundanz ein *universales ästhetisches Maß* zur Klassifizierung von Verskunstwerken darstellt.

---

[7] Jan Knappert, *Het Epos van Heraklios. Een proeve van Swahili poëzie.* Tekst en vertaling, voorzien van inleiding, kritisch commentaar en aantekeningen (Proefschrift Leiden 1958).

Das hier angewandte Verfahren zur Redundanzberechnung metrischer Schemata ist neuartig und bedarf noch der Erprobung sowie der Verfeinerung. Ein bemerkenswerter Mangel liegt darin, daß wir bei der Bewertung metrischer Einschränkungen durch dieses Redundanzmaß stets vorausgesetzt haben, daß in der Prosa die möglichen Entscheidungen alle mit gleicher Häufigkeit getroffen werden. So haben wir z.B. bei der Festlegung einer Silbe — sei es als betont, sei es als unbetont — diese Einschränkung grundsätzlich mit 1 bit bewertet, ohne das Häufigkeitsverhältnis betonter zu unbetonter Silben in Betracht zu ziehen.

Aus diesem Grund dürfen die in den vorangegangenen Abschnitten gewonnenen Ergebnisse nur als vorläufig gewertet werden. Sie harren einer Überprüfung und werden sicherlich noch manche Korrektur erfahren. Es ist jedoch wahrscheinlich, daß die ermittelten Zahlen sich dabei nur geringfügig ändern werden. In dem Falle können auch die obigen Betrachtungen auf bleibende Geltung rechnen; solange diesbezüglich keine Klarheit herrscht, müssen sie als *vorläufige* Schlußfolgerungen angesehen werden.

METRIKA A TEORIE INFORMACE

Existují sice pojednání o metrice jednotlivých jazyků, nemáme však žádnou univerzální teorii metriky. Takovou teorii umožní užití teoreticko-informačního pojmu redundance: veršová schémata různého druhu mohou se redundančně měřit a zjištěné (získané) údaje porovnávat. Při prvním použití dospějeme k překvapivému výsledku, že latinský daktylský hexametr, starofrancouzský epický verš (tzv. dekasylab a minore) a starogermánský aliterační verš obsahují přibližně stejné množství metrické redundance.