

Schreiben mit der Hand und Schreiben mit dem Computer¹

Guido Nottbusch, Rüdiger Weingarten, Udo Will

1. Einleitung

Beobachtet man den Schreibprozeß - den zeitlichen Verlauf des Schreibens -, so sieht man zunächst die Ausführung einer motorischen Handlung. Dieses Ereignis bildet zusammen mit seiner visuellen Kontrolle die letzte Phase eines komplexen kognitiven Prozesses, der nicht unmittelbar beobachtbar ist. Es könnte nun sein, daß die zeitliche Struktur der Ausführungshandlung alleine von der letzten Phase des Prozesses bestimmt wird, also von der Motorik. Die Einheiten, in denen geschrieben wird, und ihre Geschwindigkeit folgten nach dieser Annahme ausschließlich den Gegebenheiten des motorischen Apparates. Dann ließen sich aus dem zeitlichen Verlauf des Schreibens keine Rückschlüsse auf die vorangehenden kognitiven Prozesse ziehen. Es könnte aber auch sein, daß in der Dynamik des Schreibens sehr wohl Spuren von Prozessen erkennbar werden, die der motorischen Ausführung vorangehen. Dann wäre der Schreibprozeß ein interessantes „Fenster“ zu den kognitiven Prozessen der schriftlichen Sprachproduktion. Es ließen sich Aussagen treffen über Einheiten der Sprachproduktion, ggfs. über eine hierarchische Anordnung dieser Einheiten und über dynamische Prozesse der Ladung und Entladung von Speichern.

Schreiben mit der Hand und Schreiben mit dem Computer unterscheiden sich hinsichtlich der beobachtbaren motorischen Ausführung sehr deutlich. Die Handschrift ist langsamer, sie erfordert eine motorische Realisierung der Buchstabenform, sie führt in der Regel zu anderen Einheiten als diskreten Buchstabenformen und sie entsteht dementsprechend auch in einer anderen motorischen Dynamik.

Beim Vergleich dieser beiden Schreibmodi lassen sich die eingangs formulierten Fragen wiederholen: Unterscheiden sich das handschriftliche und das tastaturschriftliche Schreiben hinsichtlich einer Beeinflussung durch Einheiten der sprachlichen Struktur? Eine Hypothese könnte lauten, daß die motorisch komplexere Handschrift Spuren vorangehender kognitiver Prozesse der Sprachproduktion verwischt.

¹ Die hier vorgestellte Untersuchung entstand im Rahmen des von der DFG geförderten Projektes „Linguistische Einheiten, Hierarchien und Dynamik in der schriftlichen Sprachproduktion“. Projektleiter: Rüdiger Weingarten.

Diese beiden Aspekte - die generelle Beeinflussung der Schreibprozesse durch linguistische Einheiten und ein diesbezüglich möglicher Unterschied zwischen Handschrift und Tastaturschrift - wurden in der hier vorgestellten Arbeit untersucht.

2. Schreibprozeß und Sprachstruktur

Der schriftsprachliche Code für größere sprachliche Abschnitte wird nicht vor Beginn der Schreibauführung erzeugt, sondern überwiegend während des Schreibens. Man kann auch sagen: Er wird lokal erzeugt. Hierzu gehören mindestens lexikalische, (morpho-)syntaktische, textstrukturelle, orthographische und graphomotorische Aufgaben. Denkbar sind auch (silben-)phonologische Prozesse. Diese verschiedenen Aufgaben müssen während des Schreibens entweder nacheinander (seriell), zeitlich versetzt (inkrementell)² oder parallel bewältigt werden. Es spricht Vieles dafür, daß es sich nicht um einen streng seriellen Prozeß handelt, sondern um einen inkrementellen oder einen parallelen Prozeß. Mit den Methoden der Schreibprozeßforschung wird versucht, aus dem Schreibrhythmus - Beschleunigungen, Verlangsamungen und Pausen - auf diese komplexen Prozesse zurückzuschließen.

Im Mittelpunkt der bisherigen Erforschung der dynamischen Aspekte der *Handschrift* steht die Graphomotorik.³ Die elementaren Einheiten der Handschrift sind nach diesen Untersuchungen einzelne Striche, die durch einen Geschwindigkeitsgipfel gekennzeichnet sind. Buchstaben setzen sich aus mehreren solcher Striche zusammen. Die meisten der einschlägigen Forschungsarbeiten vertreten die Auffassung, daß aufgrund der Langsamkeit der handschriftlichen Sprachproduktion der zeitliche Verlauf des Schreibens wenn überhaupt dann nur schwach mit linguistischen Einheiten oberhalb der Buchstabenebene korreliert. So schreibt z.B. Thomassen (1996: 1028): „Incidentally, this low output rate is responsible for the fact that the interactions between abstract linguistic units (at the morpheme and word level or higher) and executive motor performance are in fact rather limited as compared to speech.“

Allerdings liegen uns keine Arbeiten vor, in denen dies wirklich systematisch untersucht und damit belegt worden wäre. Vielmehr drängt sich der Eindruck auf, daß bestimmte linguistische Ebenen aus der bisherigen Betrachtung herausfielen.

Eine Ausnahme bilden Pynte et al. (1991). Sie untersuchten handschriftliche Schreibungen von jeweils drei Wörtern mit zwei Morphemen, mit identischen ersten und unterschiedlichen zweiten Morphemen. Aus den bei den Schreibungen gemessenen Geschwindigkeitsanstiegen schlossen sie erstens, daß nicht alle drei Wörter gleichzeitig

² Vgl. Pechmann/Zerbst (1992)

³ Für einen Überblick vgl. Thomassen (1996).

in das motorische Programm geladen wurden und zweitens, daß Morpheme relevante Programmierereinheiten sind. Allerdings schreiben sie auch, daß in ihrem Wortmaterial Morphemgrenzen mit Silbengrenzen zusammenfallen, womit sie also nicht zwischen Morphemen und Silben differenzieren können. Damit wird die Einheitenbildung etwas voreilig der Morphemebene zugeschlagen. Datengrundlage waren französische Schreibungen.

Die Tastaturschrift stellt überraschenderweise ein weniger intensiv erforschtes Gebiet im Rahmen der Sprachproduktion dar (zumindest auf der Wortebene). Im Mittelpunkt stehen auch hier motorische Fragen. Immer noch können die Arbeiten der Lindsay-Norman-Rumelhart-Forschungsgruppe dabei an erster Stelle genannt werden.⁴ Diese Ergebnisse lassen sich folgendermaßen zusammenfassen: Buchstabenfolgen, die nur mit einer Hand geschrieben werden, werden langsamer geschrieben als Buchstabenfolgen, bei denen ein Handwechsel erforderlich ist. Allerdings ist die initiale Latenz vor Buchstabe 1 länger, wenn von Buchstabe 1 nach Buchstabe 2 ein Handwechsel erforderlich ist. Der Handwechsel erfordert also eine längere Planungszeit, ist aber dafür in der Ausführung schneller, d.h. die Übergangszeit von 1 nach 2 ist kürzer. Unabhängig von der Handfolge nimmt von Buchstabe 1 bis Buchstabe 4 die Geschwindigkeit ab, um dann zum Wortende hin wieder zu steigen. Es handelt sich also um eine U-förmige Kurve. Dieser Geschwindigkeitsanstieg war bei geübten Schreibern und bei längeren Wörtern schwächer. Zwischen der anfänglichen Latenz und der Wortlänge scheint kein ausgeprägter Zusammenhang zu bestehen. Das bedeutet, daß die motorische Planung auch während der Ausführung vorgehender Einheiten erfolgt (wie z.B. in inkrementellen Modellen angenommen). Diese Tatsache ist auch so zu verstehen, daß die motorische Programmierung in unmittelbarer Nähe zur Ausführung erfolgen muß.

Bzgl. der Frage, wodurch der Schreibrhythmus determiniert wird, schreibt Gentner: „The layout of the typewriter keyboard and the physical constraints of the hand appear to be the most important determinants of keystroke timing in skilled typing.“⁵ Zu diesem Ergebnis ist Zweierlei zu sagen: Erstens wurde nach linguistischen Einheiten nicht gesucht; zweitens wurden einzelne Übergangszeiten zwischen Tastenanschlägen miteinander verglichen und nicht zeitliche Muster der Schreibung z.B. von Wörtern. Daß in dieser Betrachtungsweise ein wichtiger Unterschied liegt, wird weiter unten in unseren eigenen Untersuchungen gezeigt werden.

Interessante Ergebnisse zu dieser Frage kommen aus der Neuropsychologie und der Untersuchung von Agraphie-Patienten. Insbesondere in den Arbeiten aus der Gruppe um

⁴ Wichtige Veröffentlichung dieser Arbeiten findet man in Cooper (1983).

⁵ Gentner (1983: 117).

Caramazza (z.B. Badecker, Rapp & Caramazza 1996) wurde ein kognitives Modell der bei der schriftlichen Sprachproduktion beteiligten Prozesse und Einheiten entwickelt. Hier kommt auf der Ebene der Wortschreibung der morphemischen Struktur eine herausgehobene Bedeutung zu: Bei Agraphiepatienten wurde die Schreibung des Grundmorphems eines Wortes phonographisch erzeugt, während die Schreibung des Flexionsmorphems offensichtlich aus dem Lexikon abgerufen wurde. Dies sagt nicht nur etwas über zwei unterschiedliche Zugänge zu Schreibungen aus, sondern auch über die Bedeutung der Morphemstruktur.

Vorliegende Untersuchungen sind also entweder skeptisch bzgl. Spuren sprachlicher Prozesse in der Schreibdynamik oder sie ignorieren diesen Aspekt. Dort, wo nach linguistischen Einheiten gesucht wird, werden Morpheme betrachtet; es wird auch ein Einfluß dieser Einheiten auf die Schreibdynamik gefunden. Interessant sind dabei auch Hinweise, die auf unterschiedliche Morphemtypen deuten. Silben wurden in den uns vorliegenden Arbeiten nicht systematisch in die Betrachtung einbezogen.

In unseren eigenen früheren Untersuchungen zeigte sich dagegen relativ deutlich, daß Silben (und nicht z.B. Phoneme) die elementaren Einheiten der tastaturschriftlichen Sprachproduktion bei geübten Schreibern sind.⁶ D.h., daß an den Silbengrenzen die längsten Übergangszeiten festgestellt wurden. Morpheme deuteten sich hier als Strukturgeber zwar auch an, allerdings schwächer als Silben. Handschriftliche Schreibungen hatten wir bisher unter diesem Aspekt noch nicht untersucht.

3. Versuchsaufbau

Wortmaterial

Das Wortmaterial wurde so konzipiert, daß zwischen einer Buchstabenkombination (z.B. e-n) in verschiedenen Wörtern unterschiedliche oder keine linguistische Grenzen auftreten. Es sollte bei jedem Wort nur an diesen Stellen (zwischen den beiden Graphemen) untersucht werden, ob, und wenn ja, wie lange die VPN an dieser Stelle den Stift vom Papier abheben. Die Typen linguistischer Grenzen wurden in vier Klassen eingeteilt:

1. Zwischen den beiden Graphemen liegt sowohl eine Silben- als auch eine Morphemgrenze vor. (+S+M)
2. Es liegt eine Morphemgrenze, aber keine Silbengrenze vor. (-S+M)
3. Es liegt eine Silbengrenze, aber keine Morphemgrenze vor. (+S-M)

⁶ Vgl. Weingarten (1997).

4. Es liegt weder eine Silben-, noch eine Morphemgrenze vor. (-S-M)

Es wurden acht Buchstabenkombinationen⁷ ausgewählt und für jede Kombination je zwei Wörter von jedem Typ gesucht, soweit ein entsprechendes Wort im Deutschen existiert. Dabei wurde darauf geachtet, möglichst Wörter auszuwählen, die keine orthographischen Schwierigkeiten bei den Schreibern verursachen würden. Die Wortliste enthält insgesamt 47 Wörter⁸.

Beispiel: Kombination ⟨e-n⟩

1. +S+M: ⟨Seenot⟩
2. -S+M: ⟨Seenlandschaft⟩
3. +S-M: ⟨genau⟩
4. -S-M: ⟨kennen⟩

untersuchter Ort = „|“

Methode

Der Handschrift-Versuch wurde mit 28 VPN auf einem Grafiktablett (Digitizer) durchgeführt. Grafiktablets wurden ursprünglich als Eingabegerät für die computergestützte Grafikerstellung konzipiert. Die Position eines speziellen Stiftes wird durch einen internen Prozessor errechnet und an den angeschlossenen PC geleitet. Diese Technik stellt die für diesen Versuch benötigten Daten zur Verfügung: Durch die Auslesung der Koordinaten des Stiftes in definierten (hier: konstanten) Zeitintervallen können nicht nur die Position des Stiftes, sondern auch Geschwindigkeit und Beschleunigung der Stiftführung errechnet werden. Das von uns für die Versuchsreihe entwickelte Programm arbeitet mit einer Sample-Frequenz von 100 Hz⁹.

Auf die Schreiboberfläche des Grafiktablets wurde für jede VPN ein Blatt Papier ohne Linien aufgeklebt. Mit dem von einem herkömmlichen Kugelschreiber kaum unterscheidbaren Stift ergibt sich eine annähernd natürliche Schreibsituation. Die VPN wurden aufgefordert möglichst „normal“ zu schreiben. Der Versuch wurde in zwei Abschnitten durchgeführt: Teil A: 24 Wörter, Teil B: 23 Wörter. Die Wörter wurden

⁷ Die Buchstabenkombinationen sind: e-n, n-e, t-e, e-r, g-e, e-l, r-u, o-t. Die ersten fünf gehören nach Meier („*Deutsche Sprachstatistik*“, 1964, S. 271) zu den „häufigsten Laut-Nachbarn innerhalb der Wörter“. Die restlichen drei Paare wurden willkürlich ausgewählt.

⁸ Eine Auflistung der Wörter findet sich im Appendix. Bei zwei Wörtern („Hagel“ und „Haargel“) wurden jeweils zwei Orte untersucht, so daß sich insgesamt 49 untersuchte Orte ergeben.

⁹ d.h.: alle 10 ms wurden die Koordinaten des Stiftes erfaßt.

den VPN durch den Computer einzeln, jeweils zwei Sekunden nach dem Drücken der „Enter“-Taste akustisch dargeboten. Es wurden keine weiteren Vorgaben gegeben; die VPN waren während des Tests allein in einem Raum.

Die VPN waren gesunde und geübte Schreiber aus dem akademischen Bereich und alle über 25 Jahre alt; sie stellten sich freiwillig zur Verfügung.

Für den Vergleich mit der Tastaturschrift wurden 13 der o.g. VPN ausgewählt, anschließend das gleiche Wortmaterial auch auf der Tastatur zu schreiben. Auswahlkriterium war eine hinreichende Schreibfähigkeit auf der Tastatur. Die Versuchsbedingungen entsprachen denen der handschriftlichen Schreibung. Dabei wurden die Übergangszeiten zwischen den Tastaturanschlägen vom Computer erfaßt. Alle 47 Wörter wurden in einem Durchlauf dargeboten, sowie der Zeitraum zwischen dem Drücken der „Enter“-Taste und der akustischen Darbietung des Wortes auf eine Sekunde verkürzt.

Von der Auswertung ausgeschlossen wurden bei beiden Schreibmodi Wörter mit Fehlern oder extremen Schreibverzögerungen.

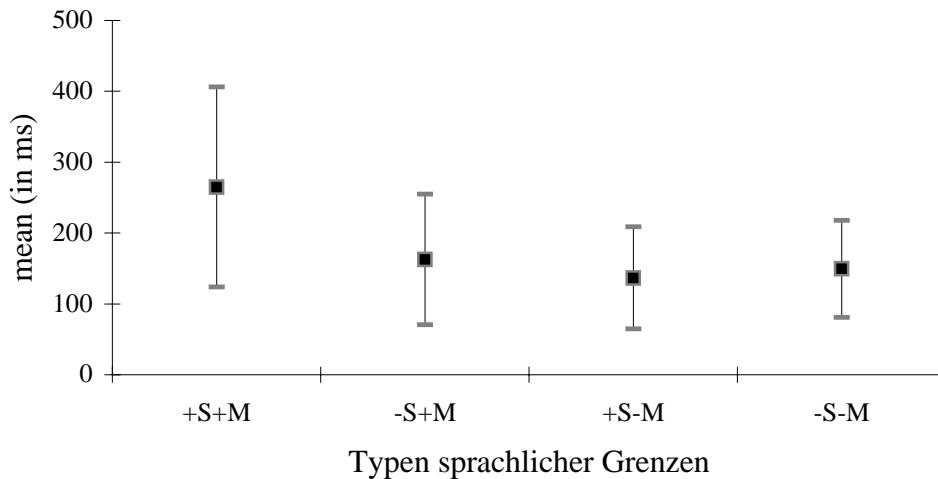
4. Ergebnisse

Analyse I: Auswertung definierter Unterbrechungen

Im ersten Analyseverfahren wurden in den geschriebenen Wörtern die Übergänge zwischen definierten Buchstabenpaaren in der folgenden Weise untersucht: Beispiel $\langle e-n \rangle$. Wenn an dem Übergang zwischen $\langle e \rangle$ und $\langle n \rangle$ der Stift abgehoben wurde, dann wurden Abheb- und Aufsetzpunkt erfaßt und die zeitliche Differenz zwischen ihnen berechnet. In unterschiedlichen Wörtern können zwischen $\langle e-n \rangle$ die oben definierten Grenzen unterschiedlicher sprachlicher Einheiten verlaufen: +S+M, -S+M, +S-M oder -S-M. Die ermittelten Unterbrechungszeiten wurden entsprechend diesen Typen sprachlicher Grenzen, an denen sie auftreten, gruppiert.

Die Varianzanalyse der Unterbrechungszeiten ergibt signifikante Unterschiede für die Mittelwerte der verschiedenen Gruppen.

Abb.1: Mittelwert (mean) +/- Standardabweichung in Millisekunden (ms) der Unterbrechungszeiten für die verschiedenen Gruppen sprachlicher Grenzen in der **Handschrift**



Die Mittelwerte und Standardabweichungen (SD) für die vier Gruppen sind:

+S+M : 264,87 ms \pm 141,21 ms (SD) / n = 306

-S+M : 162,67 ms \pm 92,10 ms (SD) / n = 110

+S-M : 136,58 ms \pm 72,00 ms (SD) / n = 77

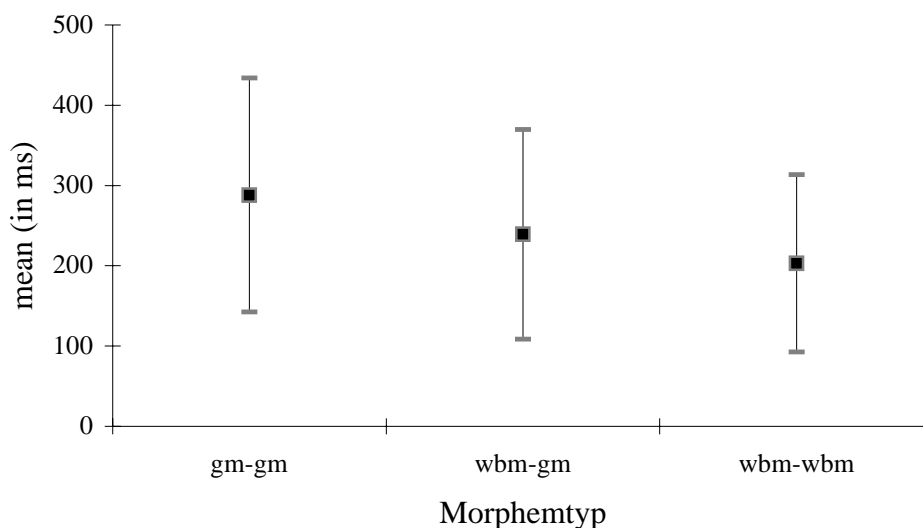
-S-M : 149,34 ms \pm 68,44 ms (SD) / n = 168

Der Tukey HSD Test für ungleiche n zeigt, daß die Unterbrechungen, die an einer kombinierten Silben- und Morphemgrenze (+S+M) liegen, hoch signifikant ($p < 0,001$) länger sind als die an den anderen Typen sprachlicher Grenzen. Sich abzeichnende Unterschiede zwischen den Unterbrechungen, an denen nur Silbengrenzen (+S-M) oder nur Morphemgrenzen (-S+M) verlaufen, und denen ohne sprachliche Grenze (-S-M), lassen sich mit diesen Daten nicht absichern. Dies ist vor allem bedingt durch die beachtliche Varianz der Meßwerte, auf die wir weiter unten zurückkommen.

Bei diesen Ergebnissen ist zu berücksichtigen, daß die reinen Morphemgrenzen und die +S+M-Grenzen nicht die gleichen Morphemtypen umfassen. Reine Morphemgrenzen umfassen in unserem Versuchsmaterial die Kombination Grundmorphem /Flexionsmorphem (gm-fm) und Grundmorphem/Wortbildungsmorphem (gm-wbm), während an den +S+M-Grenzen die Kombination Grundmorphem/Grundmorphem (gm-gm), Wortbildungsmorphem/Grundmorphem (wbm-gm) und Wortbildungsmorphem /Wortbildungsmorphem (wbm-wbm) auftreten. Es zeigt sich, daß die unterschiedlichen Dauern der Unterbrechungen an Morphemgrenzen mit den Morphemtypen korrelieren:

Wenn wir die Unterbrechungsdauern an den +S+M-Grenzen nach Morphemtypen gruppieren, dann zeigt der Tukey-Test (für ungleiche n) einen hoch signifikanten Unterschied ($p = 0,0065$) zwischen gm-gm-Grenzen (mean = 287,93 ms; $n = 191$) und wbm-wbm-Grenzen (mean = 203,08 ms; $n = 40$) und einen auf dem 10%-Niveau signifikanten Unterschied ($p = 0,0829$) zwischen gm-gm- und wbm-gm-Grenzen (mean = 239,08 ms; $n = 75$).

Abb.2: Mean +/- Standardabweichung in Millisekunden (ms) der Unterbrechungszeiten für die verschiedenen Morphemtypen an den +S+M-Grenzen in der **Handschrift**



Diese Ergebnisse zeigen, daß der morphemische Einfluß am stärksten an den Anfangsrändern der Grundmorpheme auftritt. Die Varianzanalyse zeigt aber auch, daß der Effekt nicht nur von der auf die Grenze folgenden Einheit bedingt ist, sondern auch von der vorausgehenden Einheit. Aus diesen Daten kann man allerdings nicht auf einen isolierten morphemischen Einfluß schließen, da der Anfang eines Grundmorphems immer mit dem Anfang einer Silbe zusammenfällt.

Vergleich der handschriftlichen Ergebnisse mit denen der Tastaturschreibung

Aus dem (mit den gleichen Wörtern durchgeführten) Tastatur-Versuch wurden die Übergangszeiten zwischen genau den Buchstaben, bei denen im Handschrift-Versuch die Unterbrechungslängen untersucht wurden, ausgewertet. Es ergaben sich folgende Mittelwerte und Standardabweichungen (SD) für die vier Gruppen:

+S+M : 302,32 ms \pm 144,44 ms (SD) / $n = 200$

-S+M : 197,90 ms \pm 75,89 ms (SD) / $n = 127$

+S-M : 215,06 ms \pm 89,79 ms (SD) / $n = 88$

-S-M : 205,90 ms \pm 77,96 ms (SD) / n = 200

Obwohl in diesem Versuch aufgrund des anderen Schreibmodus' eine andere Variable untersucht wurde (Übergangszeiten vs. Unterbrechungszeiten) zeigen beide Maße doch tendenziell ähnliche Ergebnisse: Auch im Tastatur-Versuch ist die Meßvariable (Übergangszeit) an einer +S+M-Grenze hoch signifikant länger ($p < 0,001$) als bei den übrigen drei Grenztypen. Ebenso unterscheiden sich Übergangszeiten an reinen Silbengrenzen (+S-M) und reinen Morphemgrenzen (-S+M) nicht signifikant von solchen ohne Grenze (-S-M). Auch der Einfluß der unterschiedlichen Morphemtypen an den +S+M-Grenzen ist ähnlich wie im Handschrift-Versuch, jedoch mit etwas geringerer Deutlichkeit: Der Tukey-Test zeigt, daß die mittleren Verzögerungen an den gm-gm-Grenzen (mean = 326,19 ms; n = 113) sich signifikant ($p = 0,0186$) von denen an wbm-wbm Grenzen (mean = 238,23 ms; n = 26) unterscheiden. Ebenso zeichnet sich ein Unterschied zwischen gm-gm- und wbm-gm-Grenzen (mean = 285,41; n = 61) ab, der jedoch nicht signifikant ist. Somit zeigt sich auch bei einer differenzierten Betrachtung der Morphemtypen eine große Ähnlichkeit zwischen den beiden Schreibmodi.

Ein weiteres interessantes Ergebnis ist, daß trotz der unterschiedlichen Schreibgeschwindigkeiten der Handschrift und der Tastaturschrift die beiden Meßvariablen in der gleichen Größenordnung liegen: die mittlere Übergangszeit an den +S+M-Grenzen ist 302,32 ms für die Tastaturschrift und die mittlere Unterbrechungszeit ist 264,87 ms für die Handschrift. Die im Mittel um 37,45 ms kürzeren Unterbrechungszeiten bei den +S+M-Grenzen in der Handschrift deuten möglicherweise darauf hin, daß in der langsameren Handschrift die sprachlichen Planungsprozesse auch während der Ausführung der Schriftzüge stattfinden. Dies müßte sich dann in den Zeitstrukturen der Schriftzüge selber niederschlagen.

Wir haben weiter oben schon auf die beachtliche Varianz der Meßdaten hingewiesen. Bei der Varianzanalyse stellte sich heraus, daß sowohl in der Handschrift als auch in der Tastaturschrift die Größe der Meßvariablen von der Stellung der sprachlichen Grenzen innerhalb des jeweiligen Wortes abhängt: Gruppiert man die Meßwerte nach den Abständen, in denen sie vom Wortanfang aus erscheinen, so ergibt sich ein signifikanter Einfluß dieses Abstandes auf die Meßwerte bei allen vier Grenztypen. Dies ist für die Tastaturschreibung auch aus bisherigen Veröffentlichungen zu erwarten und ist hier erstmals für die Handschrift gezeigt. Gleichzeitig wird hiermit deutlich, daß neben einer Betrachtung der isolierten Grenzen auch eine Analyse der Zeitstruktur innerhalb der kompletten Wörter von Bedeutung ist.

Analyse II: Auswertung aller Unterbrechungen bei der Wortschreibung

In einem zweiten Analyseschritt wurden alle Unterbrechungszeiten der handschriftlichen und alle Übergangszeiten der tastaturschriftlichen Schreibungen für jedes Wort untersucht. Bei ersterer wurde für jeden Buchstabenübergang ermittelt, wie viele VPN an dieser Stelle die Schreibung unterbrochen haben und wie lang diese Unterbrechungen gewesen sind.

Abb.3: Unterbrechungszeiten des **handschriftlichen Schreibmodus** für das Wort (Schneelandschaft): Die Summe aller Werte für einen Ort wurde durch die Anzahl aller Versuchspersonen geteilt, um die beiden o.g. Informationen (Anzahl und mittlere Dauer) in einem Wert zusammenzufassen.

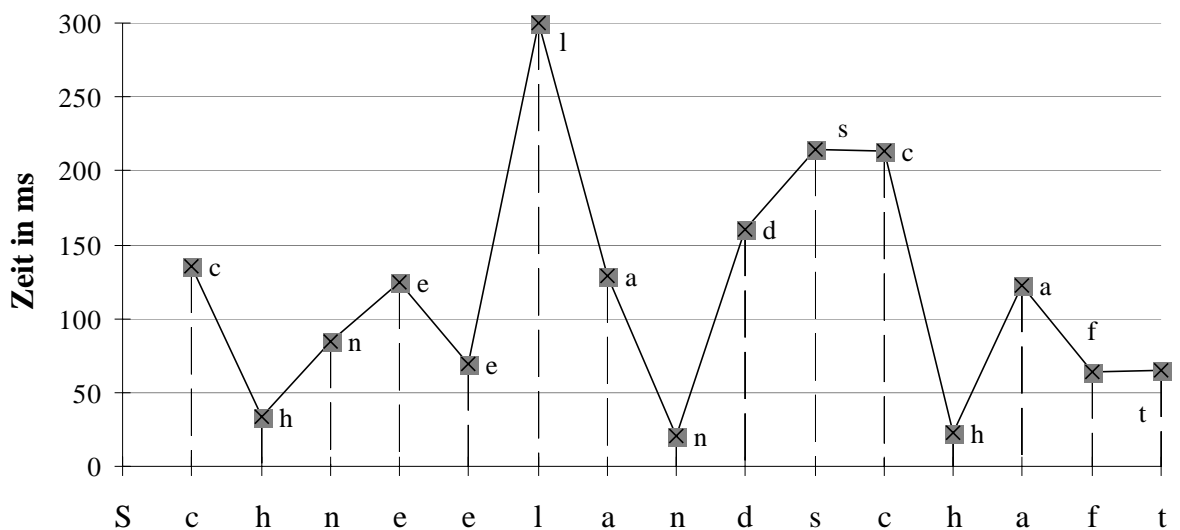
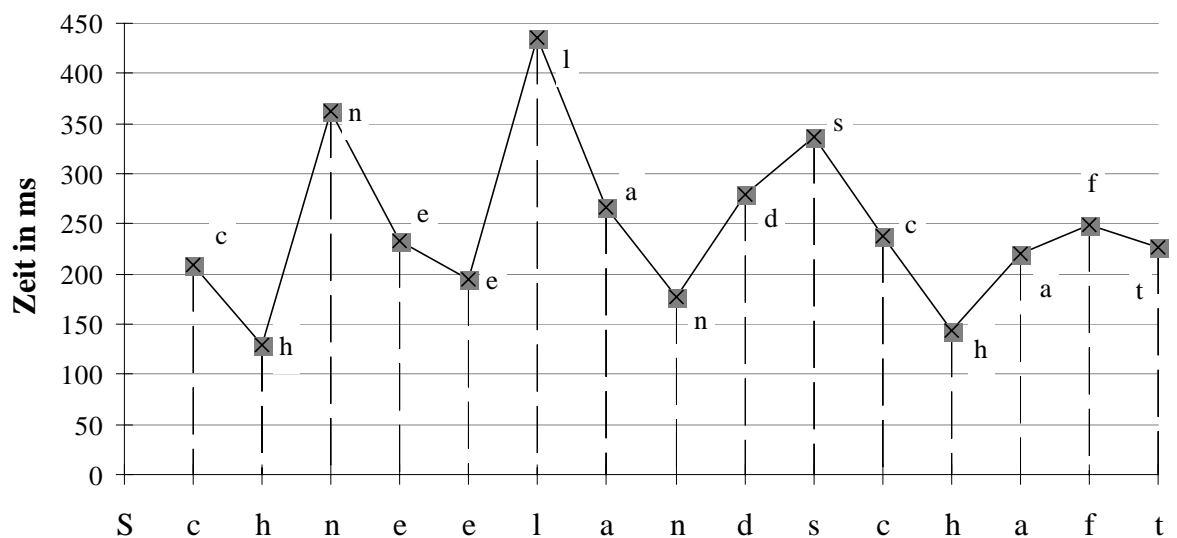


Abb.4: Mittelwerte der Übergangszeiten des **tastaturschriftlichen Schreibmodus** für das Wort (Schneelandschaft)



Auch bei der Betrachtung der gesamten jeweiligen zeitlichen Muster zeigt sich eine große Ähnlichkeit zwischen beiden Schreibmodi. Dabei entstanden an der Grenze

zwischen zwei Grundmorphemen (gm-gm), bzw. an dieser Silbengrenze die größten Werte. An der Grenze zwischen Grundmorphem und Wortbildungsmorphem (gm-wbm), die hier ebenfalls eine Silbengrenze ist, entstanden die zweit- bzw. drittgrößten Werte.

Bei diesem Worttyp lassen sich Einflüsse der Silbenstruktur von Einflüssen der Morphemstruktur nicht unterscheiden, da hier die Silben- und Morphemgrenzen zusammenfallen. Dies ist in dem folgenden Beispiel nicht der Fall:

Abb.5: Unterbrechungszeiten (Summe der Mittelwerte/Anzahl aller VPN) des *handschriftlichen Schreibmodus* für das Wort (liegend)

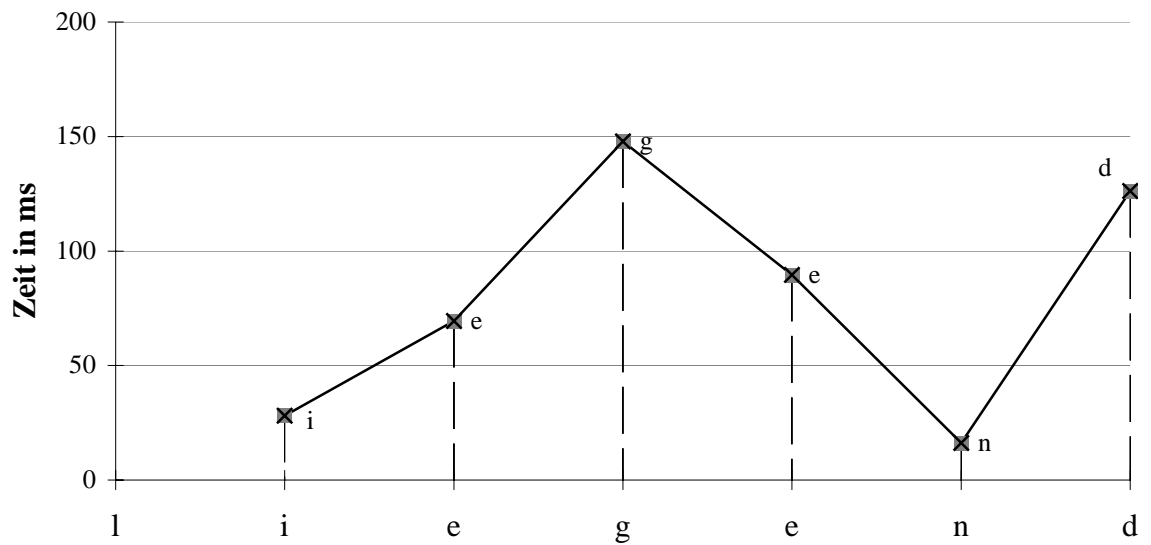
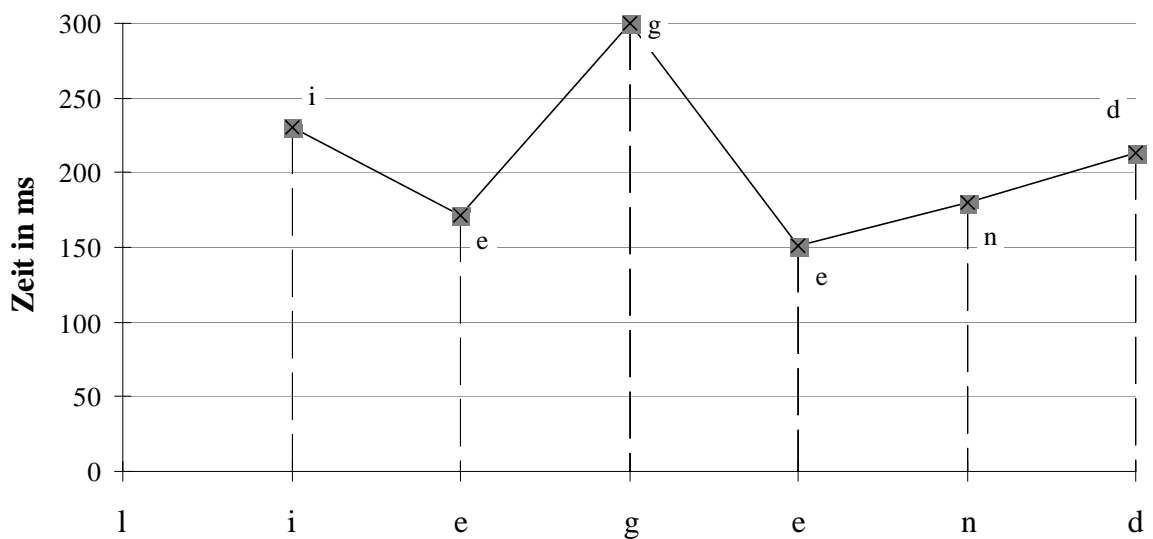


Abb.6: Mittelwerte der Übergangszeiten des *tastaturschriftlichen Schreibmodus* für das Wort (liegend)



Zunächst zeigt sich hier wiederum eine große Ähnlichkeit der zeitlichen Muster. Unsere

bisherigen Daten deuten darauf hin, daß die Silbenstruktur in der Handschrift einen stärkeren Einfluß auf die Zeitstruktur ausübt als die Morphemstruktur.

Werden bei der Tastaturschreibung die Übergangzeiten für jedes Wort über alle VPN gemittelt, so zeigen die Zeitfolgen für jedes Wort eine Gliederung, die eindeutig mit der Silbenstruktur der Wörter korreliert: Die mittleren Übergangszeiten an Silbengrenzen (+S-M) sind in jedem Wort länger als die benachbarten Übergangszeiten an reinen Morphemgrenzen oder -S-M-Grenzen. Diese Korrelation zeigt, daß Silbengrenzen sich klar in der Zeitstruktur des Schreibens beim Tastatur-Versuch niederschlagen. Der konkrete Verlauf der Übergangszeiten erklärt auch, warum sich der Einfluß der Silbengrenzen bei Betrachtung der isolierten Grenzen nicht klarer abzeichnet: Die Verlängerung der Übergangszeiten ist für die Folge der Silbengrenzen innerhalb eines Wortes nicht absolut, sondern relativ zu den benachbarten Übergangszeiten.

5. Diskussion

Die Ergebnisse der Untersuchungen zum Schreiben mit der Hand und zum Schreiben mit dem Computer haben gezeigt, daß auf der hier untersuchten Wortebene ein Zusammenhang zwischen dem zeitlichen Verlauf des Schreibens und Einheiten der sprachlichen Struktur besteht.

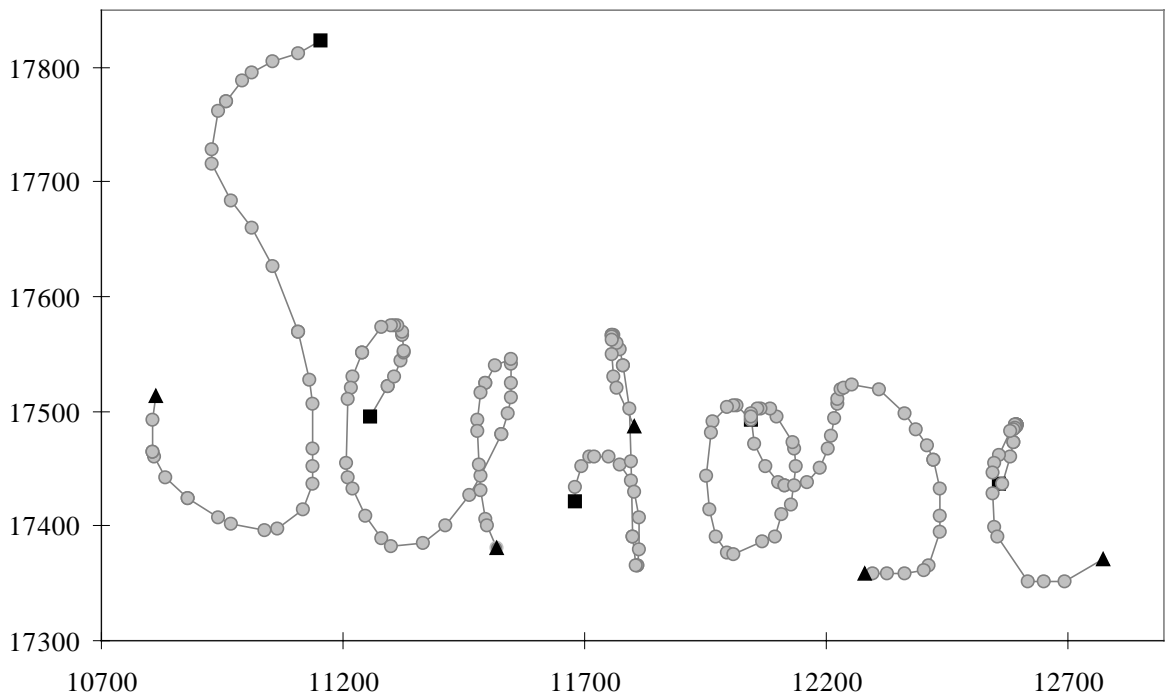
Die Struktur der Übergangszeiten zeigt deutlich eine unterschiedliche Stärke der Einflüsse der verschiedenen Grenztypen; sie bestätigt und detailliert damit die Ergebnisse der ersten Analyseserie: Die Verzögerungen an den +S+M-Grenzen sind am stärksten ausgeprägt und bilden somit die Hauptgliederung in der Zeitstruktur der Wortschreibung. Die Verzögerungen an den reinen Silbengrenzen (+S-M) bilden eine zweite Schicht. Sie sind a) weniger stark ausgeprägt als diejenigen an den +S+M-Grenzen und b) zeigen sie innerhalb der von den +S+M-Grenzen gebildeten Intervalle eine Abnahme. Dieses Muster der Verzögerungen könnte so interpretiert werden, daß die Verzögerungen ein Resultat von zwei unterschiedlichen sprachlichen Verarbeitungsprozessen sind: Ein übergeordneter Prozeß der schriftlichen Sprachproduktion beeinflusst die Zeitstruktur in einem durch die +S+M-Grenzen gebildeten Rhythmus. Er entsteht insbesondere durch Grundmorpheme und die damit einhergehende Silbenstruktur. Der übergeordnete Status dieses Prozesses läßt sich begründen durch die Amplitude und die zeitliche Dauer seiner im Zyklus abnehmenden Wirkung. Ein weiterer Prozeß beeinflusst die Zeitstruktur im Silbenrhythmus unabhängig von der Morphemstruktur, mit jeweils abnehmender (dekrementierender) Stärke innerhalb einer +S+M/+S+M-Phase.

Hinsichtlich des übergeordneten Prozesses sind beide Schreibmodi gleich. Unsere bisherigen Ergebnisse deuten darauf hin, daß der reine Silbenrhythmus beim handschriftlichen Schreiben etwas schwächer ist als beim tastaturschriftlichen Schreiben.

6. Perspektiven

Beim handschriftlichen Schreiben haben wir bisher diejenigen Punkte untersucht, an denen der Schriftzug unterbrochen wurde. Wie unsere Ergebnisse zur handschriftlichen Sprachproduktion zeigen, sind die *Orte*, an denen diese Unterbrechungen liegen, und ihre *Dauer*, weder zufällig noch primär nach graphomotorischen Gesichtspunkten verteilt, sondern sie werden entscheidend von Aspekten der sprachlichen Struktur beeinflußt. Die *absolute Anzahl* der Abhebungen hängt jedoch eng mit der individuellen Handschrift zusammen - von den Extremen einer maximal verbundenen Schrift, wie z.B. der lateinischen Ausgangsschrift bis zu einer minimal verbundenen Schrift, wie der (handschriftlichen) Druckschrift. Bezogen auf den nicht-unterbrochenen Schriftzug kann man nun die Frage stellen, ob sich hier auch Veränderungen in der Schreibgeschwindigkeit an denjenigen Stellen zeigen, an denen Grenzen sprachlicher Einheiten wie der Silben oder der Morpheme im Schriftzug verlaufen. Diese weiterführende Fragestellung soll an einem Beispiel erläutert werden.

Abb.7: Handschriftliche Schreibung des Wortes „Seerose“. Die Werte auf den Achsen geben die räumlichen Koordinaten an. Quadrate markieren Aufsetzpunkte des Stiftes, Dreiecke die Abhebepunkte. Die Punkte auf den Schriftzügen geben die Stellen an, an denen im Abstand von 10 ms die Zeit und die räumlichen Koordinaten erfaßt wurden. Je weiter die Punkte auseinander liegen, desto höher ist die Schreibgeschwindigkeit.



Die Handschrift besteht unter motorischer Perspektive zunächst aus *Schriftzügen*. Darunter sollen Einheiten verstanden werden, die zwischen einem Aufsetz- und einem Abhebepunkt des Stiftes liegen. Die hier aufgeführte Schreibung von ⟨Seerose⟩ besteht aus den Schriftzügen ⟨S⟩, ⟨ee⟩, ⟨r⟩, ⟨os⟩ und ⟨e⟩.

Schriftzüge können sich aus einer oder mehreren *Bewegungsphasen*¹⁰ zusammensetzen. Diese lassen sich definieren als Einheiten, die zwischen zwei Geschwindigkeitsnullpunkten liegen. Geschwindigkeitsnullpunkte treten an drei Stellen auf: dort, wo ein Schriftzug beginnt, wo er in einem (mehr oder weniger spitzen) Winkel die Richtung wechselt und wo er endet. So besteht z.B. das ⟨r⟩ in dem Beispiel aus drei Bewegungsphasen: einem Anstrich zu einer Arkade, einem Aufstrich und einem kurzen Abstrich.

Eine noch feinere Einteilung ergibt sich, wenn man Geschwindigkeitsminima als Grenzmarkierungen hinzunimmt, die an Richtungswechseln in einer Kurve auftreten. Manche Bewegungsphasen werden damit noch einmal unterteilt, nämlich dort, wo der Richtungswechsel nicht mit einer Reduzierung der Geschwindigkeit auf Null einhergeht, aber deutlich reduziert ist. Die sich so ergebenden Segmente - *Aufstriche*, *Abstriche* und *Querstriche* - sind im Idealfall durch *ein* Geschwindigkeitsmaximum,

¹⁰ Vgl. Grünewald (1970).

also eine eingipflige Geschwindigkeitskurve, gekennzeichnet.¹¹ Diese Segmentierung in Striche führt nun zu zwei Fragen:

1. Verteilt sich die Ausprägung der grenzmarkierenden Geschwindigkeitsminima zufällig oder sind diese an den Stellen ausgeprägter, an denen Grenzen linguistischer Einheiten verlaufen? In dem Beispiel befindet sich ein solches Minimum auf dem Bogen, der ⟨o⟩ und ⟨s⟩ verbindet. Zwischen diesen Buchstaben verläuft eine Silbengrenze. Eine entsprechende Hypothese würde lauten, daß die Geschwindigkeitsminima an Buchstabengrenzen ausgeprägter sind als innerhalb von Buchstaben und an Silbengrenzen ausgeprägter als an Buchstabengrenzen innerhalb von Silben etc.
2. Dort, wo die Grenzen linguistischer Einheiten innerhalb eines Striches liegen, könnte man nach einer zweiten Hypothese eine Delle in der eingipfligen Geschwindigkeitskurve erwarten.

¹¹ Vgl. Mey und Marquardt (1995).

Literatur

Badecker, W., Rapp, B. and Caramazza, A. 1996. Lexical morphology and the two orthographic routes. In: *Cognitive Neuropsychology* 13,2: 161-175.

Cooper, W.E. (ed.) 1983. *Cognitive aspects of skilled typewriting*. New York etc.: Springer

Gentner, D. 1983. Keystroke timing in transcription typing. In: Cooper, W.E. (ed.) 1983. *Cognitive aspects of skilled typewriting*. New York etc.: Springer: 95-120.

Grünewald, H. 1970. *Schrift als Bewegung. Eine empirische Untersuchung über die Bewegungsstruktur der Lateinischen Ausgangsschrift und das schreibmotorische Verhalten*. Weinheim etc.: Beltz.

Mey, N. und Marquardt, C. 1995. Analyse und Therapie motorischer Schreibstörungen. In: *Psychologische Beiträge*, Bd. 37: 538-582.

Pechmann, Th. und Zerbst, D. 1992. Planungs- und Konstruktionsprozesse bei der Sprachproduktion. In: Krings, H.P. und Antos, G. (Hrsg.) 1992. *Textproduktion*. Trier: Wissenschaftlicher Verlag: 127-145.

Pynte, J., Courrieu, P. and Frenck, Ch. 1991. Evidence of repeated access to immediate verbal memory during handwriting. In: *European Journal of Psychology of Education* VI,2: 121-125.

Thomassen, A.J.W.M. 1996. Writing by hand. In: Günther, H. und Ludwig, O. (Hrsg.), *Handbuch Schrift und Schriftlichkeit Bd.II*. Berlin, New York: de Gruyter. 1027-1035

Weingarten, R. 1997. Wortstruktur und Dynamik in der schriftlichen Sprachproduktion. In: *Didaktik Deutsch* 2: 10-17.

APPENDIX

Wortliste

e-n	+S+M	⟨See <u>n</u> ot⟩	e-r	+S+M	⟨See <u>r</u> ose⟩
	+S+M	⟨Hunde <u>n</u> apf⟩		+S+M	⟨ge <u>r</u> aten⟩
	-S+M	⟨See <u>n</u> landschaft⟩		+S-M	⟨Se <u>r</u> um⟩
	-S+M	⟨Kaktee <u>n</u> ⟩		+S-M	⟨Pe <u>r</u> rücke⟩
	+S-M	⟨Ve <u>n</u> e⟩		-S-M	⟨Te <u>e</u> r⟩
	+S-M	⟨ge <u>n</u> au⟩		-S-M	⟨Te <u>r</u> min⟩
	-S-M	⟨Ge <u>n</u> forschung⟩	g-e	+S+M	⟨Zwerg <u>e</u> sel⟩
	-S-M	⟨ke <u>n</u> nen⟩		+S+M	⟨weg <u>e</u> keln⟩
n-e	+S+M	⟨Korn <u>e</u> rnte⟩		-S+M	⟨lieg <u>e</u> nd⟩
	+S+M	⟨an <u>e</u> rkennen⟩		-S+M	⟨frag <u>e</u> n⟩
	-S+M	⟨maschi <u>n</u> ell⟩		-S-M	⟨Haar <u>e</u> l⟩
	-S+M	⟨klein <u>e</u> r⟩		-S-M	⟨Hag <u>e</u> l⟩
	-S-M	⟨Schne <u>e</u> ⟩	r-u	+S+M	⟨Spar <u>r</u> urlaub⟩
	-S-M	⟨Kn <u>e</u> cht⟩		+S+M	⟨ver <u>r</u> unstalten⟩
e-l	+S+M	⟨Schnee <u>e</u> landschaft⟩		-S+M	⟨Klär <u>r</u> ung⟩
	+S+M	⟨be <u>e</u> laufen⟩		-S+M	⟨Bildstö <u>r</u> ung⟩
	+S-M	⟨Te <u>e</u> lex⟩		-S-M	⟨Un <u>r</u> uhe⟩
	+S-M	⟨Me <u>e</u> lodie⟩		-S-M	⟨Spr <u>r</u> ung⟩
	-S-M	⟨Haar <u>e</u> l⟩	o-t	+S+M	⟨Zoo <u>t</u> ier⟩
	-S-M	⟨Hag <u>e</u> l⟩		+S+M	⟨Ko <u>t</u> trainer⟩
t-e	+S+M	⟨Last <u>t</u> esel⟩		+S-M	⟨Brö <u>t</u> e⟩
	+S+M	⟨ent <u>t</u> erben⟩		-S-M	⟨Brö <u>t</u> ⟩
	-S+M	⟨experiment <u>t</u> ell⟩		-S-M	⟨Schro <u>t</u> t⟩
	-S+M	⟨getest <u>t</u> et⟩			
	-S-M	⟨Kräuter <u>t</u> ee⟩			
	-S-M	⟨Mant <u>t</u> el⟩			