

Necle Bulut¹

Zwischen Tinte und Pixel: ein Forschungsüberblick über das Handschreiben auf Papier und Tablet

Zusammenfassung

Der Beitrag bietet einen systematischen Überblick über den aktuellen empirischen Forschungsstand zum Handschreiben auf Papier und auf dem Tablet. Im Fokus steht der direkte Vergleich dieser beiden Schrebumgebungen im Hinblick auf Effekte auf den Schreibprozess sowie Lern- und Gedächtnisleistungen. Zentrale Einflussfaktoren wie Entwicklungsstand, Vertrautheit mit dem Medium, kognitive Beanspruchung und Akzeptanz werden differenziert dargestellt und empirisch fundiert bewertet.

In der Synthese der Forschungsergebnisse werden mögliche Potenziale der digitalen Medienintegration thematisiert, zugleich werden jedoch erhebliche Unsicherheiten und vielfältige Forschungsdesiderata deutlich. Für die Praxis erscheinen vor dem Hintergrund der noch begrenzten empirischen Evidenz lediglich vorsichtige und kontextabhängige Empfehlungen möglich.

Schlagwörter: Handschreiben • Papier • Tablet • Schreibkompetenz • Medienvergleich
• Schreibmotorik

Abstract

This article provides a systematic overview of the current empirical research on handwriting on paper and on tablets. The main focus is the direct comparison of these two writing environments with regard to their effects on the writing process, as well as on learning and memory performance. Key influencing factors such as developmental stage, familiarity with the medium, cognitive load, and acceptance are examined in detail and assessed on an empirical basis.

In synthesizing the research findings, possible potentials of digital media integration are discussed. At the same time, significant uncertainties and a variety of research desiderata become evident. In light of the still limited empirical evidence, only cautious and context-dependent recommendations can currently be made for practice.

Keywords: Handwriting • Paper • Tablet • Writing competence • Media comparison • Writing motor skills

¹ Unter Mitarbeit von Sophie Ziegenbein

Der gezielte Einsatz verschiedener Schreibmedien – vom Handschreiben auf Papier über das digitale Schreiben mit Stift auf dem Tablet bis zum Tastaturschreiben – ist zu einem zentralen bildungspolitischen Thema geworden. So fordert etwa der Medienkompetenzrahmen NRW die verbindliche Förderung digitaler Kompetenzen im Unterricht (Medienberatung NRW, 2020), was die Integration von Tablets und digitalen Stiften bundesweit vorantreibt. Auch der DigitalPakt Schule hat den flächendeckenden Zugang zu entsprechender Technologie maßgeblich unterstützt (DigitalPakt Schule, 2019).

Obwohl digitale Schreibwerkzeuge mittlerweile fest zum schulischen Alltag gehören, bestehen weiterhin erhebliche empirische Unsicherheiten bezüglich ihrer langfristigen Auswirkungen auf die Entwicklung von Schreibkompetenzen und Lernleistungen. Diese Unsicherheiten zeigen sich auch international: So hat Schweden nach einer Phase intensiver Digitalisierung der Schulen das Handschreiben wieder stärker in den Unterricht integriert und dabei auf neue wissenschaftliche Evidenzen zur Bedeutung handschriftlicher Kompetenzen für schulisches Lernen verwiesen (Karolinska Institutet, 2023).

Vor diesem Hintergrund stellt sich die Frage, inwiefern analoges und digitales Handschreiben tatsächlich vergleichbare Wirkungen auf den Lernprozess entfalten, zumal in vielen Schulen Notizen oder Übungen zunehmend digital, Prüfungen aber meist weiterhin handschriftlich abgelegt werden. Die aktuelle Forschung zeigt, dass der Wechsel vom Schreiben mit Stift auf Papier zum Schreiben mit Stift auf dem Tablet keineswegs trivial ist. Vielmehr erfordert er entwicklungsbezogene Anpassungsprozesse, da sich analoges und digitales Handschreiben u. a. in sensomotorischen Aspekten unterscheiden. Lernende mit geringer Schreiberfahrung können davon besonders betroffen sein (Alamargot & Morin, 2015, S. 36–37; Mann et al., 2015, S. 6; Gerth et al., 2016, S. 16).

Der Forschungsüberblick konzentriert sich auf vier zentrale Einflussfaktoren: Entwicklungsstand und Vertrautheit mit dem Medium, kognitive Beanspruchung, Lern- und Gedächtniseffekte sowie subjektive Präferenzen und Akzeptanz. Anhand dieser Faktoren werden Chancen, Herausforderungen und offene Forschungsfragen für die Schulpraxis herausgearbeitet, wobei zuvor die grundlegende Funktion des Verschriften im Schreibprozess unabhängig vom verwendeten Werkzeug zu klären ist.

1 Die Rolle des Verschriften im komplexen Schreibprozess

Das Schreiben von Texten erfordert ein koordiniertes Zusammenspiel motorischer, kognitiver und sprachlicher Ressourcen, damit Gedanken und Ideen in klare sprachliche Strukturen überführt und verschriftet werden können (vgl. Antos, 2000, S. 106). Während des Schreibprozesses konkurrieren unterschiedliche Teilprozesse um die begrenzten Kapazitäten des Arbeitsgedächtnisses. Für eine gelingende Textproduktion ist es daher zentral, dass sogenannte hierarchieniedrige Prozesse wie das Verschriften – das heißt die physische Umsetzung von Buchstaben, Wörtern oder Sätzen mit der Hand, sei es analog auf Papier, digital mit dem Stift oder per Tastatur –, die korrekte Rechtschreibung sowie das flüssige Formulieren einfacher Sätze möglichst automatisiert und flüssig ablaufen. Erst dadurch werden Ressourcen für anspruchsvollere, hierarchiehöhere Prozesse frei – wie für das Planen des Textes, das sprachliche Ausgestalten von Ideen, das inhaltliche Strukturieren oder das Überarbeiten (vgl. Stephany et al., 2020, S. 178).

Bei erfahrenen Schreiber:innen sind diese Handlungsabläufe häufig so weit automatisiert, dass sie nahezu unbewusst und fehlerfrei ablaufen (vgl. Sturm et al., 2017, S. 85). Dabei werden Bewegungsprogramme weitgehend aus dem motorischen Gedächtnis abgerufen – es ist etwa möglich, auch mit

geschlossenen Augen zu schreiben. Bei Schreibanfänger:innen hingegen ist die Motorik noch nicht automatisiert; es muss mehr Aufmerksamkeit auf die Ausführung gerichtet werden, was das Arbeitsgedächtnis zusätzlich beansprucht (vgl. Odersky, 2018, S. 213–214) – ähnlich wie beim Schreiben mit der nicht-dominanten Hand.

Verzögerungen oder Störungen bei der motorischen Ausführung, beispielsweise durch ungewohnte Bewegungen oder wenig eingeübte Schreibwerkzeuge, können zu einer Überlastung des Arbeitsgedächtnisses führen. Die Folge sind u. a. Einbußen in der Textqualität, z. B. durch das Vergessen von Ideen während des Verschriftens oder durch orthografische Fehler (vgl. Stephany et al., 2020, S. 157, 168, 178). Denn auch für die Rechtschreibung ist Automatisierung bedeutsam: Forschungen zeigen, dass graphomotorische und orthografische Routinen auf neuronaler Ebene eng verbunden sind (vgl. Odersky, 2018, S. 63–64). Wer beide Teilprozesse automatisiert beherrscht, kann sich stärker auf den Inhalt und den sprachlichen Ausdruck konzentrieren.

Diverse Studien belegen insgesamt, dass eine erhöhte motorische Aufmerksamkeitslenkung kognitive Ressourcen bindet, die eigentlich für hierarchiehöhere Schreibprozesse benötigt werden (vgl. Stephany et al., 2020). Motorische Unterschiede sind also nicht nur technisch relevant, sondern haben auch direkte Auswirkungen auf kognitive Prozesse. Teilprozesse, die der Reflexion zugänglich bleiben müssen, wie das Entwickeln inhaltlicher Ideen oder die Überwachung kommunikativer Absichten, stellen zusätzliche Anforderungen an das Arbeitsgedächtnis und können bei Verzögerungen in der Verschriftlichung zum Verlust von Gedanken führen (vgl. Stephany et al., 2020, S. 167).

Im Kontext der fortschreitenden Digitalisierung rückt nun die Frage in den Vordergrund, wie sich neue Schreibmedien – insbesondere das Schreiben mit digitalen Stiften auf Tablets – auf diese zentralen Schreibprozesse auswirken.

Wie bereits in der Einleitung erläutert, zählen Unterschiede in haptischen und technischen Merkmalen zu den zentralen Charakteristika analoger und digitaler Schreibumgebungen. Diese bislang nur ansatzweise erforschten Unterschiede und Gemeinsamkeiten zwischen analogem und digitalem Handschreiben bilden den Ausgangspunkt für den folgenden Forschungsüberblick.

2 Synthese des Forschungsstands: Handschreiben auf Papier und Tablet

Das international noch überschaubare Forschungsfeld zum Vergleich von analogem und digitalem Handschreiben weist auf bedeutsame kognitive, motorische und lernbezogene Unterschiede hin. Viele Studien konzentrieren sich bislang auf kurzfristige Effekte, während zu langfristigen Einflüssen auf Textqualität oder Prüfungsleistungen noch gesicherte empirische Grundlagen fehlen.

Als ein zentrales Ergebnis zeigt sich: Der Übergang zwischen analogem und digitalem Handschreiben kann insbesondere für Schüler:innen mit wenig Routine eine erhebliche sensomotorische Herausforderung darstellen (Gerth et al., 2016). Entscheidende Ursache ist das haptische Feedback: Während Papier durch taktile Rückmeldungen und Oberflächenwiderstand die Automatisierung und Präzision der Schreibmotorik unterstützt, bietet das Tablet wegen der Beschaffenheit der Oberfläche meist weniger differenzierte Reize und geringeren Widerstand. Dies führt häufiger zu stockenden Bewegungen, Fehlern und sinkender Schreibqualität (vgl. Alamargot & Morin, 2015; Gerth et al., 2016; Guilbert et al., 2018). Besonders Lernende mit noch nicht automatisiertem analogem Handschreiben sind hiervon betroffen.

Insgesamt legen die bisherigen empirischen Befunde nahe, dass der Oberflächenwiderstand und die differenzierte taktile Rückmeldung beim Schreiben auf Papier entscheidende Voraussetzungen für die Ausbildung und Stabilisierung automatisierter Schreibbewegungen schaffen. Tablets mit glatten Oberflächen können diese sensomotorische Unterstützung bislang nur eingeschränkt bieten (vgl. Guilbert et al., 2018).

Für die Schreibdidaktik stellt sich daher die Frage, inwieweit insbesondere in den ersten Lernjahren oder bei Lernenden mit motorischen Anfangsschwierigkeiten eine parallele oder frühzeitige Nutzung digitaler Tools kognitive Ressourcen bindet, die ansonsten für Planungs- oder Überarbeitungsprozesse im Schreibunterricht genutzt werden könnten.

Im Folgenden werden die genannten vier Schlüsselfaktoren, die das Schreiben mit verschiedenen Werkzeugen maßgeblich beeinflussen, hinsichtlich ihrer empirischen Grundlage und ihrer didaktischen Relevanz diskutiert.

2.1 Entwicklungsstand und spezifische Vertrautheit mit dem Medium

Das Erlernen des Handschreibens erfolgt in der Schule typischerweise zunächst analog mit Stift auf Papier. Für eine erfolgreiche Anpassung an das digitale Handschreiben scheint nach bisheriger Forschung insbesondere der Automatisierungsgrad des analogen Handschreibens bedeutsam zu sein. Einzelne Studien deuten darauf hin, dass Kinder, deren analoge Handschreibkompetenz noch nicht vollständig automatisiert ist und die wenig Erfahrung mit analogem Schreiben haben, beim digitalen Handschreiben tendenziell häufiger motorische Defizite, Fehler und Lesbarkeitsprobleme zeigen als motorisch routinierte Erwachsene (Gerth et al., 2016; Guilbert et al., 2018).

Gerth et al. (2016) berichten beispielsweise, dass in einer Zickzacklinien-Aufgabe alle untersuchten Gruppen (Vorschulkinder, Zweitklässler:innen und Erwachsene) Unterschiede zwischen Schreiben auf dem Papier und auf dem Tablet zeigten, wobei insbesondere die Kinder auf dem Tablet häufiger Fehler machten. Bei den Vorschulkindern stieg die Fehlerquote beim Zeichnen der Zickzacklinie auf dem Tablet im Vergleich zu Papier um rund ein Drittel an, bei Zweitklässler:innen sogar um das Doppelte, während Erwachsene – unabhängig von der Schreiboberfläche – insgesamt sehr wenige Fehler beginnen. Auch die Lesbarkeit der Schrift war beeinträchtigt. Für die Erwachsenen lag der mittlere Lesbarkeitsindex auf dem Tablet bei 0,165 gegenüber 0,125 auf Papier, für Zweitklässler:innen war der Unterschied nicht signifikant, deutete aber ebenfalls in diese Richtung (vgl. Gerth et al., 2016, S. 8).

Die Studie zeigt, dass nicht das Medium per se, sondern insbesondere die Kombination aus geringer Schreibautomatisierung und fehlender Anpassung an die digitale Oberfläche die Schreibleistung beeinflusst. Die persönliche Schreiberfahrung ist damit ein wichtiger Prädiktor für die erfolgreiche Nutzung digitaler Schreibmedien. Die individuelle Vertrautheit mit Tablets wurde jedoch nicht explizit erhoben und bleibt somit eine offene Variable für künftige Forschung; sie wird lediglich altersbedingt angenommen, aber nicht differenziert analysiert.

Eine einzelne Interventionsstudie mit 147 Vorschulkindern (Mayer et al., 2020) liefert ein differenzierteres Bild. Dort trainierten Kinder über sieben Wochen viermal pro Woche das Schreiben und Lesen von Buchstaben sowie Wörtern – entweder mit Bleistift auf Papier, mit Stylus auf einem Tablet oder tippend auf einer virtuellen Tastatur. Die Ergebnisse dieser Untersuchung zeigen, dass Kinder, die handschriftlich arbeiteten – unabhängig davon, ob mit Bleistift auf Papier oder digital mit einem Stylus –, vergleichbare Fortschritte erzielten. Zwischen der Bleistift- und der Stylusgruppe zeigte sich kein signifikanter Unterschied im Lernzuwachs visuell-räumlicher Fähigkeiten von T1 zu T2. Die visuell-

räumlichen Fähigkeiten wurden mit einem Testverfahren erfasst, das das Erkennen identischer Figuren trotz Rotation oder Spiegelung sowie die Analyse komplexer räumlicher Beziehungen beinhaltet. Deskriptiv erreichte die Bleistiftgruppe zwar den größten Leistungszuwachs (T1: 15,3; T2: 17,4), blieb jedoch bei T2 leicht hinter der Stylusgruppe zurück (T1: 16; T2: 17,5).

Der Unterschied in der Anzahl korrekt erkannter Buchstaben zwischen den Gruppen war ebenfalls nicht signifikant, wenngleich die Papiergruppe numerisch leicht vorne lag (T3: Papier: 8,5; Tablet: 8,4) (Mayer et al., 2020, S. 11). Die Aussagekraft dieser Studie ist jedoch aufgrund der begrenzten Interventionsdauer und Aufgabenstellung limitiert.

Neben der analogen Routine spielt auch die spezifische Übung im Umgang mit digitalen Stiften eine entscheidende Rolle. Ungeübte Nutzer:innen zeigen zunächst längere Anpassungszeiten sowie geringere Automatisierung und Schreibqualität. Mit häufiger Erfahrung am digitalen Gerät können diese Defizite jedoch oft kompensiert werden (Bonneton-Botté et al., 2020; Osugi et al., 2019).

Dies legt nahe, dass beim Einstieg ins digitale Handschreiben zunächst der Automatisierungsgrad des analogen Handschreibens diagnostiziert werden sollte.

2.2 Kognitive Beanspruchung und neuronale Aktivierung

Vereinzelte Untersuchungen mit Kindern, Jugendlichen und jungen Erwachsenen deuten darauf hin, dass das Schreiben mit digitalen Medien – insbesondere bei geringen Vorerfahrungen – das Arbeitsgedächtnis und das motorische Kontrollsysteem stärker beanspruchen kann als das analoge Handschreiben auf Papier. Einzelne EEG-Studien bestätigen dieses Phänomen: So berichten Hatano et al. (2015) von einer erhöhten Theta-Aktivität im Frontalbereich bei zwölf Oberstufenschüler:innen, was als Hinweis auf eine gesteigerte kognitive Belastung beim digitalen Handschreiben interpretiert werden kann. Allerdings lässt sich der Studie nicht eindeutig entnehmen, ob die individuelle Medienvertrautheit der Teilnehmenden kontrolliert wurde.

Auch eine kleine Zahl verhaltensbasierter Studien dokumentiert, dass Kinder beim Schreiben auf Tablets im Vergleich zum Schreiben auf Papier häufiger längere oder zusätzliche Pausen einlegen und die Bewegungsdynamik ändern. So zeigen Zweitklässler:innen beim digitalen Handschreiben längere Handpausen als beim analogen Handschreiben und abweichende Stiftführungen (Alamargot & Morin, 2015; Guilbert et al., 2018). Die durchschnittliche Dauer der Pausen betrug beim Schreiben auf einem Tablet 443 ms und war damit höher als auf Papier mit 339 ms (vgl. Alamargot & Morin, 2015, S. 38).

Diese Besonderheiten deuten darauf hin, dass mehr Aufmerksamkeit für die Steuerung der Schreibbewegung aufgewendet werden muss und dadurch weniger kognitive Ressourcen für inhaltsbezogene und planende Schreibprozesse verfügbar sind.

Mit zunehmender Schreibpraxis am Tablet nehmen diese erhöhten Anforderungen jedoch messbar ab: Wiederholtes Üben und wachsender Umgang mit digitalen Geräten könnten zu einer allmählichen Normalisierung der kognitiven und motorischen Belastung führen. So ist laut Gerth et al. (2016) der Großteil der signifikanten Interaktionen zwischen Medium und Gruppe darauf zurückzuführen, dass Vorschulkinder im Gegensatz zu Erwachsenen einen signifikanten Unterschied bei der Bearbeitung auf Papier vs. Tablet zeigten. Dies ist plausibel im Hinblick auf fehlende Erfahrung im Schreiben auf Tablets: Ihre Schriftbewegungen sind noch nicht automatisiert, und sie müssen sich bei der geringeren Reibung stärker auf ihre graphomotorische Ausführung konzentrieren. Erwachsene hingegen passen ihre bereits automatisierten motorischen Prozesse schnell an die glattere Tablet-Oberfläche an und gleichen

die reduzierte Reibung nur minimal aus. Zweitklässler:innen nehmen eine Zwischenstellung ein: Sie zeigen Unterschiede bei anspruchsvolleren Aufgaben, nähern sich in ihrer Handschreibleistung jedoch bereits dem Niveau der Erwachsenen an (vgl. Gerth et al., 2016, S. 16). Die Ergebnisse zeigen demnach, dass Nichtschreiber:innen (Vorschulkinder), beginnende Schreiber:innen (Zweitklässler:innen) und erfahrene Schreiber:innen (Erwachsene) unterschiedlich von den beiden Schreibunterlagen beeinflusst werden.

Schüler:innen können demnach beim digitalen Handschreiben auf verstärkte Unterstützung angewiesen sein. Für das Schreiben auf dem Tablet empfiehlt es sich, gezielte Übungsphasen, adaptive Rückmeldungen sowie Entlastungsangebote in digitale Lernumgebungen zu integrieren, um kognitive Überforderung zu vermeiden und einen erfolgreichen Kompetenzerwerb zu ermöglichen.

2.3 Lern- und Gedächtniseffekte

Eine empirische Untersuchung zu Lern- und Gedächtniseffekten zeigt, dass das papierbasierte Handschreiben – insbesondere bei Erwachsenen und älteren Jugendlichen – oft mit einem tieferen Verständnis und einer besseren Erinnerung an geschriebene Inhalte einhergeht als das Tippen auf einer Tastatur oder das Schreiben mit einem digitalen Stift (vgl. Umejima et al., 2021).

Erklärt wird dieser Befund in der kognitiven Psychologie durch die sogenannten *reichhaltigeren Kodierungsprozesse*: Die Kombination aus feinmotorischer Bewegung, der räumlichen Anordnung von Notizen auf dem Papier und der bewussten Auswahl von zu Verschriftendem fördert eine intensivere Verarbeitung und Verankerung der Inhalte im Gedächtnis, denn beim klassischen Handschreiben werden Gehirnbereiche aktiviert, die für tiefergehende Sprachverarbeitung und Bedeutungszuordnung zentral sind. Eine wichtige Rolle für diese Verarbeitungstiefe spielt dabei der Automatisierungsgrad der Schreibbewegung (Umejima et al., 2021): Wenn die motorischen Abläufe beim Schreiben beim inzwischen gewohnten Gebrauch von Stift und Papier so weit automatisiert sind, dass Schreibende ihnen kaum Aufmerksamkeit widmen müssen, stehen mehr kognitive Ressourcen für das Nachdenken über Inhalte, Formulierungen und sprachliche Strukturen zur Verfügung (z. B. Stephany et al., 2020, S. 168). Dies erleichtert die tiefere Sprachverarbeitung und ein tieferes Verständnis. Gleichzeitig kann eine bewusste Verlangsamung des Schreibprozesses, etwa durch absichtliches, reflektiertes Schreiben, das Nachdenken über die Inhalte und damit eine intensivere Verarbeitung zusätzlich begünstigen. Problematisch wird dies jedoch, wenn die Verlangsamung vor allem durch eine übermäßige Fokussierung auf die exakte Ausführung bedingt ist: Dann werden kognitive Ressourcen gebunden, die für inhaltliche oder sprachliche Überlegungen fehlen (vgl. Umejima et al., 2021). Dieser Effekt zeigt sich insbesondere beim Schreiben mit dem digitalen Stift auf dem Tablet: Wenn der Umgang damit ungewohnt ist und die motorischen Bewegungen noch nicht automatisiert sind, müssen Lernende ihre Aufmerksamkeit zu sehr auf die exakte Ausführung und Steuerung der Bewegungen richten. Dadurch stehen weniger kognitive Kapazitäten für inhaltliche oder sprachliche Überlegungen bereit; Planen, Formulieren und Überarbeiten eines Textes geraten ins Hintertreffen. In der Folge leidet möglicherweise die Textqualität, da die tiefergehende Sprachverarbeitung und Bedeutungszuordnung nicht in dem Maße stattfinden kann wie beim vertrauten, flüssigen Schreiben auf Papier.

Damit wird deutlich, dass der potenzielle Mehrwert einzelner Schreibmedien differenziert zu betrachten ist: Die Überlegenheit des analogen Schreibens ist nicht für alle Lerntypen, Fachaufgaben oder Aufgabenformate pauschal zu behaupten. Bei der Gestaltung von Lernaufgaben scheint es sinnvoll, nicht von einem Automatismus der Mediennutzung auszugehen, sondern die individuellen Erfahrungen und Präferenzen der Schüler:innen methodisch aufzugreifen und Aufgabenformate passgenau

auszuwählen. Vor allem beim Erwerb und bei der Festigung komplexer Inhalte kann das handschriftliche Arbeiten auf Papier aktuell weiterhin für viele Lerngruppen einen kognitiven Vorteil bedeuten; digitale Schreibangebote sollten deshalb durch begleitete Reflexion und gezielte Strategiearbeit ergänzt werden, wie etwa den bewussten Vergleich verschiedener Notiztechniken oder das Nachdenken über Unterschiede im Lernprozess je nach Medium.

2.4 Subjektive Präferenzen und Akzeptanz/Handhabung

Bislang liegt zu subjektiven Präferenzen und zur Akzeptanz digitaler Schreibmedien lediglich eine Studie vor, die Hinweise darauf liefert, dass besonders jüngere Schüler:innen das Schreiben auf dem Tablet häufig als weniger angenehm bewerten, Schwierigkeiten im Umgang mit der Technik erleben und Unzufriedenheit mit der Verschlechterung ihres Schriftbilds äußern (vgl. Mann et al., 2015). Auch Lehrkräfte beobachten, dass gerade zu Beginn viele Kinder und Jugendliche mit der Bedienung des Stylus, der glatten Oberfläche oder technischen Problemen zu kämpfen haben (vgl. Mann et al., 2015).

Nach den bisherigen Befunden scheint sich die Skepsis gegenüber dem digitalen Handschreiben mit wachsender technischer Erfahrung und Übung zu verringern. Teilnehmer:innen, die bereits mit digitalen Schreibgeräten vertraut waren, bewerten das Schreiben mit dem Digitalstift als angenehmer und weniger arbeitsaufwändig als Personen ohne entsprechende Vorerfahrungen (Osugi et al., 2019). Dies deutet darauf hin, dass regelmäßige Nutzung und zunehmende Routine digitale Schreibprozesse subjektiv als entlastender und positiver erscheinen lassen. Zudem bietet das digitale Schreiben Möglichkeiten wie das flexible Ordnen von Notizen oder eine individuellere Gestaltung des Schreibvorgangs.

Es ist demnach naheliegend, dass die Akzeptanz und effektive Nutzung digitaler Schreibtechnologien ein entwicklungs- und erfahrungsabhängiger Adoptionsprozess ist, der Zeit und unterstützende Begleitung benötigt. In der Unterrichtspraxis sollten digitale Schreibwerkzeuge behutsam eingeführt und begleitet werden, um individuelle Präferenzen und mögliche Anfangshürden angemessen zu adressieren.

Tabelle 1 bietet einen zusammenfassenden Überblick über die bislang vorliegenden zentralen empirischen Studien zum Vergleich zwischen analogem und digitalem Handschreiben.

Autor:innen	Stichprobe/Alter	Design/Dauer	Methode/Aufgabe	Hauptbefund	Limitationen
Alamargot & Morin (2015)	14 Zweitkl. (7,53 J.), 14 Neuntkl. (14,45 J.)	Querschnitt, an drei Schule in Poitiers, Frankreich	Alphabet/Name auf Papier und Tablet, Bewegungsanalyse	Geringere Lesbarkeit am Tablet; 2. Kl.: längere Pausen, stockend; 9. Kl.: mehr Druck, schneller	Kleines N, keine Längsschnittdaten,
Mann et al. (2015)	13 Kinder (9–10 J.), Lehrkräfte	Querschnitt, 4 Tage, 4 Aufgaben, Grundschule in Großbritannien	Videoanalyse, subjektive Befragung	Tablet: veränderte Körperhaltung, weniger Komfort, schlechtere Qualität (laut Eigenbericht)	Subjektive Urteile, sehr kleines N, keine Längsschnittdaten
Gerth et al. (2016)	25 Vorschulkinder (5,4 J.), 27 Schüler:innen (7,7 J.), 25 Erwachsene (21,8 J.)	Querschnitt, 3 Schreibaufgaben, KiTa/Schule/Uni	Analyse Schreibparameter (Dauer, Fehler etc.)	Vorschulkinder: Tablet = mehr Fehler; Papier besser für Anfänger	Keine Längsschnittdaten
Hatano et al. (2015)	30 Studierende (20–30 J.)	Experiment, 8 Wochen (1x/Woche), Labor	EEG (Theta-Band)	+20 % Theta-Aktivität digital ($p < .05$), keine kognitiven Unterschiede	Keine Schüler:innen, keine Längsschnittdaten
Guilbert et al. (2018)	20 Zweitkl. (7,8 J.), 19 Fünftkl. (11,1 J.), 20 Erw. (25,4 J.)	Querschnitt, an Schulen in Poitiers, Frankreich	Buchstaben/Pseudowörter auf versch. Oberflächen, Bewegungsanalyse	Fehlendes Feedback: größere Buchstaben, mehr Stiftdruck; glatte Oberfläche: motorisch schlechter, höhere Belastung	Keine Längsschnittdaten
Osugi et al. (2019)	28 Erwachsene (26–52 J.)	Experiment, Querschnitt, Labor	Lesen und Handschreiben digital vs. analog, dabei EEG-Messung und subjektiver Fragebogen	Nur erfahrene Digitalnutzer:innen: stärkere Lernwirkung im EEG (N400); sonst kein Unterschied	Nur Erwachsene, keine Schüler:innen, keine Längsschnittdaten
Bonneton-Botté et al. (2020)	233 Vorschulkinder (5,4 J.)	Quasiexperiment, 12 Wochen (20 Min./Woche), 22 Vorschulen in der Bretagne, Frankreich	Prä- und Post-Test Handschrift, Transfer	Digitale Medien v. a. bei mittlerer Leistung effektiv; erfolgreicher Transfer auf analoges Schreiben	Kein echter Längsschnitt, Fokus Vorschulkinder
Mayer et al. (2020)	145 Vorschulkinder (4-6 J.)	Interventionsstudie, 7 Wochen (4x/Woche), Kindergärten in Ulm	Vergleich: Handschrift (Papier/Tablet), Tastaturschreiben, Lernspiele	Bleistift und Stylus: ähnliche Lernfortschritte; Bleistiftgruppe: bessere visoräumliche Fähigkeiten	Keine Längsschnittdaten, kurze Dauer
Umejima et al. (2021)	48 Studierende (18–29 J.)	Querschnitt, Universität in Tokio, Japan	MRT; Vergleich der Gedächtnisleistung/Gehirnaktivierung beim Lernen mit Papier, Tablet und Smartphone	Handschriftliche Notizen fördern tiefere und stabilere Informationskodierung	Nur Studierende, keine Längsschnittdaten, keine Schüler:innen

Tab. 1: Überblick über den aktuellen empirischen Forschungsstand zu analogem und digitalem Handschreiben

Die bislang identifizierten empirischen Studien zum Vergleich zwischen analogem und digitalem Handschreiben weisen deutliche Begrenzungen hinsichtlich Stichprobengröße, Untersuchungsdauer und untersuchter Kompetenzbereiche auf. Daraus ergibt sich die Frage, welche Desiderata bestehen und in welche Richtungen zukünftige Forschung vorangetrieben werden sollte.

2.5 Forschungsdesiderata: offene Fragen und zukünftige Forschungsrichtungen

Die Auswertung der bislang verfügbaren Studien und ihrer zentralen Ergebnisse zeigt erhebliche Forschungsdesiderata im Vergleich von analogem und digitalem Handschreiben. Fast alle bisherigen Arbeiten basieren auf einmaligen Erhebungen oder relativ kurzen Beobachtungszeiträumen von wenigen Wochen bis wenigen Monaten, häufig in experimentellen oder Labor-Settings. Längsschnittstudien mit einer systematischen und nachhaltigen Begleitung über den Verlauf eines oder mehrerer Schuljahre hinweg liegen bislang ebenso wenig vor wie belastbare Vergleiche schulrelevanter Leistungsindikatoren in authentischen Unterrichtskontexten. Viele Untersuchungen fokussieren sich zudem stark auf motorische Aspekte oder spezifische Altersgruppen, während umfassende Analysen zu Textqualität, Rechtschreibleistungen, Motivation oder subjektiven Einstellungen selten sind. Darüber hinaus fehlen bislang auch praxeologische Studien, die Veränderungen in Schreib- und Unterrichtspraktiken selbst in den Blick nehmen. Inwiefern sich Schreibroutinen, Aufgabenstellungen und didaktische Arrangements mit zunehmender Digitalisierung tatsächlich wandeln, ist bisher weitgehend offen.

Für eine gezielte Weiterentwicklung der Deutschdidaktik sowie evidenzbasierte Empfehlungen für die Unterrichtsgestaltung lassen sich auf Basis der aktuellen Forschungslage insbesondere folgende zentrale Forschungsdesiderata herausstellen:

(1) Langfristige Längsschnittstudien:

Es fehlt an kontrollierten Studien, die über mindestens ein Schuljahr hinweg den Einfluss digitaler Schreibmedien auf Schreibkompetenz, Textqualität und weitere Lernleistungen verfolgen und mit konventionellen (analogen) Bedingungen vergleichen.

(2) Systematische Vergleichsstudien zu Prüfungsleistungen:

Vergleichende Erhebungen, welche die Leistungen von Schüler:innen unter Prüfungsbedingungen beim Schreiben mit digitalen und analogen Medien gegenüberstellen, sind bislang nicht vorhanden. Gerade hier bestehen offene Fragen hinsichtlich Übertragbarkeit, Fairness und Validität gängiger (schriftlicher) Leistungsbeurteilungen.

(3) Differenzielle Zielgruppenforschung:

Da viele verfügbare Studien sich auf Vorschulkinder oder speziell ausgewählte Teilgruppen konzentrieren, bedarf es weiterer Untersuchungen, die differenzierte Effekte in unterschiedlichen Altersgruppen (z. B. Sekundarstufe I/II) sowie bei unterschiedlichen Lernvoraussetzungen, Sprachständen oder Vorerfahrungen systematisch erfassen.

(4) Bewertung und Entwicklung medienspezifischer Schulungskonzepte:

Trainingsprogramme zur gezielten Förderung der Schreibkompetenz auf digitalen Endgeräten sollten empirisch evaluiert werden – insbesondere im Hinblick auf ihre Wirksamkeit für die Automatisierung des Handschreibens und die Übertragbarkeit zwischen digitalen und analogen Schreibsituationen.

(5) Analyse von Adoptions- und Wechselprozessen:

Kaum untersucht ist bislang, wie Schüler:innen in realen Situationen zwischen digitalen und analogen Handschreibformaten wechseln – etwa bei Prüfungen, im Unterrichtsalltag oder bei den Hausaufgaben. Unklar bleibt, welche Auswirkungen dies auf Tempo, Fehlerquote sowie Motivation und Wohlbefinden hat.

(6) Ausbau von Forschungsarbeiten zu subjektiven Präferenzen und Akzeptanz:

Zu den subjektiven Einstellungen und Erlebensweisen von Schüler:innen, Lehrkräften und Eltern im Hinblick auf digitale Schreibmedien liegen nur wenige qualitative Studien vor. Zukünftige Forschung sollte stärker erfassen, welche Faktoren gelingende Medienintegration und individuelle Zufriedenheit im Schreibunterricht bestimmen.

Diese Desiderata verdeutlichen, dass substantielle Forschungslücken insbesondere in Bezug auf langfristige Effekte, echte Schulsettings, differenzielle Zielgruppen und subjektive Perspektiven bestehen. Gerade für eine zukunftsfähige und evidenzbasierte Gestaltung des Deutschunterrichts ist es unverzichtbar, diese offenen Fragen systematisch zu adressieren.

Nur durch gezielte, methodisch vielfältige und schulpraktisch relevante Studien lassen sich Empfehlungen für die Integration digitaler und analoger Handschreibformen, für die Entwicklung passender Unterrichtskonzepte und für die Sicherung von Chancengerechtigkeit und Lernförderlichkeit geben.

Die Weiterentwicklung einer schreibdidaktisch reflektierten Medienintegration bleibt daher eng an die Beantwortung dieser zentralen Forschungsfragen gebunden. Ein geplantes Forschungsprojekt soll künftig gezielt eruieren, wie sich digitales und analoges Handschreiben auf Rechtschreibleistung, Textqualität und Lernprozesse im deutschsprachigen Unterricht langfristig auswirken. Im Zentrum stehen dabei mehrere zentrale Fragen: erstens, ob und inwiefern die Einführung digitaler Handschreibtechnologien im schulischen Alltag die Entwicklung und Qualität des analogen Handschreibens beeinflusst; zweitens, ob sich Rechtschreibleistung und Textqualität in Abhängigkeit von der bevorzugten Schreibmodalität unterscheiden; und drittens, welche Rolle der Automatisierungsgrad sowie die Erfahrungen der Lernenden mit dem Medium bei der Bewältigung verschiedener Schreibanforderungen spielen.

3 Schlussbetrachtungen

Der Vergleich zwischen analogem und digitalem Handschreiben steht im Zentrum aktueller didaktischer, bildungspolitischer und schulpraktischer Diskussionen. Die bisherigen empirischen Studien zeigen, dass sich Schreibkompetenzen und Lernprozesse in Abhängigkeit vom verwendeten Schreibmedium, vom individuellen Entwicklungsstand sowie von der jeweiligen Vertrautheit mit dem Medium unterschiedlich entwickeln können. Zugleich wurde deutlich, dass die bisherige Forschungslage in vielerlei Hinsicht begrenzt ist und vor allem kurzfristige Effekte im Fokus stehen.

In der Praxis stehen Lehrkräfte vor der Herausforderung, mit einem erheblichen Maß an Ungewissheit zu planen. Es empfiehlt sich vor diesem Hintergrund, die Einführung und Nutzung digitaler Schreibmedien im Unterricht sorgsam zu gestalten, begleitende Übungsphasen sowie individuelle Diagnosen konsequent einzuplanen und gezielt unterschiedliche Lernwege zu ermöglichen. Besonders Übergänge zwischen analogen und digitalen Formaten sollten durch gezielte Unterstützungsangebote abgedeckt werden. Gerade für Schüler:innen, die regelmäßig auf dem Tablet schreiben und in Testsituationen plötzlich zum Schreiben auf Papier wechseln müssen, stellt sich die Frage nach möglichen Umstellungsschwierigkeiten und deren Einfluss auf die Schreibqualität und -leistung. Unabhängig vom Medium

sollte die Förderung einer flüssigen und lesbaren Handschrift jedoch kontinuierlich während der gesamten Schulzeit ein zentrales Ziel bleiben.

Aus der Sicht von Forschung und Bildungspolitik besteht ein dringender Bedarf an systematischen, langfristig angelegten und didaktisch fundierten Untersuchungen, die die aktuelle Lücke zwischen wissenschaftlicher Erkenntnis und unterrichtlicher Realität schließen und so eine tragfähige Grundlage für zukunftsfähige Medienkonzepte im Schreibunterricht schaffen.

Insgesamt unterstreicht der Forschungsstand: Die Integration digitaler Schreibtechnologien im Unterricht birgt vielfältige Chancen, stellt aber gleichermaßen substantielle und bislang nur ansatzweise geklärte Herausforderungen für die Schreibdidaktik dar. Ein bewusster, reflektierter und differenzierender Umgang mit der Medienvielfalt bleibt daher eine zentrale Aufgabe für alle Beteiligten im Bildungssystem.

Literatur

- Alamargot, D., & Morin, M. F. (2015). Does handwriting on a tablet screen affect students' graphomotor execution? A comparison between Grades Two and Nine. *Human Movement Science*, 44, 32–41. <https://doi.org/10.1016/j.humov.2015.08.011>
- Antos, G. (2000). Ansätze zur Erforschung der Textproduktion. In K. Brinker, G. Antos, W. Heinemann & S. Sager (Hrsg.), *Text- und Gesprächslinguistik. Ein internationales Handbuch zeitgenössischer Forschung* (1. Halbband, S. 105–112). De Gruyter.
- Bonneton-Botté, N., Fleury, S., Girard, N., Le Magadou, M., Cherbonnier, A., Renault, M., Anquetil, E., & Jamet, E. (2020). Can tablet apps support the learning of handwriting? An investigation of learning outcomes in kindergarten classroom. *Computers & Education*, 151, 103831. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2020.103831>
- DigitalPakt Schule. (2019). *Verwaltungsvereinbarung DigitalPakt Schule 2019*. https://www.digital-paktschule.de/files/VV_DigitalPaktSchule_Web.pdf
- Gerth, S., Klassert, A., Dolk, T., Fliesser, M., Fischer, M. H., Nottbusch, G., & Festman, J. (2016). Is handwriting performance affected by the writing surface? Comparing preschoolers', second graders', and adults' writing performance on a tablet vs. paper. *Frontiers in Psychology*, 7, 1308. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2016.01308>
- Guilbert, J., Alamargot, D., & Morin, M. F. (2019). Handwriting on a tablet screen: Role of visual and proprioceptive feedback in the control of movement by children and adults. *Human Movement Science*, 65, 30–41. <https://doi.org/10.1016/j.humov.2018.09.001>
- Hatano, A., Sekine, T., Herai, T., Ihara, N., Tanaka, Y., Murakami, S., Shinobu, K., & Nittono, H. (2015). Effects of the use of paper notebooks and tablet devices on cognitive load in learning—An electroencephalographic (EEG) study. *IEICE Technical Report*, 115, 39–44. https://www.ieice.org/publications/ken/summary.php?contribution_id=75166&society_cd=HCG&ken_id=HCS&year=2015&presen_date=2015-08-22&schedule_id=4876&lang=en&expandable=4
- Karolinska Institutet. (2023). *Stellungnahme zur digitalen Bildung*. https://die-pädagogische-wende.de/wp-content/uploads/2023/07/Karolinska-Stellungnahme_2023_dt.pdf
- Kultusministerkonferenz. (2004). *Bildungsstandards für das Fach Deutsch Primarbereich* (Beschluss vom 15.10.2004, in der Fassung vom 23.06.2022). https://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen_beschluesse/2004/2004_10_15-Bildungsstandards-Deutsch-Primar.pdf

- Mann, A. M., Hinrichs, U., & Quigley, A. (2015). Digital pen technology's suitability to support handwriting learning. In T. Hammond, S. Valentine, A. Adler, & M. Payton (Hrsg.), *The impact of pen and touch technology on education* (S. 15–30). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-15594-4_2
- Mayer, C., Wallner, S., Budde-Spengler, N., Braunert, S., Arndt, P. A., & Kiefer, M. (2020). Literacy training of kindergarten children with pencil, keyboard, or tablet stylus: The influence of the writing tool on reading and writing performance at the letter and word level. *Frontiers in Psychology*, 10, 3054. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.03054>
- Medienberatung NRW. (2020). *Medienkompetenzrahmen NRW*. https://medienkompetenzrahmen.nrw/fileadmin/pdf/LVR_ZMB_MKR_Rahmen_A4_2020_03_Final.pdf
- Odersky, E. (2018). *Handschrift und Automatisierung des Handschreibens. Eine Evaluation von Kinderschriften im 4. Schuljahr*. J. B. Metzler.
- Osugi, K., Ihara, A., Nakajima, K., Kake, A., Ishimaru, K., Yokota, Y., & Naruse, Y. (2019). Differences in brain activity after learning with the use of a digital pen vs. an ink pen: An electroencephalography study. *Frontiers in Human Neuroscience*, 13, 275. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2019.00275>
- Stephany, S., Lemke, V., Goltsev, E., Linnemann, M., Bulut, N., Claes, P., Krause-Wolters, M., Haider, H., Roth, H.-J., & Becker-Mrotzek, M. (2020). Lese- und Schreibflüssigkeit diagnostizieren und fördern. In M. Becker-Mrotzek (Hrsg.), *Sprach- und Schriftsprachförderung wirksam gestalten. Innovative Konzepte und Forschungsimpulse* (S. 156–179). Kohlhammer.
- Sturm, A., Nänni, R., & Wyss, S. (2017). Entwicklung hierarchieniedriger Schreibprozesse. In M. Philipp (Hrsg.), *Handbuch Schriftspracherwerb und weiterführendes Lesen und Schreiben* (S. 84–104). Beltz Juventa.
- Umejima, K., Ibaraki, T., Yamazaki, T., & Sakai, K. L. (2021). Paper notebooks vs. mobile devices: Brain activation differences during memory retrieval. *Frontiers in Behavioral Neuroscience*, 15, 634158. <https://doi.org/10.3389/fnbeh.2021.634158>

Anschrift der Verfasserin:

Necle Bulut, Universität Münster, Germanistisches Institut, Abteilung für Sprachdidaktik, Schlossplatz 34, 48143 Münster
necle.bulut@uni-muenster.de