ASSISTUK

ASSISTUK GRUNDLAGEN · ANSTEUERUNG & ZUGANG

Der Weg zum Feld

Ansteuerung in der Unterstützten Kommunikation und der Assistiven Technologie — was es gibt, wie es gewählt wird, und welche Einstellungen jede App dafür braucht

Lars Tiedemann

Dipl. Heilpädagoge (FH) · AssistUK

24. Oktober 2026

Arbeitsfassung. Bevor ein Mensch ein Wort auswählen kann, muss er das Feld erreichen, auf dem es steht. Dieser Weg zum Feld — mit dem Finger, dem Blick, einem Taster, einem Joystick, dem Kopf, der Hand vor der Kamera — ist die Ansteuerung. Sie entscheidet darüber, ob ein Vokabular überhaupt benutzbar ist, und sie wird in Beratung und Entwicklung zugleich unterschätzt und falsch verstanden: unterschätzt, weil ihre Einstellungen als Technikdetail gelten; falsch verstanden, weil jede Ansteuerung mit denselben wenigen Zeitfenstern arbeitet, die nur unterschiedliche Namen tragen. Dieser Text ordnet, was es gibt, sagt, was die Forschung dazu hergibt, und leitet daraus ab, wie der Bildschirm in Aktion und der Einstellungsdialog je Ansteuerung aussehen müssen.

Inhalt

1. Warum die Ansteuerung vor dem Vokabular kommt
2. Die Landkarte: direkt, indirekt, kodiert — und was quer dazu liegt
3. Was alle Ansteuerungen gemeinsam haben: die Zeitachse einer Auswahl
4. Die Rückmeldung: Form, Farbe, Ort, Bewegung, Ton — und die Hervorhebung beim Scannen
5. Berührung mit dem Finger — auch mit Fingerführung
6. Maus, Trackball, Joystick und Kopfmaus
7. Augensteuerung
8. Taster und Scanning
9. Tastaturen, Keypads und Wortvorhersage
10. Hand, Kopf und Gesicht per Kamera; Sprache; Hirn-Computer-Schnittstellen
11. Mehrfachzugang: der Normalfall, nicht die Ausnahme
12. Wie man die Ansteuerung findet — und warum man sie misst
13. Der Einstellungsdialog selbst
14. Normen, Richtlinien, Hilfsmittelverzeichnis
15. Die Einstellungs-Matrix: was jede UK- und AT-App je Ansteuerung braucht
16. Wie wir es bei AssistUK halten
17. Grenzen dieses Textes
18. Fazit in fünf Sätzen
19. Literatur (mit Prüfvermerk)

---

1. Warum die Ansteuerung vor dem Vokabular kommt

In der Beratung zur Unterstützten Kommunikation (UK) wird viel über Wörter gesprochen: welche, wie viele, in welcher Anordnung. Über den Weg zu den Wörtern wird meist nur ein Satz gesagt — »sie bedient das mit dem Finger«, »er hat eine Augensteuerung« —, und dann geht es weiter. Das ist eine Verwechslung der Reihenfolge. Ob ein Mensch mit seinem Hilfsmittel sprechen kann, hängt zuerst davon ab, ob er die Felder sicher, schnell genug und ohne zu ermüden erreicht. Erst dann wird wichtig, was auf den Feldern steht.

Die Zahlen aus der Forschung machen die Größenordnung sichtbar. In einer systematischen Übersicht über 39 Studien schrieben Menschen mit körperlichen Beeinträchtigungen auf einer physischen Tastatur im Mittel 12,5 Wörter pro Minute, mit einer Bildschirmtastatur und Zeiger 4,2, mit einer Bildschirmtastatur und Taster-Scanning 1,7 Wörter pro Minute — mit

einem einzelnen Taster und ohne Wortvorhersage 1,3 (Koester & Arthanat 2018a). Zwischen dem schnellsten und dem langsamsten Zugang liegt also der Faktor zehn. Eine zweite Auswertung derselben Autorinnen zeigt, dass dieser Faktor nicht nur an der Technik hängt, sondern an der Körperstelle, mit der bedient wird: Wer mit beiden Händen tippte, kam auf 17,7 Wörter pro Minute, wer mit dem Kopf bediente, auf 2,9 (Koester & Arthanat 2018b). Und ein dritter Befund aus derselben Auswertung ist für die Praxis vielleicht der wichtigste: Die Erfahrung der Nutzenden — Neuling, geübt, Experte — machte über die Studien hinweg keinen messbaren Unterschied. Die Geschwindigkeit wächst offenbar nicht von selbst mit den Jahren, sondern mit der passenden Einstellung.

Damit ist auch gesagt, warum dieser Text zwei Dinge zugleich sein muss: eine Ordnung der Ansteuerungsarten und eine Ordnung ihrer Einstellungen. Eine Augensteuerung mit einer Verweilzeit von zwei Sekunden und eine mit 0,4 Sekunden sind für die Person zwei verschiedene Geräte; ein Scanning mit 0,8 Sekunden Schrittzeit und eines mit 2,5 Sekunden ebenso. Die Einstellung ist nicht das Kleingedruckte der Ansteuerung, sie ist die Ansteuerung.

Ein Wort zur Abgrenzung: Dieser Text behandelt den Zugang zu Bildschirmen — zu UK-Apps und zu Apps der Assistiven Technologie (AT), also auch zu Spielen, Mal- und Musikwerkzeugen, Lern- und Umfeldsteuerungs-Apps. Nichtelektronische Systeme (Tafeln, Bücher, Blicktafeln) haben in dieser Reihe einen eigenen Text; sie tauchen hier nur dort auf, wo ihre Prinzipien — vor allem das partner-gestützte Scanning — auch den Bildschirm erklären.

2. Die Landkarte: direkt, indirekt, kodiert — und was quer dazu liegt

Die Fachliteratur ordnet die Ansteuerung seit Jahrzehnten nach einer einfachen Frage: Zeigt der Mensch selbst auf das Ziel, oder bietet die Maschine Ziele an, die er bestätigt? Das erste ist die **direkte Auswahl**, das zweite die **indirekte Auswahl**, meist **Scanning** genannt (Beukelman & Light 2020, Kap. 7; Cook, Polgar & Encarnação 2020). Eine dritte Gruppe, die oft unter die zweite gerechnet wird, verdient einen eigenen Platz: die **kodierte Auswahl**, bei der ein Zeichen aus mehreren Teilhandlungen zusammengesetzt wird.



Die Landkarte der Ansteuerung: direkte, indirekte und kodierte Auswahl, dazu die Querschnitte Tastatur, Sprache und Hirn-Computer-Schnittstelle — und die Einstellungen, die jede Ansteuerung braucht.

Direkte Auswahl. Der Finger auf dem Touchscreen ist der häufigste Fall; mit einer **Fingerführung** (einer Lochplatte über dem Bildschirm) wird aus dem Tippen ein Hineingreifen, bei dem die Hand aufliegen darf. Zeige-, Kopf- und Mundstäbe verlängern den Körper. **Zeigegeräte** — Maus, Trackball, Joystick, der Rollstuhl-Joystick als Maus — bewegen einen Zeiger, den die Person mit der Hand, der Handkante, dem Kinn oder dem Fuß führt. Die **Kopfmaus** macht dasselbe mit einer Kamera, die den Kopf verfolgt. Die **Augensteuerung** verfolgt die Blickrichtung und lässt die Auswahl durch Verweilen, Blinzeln oder einen Taster auslösen. Und seit wenigen Jahren erkennen Kameras Hände und Gesichter so zuverlässig, dass auch eine Hand in der Luft oder ein geöffneter Mund zum Zeiger oder zum Taster werden können.

Indirekte Auswahl. Beim Scanning wandert eine Hervorhebung über die Felder, und ein Taster bestätigt. Die Varianten unterscheiden sich in zwei Dingen: in der **Steuerung** — automatisch (die Hervorhebung läuft von selbst, ein Druck wählt), schrittweise (jeder Druck bewegt die Hervorhebung weiter, ein zweiter Taster oder eine Wartezeit wählt) oder invers (Halten bewegt, Loslassen wählt) — und im **Muster** — linear Feld für Feld, zeilen- und spaltenweise, in Gruppen oder Blöcken, oder als Punkt-Scanning, bei dem erst eine Linie senkrecht, dann eine waagerecht läuft. **Akustisches Scanning** ersetzt oder ergänzt die sichtbare Hervorhebung durch eine Ansage und ist für Menschen mit Sehbeeinträchtigung oft der einzige Weg.

Kodierte Auswahl. Beim **partner-gestützten Scanning** übernimmt ein Mensch die Rolle der Maschine: Er nennt oder zeigt Möglichkeiten, die Person bestätigt mit Blick, Laut oder Bewegung. **Blicktafeln** (E-Tran) kodieren Buchstaben über zwei Blicke. **Morse** setzt Zeichen aus kurzen und langen Tasterdrücken zusammen; neuere Verfahren wie Huffman-Scanning

oder Nomon verteilen die Auswahl nach Wahrscheinlichkeit (Roark u. a. 2010; Broderick & MacKay 2009).

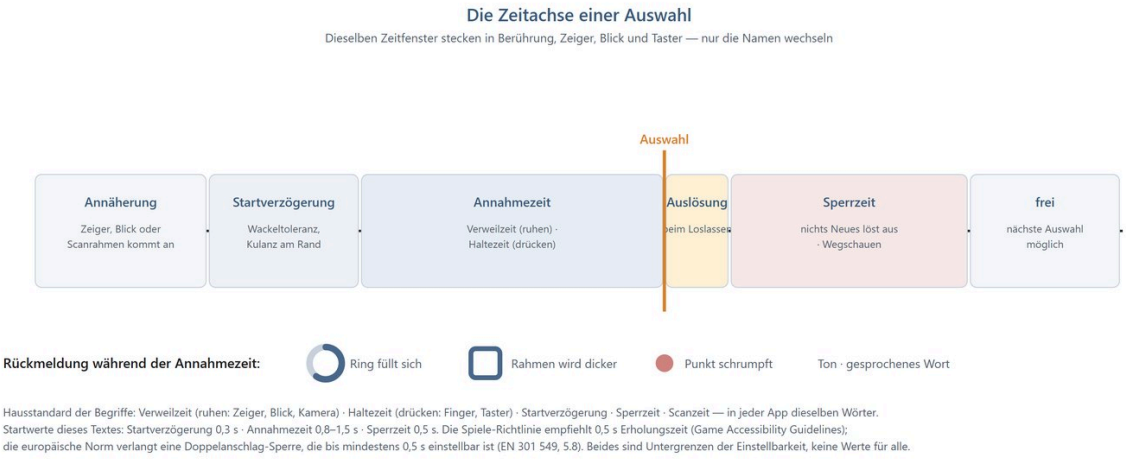
Quer dazu liegen Dinge, die keine eigene Auswahlart sind, aber jede verändern: **Tastaturen** in allen Bauformen (Großfeld, Einhand, Mini, Bildschirmtastatur) und ihre Filter (Anschlagverzögerung, Einrasten, Entprellen), die **Wortvorhersage**, die **Sprache** als Eingabe und die **Hirn-Computer-Schnittstelle**, die bislang Forschung ist.

Die internationale Klassifikation der Hilfsmittel führt diese Geräte in der ISO 9999 unter der Klasse 22 36 »Eingabeeinheiten für Computer« mit Unterklassen für Tastaturen (22 36 03), alternative Eingabegeräte (22 36 12), Eingabezubehör wie Fingerführungen (22 36 15), Eingabesoftware (22 36 18) und Zeigegeräte (22 36 21) — so die Fassung von 2016; in der Ausgabe 2022 ist die Klasse 22 umgegliedert, und ich habe die neuen Codes nicht im Normtext geprüft. Das deutsche Hilfsmittelverzeichnis listet Ansteuerungshilfen in der Produktgruppe 16 (Kommunikationshilfen: behinderungsgerechte Tastaturen 16.99.04.0, Eingabehilfen zur Maussteuerung 16.99.04.1, augengesteuerte Hardware 16.99.04.3, Software zur Modifikation der Eingabe 16.99.05.0) und in der Produktgruppe 02 (Adaptionshilfen: Taster 02.99.01, Blas-Saug-Steuerungen 02.99.02, Sensoren 02.99.03). Das ist nicht nur Verwaltungswissen: Wer eine Fingerführung oder einen zweiten Taster beantragt, muss wissen, wo sie stehen.

Zwei Begriffe aus der Forschung werden mich durch den ganzen Text begleiten. Das **Midas-Touch-Problem** (Jacob 1991): Wenn jeder Blick ein Befehl ist, wird alles, was man ansieht, ausgewählt — der Blick braucht deshalb eine Auslösung, die vom bloßen Hinsehen unterscheidbar ist. Und das **Feature Matching** (Gosnell, Costello & Shane 2011): die Ansteuerung wird nicht nach dem gewählt, was gerade im Schrank liegt, sondern nach einem systematischen Abgleich zwischen den Fähigkeiten und Bedürfnissen der Person — heute und absehbar — und den Merkmalen des Geräts.

3. Was alle Ansteuerungen gemeinsam haben: die Zeitachse einer Auswahl

Wer die Einstellungsdialoge gängiger UK-Programme und Betriebssysteme nebeneinanderlegt — ich habe das für diesen Text für sieben Programme und vier Plattformen getan —, sieht zunächst Verwirrung: Haltezeit, Verweilzeit, Annahmezeit, Akzeptanzzeit, Entprellen, Wiederholung ignorieren, Sperrzeit, Verzögerung zwischen Auswahlen, Freigabezeit, Nachlaufzeit. Beim zweiten Blick ordnet sich das Durcheinander. Jede Auswahl, mit welcher Körperstelle auch immer, durchläuft dieselbe Zeitachse.



Die Zeitachse einer Auswahl: Annäherung, Startverzögerung, Annahmezeit, Auslösung beim Loslassen, Sperrzeit — und die Rückmeldung, die während der Annahmezeit läuft.

Annäherung. Zeiger, Blick oder Scanrahmen erreichen das Feld. Hier entscheidet die Zielgröße, ob die Annäherung überhaupt gelingt — dazu gehört alles, was in den Texten »Ein Raster hat drei Größen« und »Das Feld bestimmt das Raster« dieser Reihe steht.

Startverzögerung. Bevor die eigentliche Zählung beginnt, verlangen gute Systeme ein kurzes Stillhalten: eine Wackeltoleranz von wenigen Bildpunkten, eine Kulanz am Feldrand, bei der Augensteuerung eine echte Fixationserkennung. Das verhindert, dass ein Zeiger, der nur über ein Feld hinwegfährt, dort schon einen Fortschritt auslöst.

Annahmezeit. Jetzt läuft die Zeit, die das System braucht, um aus einer Berührung, einem Blick, einem Druck eine Absicht zu machen. Bei der Berührung heißt sie Haltezeit, beim Zeiger und beim Blick Verweilzeit, beim Taster Annahmezeit oder Akzeptanzzeit. Sie ist die wichtigste Einstellung jeder Ansteuerung, und sie muss für jede Person anders sein.

Auslösung. Ausgelöst wird am Ende der Annahmezeit — oder, beim Finger und beim Taster, beim Loslassen. Die Zugänglichkeitsnorm für Webinhalte verlangt genau das: Das Aufsetzen allein darf keine Funktion ausführen; wer sich vertan hat, muss den Finger wegziehen können, bevor etwas passiert (WCAG 2.2, Erfolgskriterium 2.5.2). Für Menschen mit Tremor oder Spastik ist das keine Feinheit, sondern der Unterschied zwischen einem bedienbaren und einem unbedienbaren Gerät.

Sperrzeit. Nach der Auslösung sperrt das System für eine kurze Zeit weitere Auslösungen: gegen den zweiten Tastendruck, den die Hand nicht wollte (Entprellen), gegen den Blick, der auf dem gerade gewählten Feld liegen bleibt (»Wegschauen vor Neuauswahl«), gegen den Finger, der noch auf dem Glas ruht. Die europäische Norm für barrierefreie Technik verlangt, dass eine solche Doppelanschlag-Sperre bis mindestens 0,5 Sekunden einstellbar ist (EN 301 549, 5.8); die Richtlinie für zugängliche Spiele empfiehlt eine Erholungszeit von 0,5 Sekunden zwischen Eingaben (Game Accessibility Guidelines).

Rückmeldung. Während der Annahmezeit muss die Person sehen oder hören, dass etwas läuft und wie weit es ist: ein Ring, der sich füllt, ein Rahmen, der dicker wird, ein Punkt, der

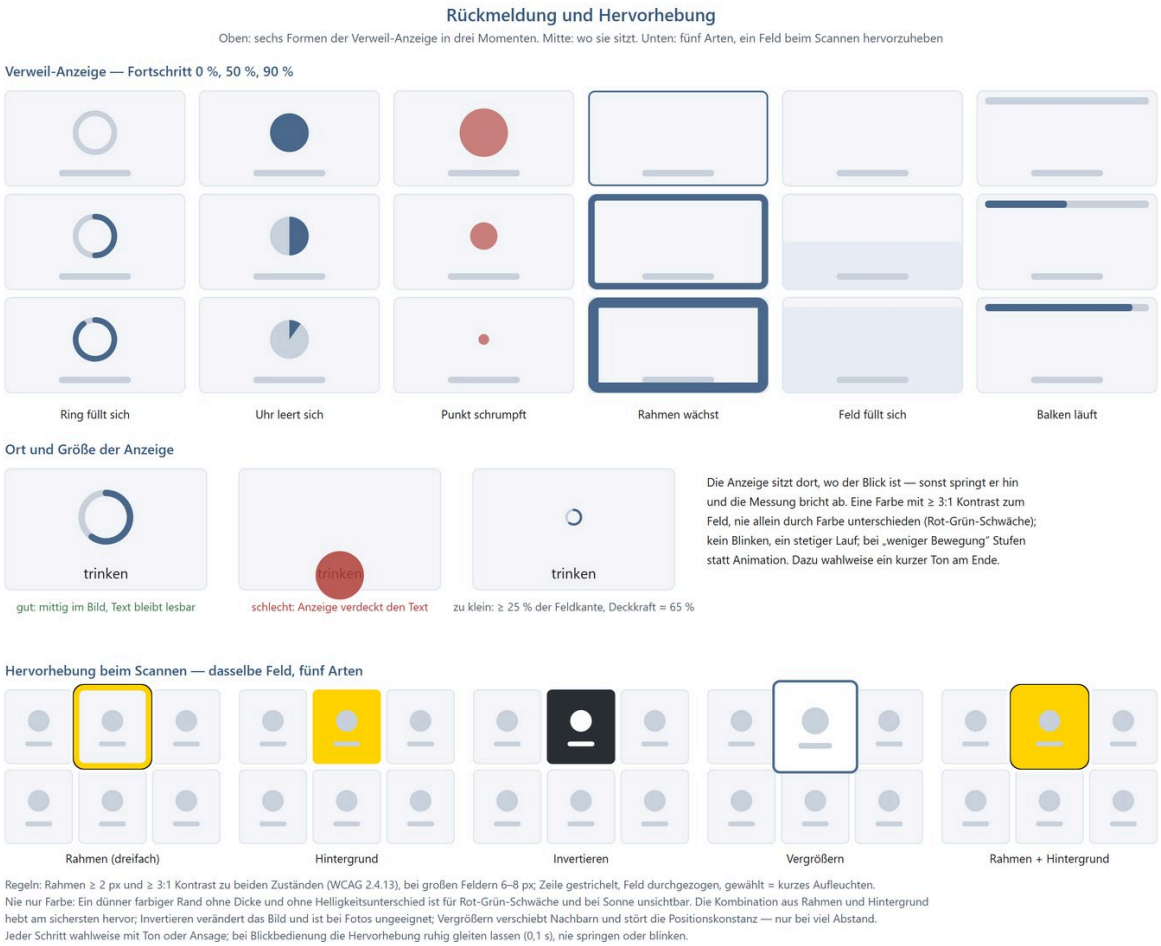
schrumpft, ein Ton, ein gesprochenes Wort. Ohne diese Rückmeldung ist jede Verweilzeit ein Blindflug, und mit ihr lässt sich die Verweilzeit senken: In einer Studie zum Schreiben mit den Augen erreichten Novizen mit guter Rückmeldung bei einer Verweilzeit von 450 Millisekunden fast zehn Wörter pro Minute, bei 900 Millisekunden knapp sieben (Majaranta u. a. 2006).

Diese Zeitachse ist der Schlüssel zu allem, was folgt. Wer sie einmal verstanden hat, kann jeden Einstellungsdialog lesen, auch den eines Programms, das er nie gesehen hat. Und wer eine App baut, weiß, welche Einstellungen er mindestens braucht: die Annahmezeit, den Auslösezeitpunkt, die Sperrzeit, die Rückmeldung — und für jede Ansteuerung ein paar eigene dazu.

Die Namen dieser Fenster sind bei AssistUK festgelegt — Verweilzeit (ruhen), Haltezeit (drücken), Startverzögerung, Wackeltoleranz, Kulanz am Feldrand, Ruhezone, Sperrzeit, Scanzeit, Erster Schritt, Durchläufe bis Pause — und gelten wortgleich in jeder App; der Hausstandard mit Begründung je Wort und Zahl steht im Dokument »Standard: Begriffe und Zeiten der Ansteuerung« neben diesem Text. Praxiswerte, mit denen wir bei AssistUK beginnen und die sich in den gängigen Programmen in ähnlicher Lage finden: Startverzögerung 0,3 Sekunden, Annahmezeit 0,8 bis 1,5 Sekunden je nach Ansteuerung, Sperrzeit 0,5 Sekunden. Das sind Startpunkte für die Einschätzung, keine Empfehlungen für alle — die richtige Zahl steht am Ende der Einschätzung, nicht am Anfang.

4. Die Rückmeldung: Form, Farbe, Ort, Bewegung, Ton — und die Hervorhebung beim Scannen

Die Rückmeldung ist der Teil der Ansteuerung, den man sieht — und der am häufigsten nach Geschmack entschieden wird. Welche Farbe der Ring hat, ob er sich füllt oder der Punkt schrumpft, ob der Scanrahmen gelb oder rot ist: Das wirkt wie Gestaltung. Es ist Funktion. Die Rückmeldung sagt der Person, dass ihr Blick, ihr Finger, ihr Taster angekommen ist, wie viel Zeit noch bleibt und wann die Auswahl gefallen ist. Fehlt sie, oder ist sie unklar, zahlt die Person mit Kontrollblicken, Doppeleingaben und Abbrüchen. Zu diesem Baustein gibt es, anders als zu vielen anderen in diesem Text, eine Reihe sauberer Experimente.



Rückmeldung und Hervorhebung: sechs Formen der Verweil-Anzeige in drei Momenten, Ort und Größe der Anzeige, und fünf Arten, ein Feld beim Scannen hervorzuheben.

Was die Experimente zeigen. Die Arbeitsgruppe um Päivi Majaranta hat die Rückmeldung beim Schreiben mit den Augen in drei Experimenten systematisch variiert (Majaranta, MacKenzie, Aula & Räihä 2006). Im ersten, mit einer langen Verweilzeit von 900 Millisekunden und dreizehn Teilnehmenden, wurden vier Rückmeldungen verglichen: nur visuell (die Taste wird hervorgehoben, der Buchstabe schrumpft mit der Zeit, bei der Auswahl wird er rot), visuell mit kurzem Klick-Ton, visuell mit gesprochenem Buchstaben, und nur Sprache. Der Klick-Ton gewann: 7,55 Wörter pro Minute gegenüber 7,12 bei rein visueller Rückmeldung, 62 Prozent der Teilnehmenden bevorzugten ihn. Rein visuelle Rückmeldung hatte die höchste Fehlerrate und verdoppelte die Kontrollblicke ins Textfeld — etwa alle zehn statt alle zwanzig Zeichen schauten die Teilnehmenden nach, ob die Auswahl angekommen war. Im zweiten Experiment, mit zwanzig Teilnehmenden, wurde nur eines verändert: ob der Buchstabe während der Verweilzeit schrumpft oder nicht. Mit Schrumpfen schrieben die Teilnehmenden schneller (7,02 gegenüber 6,65 Wörter pro Minute), und das vorzeitige Wegblicken von der Taste sank um 59 Prozent. Die Bewegung hält den Blick in der Mitte des Feldes. Im dritten Experiment, mit einer kurzen Verweilzeit von 450 Millisekunden und geübten Teilnehmenden, kehrte sich ein Teil davon um: Eine zusätzliche Hervorhebung des Fokus vor der Auswahl verwirrte (»schon gewählt oder noch nicht?«), die Hälfte empfand sie als visuelles Rauschen; am besten war eine einstufige Rückmeldung mit einem einzigen,

eindeutigen Auswahlmoment. Nur Sprache war bei kurzer Verweilzeit die schlechteste Variante, weil die Teilnehmenden auf das gesprochene Zeichen warteten und doppelt eingaben.

Zehn Jahre später verglich dieselbe Gruppe Klick-Ton, Vibration an der Fingerkuppe und ein kurzes visuelles Aufblitzen als Bestätigung der Auswahl (Majaranta u. a. 2016). Nach drei Sitzungen war die rein visuelle Bestätigung signifikant langsamer und fehlerreicher als Ton und Haptik — 10,5 gegenüber 11,8 und 11,3 Wörtern pro Minute, Fehler 2,1 gegenüber 1,1 und 0,9 Prozent —, und am Ende bevorzugte niemand das Blitzen; eine Teilnehmerin brach deshalb ab (»das ständige visuelle Blitzen nervt«). Ein Klick von 15 Millisekunden genügte als Bestätigung, ein visuelles Signal musste mindestens 100 Millisekunden dauern, damit kein Lidschlag es verdeckt. Beide Arbeiten zusammen ergeben die Regel, die ich für die wichtigste dieses Abschnitts halte: **Der Fortschritt ist visuell, die Bestätigung ist ein Ton.** Wo kein Ton geht, Vibration; wo beides nicht geht, ein kurzer, deutlicher Farbwechsel.

Form. Ob der Ring sich füllt, die Uhr sich leert, der Punkt schrumpft, der Rahmen wächst oder ein Balken läuft, ist nicht untersucht; eine Studie, die Ring gegen Balken stellt, habe ich nicht gefunden. Belegt sind zwei Eigenschaften, die jede Form haben muss: Sie zeigt die **verbleibende Zeit linear und kontinuierlich**, und sie **konvergiert zur Mitte** des Feldes, weil Bewegung zur Mitte den Blick zentriert (Majaranta u. a. 2006, Gestaltungsregel 5). Eine Füllung, die von unten nach oben steigt, oder ein Balken am Rand erfüllen die erste Bedingung, nicht die zweite; der schrumpfende Punkt und der sich schließende Ring erfüllen beide. Eine Anzeige, die nicht neu beginnt, wenn der Blick kurz abrutscht, sondern pausiert und weiterläuft, war bei Verweilzeiten ab 800 Millisekunden schneller, aber fehleranfälliger als das klassische Zurücksetzen (Fernandez, Mathis & Khamis 2020) — ein Argument für die Kulanz am Feldrand aus Abschnitt 3, nicht für ein Gedächtnis des Fortschritts.

Ort. Die Anzeige gehört dorthin, wo der Blick ist: auf das Feld, möglichst in seine Mitte. Eine Rückmeldung an anderer Stelle — ein Symbol in der Ecke, ein Balken am Bildschirmrand — zwingt den Blick weg vom Ziel und unterbricht damit die Messung, die sie anzeigen soll; genau dieses Problem hatten frühe Systeme mit einem sich schließenden Augen-Symbol (Majaranta u. a. 2006). In einem direkten Vergleich war die Anzeige am Ziel der am Bildschirmrand nicht unterlegen, mit einer leichten Tendenz zu weniger Fehlern bei der entfernten Anzeige — bei Nutzenden ohne Behinderung und mit nur wenigen Zielen (Fernandez, Mathis & Khamis 2020); für ein Vokabularraster bleibt die Anzeige am Ziel der belegte Standard. Zwei Dinge darf sie dabei nicht: das Textlabel verdecken, denn das Label ist der Ankerpunkt, den der Blick halten soll (Penkar, Lutteroth & Weber 2012), und zur zweiten Blickattraktion werden. Deshalb ist der **Blickpunkt-Cursor** — der kleine Punkt, der zeigt, wo das Gerät den Blick vermutet — in den Experimenten ausgeschaltet geblieben und sollte es auch in Vokabularen sein: Er zieht den Blick an, und mit jeder Kalibrierdrift zieht er ihn an die falsche Stelle (so schon Jacob 1995, zitiert nach Majaranta u. a. 2006). Als Kontrollinstrument für Begleitpersonen ist er wertvoll, als Dauerzustand nicht.

Größe und Deckkraft. Hier gibt es nur Praxiswerte: Die Anzeige muss aus Betrachtungsabstand ohne Suchen erkennbar sein, also nicht kleiner als etwa ein Viertel der

Feldkante, und sie darf das Symbol nicht auslöschen — eine Deckkraft um 65 Prozent lässt das Bild durchscheinen. Beides sind unsere Hauswerte, keine Studienergebnisse.

Farbe und Kontrast. Für die Farbe gelten die Regeln, die für jeden Bedienzustand gelten: Die Anzeige braucht einen Kontrast von mindestens 3:1 zu den angrenzenden Farben (WCAG 2.2, 1.4.11), und der Unterschied zwischen »markiert« und »nicht markiert« darf nie allein in der Farbe liegen (1.4.1) — ein Helligkeitsunterschied von 3:1 oder eine Form (Rahmen, Füllung, Größe) muss dazukommen. Der Grund ist nicht nur die Norm: Etwa acht Prozent der Männer europäischer Herkunft und etwa 0,4 Prozent der Frauen haben eine Rot-Grün-Schwäche (Birch 2012), und ein Tablet im Sonnenlicht nimmt jeder Farbe die Sättigung. Rot gegen Grün als einziges Unterscheidungspaar — »rot läuft, grün gewählt« — ist deshalb ein Gestaltungsfehler. Bei zerebraler Sehbeeinträchtigung kommt die individuelle Farbpräferenz hinzu, die in der Praxis oft auf Rot oder Gelb fällt und zusammen mit Bewegung die Aufmerksamkeit anzieht (Roman-Lantzy 2018; zur Farbverteilung gibt es nur Sekundärzahlen); die Farbe der Anzeige muss also wählbar sein. Und der Hintergrund gehört ruhig: Bei jungen Kindern war ein weißer Hintergrund tendenziell schneller als ein farbiger (Thistle & Wilkinson 2017), und gleichfarbige Symbole, die über das Raster verstreut sind, verlängern die Suche nach dem Ziel (Wilkinson, O'Neill & McIlvane 2014) — eine Hervorhebung konkurriert mit jeder anderen Farbe auf der Seite.

Bewegung. Animation hilft bei langer Verweilzeit und stört bei kurzer; sie soll »subtil« sein und die Restzeit zeigen, nicht unterhalten (Majaranta u. a. 2006). Blinken ist keine Rückmeldung, sondern eine Belastung: Die Norm begrenzt Blitze auf höchstens drei pro Sekunde und verbietet gesättigtes Rot-Blitzen (WCAG 2.3.1), und in der Haptik-Studie war das Blitzen die Variante, die niemand wollte. Wer die Systemeinstellung »Bewegung reduzieren« gesetzt hat, bekommt den Fortschritt in Stufen statt als Lauf (2.3.3) — unser Tastenbaustein hält den Scanrahmen in diesem Fall still, statt ihn gleiten zu lassen.

Ton und Sprache. Der kurze Klick ist die beste Bestätigung; gesprochene Rückmeldung nur zusätzlich zur visuellen, nie allein, weil die Sprechdauer schwankt und ähnliche Laute verwechselt werden (Majaranta u. a. 2006, Regeln 1 und 2). Beim Scannen hat der Ton eine zweite Aufgabe: Er trägt den **Rhythmus**. Ein Ton je Schritt, in der Höhe nach Zeile gestuft, stützt die zeitliche Erwartung, auf die das automatische Scanning angewiesen ist; die Rhythmuswahrnehmung bricht bei Pausen über etwa 1,8 Sekunden ab, bei langsameren Scanzeiten braucht es deshalb einen Füllton (Brewster, Räty & Kortekangas 1996 — eine Entwurfsarbeit mit einem einzigen Kind, keine Studie). Die Ansage-Stimme des akustischen Scannings sollte eine andere sein als die Sprachausgabe der Person, damit das Gegenüber beides unterscheiden kann; gängige Programme bieten dafür eine eigene, leisere Stimme oder den Kopfhörer.

Die Hervorhebung beim Scannen. Hier wandert kein Fortschritt, sondern ein Zustand: Dieses Feld ist jetzt wählbar. Die Hervorhebung muss immer vorhanden sein — ein verbreitetes Programm lässt »keine Hervorhebung« bei Scanning und Verweilklick ausdrücklich nicht zu —, und sie kommt in fünf Arten: Rahmen, Hintergrund einfärben, Invertieren, Vergrößern, und Rahmen mit Hintergrund (Colven & Judge 2006;

Herstellerdokumentation). Jede hat einen Preis. Der **Rahmen** lässt Symbol und Farbe unverändert und ist deshalb der Standard; er muss dick genug sein, mindestens die Fläche eines zwei Bildpunkte breiten Umrisses mit 3:1 Kontrast zu beiden Zuständen (WCAG 2.4.13), bei großen Feldern und Betrachtung aus Abstand eher sechs bis acht Bildpunkte — und er darf nicht nur farbig, sondern muss auch hell-dunkel abgesetzt sein, weshalb unser Rahmen aus drei Linien besteht: Schwarz, Gelb, Weiß. Der **Hintergrund** ist am auffälligsten, verändert aber die Farbe, die bei farbkodierten Vokabularen Bedeutung trägt. **Invertieren** war lange der Standard der Scanning-Software und funktioniert bei Text, zerstört aber Fotos und Symbole. **Vergrößern** zieht den Blick sicher an, verschiebt aber die Nachbarn und greift damit die Positionskonstanz an, die der Text »Die Anordnung schlägt die Farbe« begründet — nur bei viel Abstand zwischen den Feldern. Die **Kombination** aus Rahmen und Hintergrund ist am sichersten zu sehen und am teuersten an Ruhe. Dazu zwei Regeln aus der Praxisliteratur: Die Bestätigung der Auswahl muss sich von der Hervorhebung unterscheiden — andere Farbe, anderer Ton, andere Stimme —, und wenn Annahmezeit oder Sperrzeit aktiv sind, muss die Person sehen, ob ihr Tasterdruck erkannt **und** angenommen wurde (Colven & Judge 2006). Für Zeile und Feld gilt dasselbe Prinzip wie für Fokus und Auswahl beim Verweilen: zwei unterscheidbare Zustände, bei uns gestrichelt und durchgezogen.

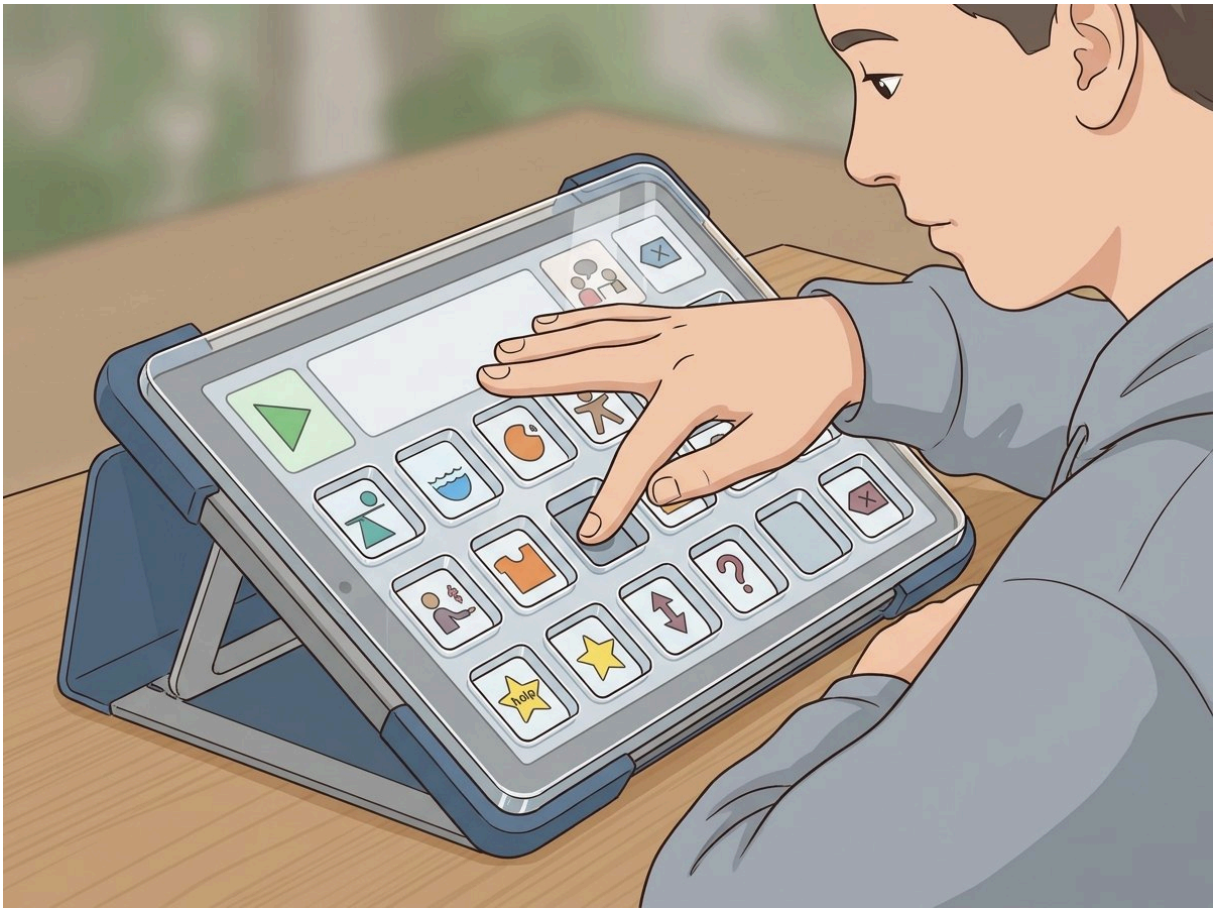
Die Hervorhebung ist zugleich der Hebel, mit dem das Scanning überhaupt lernbar wird. Zweijährige lernten das klassische Scanning mit wanderndem Rahmen in drei Sitzungen nicht — sie blieben auf Zufallsniveau —, mit einer funktionalen Animation des Angebots und einer Rückmeldung nach dem Tasterdruck dagegen verdoppelte sich die Trefferquote (McCarthy u. a. 2006); ein späterer Vergleich fand den Lerngewinn nur bei der Animation, nicht beim Umriss-Cursor (McCarthy & Boster 2018). Für Erwachsene, die das Prinzip kennen, ist der ruhige Rahmen richtig; für Kinder, die es lernen, ist eine Hervorhebung, die etwas tut, kein Spielkram, sondern die Didaktik.

Was daraus für die Einstellungen folgt. Form, Farbe, Größe und Ton der Rückmeldung sind eigene Einstellungen, nicht Dekoration — Majaranta und Kolleginnen schließen ihre sechs Gestaltungsregeln mit genau dieser Forderung. In der Matrix in Abschnitt 15 stehen sie deshalb als eigene Zeilen.

5. Berührung mit dem Finger — auch mit Fingerführung

Die Berührung ist die direkteste Ansteuerung, und sie wird deshalb am seltensten eingestellt. Das ist ein Fehler. Wer mit Tremor, Spastik oder Athetose tippt, hat drei typische Probleme, die alle einstellbar sind: Der Finger landet nicht dort, wo er hinwollte; er bleibt zu lang liegen oder gleitet; und er tippt doppelt. In einer Studie mit sechzehn Menschen mit motorischen Beeinträchtigungen — die meisten mit Cerebralparese — begannen und endeten nach der Zusammenfassung der Autoren nur etwa die Hälfte der Tipps im Ziel, und vier von fünf Berührungen enthielten eine Bewegung, während die Vergleichsgruppe ohne Behinderung praktisch fehlerfrei tippte (Trewin, Swart & Pettick 2013; Prozentwerte aus der

Zusammenfassung, nicht aus dem Volltext geprüft). Das Problem ist also nicht die Berührung, sondern eine Software, die jede Berührung wörtlich nimmt.



Gemini-Szene: Ein Jugendlicher tippt mit dem Zeigefinger durch eine Lochplatte auf ein Tablet; die Hand ruht auf der Platte. — Bild: KI-erzeugt (Gemini), Vorgabe und Prüfung L. T.

Was die Forschung zur Zielgröße sagt. Die Bewegungsphysik ist seit Fitts (1954) bekannt: Je kleiner das Ziel, desto länger die Bewegung und desto häufiger der Fehler. Für den Daumen auf kleinen Bildschirmen fanden Parhi, Karlson & Bederson (2006) bei Menschen ohne Behinderung keine Fehlerunterschiede mehr ab etwa 9,2 bis 9,6 Millimetern. Die Zugänglichkeitsnorm für Webinhalte verlangt mindestens 24 mal 24 Bildpunkte und empfiehlt 44 mal 44 (WCAG 2.2, 2.5.8 und 2.5.5); die Plattformen empfehlen 44 Punkte beziehungsweise 48 Dichtepunkte, also rund neun Millimeter. **Für Menschen mit motorischer Einschränkung gibt es keine empirisch abgeleitete Mindestgröße.** Was es gibt, ist ein Modell, das für Kinder mit dyskinetischer Cerebralparese aus Tastengröße, Tastenzahl, Abstand und Fehlerwahrscheinlichkeit die Informationsrate schätzt und ein individuell optimales Layout vorschlägt (Bertucco & Sanger 2018) — also die wissenschaftliche Fassung dessen, was im Text »Ein Raster hat drei Größen« als Trefferstreuung beschrieben ist. Unser Praxiswert für Tablets von zehn Zoll liegt bei 120 Bildpunkten Kantenlänge, etwa drei Zentimeter; er ist Erfahrung, nicht Evidenz.

Was die Forschung zur Software sagt. Adaptive Verfahren können die Berührung lesen lernen: Ein Modell, das aus wenigen Trainingsberührungen die Absicht vorhersagt, brachte die

vorhergesagte Zielposition mehr als dreimal näher ans Ziel als die rohe Berührung (Mott u. a. 2016), und ein einfacheres Verfahren steigerte die Trefferquote mit nur zwanzig Trainingsberührungen um knapp fünfzehn Prozent (Mott & Wobbrock 2019). In der Praxis der UK-Software stecken die einfacheren Vorformen davon: die Wahl, ob die erste oder die letzte Berührungsposition zählt, die Haltezeit, das Ignorieren von Wiederholungen.

Fingerführung. Die Lochplatte über dem Bildschirm ist eines der ältesten Hilfsmittel der Computerbedienung und eines der am schlechtesten erforschten. Die einzige kontrollierte Arbeit, die ich finden konnte, ist eine Einzelfallstudie von 1990: Bei einem Jungen mit Cerebralparese erhöhte die Fingerführung die Genauigkeit und senkte die Geschwindigkeit (McCormack 1990). Eine systematische Übersicht zum Computerzugang bei Cerebralparese fand dreißig Arbeiten, von denen vierundzwanzig weniger als zehn Teilnehmende hatten (Davies u. a. 2010). Dass Fingerführungen helfen, ist Praxiswissen vieler Jahrzehnte, aber es ist kein Studienwissen. Was eine App für die Fingerführung tun muss, ist dagegen klar: Das Raster muss zur Platte passen — gleiche Zellenzahl auf jeder Seite, feste Zellgrößen, keine Felder, die zwischen den Löchern liegen —, und die Software muss damit umgehen können, dass die Hand auf der Platte ruht und der Finger im Loch verweilt, also beim Abheben auslösen, nicht beim Aufsetzen.



Bedienbildschirm und Einstellungsdialog für die Berührung: Haltezeit läuft, der Finger ruht im Loch; rechts die sieben Einstellungen, die jede Touch-Bedienung braucht.

Die Einstellungen, die jede Touch-Bedienung braucht — mit den Bereichen, die ich in Plattform- und Herstellerdokumentation nachgelesen habe:

Einstellung	Was sie bewirkt	Bereich / Startwert	Woher
Auslösen	beim Berühren, beim Loslassen oder nach Haltezeit	Standard: beim Loslassen	WCAG 2.5.2; gängige UK-Programme bieten alle drei
Haltezeit	Berührung zählt erst nach dieser Dauer; kürzere Tipps werden ignoriert	0–3 s; Start 0 (aus), bei Tremor 0,3–0,5 s	Hersteller: 0–3 s; iOS zeigt ab 0,3 s einen Zähler
Sperrzeit	nach einer Auslösung löst nichts Neues aus	0–3 s; Start 0,5 s	EN 301 549 5.8 (bis ≥ 0,5 s einstellbar)
Tipp-Ort	zählt die erste oder die letzte Berührungsposition	Standard: letzte	iOS Tippanpassungen
Gleiten und Ziehen	darf der Finger gleiten und Ziele wechseln	aus / an	WCAG 2.5.7: Ziehen nie als einziger Weg
Mehrfinger ignorieren	Handballen, zweite Hand, Mehrfingergesten	an	WCAG 2.5.1; EN 301 549 5.9
Mindestgröße der Felder	kleinste zulässige Kante	≥ 96 / 120 / 160 px	Praxiswert; Norm-Untergrenze 24 px

Dazu kommen zwei Dinge, die keine Einstellung sind, sondern Pflicht: Hoch- und Querformat müssen beide funktionieren, weil fest montierte Geräte nicht gedreht werden können, und Bewegungs- oder Schüttelsteuerungen müssen abschaltbar sein, weil ein Tablet am Rollstuhl ständig in Bewegung ist (WCAG 2.5.4).

6. Maus, Trackball, Joystick und Kopfmaus

Für die App ist es gleichgültig, ob der Zeiger von einer Maus, einem Trackball, einem Joystick, einem Rollstuhl-Joystick oder einer Kamera bewegt wird, die den Kopf verfolgt: Sie sieht einen Zeiger. Für den Menschen ist es nicht gleichgültig. Der Trackball trennt Bewegen und Klicken und kann mit der Handkante bedient werden; der Joystick braucht kaum Weg und lässt sich mit dem Kinn oder dem Fuß führen; die Kopfmaus braucht gar keine Hand. Gemeinsam ist allen, dass die klassischen Mausgesten — Doppelklick, Ziehen, Rechtsklick, gleichzeitig Bewegen und Halten — für viele Menschen nicht möglich sind.

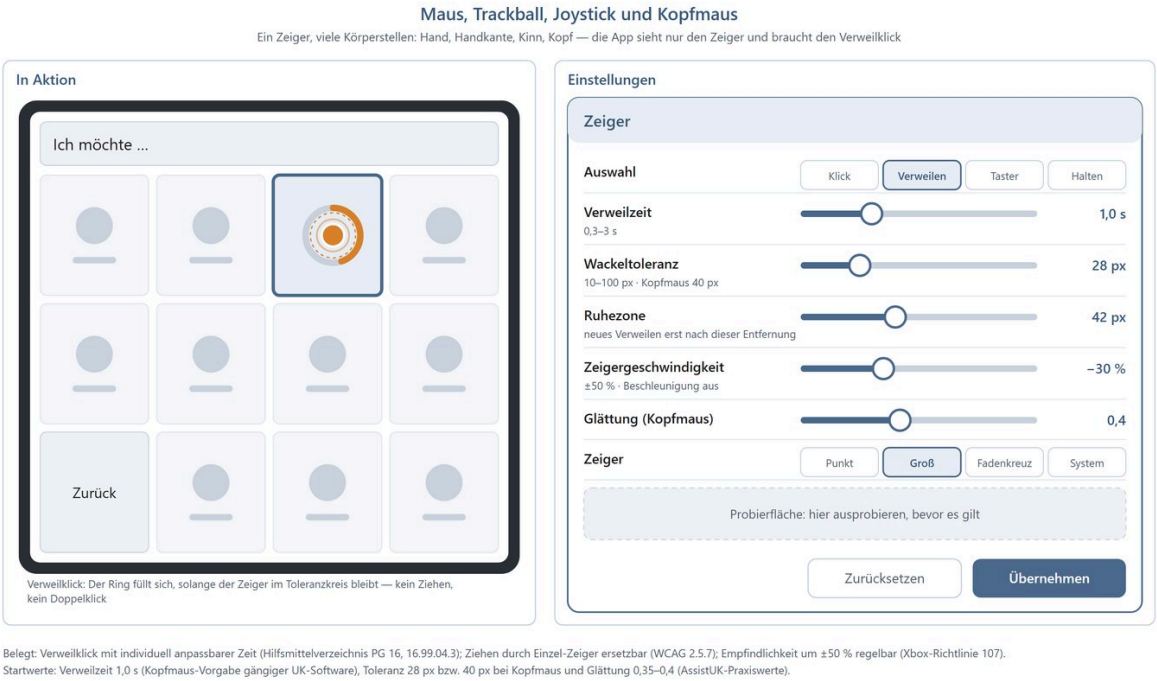


Gemini-Szene: Ein Mann bedient am Schreibtisch einen großen Joystick mit der Handkante, daneben zwei Taster; auf dem Bildschirm ein Raster mit großem Zeigerpunkt. — Bild: KI-erzeugt (Gemini), Vorgabe und Prüfung L. T.

Was die Forschung sagt. Trewin & Pain (1999) haben die Fehler von zwanzig Menschen mit motorischen Beeinträchtigungen an Tastatur und Maus klassifiziert: Zeigen und Ziehen waren am stärksten betroffen. Hwang u. a. (2004) zeigten, dass motorisch beeinträchtigte Nutzende für dieselbe Zeigebewegung bis zu fünfmal mehr Teilbewegungen brauchen und länger pausieren. Wobbrock & Gajos (2008) fanden, dass das Kreuzen eines Ziels statt des Klickens darauf bei Menschen mit motorischer Einschränkung den Durchsatz erhöht — bei einer höheren Fehlerrate. Betke, Gips & Fleming (2002) berichten für die Kopfmaus per Kamera, dass von zwölf Menschen mit schwerer Cerebralparese oder Schädel-Hirn-Trauma neun das Gerät erfolgreich nutzten. Und ein neuerer Vergleich zeigt die Arbeitsteilung zwischen Blick und Kopf: Der Blick zeigt schneller, der Kopf genauer (Gizatdinova u. a. 2023). Eine direkte Vergleichsstudie zwischen Verweilklick und Tastenklick bei motorischer Einschränkung habe ich nicht gefunden; der Verweilklick ist Praxisstandard, nicht Studienergebnis.

Der Verweilklick. Wer den Zeiger bewegen, aber nicht klicken kann, braucht die Auslösung durch Verweilen. Das Hilfsmittelverzeichnis beschreibt genau das als Anforderung an augengesteuerte Eingabehilfen: Klick durch »Verweilen für eine individuell anpassbare Zeit« (PG 16, 16.99.04.3). Der Verweilklick bringt zwei eigene Einstellungen mit, die bei der Berührung fehlen: die **Wackeltoleranz** — wie weit darf der Zeiger wandern, ohne dass die

Zählung abbricht — und die **Ruhezone** — wie weit muss der Zeiger vom gerade gewählten Ziel weg, bevor eine neue Zählung beginnt. Ohne die zweite wählt ein ruhender Zeiger dasselbe Feld immer wieder.



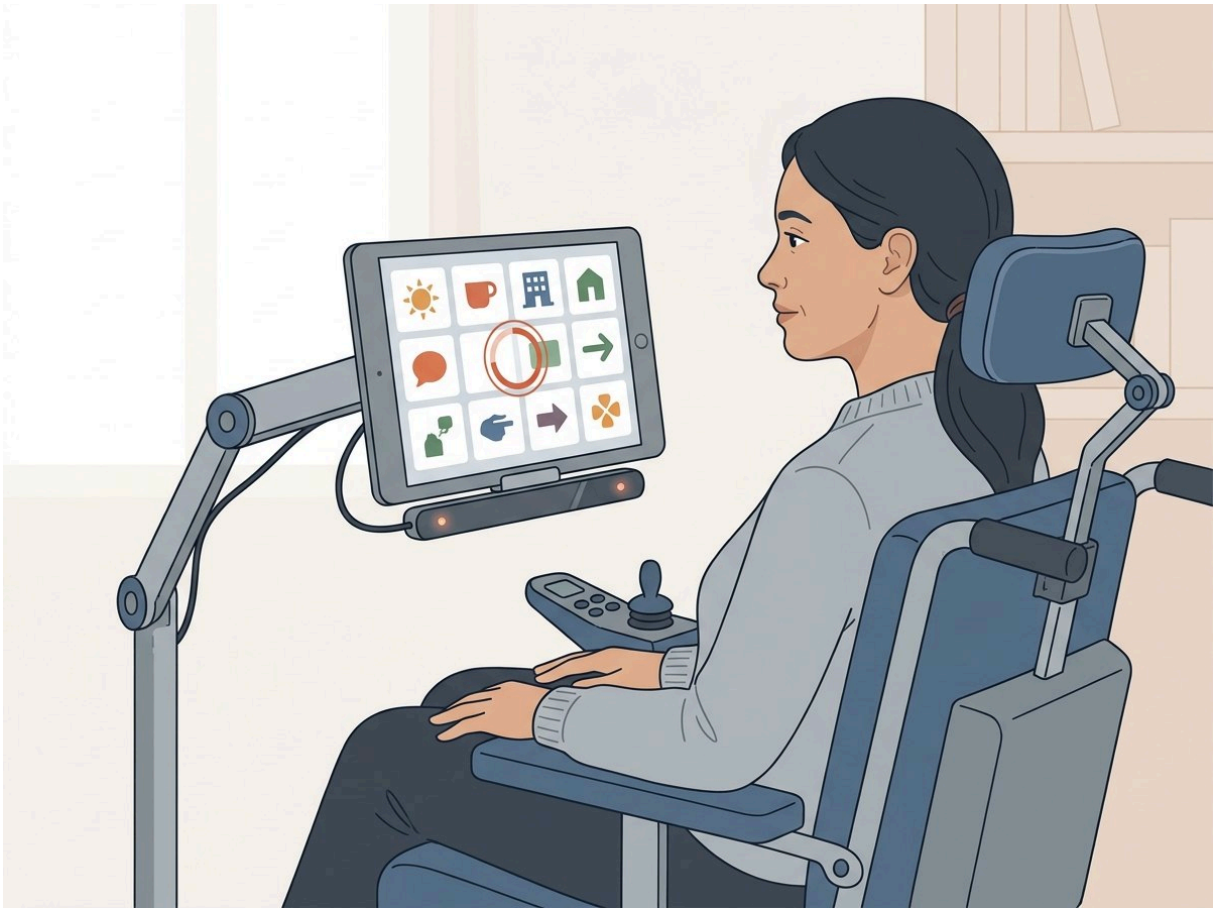
Bedienbildschirm und Einstellungsdialog für den Zeiger: Der Ring füllt sich, solange der Zeiger im Toleranzkreis bleibt; rechts Verweilzeit, Toleranz, Ruhezone, Geschwindigkeit, Glättung.

Einstellung	Was sie bewirkt	Bereich / Startwert	Woher
Auswahl	Klick, Verweilen, Taster oder Halten	Standard: Verweilen, wenn kein Klick möglich	Hersteller: alle vier Varianten
Verweilzeit	Stillhalten bis zur Auslösung	0,3–3 s; Start 1,0 s	Kopfmaus-Vorgabe gängiger UK-Software 1,0 s
Wackeltoleranz	erlaubter Weg während des Verweilens	10–100 px; Start 28 px, Kopfmaus 40 px	AssistUK-Praxiswert; macOS »Bewegungstoleranz«
Ruhezone	Weg, den der Zeiger vom letzten Ziel entfernt sein muss, bevor dort etwas Neues beginnt	0–200 px; Start 42 px	AssistUK-Praxiswert
Zeigergeschwindigkeit	Übersetzung Bewegung → Weg; Beschleunigung aus	± 50 %	Xbox-Richtlinie 107
Glättung	Filter gegen Zittern, vor allem bei der Kopfmaus	0–0,95; Start 0,35–0,4	AssistUK Hand- und Kopfverfolgung; Hersteller »Averaging« 1–10
Zeiger	Form, Größe, Farbe; ausblendbar	Punkt, groß, Fadenkreuz, System	Plattform-Einstellungen

Zwei Regeln, die der Norm folgen: Alles, was sich ziehen lässt, muss sich auch ohne Ziehen erledigen lassen (WCAG 2.5.7 nennt ausdrücklich Trackball, Kopfzeiger und Augensteuerung), und kein Doppelklick darf der einzige Weg sein. Ein Punkt, den gängige UK-Programme anbieten und den ich für sinnvoll halte: eine **zweistufige Auswahl**, bei der ein Verweilen zunächst den Bereich vergrößert und erst das zweite Verweilen auslöst — für Kopfmaus und Augensteuerung ein wirksamer Schutz gegen Fehlauswahlen auf kleinen Oberflächen, die man nicht selbst gestaltet hat.

7. Augensteuerung

Die Augensteuerung ist der Zugang mit der größten Verheißung und den meisten Missverständnissen. Die Verheißung: Wer sonst nichts bewegen kann, bewegt fast immer die Augen; für Menschen mit ALS, mit Rett-Syndrom, mit schwerer Cerebralparese ist sie oft der schnellste und der einzige unabhängige Weg. Die Missverständnisse beginnen beim Datenblatt und enden beim Vokabular.



Gemini-Szene: Eine Frau im Rollstuhl schaut auf ein Tablet am Schwenkarm; unter dem Bildschirm die Trackerleiste, auf einem Feld ein sich füllender Ring; die Hände ruhen. — Bild: KI-erzeugt (Gemini), Vorgabe und Prüfung L. T.

Genauigkeit. Hersteller geben für ihre Geräte Genauigkeiten von einem halben bis einem Grad an; unabhängig gemessen unter nicht idealen Bedingungen lag ein verbreiteter Tracker bei 2,5 Grad Genauigkeit und 1,9 Grad Präzision (Clemotte u. a. 2014), also beim Zwei- bis Fünffachen. Bei Menschen mit Cerebralparese kommt hinzu, dass die Kalibrierung selbst scheitern kann: Von 39 Kindern konnten sechs nicht kalibriert werden, und eine einzelne Zielfixation gelang 81 Prozent mit einem realen Gegenstand, aber nur 30 Prozent am Bildschirm-Tracker (Griffiths, Clarke & Swettenham 2025). Für die Feldgröße heißt das, was im Text »Positionskonstanz« dieser Reihe vorgerechnet ist: Bei sechzig Zentimetern Abstand entsprechen zwei Grad etwa 2,1 Zentimetern, drei Grad etwa 3,1 Zentimetern — und das ist die Streuung, nicht die Feldkante. Felder für die Augensteuerung sind deshalb größer als Felder für den Finger, Ränder und Ecken bleiben frei, und ein Blickpunkt auf dem Bildschirm wird besser nicht angezeigt, weil er den Blick anzieht und die Messung verfälscht.

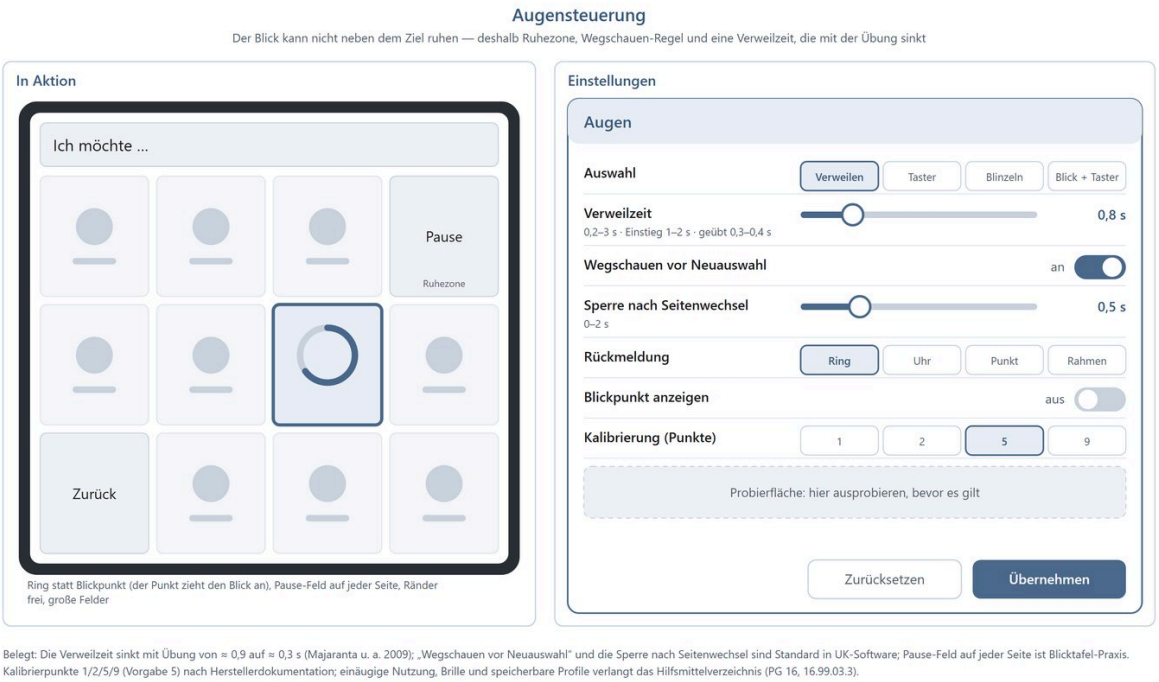
Verweilzeit und Lernkurve. Der am besten belegte Zusammenhang der ganzen Ansteuerungsforschung ist der zwischen Verweilzeit, Übung und Geschwindigkeit beim Schreiben mit den Augen. Elf Novizen ohne Behinderung, die ihre Verweilzeit selbst anpassen durften, steigerten sich in zehn Sitzungen von 6,9 auf 19,9 Wörter pro Minute; ihre Verweilzeit sank dabei von 876 auf 282 Millisekunden, die Fehlerrate von 1,3 auf 0,4 Prozent (Majaranta, Ahola & Špakov 2009). Die Verweilzeit setzt zugleich eine harte Obergrenze: Bei einer Sekunde

Verweilzeit sind höchstens zwölf Wörter pro Minute möglich, ganz gleich, wie geübt die Person ist (Majaranta u. a. 2006). Eine Meta-Analyse über zwölf Studien findet Systeme mit dynamischer, sich anpassender Verweilzeit signifikant besser nutzbar als Systeme mit fester (Burnham u. a. 2025), und verweilfreie Verfahren — Wischen mit dem Blick über die Buchstaben — erreichten bei Novizen nach dreißig Minuten 11,7 Wörter pro Minute (Kurauchi u. a. 2016). Bei Kindern mit schweren körperlichen Beeinträchtigungen verläuft die Kurve langsamer: In einer Längsschnittstudie über 15 bis 20 Monate verbesserte sich die Zeit pro Auswahl schon nach fünf Monaten, die Genauigkeit aber erst am Ende (Borgestig u. a. 2016).

Daraus folgt eine Regel, die ich für die wichtigste dieses Abschnitts halte: **Die Verweilzeit ist keine Eigenschaft der Person, sondern ein Zustand.** Sie beginnt bei Einsteigern bei einer Sekunde und länger und soll mit der Übung sinken — was nur geht, wenn sie leicht zu ändern ist und die Rückmeldung mitgeht. Gängige UK-Programme gehen noch einen Schritt weiter und erlauben eine eigene Verweilzeit **je Feld**: kürzer auf Buchstaben, länger auf Wortvorhersagen (sonst wählt der Blick beim Lesen aus), länger auf Feldern, die etwas Unwiderrufliches tun.

Alltag und Grenzen. Dreißig Menschen mit ALS nutzten ihre Augensteuerung im Median fünf Stunden am Tag; sieben von ihnen kaum, meist wegen Augenermüdung oder einer Störung der Augenbewegung (Spataro u. a. 2014). In einer schwedischen Totalerhebung mit 171 Nutzenden von vier bis 81 Jahren nutzten 63 Prozent ihr Gerät täglich, Erwachsene häufiger als Kinder (Hemmingsson & Borgestig 2020). Für das Rett-Syndrom empfiehlt eine internationale Konsensleitlinie mit 650 Beteiligten aus 43 Ländern die Augensteuerung als Zugang (Townend u. a. 2020), und eine Delphi-Studie formulierte 94 Konsensaussagen für die Augensteuerung bei Cerebralparese (Karlsson u. a. 2021). Wo die Augensteuerung allein nicht reicht, hilft ein zweiter Kanal: In einem Einzelfall stieg die Trefferquote im ersten Versuch von 63 Prozent mit Blick allein auf 91 Prozent mit Blick und Taster (Fager u. a. 2019).

Blinzeln und Taster. Neben dem Verweilen gibt es die Auslösung durch Blinzeln — mit einem Mindest- und einem Höchstfenster, damit weder das natürliche Blinzeln noch ein müdes Augenschließen auswählt — und durch einen Taster, der das Midas-Touch-Problem am gründlichsten löst. Eine kontrollierte Vergleichsstudie zwischen Blinzeln und Verweilen habe ich nicht gefunden.



Bedienbildschirm und Einstellungsdialog für die Augensteuerung: Ring statt Blickpunkt, Pause-Feld auf jeder Seite, freie Ränder; rechts Auswahlart, Verweilzeit, Wegschauen-Regel, Sperre nach Seitenwechsel, Rückmeldung, Kalibrierung.

Einstellung	Was sie bewirkt	Bereich / Startwert	Woher
Auswahl	Verweilen, Taster, Blinzeln, Blick + Taster	Standard: Verweilen	Hersteller: alle vier
Verweilzeit	Blick ruht bis zur Auslösung	0,2–3 s; Start 0,8 s; Einstieg 1–2 s; geübt 0,3–0,4 s	Majaranta 2009; Hersteller 0,1–4 s in 50-ms-Schritten
Verweilzeit je Feld	abweichende Zeit auf Vorhersagen, Buchstaben, kritischen Feldern	Vorhersagen × 1,5	Hersteller: »längere Verweilzeit für Wortvorhersage«
Wegschauen vor Neuauswahl	kein zweiter Treffer ohne Blick weg	an	Hersteller-Standard gegen Mehrfachauswahl
Sperre nach Seitenwechsel	kein Verweilen, bis die neue Seite gesehen wurde	0–2 s; Start 0,5 s	Hersteller »Verzögerung nach Seitenwechsel«
Rückmeldung	Ring, Uhr, Punkt, Rahmen, Füllung; Größe, Farbe	Ring	Hersteller: bis zu neun Indikatoren
Blickpunkt anzeigen	Blickmarker sichtbar	aus	Praxis: zieht den Blick an
Pause	Pause-Feld auf jeder Seite; Blick unter den Bildschirm; Augen schließen	Pause-Feld immer	Blicktafel-Praxis; Hersteller »Offscreen Pause«
Kalibrierung	Punktzahl, Auge links/rechts/beide, Reizgröße, Profil speichern	1 / 2 / 5 / 9 Punkte; Start 5	Hersteller; PG 16: einäugig, Brille, Profile
Glättung	Filter gegen Blickzittern	1–10	Hersteller »Smoothing«
Blinzeln	Mindest- und Höchstdauer	min 0,3 s · max 2 s	Hersteller: 0–10 s

Dazu zwei Gestaltungsregeln, die keine Einstellung sind: Das Textlabel steht möglichst **neben oder über** dem Verweilziel, nicht mitten darin — mit einem außenliegenden Label waren in einer Studie große Felder mit sehr kurzer Verweilzeit am genauesten, mit innenliegendem Label brauchte es etwa eine Sekunde (Penkar, Lutteroth & Weber 2012) —, und jede Seite hat ein **Ruhefeld**, auf dem der Blick liegen darf, ohne etwas auszulösen.

Ein Wort zur Blickmessung mit der Webcam, die Browser-Apps ohne Zusatzgerät anbieten: Sie streut in der Laborstudie der Entwickler um etwa vier Grad (Papoutsaki u. a. 2016). Bei sechzig Zentimetern Abstand sind das vier Zentimeter. Das reicht für wenige, sehr große Felder und für das Üben des Prinzips, nicht für ein Vokabular.

8. Taster und Scanning

Das Scanning ist der Zugang für Menschen, die genau eine willentliche, wiederholbare Bewegung sicher kontrollieren — mit der Hand, dem Kopf, dem Knie, dem Fuß, der Wange, der Zunge, dem Atem oder einem Muskel, dessen Spannung ein Sensor misst. Es ist der langsamste Zugang und der mit den meisten Einstellungen, und beides hängt zusammen: Weil die Maschine die Zeit vorgibt, muss die Zeit stimmen.



Gemini-Szene: Ein Junge in einem Sitzschalensystem drückt mit einer leichten Kopfbewegung einen großen roten Taster am Schwanenhals; auf dem Tablet rahmt ein gelber Balken eine Zeile des Rasters. — Bild: KI-erzeugt (Gemini), Vorgabe und Prüfung L. T.

Die Scanzeit ist die wichtigste Zahl — und sie ist messbar. Koester & Simpson (2014) haben neun Menschen, die mit einem einzelnen Taster schrieben, nach einer einfachen Methode neu eingestellt: Reaktionszeit und Haltezeit am Taster messen, daraus die Scanzeit ableiten, dann Layout und Wortvorhersage anpassen. Die Schreibrate stieg im Mittel von 1,4 auf 2,7 Wörter pro Minute, bei allen neun um mindestens vierzig Prozent, bei fünf um mehr als hundert. Die Autorinnen hatten dafür zuvor eine Faustregel formuliert, die als »0,65-Regel« in die Literatur eingegangen ist (Simpson, Koester & LoPresti 2007); nach meiner Lesart besagt sie, dass die gemessene Reaktionszeit etwa zwei Drittel der Scanzeit ausmachen soll — die Scanzeit also ungefähr das Anderthalbfache der Reaktionszeit beträgt. Eine spätere Software, die genau das automatisiert, brachte bei fünf weiteren Nutzenden im Mittel 71 Prozent (Koester & Simpson 2019). Die Lehre daraus ist einfach und wird fast nie befolgt: **Scanzeiten**

werden gemessen, nicht geschätzt. Die Praxis zeigt dabei eine Spannweite von 0,3 bis 5 Sekunden; Einstellbereiche in der Software reichen von 0,2 bis 10 Sekunden in Schritten von 0,05 bis 0,1 Sekunden (Colven & Judge 2006).

Der Modus hängt am Körper. In einer kleinen, aber klaren Studie hatten drei Kinder mit spastischer Cerebralparese die größten Schwierigkeiten mit dem automatischen Scanning (der Druck kommt zu spät), die drei Kinder mit athetotischer Cerebralparese dagegen mit dem Schritt-Scanning (der Druck kommt zu oft) (Angelo 1992). Daraus folgt nicht, welcher Modus richtig ist, sondern dass eine App **alle Modi anbieten** muss: automatisch, Schritt mit zwei Tastern, Schritt mit einem Taster und Zeitauswahl, invers (Halten bewegt, Loslassen wählt). Wer nur das automatische Scanning mit einem Taster einbaut, schließt eine ganze Gruppe aus — und das ist, wie der Abschnitt 16 zeigen wird, auch bei uns noch an einigen Stellen so.

Das Muster hängt an der Zahl der Felder — und an der Lernlast. Bei wenigen Feldern ist lineares Scanning am einfachsten zu verstehen; mit mehr Feldern spart das Zeilen-Spalten-Scanning Schritte, verlangt aber ein zweistufiges Denken. Bei typisch entwickelten Vorschulkindern unterschieden sich die Fehler zwischen linear und Zeile-Spalte nicht in der Zahl, aber in der Art (Petersen, Reichle & Johnston 2000); gerichtetes Scanning war genauer als Gruppe-Element-Scanning, aber nicht schneller (Dropik & Reichle 2008). Zweijährige lernten das traditionelle Scanning in drei Sitzungen gar nicht — sie blieben auf Zufallsniveau —, während eine Fassung mit Animation und sprachlichem Angebot auf 48 Prozent kam (McCarthy u. a. 2006). Direkte Auswahl erlaubte mehr Symbolabruf als lineares Scanning, weil das Scanning das Arbeitsgedächtnis belastet (Wagner & Jackson 2006). Praxisregel vieler Programme, die auch wir übernommen haben: bis etwa sechs Ziele linear, darüber Zeile-Spalte.

Was die Kodierung bringt. Buchstabenvorhersage in einer Sieben-Liste sparte in Simulationen bis zu vierzig Prozent der Tasterdrücke (Lesher, Moulton & Higginbotham 1998). Huffman-Scanning mit Sprachmodell war signifikant schneller als Zeile-Spalte, am deutlichsten bei langsamer Scanzeit (Roark, Fried-Oken & Gibbons 2015); Nomon war bei sechzehn Novizen 35 Prozent schneller als Zeile-Spalte und wurde von sechs von sieben Nutzenden mit motorischer Behinderung bevorzugt (Broderick & MacKay 2009; Bonaker u. a. 2023). Diese Verfahren sind in UK-Software bislang kaum angekommen; für das Buchstabieren sind sie der Weg, der am meisten verspricht.

Fehler sind die Regel. Bei drei Kindern mit schwerster spastischer Cerebralparese und einem Stimmbandvibrations-Taster lag die Sensitivität bei 83 bis 93 Prozent, die Spezifität bei 90 bis 92 Prozent — also wurden 8 bis 19 Prozent der gewollten Auslösungen verpasst und ein Fünftel bis ein Drittel aller Aktivierungen war ungewollt (Leung & Chau 2014). Zwei Fehlerklassen lassen sich trennen: Timing-Fehler (zu früh, zu spät) und Taster-Fehler (ungewollt gedrückt, nicht gedrückt) (Nel, Kristensson & MacKay 2017). Gegen die ersten hilft die richtige Scanzeit und eine längere Pause auf dem ersten Element; gegen die zweiten helfen Annahmezeit (der Taster muss eine Mindestzeit gedrückt sein), Entprellen (ein zweiter Druck innerhalb weniger Hundertstel zählt nicht) und eine Erholungszeit nach der Auswahl mit sichtbarer Rückmeldung (Mariano u. a. 2020). Die Begriffe: **Entprellzeit** ist die Zeit nach

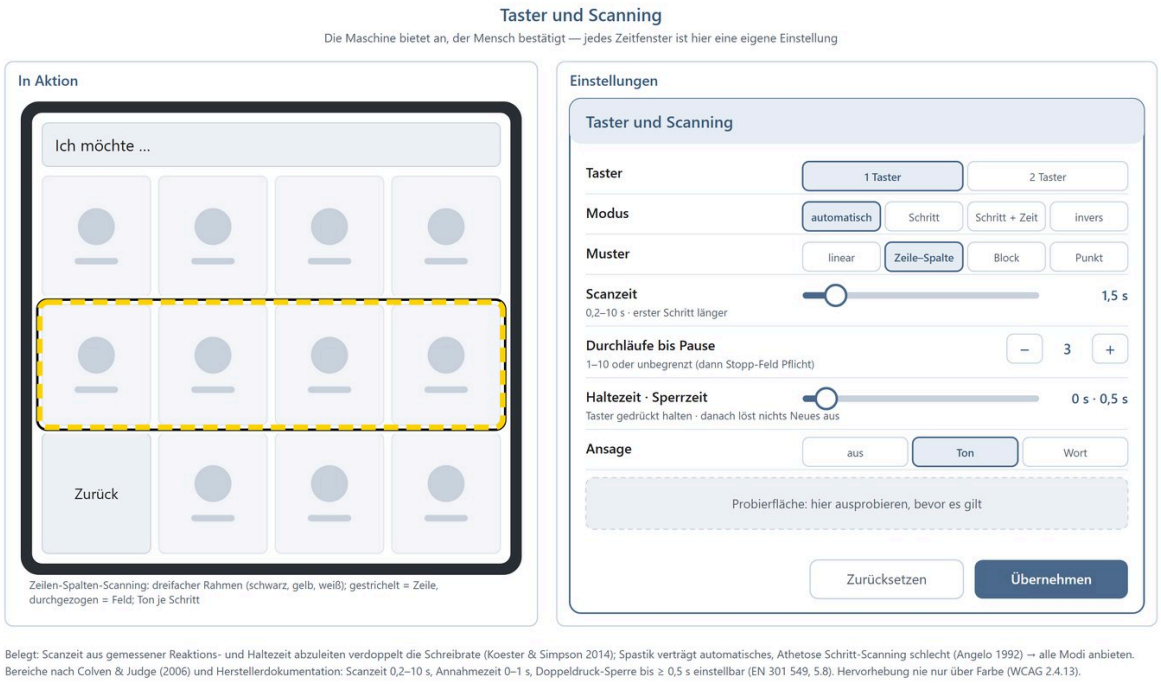
dem Drücken, in der ein Loslassen noch nicht erkannt wird (0,01–0,1 s); **Annahmezeit** die Zeit, die der Taster gedrückt sein muss (0–1 s, hilft bei Tremor und beim Streifen über den Taster); **Nachannahmezeit** die Zeit nach einem Druck, in der kein weiterer angenommen wird (Colven & Judge 2006).

Wo der Taster sitzt, entscheidet eine strukturierte Einschätzung — das ACE Centre stellt dafür ein kostenloses Rahmenwerk bereit. Die gängigen Kriterien (kleine, isolierte, willentliche Bewegung; kontrollierte Aktivierung **und** Freigabe) sind Fortbildungswissen; eine Übersicht über sechs Einschätzungsinstrumente fand keines ausreichend validiert (Hoppenbrouwers, Stewart & Kernot 2014). Ein Lernweg, der sich in der Praxis bewährt hat, führt von Ursache-Wirkung (drücken, etwas passiert; drücken und halten; drücken und loslassen) über Timing-Spiele mit einstellbarem Zeitfenster zum formalen Scanning (Bean 2011). Wichtig für die App-Gestaltung: Wer ein Reaktionsfenster baut, in dem »jetzt« gedrückt werden muss, darf es nicht unter drei Sekunden setzen und muss es bis dreißig Sekunden verlängern können; die Zugänglichkeitsnorm hält zwanzig Sekunden für fast alle Nutzenden für ausreichend (WCAG 2.2, Begründung zu 2.2.1).

Akustisches und partner-gestütztes Scanning. Für Menschen mit Sehbeeinträchtigung ersetzt die Ansage die Hervorhebung; die Programme bieten dafür eine eigene, leisere »private« Stimme und die Wahl zwischen Ton und Wort. Kontrollierte Studien dazu habe ich nicht gefunden. Das partner-gestützte Scanning — ein Mensch nennt die Möglichkeiten, die Person bestätigt — ist nach einer unbegutachteten Erhebung die am häufigsten eingesetzte und zugleich die langsamste der Blick-basierten Niedrigtechnik-Methoden bei ALS; begutachtete Evidenz dazu gibt es praktisch nicht. Es bleibt dennoch unverzichtbar: als Rückfallebene, wenn das Gerät ausfällt, und als Weg, das Prinzip des Scannings ohne Technik zu lernen.



Gemini-Szene: Ein Gesprächspartner hält einer Frau eine laminierte Tafel mit farbigen Feldern entgegen und zeigt der Reihe nach darauf, auf Augenhöhe. — Bild: KI-erzeugt (Gemini), Vorgabe und Prüfung L. T.



Bedienbildschirm und Einstellungsdialog für Taster und Scanning: Zeilen-Spalten-Scanning mit dreifachem Rahmen; rechts Tasterzahl, Modus, Muster, Scanzeit, Durchläufe, Annahme- und Sperrzeit, Ansage.

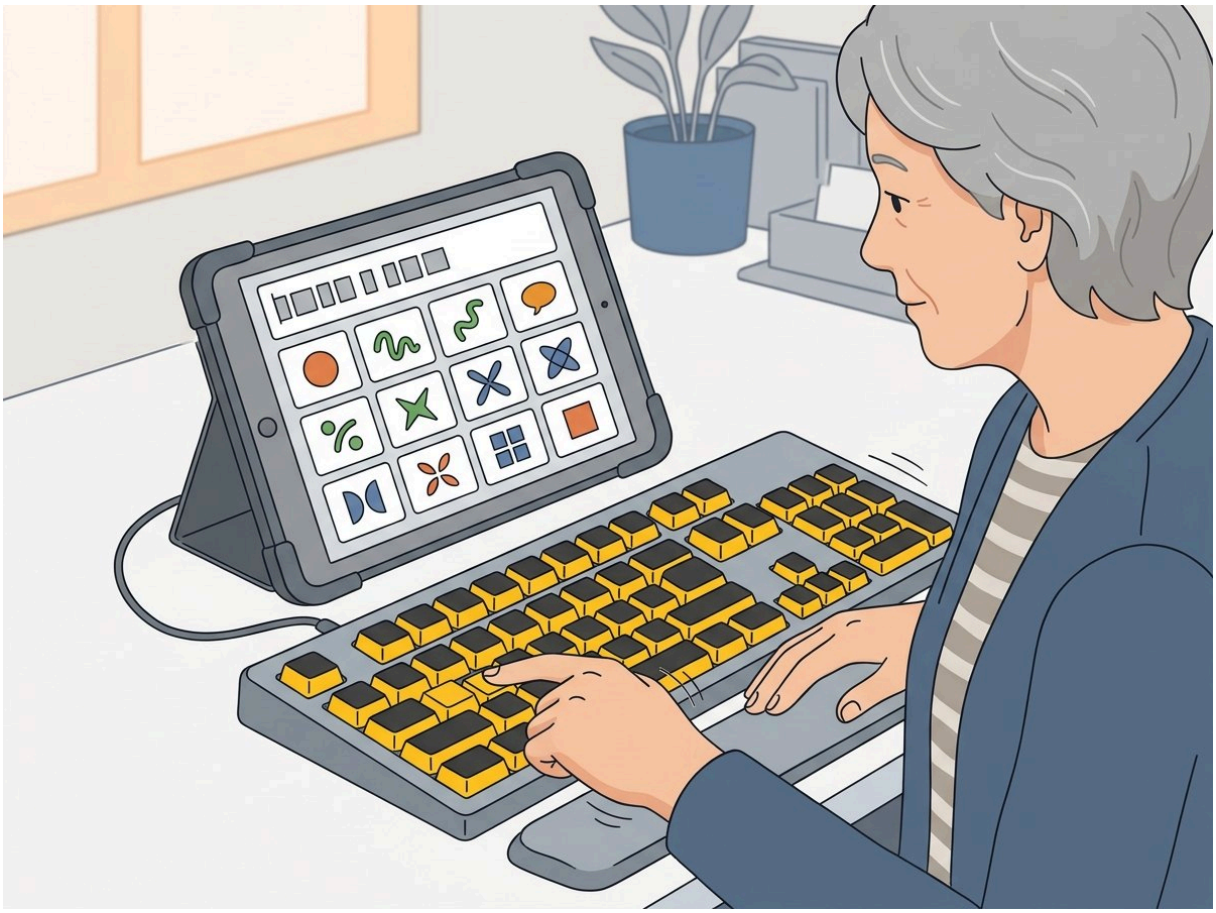
Einstellung	Was sie bewirkt	Bereich / Startwert	Woher
Taster	einer oder zwei; Quelle: USB, Bluetooth, Tastaturtaste, Bildschirm, Kamera-Geste	Start 1; Belegung Leertaste/Enter, änderbar	Ellis 2008; Hersteller
Modus	automatisch · Schritt (2 Taster) · Schritt + Zeitauswahl · invers	alle vier anbieten	Angelo 1992; Hersteller
Muster	linear · Zeile–Spalte · Spalte–Zeile · Block/Gruppe · Punkt	bis 6 Ziele linear, sonst Zeile–Spalte	Praxis; Hersteller
Scanzeit	Zeit je Schritt	0,2–10 s, Schritt 0,1; Start 1,5 s; gemessen, nicht geschätzt	Colven & Judge 2006; Koester & Simpson 2014
Pause am ersten Element	längerer erster Schritt je Gruppe	Start 1,5 × Scanzeit	Plattformen (iOS, Android, macOS)
Durchläufe bis Pause	wie oft die Hervorhebung ohne Wahl kreist	1–10 oder unbegrenzt; Start 3; unbegrenzt nur mit Stopp-Feld	Hersteller: »bei unbegrenzt Stopp-Befehl belegen«
Scan-Start	von selbst oder erst mit Tasterdruck	von selbst; nach Seitenwechsel neu	Android: ohne Taster startet kein Scan
Haltezeit (Annahmezeit)	Mindest-Druckdauer des Tasters	0–1 s; Start 0	Colven & Judge 2006
Entprellen · Sperrzeit	zweiter Druck zählt nicht	0,01–0,1 s · 0–3 s; Start 0,5 s	EN 301 549 5.8; GAG 0,5 s
Auslösen	beim Drücken oder Loslassen; langes Drücken = zweite Funktion	Loslassen; Langdruck 1 s	Hersteller: Langdruck nur bei Loslassen
Hervorhebung	Rahmen (Farbe, Dicke), Hintergrund, Invertieren, Vergrößern; nie nur Farbe	dreifacher Rahmen schwarz–gelb–weiß ≥ 7 px	WCAG 2.4.13 (≥ 2 px, 3:1)
Ansage	aus · Ton · Wort; eigene Stimme und Lautstärke	Ton	Hersteller; WCAG 2.1.1 nennt Scanning-Software
Nach der Auswahl	zurück zum Anfang oder beim Element bleiben; leere Felder überspringen	beim Element bleiben	Hersteller

Und eine Regel, die über allen steht: **Maus, Berührung und Verweilen laufen in jedem Scan-Modus weiter.** Wer das Scanning falsch einstellt, muss es mit einer anderen

Ansteuerung wieder richtig stellen können. Die Plattformen kennen dieses Problem gut — wer die Schaltersteuerung eines Tablets einschaltet, kann sie nicht mehr mit den gewohnten Gesten verlassen und braucht die Notfall-Tastenfolge.

9. Tastaturen, Keypads und Wortvorhersage

Die Tastatur ist der schnellste Zugang, den die Übersicht von Koester & Arthanat (2018a) für Menschen mit körperlichen Beeinträchtigungen ausweist — 12,5 Wörter pro Minute im Mittel, nur die Spracheingabe liegt darüber. Sie ist deshalb der erste Zugang, den man nicht aufgeben sollte, bevor er wirklich nicht mehr geht: mit größeren Tasten, weniger Tasten, einer Lochplatte zwischen den Tasten, einer Einhandbelegung, einer Handauflage, einem Mundstab.

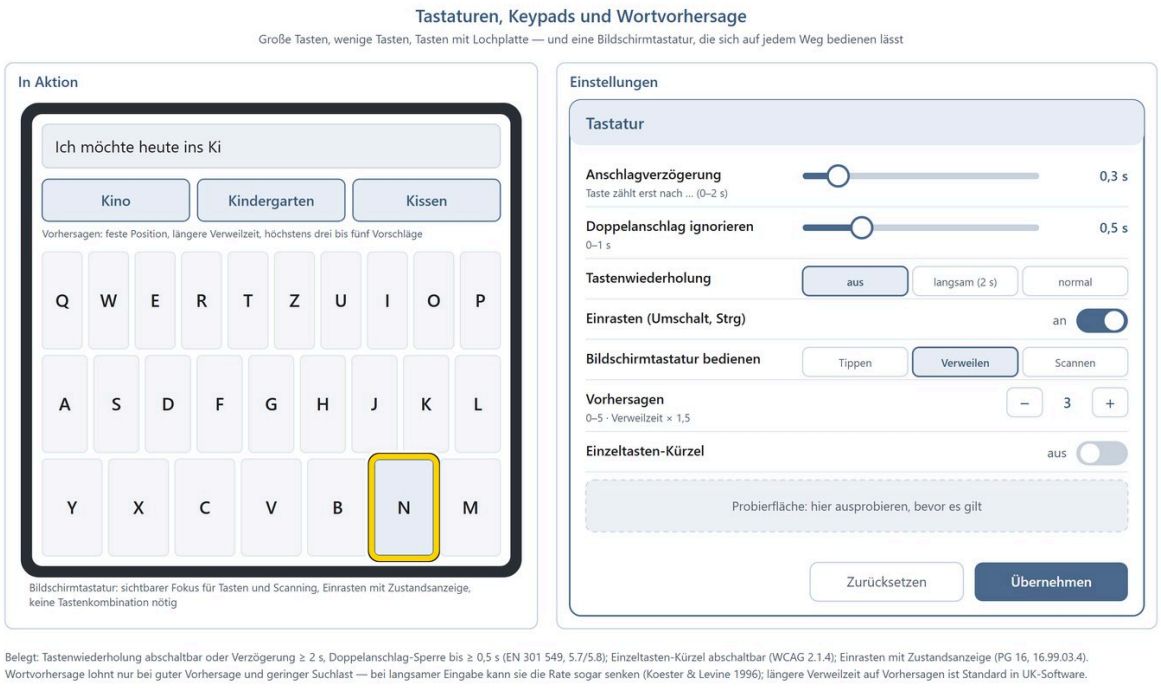


Gemini-Szene: Eine ältere Frau tippt mit einem Finger auf einer Großfeldtastatur mit wenigen, großen gelben Tasten; die andere Hand ruht auf einer Handauflage. — Bild: KI-erzeugt (Gemini), Vorgabe und Prüfung L. T.

Was die Forschung sagt. Trewin & Pain (1999) haben sechs Fehlerklassen beim Tippen mit motorischer Beeinträchtigung beschrieben — zu lang gedrückte Tasten, Prellen, Nachbartasten, Tastenkombinationen — und daraus ein Modell abgeleitet, das die Filter des Betriebssystems konfiguriert: Anschlagverzögerung gegen Nachbartasten, Entprellen gegen Doppelanschläge, Tastenwiederholung aus gegen lange Drücke, Einrasten gegen Kombinationen (Trewin & Pain 1998). Die europäische Norm hat diese Filter zu

Anforderungen gemacht: Tastenwiederholung abschaltbar oder mit einer Verzögerung von mindestens zwei Sekunden und einer Rate von höchstens einem Zeichen je zwei Sekunden; Doppelanschlag-Sperre bis mindestens 0,5 Sekunden einstellbar; mindestens ein Bedienmodus ohne gleichzeitige Tastendrücke (EN 301 549, 5.7–5.9). Das Hilfsmittelverzeichnis verlangt für Kommunikationshilfen eine zuschaltbare Feststellfunktion für Umschalttasten **mit Zustandsanzeige** (PG 16, 16.99.03.4). Zu Großfeld- und Einhandtastaturen mit UK-Nutzenden habe ich keine begutachtete Evaluation gefunden.

Wortvorhersage ist kein Selbstläufer. Das ist der kontraintuitivste Befund dieses Abschnitts. Bei vierzehn Personen über sieben Sitzungen senkte die Wortvorhersage die Schreibrate von sechs Menschen mit hoher Querschnittlähmung signifikant, weil die Suche in der Vorschlagsliste mehr Zeit kostete, als die gesparten Tasten einbrachten (Koester & Levine 1996). Beim Zeile-Spalte-Scanning ohne Behinderung brachte sie keinen signifikanten Gewinn (Koester & Levine 1994). Erst bei guter Vorhersagequalität kehrt sich das um: In Simulationen mit UK-typischen Raten steigerte eine fortgeschrittene Vorhersage die Kommunikationsrate um knapp sechzig Prozent, und sie wurde auch deutlich häufiger genutzt (Trnka u. a. 2009). Für die Gestaltung folgt daraus: wenige Vorschläge (drei bis fünf), an fester Position, eine eigene, längere Verweilzeit auf den Vorschlägen — und die Möglichkeit, sie ganz abzuschalten.



Bedienbildschirm und Einstellungsdialog für die Tastatur: Bildschirmtastatur mit Vorhersagezeile und sichtbarem Fokus; rechts Anschlagverzögerung, Doppelanschlag, Tastenwiederholung, Einrasten, Bedienart der Bildschirmtastatur, Vorhersagen, Kürzel.

Einstellung	Was sie bewirkt	Bereich / Startwert	Woher
Anschlagverzögerung	Taste zählt erst nach dieser Dauer	0–2 s; Start 0	Plattform »Slow Keys«; Trewin & Pain 1998
Doppelanschlag ignorieren	zweiter Anschlag derselben Taste zählt nicht	0–1 s; Start 0,5 s	EN 301 549 5.8
Tastenwiederholung	aus, verzögert (≥ 2 s), normal	aus	EN 301 549 5.7
Einrasten	Umschalt, Strg, Alt nacheinander statt gleichzeitig; Zustand sichtbar	an	EN 301 549 5.9; PG 16
Bildschirmtastatur bedienen	Tippen, Verweilen, Scannen	je Ansteuerung	Plattform-Bildschirmtastaturen
Vorhersagen	Anzahl, Position, längere Verweilzeit	0–5; Start 3; Verweilzeit × 1,5	Lesher 1998 (7er-Listen); Koester & Levine 1996
Einzeltasten-Kürzel	Einzelbuchstaben als Befehl	aus oder ummappbar	WCAG 2.1.4

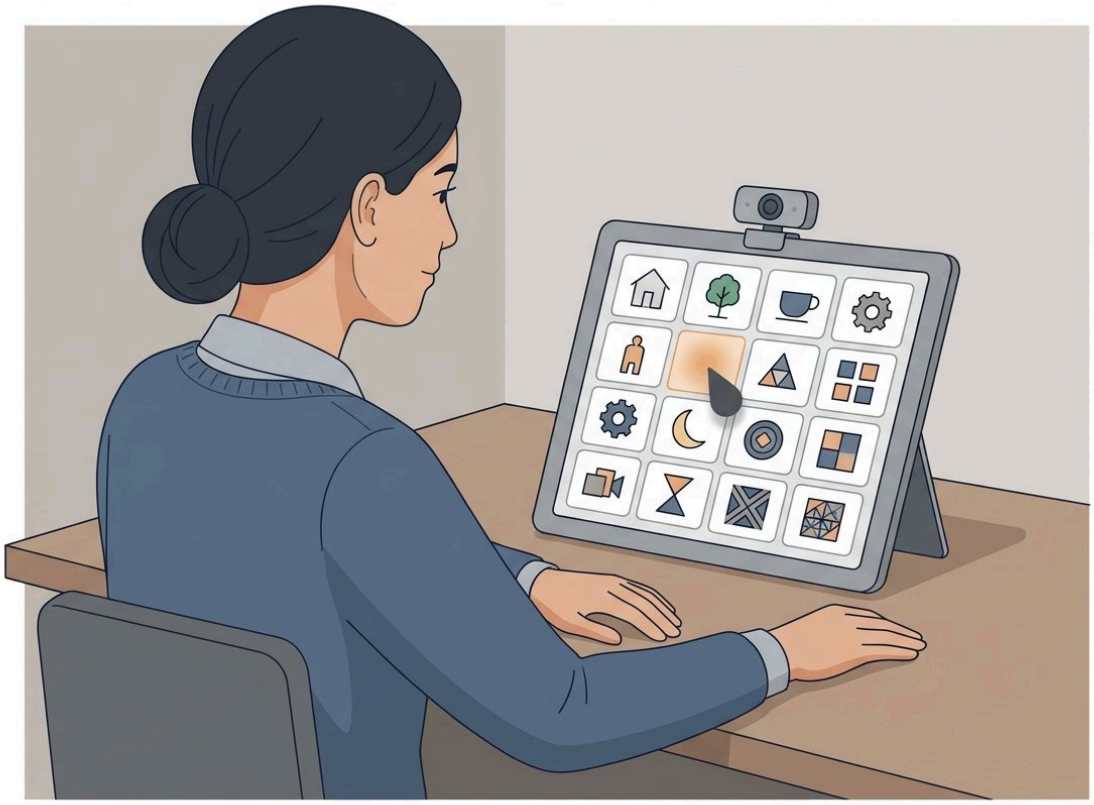
Für Web-Apps kommt die Fokusreihenfolge hinzu: Die Reihenfolge, in der die Tabulatortaste die Felder erreicht, muss der sichtbaren Ordnung folgen (WCAG 2.4.3), der Fokus muss sichtbar sein (2.4.7) und darf nie von festen Leisten verdeckt werden (2.4.11). Das klingt nach Webentwicklung, ist aber UK: Jede Scanning-Software, die eine Tastatur nachbildet, läuft über genau diesen Fokus.

10. Hand, Kopf und Gesicht per Kamera; Sprache; Hirn-Computer-Schnittstellen

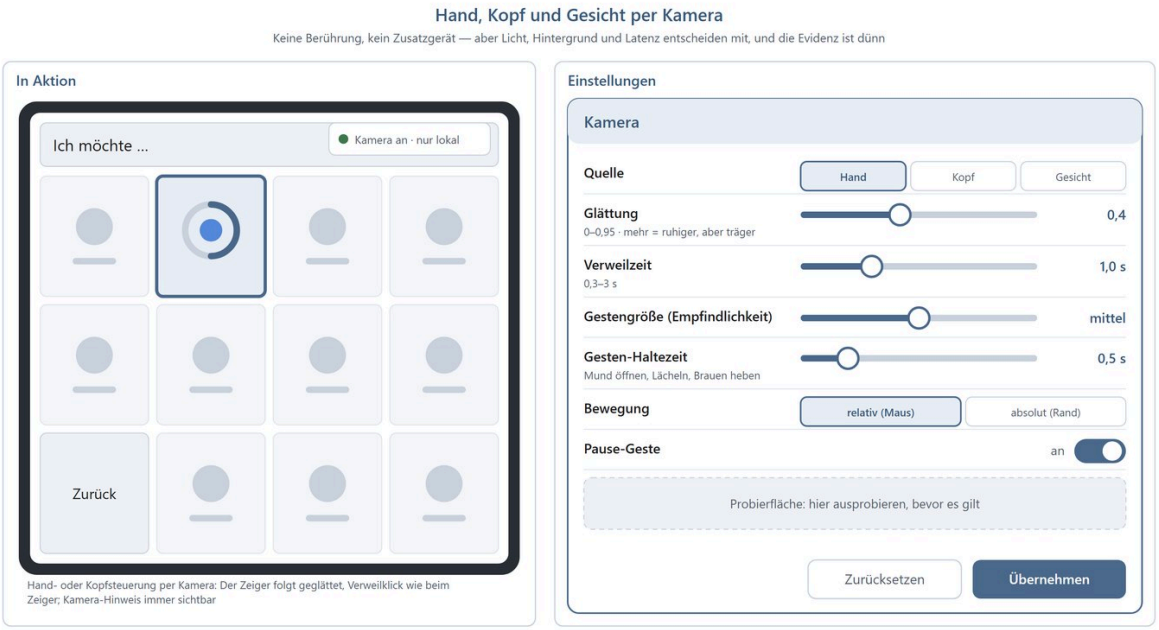
Kamera. Die Kopfmaus per Kamera ist seit über zwanzig Jahren erforscht (Betke, Gips & Fleming 2002) und heute in Betriebssystemen eingebaut. Neu ist, dass dieselbe Kamera Hände und Gesichtsausdrücke erkennt: ein geöffneter Mund, ein Lächeln, gehobene Augenbrauen, ein Blick nach links werden zum Taster; eine Hand in der Luft zum Zeiger. Die Plattformen bieten dafür drei Einstellungen, die den Zeitfenstern aus Abschnitt 3 entsprechen: die **Gestengröße** (wie deutlich die Geste sein muss), die **Haltezeit** der Geste und die **Glättung** des Zeigers. Dazu kommt bei der Kopfmaus die Wahl zwischen relativer Bewegung (wie eine Maus) und absoluter (der Zeiger läuft zum Rand, zu dem man den Kopf neigt). Die Evidenz für die Handverfolgung als UK-Zugang ist ehrlich gesagt nicht vorhanden: Die Technik ist in der Rehabilitation validiert, nicht mit Menschen, die sie zur Kommunikation nutzen. Wir setzen sie bei AssistUK deshalb nur als zusätzlichen, abschaltbaren Weg ein, und die Kamera meldet sich immer sichtbar an, verarbeitet nur lokal und sendet nichts.



Gemini-Szene: Eine Frau im Rollstuhl hebt eine offene Hand vor ein Tablet mit leuchtender Kamera; auf dem Bildschirm folgt ein Zeiger ihrer Hand. — Bild: KI-erzeugt (Gemini), Vorgabe und Prüfung L. T.



Gemini-Szene: Eine junge Frau sitzt vor einem Laptop mit aufgesteckter Kamera und neigt leicht den Kopf; der Zeiger folgt, die Hände ruhen. — Bild: KI-erzeugt (Gemini), Vorgabe und Prüfung L. T.



Bedienbildschirm und Einstellungsdialog für die Kamera-Steuerung: geglätteter Zeiger mit Verweilring, Kamera-Hinweis; rechts Quelle, Glättung, Verweilzeit, Gestengröße, Gesten-Haltezeit, Bewegungsart, Pause-Geste.

Sprache. Die Spracheingabe ist in der Übersicht von Koester & Arthanat (2018a) mit 15,4 Wörtern pro Minute der schnellste Zugang — für die, deren Sprechen die Erkennung versteht. Bei Dysarthrie bricht die Erkennung ein; die berichteten Wortfehlerraten steigen von wenigen Prozent bei gesunder Stimme auf Werte, bei denen die Eingabe unbrauchbar wird (De Russis & Corno 2019; Zahlen nicht aus dem Volltext geprüft). Für die App-Gestaltung sind zwei Dinge wichtig: Sprachsteuerungen der Plattformen arbeiten über die sichtbaren Namen der Bedienelemente — der zugängliche Name muss den sichtbaren Text enthalten (WCAG 2.5.3) — und über Nummern- oder Rasterüberlagerungen, die funktionieren, wenn die Elemente echte Bedienelemente sind und nicht nur gezeichnete Flächen.

Hirn-Computer-Schnittstellen. Sie sind Forschung mit Einzelfällen, aber mit Einzelfällen, die zeigen, wohin es geht. Eine voll implantierte Schnittstelle bei einer Frau mit Locked-in-Syndrom durch ALS erlaubte nach 28 Wochen etwa zwei Buchstaben pro Minute und ergänzte ihre Augensteuerung (Vansteensel u. a. 2016); sie arbeitete sieben Jahre lang, bis die Krankheit das Signal nahm (Vansteensel u. a. 2024). Eine Handschrift-Schnittstelle erreichte neunzig Zeichen pro Minute (Willett u. a. 2021), zwei Sprach-Schnittstellen 62 und 78 Wörter pro Minute (Willett u. a. 2023; Metzger u. a. 2023) — jeweils bei einer Person. Nichtinvasive EEG-Schnittstellen zu Hause blieben bei ALS bei 2,9 Auswahlen pro Minute, und von 42 Installationen führten 14 zu unabhängiger Nutzung (Wolpaw u. a. 2018). Für die Praxis der nächsten Jahre heißt das: Die Hirn-Schnittstelle wird am ehesten als **Taster** in bestehende Scanning-Software kommen — genau so wurde eine Klick-Schnittstelle in einer Studie über

neunzig Tage verwendet (Candrea u. a. 2024). Wer Scanning richtig baut, baut damit auch für diese Zukunft.

11. Mehrfachzugang: der Normalfall, nicht die Ausnahme

Die Landkarte aus Abschnitt 2 verführt zu dem Gedanken, ein Mensch habe eine Ansteuerung. Die Praxis sieht anders aus. Morgens Finger, nachmittags, wenn die Kraft nachlässt, Taster. Blick für die Auswahl, Taster für die Bestätigung. Finger im Rollstuhl, Scanning im Bett. Augensteuerung für die Kommunikation, Joystick für das Spiel. Die Forschung bestätigt, was die Praxis weiß: In dem schon genannten Einzelfall stieg die Trefferquote mit Blick und Taster von 63 auf 91 Prozent (Fager u. a. 2019); Blick und Joystick zusammen waren schneller als jedes der Geräte allein (Biswas & Langdon 2015); und die aktuelle Übersicht zum Stand der Wissenschaft wertet 34 Arbeiten zu multimodalen Verfahren aus (Koester u. a. 2025).

Daraus folgen drei Anforderungen an jede App. Erstens: **Keine Ansteuerung schließt eine andere aus.** Die Zugänglichkeitsnorm formuliert es als Erfolgskriterium: Inhalte dürfen die auf der Plattform verfügbaren Eingabewege nicht einschränken (WCAG 2.5.6). Zweitens: **Der Wechsel kostet nichts** — keine Neuanmeldung, keine verlorene Seite, keine zweite Einstellung. Drittens: **Profile.** Dieselbe Person braucht für den Finger und für den Blick andere Zeiten, und sie braucht beide gespeichert. Das Hilfsmittelverzeichnis verlangt genau das für dynamische Systeme mit Augensteuerung: »Konfigurationen (Nutzerprofile) für verschiedene Situationen müssen speicherbar sein« (PG 16, 16.99.03.3).

12. Wie man die Ansteuerung findet — und warum man sie misst

Die Einschätzung der Ansteuerung folgt dem Partizipationsmodell und dem Feature Matching, die im Text »Die Landkarten der Einschätzung« dieser Reihe beschrieben sind; hier geht es nur um das, was für die Ansteuerung besonders gilt.

Erst der Körper, dann das Gerät. Welche Bewegung kann die Person willentlich, wiederholt und ohne Ermüdung ausführen — mit welcher Körperstelle, in welcher Lagerung, zu welcher Tageszeit? Die Lagerung ist dabei kein Vorspiel: In der schon genannten Einzelfallstudie änderte die Beckenpositionierung Tippgeschwindigkeit und Genauigkeit (McCormack 1990). Erst wenn die Bewegung gefunden ist, wird nach dem Gerät gefragt, das sie liest.

Messen statt raten. Die Scanzeit wird aus der gemessenen Reaktionszeit abgeleitet (Koester & Simpson 2014); die Verweilzeit wird mit einem Verweilzeit-Test gefunden, bei dem die kürzeste Zeit ohne Abbrüche gewinnt; die Feldgröße mit einer Trefferstreuung, wie sie der Text »Ein Raster hat drei Größen« beschreibt. Alle drei Messungen dauern Minuten, und alle drei lassen sich in der App selbst bauen. Die Erfahrung der Nutzenden ersetzt die Messung nicht — die Übersicht von Koester & Arthanat (2018b) fand keinen Zusammenhang zwischen Erfahrungsgrad und Schreibrate, und ich lese das so: Wer jahrelang mit einer falschen Scanzeit arbeitet, wird nicht schneller, sondern nur geübter im Warten.

Lernen einplanen. Die Lernkurve der Augensteuerung bei Kindern mit schweren körperlichen Beeinträchtigungen läuft über Monate (Borgestig u. a. 2016); das Scanning bei Zweijährigen braucht ein anderes Design, nicht mehr Sitzungen (McCarthy u. a. 2006). Die Einschätzung ist deshalb nie ein Termin, sondern eine Reihe von Terminen mit Messungen dazwischen — und die App sollte die Messwerte aufzeichnen, damit die Kurve sichtbar wird.

Ermüdung ernst nehmen. Augenermüdung ist der häufigste Grund für geringe Nutzung der Augensteuerung bei ALS (Spataro u. a. 2014); das Scanning gilt als repetitiv ermüdend (Fager u. a. 2019); ein Muskelsensor-Taster war weniger anstrengend als ein mechanischer, löste aber häufiger ungewollt aus (Judge 2025). Eine Dosis-Wirkungs-Studie zur Nutzungsdauer gibt es nicht. Für die App heißt das: Pause muss immer möglich sein — ein Feld, eine Geste, ein Blick unter den Bildschirm — und eine zweite Ansteuerung für den Abend ist keine Kapitulation, sondern Planung.

13. Der Einstellungsdialog selbst

Wenn die Einstellung die Ansteuerung ist, dann ist der Einstellungsdialog der wichtigste Bildschirm der App — und der am häufigsten vernachlässigte. Ich habe für diesen Text die Dialoge von sieben UK-Programmen und vier Betriebssystemen durchgesehen und die Normen gelesen, die für sie gelten. Sieben Regeln bleiben.



Der Einstellungsdialog selbst: Profil, Verweilzeit mit sofortiger Wirkung, Rückmeldung, Wegschauen-Regel, Probierfläche, Begleitersperre, Zurücksetzen — und die sieben Regeln, die dahinterstehen.

1. Der Dialog ist mit der aktiven Ansteuerung erreichbar und bedienbar. Wer mit dem Blick bedient, muss die Verweilzeit mit dem Blick ändern können; wer scannt, muss den Dialog scannen können. Das klingt selbstverständlich und wird ständig verletzt: Einstellungsdialoge haben kleine Schalter, Schieberegler, die Ziehen verlangen, und Listen, die scrollen. Die internationale Norm für zugängliche Einstellungen fordert genau den Zugang

zum Einstellmodus und die direkte Aktivierbarkeit der Funktionen (ISO/IEC 20071-5:2022); die Spiele-Richtlinie formuliert es als »der Anpassungsvorgang selbst muss vollständig zugänglich sein« (Xbox Accessibility Guidelines 107). Daraus folgt auch der **Aussperrschutz**: Keine Einstellung darf die Ansteuerung abschalten, mit der sie gemacht wurde, ohne eine Rückfrage, die mit derselben Ansteuerung zu beantworten ist.

2. Die Wirkung ist sofort sichtbar, und es gibt eine Probierfläche. Eine Verweilzeit, die man einstellt, ohne sie zu spüren, ist eine Zahl. Drei Felder im Dialog, auf denen die neue Zeit läuft und nichts passiert, machen aus der Zahl eine Erfahrung. Werte stehen in Sekunden und Bildpunkten, nicht in Stufen ohne Einheit — »langsam, mittel, schnell« darf es zusätzlich geben, aber nicht allein. Und das Ändern eines Werts löst keinen Kontextwechsel aus (WCAG 3.2.2).

3. Zurücksetzen ist immer möglich, Löschen nie ohne Rückfrage. Ein Knopf »Zurücksetzen auf Standard«, und jede Änderung, die gespeicherte Daten überschreibt, ist rückgängig machbar, wird geprüft oder bestätigt (WCAG 3.3.4; Xbox 115).

4. Profile je Person und Situation. Einstellungen überleben Neustart und Update — das Hilfsmittelverzeichnis sagt es wörtlich: Sie dürfen »nicht verlorengehen« (PG 16, 16.99.02) —, und sie lassen sich je Person und Situation benennen und wechseln.

5. Schutz vor Verstellen ohne Gedrückt-halten. Ein Dialog, den jeder versehentliche Blick öffnet, ist eine Falle; ein Dialog, der nur durch Gedrückt-halten erreichbar ist, schließt Menschen aus, die nicht halten können. Die Plattformen zeigen den Mittelweg: Dreifachtipp oder Code, wie beim geführten Zugriff und beim Anheften einer App. Die Spiele-Richtlinie sagt ausdrücklich: keine Haltegeste zur Bestätigung (Xbox 115).

6. Plattformwerte übernehmen, eigene Werte zusätzlich. Die europäische Norm verlangt, dass Software den Nutzereinstellungen der Plattform für Kontrast, Schrift und Fokus-Cursor folgt, solange die Person sie nicht überschreibt, und dass sie die Barrierefreiheitsfunktionen der Plattform nicht stört (EN 301 549, 11.7 und 11.6.2). Für die Ansteuerung heißt das: Wo das Betriebssystem bereits eine Schaltersteuerung oder einen Verweilklick anbietet, arbeitet die App mit ihr, statt sie zu unterlaufen.

7. Der Dialog ist selbst ein Bedienbildschirm. Einfache Sprache, feste Positionen, große Ziele, wenige Schritte, logische Fokusreihenfolge — alles, was für die Vokabularseite gilt, gilt hier auch (ISO 21801-1; Xbox 112).

14. Normen, Richtlinien, Hilfsmittelverzeichnis

Die Anforderungen dieses Textes stehen nicht im luftleeren Raum. Die folgende Tabelle ordnet die Quellen, die ich gelesen habe, nach dem, was sie für die Ansteuerung verlangen. Stufe und Abschnitt sind so angegeben, dass sich die Stelle nachschlagen lässt; alle Normtexte wurden am 24.10.2026 abgerufen.

Quelle	Abschnitt	Kernanforderung	Ansteuerung
WCAG 2.2	2.1.1 Tastatur (A)	alles per Tastaturschnittstelle bedienbar; Begründung nennt Scanning-Software ausdrücklich	Tastatur, Scanning
WCAG 2.2	2.1.2 Keine Tastaturfalle (A)	Fokus muss immer wieder verlassen werden können	Tastatur, Scanning
WCAG 2.2	2.1.4 Einzeltasten-Kürzel (A)	abschaltbar, ummappbar oder nur bei Fokus	Tastatur, Sprache
WCAG 2.2	2.2.1 Zeitvorgaben anpassbar (A)	Zeitlimit abschaltbar, ≥ 10-fach verlängerbar; 20 s »für fast alle« ausreichend	alle, besonders Taster
WCAG 2.2	2.2.2 Pausieren, Anhalten, Ausblenden (A)	Bewegtes anhaltbar	Scanning-Hervorhebung
WCAG 2.2	2.4.3 Fokusreihenfolge (A)	Reihenfolge erhält Sinn und Bedienbarkeit	Tastatur, Scanning
WCAG 2.2	2.4.7 / 2.4.11 / 2.4.13 Fokus sichtbar, nicht verdeckt, Erscheinung	Fokusindikator ≥ 2 px, Kontrast 3:1, nie verdeckt	Tastatur, Scanning
WCAG 2.2	2.5.1 Zeigergesten (A)	Mehrpunkt-/Pfadgesten auch mit Einzelzeiger; nennt Kopfzeiger und Augensteuerung	Touch, Kopfmaus, Augen
WCAG 2.2	2.5.2 Zeiger-Abbruch (A)	Aufsetzen löst nichts aus; Auslösen beim Loslassen	Touch, Maus, Augen
WCAG 2.2	2.5.3 Beschriftung im Namen (A)	zugänglicher Name enthält sichtbaren Text	Sprache
WCAG 2.2	2.5.4 Bewegungsauslösung (A)	Gerätebewegung abschaltbar (Rollstuhl, Tremor)	Touch
WCAG 2.2	2.5.5 / 2.5.8 Zielgröße (AAA / AA)	44 × 44 bzw. 24 × 24 CSS-Pixel; Abstand kann Größe ersetzen	Touch, Maus
WCAG 2.2	2.5.6 Gleichzeitige Eingabewege (AAA)	Eingabewege der Plattform nicht einschränken	alle
WCAG 2.2	2.5.7 Ziehbewegungen (AA)	Ziehen auch ohne Ziehen; nennt Trackball, Kopfzeiger, Augen	Zeiger, Augen, Touch

Quelle	Abschnitt	Kernanforderung	Ansteuerung
WCAG 2.2	3.2.1 / 3.2.2 Bei Fokus / bei Eingabe (A)	kein Kontextwechsel durch Fokus oder Werteänderung	Einstellungsdialog
WCAG 2.2	3.3.4 Fehlervermeidung (AA)	rückgängig, geprüft oder bestätigt	Einstellungsdialog
EN 301 549 V3.2.1	5.7 Tastenwiederholung	abschaltbar oder Verzögerung ≥ 2 s, Rate ≤ 1 Zeichen / 2 s	Tastatur, Taster
EN 301 549	5.8 Doppelanschlag	Sperre bis ≥ 0,5 s einstellbar	Tastatur, Taster
EN 301 549	5.9 Gleichzeitige Handlungen	ein Modus ohne gleichzeitige Eingaben	Tastatur, Touch
EN 301 549	11.6.2 / 11.7	Plattform-Hilfen nicht stören; Nutzereinstellungen für Kontrast, Schrift, Fokus übernehmen	alle
ISO/IEC 20071-5:2022	gesamt	Zugang zum Einstellmodus, Direktaktivierung, Speichern von Einstellungen (Nachfolger der zurückgezogenen ISO/IEC 24786)	Einstellungsdialog
ISO 9241-171:2025	gesamt	Software-Zugänglichkeit, neu seit 12/2025 (ersetzt 2008); Einzelanforderungen nicht im Normtext geprüft	alle
ISO 9999:2016	22 36	Eingabeeinheiten: Tastaturen, alternative Eingabe, Zubehör (Fingerführung), Software, Zeigegeräte; Ausgabe 2022 umgegliedert	alle
Hilfsmittelverzeichnis PG 16 (Fortschreibung 11/2022)	16.99.02 / 03	Scanverfahren: Durchlaufgeschwindigkeit und Scanmuster anpassbar; Anschlagverzögerung und Wiederholgeschwindigkeit einstellbar; Rückmeldung akustisch, optisch oder taktil, abschaltbar; Einstellungen dürfen nicht verlorengehen; Standardschnittstellen für Eingabehilfen	Scanning, Tastatur

Quelle	Abschnitt	Kernanforderung	Ansteuerung
Hilfsmittelverzeichnis PG 16	16.99.03.3	Augensteuerung: einäugig nutzbar, für Brillenträger, Nutzerprofile speicherbar	Augen
Hilfsmittelverzeichnis PG 16	16.99.03.4 / 04.3	Feststellfunktion für Umschalttasten mit Zustandsanzeige; Klick durch Verweilen mit individuell anpassbarer Zeit, Blinzeln oder Taster	Tastatur, Zeiger, Augen
Hilfsmittelverzeichnis PG 02	02.99.01–06	Taster, Blas-Saug-Steuerung, Sensoren, Umfeldkontrolle, Zubehör	Taster
Apple HIG Accessibility	Mobility	Ziel 44 × 44 pt (Minimum 28), Alternativen zu Gesten, keine Mehrfinger-Pflicht, zeitbegrenzte Elemente minimieren	Touch, Switch Control
Material Design (Android)	Touch targets	≥ 48 × 48 dp ≈ 9 mm, Abstand ≥ 8 dp	Touch
Xbox Accessibility Guidelines v3.2	107 Eingabe	Einzeltasten, kein Halten, kein Gleichzeitig, Auslösen beim Loslassen, Empfindlichkeit ± 50 %, Touch-Ziele 15 / 24 mm, Anpassung selbst zugänglich	alle
Xbox	112 / 113 / 115 / 116	Fokusreihenfolge, sichtbarer Fokus, Reset, keine Haltegeste zur Bestätigung, Zeitlimits ≥ 10-fach	alle
Game Accessibility Guidelines	Basic–Advanced	Remapping, Empfindlichkeit, große Ziele, kein Halten, mehrere Eingabegeräte, einfache Schemata für Taster und Augensteuerung, Erholungszeit 0,5 s, kein Timing-Zwang	alle
W3C Mobile Accessibility	3.2–3.5	Ziele ≥ 9 mm, Gesten einfach, Alternativen zur Gerätebewegung, erreichbare Platzierung	Touch

Quelle	Abschnitt	Kernanforderung	Ansteuerung
Colven & Judge 2006 (ACE Centre)	gesamt	Begriffe und Bereiche: Entprellen 0,01–0,1 s, Annahmezeit 0–1 s, Scanzeit 0,2–10 s	Scanning

Eine Anmerkung zum deutschen Barrierefreiheitsstärkungsgesetz, das seit dem 28. Juni 2025 gilt: Es erfasst Software als Betriebssystem von Verbraucher-Hardware, als E-Book-Software und als Dienstleistung im elektronischen Geschäftsverkehr. Eine kostenlose UK-App ohne Vertragsabschluss fällt danach nicht unmittelbar darunter; ein In-App-Shop könnte es. Das ist keine Rechtsberatung — wer veröffentlicht, lässt das prüfen.

15. Die Einstellungs-Matrix: was jede UK- und AT-App je Ansteuerung braucht

Aus den Abschnitten 3 bis 13 lässt sich zusammenfassen, welche Einstellungen eine App **mindestens** braucht (●), welche sie **haben sollte** (○) und welche nur für diese Ansteuerung gelten. Die Matrix ist das, was ich mir als Prüfliste wünsche, wenn eine App behauptet, sie sei »für Augensteuerung geeignet« oder »mit Taster bedienbar«.

Einstellung	Berührung	Zeiger / Kopfmaus	Augen	Taster / Scanning	Tastatur	Kamera
Auslösen beim Loslassen (Standard)	●	●	—	●	●	●
Annahmezeit: Verweilzeit (ruhen) oder Haltezeit (drücken)	● 0–3 s	● 0,3–3 s	● 0,2–3 s	● 0–1 s	● 0–2 s	● 0,3–3 s
Startverzögerung / Wackeltoleranz	○	● 10–100 px	● Fixation	○	—	● Glättung
Sperrzeit / Entprellen nach Auslösung	● 0–3 s	● 0–3 s	● Wegschauen	● 0,01–0,1 s + 0–3 s	● 0–1 s	●
Rückmeldung: Form (Ring, Uhr, Punkt, Rahmen, Füllung, Balken)	○	●	●	—	○	●
Rückmeldung: Farbe (≥ 3:1 zum Feld) und Deckkraft	○	●	●	●	○	●
Rückmeldung: Größe (≥ ¼ Feldkante) und Ort (am Ziel, Text frei)	—	●	●	—	—	●
Rückmeldung nie nur über Farbe; kein Blinken; „weniger Bewegung“ beachten	●	●	●	●	●	●
Hervorhebung: Rahmen (≥ 2 px, 3:1), Hintergrund, Invertieren, Vergrößern, Kombination	—	—	—	●	○	—
Ton oder Ansage zur Auswahl; Bestätigung nach der Auslösung	○	○	●	●	○	○
Mindestgröße der Felder	●	●	● (größer)	○	○	●

Einstellung	Berührung	Zeiger / Kopfmaus	Augen	Taster / Scanning	Tastatur	Kamera
Ruhezone / Pause-Feld / Pause-Geste	—	● Ruhezone	● Pause-Feld	● Stopp	—	● Pause-Geste
Tipp-Ort erste/letzte Berührung	●	—	—	—	—	—
Gleiten / Ziehen ersetzbar	●	●	●	—	—	●
Mehrfinger / Handballen ignorieren	●	—	—	—	—	—
Hoch- und Querformat	●	○	○	○	○	○
Zeigergeschwindigkeit ± 50 %, Beschleunigung aus	—	●	—	—	—	●
Zweistufige Auswahl (Vergrößern)	—	○	○	○ Punkt-Scan	—	○
Verweilzeit je Feld (Vorhersagen länger)	—	○	●	—	○	○
Blickpunkt ein/aus; Kalibrierung; Auge; Profil	—	—	●	—	—	○
Blinzel-Fenster min/max	—	—	○	—	—	○
Tasterzahl, Belegung, Quelle (USB, Bluetooth, Taste, Bildschirm, Kamera)	—	○	○	●	—	●
Modus automatisch / Schritt / Schritt + Zeit / invers	—	—	—	●	—	—
Muster linear / Zeile–Spalte / Block / Punkt	—	—	—	●	○ Bildschirmtastatur	—
Scanzeit, Pause am ersten Element, Durchläufe	—	—	—	●	○	—

Einstellung	Berührung	Zeiger / Kopfmaus	Augen	Taster / Scanning	Tastatur	Kamera
Scan-Start automatisch oder per Taster	—	—	—	●	—	—
Nach Auswahl: Anfang oder bleiben; leere Felder überspringen	—	—	—	●	—	—
Akustisches Scanning (Ton / Wort, eigene Stimme)	—	—	○	●	○	—
Anschlagverzögerung, Tastenwiederholung, Einrasten mit Zustandsanzeige	—	—	—	○	●	—
Einzeltasten-Kürzel abschaltbar	—	—	—	—	●	—
Wortvorhersage: Anzahl, Position, aus	—	—	○	○	●	—
Gestengröße, Gesten-Haltezeit, relativ/absolut	—	○ Kopfmaus	—	—	—	●
Kamera-Hinweis sichtbar, nur lokal	—	—	○	—	—	●
Alle anderen Ansteuerungen laufen weiter (Aussperrschutz)	●	●	●	●	●	●
Einstellungsdialog mit dieser Ansteuerung bedienbar; Probierfläche; Zurücksetzen; Profile; Sperre ohne Halten	●	●	●	●	●	●

Drei Lesehilfen. Erstens: Die ersten zehn Zeilen sind die Zeitachse aus Abschnitt 3 und die Rückmeldung aus Abschnitt 4 — sie gelten überall und sind der Kern. Zweitens: Was in der

Spalte »Taster / Scanning« steht, ist die längste Liste, und sie ist nicht verhandelbar; ein Scanning mit nur einer Geschwindigkeit und einem Modus ist kein Scanning, sondern eine Demonstration. Drittens: Die letzten zwei Zeilen sind die Bedingung dafür, dass alle anderen überhaupt eingestellt werden können.

16. Wie wir es bei AssistUK halten

Ich habe für diesen Text den Stand unserer eigenen Apps erhoben — nicht aus der Erinnerung, sondern aus dem Code, mit Datei und Zeile. Das Ergebnis ist in beide Richtungen lehrreich.

Was wir haben. Eine gemeinsame Ansteuerungsschicht, die Mausklick und Berührung immer, Verweilen mit Maus oder Augensteuerung und Verweilen mit der Hand vor der Kamera als zuschaltbare Modi kennt — mit den Standardwerten Startverzögerung 300 Millisekunden, Verweilzeit 1000, Sperrzeit 300, Wackeltoleranz 2 Bildpunkte, Kulanz am Feldrand 150 Millisekunden, Ruhezone 40 Bildpunkte um den letzten Treffer und vier Rückmeldestilen (schrumpfender Punkt, Ring, Uhr, Rahmen). Berührung kennt dort drei Auslösearten — sofort, nach Haltezeit, beim Loslassen — mit einer Mindest-Haltezeit von 150 Millisekunden. Ein gemeinsamer Tastenbaustein bietet Pfeiltasten-Bedienung und Ein-Tasten-Scanning mit einer Scanzeit ab 500 Millisekunden, verlängertem ersten Schritt (× 1,5), Gruppen-Scanning ab sieben Zielen, einstellbaren Durchläufen (2, 4, unbegrenzt), Ton oder Wort als Ansage, Entprellen von 300 Millisekunden und einem dreifachen Rahmen aus Schwarz, Gelb und Weiß, der nicht blinkt und bei reduzierter Bewegung stillsteht. Die Verweil-Anzeige kennt in der Basis vier Formen (schrumpfender Punkt, Ring, Uhr, wachsender Rahmen) in vier Farben mit 65 Prozent Deckkraft und drei Größen, die Blick-Übungsapp fünf Formen in drei Größen; ein Blickpunkt-Cursor ist überall abschaltbar. Was nach Abschnitt 4 fehlt: Die Bestätigung der Auswahl ist in den meisten Apps nur visuell, ein kurzer Klick-Ton ist nicht als Einstellung angeboten; und ob die Farbe der Anzeige den Kontrast von 3:1 zum Feld hält, prüft keine App — bei Rot auf einem roten Feld hält sie ihn nicht. In allen Modi laufen Maus, Berührung und Verweilen weiter — der Aussperrschutz aus Abschnitt 8 ist dort Regel. Einzelne Apps gehen weiter: Die Blick-Übungsapp bietet die Verweilzeit von 0,3 bis 3 Sekunden in Zehntelschritten, fünf Rückmeldestile in drei Größen, einen Verweilzeit-Test mit 500, 800 und 1100 Millisekunden, einen Raster-Treffsicherheitstest in zehn Stufen von 2 × 2 bis 10 × 16 Feldern und einen gesperrten Kioskmodus; die Berührungs-Schwester bietet Antippen, Loslassen oder Halten als Auslösung, Mindest-Zielgrößen von 64 bis 200 Bildpunkten mit dem Hinweis »≥ 120 Pixel empfohlen« und ein Scanning mit einem oder zwei Tastern; das Bilderbuch-Werkzeug bietet Zwei-Taster-Scanning mit Pause nach der Auswahl, Durchläufen und Ansage; die Mal-App stellt Verweilzeit (200–3000), Startverzögerung (100–2000) und Sperrzeit (0–2000 Millisekunden) getrennt ein. Für die Grid-3-Umgebung gilt ein eigener Weg: Dort steuert das Seitenset die App über Tasten und Adresse, die App zeigt keine eigenen Bedienelemente, und Augen, Taster, Berührung und Kopfmaus bedienen die Grid-Felder.

Was uns fehlt — gemessen an der Matrix. Erstens: Die Haltezeit und das Auslösen beim Loslassen können die Engine fast überall, einstellbar sind sie nur in zwei Apps; in den anderen ist die Berührung »sofort« und bleibt es. Zweitens: Wackeltoleranz und Kulanz sind nirgends einstellbar, sondern fest — 2 Bildpunkte in der Basis, 25 bis 56 in den Mal-Apps. Drittens: Das Taster-Scanning fehlt in der Mal-App, der Kunsttherapie-App, der Blick-Übungsapp und den Spielen im freien Browser; wo es in den neuen Spielen vorhanden ist, gibt es nur das automatische Ein-Tasten-Scanning — gegen die eigene Praxisregel aus dem Text »Vom Zugriff zum Vokabular«, die für Kinder mit Cerebralparese das schrittweise Scanning empfiehlt, und gegen Angelo (1992). Viertens: Der Begriff »Fixation« bezeichnet in der Basis eine Startverzögerung und in der Kunsttherapie-App eine echte Fixationserkennung (150 Millisekunden, 50 Bildpunkte) — ein Wort, zwei Bedeutungen. Fünftens: Der »Totmann« — die Rückstellung bei völlig ruhendem Zeiger — ist in den Apps uneinheitlich ein- oder ausgeschaltet. Sechstens: Die Verweilzeiten der Bedienknöpfe gehen in zwei Apps nie unter 600 beziehungsweise 400 Millisekunden, und zwei Spiele erlauben als kürzeste Stufe 0,8 Sekunden — geübte Blick-Schreiberinnen liegen darunter. Siebtens: Auf dem Tablet erreichen Augen und Taster die Spiele über die dortige Grid-Umgebung nicht; dort ist der Finger der einzige Weg.

Ich schreibe das nicht als Mängelliste gegen uns selbst, sondern als Beleg für die These dieses Textes: Wer die Zeitachse aus Abschnitt 3 nicht als eine Sache versteht, baut sie fünfmal verschieden. Die Konsequenz, die ich daraus ziehe, steht in der Planung der Mal-App schon drin — eine Kategorie »Steuerung« mit Profilen für Augen, Zeiger, Berührung, Taster und Hand, die alle Apps teilen — und sie wird mit diesem Text zur Vorgabe für die ganze Reihe: **ein** Einstellungsbaustein, **eine** Zeitachse, **eine** Matrix, in jeder App.

17. Grenzen dieses Textes

Ich bin Heilpädagoge und Entwickler, kein Bewegungswissenschaftler und kein Normungsexperte. Die zitierten Studien habe ich oder haben Rechercheassistenten unter meiner Anleitung auf Existenz und Kernaussage geprüft; Volltexte lagen nur zum Teil vor, und wo eine Zahl nur aus der Zusammenfassung oder aus einer Sekundärquelle stammt, steht das im Text. Die Normtexte wurden am 24.10.2026 abgerufen; Normen ändern sich, und die 2025 neu erschienene ISO 9241-171 habe ich nicht im Wortlaut gelesen.

Die Evidenzlage ist ungleich. Gut belegt sind: der Zusammenhang von Verweilzeit, Übung und Geschwindigkeit bei der Augensteuerung; die Wirkung einer gemessenen Scanzeit; die Fehlerklassen beim Tippen und ihre Filter; die Grenzen der Wortvorhersage. Zur Rückmeldung ist die Lage besser als zu den meisten anderen Bausteinen (drei Experimente von Majaranta und Kolleginnen, eine Haptik-Studie), aber fast ausschließlich an Erwachsenen ohne Behinderung beim Schreiben mit den Augen gewonnen; ob Ring, Uhr oder Punkt besser sind, ist nicht untersucht, und zu Farbe, Dicke und Zeilen-Hervorhebung beim Scannen bei Kindern gibt es keine Studie. Kaum oder nicht belegt sind außerdem: Fingerführungen auf Touchscreens; Großfeld- und Einhandtastaturen; der Vergleich von Blinzeln und Verweilen;

der Vergleich von Verweilklick und Tastenklick; die Handverfolgung per Kamera als UK-Zugang; das akustische und das partner-gestützte Scanning; jede Mindestzielgröße für Menschen mit motorischer Einschränkung. Die Startwerte dieses Textes — Startverzögerung 0,3 Sekunden, Annahmezeit 0,8 bis 1,5 Sekunden, Sperrzeit 0,5 Sekunden, Felder ab 120 Bildpunkten — sind Praxiswerte, die sich in gängiger Software in ähnlicher Lage finden; sie sind nicht Gegenstand kontrollierter Studien und ersetzen die Messung an der Person nicht.

Die Einstellungs-Matrix in Abschnitt 15 ist eine Ableitung, keine Norm. Sie fasst zusammen, was Normen verlangen, was gängige Programme anbieten und was die Forschung nahelegt; die Gewichtung in Pflicht und Empfehlung ist meine. Die Szenenbilder in diesem Text wurden mit einem Bildmodell erzeugt und von mir vorgegeben und geprüft; die Bildschirm-Schaubilder sind eigene Zeichnungen. Beide zeigen, wie es aussehen soll, nicht ein bestimmtes Produkt.

18. Fazit in fünf Sätzen

Bevor ein Mensch ein Wort auswählen kann, muss er das Feld erreichen, und dieser Weg — Finger, Zeiger, Blick, Taster, Tastatur, Kamera — bestimmt, ob ein Vokabular benutzbar ist, mit einem Geschwindigkeitsunterschied bis zum Faktor zehn zwischen den Zugängen. Alle Ansteuerungen durchlaufen dieselbe Zeitachse — Startverzögerung, Annahmezeit, Auslösung beim Loslassen, Sperrzeit, mit sichtbarer Rückmeldung —, nur die Namen der Zeitfenster wechseln. Die Forschung gibt für diese Zeitfenster klare Hinweise: Die Verweilzeit sinkt mit der Übung von rund einer Sekunde auf ein Drittel, die Scanzeit wird aus der gemessenen Reaktionszeit abgeleitet und verdoppelt so die Schreibrate, und der Scan-Modus hängt am Körper, weshalb eine App alle Modi braucht. Welche Einstellungen eine UK- oder AT-App je Ansteuerung mindestens anbieten muss, lässt sich aus Normen, Herstellerpraxis und Forschung in einer Matrix festhalten — und der Einstellungsdialog selbst muss mit der aktiven Ansteuerung bedienbar sein, sofort wirken, eine Probierfläche haben und niemanden aussperren. Für AssistUK heißt das: ein Einstellungsbaustein, eine Zeitachse, eine Matrix in jeder App — und die Messung an der Person vor jeder Zahl.

19. Literatur (mit Prüfvermerk)

Alle Quellen am 24.10.2026 auf Existenz und Kernaussage geprüft (✓: Abstract oder Normtext gelesen; ✓✓: Volltext gelesen; (?) hinter einer Zahl: nur aus Zusammenfassung oder Sekundärquelle). Herstellerdokumentationen sind als Gattung genannt und intern nachgewiesen; hausinterne Praxiswerte stehen im Text als solche und tauchen hier nicht als Quellen auf.

Standardwerke, Normen und Richtlinien

1. ✓ **Beukelman, D. R. & Light, J. C. (2020).** Augmentative and Alternative Communication: Supporting Children and Adults with Complex Communication Needs. 5. Aufl. Baltimore: Brookes. — Kapitel 7 »Access Techniques and Output«: Grundgliederung direkte und indirekte Auswahl.

2. ✓ **Cook, A. M., Polgar, J. M. & Encarnação, P. (2020).** Assistive Technologies: Principles and Practice. 5. Aufl. St. Louis: Elsevier. — HAAT-Modell; Scan-Steuerungen und -Muster.
3. ✓ **W3C (2023).** Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) 2.2. https://www.w3.org/TR/WCAG22/ — Erfolgskriterien 2.1.1, 2.1.2, 2.1.4, 2.2.1, 2.2.2, 2.4.3, 2.4.7, 2.4.11, 2.4.13, 2.5.1–2.5.8, 3.2.1, 3.2.2, 3.3.4 mit Begründungstexten.
4. ✓ **ETSI (2021).** EN 301 549 V3.2.1: Accessibility requirements for ICT products and services. — Abschnitte 5.7, 5.8, 5.9, 11.6.2, 11.7.
5. ✓ **ISO/IEC 20071-5:2022.** Information technology — User interface component accessibility — Part 5: Accessible user interfaces for accessibility settings on information devices. — Nachfolger der zurückgezogenen ISO/IEC 24786:2009.
6. ✓ **ISO 9241-171:2025.** Ergonomics of human-system interaction — Part 171: Guidance on software accessibility. — Edition 2, genehmigt 05.12.2025; Einzelanforderungen nicht im Wortlaut geprüft.
7. ✓ **ISO 9999:2016 / UNI EN ISO 9999:2017.** Assistive products — Classification and terminology. — Klasse 22 36 mit Unterklassen 03, 12, 15, 18, 21; Umgliederung in der Ausgabe 2022 nicht im Normtext geprüft.
8. ✓ **GKV-Spitzenverband (2022).** Fortschreibung der Produktgruppe 16 »Kommunikationshilfen« des Hilfsmittelverzeichnisses, 11.11.2022. — Anforderungen 16.99.02, 16.99.03.3, 16.99.03.4, 16.99.04.0–04.3, 16.99.05.0.
9. ✓ **Apple (2024/2025).** Human Interface Guidelines — Accessibility; Switch Control, Touch Accommodations, Guided Access (Support-Dokumentation). — Zielgröße 44 pt, Tippanpassungen (Haltedauer, Wiederholung ignorieren, Tipp-Ort), Schaltersteuerung.
10. ✓ **Google (2025).** Android Accessibility Help — Switch Access, Camera Switches, Touch & hold delay, Time to take action; Material Design touch targets 48 dp. — Scan-Einstellungen, Gesichtsgesten, Zielgröße.
11. ✓ **Microsoft (2025).** Xbox Accessibility Guidelines v3.2, Abschnitte 107, 112, 113, 115, 116. https://learn.microsoft.com/gaming/accessibility/
12. ✓ **Game Accessibility Guidelines.** Full list. https://gameaccessibilityguidelines.com/full-list/ — Remapping, Empfindlichkeit, kein Halten, Erholungszeit 0,5 s, einfache Schemata für Taster und Augensteuerung.
13. ✓ **W3C WAI (2015).** Mobile Accessibility: How WCAG 2.0 and Other W3C/WAI Guidelines Apply to Mobile. — Zielgröße 9 mm, Gesten, Platzierung.
14. ✓✓ **Colven, D. & Judge, S. (2006).** Switch access to technology — A comprehensive guide. Oxford: ACE Centre. — Begriffe Entprellzeit, Annahmezeit, Nachannahmezeit; Scanzeit-Bedarf 0,3–5 s, Einstellbereich 0,2–10 s.
15. ✓✓ **Bean, I. (2011).** Learning Journeys — Switch Progression Road Map. Inclusive Technology. — Stufen vom Ursache-Wirkung-Lernen zum formalen Scanning; Reaktionsfenster 3–30 s.
16. ✓ **Ellis, B. (2008).** Design Tips for One Switch Games. IGDA Game Accessibility SIG. — Standardbelegung Leertaste/Enter, änderbare Steuerung.

17. ✓ **Herstellerdokumentationen** zu Zugangseinstellungen verbreiteter UK-Programme und Blicksteuerungen (sieben Programme, Handbücher und Hilfeseiten, abgerufen 24.10.2026; Quellen beim Autor). — Auslösen beim Loslassen, Haltezeit 0–3 s, Verweilzeit 0,1–4 s, Scanzeit 0,1–10 s, Kalibrierpunkte 1/2/5/9, »Wegschauen vor Neuauswahl«, Verzögerung nach Seitenwechsel, Ruhefeld, Scanmodi und -muster.

Übergreifende Evidenz, Einschätzung

1. ✓ **Koester, H. H. & Arthanat, S. (2018a).** Text entry rate of access interfaces used by people with physical disabilities: A systematic review. *Assistive Technology*, 30(3), 151–163. DOI: 10.1080/10400435.2017.1291544. — 39 Studien; Tastatur 12,5, Bildschirmtastatur mit Zeiger 4,2, mit Scanning 1,7, Ein-Taster-Buchstaben 1,27, Sprache 15,4 Wörter/min (Zahlen aus der RESNA-2017-Fassung).
2. ✓ **Koester, H. H. & Arthanat, S. (2018b).** Effect of diagnosis, body site and experience on text entry rate of individuals with physical disabilities: a systematic review. *Disability and Rehabilitation: Assistive Technology*, 13(3), 312–322. DOI: 10.1080/17483107.2017.1369588. — 248 Personen; beide Hände 17,7 vs. Kopf 2,9 Wörter/min; Erfahrungsgrad ohne Effekt.
3. ✓ **Koester, H. H., Koch Fager, S., Gormley, J., Jakobs, E., Johnsen, K. & Brumberg, J. S. (2025).** Supporting effective alternative access for individuals with complex communication needs and severe motor impairments: State of the science. *Augmentative and Alternative Communication*, 41(3), 304–317. DOI: 10.1080/07434618.2025.2499676.
4. ✓✓ **Fager, S. K., Fried-Oken, M., Jakobs, T. & Beukelman, D. R. (2019).** New and emerging access technologies for adults with complex communication needs and severe motor impairments: State of the science. *Augmentative and Alternative Communication*, 35(1), 13–25. DOI: 10.1080/07434618.2018.1556730. — Einzelfall Blick allein 63 % vs. Blick + Taster 91 %; Scanning als ermüdend.
5. ✓ **Gosnell, J., Costello, J. & Shane, H. (2011).** Using a clinical approach to answer »What communication apps should we use?«. *Perspectives on Augmentative and Alternative Communication*, 20(3), 87–96. — Feature Matching.
6. ✓ **Hoppenbrouwers, G., Stewart, H. & Kernot, J. (2014).** Assistive technology assessment tools for assessing switch use of children: A systematic review. *Technology and Disability*, 26(2–3), 171–185. DOI: 10.3233/TAD-140405. — Sechs Instrumente, keines ausreichend validiert.
7. ✓ **Davies, T. C., Mudge, S., Ameratunga, S. & Stott, N. S. (2010).** Enabling self-directed computer use for individuals with cerebral palsy: a systematic review. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 52(6), 510–516. — 30 Arbeiten, 24 mit unter zehn Teilnehmenden.
8. ✓ **Jacob, R. J. K. (1991).** The use of eye movements in human-computer interaction techniques: What you look at is what you get. *ACM Transactions on Information Systems*, 9(2), 152–169. — Midas-Touch-Problem.
9. ✓ **Biswas, P. & Langdon, P. (2015).** Multimodal intelligent eye-gaze tracking system. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 31(4), 277–294. — Blick + Joystick schneller als Einzelgeräte.

Augensteuerung

1. ✓✓ **Majaranta, P., Ahola, U.-K. & Špakov, O. (2009).** Fast gaze typing with an adjustable dwell time. *CHI 2009*, 357–360. DOI: 10.1145/1518701.1518758. — 11 Novizen, 10 Sitzungen: 6,9 → 19,9 Wörter/min; Verweilzeit 876 → 282 ms; Fehler 1,28 → 0,36 %.
2. ✓✓ **Majaranta, P., MacKenzie, I. S., Aula, A. & Räihä, K.-J. (2006).** Effects of feedback and dwell time on eye typing speed and accuracy. *Universal Access in the Information Society*, 5(2), 199–208. DOI: 10.1007/s10209-006-0034-z. — Drei Experimente zur Rückmeldung: Klick-Ton schlägt rein visuelle Rückmeldung (7,55 vs. 7,12 Wörter/min, halb so viele Kontrollblicke); schrumpfender Buchstabe senkt vorzeitiges Wegblicken um 59 %; bei 450 ms stört zusätzliche Fokusanzeige; sechs Gestaltungsregeln. 900 ms → 6,97, 450 ms → 9,89 Wörter/min; Obergrenze 1/Verweilzeit.
3. ✓ **Majaranta, P. & Räihä, K.-J. (2002).** Twenty years of eye typing: systems and design issues. *ETRA 2002*, 15–22. — Übersicht; Novizenwerte 450–1000 ms, 5–10 Wörter/min.
4. ✓ **Burnham, S. P. L., Bonar, S., Collins, M. L. & Davies, T. C. (2025).** Dynamic dwell time systems: a systematic review and meta-analyses. *Human–Computer Interaction*, 41(5), 320–344. DOI: 10.1080/07370024.2025.2497236. — 12 Studien; dynamische Verweilzeit besser nutzbar.
5. ✓ **Kurauchi, A., Feng, W., Joshi, A., Morimoto, C. & Betke, M. (2016).** EyeSwipe: Dwell-free text entry using gaze paths. *CHI 2016*, 1952–1956. — 11,7 Wörter/min nach 30 min.
6. ✓✓ **Penkar, A. M., Lutteroth, C. & Weber, G. (2012).** Designing for the eye — Design parameters for dwell in gaze interaction. *OzCHI 2012*. — Label außerhalb des Ziels senkt Midas Touch; dann große Ziele mit 0,2 s Verweilzeit am genauesten, mit innenliegendem Label etwa 1,0 s.
7. ✓ **Borgestig, M., Sandqvist, J., Parsons, R., Falkmer, T. & Hemmingsson, H. (2016).** Eye gaze performance for children with severe physical impairments using gaze-based assistive technology — A longitudinal study. *Assistive Technology*, 28(2), 93–102. DOI: 10.1080/10400435.2015.1092182. — 10 Kinder, 15–20 Monate; Zeit pro Auswahl nach 5 Monaten, Genauigkeit erst am Ende verbessert.
8. ✓ **Hemmingsson, H. & Borgestig, M. (2020).** Usability of eye-gaze controlled computers in Sweden: A total population survey. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(5), 1639. — 171 Nutzende, 63 % tägliche Nutzung.
9. ✓ **Karlsson, P., Griffiths, T., Clarke, M. T. u. a. (2021).** Stakeholder consensus for decision making in eye-gaze control technology for children, adolescents and adults with cerebral palsy service provision: findings from a Delphi study. *BMC Neurology*, 21, 63. — 94 Konsensaussagen.
10. ✓ **Townend, G. S., Bartolotta, T. E., Urbanowicz, A., Wandin, H. & Curfs, L. M. G. (2020).** Development of consensus-based guidelines for managing communication of individuals with Rett syndrome. *Augmentative and Alternative Communication*, 36(2), 71–81. DOI: 10.1080/07434618.2020.1785009. — 650 Beteiligte, 43 Länder.
11. ✓ **Spataro, R., Ciriacono, M., Manno, C. & La Bella, V. (2014).** The eye-tracking computer device for communication in amyotrophic lateral sclerosis. *Acta Neurologica Scandinavica*, 130(1), 40–45. — 30 Personen, Median 300 min/Tag; 7 geringe Nutzung, meist Augenermüdung.
12. ✓ **Caligari, M., Godi, M., Guglielmetti, S., Franchignoni, F. & Nardone, A. (2013).** Eye tracking communication devices in amyotrophic lateral sclerosis: Impact on disability and quality of life. *ALS and Frontotemporal Degeneration*, 14(7–8), 546–552.

13. ✓ **Clemotte, A., Velasco, M., Torricelli, D., Raya, R. & Ceres, R. (2014).** Accuracy and precision of the Tobii X2-30 eye-tracking under non ideal conditions. *NEUROTECHNIX 2014*, 111–116. — Genauigkeit 2,46°, Präzision 1,91°.
14. ✓ **Griffiths, T., Clarke, M. T. & Swettenham, J. (2025).** Assessment of gaze fixations and shifts in children with cerebral palsy. *Journal of Clinical Medicine*, 14(7), 2326. — 6 von 39 nicht kalibrierbar; Fixation 81 % real vs. 30 % am Tracker.
15. ✓ **Gizatdinova, Y., Špakov, O., Tuisku, O., Turk, M. & Surakka, V. (2023).** Vision-based interfaces for character-based text entry: Comparing head and gaze pointing. *Advances in Human-Computer Interaction*, 2023, 8855764. — Blick schneller, Kopf genauer.
16. ✓✓ **Papoutsaki, A., Sangkloy, P., Laskey, J., Daskalova, N., Huang, J. & Hays, J. (2016).** WebGazer: Scalable webcam eye tracking using user interactions. *IJCAI 2016*, 3839–3845. — Laborfehler ≈ 4,17° Sehwinkel.

Scanning und Taster

1. ✓ **Koester, H. H. & Simpson, R. C. (2014).** Method for enhancing text entry rate with single-switch scanning. *Journal of Rehabilitation Research and Development*, 51(6), 995–1012. DOI: 10.1682/JRRD.2013.09.0201. — 9 Nutzende; 1,42 → 2,72 Wörter/min, alle ≥ 40 %.
2. ✓✓ **Koester, H. H. & Simpson, R. C. (2019).** Effectiveness and usability of Scanning Wizard software: a tool for enhancing switch scanning. *Disability and Rehabilitation: Assistive Technology*, 14(2), 161–171. — 5 Nutzende, +71 %.
3. ✓ **Simpson, R., Koester, H. H. & LoPresti, E. (2007).** Selecting an appropriate scan rate: The ».65 rule«. *Assistive Technology*, 19(2), 51–60. — Existenz und Titel geprüft; Regelinhalt nach meiner Lesart (?).
4. ✓ **Angelo, J. (1992).** Comparison of three computer scanning modes as an interface method for persons with cerebral palsy. *American Journal of Occupational Therapy*, 46(3), 217–222. — Spastik: Schwierigkeiten mit automatischem, Athetose: mit Schritt-Scanning.
5. ✓ **Petersen, K., Reichle, J. & Johnston, S. S. (2000).** Examining preschoolers' performance in linear and row-column scanning techniques. *Augmentative and Alternative Communication*, 16(1), 27–36.
6. ✓ **Dropik, P. L. & Reichle, J. (2008).** Comparison of accuracy and efficiency of directed scanning and group-item scanning for augmentative communication selection. *American Journal of Speech-Language Pathology*, 17(1), 35–47.
7. ✓ **McCarthy, J., Light, J., Drager, K. u. a. (2006).** Re-designing scanning to reduce learning demands: The performance of typically developing 2-year-olds. *Augmentative and Alternative Communication*, 22(4), 269–283. — Traditionell 20 %, »enhanced« 22 → 48 %.
8. ✓ **Wagner, B. T. & Jackson, H. M. (2006).** Developmental memory capacity resources of typical children retrieving picture communication symbols using direct selection and visual linear scanning with fixed communication displays. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 49(1), 113–126.
9. ✓ **Lesher, G. W., Moulton, B. J. & Higginbotham, D. J. (1998).** Techniques for augmenting scanning communication. *Augmentative and Alternative Communication*, 14(2), 81–101. — Bis 40,5 % Tasterersparnis.

10. ✓✓ **Roark, B., de Villiers, J., Gibbons, C. & Fried-Oken, M. (2010).** Scanning methods and language modeling for binary switch typing. *NAACL-HLT Workshop on Speech and Language Processing for Assistive Technologies*, 28–36.
11. ✓ **Roark, B., Fried-Oken, M. & Gibbons, C. (2015).** Huffman and linear scanning methods with statistical language models. *Augmentative and Alternative Communication*, 31(1), 37–50.
12. ✓ **Broderick, T. & MacKay, D. J. C. (2009).** Fast and flexible selection with a single switch. *PLoS ONE*, 4(10), e7481. — Nomon 35 % schneller als Zeile–Spalte. **Bonaker, N., Nel, E.-M., Vertanen, K. & Broderick, T. (2023).** A usability study of Nomon. *ASSETS 2023*. — 6 von 7 bevorzugten Nomon.
13. ✓ **Leung, B. & Chau, T. (2014).** Autonomic responses to correct outcomes and interaction errors during single-switch scanning among children with severe spastic quadriplegic cerebral palsy. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, 11, 34. — Sensitivität 83–93 %, Spezifität 90–92 %.
14. ✓ **Nel, E.-M., Kristensson, P. O. & MacKay, D. (2017).** Modelling noise-resilient single-switch scanning systems. arXiv:1712.10073. — Timing- vs. Taster-Rauschen.
15. ✓ **Mariano, D. T. G. u. a. (2020).** Recovery delay with visual feedback to reduce errors in single-switch scanning keyboards. *IRBM*. DOI: 10.1016/j.irbm.2020.10.003.
16. ✓ **Judge, S. (2025).** Exploring electromyography for assistive technology: a dry sensor EMG switch. *Disability and Rehabilitation: Assistive Technology*, 20(7), 2315–2326. — Weniger anstrengend, mehr Fehlauslösungen.
17. ✓ **ACE Centre.** Framework for Switch Assessment (kostenloses Rahmenwerk). https://acecentre.org.uk/

Berührung und Zielgröße

1. ✓ **Fitts, P. M. (1954).** The information capacity of the human motor system in controlling the amplitude of movement. *Journal of Experimental Psychology*, 47(6), 381–391.
2. ✓ **Parhi, P., Karlson, A. K. & Bederson, B. B. (2006).** Target size study for one-handed thumb use on small touchscreen devices. *MobileHCI 2006*, 203–210. — 9,2 / 9,6 mm.
3. ✓ **Trewin, S., Swart, C. & Pettick, D. (2013).** Physical accessibility of touchscreen smartphones. *ASSETS 2013*, Art. 19. — 16 Personen mit motorischer Beeinträchtigung; Prozentwerte (?).
4. ✓ **Mott, M. E., Vatavu, R.-D., Kane, S. K. & Wobbrock, J. O. (2016).** Smart Touch: Improving touch accuracy for people with motor impairments with template matching. *CHI 2016*, 1934–1946. — Vorhersage > 3× näher am Ziel.
5. ✓ **Mott, M. E. & Wobbrock, J. O. (2019).** Cluster Touch: Improving touch accuracy on smartphones for people with motor and situational impairments. *CHI 2019*, Paper 27. — +14,65 % mit 20 Trainingsberührungen.
6. ✓ **Bertucco, M. & Sanger, T. D. (2018).** A model to estimate the optimal layout for assistive communication touchscreen devices in children with dyskinetic cerebral palsy. *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering*, 26(7), 1371–1380.

7. ✓ **McCormack, D. J. (1990).** The effects of keyguard use and pelvic positioning on typing speed and accuracy in a boy with cerebral palsy. *American Journal of Occupational Therapy*, 44(4), 312–315.
8. ✓ **Dukhovny, E. & Zhou, Y. (2016).** Effects of icon size and location on speed and accuracy of SGD access. *Augmentative and Alternative Communication*, 32(4), 241–248. — Lage schlägt Größe fürs motorische Lernen.

Zeigegeräte, Kopfmaus, Kamera

1. ✓ **Trewin, S. & Pain, H. (1999).** Keyboard and mouse errors due to motor disabilities. *International Journal of Human-Computer Studies*, 50(2), 109–144. — Sechs Fehlerklassen; Zeigen und Ziehen am stärksten betroffen.
2. ✓ **Trewin, S. & Pain, H. (1998).** A model of keyboard configuration requirements. *ASSETS 1998*, 173–181.
3. ✓ **Hwang, F., Keates, S., Langdon, P. & Clarkson, J. (2004).** Mouse movements of motion-impaired users: a submovement analysis. *ASSETS 2004*, 102–109. — Bis 5× mehr Teilbewegungen.
4. ✓ **Wobbrock, J. O. & Gajos, K. Z. (2008).** Goal crossing with mice and trackballs for people with motor impairments: Performance, submovements, and design directions. *ACM Transactions on Accessible Computing*, 1(1), Art. 4. — Durchsatz 2,88 vs. 2,34 bit/s; Fehler 6,23 vs. 1,94 %.
5. ✓ **Betke, M., Gips, J. & Fleming, P. (2002).** The Camera Mouse: Visual tracking of body features to provide computer access for people with severe disabilities. *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering*, 10(1), 1–10. — 9 von 12 erfolgreich.
6. ✓ **Google (2025).** MediaPipe Hand Landmarker — Dokumentation. — 21 Landmarks, Latenz 12–17 ms; keine Genauigkeitsangaben.

Tastatur und Wortvorhersage

1. ✓ **Koester, H. H. & Levine, S. P. (1996).** Effect of a word prediction feature on user performance. *Augmentative and Alternative Communication*, 12(3), 155–168. — Rate bei hoher Querschnittlähmung gesenkt.
2. ✓ **Koester, H. H. & Levine, S. P. (1994).** Learning and performance of able-bodied individuals using scanning systems with and without word prediction. *Assistive Technology*, 6(1), 42–53. — Kein signifikanter Gewinn.
3. ✓ **Trnka, K., McCaw, J., Yarrington, D., McCoy, K. F. & Pennington, C. A. (2009).** User interaction with word prediction: The effects of prediction quality. *ACM Transactions on Accessible Computing*, 1(3), Art. 17. — +58,6 % Kommunikationsrate bei guter Vorhersage.
4. ✓ **Higginbotham, D. J. (1992).** Evaluation of keystroke savings across five assistive communication technologies. *Augmentative and Alternative Communication*, 8(4), 258–272.

Sprache und Hirn-Computer-Schnittstellen

1. ✓ **De Russis, L. & Corno, F. (2019).** On the impact of dysarthric speech on contemporary ASR cloud platforms. *Journal of Reliable Intelligent Environments*, 5(3), 163–172. — Wortfehlerraten (?).

2. ✓ **Vansteensel, M. J. u. a. (2016).** Fully implanted brain–computer interface in a locked-in patient with ALS. *New England Journal of Medicine*, 375(21), 2060–2066. **Vansteensel, M. J. u. a. (2024).** Longevity of a brain–computer interface for amyotrophic lateral sclerosis. *New England Journal of Medicine*, 391(7), 619–626.
3. ✓ **Willett, F. R., Avansino, D. T., Hochberg, L. R., Henderson, J. M. & Shenoy, K. V. (2021).** High-performance brain-to-text communication via handwriting. *Nature*, 593, 249–254. — 90 Zeichen/min.
4. ✓ **Willett, F. R. u. a. (2023).** A high-performance speech neuroprosthesis. *Nature*, 620, 1031–1036. — 62 Wörter/min. **Metzger, S. L. u. a. (2023).** A high-performance neuroprosthesis for speech decoding and avatar control. *Nature*, 620, 1037–1046. — Median 78 Wörter/min.
5. ✓ **Wolpaw, J. R. u. a. (2018).** Independent home use of a brain-computer interface by people with amyotrophic lateral sclerosis. *Neurology*, 91(3), e258–e267. — 14 von 42 unabhängige Nutzung; 2,9 Auswahlen/min.
6. ✓ **Candrea, D. N. u. a. (2024).** A click-based electrocorticographic brain-computer interface enables long-term high-performance switch scan spelling. *Communications Medicine*, 4, 207. — Klick-Schnittstelle als Scanning-Taster über 90 Tage.

Rückmeldung und Hervorhebung

1. ✓✓ **Majaranta, P., Isokoski, P., Rantala, J., Špakov, O., Akkil, D., Kangas, J. & Raisamo, R. (2016).** Haptic feedback in eye typing. *Journal of Eye Movement Research*, 9(1), 3. DOI: 10.16910/jemr.9.1.3. — Klick, Vibration, visuelles Blitzen als Bestätigung; nach drei Sitzungen visuell signifikant langsamer (10,5 vs. 11,8/11,3 Wörter/min) und fehlerreicher (2,1 vs. 1,1/0,9 %); Präferenz Ton 75 %, Haptik 25 %, visuell 0 %; Klick 15 ms genügt, visuelles Signal ≥ 100 ms.
2. ✓✓ **Fernandez, M., Mathis, F. & Khamis, M. (2020).** GazeWheels: Comparing dwell-time feedback and methods for gaze input. *NordiCHI 2020*. DOI: 10.1145/3419249.3420122. — 19 Teilnehmende; zurücksetzender Ring am fehlerärmsten, pausierender bei ≥ 800 ms schneller; Ort der Anzeige (am Ziel vs. Bildschirmrand) ohne signifikanten Effekt.
3. ✓✓ **Brewster, S. A., Räty, V.-P. & Kortekangas, A. (1996).** Enhancing scanning input with non-speech sounds. *ASSETS 1996*, 10–14. DOI: 10.1145/228347.228350. — Töne je Zeile und Element stützen den Rhythmus des Scannens; Rhythmuswahrnehmung bricht bei Pausen über ≈ 1,8 s ab. Entwurfsarbeit, informell mit einem Kind erprobt.
4. ✓ **McCarthy, J. W. & Boster, J. B. (2018).** A comparison of the performance of 2.5 to 3.5-year-old children without disabilities using animated and cursor-based scanning in a contextual scene. *Assistive Technology*, 30(4), 183–190. DOI: 10.1080/10400435.2017.1307883. — Lerngewinn nur bei funktionaler Animation, nicht beim Umriss-Cursor.
5. ✓ **Birch, J. (2012).** Worldwide prevalence of red-green color deficiency. *Journal of the Optical Society of America A*, 29(3), 313–320. DOI: 10.1364/JOSAA.29.000313. — Männer europäischer Herkunft ≈ 8 %, Frauen ≈ 0,4 %.
6. ✓ **Thistle, J. J. & Wilkinson, K. (2017).** Effects of background color and symbol arrangement cues on construction of multi-symbol messages by young children without disabilities. *Augmentative and Alternative Communication*, 33(3), 160–169. DOI: 10.1080/07434618.2017.1336571. — 52 Kinder; Anordnung nach Wortart schneller; weißer Hintergrund tendenziell schneller als farbiger.

7. ✓ **Wilkinson, K. M., O'Neill, T. & McIlvane, W. J. (2014).** Eye-tracking measures reveal how changes in the design of aided AAC displays influence the efficiency of locating symbols by school-age children without disabilities. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 57(2), 455–466. DOI: 10.1044/2013_JSLHR-L-12-0159. — Verstreute gleichfarbige Symbole verlängern die Suche und ziehen Fixationen auf Distraktoren.
8. ✓ **W3C (2023).** WCAG 2.2 — Erfolgskriterien 1.4.1 Use of Color, 1.4.11 Non-text Contrast (3:1 für Bedienzustände), 2.3.1 Three Flashes or Below Threshold, 2.3.3 Animation from Interactions. https://www.w3.org/WAI/WCAG22/Understanding/
9. (?) **Roman-Lantzy, C. (2018).** Cortical Visual Impairment: An Approach to Assessment and Intervention. 2. Aufl. Louisville: APH Press. — Farbpräferenz (oft Rot oder Gelb), Bewegung als Aufmerksamkeitsreiz, visuelle Komplexität; Buchtext nicht gelesen, Merkmale über Sekundärquellen; Farbverteilung nur als Sekundärzahl überliefert.

Hausinterne Texte dieser Reihe

1. ✓ **Tiedemann, L. (2026).** Ein Raster hat drei Größen. AssistUK-Grundlagentext. — Feldgröße, Trefferstreuung, Zielgröße des Rasters.
2. ✓ **Tiedemann, L. (2026).** Vom Zugriff zum Vokabular. AssistUK-Grundlagentext. — Eckwerte Feldgrößen und Verweilzeiten; Schritt-Scanning bei Cerebralparese.
3. ✓ **Tiedemann, L. (2026).** Das Feld bestimmt das Raster. AssistUK-Grundlagentext. — Anatomie des Feldes, Textposition.
4. ✓ **Tiedemann, L. (2026).** Die Landkarten der Einschätzung. AssistUK-Grundlagentext. — Partizipationsmodell, Instrumente.
5. ✓ **Tiedemann, L. (2026).** Sehen ist nicht gleich Erkennen. AssistUK-Grundlagentext. — Gestaltungsregeln bei zerebraler Sehbeeinträchtigung, die den hier beschriebenen vorgehen.

Die Szenenbilder dieses Textes sind KI-erzeugt (Gemini) nach Vorgabe und Prüfung des Autors; die Bildschirm-Schaubilder sind eigene Zeichnungen. Die fachliche Position, Auswahl und Verantwortung liegen bei mir. — L. T.