

Amblyopie: Lesegeschwindigkeit im Vergleich zur Sehschärfe für Gitter, Einzel-Landolt-Cs und Reihen-Landolt-Cs

M. Bach, P. Strahl, S. Waltenspiel und G. Kommerell

Abteilung Neuroophthalmologie und Schielbehandlung (Direktor: Prof. Dr. G. Kommerell), Universitäts-Augenklinik, Killianstraße 5, W-7800 Freiburg i.Br., Bundesrepublik Deutschland

Amblyopia: reading speed in relation to visual acuity for grating, single Landolt Cs, and crowded Landolt Cs

Zusammenfassung. Es wäre wünschenswert, wenn man bei der Amblyopiebehandlung bereits im Vorschulalter eine Aussage über die spätere Lesefähigkeit machen könnte. Dies mag mit Hilfe eines Sehschärfentests gelingen, dessen Ergebnis mit der Leseleistung im Erwachsenenalter korreliert. Unter dieser Vorstellung wurden bei 18 schielamblyopen Erwachsenen folgende Messungen vorgenommen: 1. Lesegeschwindigkeit mit standardisiertem Text in jeweils ausreichender Vergrößerung (die Versuchsperson wählte die für sie optimale Vergrößerung aus 3 Möglichkeiten aus), 2. Sehschärfe für Rechteckgitter, 3. Sehschärfe für Einzeloptotypen (Landolt-C), 4. Sehschärfe für Reihenoptotypen (Landolt-C, beidseits in 2,6' Abstand, flankiert von je 2 geschlossenen Ringen). Der Grad der Beeinträchtigung des amblyopen Auges wurde durch den Quotienten zum normalen Partnerauge definiert. Außerdem wurde die Differenz der Zeiten gebildet, die für das Lesen der 10 Zeilen mit dem amblyopen und mit dem gesunden Partnerauge benötigt wurden. Ergebnisse: 1. Bei keinem der 3 Sehschärfentests korrelierten die Ergebnisse eng mit der Lesegeschwindigkeit. 2. Bei niedriger Gittersehschärfe war die Lesegeschwindigkeit immer gering, bei hoher Gittersehschärfe streute die Lesegeschwindigkeit zwischen hoch und gering. 3. Die Sehschärfe für Einzel-Landolt-Cs zeigte eine schwache Korrelation zur Lesegeschwindigkeit. 4. Bei hoher Sehschärfe für Reihen-Landolt-Cs fanden wir stets eine hohe Lesegeschwindigkeit; bei niedriger Sehschärfe für Reihen-Landolt-Cs fanden wir sowohl niedrige, als auch hohe Lesegeschwindigkeiten. Überträgt man die an Leseerfahrenen gewonnenen Ergebnisse auf Vorschulkinder, so erscheinen folgende prognostische Schlüsse begründet: Ist es bei einer Amblyopiebehandlung gelungen, eine hohe Reihensehschärfe zu erzielen, so kann man für die Zukunft auch gute Leseleistung erwarten. Bei niedriger Reihensehschärfe ist die Aussage jedoch nicht eindeutig: Trotz angemessener Vergrößerung des Textes kann die Leseleistung schlecht, jedoch auch gut sein.

Schlüsselwörter: Amblyopie – Sehschärfe – Lesen – Trennschwierigkeit

Summary. In the treatment of amblyopia in preschool children, a means of predicting later reading ability would be helpful. This prediction might be possible using a test for visual acuity where the results correlate with reading ability in adult patients with amblyopia. We measured the following four parameters in 18 experienced readers with strabismic amblyopia: (1) time spent reading ten lines of a standard text in one of three magnifications, (2) visual acuity for gratings, (3) visual acuity for single Landolt Cs, and (4) visual acuity for crowded Landolt Cs (one Landolt C flanked by two full rings on each side each at a distance of 2.6 min of arc). The reading text was presented on paper at a distance of 40 cm; the subject had a choice of three magnifications. The acuity tests were generated by a computer on a VDU at 4.6 m. The relative impairment of the amblyopic eye was defined as the quotient between the performance of the amblyopic and the good eye. In addition, the difference between the times spent reading the ten lines with the amblyopic and with the good eye was calculated. The results were as follows: (1) in none of the three visual acuity tests was a close correlation to the reading speed found; (2) in cases of low grating acuity, reading was always slow; in cases of high grating acuity, reading was either slow or fast; (3) the visual acuity for single Landolt Cs showed a weak correlation to the reading speed; (4) cases of high visual acuity for crowded Landolt Cs were always associated with fast reading; cases of low visual acuity for crowded Landolt Cs were associated either with slow or fast reading. Applying these results from experienced readers to preschool children, we can draw the following prognostic conclusion. If high visual acuity for crowded letters has been achieved in the treatment of amblyopia, a good reading ability can be expected. However, if there is low visual acuity for crowded letters, the prediction is ambiguous, and even when optimal magnification is provided, reading may be either slow or fast.

Key words: Amblyopia – Visual acuity – Reading – Crowding

Wenn wir eine Amblyopie behandeln, so wollen wir den Patienten für den Fall vorbereiten, daß er einmal auf sein amblyopes Auge allein angewiesen ist. Von besonderer Bedeutung würde in diesem Fall seine Leseleistung sein [5, 6]. Im Vorschulalter, also in der entscheidenden Phase der Amblyopiebehandlung, kann man leider nicht direkt feststellen, wie die spätere Leseleistung sein wird. Wünschenswert wäre daher ein Test, mit dessen Hilfe die Leseleistung bereits im frühen Kindesalter vorausgesagt werden kann. Eine solche prognostische Aussage kann von Tests erwartet werden, die bei älteren Amblyopen eine hohe Korrelation zur Leseleistung aufweisen. Hinsichtlich dieser Korrelation haben wir 3 verschiedene Sehschärfentests geprüft. Wir verglichen die Leseleistung mit der Sehschärfe für Gitter, Einzel-Landolt-Cs und Reihen-Landolt-Cs.

Für einen Patienten, der auf sein amblyopes Auge angewiesen ist, kommt es nicht so sehr darauf an, sehr feinen Druck entziffern zu können; wichtiger für ihn ist, flüssig lesen zu können, notfalls unter Vergrößerung des Textes. Daher wählten wir als Parameter für die Leseleistung die Geschwindigkeit des Lesens, wobei der Patient die für ihn günstigste Vergrößerung des Textes wählen durfte.

Methodik

Probanden

Es wurden 18 leseerfahrene Patienten mit Schielamblyopie im Alter zwischen 11 und 37 Jahren (Durchschnitt 20,3 Jahre) untersucht. Die Diagnose der Schielamblyopie war auf Grund des Fixationsverhaltens gestellt worden: Alle Patienten benützten stets das gute Partnerauge zur Fixation; bei der Prüfung mit dem Visuskopstern stellten sie mit dem amblyopen Auge die Fovea centralis oder parafoveale Bereiche ein. Die Sehschärfe des amblyopen Auges betrug mindestens 0,18 bei Prüfung mit einzeln stehenden Landolt-Cs.

Lesen

Dem Probanden wurde in 40 cm Entfernung ein Standard-Text [5] von 10 Zeilen in 3 verschiedenen Vergrößerungen gezeigt, etwa den Visuswerten 0,1, 0,2 und 0,4 entsprechend. Unter diesen Vergrößerungen hatte er die für sein amblyopes Auge günstigste auszuwählen und mußte dann zur Probe binokular vorlesen. Darauf wurde ihm ein zweiter Text vorgelegt, den er mit seinem rechten Auge (unabhängig davon, ob es sein amblyopes war oder nicht) möglichst schnell und fehlerfrei vorlesen sollte. Anschließend sollte er einen dritten Text gleicher Schwierigkeit mit dem linken Auge vorlesen. Der Untersucher stoppte die für 10 Zeilen benötigte Zeit.

Als *relative Lesegeschwindigkeit* des amblyopen Auges definierten wir den Quotienten zwischen der Lesegeschwindigkeit des amblyopen zu der des normalen Partnerauges. Las der Patient mit seinem amblyopen Auge z.B. halb so schnell wie mit seinem guten Auge, so betrug die relative Lesegeschwindigkeit 50%. Entsprechend wurde auch die relative Sehschärfe des amblyopen Auges für Gitter, Einzel-Landolt-Cs und Reihen-Landolt-Cs definiert. Durch Bildung des Quotienten verglichen wir das amblyope mit dem Partnerauge, und man kann annehmen, daß dadurch andere Eigenschaften des Probanden, wie Wachheit und Begabung, nicht allzusehr ins Gewicht fielen.

Um die durch Amblyopie verursachte Herabsetzung der Lesegeschwindigkeit möglichst spezifisch zu erfassen, wählten wir neben dem Quotienten als zweiten Parameter auch noch die *Differenz der Lesezeiten*, die für 10 Zeilen mit dem amblyopen und mit dem normalen Partnerauge gebraucht wurden. Dabei gingen wir von der Hypothese aus, daß sich die Lesezeit aus der Summe von 3 Komponenten zusammensetzt: der Informationsübertragung vom Auge zum Gehirn, der

kognitiven Verarbeitung und der motorischen Sprachproduktion. Bei Amblyopie ist anzunehmen, daß nur die erste Komponente verlängert ist. Diese Verlängerung läßt sich isolieren, wenn man die Differenz der Lesezeit des amblyopen und der des normalen Partnerauges bildet. Der Quotient hat den Nachteil, daß er auch die beiden anderen Komponenten enthält; deshalb wird sich bei Probanden, die sehr viel Zeit für die kognitive Verarbeitung benötigen, selbst eine hochgradige Amblyopie im Quotienten nur wenig ausdrücken.

Sehschärfe

Die Sehzeichen wurden von einem Rechner generiert und auf einem hochauflösenden Bildschirm von $3^\circ \times 2,3^\circ$ in 4,6 m Entfernung dargeboten; die Größe eines Pixels entsprach $10'' \times 13''$. Bei der Prüfung der Gittersehschärfe wurden 4 quadratische Felder mit einer Kantenlänge von 10 cm gezeigt, je eines oben, unten, rechts und links. Nur eines der Felder war als senkrecht Gitter mit scharfen Kontrastkanten strukturiert, die anderen 3 Felder waren homogen mit einer der durchschnittlichen Helligkeit des gestreiften Feldes entsprechenden Helligkeit. In der Mitte der 4 Felder befand sich ein Pfeil, der vom Probanden mit Hilfe eines Drehknopfes auf das gestreifte Feld eingestellt werden sollte.

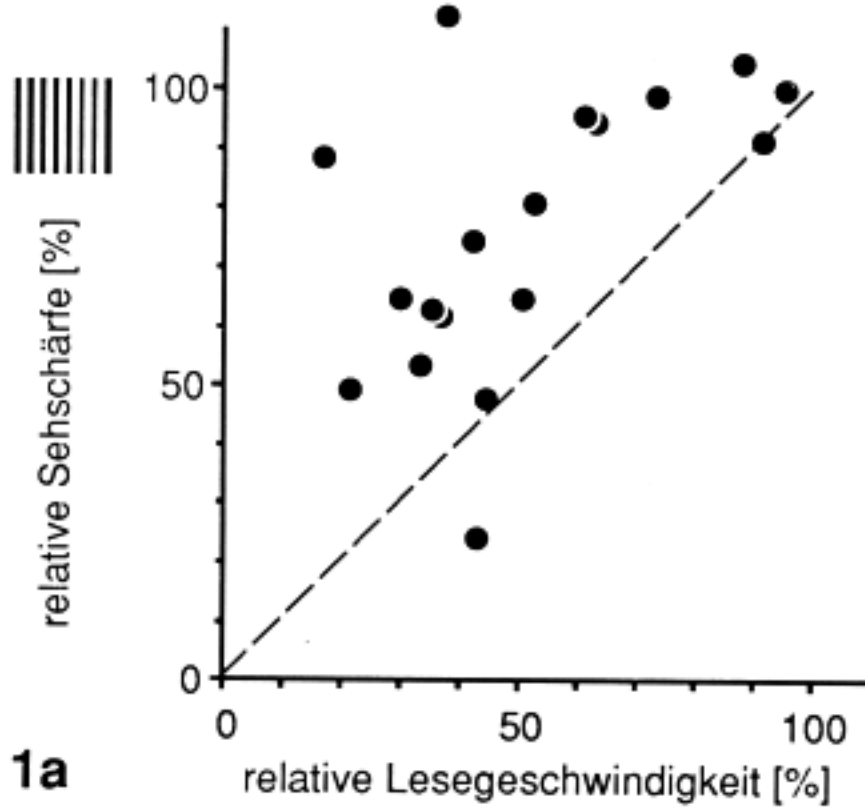
Die Landolt-Cs konnten in 4 verschiedenen Orientierungen dargeboten werden; das kleinste auf dem Bildschirm deutlich darstellbare Landolt-C entsprach einem Visus von 2,2. Der Proband sollte einen von außen auf das Sehzeichen gerichteten Pfeil auf die Lücke einstellen. Um die Trennschwierigkeiten amblyoper Augen zu erfassen, wurde auch die Sehschärfe für Reihen-Landolt-Cs bestimmt. Dabei war ein mittleres C rechts und links von je 2 Vollringen flankiert. Die Vollringe wurden in der gleichen Größe gezeigt wie das C; nach dem Vorschlag von Haase u. Hohmann [2] waren die 5 Sehzeichen durch 2,6' breite Lücken voneinander getrennt.

Wenn der Patient die seiner Meinung nach richtige Position des Gitters bzw. der Lücke im C mit dem Pfeil gekennzeichnet hatte, so sollte er dies durch Knopfdruck kundtun („forced choice“). Darauf wählte der Rechner ein kleineres oder größeres Sehzeichen, je nachdem, ob die Antwort richtig oder falsch gewesen war. Um die Schwelle zu finden, folgte der Rechner dabei der „best-PEST-Strategie“ [parameter estimation by sequential testing, 4], einem modernen, sehr schnellen Standardverfahren zur Bestimmung psychophysischer Schwellen. Als Schwelle wird wie in der DIN 58 220 der Wendepunkt der psychometrischen Funktion unter Berücksichtigung der Ratewahrscheinlichkeit definiert. Die „best-PEST-Strategie“ hat gegenüber der DIN 58 220 den Vorteil, daß man sich der Schwelle nicht nur von einer Seite her nähert (von großen zu kleinen Optotypen), sondern daß die Schwelle eingegabelt wird.

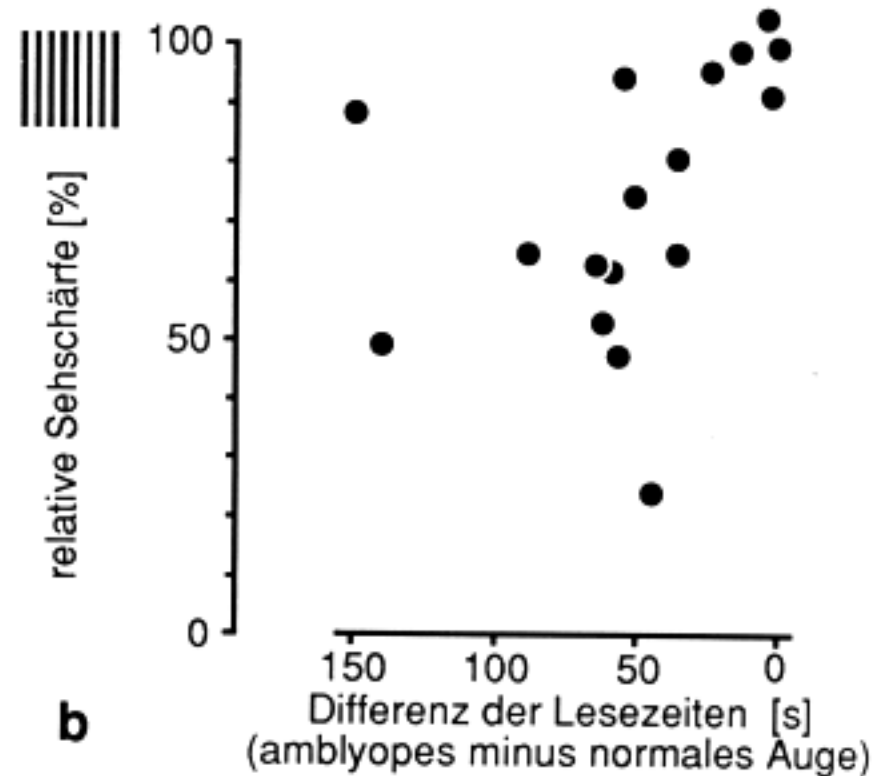
Ergebnisse

Die durch Amblyopie bedingte Herabsetzung der Leseleistung ist in Abb. 1 zur relativen Sehschärfe für Gitter, in Abb. 2 zu der für Einzel-Landolt-Cs und in Abb. 3 zu der für Reihen-Landolt-Cs in Beziehung gesetzt. Als Parameter für die durch Amblyopie bedingte Herabsetzung der Leseleistung wurde im Abbildungsteil a jeweils die relative Lesegeschwindigkeit und im Abbildungsteil b die Differenz der Lesezeiten aufgetragen. Bei der Sehschärfe für Gitter und für Einzel-Landolt-Cs ist eine sehr ausgeprägte Streuung festzustellen. Etwas geringer ist die Streuung bei der Sehschärfe für Reihen-Landolt-Cs. Bei der Sehschärfe für Gitter liegen fast alle Meßpunkte oberhalb der Winkelhalbierenden, bei der Sehschärfe für Reihen-Landolt-Cs unterhalb. Bei der Sehschärfe für Einzel-Landolt-Cs zeigt sich eine symmetrische Streuung.

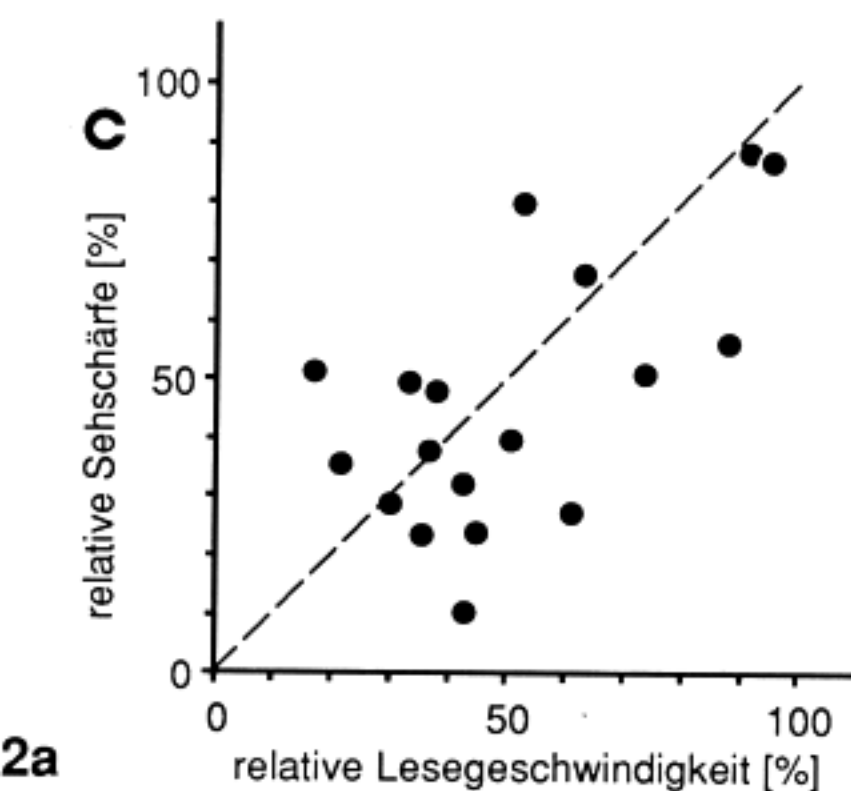
Nicht angemessen wäre es, die Ergebnisse mit Hilfe einer Regressionsgeraden und eines Korrelationskoeffizienten zusammenzufassen. Die Funktionen, welche die Abhängigkeit



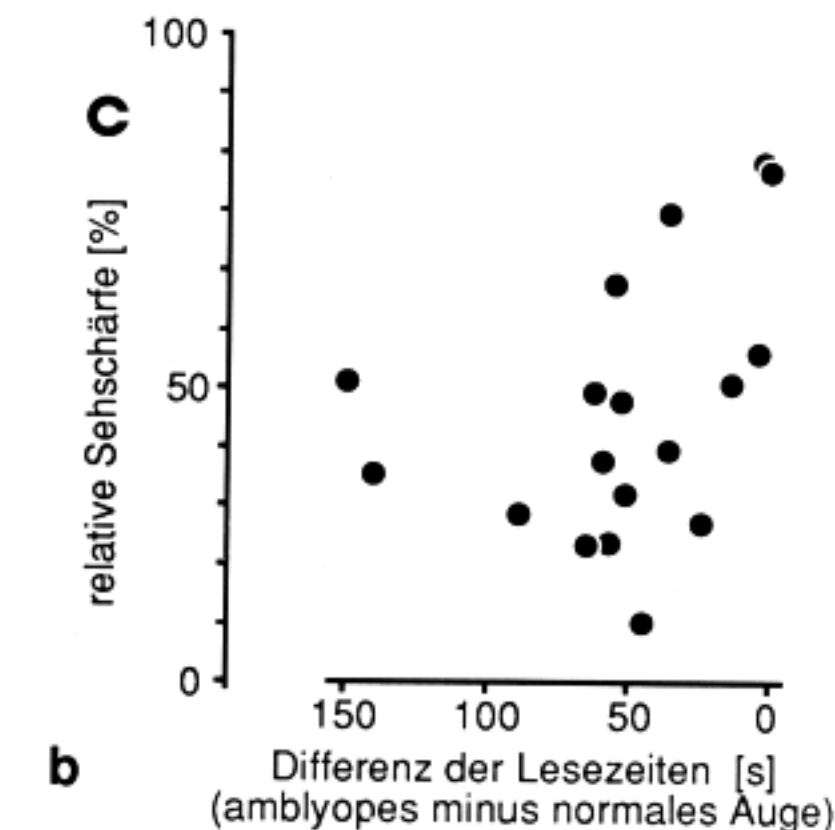
1a



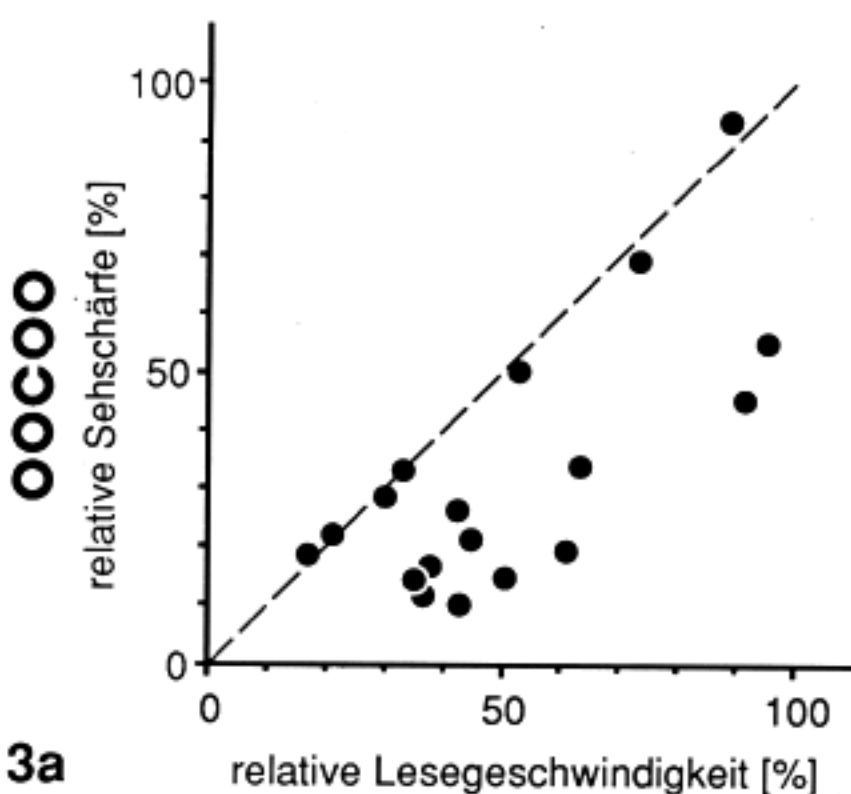
b



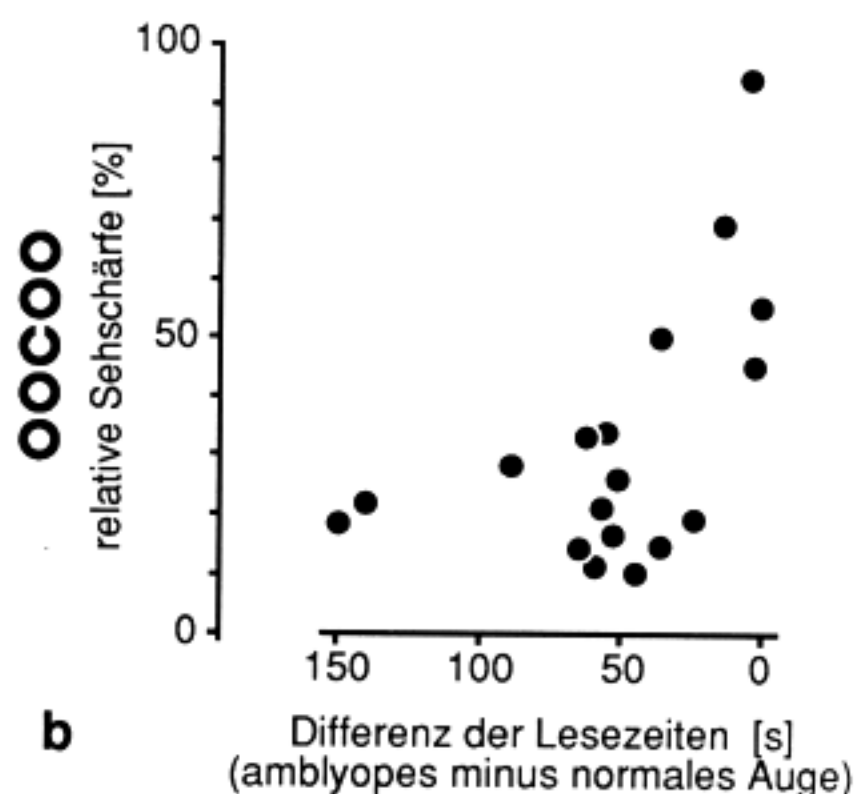
2a



b



3a



b

Abb. 1 a, b. Leseleistung und Sehschärfe für Gitter. Auf der Ordinate ist die relative Sehschärfe (Quotient, Sehschärfe des amblyopen Auges: Sehschärfe des normalen Auges) aufgetragen; jeder Punkt repräsentiert das Augenpaar einer Versuchsperson. In der linken Grafik (a) zeigt die Abszisse die relative Lesegeschwindigkeit (Quotient, Geschwindigkeit des amblyopen Auges: Geschwindigkeit des normalen Auges); gestrichelt ist die Winkelhalbierende eingetragen. In der rechten Grafik (b) zeigt die Abszisse die Differenz der Lesezeiten des amblyopen und des normalen Auges. (a) Es zeigt sich ein unsymmetrischer Zusammenhang zwischen der Gittersehschärfe und Lesegeschwindigkeit, fast alle Punkte liegen deutlich oberhalb der Winkelhalbierenden. Also ist die Lesegeschwindigkeit oft erheblich stärker beeinträchtigt als die Gittersehschärfe. (b) Für die Differenz der Lesezeiten ergibt sich ein ähnliches Bild wie beim Quotienten

Abb. 2 a, b. Leseleistung und Sehschärfe für Einzel-Landolt-Cs. Anordnung wie in Abb. 1. Es zeigt sich nur eine geringe Korrelation zwischen der relativen Sehschärfe für Einzel-Landolt-Cs und der relativen Lesegeschwindigkeit (a) bzw. der Differenz der Lesezeiten (b)

Abb. 3 a, b. Leseleistung und Sehschärfe für Reihen-Landolt-Cs. Anordnung wie in Abb. 1. (a) Es zeigt sich ein unsymmetrischer Zusammenhang zwischen der relativen Sehschärfe für Reihen-Landolt-Cs und der relativen Lesegeschwindigkeit; fast alle Punkte liegen unterhalb der Winkelhalbierenden. Also ist bei hoher Sehschärfe für Reihen-Landolt-Cs immer auch die Lesegeschwindigkeit hoch. (b) Für die Differenz der Lesezeiten ergibt sich ein ähnliches Bild wie beim Quotienten, jedoch mit noch größerer Streuung

der relativen Lesegeschwindigkeit von der relativen Sehschärfe für Gitter (Abb. 1) und der für Reihen-Landolt-Cs (Abb. 3) wiedergeben, könnten nämlich keine Geraden sein: Sie müßten bei einer relativen Sehschärfe von 0 und von 100% auf der Winkelhalbierenden liegen, da man eine beliebig große Zahl fiktiver Probanden hinzurechnen kann, die entweder ein blindes Auge oder 2 gleichwertige Augen haben. Die gemessenen Werte in Abb. 1 liegen aber größtenteils oberhalb, die in Abb. 3 größtenteils unterhalb der Winkelhalbierenden. Die entsprechenden Funktionen könnten also allenfalls gekrümmt verlaufen, in Abb. 1 nach oben, in Abb. 3 nach unten durchgebogen.

Diskussion

Die Ergebnisse zeigen, daß die durch Amblyopie bedingte Herabsetzung der Leseleistung nur sehr schlecht mit der Sehschärfe für Gitter und der für Einzel-Landolt-Cs korreliert.

Dies galt sowohl, wenn die Leseleistung als Quotient der Lesegeschwindigkeiten (Abb. 1-3, a), als auch wenn sie als Differenz der Lesezeiten (Abb. 1-3, b) quantifiziert wurde. Besonders bei Gittern ist auffallend, daß in vielen Fällen mit stark beeinträchtigter Leseleistung des amblyopen Auges doch eine hohe Gittersehschärfe erzielt wurde. Daß die Gittersehschärfe den amblyopietypischen Defekt nicht gut widerspiegelt, zeigte sich auch bei Prüfungen mit „preferential looking“ [3]. Etwas günstiger als Gitter und Einzel-Landolt-Cs schnitten die Reihen-Landolt-Cs ab: Alle Fälle mit guter relativer Sehschärfe zeigten auch eine hohe relative Lesegeschwindigkeit. Bei schlechter relativer Sehschärfe waren die Ergebnisse allerdings nicht einheitlich: Außer Fällen mit niedriger relativer Lesegeschwindigkeit gab es auch solche mit hoher.

Ein ähnliches Ergebnis erzielten Dannheim und Doll ([1] ihre Abb. 5), die ebenfalls die relative Sehschärfe mit der relativen Lesegeschwindigkeit einseitig Amblyoper verglichen. Diese Autoren erlaubten zwar nicht eine Wahl zwischen 3

Textvergrößerungen, der Druck des zu lesenden Textes war aber mit einem Visuswert von ca. 0,25 einigermaßen vergleichbar mit der von uns angebotenen Auswahl von 0,1, 0,2 und 0,4.

Bewußt haben wir als Maß für die Leseleistung nicht die Fähigkeit gewählt, möglichst kleinen Text zu entziffern, sondern die Lesegeschwindigkeit. Die „Sehschärfe für Text“ hätte zwar vermutlich mit der Sehschärfe für Reihen-Landolt-Cs eng korreliert, wie das bereits von Dannheim u. Doll ([1] ihre Abb. 2) gefunden worden war. Ziel unserer Arbeit war jedoch, den praktischen Wert eines amblyopen „Reserveauges“ vorherzusagen, und der hängt nicht so sehr davon ab, ob kleine Schrift entziffert werden kann, als davon, ob das Auge flüssiges Lesen erlaubt – notfalls mit Hilfe optischer oder elektronischer Vergrößerung.

Bei den Reihen-Landolt-Cs war ein mittleres C rechts und links von je 2 Vollringen flankiert. Dem von Haase u. Hohmann [2] eingeführten „C-Test“ folgend hatten wir einen einheitlichen Abstand zwischen den Optotypen von 2,6' gewählt, unabhängig von der Größe der dargebotenen Optotypen. Retrospektiv halten wir es für wahrscheinlich, daß eine engere Korrelation mit der Lesegeschwindigkeit erreicht worden wäre, wenn wir den Abstand zwischen den Optotypen proportional der Optotypengröße gewählt hätten, entsprechend dem ja auch in proportionalen Vergrößerungen vorgelegten Lesetext. Die engere Korrelation hätte z.B. dadurch zustande kommen können, daß die flott lesenden Amblyopen, welche mit dem einheitlichen Abstand von 2,6' nur eine geringe Sehschärfe

erzielten, mit proportionalem Abstand besser abgeschnitten hätten.

Überträgt man unsere an Leseerfahrenen gewonnenen Ergebnisse auf Vorschulkinder, so erscheint folgender prognostischer Schluß begründet: Ist es bei einer Amblyopiebehandlung gelungen, eine gute Reihensehschärfe zu erzielen, so kann man für die Zukunft auch eine gute Leseleistung erwarten. Bei schlechter Reihensehschärfe ist die Aussage jedoch leider nicht eindeutig. Die Leseleistung kann schlecht sein, aber auch gut (wenn für eine Vergrößerung des Textes gesorgt wird).

Literatur

1. Dannheim E, Doll P (1987) Untersuchung der Nahsehschärfe bei Amblyopie. *Z Prakt Augenheilkd* 8:251-254
2. Haase W, Hohmann A (1982) Ein neuer Test (C-Test) zur quantitativen Prüfung der Trennschwierigkeiten („crowding“)-Ergebnisse bei Amblyopie und Ametropie. *Klin Monatsbl Augenheilkd* 180:210-215
3. Katz B, Sireteanu R (1990) The Teller acuity card test – a useful method for the clinical routine? *Clin Vis Sci* (im Druck)
4. Lieberman HR, Pentland AP (1982) Microcomputer-based estimation of psychophysical thresholds: The best PEST. *Behav Res Meth Instrum* 14:21-25
5. Mackensen G (1962) Die Untersuchung der Lesefähigkeit als klinische Funktionsprüfung. *Fortschr Augenheilkd* 12:344-379
6. Zürcher B, Lang J (1980) Reading capacity in cases of 'cured' strabismic amblyopia. *Trans Ophthalmol Soc UK* 100:501-503