



Priv.-Doz. Dr. W. Wesemann,
Köln

Die Grenzen der Sehschärfe, Teil 4:

Wie misst man die Sehschärfe richtig? Regeln und Probleme

In dieser Folge geht es um die praktische Frage, was man bei der Visusbestimmung beachten muss. Außerdem wird beschrieben, welche Art von Fehlern der Untersucher bei der Visusbestimmung machen kann.

Wenn man die Grenzen der menschlichen Sehschärfe betrachten will, muss man sich auch mit der Frage beschäftigen, wie die Sehschärfe richtig gemessen wird, denn das Ergebnis jeder Sehschärfebestimmung hängt nicht nur von der Sehleistung des Prüflings, sondern ganz entscheidend auch von der Art und Weise der Messung ab.

Bei der subjektiven Refraktionsbestimmung ist die Sehschärfe nur ein relatives Maß. Sie zeigt, ob das gewählte Korrektionsmessglas brauchbar ist oder nicht. Der Absolutwert der Sehschärfe spielt bei der Augenglasbestimmung hingegen nur eine untergeordnete Rolle.

Zuverlässige Sehschärfewerte sind aber erforderlich, wenn man Veränderungen des Visus über viele Jahre beurteilen, Ergebnisse verschiedener Untersucher vergleichen oder eine gutachterliche Sehschärfebestimmung durchführen will. Jeder verantwortungsbewusste Untersucher sollte deshalb zumindest zum Abschluss seiner Messungen eine Visusbestimmung nach einem standardisierten Verfahren durchführen. Bei dieser Visusbestimmung muss man sich an die international festgelegten Normen halten und die Messbedingungen möglichst über viele Jahre unverändert lassen.

Zum richtigen Verständnis dürfen die folgenden Begriffe nicht miteinander verwechselt werden:

Sehschärfe / Visus

Mit den Worten „Sehschärfe“ oder „Visus“ wird die Fähigkeit des Menschen zur Wahrnehmung kleiner Optotypen bei Tageslicht bezeichnet (zentrale Tagessehschärfe). Der Zahlenwert der Sehschärfe ist gleich dem Kehrwert der Lückenbreite des kleinsten er-

kennbaren Landoltrings. Die Lückenbreite wird in Winkelminuten gemessen. Die Sehschärfe ist eine sinnesphysiologische Größe.

Sehschärfewert / Visuswert

Die Worte „Sehschärfewert“ und „Visuswert“ kennzeichnen die Größe von Optotypen. Der Sehschärfewert eines Landoltrings ist gleich dem Kehrwert seiner Lückenbreite (in Winkelminuten). Der Sehschärfewert ist gleich dem Wert der Mindestsehschärfe, die man braucht, um die Optotypen zu erkennen. Wichtig: Diesen Sehschärfewert haben die Optotypen auch, wenn sie niemand betrachtet! Es handelt sich also um eine physikalische Größe.

Wie misst man die Sehschärfe nach DIN EN ISO 8596 und 8597 richtig?

Für die Durchführung der Sehschärfeprüfung gilt die deutsche Fassung der internationalen Normen DIN EN ISO 8596 und 8597. Diese haben 1996 die alten Vorschriften DIN 58220 Teil 1 und 2 abgelöst. Im Jahr 1997 wurden daraufhin auch die übrig gebliebenen Teile der DIN 58220 (Teil 3: Prüfung für Gutachten, Teil 5: Allgemeiner Sehtest und Teil 6 Straßenverkehrsbezogener Sehtest) entsprechend der neuen übergeordneten Vorschriften novelliert. In diesen Normen sind die physikalischen Parameter der Sehzeichen und die vorgeschriebene Methodik der Messung festgelegt.

Das Normsehzeichen ist der Landoltring. Er muss in acht Orientierungen angeboten werden¹⁾. Neuerdings sind auch andere Optotypen (zum Beispiel Buchstaben oder Zahlen) zugelassen, wenn diese (durch den Hersteller) nach einer in DIN EN ISO 8597 festgelegten, komplizierten Messprozedur an die Erkennbarkeit des Landoltrings angeschlossen wurden. Die Deutsche Ophthalmologische Gesellschaft gibt dem Landoltring für die gutachterliche Sehschärfebestimmung aber nach wie vor eindeutig den Vorzug und empfiehlt andere, nach DIN angeschlossene Sehzeichen höchstens dann anzuwenden, wenn der Visus mindestens 1,0 beträgt (DOG, 2000).

Die Vorschriften der DIN EN ISO 8596 legen folgende physikalische Parameter fest:

1. den erlaubten Leuchtdichtebereich (80 – 320 cd/m²),
2. die logarithmische Abstufung der Optotypengröße (von einer Stufe zur nächsten verändert sich die Größe der Landoltringe um den Faktor $1,2589 = 10^{\sqrt{10}}$), sowie einige andere Parameter wie zum Beispiel
3. die Größe des Prüffeldes,
4. den gegenseitigen Abstand der Sehzeichen,
5. die notwendige Kantenschärfe der Prüfzeichen und
6. den Mindestabstand zum Prüfling (4 m).

Bei Sehprobentafeln muss der Anwender für eine hinreichend helle und möglichst gleichmäßige Beleuchtung sorgen. Bei Sehzeichenprojektoren ist die Scharfstellung des Projektors wichtig. Beim „Polatest E“ sollten die Augen des Prüflings auf die Höhe des Testfeldes justiert werden. In allen Fällen muss der festgelegte Abstand der Lesestrecke genau eingehalten werden. Die Beachtung aller übrigen Parameter ist Aufgabe des Herstellers.

Die eigentliche Durchführung der Messung fällt naturgemäß ausschließlich in den Zuständigkeitsbereich des Untersuchers. Die einzuhaltenden Regeln sind ausführlich in Tabelle 1 zusammengefasst. Nur wenn diese Regeln genau beachtet werden, misst man die Sehschärfe vorschriftsmäßig.

1) Sehprobentafeln, die den Landoltring nur in 4 Orientierungen anbieten, wie z.B. die Oculus-Tafel SE 145, sind deshalb zur normgerechten Visusbestimmung nicht geeignet.

A) Methodik:	
1. Sehzeichen	Neben dem Landoltring dürfen andere Sehzeichen benutzt werden, wenn diese nach DIN EN ISO 8597 an das Normsehzeichen angeschlossen wurden. (Die DOG empfiehlt allerdings nach wie vor die ausschließliche Verwendung des Landoltrings.)
2. Adaptation	Vor Beginn der Messung muss eine eventuelle Blendung (z.B. durch ein manuelles Refraktometer, ein Skiaskop oder ein Ophthalmoskop abgeklungen sein.
3. Reihenfolge	a) voraussichtlich schlechteres Auge (sc) b) voraussichtlich besseres Auge (sc) c) voraussichtlich schlechteres Auge (cc) d) voraussichtlich besseres Auge (cc)
4. Startwert	Die Untersuchung muss mit einem Sehschärfewert begonnen werden, der mindestens zwei Visusstufen unter dem Grenzwert liegt, damit der Prüfling üben kann und der Untersucher erkennt, ob der Prüfling den Test beherrscht.
5. Anzahl der Zeichen pro Visusstufe	Im Bereich von Visus 0,25 bis 2,0 müssen mindestens 5 Optotypen pro Stufe abgefragt werden.
6. „Bestanden“-Kriterium	Eine Visusstufen gilt als richtig erkannt, wenn mindestens 60 Prozent aller Optotypen richtig angegeben wurden. Empfohlen werden folgende Kombinationen: a) mindestens 3 Richtige von 5 Optotypen b) mindestens 5 Richtige von 8 Optotypen c) mindestens 6 Richtige von 10 Optotypen zulässig sind noch drei weitere Kombinationen, die aber weniger empfehlenswert sind
7. Abbruchkriterium	Die Prüfung wird bei der ersten Optotypenreihe, bei der die Anzahl der richtig benannten Optotypen das „Bestanden“-Kriterium unterschreitet, beendet.
8. Ergebnis	Die letzte bestandene Visusstufe definiert die erreichte Sehschärfe.
B) Weitere Regeln und Empfehlungen:	
1. Ermunterung des Prüflings	Um die verschiedenen Grundhaltungen der Prüflinge auszugleichen, sollte zum bestmöglichen Raten ermuntert werden, wenn eine Antwort wie zum Beispiel: „das Zeichen kann ich nicht mehr erkennen“, gegeben wird.
2. Wiederholung	Eine Wiederholung von einzelnen Optotypen oder ganzen Zeilen, die beim ersten Mal nicht richtig gelesen wurden, ist nicht zulässig.
3. Nystagmus	Auf Empfehlung der DOG sollte bei Nystagmus jedes Sehzeichen innerhalb einer Sekunde benannt werden, da bei einer Verlängerung der Lesezeit eine zu gute Sehschärfe erzielt wird. (DOG 2000)
4. Sonderregeln für die berufsgenossenschaftlichen Untersuchungen G25 und G37	Es darf eine Auswahl aus der Normreihe der Sehschärfewerte getroffen werden. Jedes Sehzeichen darf bis zu 10 Sekunden dargeboten werden.
5. Sonderregeln für den straßenverkehrsbezogenen Sehtest durch Augenoptiker	Es sind nur kompakte Einblickgeräte zulässig. Zur Einübung müssen zunächst 3 größere Optotypen vom Visuswert 0,32 gezeigt werden. Dann folgt der eigentliche Test mit Landoltringen vom Visuswert 0,7. Bei diesem müssen mindestens 6 von 10 Zeichen richtig benannt werden, davon mindestens 3 gerade und 3 schräge Stellungen. Die richtig angegebenen Zeichen müssen im Prüfprotokoll gekennzeichnet werden. Der Testablauf darf nicht unterbrochen werden. Der Prüfling darf nicht über Zwischenergebnisse informiert werden. Der Sehtest darf nur einmal durchgeführt werden.

Tabelle 1: Vorschriften zur Durchführung der normgerechten Sehschärfebestimmung nach DIN EN ISO 8596

Warum ist die genaue Einhaltung des Abbruchkriteriums wichtig?

Aus der Tabelle geht hervor, dass eine Reihe der Prüftafel nur dann als „richtig“ gewertet werden darf, wenn mindestens 60 Prozent der Zeichen richtig angegeben wurden. Warum ist die Einhaltung dieses Kriteriums wichtig? Was passiert, wenn man von diesem Kriterium abweicht?

Um diese Frage zu beantworten, muss man die visuelle Wahrnehmung im Grenzbereich genauer analysieren. Bei dieser Betrachtung spielt der Begriff der „Erkennungshäufigkeit“ eine

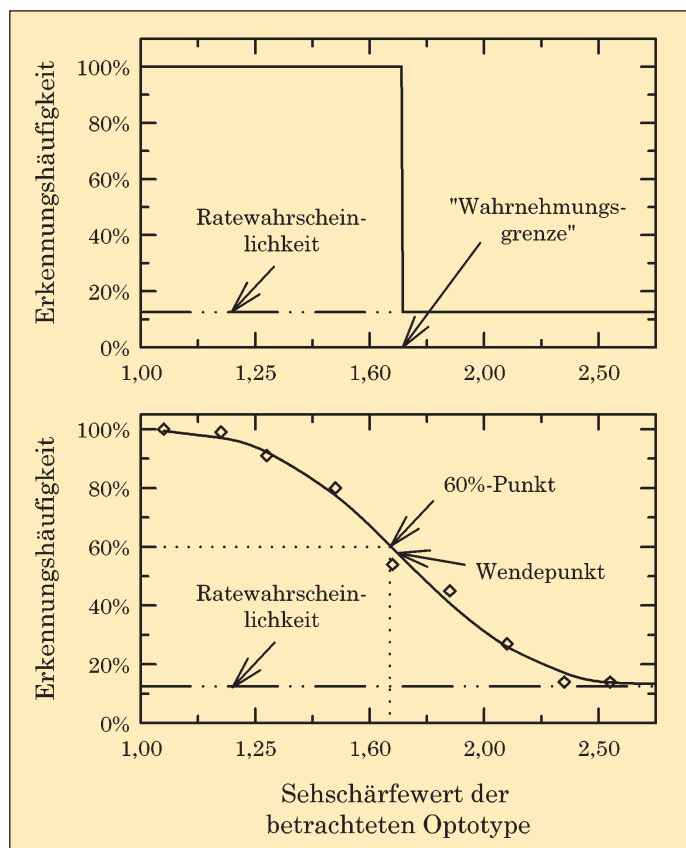


Abb. 1: Veranschaulichung der psychometrischen Funktion der Sehschärfe. Die Abbildungen zeigen zwei Möglichkeiten, wie sich die Erkennungshäufigkeit bei einer Verkleinerung der dargebotenen Landoltringe verändern könnte.

Abb. 1a (oben): Falsche Vorstellung vom Verlauf der Erkennungshäufigkeit. Der Übergang vom Erkennen zum Nichterkennen erfolgt abrupt. Bei der (hier willkürlich als 1,69 angenommenen) Wahrnehmungsgrenze des Prüflings fällt die Erkennungshäufigkeit plötzlich von 100 Prozent auf die Ratewahrscheinlichkeit ab. Die Ratewahrscheinlichkeit für Landoltringe in acht Orientierungen ist $1/8 = 0,125 = 12,5$ Prozent.

Abb. 1b (unten): Tatsächlicher Verlauf der Erkennungshäufigkeit. Die eingetragenen Datenpunkte von einem Prüfling zeigen, dass die Erkennungshäufigkeit allmählich abnimmt. Landoltringe vom Sehschärfewert 1,25 wurden in ca. 94 Prozent aller Darbietungen richtig erkannt. Landoltringe vom Visuswert 2,0 wurden in ca. 30 Prozent aller Fälle richtig angegeben. Wenn man die Messdaten durch eine durchgezogene Linie verbindet, ergibt sich eine sanft abfallende Kurve, die „psychometrische Funktion“ der Sehschärfe genannt wird. Der Wendepunkt dieser Funktion befindet sich bei einer Erkennungshäufigkeit von etwa 56 Prozent.

maßgebliche Rolle. Die Erkennungshäufigkeit ist ein Wahrscheinlichkeitsmaß. Werden bei einer Darbietung von zum Beispiel zehn Optotypen einer bestimmten Größe alle zehn richtig erkannt, so ist die Erkennungshäufigkeit $10/10 = 1,0$ (= 100 Prozent). Werden von zehn hingegen nur vier richtig erkannt, so ist die Erkennungshäufigkeit $4/10 = 0,4$ (= 40 Prozent).

Wie ändert sich die Erkennungshäufigkeit beim Übergang von großen zu kleinen Optotypen? Bei einer naiven Betrachtung des Sehvorgangs könnte man meinen, dass große Optotypen bis zu einem bestimmten, für den Prüfling charakteristischen Grenzwert immer richtig gelesen werden müssten. Genauso erscheint es plausibel, dass Optotypen, die kleiner sind als dieser Grenzwert, überhaupt nicht mehr erkannt, sondern nur noch richtig geraten werden können. Diese Situation ist in Abbildung 1a dargestellt. Die Erkennungshäufigkeit ist in diesem Fall für große Buchstaben stets nahe oder gleich 100 Prozent. Sehr kleine Buchstaben, die in Abb. 1a rechts von der Wahrnehmungsgrenze liegen, werden hingegen nur noch mit einer sehr kleinen Erkennungshäufigkeit richtig benannt, die der Ratewahrscheinlichkeit des gewählten Optotypensatzes entspricht. Die Wahrscheinlichkeit, die Orientierung eines Landoltrings richtig zu erraten, ist $1/8 = 0,125$ (= 12,5 Prozent). Wenn diese Situation die Visusbestimmung beim Menschen richtig beschreiben würde, so wäre die Sehschärfe durch die Größe der Optotypen an der Wahrnehmungsgrenze eindeutig charakterisiert.

Leider ist das visuelle System nicht so einfach gebaut. Im Grenzbereich der Wahrnehmung herrschen nämlich die Gesetze der Statistik. Wenn man Optotypen einer bestimmten Größe viele Male nacheinander darbietet, so findet man, dass das Erkennen nicht wie ein idealer Automat funktioniert, der Sehzeichen entweder sicher richtig erkennt oder nicht. Diese Tatsache erkennt man, wenn man den tatsächlichen Verlauf der Erkennungshäufigkeit in Abbildung 1b betrachtet. Die dort eingetragenen Messwerte (kleine Quadrate) der Erkennungshäufigkeiten stammen aus einem von uns durchgeführten Versuch, bei dem einem Prüfling Landoltringe in neun Visusstufen jeweils 120 Mal also insgesamt 1080 Mal einzeln dargeboten wurden. Bei jeder Darbietung wurde registriert, ob die Antwort richtig war oder nicht. Im Anschluss an die Messungen wurde für jede der neun Visusstufen die erreichte Erkennungshäufigkeit ausgerechnet.

Man erkennt, dass die Erkennungshäufigkeit in der Praxis keinen abrupten Abfall von 100 Prozent auf 12,5 Prozent wie in Abb. 1a zeigt. Stattdessen zeigt sich ein breiter Übergangsbereich, in dem der Prüfling die Sehzeichen zwar nicht mehr mit absoluter Sicherheit, aber immerhin noch mit einer erheblich über der Ratewahrscheinlichkeit liegenden Häufigkeit richtig benennen kann (siehe auch Bach und Kommerell, 1998).

Wenn man die in Abb. 1b eingetragenen Messdaten durch eine Linie verbindet, so ergibt sich eine langsam abfallende Kurve, die man in der Wissenschaft „psychometrische Funktion“ nennt. Diese Funktion ist nicht nur für die visuelle Wahrnehmung von Bedeutung, sondern gilt in ähnlicher Weise auch für alle anderen Sinneswahrnehmungen. Die psychometrische Funktion hat im Fall der Visusbestimmung einen erstaunlich breiten Übergangsbereich von mehr als zwei Visusstufen (Petersen, 1993). In dem in Abb. 1b dargestellten Beispiel fällt die Erkennungshäufigkeit beim Sehschärfewert 1,25 bei dieser einen Versuchsperson von etwa 94 Prozent auf 30 Prozent beim Sehschärfewert 2,0 ab.

In Folge des fließenden Übergangs vom Erkennen zum Nicht-erkennen stellt sich die schwierig zu beantwortende Frage, welche Optotypengröße denn nun das Ergebnis einer Visusmessung kennzeichnen soll? Soll es die Optotypengröße sein, bei der die Erkennbarkeit gleich 30 Prozent, 50 Prozent oder 80 Prozent ist? Soll es der Punkt sein, an dem der Wendepunkt der Kurve liegt? Denkt man über dieses Problem nach, so erkennt man, dass man zur Visusbestimmung eine willkürliche Festlegung eines Messkriteriums braucht.

Zur Visusbestimmung ist die willkürliche Festlegung der geforderten Erkennungshäufigkeit notwendig.

Eine zentrale Aufgabe der DIN-Kommission „Sehschärfe“ bestand also darin, ein möglichst sinnvolles aber dennoch willkürliches Kriterium festzulegen. Dies ist derzeit das in Tabelle 1 angegebene 60-Prozent-Kriterium. Ein Rückblick auf die letzten 37 Jahre zeigt jedoch, dass auch das DIN-Kriterium Wandlungen unterworfen war. So verlangte die DIN 58220 im Jahre 1974, dass mindestens drei von vier dargebotenen Optotypen richtig angegeben werden mussten. Dies entsprach einer geforderten Erkennungshäufigkeit von 75 Prozent. Im Jahre 1988 wurde das Kriterium auf sechs Richtige von zehn abgeändert. Bei dieser Festlegung wurde also nur noch eine Erkennbarkeitshäufigkeit von mindestens 60 Prozent gefordert. Die derzeit gültige Norm hat das 60-Prozent-Kriterium beibehalten. Auf Wunsch vieler Mitgliedsländer in der EU wurden aber zusätzlich zu der zuletzt in Deutschland üblichen Vorschrift „mindestens sechs Richtige von zehn“ auch andere Kombinationen zugelassen (siehe Tabelle 1, A6)²⁾.

Man muss sich darüber im Klaren sein, dass man mit dem 60-Prozent-Kriterium bei ein und derselben Person ein besseres Visusergebnis erhält als mit dem 75-Prozent-Kriterium.

Grobe Fehler bei der Sehschärfestimmung

Die Auswirkung von Fehlern bei der Befragung des Prüflings hat Petersen (1993) untersucht. Er ermittelte in Computersimulationen, wie stark sich das gemessene Visusergebnis verändert, wenn die DIN-Vorschriften (wissentlich oder auch versehentlich) nicht eingehalten werden. Vier der von Petersen untersuchten Fehler sollen hier kurz beschrieben werden.

1. Abweichung vom DIN-Kriterium

Wenn man das Abbruchkriterium abschwächt und sich mit weniger richtigen Antworten als vorgeschrieben zufrieden gibt, steigt die gemessene Sehschärfe an. Petersen beschreibt, dass die Sehschärfe im Mittel über viele Prüflinge um eine ganze Visusstufe besser wird, wenn man zum Beispiel nur noch „zwei Richtige von vier“ anstatt „drei Richtige von vier“ verlangt.

2) Auch die Vorschriften für die erlaubte Leuchtdichte haben sich im Laufe der Jahre stark verändert. Die DIN von 1974 verlangte eine Leuchtdichte zwischen 200-500 cd/m². Heute werden nur noch 80-320 cd/m² verlangt. Die Herabsetzung der unteren Grenze auf 80 cd/m² erfolgte, weil man eine normgerechte Visusbestimmung auch mit Computermonitoren ermöglichen wollte. Kommerziell erhältliche Computermonitore können nämlich keine höhere Leuchtdichte als etwa 80 cd/m² erreichen.

2. Nachfragen bei falsch gelesenen Sehzeichen

Eine scheinbare Verbesserung um eine ganze Visusstufe ergibt sich ebenfalls, wenn man bei jeder falsch gelesenen Optotype noch einmal nachfragt („Das war nicht ganz richtig. Schauen Sie bitte noch einmal ganz genau hin!“), denn dann hat der Prüfling jedesmal eine zweite Chance, die richtige Antwort zu geben.

3. Wiederholung einer ganzen Optotypenreihe

Eine scheinbare Verbesserung um 0,6 Visusstufen resultiert, wenn dem Prüfling die Möglichkeit zur Wiederholung einer ganzen, falsch gelesenen Zeile gegeben wird („Sie habe die Reihe fast richtig gelesen. Versuchen Sie es bitte noch einmal!“).

4. Weiterprüfen trotz erfüllter Abbruchbedingung

Eine Verbesserung des Visusmesswerts um ca. 0,3 Stufen ergibt sich, wenn die Prüfung mit der nächstkleineren Reihe fortgesetzt wird, obwohl die vorangegangene Reihe bereits nicht mehr richtig war. Dies entspricht z.B. einer Situation, in der der Prüfling beim Visuswert 1,25 nur noch fünf Optotypen von zehn richtig las und der Untersucher dem Prüfling anschließend die Reihe vom Visuswert 1,6 vorhält („Mal sehen, wieviel der Prüfling hier noch schafft?“). Aufgrund der Tatsache, dass sich der Abfall der psychometrischen Funktion über einen breiten Bereich erstreckt, kann es in einigen Fällen durchaus vorkommen, dass die höhere Visusanforderung geschafft wird, obwohl die niedrigere nicht mehr erfüllt wurde. Obwohl die höhere Visusstufe richtig gelesen wurde, darf die bestandene Reihe nach DIN nicht mehr gewertet werden!

Warum sind Buchstaben und Zahlen nicht so gut geeignet wie Landoltringe?

Ein weiteres wichtiges Problem der Sehschärfestimmung liegt in der Schwierigkeit, die verschiedenen Optotypen so zu gestalten, dass sie bei einer vorgegebenen Größe gleich gut erkennbar sind.

Arbeiten zur Standardisierung von Optotypen haben eine lange wissenschaftliche Tradition. Erste Versuche zur Vereinheitlichung der Sehschärfestimmung gehen auf Snellen (1862) zurück. Green (1868, 1872) und Monoyer (1875) untersuchten bereits Buchstaben verschiedener Schriftarten hinsichtlich ihrer Tauglichkeit für die Sehschärfestimmung. 1888 erkannte Landolt, dass ein Standardsehzeichen geschaffen werden sollte, das bei verschiedenartiger Darbietung in seinem Erkennungsdetail geringere Unterschiede aufweist als dies von Buchstabe zu Buchstabe der Fall ist. Er führte seinen „Cercle interrompu“ ein, der 21 Jahre später beim Internationalen Ophthalmologenkongress in Neapel als Normsehzeichen festgelegt wurde.

Anpassung anderer Optotypen an den Landoltring

Die außer dem Landoltring heute verwendeten Optotypen unterscheiden sich oft sehr stark voneinander. Es werden Buchstaben aus unterschiedlichen Schriftarten, sowie Ziffern und Symbole verwendet. Auch die Auswahl, Form und Größe für einen bestimmten Visuswert variiert. Ein direkter Vergleich von Sehschärfergebnissen, die mit verschiedenen Sehzeichen ermittelt wurden, ist deshalb nur möglich, wenn die Optotypen an die Erkennbarkeit des Landoltrings angepasst wurden. Ein solches Anschlussverfahren ist in der DIN EN ISO 8597 festgelegt worden.

Ergebnisse wissenschaftlicher Untersuchungen zum Anschluss von Optotypen an den Landoltring wurden zum Beispiel von Saur (1987), Rassow, Cavazos und Wesemann (1990) und Grimm et al., (1994) veröffentlicht. Bei diesen Untersuchungen wurde ermittelt, wie viel größer oder kleiner die verwendeten Optotypen im Vergleich zum Landoltring dargeboten werden mussten, damit sie vom Prüfling gleich gut erkannt wurden.

Unterschiedliche Erkennbarkeit der verschiedenen Optotypen in einer Reihe

Mit der unterschiedlichen Erkennbarkeit der verschiedenen Buchstaben des Alphabets haben sich zahlreiche Autoren beschäftigt. Hartridge und Owen (1922), Coates (1935) und Woodruff (1947) untersuchten Großbuchstaben der Konstruktion 5x4 (Höhe x Breite) bezüglich ihrer relativen „Lesbarkeit“. Sloan et al. (1952) wählten Großbuchstaben der Konstruktion 5x5 für ihre Untersuchungen aus. Sie kamen zu dem Ergebnis, dass die Buchstaben C, D, H, K, N, O, R, S, V, Z von annähernd gleicher Erkennbarkeit sind. Aulhorn et al. (1967) legten eine weitere Empfehlung über die Buchstabenauswahl und deren Konstruktion und Größe vor. Es wurden 13 Großbuchstaben einer Schrift, die auch im Alltag für Straßenverkehrsschilder verwendet wird (DIN 1451 Teil 2, Mittelschrift), für die Sehschärfestimmung vorgeschlagen. In Anlehnung an eine Arbeit von Schober (1952) waren dies die Buchstaben D, E, F, H, K, N, O, P, R, T, U, X, Z.

Hedin und Olsson (1984) haben die Reihenfolge der relativen Erkennbarkeit von Großbuchstaben einer Schriftform ermittelt, die der Mittelschrift nach DIN 1451 ähnlich war. Deren Ergebnisse sind zur Veranschaulichung der Problematik in Abb. 2 wiedergegeben. Aus ihren Ergebnissen kann man entnehmen, dass ein Satz von Großbuchstaben, der eine möglichst gleiche Erkennbarkeit aufweisen soll, z.B. die Buchstaben C, D, E, F, K, M, N, U, V, X, Y umfassen könnte.

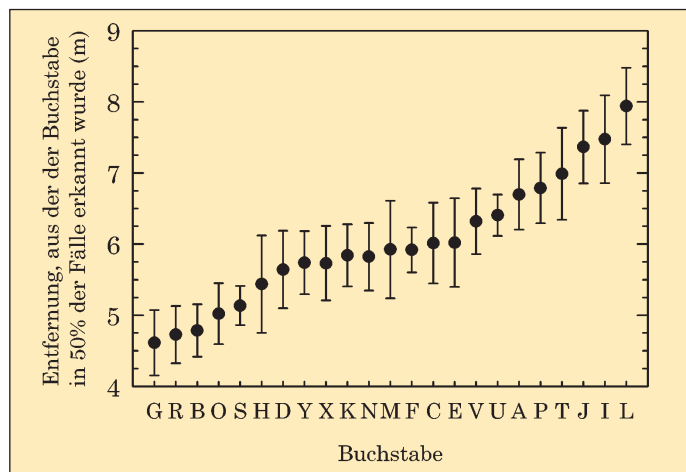


Abb. 2: Unterschiedliche Erkennbarkeit von Buchstaben einer Druckschrift ohne Serifen in der Proportion 1:5:4. Aufgetragen ist die Entfernung in Metern, aus der der jeweilige Buchstabe in 50 Prozent aller Darbietungen richtig erkannt wurde. Besonders leicht waren die Buchstaben J, I, und L; besonders schwer waren die Buchstaben G, R und B zu erkennen (neu gezeichnet nach Hedin und Olsson, 1984).

Verwechslungshäufigkeit

Ein weiteres Problem, das die Anwendung von Buchstaben erschwert, ist die Verwechslungshäufigkeit untereinander. Von

Benda (1981) hat in einer umfassenden Studie über verschiedene Optotypen festgestellt, dass bei der Sehschärfepfung die Verwechslungshäufigkeit der verwendeten Buchstaben untereinander von großer Bedeutung auf das Ergebnis ist. Bei Verwendung von Buchstaben, die einander sehr ähnlich sind – also häufig miteinander verwechselt werden – ist die gemessene Sehschärfe deutlich geringer als bei Buchstaben, die miteinander kaum verwechselt werden. Den Zusammenhang zwischen Erkennbarkeit und Verwechslungshäufigkeit von Großbuchstaben haben auch Krüger (1974) und Roloff (1978) ausführlich untersucht.

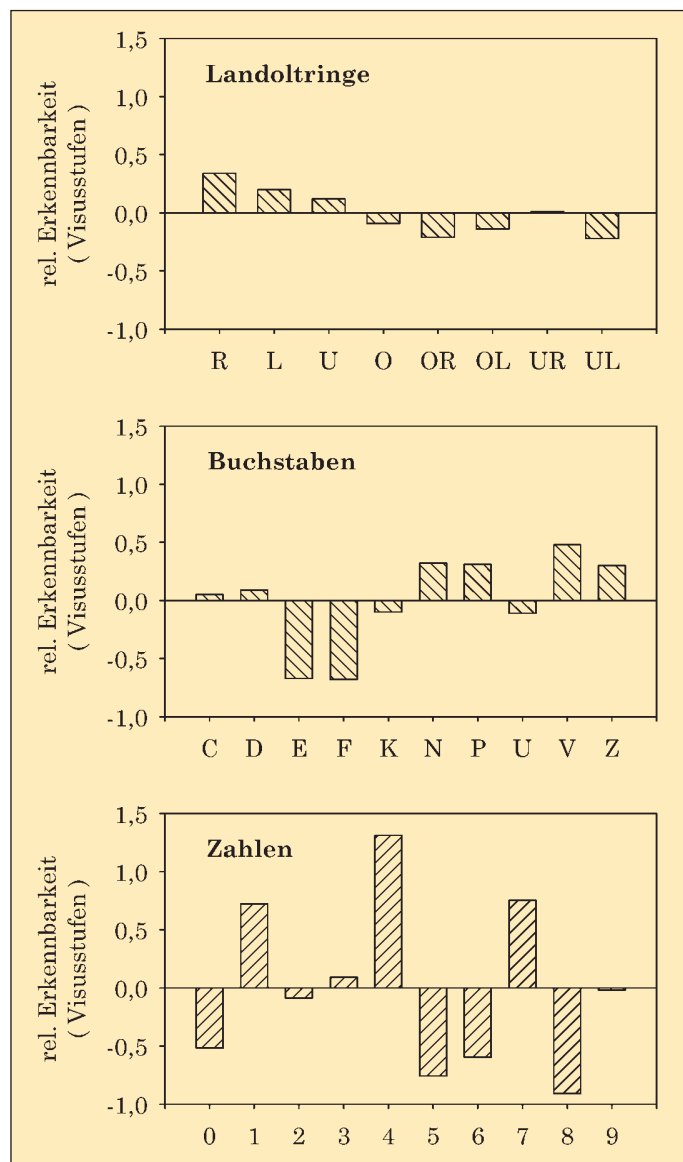


Abb. 3: Relative Erkennbarkeit der verschiedenen Optotypen in einem Satz.

Abb. 3a (oben): Landoltringe in acht Orientierungen (R= rechts, OR = oben rechts usw.).

Abb. 3b (Mitte): Serifenlose Buchstaben nach DIN 1451 Teil 2.

Abb. 3c (unten): Ziffern.

Die Histogramme zeigen, wie stark sich die Erkennbarkeit jeder einzelnen Optotype von der mittleren Erkennbarkeit des ganzen Satzes unterscheidet. Abweichungen nach oben deuten an, dass die jeweilige Optotype leichter zu erkennen war als der Mittelwert. Die Abbildungen basieren auf Daten von Rassow, Cavazos und Wesemann (1990) und Wille (1992).

Neuere Ergebnisse zur Erkennbarkeit einzelner Optotypen sind in Abb. 3 dargestellt. Die Balkendiagramme zeigen, wie unterschiedlich leicht die verschiedenen Sehzeichen innerhalb eines Satzes zu erkennen waren. In allen drei Diagrammen wurde die Abweichung der Erkennbarkeit jeder einzelnen Optotype vom Visusmittelwert aufgetragen.

Betrachtet man zunächst die Abb. 3a, so findet man die bekannte Tatsache, dass die acht Stellungen des Landoltrings nahezu gleich gut erkennbar sind. Die geraden Orientierungen (R, L, U, O) schnitten ein wenig besser ab. Die schrägen Richtungen des Landolt-Ringes wurden etwas schlechter erkannt. Insgesamt sieht man aber, dass keine der acht Stellungen des Landoltrings vom Mittelwert um mehr als 0,4 Visusstufen abweicht.

Erheblich größere Streuungen weisen Buchstaben und Zahlen auf. In unseren Versuchen waren die Buchstaben „E“ und „F“ über eine halbe Visusstufe schwerer zu erkennen als der Mittelwert (Abb. 3b). Die Buchstaben „N“, „P“, „V“ und „Z“ waren hingegen leichter erkennbar. Bei der Bewertung dieses Ergebnisses muss man bedenken, dass es sich bei den zehn ausgewählten Buchstaben um die ähnlichsten handelte.

Noch auffälliger sind die Unterschiede bei den Zahlen (Abb. 3c). Die Ziffer „4“ wurde bei der verwendeten Schrift um über eine ganze Visusstufe leichter erkannt als der Mittelwert. Die Ziffern „5“, „6“ und „8“ waren hingegen um fast eine Visusstufe schwerer erkennbar.

Insgesamt gesehen lässt sich festhalten, dass es möglich ist zehn Buchstaben aus den Buchstaben des Alphabets auszuwählen, die in ihrer Erkennbarkeit relativ ähnlich sind. Die am leichtesten und schwersten zu lesenden Buchstaben unterscheiden sich aber dennoch um fast eine ganze Visusstufe voneinander. Bei den Ziffern ist die Situation schwieriger. Da es nur zehn Ziffern gibt, ist es unmöglich, aus diesen zehn die Ähnlichsten auszuwählen, denn dann bleiben zu wenige Ziffern übrig. Deshalb hängt die Erkennbarkeit einer Zeile mit Buchstaben oder Ziffern grundsätzlich auch von der Auswahl der jeweiligen Optotypen ab.

Wegen dieser Probleme war der Einsatz von Buchstaben und Ziffern für die gutachterliche Sehschärfebestimmung bis 1996 verboten. Im Zuge der Globalisierung wurden auch die strengen deutschen DIN-Vorschriften aufgeweicht, denn mit der Verabschiedung der DIN EN ISO 8596 mussten alle entgegenstehenden nationalen Normen der übergeordneten internationalen Norm angepasst oder zurückgezogen werden.

Diese Änderung entsprach dem Wunsch vieler Anwender. Die meisten Untersucher verwenden nämlich Buchstaben und Ziffern lieber als den Landoltring, weil dieser in der praktischen Anwendung manchmal Kommunikationsprobleme mit sich bringt. Der Landoltringtest wird ohne eine genaue Erklärung manchmal nicht richtig verstanden. Manche Probanden, zum Beispiel Kinder oder ältere Prüflinge, verwechseln auf Grund mangelnder Übung in der Prüfungssituation die Begriffe rechts und links, insbesondere wenn diese noch mit den schrägen Richtungen verknüpft sind. Deshalb muss der Untersucher immer darauf achten, ob der Prüfling den Test versteht.

So gesehen ist es sinnvoll, zusätzlich zum Landoltring auch andere standardisierte Optotypen zur Visusbestimmung zuzulassen. Dies ist mit der neuen europäischen Norm geschehen. Dennoch muss man sich darüber im Klaren sein, dass die Verwendung von Buchstaben und Zahlen problematisch bleiben wird. Bei mitarbeitenden Prüflingen sollte man deshalb dem Landoltring den Vorzug geben.

Zusammenfassung:

1. Zur normgerechten Visusbestimmung sind nur Landoltringe oder an den Landoltring angeschlossene Optotypen zulässig.
2. Zu Beginn müssen deutlich sichtbare Optotypen gezeigt werden, damit der Prüfling üben kann und der Untersucher erkennt, ob der Prüfling den Test richtig bewältigen kann.
3. Der Abbruch der Messung hat nach dem 60-Prozent-Kriterium zu erfolgen.
4. Prüflinge, die nicht richtig mitarbeiten („ich kann das Zeichen nicht erkennen“), sollten zum Raten ermuntert werden.
5. Falsch vorgelesene einzelne Optotypen oder Reihen dürfen nicht noch einmal wiederholt werden, da das Ergebnis dadurch im Mittel zu gut ausfällt.
6. Buchstaben sind nicht optimal, da deren Erkennbarkeitsunterschiede größer sind als beim Landoltring.
7. Ziffern sind für eine gutachterliche Sehschärfenbestimmung nicht gut geeignet.
8. Achten Sie beim Kauf einer neuen Sehprobe stets darauf, ob die Buchstaben und Ziffern vom Hersteller nach DIN EN ISO 8597 an den Landoltring angeschlossen wurden!

Anschrift des Autors:

Priv.-Doz. Dr. W. Wesemann,
Höhere Fachschule für Augenoptik Köln,
Bayenthalgürtel 6-8, 50968 Köln

Literatur

- [1] Aulhorn, E., Comberg, D., Schober, H., Siebeck, R., Vorschläge der Kommission zur Koordinierung der Sehschärfe. Bestimmungsgeräte der Deutschen Ophthalmologischen Gesellschaft. Bericht 68. Zusammenkunft DOG, 581-584, 1967.
- [2] Bach, M., Kommerell, G., Sehschärfenbestimmung nach Europäischer Norm, wissenschaftliche Grundlage und Möglichkeiten der automatischen Messung. Klin. Monatsbl. Augenheilkunde, 212, 190-195, 1998.
- [3] Benda, H. v., Dimensionsanalyse der stat. Sehschärfepfung. Verlag für Psychologie, Dr. D.J. Hogrefe, Göttingen 1981.
- [4] Benett, A.G., Ophthalmic test types. Brit. J. Physiol. Opt. 22, 238-71, 1965.
- [5] Coates, W.R., Visual Acuity and Test Letters. Transactions of the Institute of Ophthalmic Opticians, 3, 1935.
- [6] DIN 1451, Teil2. Schriften, Serifenlose Linear-Antiqua, Verkehrsschrift. Typefaces. Lineal Linear-Antiqua, Lettering for transportation. Deutsches Institut für Normung 1986.
- [7] DIN EN ISO 8596, Sehschärfenprüfung, Das Normsehzeichen und seine Darbietung. Beuth Verlag, Berlin, Köln, Mai 1996.
- [8] DIN EN ISO 8597, Sehschärfenprüfung. Verfahren zum Anschluss von Sehzeichen. Beuth Verlag, Berlin, Köln, Februar 1996.
- [9] DIN 58220, Sehschärfenbestimmung Teil 3, 5 und 6. Beuth Verlag, Berlin, Köln, Januar 1997.
- [10] DOG, Empfehlungen der Deutschen Ophthalmologischen Gesellschaft zur Qualitätssicherung bei sinnesphysiologischen Untersuchungen und Geräten. Der Ophthalmologe, 97, 923-964, 2000.
- [11] Green, J., On a New Series of Test Letters for Determining the Acuteness of Vision. Trans. Am. Ophthalmol. Soc. 1 pt.3: 68, 1868.
- [12] Green, J., Some Improvements in Test Letters. IV. Int. Ophthalmol. Congr., London, 1872, zitiert nach Bennett, 1965.
- [13] Grimm, W., Rassow, B., Wesemann, W., Saur, K., Hilz, R., Correlation of Optotypes with the Landolt Ring – A fresh Look at the Comparability of Optotypes. Optometry and Vision Science, 71, 6-13, 1994.
- [14] Hartridge, H., Owen, H.B., Test Types. Br. J. Ophthalmol., 6, 543, 1922, zitiert nach Benett, 1965.
- [15] Hedin, A., Olsson, K., Letter Legibility and the Construction of a New Visual Acuity Chart. Ophthalmologica, Basel 189, 147-56, 1984.
- [16] Krüger, H., Experimentelle Untersuchungen zur Beurteilung verschiedener Schriftarten. Habilitationsschrift, TU München, Inst. für angewandte Physiologie, 1974.
- [17] Landolt, E., Methode optométrique simple. Bull. Mem. Soc. Fran. Ophthalmol. 6, 213-4, 1888.
- [18] Monoyer, F., Echelle Typographique Décimale pour Mésurer l'Acuité de la Vue. C. r. hbd. Séanc. Acad. Sci., Paris 80, 1137, 1875.
- [19] Petersen, J., Die Zuverlässigkeit der Sehschärfenbestimmung mit Landoltringen. Copythek, Enke Verlag, Stuttgart, 1993.
- [20] Rassow, B., Cavazos, H., Wesemann, W., Normgerechte Sehschärfenbestimmung mit Buchstaben. Augenärztl. Fortb. 13, 105-114, 1990.
- [21] Rassow, B., Wang, Y., Anschluss von Buchstaben – Optotypen an den Landoltring für verschiedene Bereiche der Sehschärfe. Klin. Monatsbl. Augenheilkunde 215, 119-126, 1999.
- [22] Roloff, C., Beteiligung musterspezifischer Neuronen und Einfluss der Augenbewegung beim Prozess der visuellen Information. Dissertation, Ludwig-Maximilian-Universität München, 1978.
- [23] Saur, K., Methodenuntersuchung zur Sehschärfepfung mit dem Landolt-Ring. Diplomarbeit im Fachbereich Augenoptik, FH Aalen, 1987.
- [24] Schober, H., Untersuchungen über die Verwendung des Landoltschen Ringes als Normsehzeichen bei der Sehschärfenbestimmung. Optik 9, 225-235, 1952.
- [25] Sloan, L.L., Rowland, W., Altman, A., Comparison of three types of test targets for the measurement of visual acuity. Quart. Rev. Ophthalmol. 8, 4-16, 1952.
- [26] Snellen, H., Probetypen zur Bestimmung der Sehschärfe. Utrecht 1862, zitiert aus Duke-Elder, 1962.
- [27] Wille, J., Anschluss eines Zahlensehtests an den standardisierten Landoltring-Sehtest. Dissertation, Universität Hamburg, 1992.
- [28] Woodruff, E.W., Visual Acuity and the Selection of Test Letters. Some Recent Advances in Ophthalmic Optics. London, Hatton Press 1947.