

Neue DIN- und ISO-Normen zur Sehschärfebestimmung

W. Wesemann, S. P. Heinrich, H. Jägle, Ulrich Schiefer, M. Bach

In „Der Ophthalmologe veröffentlichtes Manuskript vom 26.6.2019

Die publizierte pdf-Datei wird auf Anfrage zugesandt.

Autoren:

PD Dr. rer. nat. Wolfgang Wesemann
Köln

Prof. Dr. med. Ulrich Schiefer
Studiengang Augenoptik, Hochschule Aalen
Department für Augenheilkunde, Universität Tübingen

PD Dr. rer. nat. Sven P. Heinrich
Klinik für Augenheilkunde, Universitätsklinikum Freiburg, Medizinische Fakultät, Albert-Ludwigs-Universität Freiburg

Prof. Dr. med. Herbert Jägle,
Universitäts-Augenklinik Regensburg

Prof. Dr. rer. nat. Michael Bach
Klinik für Augenheilkunde, Universitätsklinikum Freiburg, Medizinische Fakultät, Albert-Ludwigs-Universität Freiburg

Alle Autoren sind Mitglieder der Kommission für die Qualitätssicherung
sinnesphysiologischer Untersuchungsverfahren und Geräte der DOG.

Zusammenfassung

In den letzten Jahren wurden drei internationale Vorschriften zur Sehschärfebestimmung novelliert.

DIN EN ISO 8596:2018 schreibt den Landoltring als Normsehzeichen vor und spezifiziert die Darbietungsbedingungen. In einem informativen Anhang werden erstmals „klinische Sehzeichen“ gelistet. Dies sind z.B. die ETDRS-Tafel, der Snellen-Haken und Kindersehzeichen. Die klinischen Sehzeichen werden dem Landoltring aber nicht gleichgestellt, da sie selbst bei gleicher Größe und Strichbreite unterschiedlich gut lesbar sein können.

Der technische Report ISO/TR 19498:2015 ergänzt die DIN EN ISO 8596. Er beschreibt ein wissenschaftlich anerkanntes Verfahren, mit dem es möglich ist, klinische Optotypen an den Landoltring anzupassen.

DIN EN ISO 10938:2017 beschreibt Anforderungen an die Bildqualität der Optotypen. Hier werden erstmals auch elektronische Sehzeichendarbietungssysteme zur normgerechten Sehschärfeprüfung spezifiziert.

Als Folge dieser Novellierung dürfen jetzt auch elektronische Displays zur gutachterlichen Sehschärfebestimmung nach DIN 58220, Teil 3 verwendet werden.

Schlüsselwörter: Sehschärfe; Sehschärfeprüfung; normgerecht; Gutachten; DIN; ISO; dezimale Sehschärfe; LogMAR; Snellen-Bruch; crowding; Konturinteraktion

New DIN and ISO Norms for determination of visual acuity

Abstract

Recently, three international norms (ISO) for acuity assessment have been revised.

DIN EN ISO 8596:2018 stipulates the Landolt-C as the standard optotype and specifies display characteristics. An “informative annex” mentions „clinical optotypes” for the first time. These include the ETDRS chart, Snellen chart and “pediatric optotypes”. However, these “clinical optotypes” do not have the same status as the Landolt-C, since even with identical extent and stroke they may differ in recognizability.

The technical report ISO/TR 19498:2015 complements DIN EN ISO 8596. A scientifically appropriate procedure is described, which allows to quantitatively correlate clinical optotypes with the Landolt-C.

DIN EN ISO 10938:2016 describes the required optical quality of optotypes. For the first time, electronic devices are explicitly approved for standardized acuity tests.

Consequently, according to this amendment, electronic devices may be used for acuity assessment for ophthalmic expert opinions according to DIN 58220, Part 3.

Key words: visual acuity, visual acuity test, norm, expert reports, DIN, ISO, decimal acuity, LogMAR, Snellen fraction, crowding, contour-interaction

Die Begutachtung der Sehschärfe eines Patienten ist eine kritische Aufgabe des Augenarztes, da hohe Folgekosten – z.B. für die Gewährung von Blindengeld – anfallen können. Deshalb sollte der Augenarzt bei der Untersuchung die einschlägigen Normen genau beachten.

Über die in der DIN 58220 Sehschärfebestimmung, Teil 3: Prüfung für Gutachten [6] vorgeschriebene Vorgehensweise und viele damit zusammenhängende Fragen haben wir bereits 2010 berichtet [14]. Nun sind in den letzten Jahren die übergeordneten internationalen Normen geändert worden. Ziel dieses Beitrags ist es, über die Inhalte und Vorschriften der neuen Normen sowie die daraus resultierenden Konsequenzen zu berichten.

Begriffsdefinitionen

Zahlreiche sinnesphysiologische Begriffe wurden in Deutschland bereits vor vielen Jahren genormt (DIN 5340, [5]). In den neuen ISO Normen zur Sehschärfebestimmung findet man nun erstmals auch international optische und sinnesphysiologische Begriffsdefinitionen¹. Dazu vier Beispiele:

Das „**Normsehzeichen**“ ist ausschließlich der Landoltring, dessen Öffnung in acht Orientierungen angeboten werden muss ([4], Nr. 3.1 und [3], Nr. 3.2). Andere Sehzeichen, die zur Messung der Sehschärfe verwendet werden, heißen „**klinische Sehzeichen**“ ([4], Nr. 3.2). Diese Differenzierung erfolgte, da sich klinische Sehzeichen je nach Form und Aussehen in ihrer Lesbarkeit sehr stark unterscheiden können.

Mit dem Begriff „**Sehschärfe**“ wird das „Vermögen des visuellen Systems zur Auflösung von Sehzeichen“ quantifiziert. Im Gegensatz dazu bezeichnet der Begriff „**Sehschärfewert**“ eine dem „Sehzeichen zugeordnete Zahl, die gleich der zum Erkennen des Sehzeichens erforderlichen geringsten Sehschärfe ... ist.“ ([4], Nr. 3.3 und 3.4) Die **Sehschärfe** beschreibt also eine sinnesphysiologische Leistung (das visuelle Auflösungsvermögen) eines Individuums – der **Sehschärfewert** ist hingegen eine Zahl, die einem Sehzeichen zugeordnet ist. Jede Optotype hat also einen Sehschärfewert, selbst wenn niemand hinschaut.

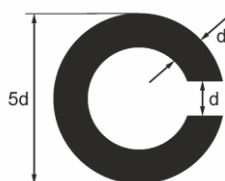


Abbildung 1: Das Normsehzeichen „Landoltring“. Die Höhe ist fünfmal so groß wie die Strichstärke und Lückenbreite.

DIN EN ISO 8596:2018-04 „Sehschärfebestimmung – Normsehzeichen und klinische Sehzeichen“

Die Norm DIN EN ISO 8596 liegt allen anderen Sehschärfenormen zugrunde. Die novellierte Fassung (ISO 8596) erschien im Oktober 2017 in englischer Sprache und im April 2018 auf Deutsch [4].

Die Norm beschreibt ein Verfahren zur Messung der photopischen Sehschärfe für die Ferne. Sie legt fest, wie der Landoltring aussieht (Abb. 1) und dargeboten werden soll. Die Norm

¹ Da der englische Originaltext der ISO Normen wortgetreu ins Deutsche übersetzt werden muss, stimmen die Definitionen in der DIN 5340 allerdings nicht exakt mit den Definitionen der übersetzten ISO Normen überein.

enthält Vorschriften für die Mindestanzahl der Landoltringe pro Sehschärfewert und den Mindestabstand der Sehzeichen untereinander. 50% der Landoltringe eines Sehschärfewerts sollen horizontal oder vertikal gezeigt werden, 50% mit schräger Orientierung. Bei einer ungeraden Anzahl von Darbietungen muss die Anzahl der horizontalen/vertikalen Positionen auf die nächstgrößere ganze Zahl aufgerundet werden. So sollen bei 5 Landoltringen 3 horizontal oder vertikal und 2 schräg ausgerichtet sein. Die Leuchtdichte des Testfeldes muss im Bereich von 80 – 320 cd/m² liegen. Empfohlen werden 200 cd/m². Der Mindestabstand der Sehzeichen vom Rand des Prüffeldes muss mindestens 0,5 Grad betragen.

Es wird empfohlen, die Augenprüfung mit 5 oder 10 Sehzeichen pro Visusstufe vorzunehmen. Ein Sehschärfewert gilt als erkannt, wenn mindestens 60% der Landoltringe korrekt benannt werden. Die früher üblichen Zusatzangaben „p“ oder „pp“ für teilweise richtig gelesene Visusstufen sind in der Norm nicht vorgesehen. Die Ratewahrscheinlichkeit ist in den geforderten 60% bereits berücksichtigt. Deshalb ist es nach Meinung der Verfasser richtig, wenn der Untersucher zögerliche Patienten zum Raten auffordert. Allerdings wird schon seit einigen Ausgaben der DIN bzw. ISO-Normen das Raten (“forced choice”) nicht mehr explizit im Text der Normen gefordert.

Unterschiedliche Maßeinheiten für die Sehschärfe

In den verschiedenen Ländern der Welt werden zur Kennzeichnung der Sehschärfe drei unterschiedliche Maßeinheiten verwendet, die u.a. von Bennett und Rabbetts [2] beschrieben wurden. Diese Maßeinheiten werden von der neuen Sehschärfenorm erstmals als gleichwertig akzeptiert. Neben der in Deutschland üblichen Angabe der „**dezimalen Sehschärfe**“, wurden jetzt auch der in den angelsächsischen Ländern verbreitete „**Snellen-Bruch**“ und die in vielen wissenschaftlichen Arbeiten benutzte „**LogMAR Sehschärfe**“ in die Norm aufgenommen (Tabelle 1). Das - besonders von Fachleuten aus dem deutschsprachigen Raum - propagierte Sehschärfemaß „logVisus“ hat sich international leider nicht durchgesetzt.

Der Zahlenwert der **dezimalen Sehschärfe** ergibt sich als Kehrwert der Landoltring-Lückenbreite (in Winkelminuten) der kleinsten noch erkannten Reihe von Landoltringen ([4], Nr. 3.3.1).

Der in den angelsächsischen Ländern übliche **Snellen-Bruch** ist ein Bruch, bei dem im Zähler die Prüferentfernung und im Nenner die Normalentfernung steht ([4], Nr. 3.3.2). Die Normalentfernung ist die Entfernung, aus der die Lücke des Landoltrings unter einem Sehwinkel von einer Winkelminute erscheint. Der Zahlenwert der Normalentfernung bezeichnet also den größten Abstand (in Metern oder Fuß), aus der ein Patient mit der Sehschärfe 1,0 den Landoltring noch erkennen kann. Auf amerikanischen Sehprobentafeln steht die "Normalentfernung" oft neben jeder Optotypenzeile (siehe Abb. 2). Der Visus ergibt sich dann als Quotient aus der gegebenen tatsächlichen „Prüferentfernung“ und der abgelesenen „Normalentfernung“. Der Snellen-Bruch wird in diesem Maßsystem nicht ausgerechnet.

Diese auf den ersten Blick etwas altertümlich erscheinende Vorgehensweise hat bei Personen mit niedriger Sehschärfe einen großen Vorteil. Wenn, wie in Abb. 2, auf der Prüftafel die Normalentfernung jedes Prüfzeichens angegeben ist, kann man Sehbehinderte so nahe an die Visustafel heranzuführen, bis sie eine Reihe mit Sehzeichen erkennen können. Wenn man anschließend diese kürzere Prüferentfernung ausmisst und in den Bruch einträgt, erhält man die Sehschärfe des Sehbehinderten als Snellen-Bruch. So kann man später erkennen, aus welcher Entfernung die Messung durchgeführt wurde. Ein Beispiel: Ein Patient kann aus 6 Metern kein Sehzeichen auf der Prüftafel in Abb. 2 erkennen. Er erkennt aber aus 1 Meter die zweite Reihe von oben mit der Normalentfernung 30 Meter. Seine Sehschärfe beträgt dann 1/30.

Wenn man den Snellen-Bruch ausrechnet, ergibt sich eine dezimale Sehschärfe von 0,033². Bei Presbyopen ist bei dieser Vorgehensweise ggf. ein Nahausgleich erforderlich.

Die besonders in wissenschaftlichen Veröffentlichungen verwendete **LogMAR-Sehschärfe** ist der Zehnerlogarithmus der Lückenbreite des kleinsten noch erkannten Landoltrings in Winkelminuten ([4], Nr. 3.3.3). Die LogMAR Einteilung ist etwas gewöhnungsbedürftig, denn die LogMAR-Zahlenwerte werden immer größer je schlechter die Sehschärfe ist. (z.B. dezimale Sehschärfe = 1,0 \triangleq LogMAR = 0,0 / dezimale Sehschärfe = 0,05 \triangleq LogMAR = 1,3). Insofern ist der LogMAR Wert anschaulich eher ein Maß für den „Visusverlust“ (siehe Tabelle 1). Die Schreibweise ist leider nicht einheitlich. In der Literatur findet man auch die Bezeichnung „**logMAR**“.

Ein Beispiel: Ein Patient, der gerade noch einen Landoltring mit einer Lückenbreite von zwei Winkelminuten erkennen kann, hat die dezimale Sehschärfe von 0,5. Seine Sehschärfe in den beiden anderen Skalierungssystemen beträgt: Snellen-Bruch = 6/12 Meter bzw. 20/40 Fuß; LogMAR-Sehschärfe = 0,3. Diese unterschiedlichen Maße der Sehschärfe lassen sich mit einfachen Formeln ineinander umrechnen. Zum Beispiel gelten die Formeln:

Umrechnung des Snellen-Bruchs in die dezimale Sehschärfe:

$$\text{dezimale Sehschärfe} = \frac{\text{Prüfentfernung}}{\text{Normalentfernung}}$$

Umrechnung der LogMAR-Sehschärfe in die dezimale Sehschärfe

$$\text{dezimale Sehschärfe} = 10^{(-\text{LogMAR-Sehschärfe})}$$

² Diese – aus sinnesphysiologischer Sicht sehr sinnvolle – Vorgehensweise wird in den angelsächsischen Ländern allerdings nicht konsequent durchgehalten. So steht in der neuen DIN EN ISO 10938, Abs. 3.3 sinngemäß, dass ein Sehzeichen, mit dem man auf die Sehschärfe 6/6 (= dezimale Sehschärfe 1,0) prüft, auch aus einer Prüfentfernung von 4 Metern mit dem Wert 6/6 bezeichnet werden darf. Auch bei angelsächsischen Nahsehproben findet man neben den Lesetexten oft Sehschärfeangaben wie 6/60 oder 20/200 obwohl die Prüfentfernung in Wahrheit nur 40 cm beträgt.

International genormte Sehschärfewerte				Lückenbreite des Landoltrings (Winkelminuten)	Lückenbreite des Landoltrings (mm, in 5 Meter Prüferentfernung)
Dezimale Sehschärfe	LogMAR-Sehschärfe	Snellen-Bruch für Prüferentfernung 6 m	Snellen-Bruch für Prüferentfernung 20 Fuß		
0,05	+1,30	6/120	20/400	20,0	29,0
0,063	+1,20	6/95	20/320	15,8	23,1
0,08	+1,10	6/75	20/250	12,6	18,3
0,10	+1,00	6/60	20/200	10,0	14,5
0,125	+0,90	6/48	20/160	7,94	11,6
0,16	+0,80	6/38	20/125	6,31	9,18
0,20	+0,70	6/30	20/100	5,01	7,29
0,25	+0,60	6/24	20/80	3,98	5,79
0,32	+0,50	6/19	20/63	3,16	4,60
0,40	+0,40	6/15	20/50	2,51	3,65
0,50	+0,30	6/12	20/40	2,00	2,90
0,63	+0,20	6/9,5	20/32	1,58	2,31
0,80	+0,10	6/7,5	20/25	1,26	1,83
1,00	0	6/6,0	20/20	1,00	1,45
1,25	-0,10	6/4,8	20/16	0,794	1,16
1,60	-0,20	6/3,8	20/12,5	0,631	0,918
2,00	-0,30	6/3,0	20/10	0,501	0,729

Tabelle 1: Übersicht über die drei international verbreiteten Maßsysteme zur Kennzeichnung der Sehschärfe [2]. Diese Maßsysteme wurden von der neuen DIN EN ISO 8596:2018 als gleichrangig akzeptiert. Die Lückenbreiten sind auf 1% genau angegeben. Die von ISO zugelassene Abweichung vom Sollwert beträgt 5%.

Klinische Sehzeichen

Erstmals enthält die Norm einen „informativen Anhang“, in dem „Sehzeichen für die klinische Untersuchung“ vorgestellt und beschrieben werden. Explizit erwähnt werden die folgenden klinisch wichtigen Optotypen: Buchstaben, Zahlen, Landoltringe mit 4 Orientierungen, ETDRS- und Bailey-Lovie-Tafeln, Snellen-E-Haken und Symbole für Kinder.

Die Norm weist darauf hin, dass eine Sehschärfestimmung mit anderen Sehzeichen als dem Landoltring zu abweichenden Ergebnissen führen kann, da klinische Sehzeichen in ihrer Lesbarkeit stark variieren. So sind die verschiedenen Buchstaben des Alphabets unterschiedlich gut erkennbar, selbst wenn sie exakt gleich groß sind. Dieses Problem wurde

u.a. von Wesemann et al. [14] diskutiert. Diese Variabilität kann man durch geschickte Auswahl einer Teilmenge der Buchstaben verringern.

Ein anderes, schwerer zu lösendes Problem entsteht durch das Crowding-Phänomen, das bei der Bailey-Lovie- und der ETDRS-Tafel auftritt ([4], Nr. A.2). Crowding wird durch die keilförmige Konstruktion der Tafeln verursacht. Die Buchstaben rücken mit ansteigendem Visuswert immer enger zusammen (siehe Abb. 2). Der Buchstabenabstand ist deshalb ab einem Visuswert von 0,4 nicht mehr normgerecht. Durch den geringen Abstand tritt eine Konturinteraktion zwischen den eng beieinander stehenden Sehzeichen auf. Besonders bei amblyopen Patienten beeinflusst dies die Erkennbarkeit und die gemessene Sehschärfe [9,13].

meters (feet)	• •	logMAR (VAR)
38 (125)	D V N Z R	0.8 (60)
30 (100)	H N F D V	0.7 (65)
24 (80)	F U P V E	0.6 (70)
19 (63)	= P E R Z U =	0.5 (75)
15 (50)	F H P V E	0.4 (80)
12 (40)	Z R F N U	0.3 (85)
9.5 (32)	P R Z E U	0.2 (90)
7.5 (25)	F V P Z D	0.1 (95)
6 (20)	U P N F H	0.0 (100)
4.8 (15)	R Z U F N	-0.1 (105)
3.8 (12.5)	F H U V D	-0.2 (110)
3 (10)	N E F Z R	-0.3 (115)
2.4 (8)	Z D V E	-0.4 (120)
1.8 (6)	V E	-0.5 (125)

Abbildung 2: Bailey-Lovie-Tafel. Die Normalentfernung in Metern und Fuß ist links neben jeder Zeile aufgedruckt. Der LogMAR Wert befindet sich rechts. Der Abstand zwischen den Buchstaben ist gleich der Buchstabenbreite. Der Zeilenabstand ist gleich der Buchstabenhöhe.

Alternative Zählmethode bei der ETDRS- und Bailey-Lovie-Tafel

Bei der ETDRS- und der Bailey-Lovie-Tafel gilt eine Reihe als „bestanden“, wenn mindestens 3 von 5 Buchstaben ($\geq 60\%$) richtig benannt wurden.

Im Anhang A.5 der Norm wird zusätzlich ein alternatives Verfahren zur Sehschärfemessung vorgestellt. Bei diesem Verfahren wird als Abbruchkriterium verlangt, dass keines der Zeichen einer Zeile richtig gelesen wird. Jedem einzelnen Sehzeichen wird ein LogMAR Wert von 0,02 zugeordnet. Während der Visusprüfung werden alle richtig gelesenen Buchstaben gezählt. Am Ende der Messung wird das Produkt „Anzahl aller korrekt angegebenen Sehzeichen“ mal 0,02 berechnet und vom LogMAR Wert der obersten gelesenen Zeile abgezogen. Der so erhaltene LogMAR Wert $+0,1$ ist dann ein (angeblich

genauerer) Maß für die Sehschärfe des Patienten³. Diese Zählmethode wird häufig im Rahmen von klinischen Studien verwendet.

Ein Beispiel soll diese Zählmethode veranschaulichen: Angenommen der Patient liest aus 20 Fuß alle Zeichen in der obersten Zeile von Abb. 2 (D V N Z R) und kein einziges Zeichen in der zweiten Zeile (H N F D V). Der LogMAR Wert der obersten Zeile steht rechts neben der Zeile. Er beträgt 0,8. Der Patient hat nur diese Zeile gelesen. Er hat deshalb offensichtlich eine LogMAR Sehschärfe von 0,8. Die in der Norm beschriebene Rechnung lautet: $\text{LogMAR} = 0,8 - 5 \cdot 0,02 + 0,1$. Sie ergibt also ebenfalls den richtigen LogMAR Visus von 0,8.

Für Patienten mit einem hohen Visus wird vom Vertrieb der ETDRS-Tafel eine abgekürzte alternative Messmethode vorgeschlagen, bei der man nicht bei der obersten Zeile beginnt, sondern zunächst die kleinste Optotypenzeile sucht, in der noch alle 5 Buchstaben richtig benannt werden. Dann geht man wie folgt vor. Man liest den LogMAR Wert dieser Zeile ab. Im Anschluss zählt man die Anzahl aller Buchstaben, die unterhalb dieser komplett richtig gelesenen Zeile noch richtig benannt werden, und subtrahiert für jeden richtig gelesenen Buchstaben 0,02. Ein Beispiel: Ein Patient konnte aus 20 Fuß alle Buchstaben der Zeile mit Normalentfernung 40 Fuß lesen (6. Zeile von oben in Abb. 2). Das entspricht $\text{LogMAR} = 0,3$. Anschließend las er noch 3 Buchstaben der nächstkleineren Zeile mit der Normalentfernung 32 Fuß und einen Buchstaben in der nächsten Zeile (25 Fuß). Dann hat er nach dieser Methode eine LogMAR Sehschärfe von $0,3 - 4 \cdot 0,02 = 0,22$.

ISO/TR 19498:2015-12 Ophthalmic optics and instruments — Correlation of optotypes

Das Dokument ISO/TR 19498:2015-12 beschreibt ein Verfahren, mit dem klinische Sehzeichen an den Landoltring angepasst werden können [10]. Die Abkürzung „TR“ bedeutet „Technical Report“. Mit dem dort beschriebenen forced-choice Verfahren kann man die Erkennbarkeit von Einzeloptotypen mit der Erkennbarkeit des Landoltrings vergleichen und feststellen, inwieweit sich die Erkennbarkeiten voneinander unterscheiden. Als Ergebnis erhält man einen Anpassungsfaktor, der dafür sorgen soll, dass das Sehschärfeergebnis mit beiden Sehzeichenarten gleich ist. Die angepassten Optotypen gelten genau dann als äquivalent zum Landoltring, wenn die Sehschärfedifferenz kleiner als eine halbe Visusstufe ist.

DIN EN ISO 10938:2017-02

Die Norm DIN EN ISO 10938, Augenoptik – Anzeigetafeln für die Sehprüfung – Gedruckt, projiziert und elektronisch trat 2017 in Kraft [3] und ersetzte eine Vorläufernorm von 1998. Diese Norm wendet sich in erster Linie an Hersteller von Sehzeichendarbietungssystemen. Sie enthält unter anderem Vorschriften für die Größe, die Leuchtdichte und den Kontrast der Optotypen.

Abschnitt 4.1.4 enthält Anforderungen zur Abbildungsqualität. So sollen die Optotypen für einen Beobachter mit einer binokularen Sehschärfe von 1,0 bis 1,25 aus einem Drittel der designierten Prüferentfernung (bei 5 m also aus 1,66 m) konturenscharf aussehen.

Wenn elektronische Displays zur Anwendung kommen, muss darauf geachtet werden, dass die verschiedenen Verfahren zur Konturenglättung der Bildschirmpixel (Anti-Aliasing [1])

³ Leider hatte sich im Anhang A.5 der DIN EN ISO 8596:2018 ein Fehler eingeschlichen. Es fehlt der oben genannte Summand „+0,1“. Dieser Fehler wird nach den uns vorliegenden Informationen bis zum Ende dieses Jahres durch das internationale Gremium korrigiert und anschließend europäisch und national übernommen werden.

die scheinbare Größe der Optotypen nicht verändern. Zwischen den elektronisch dargebotenen Landoltringen und gedruckten Landoltringen darf kein Unterschied in der Erkennbarkeit bestehen.

Abschnitt 4.1.5 behandelt die optische Qualität. Hier befand sich das internationale Gremium in einem Dilemma. Einerseits sollen die Optotypen möglichst konturenscharf angeboten werden. Andererseits ist der Abbildungsqualität auf einem Monitor durch die vorgegebene Pixelgröße eine technische Grenze gesetzt. Die Delegierten konnten sich deshalb nur auf eine Empfehlung einigen. In der endgültig verabschiedeten Norm heißt es nun etwas vage, dass die Pixelgröße des Sehzeichen-Displays nicht größer als 0,25 Winkelminuten sein **sollte**. Das bedeutet, dass in der Lücke eines Landoltrings vom Sehschärfewert 1,0 mindestens vier Pixel Platz haben **sollten**. Hier konnte man sich nicht auf die schärfere Formulierung einigen, dass die Pixelgröße kleiner als 0,25 Winkelminuten sein **muss**. Wie Landoltringe mit den Sehschärfewerten 1,0; 1,25 und 1,6 nach dieser Qualitätsempfehlung aussehen, zeigt Abbildung 3. Die Bildqualität einer gedruckten Sehprobentafel ist zweifelsohne am besten (Abb. 3 oberste Reihe). Die Sehzeichendarstellung mit einem elektronischen Display ist deutlich schlechter. Besonders die Landoltringe mit schrägen Öffnungen können nicht einwandfrei dargestellt werden (2. Zeile). Wenn Anti-Aliasing-Verfahren zur Konturenglättung angewandt werden, sehen die Landoltringe halbwegs akzeptabel aus (3. Zeile). Mit einem Sehzeichenprojektor, der die Anforderungen nach DIN EN ISO 10938 gerade noch erfüllt, können Landoltringe ebenfalls nicht kantenscharf, sondern nur unscharf abgebildet werden (4. Zeile)⁴.

⁴ Die optische Abbildung der Landoltringe wurde mit MATLAB exakt berechnet. Dazu wurde zuerst das 2-dimensionale Frequenzspektrum der Landoltringe mit der Modulationsübertragungsfunktion einer nach DIN EN ISO 10938:2017 gerade noch zulässigen Projektoroptik multipliziert. Die in Abb. 3 unten dargestellten Ringe ergaben sich anschließend nach der inversen Fouriertransformation in den Ortsraum.

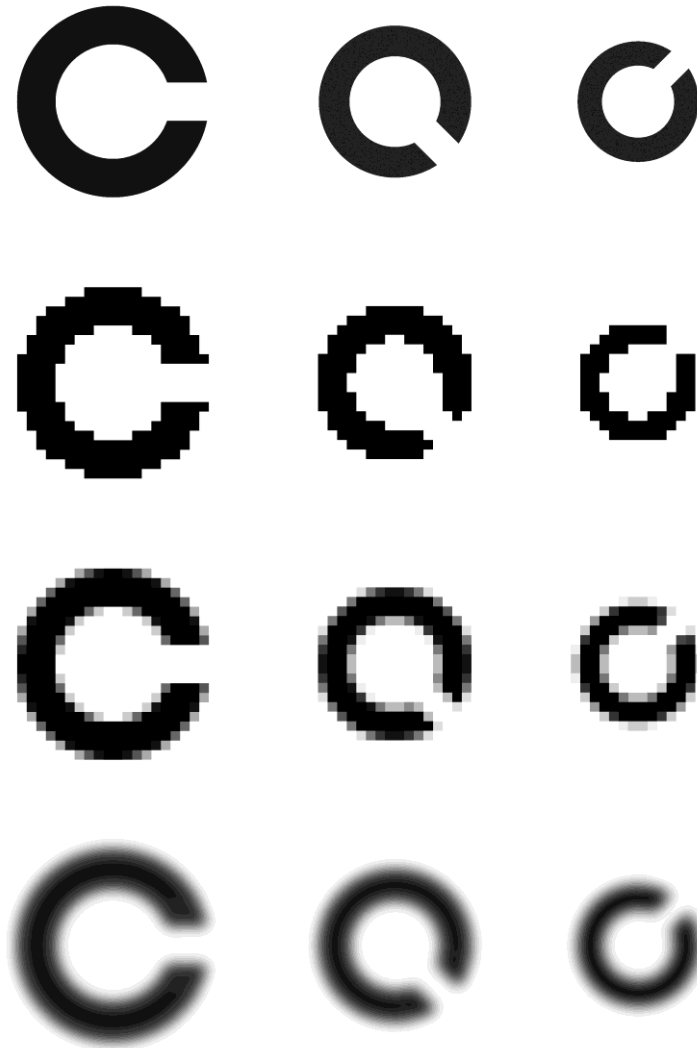


Abbildung 3: Vergrößerte Darstellung von Landoltringen, die die Forderungen der ISO 10938, Abschnitt 4.1.5 erfüllen. Linke Spalte: Sehschärfewert 1,0, mittlere Spalte 1,25, rechte Spalte 1,6. Oberste Reihe: Bildqualität einer gedruckten Sehprobentafel. 2. Reihe: Binäre Darstellung mit 0,25 Winkelminuten großen weißen und schwarzen Pixeln auf einem elektronischen Display. 3. Reihe: Graustufendarstellung mit der Methode der Konturenglättung (Anti-Aliasing) auf einem elektronischen Display. 4. Reihe: Simulation der unscharfen Abbildung mit einem Sehzeichenprojektor mit gerade noch zulässiger Abbildungsqualität

DIN 58220-3:2013-09, Sehschärfeprüfung für Gutachten

Bei den Normen DIN EN ISO 8596:2018 und DIN EN ISO 10938:2017 handelt es sich um übergeordnete Normen. Deshalb müssen die untergeordneten deutschen Normen der DIN 58220-Reihe ([6], [7], [8]) angepasst werden. Die Änderung der DIN EN ISO 10938 führt z.B. dazu, dass nun auch elektronische Displays zur gutachterlichen Sehschärfeprüfung eingesetzt werden dürfen. Die anderen Vorschriften bleiben hingegen weitgehend so, wie sie von Wesemann et al. 2010 beschrieben wurden [14]. Eine Zusammenfassung der aktuell

gültigen Vorschriften für das augenärztliche Sehschärfegutachten findet der interessierte Leser am Ende dieses Artikels im Absatz „Fazit für die Praxis“.

Diskussion

Elektronische Sehzeichendarbietungssysteme

Mit der Novellierung der DIN EN ISO 10938 wurden elektronische Displays offiziell zur Sehschärfeprüfung zugelassen. Dadurch eröffnen sich dem Augenarzt vielfältige neue Möglichkeiten. Durch die Computersteuerung können alle Arten von Sehzeichen erzeugt werden. Zur Prüfung von Sehbehinderten können selbst bei extrem niedrigen Visuswerten unterschiedlich orientierte Landoltringe dargestellt werden. Auch Kindersehzeichen und ETDRS-Buchstaben sind kein Problem.

Bei hohen Sehschärfewerten ist die mit Monitoren erreichbare Bildqualität allerdings bei weitem nicht so gut, wie bei einer gedruckten Sehprobentafel (siehe Abb. 3). Dies erscheint aber tolerabel, solange das in Absatz 4.1.5 der Norm geforderte Mindestauflösungsvermögen eingehalten wird. Dort wird verlangt, dass die Pixelgröße nicht größer als 0,25 Winkelminuten sein sollte. Diese Forderung können sehr große Monitore aber nicht erfüllen. Für Monitore bzw. TV-Geräte im 16:9 Format ergibt eine einfache trigonometrische Rechnung folgende maximal zulässige Bildschirmdiagonalen: Bei HD-ready (1280 x 720 Pixel): 21 Zoll. Bei Full HD (1920 x 1080 Pixel): 30 Zoll. Bei UHD (3840 x 2160 Pixel): 60 Zoll. Wichtig: Bei elektronischen Sehzeichendarbietungssystemen mit passiver 3D-Technik sollte man zur normgerechten Visusbestimmung den 3D-Effekt abschalten.

Fehler in den deutschen Normtexten

In den deutschen Normtexten haben sich einige wenige Übersetzungsfehler eingeschlichen. So wird z.B. der englische Begriff „visual system“ falsch mit „optisches System“ übersetzt (3.3 in [4]). Richtig ist „visuelles System“ [5]. Deshalb sei hier angemerkt, dass in Zweifelsfällen immer der englische Text maßgeblich ist.

Landoltring gegen ETDRS-Tafel – Wer gewinnt?

Die neue DIN EN ISO 8596 enthält erstmals detaillierte Angaben zu klinischen Sehzeichen. Allerdings befindet sich dieser Teil der Norm in einem „informativen Anhang“. Das heißt, die klinischen Sehzeichen sind keine Normsehzeichen und nicht gleichwertig zum Landoltring.

Warum ist es so schwierig, die Sehschärfebestimmung mit der ETDRS-Tafel an den Landoltring anzupassen? Die Norm schreibt vor, dass andere Sehzeichen als der Landoltring benutzt werden dürfen, wenn in einer wissenschaftlichen Untersuchung überprüft wurde, dass diese Sehzeichen die gleichen Sehschärfewerte wie der Landoltring liefern und die Ergebnisse dieser Untersuchung in einer wissenschaftlich anerkannten Fachzeitschrift veröffentlicht wurden. Bei dieser Anpassung, die mit einzelnen Optotypen durchgeführt wird, muss gemessen werden, ob die Buchstaben der ETDRS-Tafel leichter oder schwerer zu erkennen sind als Landoltringe. Neben dieser grundlegenden Frage, liegt ein zweites schwierig zu lösendes, prinzipielles Problem in der unterschiedlichen Anordnung der Sehzeichen (Abb. 4).

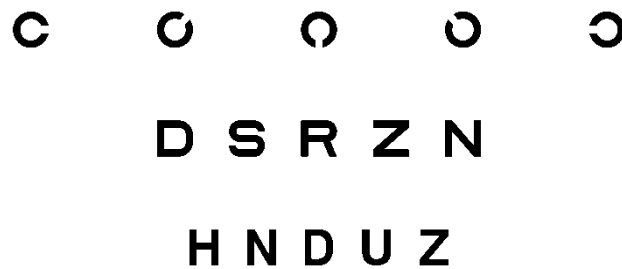


Abbildung 4: Veranschaulichung der unterschiedlichen Abstände bei einem Sehschärfewert von 1,25. Obere Reihe: DIN EN ISO 8596 schreibt einen Abstand von mindestens 3 Landoltringbreiten vor. Mittlere Reihe: Die Buchstaben der ETDRS-Tafel sind exakt eine Buchstabenbreite voneinander entfernt. Untere Reihe: Die Buchstaben der Bailey-Lovie Tafel haben ebenfalls einen Abstand von einer Buchstabenbreite. Sie stehen aber noch enger beieinander, weil sie schmaler sind

Die Sehschärfepfung nach DIN EN ISO 8596 soll bei Visuswerten ab 0,4 mit Optotypen vorgenommen werden, die mindestens 2 Landoltring-Durchmesser voneinander entfernt sind. Ab Visuswert 1,25 wird ein Mindestabstand von 3 Landoltring-Durchmessern verlangt. Durch diese Forderung soll eine Konturinteraktion durch das Crowding-Phänomen [9,13] zwischen den verschiedenen Landoltringen verhindert werden.

Bei der ETDRS-Tafel stehen die Buchstaben viel enger beieinander (Abb. 4), denn der Abstand der Sloan-Buchstaben voneinander ist stets genau so groß, wie die Buchstabenbreite. Dadurch kommt es besonders bei hohen Sehschärfewerten zu einer Konturinteraktion („Crowding“) durch die benachbarten Sehzeichen, die den Visus herabsetzt. Dieses Problem wird von den Erfindern der keilförmigen Buchstabenanordnung in Kauf genommen, weil für sie die Skaleninvarianz, die eine Anwendung der Tafel in unterschiedlichen Entfernungen erlaubt, wichtiger ist.

Auch bei der Bailey-Lovie Tafel beträgt der Buchstabenabstand exakt eine Buchstabenbreite. Da diese Tafel schmalere Buchstaben mit einem Seitenverhältnis von 5 zu 4 verwendet, stehen die Optotypen aber noch enger beieinander als die ETDRS-Buchstaben (Abb. 4).

Die ETDRS- und die Bailey-Lovie-Tafel messen also nicht den Einzeloptypen-Visus, sondern einen Reihenoptotypen-Visus. Das Ausmaß der Konturinteraktion ist bei beiden Tafeln aber nicht genau gleich. Eine Einzeloptypen-Anpassung der ETDRS-Buchstaben an den Landoltring nach ISO/TR 19498 reicht deshalb nicht aus.

Fest steht, dass die Tafeln mit keilförmiger Anordnung nach ETDRS für Gutachten nach DIN 58220, Teil 3 derzeit nicht verwendet werden dürfen.

Wie man dieses Problem in Zukunft lösen kann, wird in der Fachwelt diskutiert. Eine mögliche Lösung wäre, in Zukunft auch für die Sehschärfestimmung mit Landoltringen eine keilförmige Anordnung wie bei der ETDRS- oder der Bailey-Lovie-Tafel einzuführen. Wenn in Zukunft in der DIN EN ISO 8596 auch für Landoltringe ein Abstand von einer Landoltringbreite und ein fester Zeilenabstand vorgeschrieben würde, wäre das Ausmaß der Konturinteraktion beim Landoltring-Sehtest und bei der ETDRS-Tafel vermutlich sehr ähnlich. Solche Landoltring-Tafeln gibt es schon jetzt von mehreren Herstellern (z.B. [12]).

Dieser Weg hätte den Vorteil, dass dann eine methodisch korrekte Anpassung der ETDRS-Buchstaben an den Landoltring nach ISO/TR 19498 möglich wäre. Ein Nachteil wäre hingegen, dass man dann in Zukunft auch mit Landoltringen einen „Crowding-belasteten“ Reihenvisus als Normvisus messen würde. Deshalb wird dieser Problemlösungsweg z. Zt. von vielen Fachleuten abgelehnt.

Wenn sich zukünftig die elektronischen Displays immer weiter verbreiten, könnte man alternativ auch daran denken, zur normgerechten Visusbestimmung nur noch Einzeloptypen anzubieten, die von einem Computer nach einem Zufallsprinzip erzeugt werden. Dann könnte man auf die Optotypenzeilen, wie sie heute verwendet werden, in Zukunft ganz verzichten.

Fazit für die Praxis

Gutachterliche Sehschärfebestimmung nach DIN 58220, Teil 3

Es dürfen nur Landoltringe verwendet werden. Andere Optotypen, wie die ETDRS Buchstaben, sind nicht erlaubt. Pro Sehschärfestufe mindestens 5 Landoltringe darbieten. Prüferentfernung bei Fernvisusbestimmung mindestens 4 m. Der Nahvisus sollte in 25, 33 oder 40 cm gemessen werden.

Es sollten alle Sehschärfewerte von 0,05 bis 2,0 geprüft werden können. Für das Blindengutachten sind zusätzlich die Visusstufen 0,02; 0,025 und 0,032 erforderlich ([11], S. 279-280).

Die Sehschärfe ergibt sich aus der kleinsten Landoltringreihe, bei der der Patient mindestens 60% der Landoltringe richtig benennt. Bei 5, 8 oder 10 Landoltringen müssen also mindestens 3, 5 oder 6 Ringe richtig benannt werden. Die Darbietung von 6, 7 oder 9 Landoltringen pro Visusstufe ist nicht erlaubt.

Zur Darbietung der Sehzeichen dürfen jetzt auch elektronische Bildschirme verwendet werden.

Bei niedrigen Visuswerten erlaubt die Norm eine Prüfung aus kürzerer Entfernung. Einfache Sehprobentafeln zur Visusprüfung von Patienten mit Visus kleiner 0,2, die für 1 m berechnet sind, kann man unter <http://michaelbach.de/data/DIN-Visus-2010/WSB-Visustafeln.pdf> herunterladen und ausdrucken oder im Fachhandel erwerben.

Korrespondenzadresse:

PD Dr. Wolfgang Wesemann

Grimmelshausenstr. 9

50996 Köln

E-Mail: wfwesemann@gmail.com

Danksagung. Die Autoren danken Frau Petra Bischoff vom Normenausschuss Feinmechanik und Optik der DIN für sorgfältige die Durchsicht des Manuskripts und hilfreiche Kommentare. Die Autoren danken den übrigen Mitgliedern der DOG-Kommission für die Qualitätssicherung sinnesphysiologischer Untersuchungsmethoden und Geräte (F. Dannheim, M. Foerster, M. Hoffmann, H. Krastel, A. Renner, E. Zrenner) für zahlreiche Diskussionsbeiträge und Verbesserungsvorschläge.

Interessenkonflikt. Der korrespondierende Autor gibt an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

Literatur

1. Bach M (1997) Anti-aliasing and dithering in the “Freiburg Visual Acuity Test”. *Spatial Vision* 11:85-89
2. Bennett AG, Rabbetts RB (1989) *Clinical Visual Optics*. 2nd Ed. Butterworths, London, p.37, Table 3.2
3. DIN EN ISO 10938:2017-02 *Augenoptik – Anzeigetafeln für die Sehprüfung – Gedruckt, projiziert und elektronisch*. Beuth Verlag, Berlin
4. DIN EN ISO 8596:2018-04 *Augenoptik – Sehschärfepfung – Normsehzeichen und klinische Sehzeichen und ihre Darbietung*. Beuth Verlag, Berlin
5. DIN 5340:1998-04 *Begriffe der physiologischen Optik*. Beuth Verlag, Berlin
6. DIN 58220-3:2013-09 *Sehschärfebestimmung – Teil 3: Prüfung für Gutachten*. Beuth Verlag, Berlin
7. DIN 58220-5:2013-09 *Sehschärfebestimmung – Teil 5: Allgemeiner Sehtest*. Beuth Verlag, Berlin
8. DIN 58220-6:2013-09 *Sehschärfebestimmung – Teil 6: Straßenverkehrsbezogener Sehtest*. Beuth Verlag, Berlin
9. 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(3):210-5
10. ISO/TR 19498:2015-12 *Ophthalmic optics and instruments — Correlation of optotypes*. TECHNICAL REPORT. (2015) Beuth Verlag, Berlin
11. Lachenmayr B (2012) *Begutachtung in der Augenheilkunde*. (2. Auflage), Springer, Heidelberg
12. Landolt-C-Series-ETDRS-Charts. <https://www.precision-vision.com/product/landolt-c-series-etdrs-charts-3-meter/>, zuletzt aufgerufen am 14.1.2019
13. Levi DM (2008) Crowding – an essential bottleneck for object recognition: a minireview. *Vision Res.* 48(5): 635-654
14. Wesemann W, Schiefer U, Bach M (2010) Neue DIN-Normen zur Sehschärfebestimmung. *Ophthalmologie* 107:821-826, DOI 10.1007/s00347-010-2228-2