Potentielle Messmethoden zur Bewertung dynamischer Blendsituationen

Helmer, Melanie; Walschus, Clemens; Neumann, Cornelius
Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Lichttechnisches Institut (LTI)
Engesserstraße 13, Geb. 30.34, 76131 Karlsruhe
Tel. 0721-608 46735, M.Helmer@kit.edu, www.lti.kit.edu

1 Motivation

Lichtsituationen im Straßenverkehr ändern sich angesichts der Relativbewegung von Verkehrsteilnehmer aufgrund der örtlichen Beleuchtung wie bspw. Straßenleuchten oder aufgrund des Scheinwerferlichts entgegenkommender Fahrzeuge permanent und schnell. Die Adaptation unseres visuellen Systems an die variierenden Lichtsituationen erfolgt automatisch und ist ein Vorgang, der von dunkel zu hell sehr schnell und von hell zu dunkel eher langsam erfolgt. In der Zeit, die für die Adaptation benötigt wird, steht nicht die maximale Leistung des visuellen Systems zur Verfügung. Um diese Leistungsminderung messbar zu machen, wurden bereits verschiedene Methoden entwickelt.

In diesem Paper werden die beiden etablierten Messmethoden vorgestellt und deren Vor- und Nachteile aufgezeigt. In Anbetracht ihrer Einschränkungen werden Anforderungen für eine verbesserte Methode definiert und erste Ideen dieser vorgestellt.

2 Allgemeines

Die Grundlage für beide Messmethoden ist das nach DIN EN ISO 8596 definierte Normsehzeichen *Landoltring* (siehe Abbildung 1) zur Sehschärfebestimmung. Hierbei handelt es sich um einen Kreisring mit Öffnung. Die Öffnung und Strichbreite müssen 1/5 des Gesamtdurchmessers *d* betragen. Die Sehaufgabe des Probanden besteht darin die Orientierung der Öffnung anzugeben. Insgesamt ergeben sich acht Öffnungsmöglichkeiten und eine Ratewahrscheinlichtkeit von 12,5%. Der Landoltring hat im Vergleich zu anderen Optotypen (Sehzeichen) den Vorteil, dass kognitives Erkennen oder Ähnlichkeitsmuster nur eine untergeordnete Rolle spielen. Darüber hinaus sind alle Orientierungen gleich gut zu erkennen [2]. Nachteilig ist jedoch, dass einige Probanden die Begriffe rechts und links verwechseln. Dabei ergeben sich insbesondere bei der Nennung von schrägen Öffnungsichtungen Probleme [3],[4].

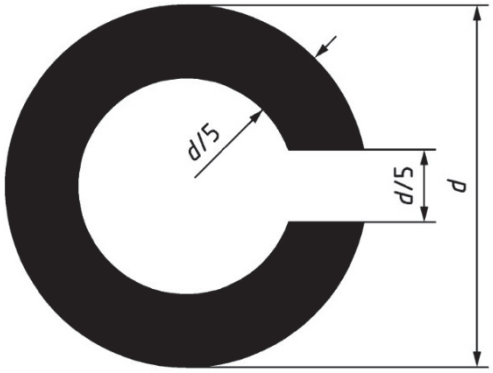

Abbildung 1 Landoltring [1]

Der Einfluss der physiologischen Blendung auf die Sehleistung kann über den Schwellenkontrast des Landoltrings gemessen werden. Der Schwellenkontrast K_S ist der (individuelle) Mindestkontrast (die absolute Wahrnehmungsschwelle) (Siehe Formel (1)), der erreicht werden muss, um ein Objekt zu 50% identifizieren zu können. L_o beschreibt hierbei die Objektleuchtdichte des Landoltrings und L_u die Umgebungsleuchtdichte.

$$K_S = \frac{L_O - L_U}{L_U} \tag{1}$$

Bisher haben sich drei Methoden zur Schwellenkontrastbestimmung nach *Fechner* bewährt, um die physische Reizstärke in die psychische Wahrnehmungsstärke zu überführen. Im Folgenden wird die Konstanzmethode kurz vorgestellt. Für weiterführende Informationen und Informationen zur Grenz- und Herstellungsmethode sei auf entsprechende Literatur verwiesen [5],[6].

Konstanzmethode: Diese Methode wird auch als Methode der richtigen und falschen Fälle bezeichnet. Die Reize (in unserem Fall die unterschiedlichen Kontraste) werden mehrfach in einer zufälligen Reihenfolge dargeboten. Das Reizintervall ist bei dieser Methode möglichst großzügig aufzuspannen und so zu wählen, dass beide Extrema möglichst weit vom zu erwartenden Schwellenwert entfernt liegen. Die Aufgabe des Probanden ist es zu benennen, ob er den Reiz erkannt hat oder nicht. Die Bestimmung des Schwellenwerts erfolgt in Anlehnung an die Signalentdeckungstheorie und zu erwartender Antworttendenz unter Berücksichtigung der kumulierten Häufigkeiten der Urteile. Folglich wird gemäß der gängigen wissenschaftlichen Praxis als Schwellenwert jener angenommen, bei der der Proband 50% der dargebotenen Reize wahrgenommen hat [7]. Angemerkt sei hier, dass angenommen wird, dass der Schwellenwert einer Normalverteilung folgt und der Schwellenwert dann als Mittelwert genutzt wird. Dies ist in der Nährung zwar richtig, sollte

jedoch zu Gunsten der Genauigkeit bei der Übertragung von physischer Reizstärke in die psychische Wahrnehmungsstärke hinterfragt werden [5]. Insgesamt betrachtet ist diese Methode zwar sehr zeitaufwendig und setzt gegebenenfalls eine Vorstudie voraus, aber im Vergleich zu der Grenz- und Herstellungsmethode ist die Konstanzmethode sehr zuverlässig und genau bei verhältnismäßig geringem technischem Aufwand [7],[8],[9].

Die personenbezogene Schwellenkontrastbestimmung für unterschiedliche Situationen (jeweils mit und ohne Blendung während der Reizdarbietung) ist mithilfe der Konstanzmethode möglich. Der Einfluss einer dynamischen Blendsituation (siehe Absatz 3.1) auf die Sehleistung kann daraus ohne eine Erweiterung der Messmethoden nicht abgeleitet werden.

3 Bisherige Methoden und deren Übertragbarkeit auf dynamische Blendsituationen

3.1 Dynamische Blendsituationen

Unter einer dynamischen Blendsituation ist eine solche zu verstehen, bei der sich der Blendeindruck für den Probanden über die Zeit ändert. Das ist beispielsweise im Straßenverkehr bei stationärer Beleuchtung der Fall ist.

Die Blendlichtquelle ist zu Beginn der zu untersuchenden Situation beispielsweise an und wird nach einer bestimmten Zeit abgeschaltet. Das Schalten bzw. die Regelkurve kann Berücksichtigung finden, wird in diesem Paper der Einfachheit halber jedoch nicht betrachtet. Nun ist zu evaluieren inwiefern die Blendlichtquelle eine Sehleistungsreduzierung nach sich zieht. Um diese Situation messbar zu machen, wurden die drei bereits beschriebenen Methoden erweitert. Hieraus ergaben sich die beiden im Folgenden beschriebenen etablierten Methoden.

3.2 Schwellenkontrastmethode

Wie in Abbildung 2 zu sehen, ist im ersten Schritt der personenbezogene Schwellenkontrast K_{OSB} mithilfe einer Methode aus Abschnitt 2.1 ohne Blendlichtquelle bestimmt. Als visueller Reiz wird dem Probanden der Landoltring für eine bestimmte Zeit dargeboten. Die Öffnungsdarbietung wird für unterschiedliche Kontraste mehrfach und randomisiert wiederholt. Aus den richtig erkannten Öffnungsrichtungen ist der personenbezogene Schwellenkontrast abzuleiten.

Dem Probanden wird nun ein Landoltring mit einer zufällig ausgewählten Öffnungsrichtung unter Einfluss der Blendlichtquelle dargeboten und der Schwellenkontrast erneut bestimmt.

Durch Differenzbildung der beiden ermittelten Schwellenkontraste kann der Einfluss auf die Sehleistung gemessen werden.

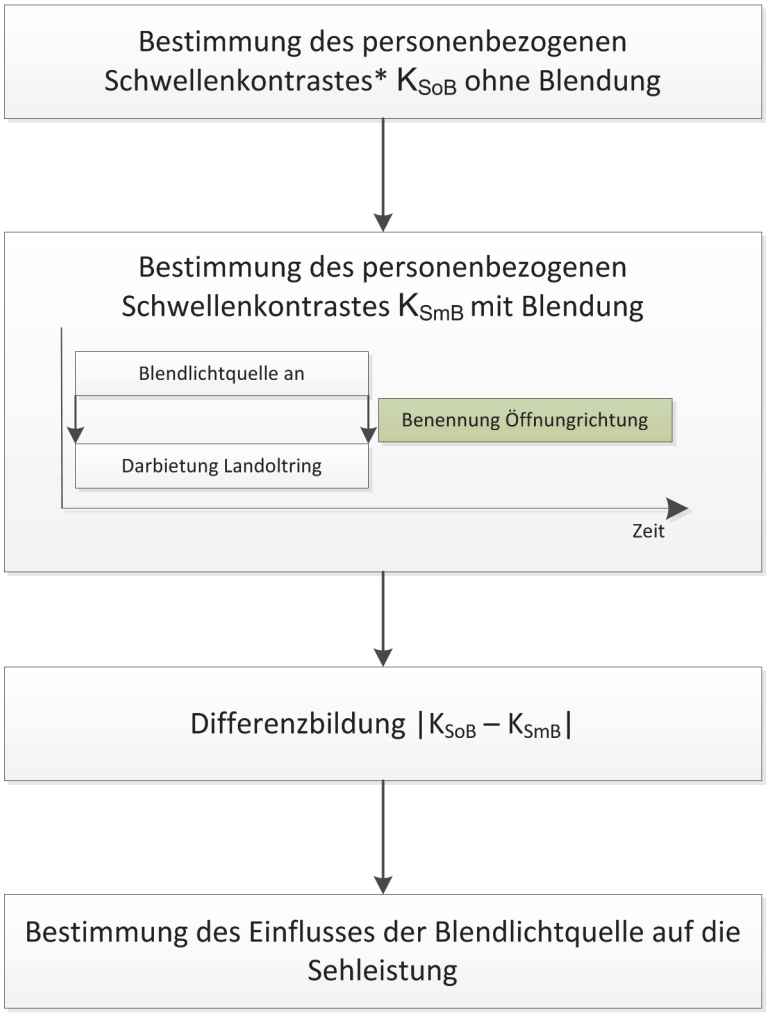

Abbildung 2 Ablaufdiagramm der Schwellenkontrastmethode; *)mithilfe der Grenz-, Herstellungs- oder Konstanzmethode; grün markiert: Probandenaktion

3.3 Übertragung der Schwellenkontrastmethode auf dynamische Blendsituationen

Sofern die Schwellenkontrastmethode wie in Abschnitt 2 beschrieben Anwendung findet, ist diese **nicht** für dynamische Blendsituationen geeignet. Grund hierfür ist die Bedingung, dass der Einfluss der Blendlichtquelle auf das Sehvermögen nur direkt über den

Schwellenkontrast gemessen werden kann. Dies bedeutet, dass die Blendlichtquelle bei der Bestimmung der Öffnungsrichtung durch den Probanden immer eingeschaltet sein muss. Dies ist in Abbildung 2 verdeutlicht.

Eine Möglichkeit diese Messmethode auch bei dynamischen Blendsitiuationen anwenden zu können, besteht in der Anpassung der Darbietungszeit des Landoltrings. Sofern die Dauer der Darbietung über der Readaptationszeit des visuellen Systems liegt, wäre es theoretisch möglich den Einfluss auf die Sehleistung messbar zu machen. Allerdings muss hierfür die Readaptationszeit bekannt sein. Sollte dies nicht der Fall sein, ist diese zuvor sinnvoll abzuschätzen oder bestenfalls experimentell zu bestimmen. Infolgedessen erhöht sich der Gesamtaufwand für die Studie allerdings deutlich, ohne die Messergebnisse hinsichtlich ihrer Genauigkeit merklich zu verbessern.

Eine weitere Einschränkung ist die Tatsache, dass der Proband die Richtungsöffnung entweder richtig oder falsch benennt. Im Rahmen dieser Arbeit wird dies interpretiert als: Die Menge der möglichen Antworten ist zwei (richtig oder falsch).

3.4 Readaptationsmethode

Mithilfe der Readaptationsmethode wird die Zeit t_R bestimmt, die das visuelle System benötigt um die ursprüngliche Sehleistung nach einem Lichtreiz wieder zu erreichen. Auf den hier beschriebenen Anwendungsfall bedeutet das, dass zunächst der personenbezogene Schwellenkonstrast unter Verwendung des Landoltrings ohne den Einfluss einer Blendlichtquelle bestimmt wird. Ist dieser bekannt, wird der Proband für eine bestimmte Zeit dem Einfluss der Blendlichtquelle ausgesetzt und hat die Aufgabe einen Taster zu betätigen, sobald er die Öffnung des Landoltrings wieder erkennen und benennen kann. Dieser Vorgang wird mehrfach wiederholt und aus dem Mittelwert die Readaptationszeit ermittelt [10]. Die Darbietungszeit des Landoltringes muss länger sein als die Readaptationzeit. Der Ablauf ist in Abbildung 3 dargestellt.

3.5 Übertragung der Readaptationsmethode auf dynamische Blendsituationen

Wie bei der zuvor beschriebenen Methode ist die Menge der möglichen Antworten zwei: Öffnungsrichtig nach Störeinfluss richtig oder nicht richtig benannt. Aufgrund der Tatsache, dass die Bestimmung der Öffnungsrichtung das Identifikationsmerkmal darstellt, tendiert der zu erwartende Fehler bei Auswertung der Antwortmöglichkeiten gegen null.

Prinzipiell eignet sich die Readaptionsmethode gut um den Einfluss dynamischer Blendsituationen auf das Sehleistungsvermögen zu bestimmen. Allerdings kommt diese bei sehr kurzen Blendzeiten und bei geringem Störpotential der Blendlichtquelle an ihre Grenzen. Dies hängt maßgeblich mit der Verwendung des Landoldrings als Sehzeichen und der Reaktionszeit des Probanden zusammen, was im nächsten Abschnitt näher erläutert wird.

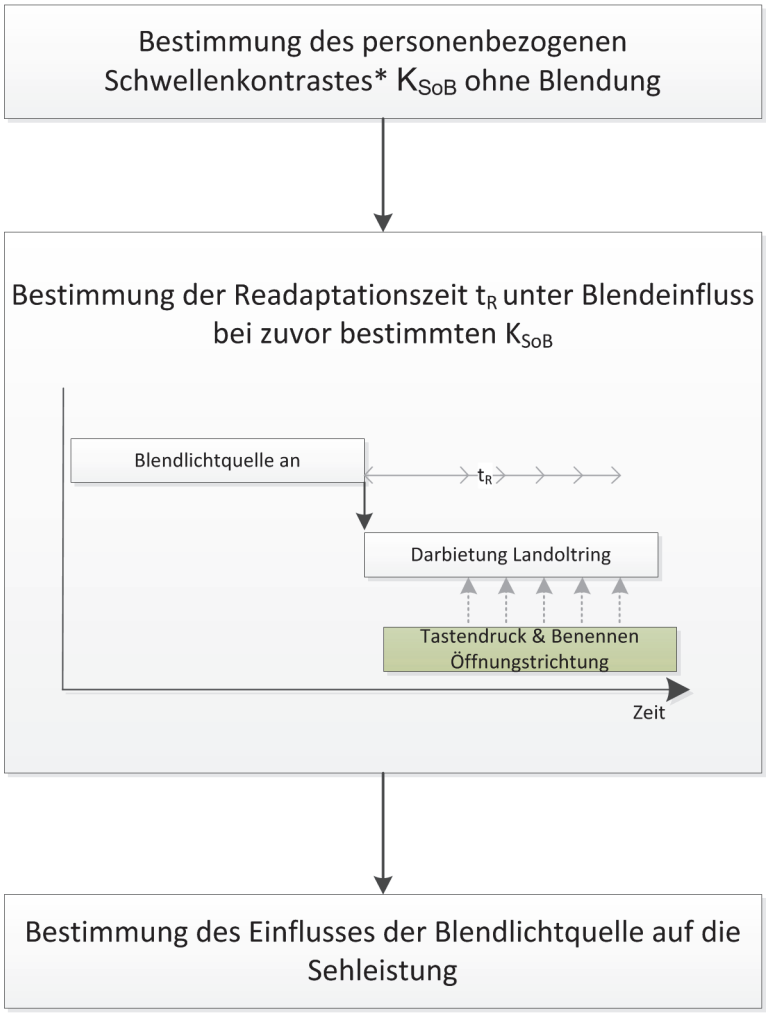

Abbildung 3 Ablaufdiagramm der Readaptationsmethode; grün markiert: Probandenaktion

3.6 Übertragung der bisherigen Methoden auf sehr kurze Blendsituationen

Der Faktor Mensch hat bei der Durchführung von Probandenstudien den größten Einfluss, der je nach Versuchsziel entsprechend in der Versuchsplanung Beachtung finden muss. In Bezug auf die Anwendung der Readaptiationsmethode bedeutet dies, dass der Proband

aufgrund seiner benötigten Reaktionszeit zur Tasterbetätigung den Messbereich der Readaptationszeit limitiert.

Die Reaktionszeit beschreibt die Zeit zwischen dem Zeitpunkt der Reizdarbietung und der Reaktion des Probanden. Neben der Zeit, die notwendig ist um den Reiz sensorisch zu erfassen, spielen auch kognitive Prozesse sowie die motorischen Reizleistungszeiten als Teilvorgänge eine wichtige Rolle. In Summe ergeben sich für die Reaktionszeit durchschnittlich 350ms. Die Zeiten für die Teilvorgänge sind je nach Schwierigkeit/Zeichenumfang der Probandenaufgabe von unterschiedlicher Dauer und können deutlich über den 350ms liegen [11, 12]. Es muss bei der Messung der Readaptationszeit folglich mit einem Offset von mindestens 350ms gerechnet werden.

Alle vorgestellten bzw. etablierten Methoden greifen zur Sehleistungsbestimmung auf den Landoltring zurück. Dies ist, wie in Abschnitt 2 bereits beschrieben, durchaus berechtigt sofern keine kurzen Blendsituationen untersucht werden sollen. In diesem Fall hat die kognitive Erkennbarkeit einen direkten und entscheidenden Einfluss auf die Reaktionszeit, wodurch sich diese weiter erhöhen kann. Hier sei besonders auf die unterbewusst ablaufende Entscheidungsfindung hingewiesen: „Habe ich die Öffnung schon erkannt oder doch nicht? Bin ich mir wirklich sicher?“. Damit verknüpft sich die Theorie von Orne (1969) zitiert in [13]. Nach dieser ist das Verhalten von Versuchspersonen hypothesengeleitet und basiert auf unterschiedlichen Motivationen. Es ist folglich nicht auszuschließen, dass Probanden, die die ihnen gestellte Aufgabe beispielsweise besonders gut erledigen möchten und aufgrund ihrer Unsicherheit unter Umständen länger warten bis sie den Taster betätigten. Dies führt bei der Messung der Readaptationszeit einerseits zu einem zusätzlichen Fehler und andererseits zu einer Verlängerung der oben genannten Zeit für die Entscheidungsfindung bzw. kognitiven Erkennbarkeit. Tabelle 1 fasst alle Methoden und jeweiligen Eigenschaften zusammen.

Tabelle 1 Übersicht über alle Methoden und deren Eigenschaften

	Menge der möglichen Antworten	**K_S - Bestimmung**	**Geeignet für sehr kurze Blendlichtzeiten**	**Identifikations-merkmal**
Schwellen-kontrastmethode	2	Notwendig	Nein	Ja, Landoltring
Readaptations-methode	2	Notwendig	Nein	Ja, Landoltring
Verbesserte Messmethode	>2	Nicht notwendig	ja	Ja, ?

Zusammengefasst lässt sich somit schlussfolgern, dass weder die Schwellenkontrast- noch die Readaptationsmethode zur Bestimmung der Sehleistungsveränderungen bei kurzen Blendlichtzeiten geeignet sind. Erste Ideen sowie die Anforderungen an eine neue Messmethode werden im nächsten Abschnitt vorgestellt.

4 Neue Messmethode

Die größte Herausforderung bei der Methodenentwicklung ist die Reduzierung der Reaktionszeit. Im Besonderen ist hier zum einen die Zeit gemeint, die der Proband zur kognitiven Verarbeitung benötigt und zum anderen die, die er zum Ausführen des motorischen Feedbacks benötigt. Andererseits wäre es wünschenswert auch die Menge an möglichen Antworten zu erhöhen um Unterschiede im Messintervall präziser abbilden zu können. Darüber hinaus sollte die Aufgabe des Probanden für diesen intuitiv und die Methode an sich mit geringem (zeitlichen) Aufwand umsetzbar sein.

Mithilfe der neuen Methode soll zwar der Einfluss kurzer Blendlichtzeiten auf die Sehleistung gemessen werden, allerdings ist von der Verwendung des Landoltrings abzusehen, da er u.a. die Menge an möglichen Antworten deutlich einschränkt. Der Landoltring ist zwar das einzige Normsehzeichen, dass zur Sehleistungsbestimmung verwendet werden darf, allerdings bezieht sich der Begriff „Sehleistung“ in diesem Zusammenhangen primär auf die Visusbestimmung. Diesbezüglich ist zu überlegen, ob der Landoltring durch andere gleichwertige Optotypen, welche nach ISO 8597 (früher DIN 58220, Teil 2) an das Normsehzeichen angeschlossen wurden, zu ersetzen ist. Als Beispiel können hier Zahlen oder Buchstaben genannt werden. Diese sind den Probanden bekannt und intuitiv erkennbar.

Um die motorische Reaktionszeit (Betätigung des Tasters) zu eliminieren, ist die Probandenaufgabe entsprechend anzupassen. Wie diese aussehen kann sodass auch ein Identifikationsmerkmal vorliegt, wird im Vortrag vorgestellt.

5 Literaturangaben

[1] DIN EN ISO 8596; 11.2016. *Augenoptik - Sehschärfeprüfung - Normsehzeichen und klinische Sehzeichen und ihre Darbietung*, abgerufen am: 08.08.2017

[2] W. Wesemann, U. Schiefer, M. Bach: Neue DIN-Normen zur Sehschärfebestimmung. Ophthalmologe 2010 (2010) 9, S. 821–826

[3] B. Rossow, H. Cavazos, W. Wesemann: Untersuchungsmethoden und Sinnesphysiologie. Normgerechte Sehschärfebestimmung mit Buchstaben. Augenärztliche Fortbildung (1990) 13, S. 105–114

[4] Wesemann, W.: Die Grenzen der Sehschärfe, Teil 4. Wie misst man die Sehschärfe richtig? Regeln und Probleme. DOZ (2002) 2, S. 32–38

[5] Schierz, C.: Die Psychophysik der Wahrnehmungsschwelle: Von Weber und Fechner zur Signaldetektionstheorie. Tagungsband Lux Junior. 2013

[6] Freyer, M.: Einfluss der Blendbeleuchtungsstärke und der Leuchtdichte auf die Blendung und den Schwellenkontrastbei homogenen und inhomogenen Umfeld, Hochschule Anhalt Diplomarbeit 2004

[7] Herkner, W.: Psychologie. Vienna, s.l.: Springer Vienna 1986

[8] Bortz, J. u. Döring, N.: Forschungsmethoden und Evaluation. Springer-Lehrbuch. Berlin, Heidelberg: Springer 1995

[9] Bondke Persson, A., Brenner, B., Burckhardt, G., Draguhn, A., Ehmke, H., Eysel, U., Fandrey, J., Geiger, J., Gekle, M., Göbel, K., Gödecke, A., Kelm, M., Korbmacher, C., Kraft, T., Krämer, U., Kämmerer, U., Kühl, M., Luhmann, H. J., Mairbäurl, H., Meuth, S. G., Meßlinger, K., Münte, T., Oberleithner, H., Paschke, R., Persson, P. B., Rieger, L., Schrader, J., Singer, D. u. Walzog, B.: Physiologie. s.l.: Georg Thieme Verlag KG 2014

[10] Hamburger, F. A.: Das Sehen in der Dämmerung. Physiologie und Klinik. Vienna: Springer Vienna 1949

[11] The Interpretation of Reaction Time in Information Processing Research Nr. 45, Pachella, R. G., 1973

[12] Solso, R. L. u. Reiss, M.: Kognitive Psychologie. Mit 14 Tabellen. Springer-Lehrbuch. Heidelberg: Springer 2005

[13] Bredenkamp, J.: Theorie und Planung Psychologischer Experimente. Heidelberg, s.l.: Steinkopff 1980